



## Optimasi Suhu *Reboiler* pada *De-Butanizer Column* untuk Meningkatkan Efisiensi Energi dan Menjaga Kualitas LPG Mixed

### *Optimization of Reboiler Temperature in De-Butanizer Column to Improve Energy Efficiency and Maintain Mixed LPG Quality*

**Lingga Putri Herani<sup>1</sup>, Alif Ripaldi<sup>1</sup>, Lia Cundari<sup>1\*</sup>, Muhammad Ardian<sup>2</sup>, Ristian Januari<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

<sup>2</sup>PT Perta-Samtan Gas Fractionation Plant, Sungai Gerong, Sumatera Selatan

\*Corresponding Author: [liacundari@ft.unsri.ac.id](mailto:liacundari@ft.unsri.ac.id)

Received: 20<sup>th</sup> November 2025; Revised: 17<sup>th</sup> December 2025; Accepted: 24<sup>th</sup> December 2025

#### ABSTRAK

PT Perta-Samtan Gas Sungai Gerong Kilang Fraksinasi merupakan kilang yang memisahkan komponen hidrokarbon dari *Natural Gas Liquid* (NGL) menjadi produk *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) dengan kualitas sesuai standar SK Ditjen Migas No. 116.K/10/DJM/2020. Salah satu unit utama pada industri ini adalah *De-Butanizer Column* yang berperan memisahkan komponen butana dari fraksi yang lebih ringan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi suhu *reboiler* terhadap komposisi LPG *mixed* dan efisiensi energi pada sistem distilasi. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak Aspen HYSYS V.14 dengan *equation of state* Peng-Robinson, menggunakan data operasi aktual dari sistem DCS pabrik. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penurunan suhu *reboiler* menyebabkan peningkatan kandungan propana (C3) serta penurunan butana (C4) pada LPG *mixed*, sementara sebagian butana terbawa ke *bottom product* akibat menurunnya *boil-up rate*. Kondisi optimal diperoleh pada suhu 279,1°F, di mana komposisi LPG *mixed* masih memenuhi standar mutu dan konsumsi panas dapat ditekan hingga 460,491,74 kJ/jam, menghasilkan penghematan energi tahunan sebesar Rp 321.073.593,25. Analisis ini menunjukkan bahwa pengaturan suhu *reboiler* yang lebih rendah dapat meningkatkan efisiensi energi tanpa mengurangi kualitas produk, sehingga memberikan dampak ekonomi yang signifikan bagi perusahaan.

**Kata kunci:** Kilang Fraksinasi, Kolom Distilasi, Propana, Butana, *Aspen HYSYS V.14*

#### ABSTRACT

The fractionation plant of PT Perta-Samtan Gas Sungai Gerong separates hydrocarbon components from *Natural Gas Liquid* (NGL) into *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) products that comply with the specifications of SK Ditjen Migas No. 116.K/10/DJM/2020. One key unit in this process is the *De-Butanizer Column*, which separates butane from lighter fractions. This study analyzes the effect of reboiler temperature variation on the composition of the LPG mixed and on energy efficiency in the distillation system. The simulation was performed in Aspen HYSYS V.14 using the Peng-Robinson equation of state and was based on actual operating data from the plant's Distributed Control System (DCS). The results show that decreasing the reboiler temperature increases the propane (C3) content while reducing butane (C4) in the LPG mixed, with some butane carried over to the bottom product due to a lower boil-up rate. The optimal condition was found at 279.1 °F: at this temperature the LPG mixed still met quality standards while heat-flow consumption decreased by 460,491.74 kJ/h, resulting in annual energy savings of approximately Rp 321,073,593.25. This analysis concludes that operating the reboiler at a lower temperature can enhance energy efficiency without compromising product quality, thereby offering significant economic benefits to the company.

**Keywords:** Fractionation Plant, Distillation Column, Propane, Butane, *Aspen HYSYS V.14*

Copyright © 2026 by Authors, Published by JITK. This is an open-access article under the CC BY-SA License (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

How to cite: Herani, L. P., Ripaldi, A., Cundari, L., Muhammad Ardian, & Januari, R. Optimasi Suhu Reboiler pada *De-Butanizer Column* untuk Meningkatkan Efisiensi Energi dan Menjaga Kualitas LPG Mixed. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 10(1).

Permalink/DOI: [10.32493/jitk.v10i1.54870](https://doi.org/10.32493/jitk.v10i1.54870)



## PENDAHULUAN

PT Perta-Samtan Gas merupakan perusahaan hasil kerja sama antara Pertamina Gas dan Samtan Co. Ltd. Korea yang berfokus pada produksi *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) dan kondensat untuk memenuhi kebutuhan energi nasional, khususnya di wilayah Sumatera Bagian Selatan. Perusahaan ini berlokasi di Jalan 8 Komplek Pertamina Refinery Unit III Sungai Gerong, Kecamatan Banyuasin I, Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. Sebagai salah satu perusahaan strategis dalam rantai pasok energi nasional, PT Perta-Samtan Gas memiliki peran penting dalam mendukung ketahanan energi Indonesia, terutama dalam penyediaan LPG domestik yang terus mengalami peningkatan permintaan setiap tahunnya.

Berdasarkan data Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi (Ditjen Migas) Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), pada tahun 2020 Indonesia masih mengimpor LPG sebesar 6.396.962 metrik ton. Kondisi ini menunjukkan ketergantungan yang cukup tinggi terhadap impor untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat. Di sisi lain, konsumsi LPG domestik terus meningkat seiring dengan program konversi minyak tanah ke LPG yang dicanangkan pemerintah sejak tahun 2007 (Talib dkk., 2023). Menurut Buku Statistik Ditjen Migas tahun 2024, penggunaan LPG domestik mencapai 73,30 BBTUD, dengan sektor rumah tangga sebagai pengguna terbesar (Tan & Cong, 2023). Tingginya kebutuhan LPG tersebut menuntut industri pengolahan gas dalam negeri untuk meningkatkan kapasitas, efisiensi, dan kualitas produknya agar dapat mengurangi ketergantungan terhadap impor.

Sebagai bagian dari upaya tersebut, PT Perta-Samtan Gas membangun *Fractionation Plant* Sungai Gerong yang berfungsi untuk mengolah *Natural Gas Liquid* (NGL) menjadi LPG melalui proses fraksinasi. Bahan baku NGL diperoleh dari *Extraction Plant* Prabumulih, kemudian diolah untuk menghasilkan LPG *mixed* dengan komposisi utama propana dan butana. Proses fraksinasi

ini dilakukan melalui beberapa tahapan pemisahan komponen berdasarkan perbedaan titik didihnya, di mana salah satu unit penting dalam sistem ini adalah *De-Butanizer Column* (Yagishita dkk., 2023). Kolom ini berfungsi untuk memisahkan fraksi butana dari campuran hidrokarbon ringan lainnya, sehingga menghasilkan LPG *mixed* dengan komposisi dan kemurnian yang sesuai spesifikasi standar.

