

# OPTIMASI KONDISI OPERASI KOLOM DEMETANIZER UNTUK MENCAPAI KUALITAS PRODUK PT.X MENGGUNAKAN ASPEN HYSYS

Muhammad Emir Mirza Fahreza<sup>1\*</sup>, Aditya Dharmawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Pengolahan Migas, PEM Akamigas, Jl Gajah Mada No.38, Cepu, 58315

\*E-mail: m.emir.mirza06@gmail.com

## ABSTRAK

Indonesia masih memiliki potensi cadangan gas yang masih cukup besar walaupun setiap saatnya mengalami penurunan. Akan tetapi pemerintah dan seluruh instansi terkait selalu berusaha untuk mencari cadangan gas baru untuk melancarkan operasional kilang-kilang gas yang ada di Indonesia. Dengan demikian kilang-kilang gas dapat menambah ekspor dan menambah devisa keuangan di Indonesia. Untuk bisa mengeksport dan bersaing dengan negara-negara lainnya maka perlu ada upaya-upaya untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produk tersebut. LNG (*Liquefied Natural Gas*) adalah gas alam yang melalui pemrosesan untuk menghilangkan *impurities* dan hidrokarbon berat lalu terkondensasi menjadi *liquid* pada tekanan atmosfer serta pendinginan sekitar 160°C. Untuk mencapai hal tersebut maka diperlukan kolom pemisahan atau distilasi yang bisa dikenal dengan *demethanizer* dengan kondisi operasi yang optimal. Optimalisasi kolom *demethanizer* ini berdasarkan studi literatur dan simulasi menggunakan *software Aspen Hysys V.11*. Kolom *demethanizer* yang optimal terdapat pada skema dua dengan *reflux rate* sebesar 20.000 kg/h, suhu *reboiler* 107,23°C menghasilkan *purity* 97,38% dan *top Flowrate* 366.193,08 kg/h serta *duty reboiler* dan *condensor* yang lebih ringan dengan nilai masing-masing 605,527 kW dan -4356,55 kW.

**Kata kunci:** LNG (*Liquefied Natural Gas*), *Demethanizer*, *Purity*, *Top Flowrate*, *Heat Duty*.

## 1. PENDAHULUAN

Permintaan energi global, terutama dalam konteks produk LNG (*Liquefied Natural Gas*), terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan industrialisasi. Menurut laporan *International Energy Agency (IEA)*, konsumsi gas alam diproyeksikan akan meningkat hingga 1,6% per tahun hingga 2025, dengan LNG sebagai salah satu sumber energi yang paling cepat berkembang [1]. Adanya *global warming* mendorong seluruh negara untuk mengupayakan *clean energy* dan gas alam adalah salah satu dari sumber *clean energy* pengganti minyak sebagai sumber energi utama [2]. Tahun 2017 meningkatnya permintaan gas alam mencapai 400 billion cubic meters (bcm) dan pada tahun 2035 diprediksi akan meningkat sampai 800 (bcm) untuk memenuhi permintaan LNG yang juga diprediksi akan meningkat [3]. Indonesia, sebagai salah satu produsen LNG terbesar di dunia, memiliki potensi besar untuk memenuhi permintaan ini. Oleh karena itu, optimasi proses produksi LNG menjadi sangat penting untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produk [4].

PT.X merupakan badan usaha nirlaba yang mengoperasikan dua buah kilang LNG dan LPG. PT. X memiliki dua train yang beroperasi yaitu *train G* dan *train H*. *Train G* dengan kapasitas produksi 724 m<sup>3</sup>/jam sedangkan *Train H* dengan kapasitas 803 m<sup>3</sup>/jam. Saat ini kapasitas produksi PT. Badak NGL sebesar 22,5 juta ton/tahun untuk LNG dan 1,2 juta ton/tahun untuk LPG. Seiring dengan berkurangnya cadangan gas maka kapasitas produksi ini akan berkurang. Namun kapasitas produksi ini juga bisa tetap atau meningkat apabila ditemukan cadangan gas yang baru.

Salah satu unit operasi yang krusial di industri minyak dan gas atau petrokimia adalah kolom distilasi. Kolom distilasi berfungsi memisahkan senyawa multikomponen secara *sequence*. Semua penelitian tentang desain untuk kolom distilasi, perpindahan massa dan desain proses yang membahas rinci tentang pemisahan komponen-komponen tersebut. Adapun langkah pendekatan yang diupayakan untuk menganalisa masalah tersebut dengan menggunakan perhitungan matematis, pemrograman dan simulasi-simulasi *software* [5].

