



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Badak LNG

PNJ – PT BADAK NGL

ANALISIS PENGARUH KOMPOSISI *MULTI COMPONENT REFRIGERANT* (MCR) TERHADAP PERFORMA *REFRIGERANT COMPRESSOR* DI PT BADAK NGL

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

Iqbal Fauzan

NIM. 2102322012

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2025**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Badak LNG

PNJ – PT BADAK NGL

ANALISIS PENGARUH KOMPOSISI *MULTI COMPONENT REFRIGERANT* (MCR) TERHADAP PERFORMA *REFRIGERANT COMPRESSOR* DI PT BADAK NGL

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Oleh:

Iqbal Fauzan

NIM. 2102322012

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2025**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



“Skripsi ini kupersembahkan untuk ayah, ibu, bangsa, dan almamater”



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH KOMPOSISI *MULTI COMPONENT*
REFRIGERANT (MCR) TERHADAP PERFORMA REFRIGERANT
COMPRESSOR DI PT BADAK NGL**

Oleh:

Iqbal Fauzan

NIM. 2102322012

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Skrripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing Skripsi
Politeknik Negeri Jakarta

Isnanda Nuriskasari, S.Si., M.T.
NIP. 199306062019032030

Pembimbing Skripsi
PT Badak NGL

Zaki Arif, S.T.
No. Pekerja 132116

Kepala Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi
Politeknik Negeri Jakarta

Yuli Mafendro D.E.S., S.Pd., M.T.
NIP. 199403092019031013



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH KOMPOSISI *MULTI COMPONENT* *REFRIGERANT* (MCR) TERHADAP PERFORMA *REFRIGERANT* *COMPRESSOR* DI PT BADAK NGL

Oleh:

Iqbal Fauzan

NIM. 2102322012

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 15 Juli 2025 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Budi Yuwono, S.T. NIP. 196306191990031002	Ketua Penguji		15 Juli 2025
2	Muhammad Prasha Risfi Silitonga, M.T. NIP. 199403192022031006	Penguji 1		15 Juli 2025
3	Ir. Fajar Singgih Kurnia Putra, S.T., M.B.A. No. Pekerja 132124	Penguji 2		15 Juli 2025

Bontang, 15 Juli 2025

Disahkan Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Muchmin, S.T., M.T., IWE

NIP. 197707142008121005



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Iqbal Fauzan

NIM : 2102322012

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Bontang, 15 Juli 2025



Iqbal Fauzan

NIM. 2102322012

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANALISIS PENGARUH KOMPOSISI *MULTI COMPONENT REFRIGERANT* (MCR) TERHADAP PERFORMA *REFRIGERANT COMPRESSOR* DI PT BADAK NGL

Iqbal Fauzan¹⁾, Isnanda Nuriskasari¹⁾, Zaki Arif²⁾

¹⁾Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI, Depok, 16425

²⁾PT Badak Natural Gas Liquefaction, Bontang, Kalimantan Timur, 75324

Email: iqbal.fauzan.tm21@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRAK

PT Badak NGL merupakan salah satu perusahaan pengolahan gas alam cair (LNG) terbesar di Indonesia yang menjadikan efisiensi energi sebagai prioritas utama. Salah satu sistem yang paling berpengaruh terhadap konsumsi energi adalah refrigerant compressor system yang menggunakan Multi Component Refrigerant (MCR) sebagai media pendingin. Komposisi MCR yang tidak optimal dapat menyebabkan penurunan efisiensi kerja kompresor dan peningkatan konsumsi energi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi MCR terhadap performa refrigerant compressor di PT Badak NGL, serta mengoptimalkan komposisi tersebut menggunakan simulasi proses dengan perangkat lunak Aspen HYSYS. Fokus utama diarahkan pada hubungan antara komposisi MCR dan nilai Specific Brake Horsepower (SBHP), serta estimasi potensi penghematan energi dan biaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketidaksesuaian komposisi aktual MCR dengan rekomendasi proses menyebabkan peningkatan SBHP dan menurunnya efisiensi energi. Melalui simulasi, diperoleh komposisi MCR optimal untuk Train G yaitu Nitrogen 8,00–11,10%, Methane 36,90–40,00%, Ethane 44,00–48,00%, dan Propane 4,00–8,00%, serta untuk Train E yaitu Nitrogen 5,00–7,40%, Methane 40,60–43,00%, Ethane 43,50–48,00%, dan Propane 4,00–8,50%. Optimasi ini menurunkan nilai SBHP, konsumsi bahan bakar, dan energi secara signifikan. Train G berhasil mengurangi konsumsi energi sebesar 12,19 MMBTU/jam, sementara Train E mengurangi sebesar 15,43 MMBTU/jam. Penghematan energi ini berdampak langsung terhadap efisiensi biaya, dengan potensi penghematan operasional tahunan pada Train G sebesar Rp1,24 hingga Rp8,70 miliar, dan Train E sebesar Rp1,59 hingga Rp11,02 miliar. Temuan ini menegaskan bahwa optimasi komposisi MCR melalui pemodelan proses dapat meningkatkan efisiensi sistem pendingin LNG dan memberikan dampak ekonomi yang substansial.