Dalam proses fraksinasi tersebut, *reboiler* memegang peran yang sangat penting sebagai peralatan pemanas bagian bawah kolom distilasi (Peng & Robinson, 1976). *Reboiler* berfungsi untuk menguapkan sebagian cairan umpan di dasar kolom agar terbentuk keseimbangan uap-cair yang mendukung pemisahan komponen. Namun, suhu operasi *reboiler* menjadi salah satu parameter kritis yang sangat mempengaruhi efisiensi energi dan kualitas produk akhir. Jika suhu *reboiler* terlalu tinggi, maka dapat menyebabkan degradasi kualitas LPG, peningkatan konsumsi energi, serta potensi kehilangan komponen ringan akibat *overboiling* (S., 2021). Sebaliknya, jika suhu terlalu rendah, pemisahan fraksi butana dan komponen lain menjadi tidak optimal, sehingga produk LPG *mixed* tidak memenuhi spesifikasi.

Spesifikasi LPG di Indonesia mengacu pada SK Ditjen Migas No. 26525 K/10/DDJM/2009, yang membagi LPG menjadi tiga jenis, yaitu LPG *mixed*, LPG propana, dan LPG butana. LPG *mixed* yang dihasilkan PT Perta-Samtan Gas mengandung berbagai komponen seperti etana, propana, isobutana, n-butana, isopentana, dan n-pentana dengan komposisi tertentu. Untuk memastikan produk yang dihasilkan sesuai standar tersebut, perusahaan menerapkan sistem *quality control* secara berkala terhadap sampel LPG *mixed* yang diproduksi. Pemeriksaan ini bertujuan menjaga mutu produk agar tetap stabil dan aman untuk didistribusikan ke konsumen melalui jalur *jetty* kapal maupun SPBE Pulau Layang.

Namun, dalam operasionalnya, tantangan utama yang dihadapi adalah



bagaimana menjaga stabilitas suhu *reboiler* pada *De-Butanizer Column* agar proses pemisahan berlangsung efisien dengan konsumsi energi yang minimal. Fluktuasi suhu yang terjadi akibat perubahan kondisi umpan, tekanan operasi, maupun gangguan sistem pemanas dapat menurunkan performa kolom dan berdampak pada penurunan kualitas LPG mixed (Talib dkk., 2023). Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya optimasi suhu *reboiler* untuk mencapai keseimbangan antara efisiensi energi dan kualitas produk.

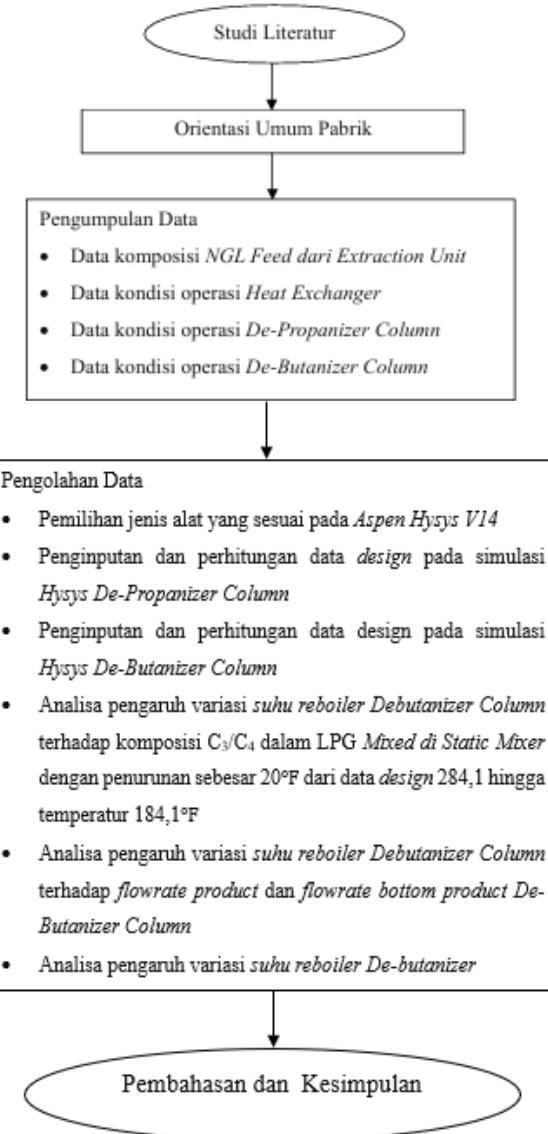
Optimasi suhu *reboiler* bertujuan menemukan titik operasi yang paling efektif di mana pemisahan komponen berlangsung maksimal dengan penggunaan energi minimal (Jia dkk., 2020). Proses optimasi ini dapat dilakukan dengan menganalisis hubungan antara suhu *reboiler*, tekanan kolom, serta komposisi produk yang dihasilkan. Dengan pengaturan suhu yang tepat, diharapkan efisiensi termal meningkat, beban energi dapat ditekan, serta LPG mixed yang dihasilkan tetap sesuai dengan spesifikasi SK Ditjen Migas (Talib dkk., 2023). Selain itu, optimasi ini juga mendukung penerapan prinsip efisiensi energi dan keberlanjutan industri sebagaimana yang dicanangkan oleh pemerintah dalam rangka menurunkan emisi dan meningkatkan daya saing sektor energi nasional.

Dengan demikian, penelitian ini menjadi sangat relevan, tidak hanya berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi proses produksi di PT Perta-Samtan Gas, tetapi juga memberikan manfaat strategis dalam mendukung kemandirian energi nasional. Melalui pengendalian suhu *reboiler* yang optimal, perusahaan dapat menghasilkan LPG mixed dengan kualitas stabil, efisiensi energi yang tinggi, serta biaya operasional yang lebih rendah. Pada akhirnya, langkah ini diharapkan mampu memperkuat peran industri pengolahan gas domestik dalam memenuhi kebutuhan energi masyarakat sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap impor LPG di masa mendatang.

## BAHAN DAN METODE

Tahapan pengumpulan data dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian yang

mengkaji dampak penurunan suhu *reboiler* *De-Butanizer Column* terhadap komposisi LPG mixed pada keluaran *Static Mixer*. Adapun tahap pengumpulan data diuraikan dalam diagram alir kegiatan Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Alir Analisis Efisiensi Energi dengan Variasi Suhu Reboiler Terhadap Komposisi C3 dan C4 di Static Mixer

Data yang dibutuhkan dalam pengolahan data diperoleh dari data hasil pengamatan yang dilakukan di *Digital Control System* (DCS) untuk *De-Propanizer Column* dan *De-Butanizer Column* pada Kilang Fraksinasi di PT Perta-Samtan Gas.