Kolom distilasi yang digunakan untuk memisahkan campuran multi komponen pada industri salah satunya kolom *demethanizer*. Kolom *demethanizer* merupakan kolom distilasi untuk memisahkan metana dari senyawa-senyawa hidrokarbon lainnya yang lebih berat. Gas alam terdiri dari banyak komponen gugus alkana seperti metana dan etana yang nantinya akan dipisahkan berdasarkan titik didih. Pada umumnya kolom di daeran bawah menggunakan *reboiler* dan atas menggunakan *condensor* [6].

Gas alam tersusun dari hidrokarbon campuran seperti metana, etana, propan, butana dan lain-lainnya. Pada pengolahan gas alam yaitu proses fraksinasi terdiri dari 4 kolom yaitu demethanizer, deethanizer, depropanizer dan debutanizer. Ketika memproses atau mengolah LNG ada 2 proses penting yaitu refrigerasi (pendinginan) dan fraksinasi (pemisahan) [7]. LNG mempunyai komposisi 87%-96% metana, 1,8-5,1% etana, 0,1-5,1% propana dan senyawa-senyawa lain. Komposisi dari gas alam (pembentukan LNG) bervariasi tergantung dari sumber dan proses pembentukannya. Gas metana pada LNG mempunyai sifat tidak berbau, tidak berwarna, *non-corrosive* dan *non-toxic*. LNG pada dasarnya adalah metode alternatif untuk mengirim gas dari produsen ke konsumen [8].

Salah satu komponen kunci dalam proses pemisahan gas alam adalah kolom distilasi, yang digunakan untuk memisahkan komponen-komponen berdasarkan perbedaan titik didihnya. Kolom *demethanizer*, secara khusus, berfungsi untuk memisahkan metana dari komponen lain dalam gas alam. Proses ini sangat penting karena kualitas produk LNG yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh konsentrasi metana dan komponen lainnya. Dalam konteks ini, penambahan *cooler* 4E-13 diharapkan dapat meningkatkan efisiensi kolom *demethanizer* dengan menurunkan suhu dan meningkatkan pemisahan komponen, yang pada gilirannya akan meningkatkan kualitas produk.

Refluks pada kolom *demethanizer* mengacu kepada produk cairan bagian atas kolom pemisahan yang menuju kembali ke dalam kolom tersebut. Adapun yang terjadi di dalam kolom, cairan refluks yang mengalir ke bagian bawah mensuplai pendinginan dan kondensasi uap yang mengalir ke atas sehingga dapat menaikkan efisiensi kolom distilasi. Semakin banyak refluks, semakin baik pemisahana kolom untuk bahan-bahan dengan titik didih rendah dari bahan-bahan bertitik didih yang lebih tinggi. Adapun fungsi refluks ini sebenarnya memperlebar L/V di *enriching section*, sehingga meminimalisir *total equilibrium stage* yang diperlukan untuk kualitas produk yang ditentukan atau dengan jumlah *stage* yang sama, akan menghasilkan kualitas produk yang lebih baik dengan mengadakan kontak kembali antara *liquid* dan *vapor* sehingga panas yang digunakan efisien [9].

Simulasi menggunakan perangkat lunak *Aspen Hysys* menjadi alat yang sangat berguna dalam proses ini. *Aspen Hysys* adalah perangkat lunak simulasi proses yang memungkinkan insinyur untuk merancang, menganalisis, dan mengoptimalkan proses industri. Kelebihan dari *Aspen Hysys* terletak pada kemampuannya untuk memodelkan berbagai kondisi operasi dan parameter proses secara akurat. Dengan menggunakan *Aspen Hysys*, perusahaan dapat melakukan analisis skenario yang berbeda, mengevaluasi kinerja kolom *demethanizer*, dan menentukan kondisi operasi optimal yang dapat dicapai dengan penambahan *cooler* 4E-13 [10].

Dalam jurnal ini, akan dibahas mengenai optimasi kondisi operasi kolom *demethanizer* untuk mencapai kualitas produk yang lebih baik melalui simulasi *Aspen Hysys*. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan wawasan yang lebih dalam mengenai bagaimana penambahan *cooler* dapat mempengaruhi proses distilasi dan hasil akhir produk LNG. Dengan pendekatan

yang berbasis data dan analisis yang mendalam, diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan bagi perusahaan X dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas produk LNG yang dihasilkan.