Kata Kunci: Multi Component Refrigerant, Refrigerant Compressor, SBHP



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANALYSIS OF THE EFFECT OF MULTI-COMPONENT REFRIGERANT (MCR) COMPOSITION ON THE PERFORMANCE OF THE REFRIGERANT COMPRESSOR AT PT BADAK NGL

Iqbal Fauzan¹⁾, Isnanda Nuriskasari¹⁾, Zaki Arif²⁾

¹⁾Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI, Depok, 16425

²⁾PT Badak Natural Gas Liquefaction, Bontang, Kalimantan Timur, 75325

Email: iqbal.fauzan.tm21@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRACT

PT Badak NGL is one of the largest liquefied natural gas (LNG) processing companies in Indonesia, with energy efficiency as a top operational priority. One of the most energy-intensive systems is the refrigerant compressor system, which uses Multi Component Refrigerant (MCR) as the main cooling medium. A non-optimal MCR composition can lead to reduced compressor efficiency and increased energy consumption. This study aims to analyze the effect of MCR composition variation on the performance of the refrigerant compressor at PT Badak NGL and to optimize the composition using process simulation with Aspen HYSYS software. The analysis focuses on the relationship between MCR composition and Specific Brake Horsepower (SBHP), as well as estimating potential energy and cost savings. The results show that deviation from the recommended MCR composition increases SBHP and decreases energy efficiency. Through simulation, the optimal MCR composition was determined for Train G as Nitrogen 8.00–11.10%, Methane 36.90–40.00%, Ethane 44.00–48.00%, and Propane 4.00–8.00%; and for Train E as Nitrogen 5.00–7.40%, Methane 40.60–43.00%, Ethane 43.50–48.00%, and Propane 4.00–8.50%. This optimization significantly reduced SBHP, fuel gas consumption, and overall energy usage. Train G achieved an energy reduction of 12.19 MMBTU/hour, while Train E achieved 15.43 MMBTU/hour. These energy savings translated into potential annual operating cost reductions ranging from IDR 1.24 to 8.70 billion for Train G, and from IDR 1.59 to 11.02 billion for Train E. These findings confirm that optimizing MCR composition through process modeling can enhance LNG refrigeration system efficiency and deliver substantial economic benefits.

Keywords: Multi Component Refrigerant, Refrigerant Compressor, SBHP



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Pengaruh Komposisi *Multi Component Refrigerant* (MCR) terhadap Performa *Refrigerant Compressor* di PT Badak NGL**” dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tiada terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T., IWE. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Ir. Anas Malik Abdillah, S.T., M.B.A., I.P.M. selaku Direktur LNG Academy.
3. Bapak Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra, S.Pd., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
4. Bapak Zaki Arif, S.T. selaku Ketua Jurusan Pengolahan Gas LNG Academy sekaligus dosen pembimbing industri dari PT Badak NGL yang telah memberikan banyak arahan dan bimbingan selama penulisan skripsi ini.
5. Ibu Isnanda Nuriskasari, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing dari Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan banyak saran dan masukan dalam penulisan skripsi ini.
6. Ibu Nisa Finidhama Palestine selaku dosen pembimbing industri dari PT Badak NGL yang telah memberikan banyak arahan dan bimbingan selama penulisan skripsi ini.
7. Bapak Muhammad Prasha Risfi Silitonga, M.T. selaku dosen penguji dari Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan banyak saran dan masukan dalam penulisan skripsi ini.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