Perhitungan dalam penelitian ini dilakukan untuk menganalisis efisiensi energi dengan variasi suhu *reboiler* di *De-Butanizer*



Column terhadap komposisi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> dalam LPG *mixed* keluaran *Static Mixer* yang dihasilkan setelah proses pemurnian dalam *De-Propanizer Column* dan *De-Butanizer Column*. Perhitungan ini dilakukan dengan membuat simulasi pada Aspen Hysys V14 Sentinel Version: 9.6.2.0006 dengan SLM Version: 2022.14.2.724 Release dan SLM is in Runtime mode, menggunakan prinsip dari persamaan (1) (Peng & Robinson, 1976)

$$p = \frac{R \cdot T}{V_m - b} - \frac{a \cdot \alpha}{V_m^2 + 2 \cdot b \cdot V_m - b^2} \quad (1)$$

#### Keterangan:

p = Tekanan Gas Pada Kondisi Atmosfer

R = Konstanta Gas (8.314 J/mol.K)

T = Temperatur Gas Absolute (K)

V<sub>m</sub> = Molar Volume Gas (cm<sup>3</sup>/mol)

$$b = \frac{0.457235 \cdot R^2 \cdot T_c^2}{p_c}$$

$$a = \frac{0.077796 \cdot R \cdot T_c}{p_c}$$

$$\alpha = \left( 1 + k \left( 1 - T_r^{\frac{1}{2}} \right) \right)^2, \text{ dimana } T_r =$$

$$\frac{T}{T_c}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam proses distilasi LPG *mixed*, suhu *reboiler* berperan penting dalam mengatur jumlah uap yang terbentuk di dasar kolom dan memengaruhi keseimbangan antara fase cair dan uap. Variasi suhu *reboiler* berdampak langsung pada komposisi komponen hidrokarbon dalam LPG *mixed*, seperti propana, butana, dan fraksi yang lebih berat. Perubahan suhu ini menentukan seberapa efisien proses pemisahan berlangsung dan memengaruhi konsumsi energi pada sistem distilasi. Oleh karena itu, analisis terhadap variasi suhu *reboiler* diperlukan untuk memahami hubungan antara kondisi optimal

operasi, efisiensi energi, dan kualitas komposisi LPG *mixed* yang dihasilkan.

#### Analisis Pengaruh Variasi Penurunan Suhu *Reboiler* Terhadap Komposisi C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub> di *Static Mixer* PT Perta-Samtan Gas.

Pemanasan menggunakan *reboiler* pada kolom distilasi *De-Butanizer* merupakan salah satu faktor operasi yang dapat memengaruhi kualitas LPG *mixed* di *static mixer* kilang fraksinasi PT Perta-Samtan Gas Sungai Gerong. Namun, pemanasan menggunakan *reboiler* ini mengonsumsi energi dalam jumlah besar karena memerlukan pasokan *hot oil* dari sistem pemanas *Heatec* yang menggunakan fuel gas sebagai bahan bakar utama. *Fuel gas* ini tidak diproduksi sendiri, melainkan dibeli dari PT Pertamina RU III Plaju, sehingga pemanasan *reboiler* langsung berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar dan pengeluaran operasional pabrik secara keseluruhan.

Oleh karena itu, dilakukan simulasi menggunakan Aspen HYSYS V.14 sebagai langkah strategis dalam menganalisis kinerja produksi LPG *mixed* di PT Perta-Samtan Gas dengan adanya penurunan suhu *reboiler*. Simulasi ini dapat memberikan solusi untuk menekan konsumsi energi dan menghemat biaya pembelian *fuel gas*. Solusi ini dapat memberikan keuntungan ekonomi berupa pengurangan biaya pembelian bahan bakar, tetapi tetap mempertahankan komposisi LPG *mixed* yang memenuhi standar LPG nasional dalam SK Dirjen Migas No.116.K/10/DJM/2020. Dalam simulasi ini digunakan persamaan Peng-Robinson yang merupakan hasil modifikasi dari persamaan van der Waals semi empiris pada bagian attraction pressure. Model ini lebih akurat dalam memprediksi *vapour pressure* zat murni, rasio kesetimbangan dan densitas cairan dari campuran hidrokarbon di dalam kolom distilasi, terutama untuk sistem yang melibatkan fraksi ringan seperti propana dan butana yang merupakan komponen utama LPG Mixed (Peng & Robinson, 1976). Dengan demikian, penerapan persamaan Peng-Robinson menjadi dasar penting dalam simulasi ini untuk memperoleh hasil



perhitungan keseimbangan fasa dan termodinamika yang akurat dalam analisis efisiensi energi kolom distilasi LPG Mixed (Poling dkk., 2001)

Tabel 1 menampilkan data desain *De-Butanizer Column* di PT Perta-Samtan Gas Sungai Gerong yang akan digunakan dalam

simulasi, dan Tabel 2 menampilkan komposisi produk LPG Mixed PT Perta-Samtan Gas Sungai Gerong pada *reboiler temperature* 284,1°F yang akan menjadi acuan perbandingan antara data *design* dengan data hasil simulasi .

**Tabel 1.** Data Design *De-Butanizer Column* di PT Perta-Samtan Gas Sungai Gerong

Komponen	Satuan	Feed	Refluks	Feed Vapour Reboiler	Produk dari Reboiler	Liquid dari Reboiler	Menuju Kondenser	Menuju Reboiler	Liquid Produk
<b>Entering/Leaving Tray</b>	-	17	1	-	-	-	1	35	Sump
<b>Vapor Fraction</b>	-	0,2876	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>Operating Temperature</b>	°F	169,4	118,7	284,1	284,1	140,0	261,9	284,1	
<b>Operating Pressure</b>	psig	119,8	117,8	117,8	114,8	114,8	117,8	117,8	
<b>Mass Flow Rate (Vap)</b>	lb/hr	12.909	-	61.355	-	62.744	-	-	
<b>Mass Flow Rate (Liq)</b>	lb/hr	38.480,0	32.023	-	20.668	-	82.023	20.668	
<b>Density (Vap)</b>	lb/ft³	1,31	-	1,59	-	1,32	-	-	
<b>Density (Liq)</b>	lb/ft³	33,58	32,11	-	32,60	-	32,40	32,60	

**Tabel 2.** Komposisi Produk LPG Mixed PT Perta-Samtan Gas Sungai Gerong Pada *Reboiler Temperature* 284,1°F

Komponen	Rumus Kimia	Komposisi (% mol)
Metana	C <sub>1</sub>	0,0000
Etana	C <sub>2</sub>	0,0033
Propana	C <sub>3</sub>	0,6701
Isobutana	i-C <sub>4</sub>	0,1670
n-Butana	n-C <sub>4</sub>	0,1290
Isopentana	i-C <sub>5</sub>	0,0288
n-Pentana	n-C <sub>5</sub>	0,0018

Diperoleh hasil simulasi pada Tabel 3 dan Tabel 4 yang memperlihatkan komposisi fraksi dan besar *flowrate* pada produk LPG Mixed dalam *Static Mixer* dengan variasi penurunan suhu reboiler dari kondisi *design* 284,1°F dengan rentang penurunan sebesar 20°F.