## 2. METODE

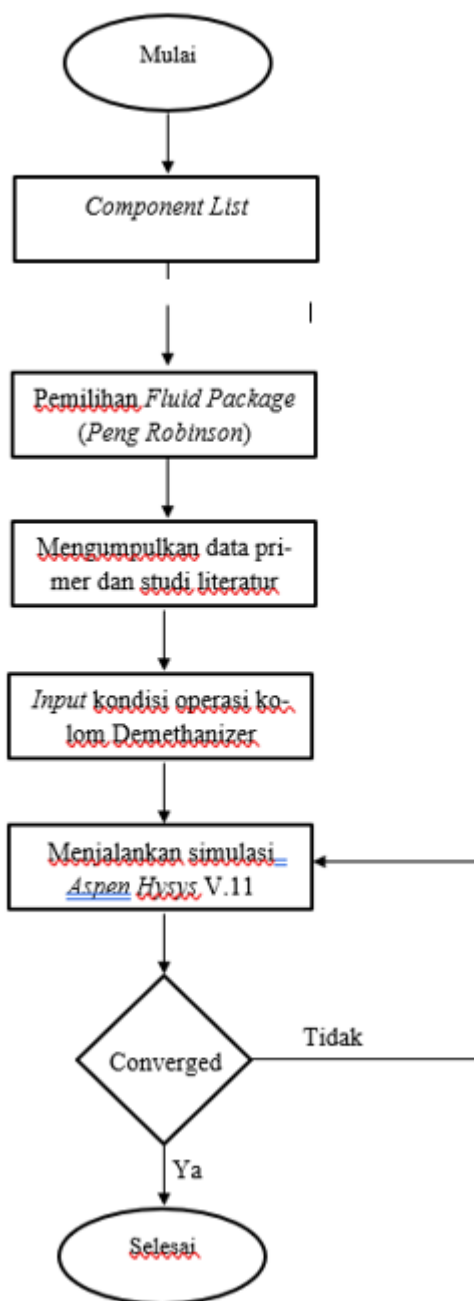
Metodologi penelitian ini dilakukan melalui pendekatan studi literatur, di mana berbagai referensi terkait proses distilasi, kolom *demethanizer*, dan penggunaan *Aspen Hysys* dikumpulkan dan dianalisis. Studi literatur ini bertujuan untuk memahami teori dasar dan praktik terbaik dalam pengoperasian kolom *demethanizer*, serta bagaimana penambahan *cooler* dapat mempengaruhi efisiensi pemisahan. Selain itu, pencarian data terkait kondisi operasi saat ini di perusahaan X juga dilakukan untuk memberikan gambaran yang lebih jelas tentang tantangan yang dihadapi dalam proses produksi.

Selanjutnya, analisis problem function dilakukan untuk mengidentifikasi masalah utama yang dihadapi oleh kolom *demethanizer* saat ini. Data operasional yang diperoleh dari perusahaan X, termasuk suhu, tekanan, dan komposisi aliran masuk dan keluar, digunakan sebagai dasar untuk simulasi. Dengan memahami masalah yang ada, langkah-langkah selanjutnya dapat diambil untuk mengoptimalkan kinerja kolom *demethanizer*.

Simulasi menggunakan *software Aspen Hysys* dilakukan untuk memodelkan kolom *demethanizer* dengan dan tanpa penambahan *cooler* 4E-13. Dalam simulasi ini, berbagai parameter operasi seperti suhu, tekanan, dan aliran ditentukan berdasarkan data yang telah dikumpulkan. *Aspen Hysys* memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis sensitivitas, di mana variasi dalam parameter operasi dapat dievaluasi untuk melihat dampaknya terhadap kualitas produk dan efisiensi proses.

Penggunaan *Aspen Hysys* juga memungkinkan untuk melakukan studi kasus yang lebih mendalam, di mana berbagai skenario dapat diuji untuk menemukan kombinasi optimal dari parameter operasi. Hasil dari simulasi ini akan dibandingkan dengan kondisi operasi saat ini untuk mengevaluasi peningkatan yang dapat dicapai melalui penambahan *cooler* dan pengoptimalan lainnya. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh solusi yang praktis dan aplikatif untuk perusahaan X.