8. Bapak Fajar Singgih Kurnia Putra selaku dosen penguji industri dari PT Badak NGL yang telah memberikan banyak saran dan masukan dalam penulisan skripsi ini.
9. Kedua orang tua dan seluruh anggota keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu.
10. Teman-teman LNG Academy Angkatan XI selaku teman seperjuangan yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan menemani penulis selama masa perkuliahan di LNG Academy.
11. Serta pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas bantuannya secara langsung maupun tidak langsung sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka atas kritik dan saran yang membangun sebagai rujukan bagi penulis di masa yang akan datang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak yang membacanya.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Bontang, 15 Juli 2025

Penulis



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR ISTILAH DAN NOTASI	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Pertanyaan Penelitian	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	5
1.6.1 Bagi Penulis	5
1.6.2 Bagi Perguruan Tinggi	5
1.6.3 Bagi Perusahaan	6
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Landasan Teori	8
2.1.1 Multi Component Refrigerant (MCR)	8
2.1.2 Proses Pengolahan Gas Alam di PT Badak NGL	9
2.1.3 LPG Production Booster System (LPBS)	14
2.1.4 Sistem Refrigerasi di PT Badak NGL	16
2.1.5 Kompresor	20
2.1.6 Pengaruh Komposisi MCR terhadap Kinerja Kompresor	26
2.1.7 Parameter Pemantauan Efisiensi	28
2.1.8 Aspen Hysys	33



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.1.9	Mean Absolute Percentage Error (MAPE).....	33
2.1.10	Potensial Cost Saving.....	35
2.2	Kajian Literatur	35
2.3	Kerangka Pemikiran.....	41
2.4	Hipotesis Penelitian.....	43
BAB III	METODE PENELITIAN	45
3.1	Jenis Penelitian.....	45
3.2	Objek Penelitian	45
3.3	Metode Pengambilan Sampel.....	46
3.4	Jenis dan Sumber Data Penelitian	46
3.5	Metode Pengumpulan Data Penelitian	46
3.6	Metode Analisis Data	52
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	53
4.1	Analisis Pengaruh Flow Rate Feed Gas terhadap Performa Refrigerant Compressor di PT Badak NGL.....	53
4.2	Analisis Pengaruh Komposisi Aktual MCR terhadap Performa Refrigerant Compressor di PT Badak NGL	56
4.2.1	Analisis Pengaruh Komposisi MCR terhadap Performa Refrigerant Compressor Train G di PT Badak NGL.....	57
4.2.2	Analisis Pengaruh Komposisi MCR terhadap Performa Refrigerant Compressor Train E di PT Badak NGL	59
4.3	Analisis Performa Refrigerant Compressor dengan Simulasi Proses Menggunakan Aspen HYSYS	61
4.3.1	Analisis Hasil Simulasi Performa Refrigerant Compressor.....	62
4.3.2	Analisis Variasi Komposisi MCR Optimal terhadap Performa Refrigerant Compressor	70
4.3.3	Analisis Perbandingan Hasil Optimasi Variasi Komposisi MCR	80
4.4	Analisis Potensi Penghematan Energi dan Biaya Berdasarkan Optimasi Komposisi Multi Component Refrigerant (MCR)	81
BAB V	PENUTUP	84
5.1	Kesimpulan	84
5.2	Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA.....		86
LAMPIRAN.....		89