**Tabel 3.** Hasil Simulasi Pengaruh Variasi Suhu Reboiler Kolom Distilasi *De-Butanizer* Terhadap *Flowrate* Produk di *Static Mixer*

Suhu Reboiler (°F)	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	i-C <sub>4</sub>	n-C <sub>4</sub>	i-C <sub>5</sub>	n-C <sub>5</sub>
264,1	0,0034	0,7020	0,1598	0,1349	0,0001	0,0000
244,1	0,0036	0,7297	0,1383	0,1284	0,0000	0,0000
224,1	0,0038	0,7750	0,1277	0,0935	0,0000	0,0000
204,1	0,0042	0,8546	0,0883	0,0529	0,0000	0,0000
184,1	0,0045	0,8733	0,0780	0,0442	0,0000	0,0000

**Tabel 4.** Hasil Simulasi Pengaruh Variasi Suhu Reboiler Kolom Distilasi *De-Butanizer* Terhadap *Flowrate* Produk di *Static Mixer*

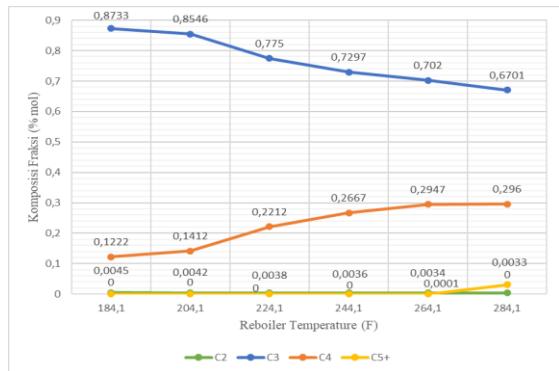
Suhu Reboiler (°F)	Laju Alir Produk LPG Mixed (MT/d)
284,1*	547,6
264,1	513,3
244,1	489,8
224,1	455,0
204,1	401,4
184,1	371,1

\*Data Design

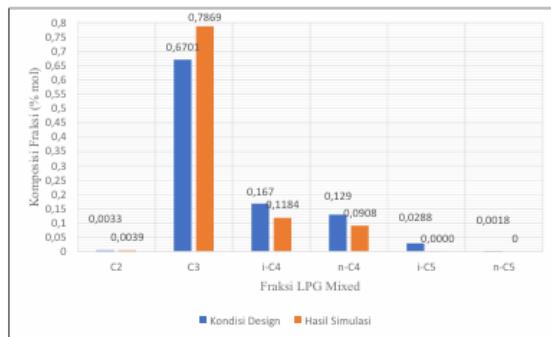
Dari Tabel 3 memperlihatkan kenaikan komposisi C<sub>2</sub> dan C<sub>3</sub> dalam LPG mixed di *static mixer* dari komposisi fraksi pada kondisi aktual seiring dengan adanya penurunan variasi suhu reboiler. Namun, terjadi penurunan kandungan i-C<sub>4</sub> dan n-C<sub>4</sub> karena menurunnya kemampuan reboiler dalam menyediakan panas yang cukup untuk menguapkan komponen butana tersebut (Rojey dkk., 1997). Hal tersebut menyebabkan sebagian besar butana ikut terbawa ke *bottom product De-Butanizer (Condensate)* dan menyebabkan total *flowrate product LPG mixed* menurun seiring dengan penurunan



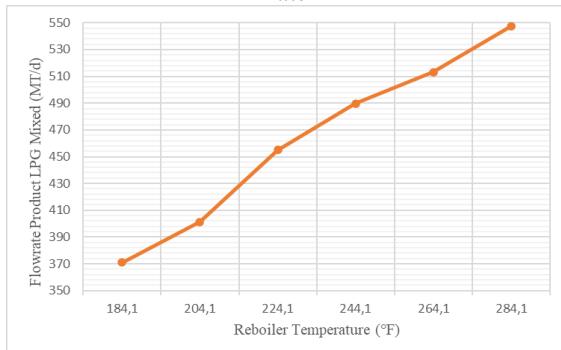
suhu *reboiler* (Tabel 4). Penurunan dari hasil komposisi fraksi i-C<sub>4</sub> dan n-C<sub>4</sub> ini kami buat di dalam dalam Gambar 2 yang berisi hasil simulasi penurunan variasi suhu *reboiler* dengan rentang penurunan 20°F dan Gambar 3 sebagai perbandingan antara data *design* dengan data hasil simulasi penurunan variasi suhu *reboiler* di *De-butanizer Column* PT Perta-Samtan Gas Sungai Gerong



**Gambar 2.** Pengaruh Variasi Suhu *Reboiler De-Butanizer* Terhadap Komposisi LPG Mixed di *Static Mixer*



**Gambar 3.** Perbandingan Data Design dan Data Simulasi Terhadap Komposisi LPG Mixed di *Static Mixer*



**Gambar 4.** Pengaruh Variasi Suhu *Reboiler De-Butanizer Column* Terhadap Flowrate Produk di *Static Mixer*

Gambar 2 ditampilkan sebagai hasil simulasi menggunakan Aspen HYSYS V.14

penguapan cairan di bagian bawah kolom distilasi sehingga kemampuan *De-*

yang telah dilakukan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa komposisi fraksi etana (C<sub>2</sub>) dan propana (C<sub>3</sub>) dalam produk LPG mixed mengalami peningkatan seiring dengan berkurangnya suhu *reboiler* dari suhu *reboiler* design 284,1 °F sebagaimana ditampilkan oleh Gambar 3. Peningkatan ini dikarenakan fraksi etana (C<sub>2</sub>) dan propana (C<sub>3</sub>) memiliki titik didih yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan komponen berat seperti butana (C<sub>4</sub>) (Jovijari dkk., 2022). Kondisi ini mengartikan bahwa semakin rendah suhu *reboiler* yang digunakan pada kolom distilasi *De-Butanizer*, semakin banyak jumlah fraksi ringan yang dapat menguap ke atas kolom.

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3, hasil simulasi juga memperlihatkan adanya penurunan pada fraksi i-C<sub>4</sub> dan n-C<sub>4</sub>. Penurunan ini dikarenakan energi panas yang tersedia untuk menguapkan komponen berat dengan titik didih yang lebih tinggi berkurang. Fenomena ini mengindikasikan pergeseran kualitas LPG *mixed* dimana kandungan komponen ringan C<sub>2</sub> dan C<sub>3</sub> bertambah sementara fraksi i-C<sub>4</sub> dan n-C<sub>4</sub> menurun. Oleh karena itu, pengaturan suhu reboiler harus dioptimalkan agar diperoleh keseimbangan antara efisiensi energi dan kandungan komponen berat seperti i-C<sub>4</sub> dan n-C<sub>4</sub> dalam LPG mixed. Berdasarkan Gambar 2 dan data dari Tabel 3 dengan variasi suhu reboiler menggunakan HYSYS V.14 didapatkan bahwa untuk komposisi LPG *Mixed* sudah sesuai dengan SK. Ditjen Migas No. 116 dikarenakan pada komposisi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> yang diperoleh pada *static mixer* dengan variasi suhu *reboiler* lebih dari 97% yaitu 99%. Kemudian untuk komposisi C<sub>2</sub> dan C<sub>5+</sub> di semua variasi suhu *reboiler* sudah sesuai dengan batas spesifikasi yang ditetapkan SK. Ditjen Migas No. 116 sebesar 0,8% dan 2,0 dari total komposisi LPG *mixed*.