Dalam tahap akhir metodologi, hasil dari simulasi akan dianalisis dan dibahas secara mendalam untuk memberikan rekomendasi yang jelas mengenai langkah-langkah yang perlu diambil. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya akan memberikan wawasan teoritis, tetapi juga solusi praktis yang dapat diimplementasikan di lapangan. Alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Optimasi Simulasi Aspen Hysys

### 3. PEMBAHASAN

*Demethanizer* adalah kolom pemisahan yang biasanya digunakan di industri minyak dan gas untuk mendapatkan metana dari senyawa hidrokarbon yang lebih berat. Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui performa dari kolom demethanizer tersebut dalam mendapatkan kemurnian (*purity*) metana dan jumlah metana yang dihasilkan dengan beberapa keadaan yang berbeda seperti skema dan kondisi operasinya. Tabel 1 berikut adalah spesifikasi kolom *demethanizer* yang digunakan dalam penelitian.

**Tabel 1. Spesifikasi Kolom Demethanizer**

Parameter	Nilai
Insulation	Top 89 mm Cold/Bottom 38 mm PP
Diameter Bejana	Top 3353 mm, Bottom 1370 mm
Panjang Bejana	Top 3275 mm, Bottom 10937 mm
Dimensi	Middle 3353 mm X1370 mm X1981 mm S-S
Desain Temperatur	350F/-44F (176.6C/-44.2C)
Desain Pressure	700 psig (49.2 kg/cm2g) Full Vacuum
Spesifikasi Material	PD1H

Simulasi menggunakan *hysys* ini perlu menetapkan beberapa hal seperti *component list* dan *fluid packages*. Untuk *component list* dalam penelitian ini terdiri dari beberapa senyawa seperti nitrogen, metana, etana, propana, i-butana, n-butana, i-pentana, n-pentana dan n-heksana. Sedangkan untuk *fluid packages* yang digunakan adalah peng robinson sebagaimana pada umumnya dalam mengoperasikan *hysys*. Selain itu peneliti juga perlu menyiapkan alat-alat yang digunakan dan data-data untuk pengoperasian simulasi tersebut. Adapun kolom distilasi yang digunakan adalah kolom distilasi normal dengan adanya penambahan aliran *recycle* untuk pengolahan *feed gas* yang ringan (*light*).

**A. Evaluasi Kolom Demethanizer**

Melakukan evaluasi pengaruh laju alir reflux dan *Temperature reboiler* terhadap yield dan *purity* metana keluaran *top product* kolom *demethanizer* dengan berbagai variasi. Selain itu ada juga penambahan variabel variabel lainnya seperti *duty reboiler* dan *duty condensor* sebagai bahan pertimbangan dalam pengoperasian. Sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya pengoperasian simulasi *hysys* menggunakan data primer. Variabel bebas yang digunakan disini adalah laju alir reflux dan *Temperature reboiler* sedangkan untuk variabel terikatnya adalah yield dan *purity* dari metana yang keluar dari kolom *demethanizer*. Adapun perhitungan efisiensi dari kolom distilasi ini peneliti menggunakan fitur *shortcut column* untk mendapatkan tray teoritis dan *tray actual*. Tabel 2 berikut adalah data yang didapatkan dari *shortcut column*.

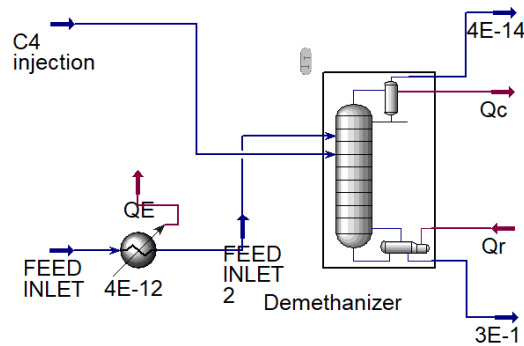
**Tabel 2. Data Shortcut column**

Trays	
Minimum Number of Trays	6,809
Actual Number of Trays	6,998
Optimal Feed Stage	0,167
Temperatures	
Condenser [C]	-89,84
Reboiler [C]	109,6
Flows	
Rectify Vapour [kgmole/h]	387775,166
Rectify Liquid [kgmole/h]	368091,147
Stripping Vapour [kgmole/h]	367276,151
Stripping Liquid [kgmole/h]	368091,147
Condenser Duty [kW]	-475431,455
Reboiler Duty [kW]	426195,116