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Energy Mapping at PT Badak NGL	2
Gambar 2.1 Skema Proses Pengolahan Gas Alam di PT Badak NGL	9
Gambar 2.2 Simplify diagram sebelum dan sesudah pemasangan LPBS project.	15
Gambar 2.3 Simplify flow diagram LPBS project	15
Gambar 2.4 Simplfy Flow Propane Refrigerant System.....	18
Gambar 2.5 Simplfy Flow MCR Refrigerant System.....	20
Gambar 2.6 Jenis-jenis Compressor	21
Gambar 2.7 Rentang Aplikasi Berbagai Jenis Kompresor.	22
Gambar 2.8 Sumber Fuel Gas di PT Badak NGL	29
Gambar 2.9 Efisiensi Isentropi pada Siklus Refrijerasi	32
Gambar 2.10 Alur perhitungan nilai SBHP compressor	33
Gambar 2.11 Kerangka Pemikiran Penelitian	42
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	47
Gambar 4.1 Refrigerant Compressor Performance Relation with Feed Gas Rate	54
Gambar 4. 2 Pengaruh Flow Rate Feed Gas terhadap SBHP	55
Gambar 4.3 Nitrogen and Methane Composition Optimization (Train G)	72
Gambar 4.4 Ethane and Propane Plus Composition Optimization (Train G)	74
Gambar 4.5 Nitrogen and Methane Composition Optimization (Train E)	77
Gambar 4.6 Ethane and Propane Plus Composition Optimization (Train E).....	79

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Boiling Point Hydrocarbon</i>	11
Tabel 2.2 Titik Didih dan Panas Penguapan Komposisi MCR	13
Tabel 2.3 Komposisi MCR Train-G	13
Tabel 2.4 Data Kapasitas Panas Komponen Penyusun Refrijeran	24
Tabel 2.5 Critical Constant untuk Komponen Penyusun MCR	25
Tabel 2.6 Karakteristik Komponen Penyusun MCR (0°C) dan (1 atm).....	30
Tabel 2.7 Range Nilai MAPE.....	34
Tabel 4.1 Recommended Optimum MCR Composition	57
Tabel 4.2 Actual Average MCR Composition (Train G).....	58
Tabel 4.3 Comparison of Actual and Recommended MCR Composition (Train G)	58
Tabel 4.4 Actual Average MCR Composition (Train E)	59
Tabel 4.5 Comparison of Actual and Recommended MCR Composition (Train E)	60
Tabel 4.6 Feed Gas keluaran Scrub Column (Aktual)	63
Tabel 4.7 Feed Gas keluaran Scrub Column (Simulasi)	63
Tabel 4.8 Perhitungan Nilai MAPE Feed Gas Keluaran Scrub Column.....	64
Tabel 4.9 LNG Product Composition (Actual)	65
Tabel 4.10 LNG Product Composition (Simulation)	66
Tabel 4.11 Perhitungan Nilai MAPE LNG Product Keluaran MCHE.....	66
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan SBHP Refrigerant Compressor (Aktual)	67
Tabel 4.13 Hasil Simulasi Proses Menggunakan Aspen Hysys	68
Tabel 4.14 Comparison of Actual and Simulated Data	68
Tabel 4.15 Optimal Nitrogen and Methane Composition (Train G)	71
Tabel 4.16 Optimal Ethane and Propane Plus Composition (Train G)	73
Tabel 4.17 Optimal MCR Composition for Train G	75
Tabel 4.18 Optimal Nitrogen and Methane Composition (Train E)	75
Tabel 4.19 Optimal Ethane and Propane Plus Composition (Train E).....	78
Tabel 4.20 Optimal MCR Composition for Train E.....	80
Tabel 4.21 Tabel Perbandingan Hasil Optimasi Komposisi MCR.....	80
Tabel 4.22 Comparison Base Case and Optimization Case (Train G).....	82
Tabel 4.23 Comparison Base Case and Optimization Case (Train E)	82



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 - Langkah-langkah Perhitungan SBHP (Aktual)	90
Lampiran 2 - Langkah Perhitungan SBHP (Simulasi)	118
Lampiran 3 - Langkah Perhitungan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) .	119
Lampiran 4 - Data Acuan Simulasi Proses menggunakan Aspen Hysys	120
Lampiran 5 - Langkah Perhitungan Cost Saving	122
Lampiran 6 - Refrigerant Compressor Hysys Simulation.....	127
Lampiran 7 - Refrigerant Compressor Hysys Simulation With LPBS	128
Lampiran 8 - Formulir F1	129
Lampiran 9 - Formulir F1 (2).....	130
Lampiran 10 - Formulir F2	131
Lampiran 11 - Formulir F2 (2)	132
Lampiran 12 - Daftar Riwayat Hidup	133