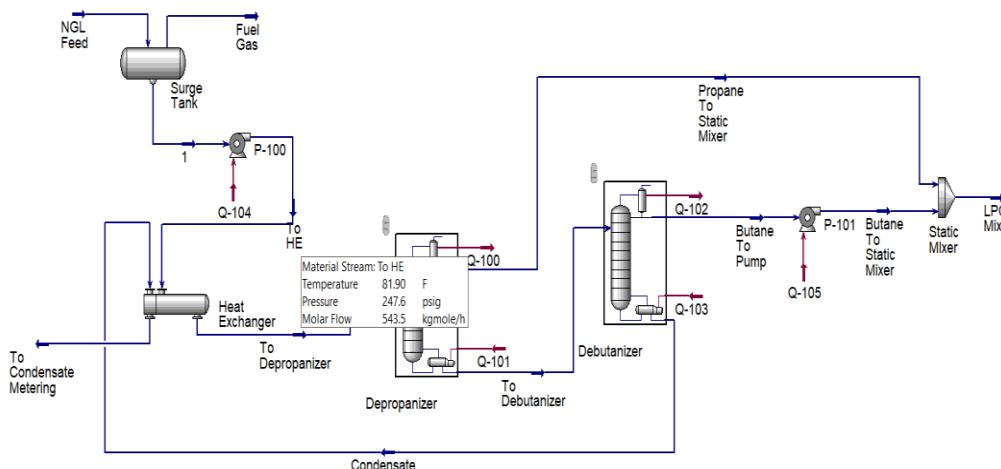
Dari Gambar 4, penurunan suhu *reboiler* juga berdampak pada penurunan *flowrate* produk LPG *mixed* di *static mixer* dari kondisi *design* awal. Ketika suhu *reboiler* diturunkan, menyebabkan semakin menurunnya *boil-up rate*, yaitu laju

*Butanizer Column* untuk menguapkan fraksi berat seperti i-C<sub>4</sub> dan n-C<sub>4</sub> semakin menurun.



Hal ini tidak hanya mengurangi *flowrate LPG mixed*, tetapi juga menyebabkan hilangnya sebagian butana yang bernilai ekonomis tinggi sehingga walaupun fraksi ringan seperti  $C_2$  dan  $C_3$  menjadi lebih dominan di produk atas, total massa LPG *mixed* yang dihasilkan tetap menurun karena berkurangnya komposisi fraksi berat seperti  $i\text{-}C_4$  dan  $n\text{-}C_4$ . Oleh karena itu, perlu ditentukan titik operasi optimal. Titik

optimal ini merupakan kondisi di mana suhu *reboiler* cukup tinggi untuk menjaga efisiensi pemisahan dan meminimalkan kehilangan  $C_4$ , namun tidak terlalu tinggi sehingga konsumsi energi tetap efisien. **Gambar 5** menampilkan *flowsheet* keseluruhan proses di PT Perta Samtan Gas Sungai Gerong untuk analisis efisiensi energi dengan variasi suhu *reboiler*.



**Gambar 5.** Flowsheet simulasi proses pada PT. Perta-Samtan Gas Kilang Fraksinasi

### Hasil Bottom Produk Liquefied Petroleum Gas (LPG) dengan Variasi Suhu Reboiler De-Butanizer Column

Hasil simulasi menggunakan HYSYS V.14 dengan variasi penurunan *reboiler* bertujuan untuk mengetahui komposisi *product* berupa  $C_5^+$  pada aliran *bottom* pada *De-Butanizer Column*. *Bottom product* dari PT Perta-Samtan Gas Kilang fraksinasi dinamakan kondensat. Komponen yang bisa langsung menguap akan menjadi komponen *Light Key* pada *De-Propanizer Column* dan

*De-Butanizer Column* sedangkan produk dengan volatilitas rendah (*Heavy key*) akan menjadi kondensat. Kandungan *Heavy key*-nya berupa senyawa  $n\text{-}Butane$  ( $n\text{-}C_4$ ),  $i\text{-}Butane$  ( $i\text{-}C_4$ ), Pentane ( $C_5$ ), Heksana ( $C_6$ ) dan hidrokarbon rantai panjang yang lainnya akan turun melalui tray-tray kolom distilasi yang disebut *Downcomer* (Poling dkk., 2001). Hasil dari simulasi dengan suhu *reboiler* sesuai data design *De-Butanizer Column* ditampilkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Komposisi  $C_5^+$  di Bottom *De-Butanizer Column* PT Perta Samtan Gas Pada Reboiler Temperature 284,1°F

Komponen	Rumus Kimia	Komposisi (% mol)
Propana	$C_3$	0,0000
Isobutana	$i\text{-}C_4$	0,0000
$n\text{-}Butana$	$n\text{-}C_4$	0,0000
Isopentana	$i\text{-}C_5$	0,2023
$n\text{-}Pentana$	$n\text{-}C_5$	0,2032
$n\text{-}Heksana$	$n\text{-}C_6$	0,5592
$n\text{-}Heptana$	$n\text{-}C_7$	0,0353

Diperoleh hasil simulasi pada Tabel 6 dan Tabel 7 yang memperlihatkan komposisi  $C_5^+$  dan besar *flowrate* pada *Bottom Product De-*

*Butanizer Column* dengan variasi penurunan suhu *reboiler* dari kondisi *design* 284,1°F dengan rentang penurunan sebesar 20°F.

**Tabel 6.** Pengaruh Variasi Suhu *Reboiler* Terhadap Komposisi  $C_{5+}$  di *Bottom De-Butanizer Column*

Suhu <i>Reboiler</i> (°F)	$C_3$	$i\text{-}C_4$	$n\text{-}C_4$	$i\text{-}C_5$	$n\text{-}C_5$	$n\text{-}C_6$	$n\text{-}C_7$
264,1	0,0000	0,0009	0,0679	0,2936	0,1688	0,4409	0,0279
244,1	0,0055	0,0082	0,1962	0,2510	0,1442	0,3767	0,0238
224,1	0,0610	0,2835	0,2068	0,1188	0,3103	0,0196	-
204,1	0,1551	0,3246	0,1624	0,0933	0,2437	0,0154	-
184,1	0,0802	0,1637	0,3052	0,1423	0,0817	0,2134	0,0135