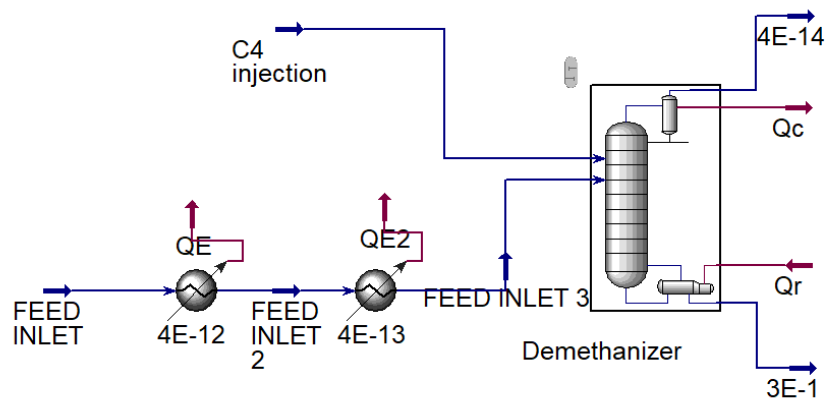
Setelah mendapatkan *tray actual* dan tray teoritis maka selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan rumus :

$$\eta (\%) = \frac{N}{N_a} \times 100\% \tag{1}$$

Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan efisiensi dari kolom saat ini mencapai 97,29%. Kolom *demethanizer* ini termasuk kategori kolom yang sudah sangat bagus. Akan tetapi kita akan melihat apakah efisiensi dari kolom ini bisa lebih meningkat dengan variasi skema dan kondisi operasi yang dimasukkan. Gambar 2 dan 3 berikut adalah dua skema yang akan dibandingkan dalam *flowsheet* kolom *demethanizer* sehingga peneliti dapat mengetahui seberapa besar dampak dari *cooler* mempengaruhi *yield* dan *purity* dari metana yang dihasilkan kolom *demethanizer*.



Gambar 2. Flowsheet Kolom Demethanizer Skema 1



Gambar 3. Flowsheet Kolom Demethanizer Skema 2

Dari kedua gambar tersebut dapat kita perhatikan bersama satu titik yang menjadi perbedaan keduanya adalah *cooler* 4E-13. Dimana pada skema 2 *feed* yang masuk ke dalam kolom akan menjadi lebih dingin daripada skema 1. Dengan demikian proses pemisahan di dalam kolom *demethanizer* akan berbeda baik dari beban kerja (*duty*) *reboiler* dan *condensor* serta *yield* dan *purity* yang dihasilkan dari masing-masing skema akan mengalami perbedaan. Tabel 3 berikut adalah kondisi operasi yang merupakan hasil kalkulasi dari *hysys* dari kedua skema tersebut.

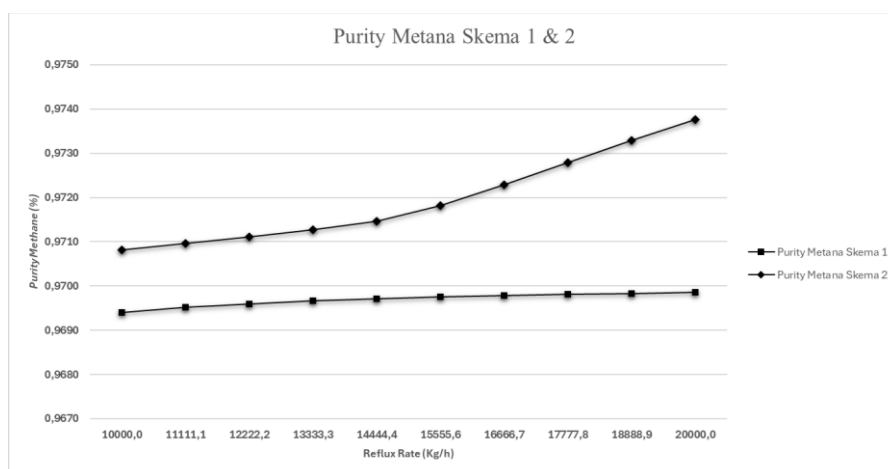
Tabel 3. Kondisi Operasi Skema 1 dan Skema 2 Kolom Demethanizer