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISTILAH DAN NOTASI

LNG	= Liquefied Natural Gas
MCHE	= Main Cryogenic Heat Exchanger
MCR	= Multi Component Refrigerant
RUEN	= Rencana Umum Energi Nasional
KEN	= Kebijakan Energi Nasional
BHP	= Brake Horsepower
GHP	= Gas Horsepower
SBHP	= Specific Brake Horsepower
MTPA	= Million Tonnes Per Annum
BBTUD	= Billion Bristh Thermal Unit Per Day
MMSCFD	= Million Standard Cubic Feet per Day
MMBTU	= Million British Thermal Unit
ESDM	= Energi dan Sumber Daya Mineral
SEU	= Significant Energy User
C _p	= Kalor Spesifik pada Tekanan Konstan (J/molK)
R	= Konstanta Gas Universal (R = 8,314 kJ/kmolK)
W _s	= Kerja yang Diperlukan Kompresor (kJ/kg)
Z	= Faktor Kompresibilitas Fluida
Z ₀	= Faktor Kompresibilitas pada Kondisi Inlet
Z ₁	= Faktor Kompresibilitas pada Kondisi Outlet
B ₀	= Nilai Interpolasi Koreksi pada Tekanan Inlet
B ₁	= Nilai Interpolasi Koreksi pada Tekanan Outlet
MW	= Berat Molekul (kg/mol)
ρ	= Density Gas (kg/m ³)
ρ _{Inlet}	= Density Gas Inlet (kg/m ³)
ρ _{Outlet}	= Density Gas Outlet (kg/m ³)
P _c	= Critical Pressure
T _c	= Critical Temperature
P _r	= Reduced Pressure
T _r	= Reduced Temperature
ω	= Acentric Factor
T _d	= Temperature Discharge
T _s	= Temperature Suction
P _d	= Pressure Discharge
P _s	= Pressure Suction
k	= Rasio Isentropik atau Isentropic Exponent
η	= Polytpropic Efficiency Compressor (%)



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

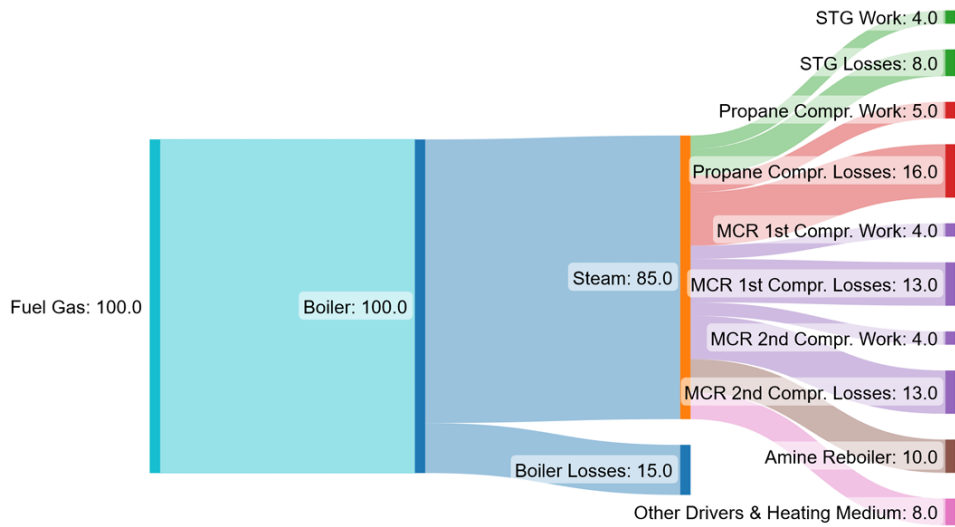
1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara berkembang dengan kebutuhan energi yang terus meningkat menghadapi tantangan besar dalam mewujudkan sistem energi yang berkelanjutan, berkeadilan, dan ramah lingkungan. Pemerintah melalui Kebijakan Energi Nasional (KEN) telah menetapkan visi jangka panjang untuk mencapai ketahanan dan kemandirian energi, dengan target porsi energi terbarukan sebesar 23% dalam bauran energi primer pada tahun 2025, dan target Net Zero Emission (NZE) pada tahun 2060 atau lebih cepat. Namun demikian, realisasi bauran energi terbarukan hingga pertengahan 2024 baru mencapai sekitar 13,93%, jauh dari target yang ditetapkan. Efisiensi energi menjadi pilar utama yang harus terus diperkuat, termasuk di sektor hilir seperti pengolahan LNG (Kementerian ESDM, 2025).