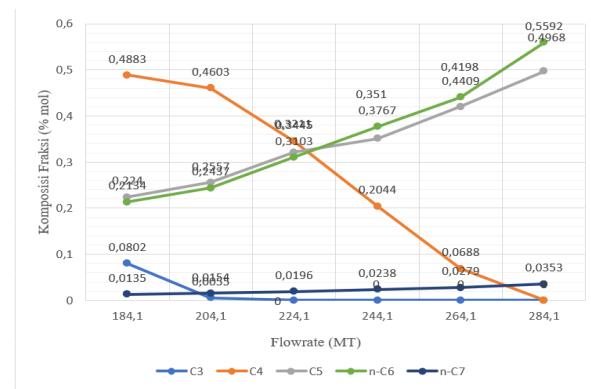
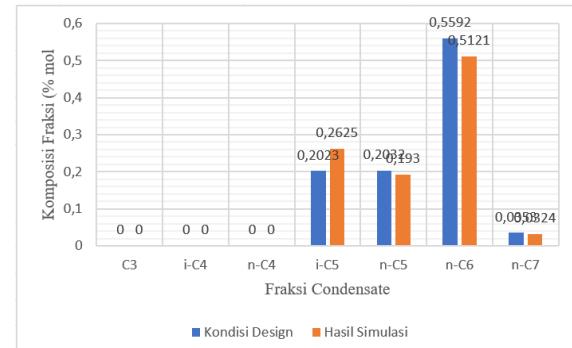
**Tabel 7.** Pengaruh Variasi Suhu *Reboiler* Terhadap *Flowrate Bottom Product Condensate*  $C_{5+}$  (BBLS/d) di *De-Butanizer Column*

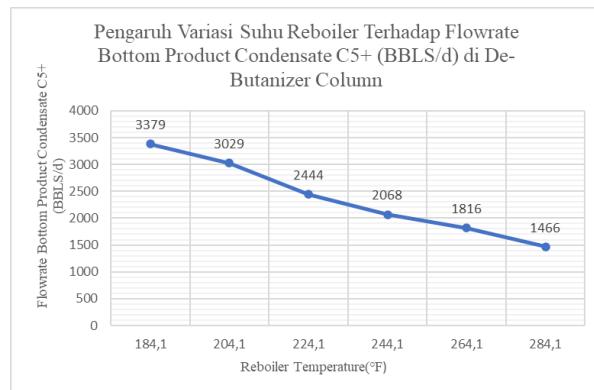
Suhu <i>Reboiler</i> (°F)	Laju Alir Bottom Produk Bawah Kondensat $C_{5+}$ (BBLS/d)
284,1*	1.466
264,1	1.816
244,1	2.068
224,1	2.444
204,1	3.029
184,1	3.379

Hasil yang didapatkan dari simulasi Aspen Hysys ditunjukkan pada Tabel 6 bahwa semakin menurun variasi suhu *reboiler*, semakin banyak komposisi *i*-butane dan *n*-butane yang terkandung di dalam *bottom product De-Butanizer (condensate)*. Ketika suhu *reboiler* diturunkan, energi panas yang tersedia tidak lagi cukup untuk menguapkan komponen berat seperti *i*-butane dan *n*-butane. Sehingga, sebagian besar *i*-butane dan *n*-butane tetap berada dalam fase *liquid* dan ikut keluar bersama aliran kondensat, sehingga komposisi butane dalam aliran kondensat naik secara signifikan. Penurunan suhu *reboiler* ini menyebabkan penurunan tekanan uap jenuh komponen berat, sehingga kemampuan butane untuk berpindah ke fase uap menjadi lebih kecil. Pada kondisi ini, keseimbangan antara fase cair dan uap bergeser ke arah fase *liquid* (*liquid-rich phase*), di mana sebagian butane yang sebelumnya dapat teruapkan pada suhu tinggi kini mengalami re-kondensasi dan kembali membentuk *liquid* di dasar kolom. Proses ini menjelaskan alasan komponen fraksi butane di bagian *condensate* meningkat sementara kandungan butane di *top product De-Butanizer Column* menurun.

Tabel 7 memperlihatkan bahwa variasi suhu *reboiler* menyebabkan naiknya volume kondensat ( $C_{5+}$ ) yang dihasilkan. Hal tersebut menunjukkan kapasitas produksi kondensat salah satunya dipengaruhi oleh variasi suhu *reboiler* yang digunakan. Adapun pengaruh

variasi suhu *reboiler* terhadap komposisi  $C_{5+}$  di *Bottom De-Butanizer Column* yang telah kami simulasikan di HYSYS V.14 ditampilkan pada Gambar 6.

**Gambar 6.** Pengaruh Variasi Suhu *Reboiler* Terhadap Komposisi  $C_{5+}$  di *Bottom De-Butanizer Column***Gambar 7.** Grafik Perbandingan Data Aktual dan Data Simulasi Terhadap Komposisi  $C_{5+}$  di *Bottom De-Butanizer Column*



**Gambar 8.** Pengaruh Variasi Suhu Reboiler Terhadap Flowrate Bottom Product Condensate C<sub>5</sub><sup>+</sup> (BBLS/d) di De-Butanizer Column

Gambar 6 menampilkan perbandingan antara penurunan suhu *reboiler* terhadap komposisi C<sub>5</sub><sup>+</sup>. Berdasarkan hasil simulasi Aspen HYSYS V14, terlihat bahwa ketika suhu reboiler diturunkan, komposisi C<sub>4</sub> dalam kondensat meningkat, sementara kandungan hidrokarbon berat C<sub>5</sub><sup>+</sup> menurun. Hal ini disebabkan oleh menurunnya suplai energi panas pada *reboiler*, yang menyebabkan butana tidak sepenuhnya menguap ke atas kolom. Sebaliknya, hidrokarbon berat (C<sub>5</sub><sup>+</sup>) mengalami penurunan karena pada suhu rendah, hanya sebagian kecil yang bisa berpindah antar fase, dan sebagian besar justru terakumulasi di dasar *reboiler* atau tidak terbawa dalam aliran keluar. Sementara itu, Gambar 7 menunjukkan perbandingan antara kondisi *design* dan hasil simulasi penurunan suhu *reboiler* dimana penurunan suhu *reboiler* ini berdampak pada banyaknya propana (C<sub>3</sub>) dan butana (C<sub>4</sub>) yang terbuang menjadi *bottom product* De-Butanizer Column menunjukkan bahwa suhu *reboiler* memiliki pengaruh

signifikan terhadap distribusi komponen di dalam kolom distilasi, di mana semakin rendah suhu *reboiler*, maka efisiensi pemisahan antara fraksi ringan dan berat akan semakin berkurang menimbulkan kerugian bagi perusahaan karena semakin banyak komponen bernilai tinggi, seperti propana (C<sub>3</sub>) dan butana (C<sub>4</sub>) yang seharusnya menjadi produk LPG *mixed* namun justru terbawa ke aliran *bottom product* De-Butanizer Column.

Dari Gambar 8, hal yang menyebabkan kenaikan *flowrate* kondensat, adalah semakin banyak C<sub>4</sub> yang berpindah dari fase uap ke fase cair. Ketika suhu *reboiler* turun, *boil-up rate* menurun sehingga jumlah uap yang naik ke atas kolom berkurang, dan sebagian fraksi ringan seperti C<sub>4</sub> tidak lagi menguap sempurna. Akibatnya, lebih banyak cairan yang menumpuk di sistem kondensat, menaikkan laju aliran keluar.