Skema 1		Skema 2	
Parameter	Kondisi Operasi	Parameter	Kondisi Operasi
Mass Flow FEED INLET 2	366.300 kg/h	Mass Flow FEED INLET 3	366.300 kg/h
Tekanan FEED INLET 2	43,9 kg/cm <sup>2</sup>	Tekanan FEED INLET 3	43,69 kg/cm <sup>2</sup>

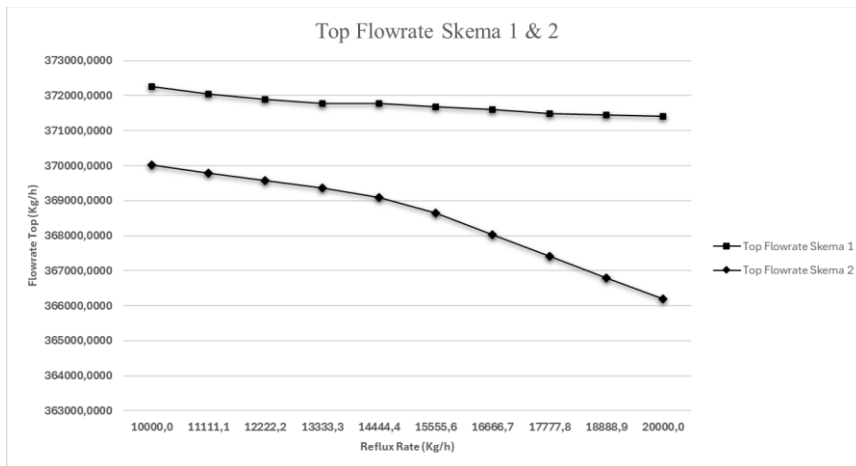
Temperature FEED IN-LET 2	0,9°C	Temperature FEED IN-LET 3	-33,47°C
Mass Flow C4 Injection	6500 kg/h	Mass Flow C4 Injection	6.500 kg/h
Tekanan C4 Injection	43,31 kg/cm <sup>2</sup>	Tekanan C4 Injection	43,31 kg/cm <sup>2</sup>
Temperature C4 Injection	-28,3°C	Temperature C4 Injection	-28,3°C
Mass Flow 4E-14 (Condensor)	371.448 kg/h	Mass Flow 4E-14 (Condensor)	366.836 kg/h
Tekanan 4E-14 (Condensor)	39 kg/cm <sup>2</sup>	Tekanan 4E-14 (Condensor)	-51,87 kg/cm <sup>2</sup>
Temperature 4E-14 (Condensor)	-37,5°C	Temperature 4E-14 (Condensor)	39°C
Mass Flow 3E-1 (Reboiler)	1.352 kg/h	Mass Flow 3E-1 (Reboiler)	5.963 kg/h
Tekanan 3E-1 (Reboiler)	39 kg/cm <sup>2</sup>	Tekanan 3E-1 (Reboiler)	39,9 kg/cm <sup>2</sup>
Temperature 3E-1 (Reboiler)	97,10°C	Temperature 3E-1 (Reboiler)	97,29°C
Mass Flow 4E-12 (Cooler)	366.300 kg/h	Mass Flow 4E-12 (Cooler)	366.300 kg/h
Tekanan 4E-12 (Cooler)	44,7 kg/cm <sup>2</sup>	Tekanan 4E-12 (Cooler)	44,7 kg/cm <sup>2</sup>
Temperature 4E-12 (Cooler)	27,59°C	Temperature 4E-12 (Cooler)	27,59°C
		Mass Flow 4E-11 (Cooler)	366.300 kg/h
		Tekanan 4E-13 (Cooler)	43,69 kg/cm <sup>2</sup>
		Temperature 4E-13 (Cooler)	-33,47°C

### B. Optimasi Kolom Demethanizer

Optimasi kolom demethanizer pada penelitian kali ini menggunakan fitur *study case*. Dalam penggunaan fitur *study case* ini ada beberapa variabel yang perlu ditetapkan yaitu variabel terikat (*dependent variable*). Selain itu perlu juga menginputkan variabel bebas (*independent variable*) dengan batas-batas tertentu yang ditentukan peneliti setelah melihat data primer. Adapun pada variabel bebas skema 1 dan 2 menggunakan *reflux rate* dari range 10.000 kg/h sampai 20.000 kg/h sedangkan temperatur *reboiler* dari range 76,58°C sampai 107,1°C. Gambar 4 dan 5 berikut adalah bentuk grafik hasil optimasi ditinjau dari purity metana dan *flowrate* keluaran dari kolom bagian atas.



Gambar 4. Perbandingan Purity Metana Skema 1 & 2



Gambar 5. Perbandingan *Top Flowrate* Skema 1 & 2

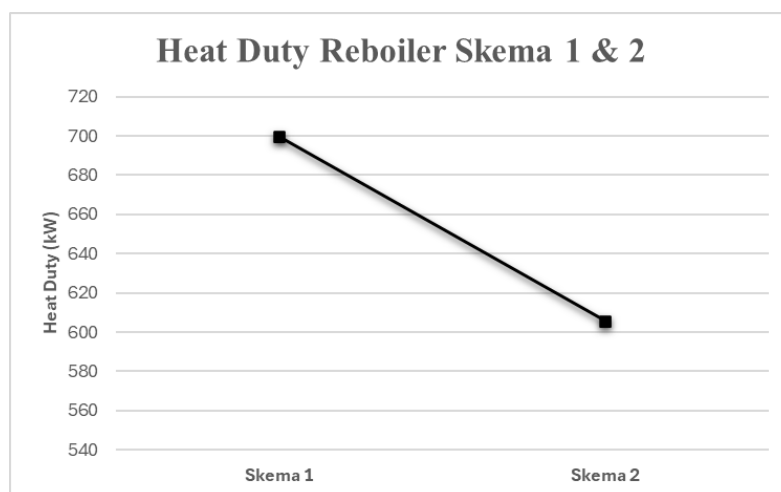
1. Optimasi Kolom *Demethanizer* tanpa *cooler* 4E-13

Berdasarkan Gambar 2. skema kolom *demethanizer* tanpa *cooler* memiliki suhu *feed* masuk kolom sebesar 0,9°C. Dengan kondisi *feed* masuk 0,9°C menghasilkan *purity* metana paling maksimal 96,99% dengan *Flowrate* produk atas paling tinggi sebesar 371.408,9 kg/h. Kondisi optimal ini didapatkan pada keadaan *reflux rate* sebesar 20.000 kg/h dan suhu *reboiler* sebesar 107,13°C.

2. Optimasi Kolom *Demethanizer* dengan *cooler* 4E-13

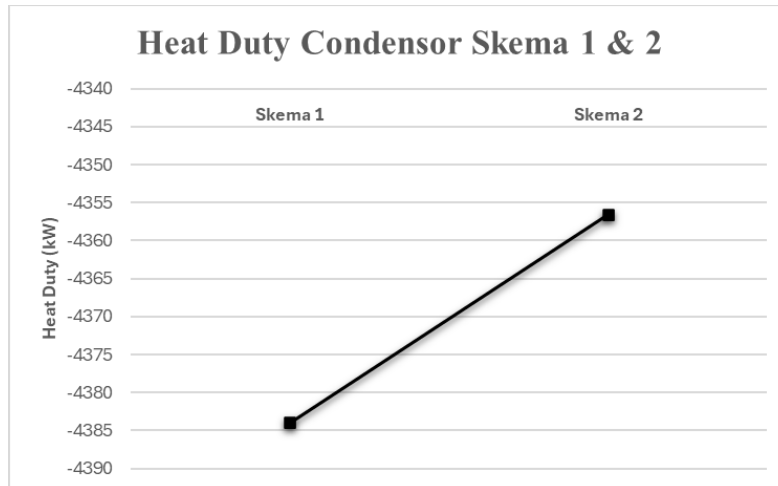
Selanjutnya meninjau dari skema 2 atau kolom *demethanizer* dengan *cooler* memiliki suhu *feed* masuk kolom sebesar -33°C. Dengan kondisi *feed* masuk -33°C menghasilkan *purity* metana paling maksimal 97,38% dengan *Flowrate* produk atas paling tinggi sebesar 366.193,08 kg/h. Kondisi optimal ini didapatkan pada keadaan *reflux rate* sebesar 20.000 kg/h dan suhu *reboiler* sebesar 107,13°C.