### Analisis Kondisi Optimal Variasi Suhu Reboiler di De-Butanizer Column

Analisis kondisi optimal variasi suhu reboiler di De-Butanizer Column sangat diperlukan karena suhu operasi *reboiler* memiliki peran penting antara efisiensi energi dan kualitas pemisahan produk. Oleh karena itu, dipertimbangkan kondisi suhu reboiler dengan konsumsi panas yang rendah namun komposisi fraksi mol butana (C<sub>4</sub>) dengan *flowrate* LPG *mixed* yang masih tinggi dan *bottom product* De-Butanizer Column tidak mengandung butane (C<sub>4</sub>) (Agustina & Fitriah, 2023). Adapun analisis penentuan kondisi optimal variasi suhu *reboiler* ditampilkan pada Tabel 8, Tabel 9, dan Tabel 10.

**Tabel 8.** Analisis Kondisi Top Product Variasi Suhu Reboiler di De-Butanizer Column

Suhu Reboiler (°F)	Laju Alir Produk LPG Mixed (MT/d)	Komposisi Etana LPG Mixed (% Liq Vol)	Komposisi C <sub>5</sub> <sup>+</sup> LPG Mixed (% Liq Vol)	Rasio Propana/Butana LPG Mixed (% Liq Vol)
279,1	535,1	0,0033	0,0006	0,6807 / 0,3007
274,1	522,2	0,0034	0,0000	0,6921 / 0,3044
264,1	513,3	0,0034	0,0000	0,7020 / 0,2946

Sumber: PT Perta-Samtan Gas, 2025

**Tabel 9.** Analisis Kondisi *Bottom Product Variasi Suhu Reboiler di De-Butanizer Column*

Suhu Reboiler (°F)	Laju Alir Produk Bawah Kondensat Rasio C <sub>5</sub> <sup>+</sup> (BBLS/d)	i-Butane/n-Butane Produk Bawah Kondensat (% Liq Vol)
279,1	1.592	0 / 0
274,1	1.722	0,0001 / 0,0059
264,1	1.816	0,0009 / 0,0679

Sumber: PT Perta-Samtan Gas, 2025

**Tabel 10.** Penggunaan *Heat Flow* dengan Variasi Suhu Reboiler di *De-Butanizer Column*

Suhu Reboiler (°F)	Heat Flow (kJ/h)	Penghematan Heat Flow (kJ/h)
279,1	7.999.331,478	460.491,7417
274,1	7.516.662,735	943.160,4852
264,1	7.154.152,428	1.305.670,720

Sumber: PT Perta-Samtan Gas, 2025

Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa variasi terbaik dari proses penurunan suhu *reboiler De-Butanizer Column* adalah pada suhu 279,1°F dimana suhu tersebut masih menghasilkan *flowrate* produk LPG *mixed* yang tinggi dengan kandungan propana dan butana yang memenuhi spesifikasi baku mutu

SK. Ditjen Migas No. 116 sebesar 99% tetapi cukup untuk menghemat *heat flow* yang diperlukan untuk menjalankan *reboiler* tersebut. Komposisi fraksi *bottom product De-Butanizer Column* juga sepenuhnya merupakan C<sub>5</sub><sup>+</sup> tanpa adanya butana yang terakumulasi.

**Tabel 11.** Perbandingan Komposisi Kondisi Desain dan Kondisi Optimal Variasi Suhu Reboiler di *De-Butanizer Column*

Komponen	Produk Atas (%mol)		Produk Bawah (%mol)	
	Desain	Optimal	Desain	Optimal
Etana (C <sub>2</sub> )	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Propana (C <sub>3</sub> )	0,3122	0,3240	0,0000	0,0000
i-Butana (i-C <sub>4</sub> )	0,2456	0,2549	0,0000	0,0000
n-Butana (n-C <sub>4</sub> )	0,3706	0,3845	0,0000	0,0000
i-Pentana (i-C <sub>5</sub> )	0,0672	0,0352	0,2023	0,2625
n-Pentana (n-C <sub>5</sub> )	0,0043	0,0014	0,2032	0,1930
n-Heksana (n-C <sub>6</sub> )	0,0000	0,0000	0,5592	0,5121
n-Heptana (n-C <sub>7</sub> )	0,0000	0,0000	0,0353	0,0324

**Tabel 12.** Perbandingan Kondisi Desain dan Kondisi Optimal Variasi Suhu Reboiler di *De-Butanizer Column*

Item	Satuan	Kondisi Desain	Kondisi Optimal
Feed Flowrate	Tonne/day	414	414
Top Flowrate	Tonne/day	261,6	249,2
Bottom Flowrate	BBLS	1467	1591
Feed Temperature	°F	214,7	214,7
Top Temperature	°F	124,8	122,3
Bottom Temperature	°F	284,1	279,1
Feed Pressure	psig	235,6	235,6
Top Pressure	psig	114,8	114,8
Reflux Pressure	psig	114,8	114,8
Bottom Pressure	psig	117,8	117,8
Heat Flow	kJ/h	8.467.180,59	7.994.638,60



## Analisis Kondisi Top dan Bottom Product dengan Variasi Suhu Reboiler pada De-Butanizer Column

Berdasarkan Tabel 11, dapat diketahui bahwa LPG *Mixed* yang dihasilkan dari *De-Butanizer Column* menunjukkan peningkatan kandungan propana ( $C_3$ ), iso-butana ( $i-C_4$ ), dan n-butana ( $n-C_4$ ) pada kondisi optimal dibandingkan dengan kondisi desain awal. Peningkatan ini menandakan bahwa kondisi operasi kolom pada suhu optimal mampu memaksimalkan pemisahan fraksi ringan dari aliran bawah *De-Propanizer*, sehingga proses pemisahan berlangsung lebih efisien dan memperkaya komposisi LPG *Mixed* di *Static Mixer* dengan kandungan hidrokarbon bernilai tinggi (Sahiduzzaman dkk., 2024).

Meskipun terjadi sedikit penurunan pada laju alir (*flowrate*) *top product* dibandingkan dengan kondisi desain, nilai *flowrate* yang dihasilkan masih tergolong tinggi dan tetap memenuhi kapasitas produksi yang diharapkan. Penurunan *flowrate* ini disebabkan oleh adanya optimasi pada variabel operasi, khususnya suhu *reboiler*, yang menyebabkan fraksi berat terpisah lebih efektif ke aliran bawah. Dengan demikian, sistem operasi kolom tetap efisien dengan kualitas LPG *Mixed* yang lebih baik (Al Kalbani & Zhang, 2023).

Selain itu, pada kondisi optimal di Tabel 11 dan Tabel 12 terlihat bahwa kandungan  $C_5^+$  dalam produk LPG *Mixed* mengalami penurunan dibandingkan dengan kondisi desain. Hal ini menunjukkan bahwa proses pemisahan berlangsung lebih selektif, di mana fraksi berat lebih banyak terakumulasi pada *bottom product* (Suharto dkk., 2023). Peningkatan *flowrate* kondensat  $C_5^+$  ini menandakan adanya peningkatan kemurnian LPG *Mixed*, karena kandungan hidrokarbon berat yang tidak diinginkan semakin berkurang, sesuai dengan standar mutu LPG *Mixed* berdasarkan SK Dirjen Migas No. 116.