3. *Heat Duty Reboiler* dan *Condensor* Skema 1 dan Skema 2



Gambar 6. Grafik Perbandingan *Duty Reboiler*





Gambar 7. Grafik Condensor Skema 1 dan Skema 2

Dapat dilihat dari Gambar 7 dan Gambar 8, grafik menunjukkan bahwa nilai dari kedua skema tidak memiliki perbedaan yang sangat jauh. Beban *reboiler* pada skema 1 sebesar 699,518 kW sedangkan beban *reboiler* untuk skema 2 sebesar 605,527 kW. Beban *reboiler* pada skema 1 lebih besar karena *feed* yang masuk tidak cukup dingin sehingga *reboiler* butuh kerja lebih ekstra untuk memanaskan senyawa-senyawa yang terdapat di dalam kolom *demethanizer*. Selanjutnya jika meninjau dari beban *condensor* dapat dilihat bahwasanya beban *condensor* di skema 2 lebih ringan dibandingkan dengan skema 1. Beban *condensor* di skema 1 sebesar -4384,01 kW sedangkan beban *condensor* di skema 2 sebesar -4356,55 kW. Hal ini dipengaruhi dengan keadaan *feed* dimana untuk skema 2 kondisi *feed* lebih dingin daripada skema 1 sehingga *condensor* tidak perlu mendinginkan berlebihan untuk memurnikan metana yang teruapkan melalui atas kolom distilasi.

#### 4. SIMPULAN

Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa optimasi kondisi operasi kolom *demethanizer* melalui penambahan *cooler* 4E-13 dapat meningkatkan kualitas produk LNG yang dihasilkan oleh perusahaan X. *Purity* yang dihasilkan oleh skema 2 sebesar 97,38% dan *top Flowrate* 366.193,08 kg/h. Selain itu *duty* yang dihasilkan jauh lebih ringan yaitu sebesar 605,27 kW untuk *reboiler* dan -4356 kW untuk *condensor*. Permintaan energi global yang terus meningkat menuntut perusahaan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produk, dan penelitian ini memberikan solusi yang berbasis data untuk mencapai tujuan tersebut. Simulasi menggunakan *Aspen Hysys* terbukti efektif dalam menganalisis dan mengoptimalkan proses, serta memberikan wawasan yang mendalam mengenai pengaruh kondisi operasi terhadap efisiensi pemisahan.

Melalui metodologi yang sistematis, termasuk studi literatur dan analisis data, penelitian ini berhasil mengidentifikasi masalah yang ada dan menawarkan solusi praktis. Hasil simulasi menunjukkan peningkatan efisiensi pemisahan dan pengurangan konsumsi energi, yang merupakan aspek penting dalam operasi industri saat ini. Oleh karena itu, perusahaan X disarankan untuk mempertimbangkan penerapan rekomendasi yang dihasilkan dari penelitian ini untuk meningkatkan kinerja kolom *demethanizer*.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi bagi perusahaan X, tetapi juga dapat menjadi referensi bagi industri LNG secara umum dalam upaya meningkatkan

efisiensi dan kualitas produk. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi kinerja kolom *demethanizer* dan untuk mengembangkan strategi yang lebih komprehensif dalam optimasi proses distilasi.

#### 4. DAFTAR PUSTAKA

- [1] International Energy Agency, "World Energy Outlook 2021" IEA Publications, 2021.
- [2] C. Jin and Y. Lim, "Economic evaluation of NGL recovery process schemes for lean feed compositions," *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 129, pp. 297-305, 2018, doi:10.1016/j.cherd.2017.11.027.
- [3] McKincey, "Global Gas & LNG Outlook to 2035," *Energy Insights*, no. September, 2018.
- [4] Smith.R, *Chemical Process Design and Integration*. Wiley, 2020.
- [5] W. L. Luyben, "Effect of natural gas composition on the design of natural gas liquid demethanizers," *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 52, pp. 6513-6516, 2013.
- [6] S. Mokhatab and W. A. Poe, *handbook of natural gas transmission and processing* : Gulf professional publishing, 2012.
- [7] H. E. Alfadala, "A Hierarchical Approach to Optimize LNG Fractination," *Chem. Eng. Sci.*, pp. 21-32, 2017.
- [8] Air Products, *Material Safety Data Sheet (MSDS) No. 1070, Methane*, July 1999.
- [9] Noriler, D., Meier, H.F., Barros, A.A., Macel, M.R.W., Prediction of efficiencies through simultaneous momentum, mass and energy transfer analyses in a distillation sieve tray by CFD techniques, *Computer Sided Chem. Eng.* (2009)27, pp. 1167-1172
- [10] Aspen Technology, *Aspen Hysys : Process Simulation Software*, Aspen Technology, 2022.

#### Daftar Simbol

N	=	Tray Teoritis
N <sub>a</sub>	=	Tray Aktual