Dari hasil perhitungan diperoleh penghematan *heat flow* sebesar 460.491,74 kJ/jam pada suhu *reboiler* optimal. Dengan nilai *Gas Heating Value (GHV)* fuel gas sebesar 1045 Btu/SCF dan harga fuel gas 5,06 USD/MMBtu (PT Perta-Samtan Gas, 2025),

maka konversi energi menghasilkan 1102,533 kJ/SCF. Berdasarkan nilai tersebut, penghematan konsumsi fuel gas sebesar 417,667 SCF/jam.

Jika dikonversikan ke nilai ekonomi dengan harga rata-rata Rp 16.441,778/USD (Kementerian Perdagangan, 2025), maka harga fuel gas setara Rp 86,9391/SCF. Dengan asumsi waktu operasi 355 hari per tahun, penghematan tahunan mencapai:

$$417,667 \text{ SCF/jam} \times \text{Rp } 86,9391 \times 24 \text{ jam} \times 355 \text{ hari} = \text{Rp } 309.375.091,64 \text{ per tahun.}$$

Angka ini menunjukkan potensi penghematan energi yang signifikan. Pengurangan konsumsi fuel gas akibat penurunan kebutuhan *heat flow* pada sistem *reboiler* dan *Heatec* secara langsung menurunkan biaya operasional pembelian fuel gas dari PT Pertamina RU III Plaju. Efisiensi energi ini memberikan dampak positif terhadap stabilitas keuangan dan *cash flow* perusahaan. Dengan penghematan sebesar ±Rp 309 juta per tahun, perusahaan tidak hanya memperoleh manfaat ekonomi, tetapi juga mendukung keberlanjutan operasi pabrik melalui efisiensi energi dan pengurangan beban lingkungan (Dharmawan dkk., 2024).

Oleh karena itu, optimasi suhu *reboiler* terbukti menjadi strategi efektif untuk meningkatkan efisiensi pemisahan, memperbaiki kualitas produk LPG *Mixed*, serta memberikan kontribusi signifikan terhadap penghematan biaya dan keberlanjutan operasional PT Perta-Samtan Gas Sungai Gerong.

## KESIMPULAN

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penurunan suhu *reboiler* pada *De-Butanizer Column* menyebabkan peningkatan kandungan propana ( $C_3$ ) dalam LPG *mixed* serta penurunan kandungan butana ( $C_4$ ) akibat menurunnya laju *boil-up rate* yang mengurangi kemampuan kolom dalam menguapkan fraksi berat butana. Semakin rendah suhu *reboiler*, semakin besar pula jumlah n-butana dan i-butana yang terbawa ke *bottom product* karena suhu tidak cukup tinggi untuk menguapkan kedua fraksi tersebut. Dari hasil simulasi tersebut, diperoleh kondisi



operasi optimal pada suhu *reboiler* 279,1°F, di mana komposisi LPG *mixed* yang dihasilkan stabil dan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Selain menghasilkan kualitas produk yang lebih baik, kondisi ini juga memberikan efisiensi energi yang signifikan dengan pengurangan *heat flow* sebesar 460.491,7417 kJ/jam, yang setara dengan penghematan biaya energi tahunan sebesar Rp 309.375.091,636.

## DAFTAR PUSTAKA

Agustina, D. S., & Fitriah. (2023). *Optimization of distillation column reflux ratio for distillate purity and process energy requirements*. *International Journal of Basic and Applied Science*, 12(2). Retrieved from [www.ijobas.pelhus.ac.id](http://www.ijobas.pelhus.ac.id)

Ahmed, R., Cai, T., Nieuwoudt, I., Mohammad, S., & Aichele, C. (2024). Quantifying the point efficiency of cyclohexane/n-heptane in non-total reflux conditions. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 63(16), 7357–7367. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.4c00556>

Al Kalbani, F., & Zhang, J. (2023). Inferential composition control of a distillation column using active disturbance rejection control with soft sensors. *Sensors*, 23(2). <https://doi.org/10.3390/s23021019>

Dharmawan, A., Suweleh, M., & Mulyawan, S. (2024). Optimization of heavy key composition of distillate in deisobutanizer column using Aspen Hysys with flow rate reflux and reboiler temperature in alkylation unit at Company PEP. *Scientific Contributions Oil and Gas*, 47(1), 43–56. <https://doi.org/10.29017/SCOG.47.1.1609>

Dziubek, K. F. (2022). On the definition of phase diagram. *Crystals*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/crust12091186>

Jia, W., Lin, Y., Yang, F., & Li, C. (2020). A novel lift-off diameter model for boiling bubbles in natural gas liquids transmission pipelines. *Energy Reports*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.02.014>

Jovijari, F., Kosarineia, A., Mehrpooya, M., & Nabhani, N. (2022). Advanced exergy analysis of the natural gas liquid recovery process. *Thermal Science*, 26(3). <https://doi.org/10.2298/TSCI210522311J>

Peng, D. Y., & Robinson, D. B. (1976). A new two-constant equation of state. *Industrial and Engineering Chemistry Fundamentals*, 15(1), 59–64. <https://doi.org/10.1021/i160057a011>

Poling, B. E., Prausnitz, J. M., & O'Connell, J. P. (2001). *The properties of gases and liquids* (5th ed.). McGraw-Hill.

Rojey, A., Jaffret, C., Cornot-Gandolphe, S., Durand, B., Jullian, S., & Valais, M. (1997). *Natural gas: Production, processing, transport* (C. J. Alexandre Rojey, Ed.). Editions Technip.

S., V. M. (2021). Analysis of the effect of feed composition and thermal conditions on distillation plant performance using a computer model. *Journal of Chemical Engineering and Materials Science*, 12(2). <https://doi.org/10.5897/jcems2020.0352>

Sahiduzzaman, M., Raihan, R., Moksatara, & Hossain, A. (2024). Study on the physiochemical properties of liquefied petroleum gas available by cylinders in Bangladesh. *International Journal of Latest Technology in Engineering Management & Applied Science*, 13(5), 186–194. <https://doi.org/10.51583/ijltemas.2024.130519>

Suharto, M., Wibowo, A. A., & Suharti, P. H. (2023). Optimasi pemurnian etanol dengan distilasi ekstraktif menggunakan Chemcad. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 6(1).



<https://doi.org/10.33795/distilat.v6i1.53>

Talib, H. G., Al-Dawody, M. F., & Sarris, I. E. (2023). The characteristics of gasoline engines with the use of LPG: An experimental and numerical study. *International Journal of Thermofluids*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2023.100316>

Tan, H., & Cong, L. (2023). Modeling and control design for distillation columns based on the equilibrium theory. *Processes*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/pr11020607>

Yagishita, M., Kölling, R., & Einfalt, D. (2023). Introducing a simple method to investigate relative volatilities of flavour compounds in fruit brandies. *Beverages*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/beverages9020032>