PT Badak NGL merupakan salah satu perusahaan pengolahan gas alam cair (LNG) terbesar di Indonesia yang mengoperasikan fasilitas pemrosesan gas dengan efisiensi energi sebagai salah satu pilar utamanya. Dalam pengolahan LNG, sistem kompresor refrigeran (*refrigerant compressor system*) memegang peranan krusial karena bertugas mempertahankan suhu rendah (*cryogenic*) dalam proses pencairan gas alam. Sistem ini menggunakan *Multi Component Refrigerant* (MCR), yaitu campuran refrigeran yang terdiri atas beberapa komponen hidrokarbon ringan seperti metana, etana, propana, dan lainnya. Komposisi MCR yang optimal dapat menghasilkan performa kompresor yang lebih efisien dan berkontribusi langsung terhadap efisiensi energi pabrik secara keseluruhan. Berdasarkan hasil *Internal Energy Review Report* tahun 2022, *Energy Mapping* di PT Badak NGL dapat dilihat pada diagram sankey Gambar 1.1. *Refrigerant compressor system* bersama dengan Boiler merupakan *Significant Energy User* (SEU) terbesar di PT Badak NGL dengan konsumsi lebih dari 73% total energi pabrik. Selain itu, data juga menunjukkan bahwa kehilangan energi terbesar berasal dari sistem ini, khususnya akibat penurunan efisiensi kerja kompresor refrigeran yang tidak berada pada kondisi operasi optimal (PT Badak NGL, 2023).

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 1.1 Energy Mapping at PT Badak NGL
Sumber: (PT Badak NGL, 2023)

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh tim internal PT Badak NGL juga menyebutkan bahwa salah satu parameter kritikal dalam peningkatan performa refrigerant compressor adalah pengendalian komposisi MCR pada rentang yang optimal. Komposisi yang tidak sesuai dapat meningkatkan *Specific Brake Horsepower (SBHP)* kompresor refrigeran, yang mengakibatkan meningkatnya konsumsi energi uap (*steam*) dan menurunkan *Plant Thermal Efficiency (PTE)*. Oleh karena itu, pengelolaan MCR menjadi kunci dalam strategi efisiensi energi yang berkelanjutan. Sejalan dengan target efisiensi energi tahun 2023, PT Badak NGL telah menetapkan *EnPI (Energy Performance Indicator)* khusus untuk refrigerant compressor, yaitu rasio konsumsi *steam* terhadap produksi LNG (*4K Steam to LNG Ratio*). Indikator ini mencerminkan efisiensi termal yang sangat dipengaruhi oleh performa refrigerant compressor dan komposisi MCR yang digunakan pada proses pengolahan gas alam cair (PT Badak NGL, 2023).

Studi oleh Alabdulkarem et al. (2011) menunjukkan bahwa optimasi komposisi refrigeran pada pabrik LNG tipe C3-MR menggunakan HYSYS dan algoritma genetika dapat menurunkan konsumsi daya hingga 13,28% (siklus MCR) dan 17,16% (siklus propana), terutama dengan penggunaan pinch temperature rendah (1K). Temuan ini menegaskan pentingnya optimasi MCR dalam meningkatkan efisiensi sistem refrigerasi LNG (Alabdulkarem et al., 2011).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sementara itu, Sayadmosleh et al. (2022) mengevaluasi 13 skenario komposisi MR dalam proses SMR dan mengoptimalkannya menggunakan algoritma genetika. Hasilnya, tiga parameter termodinamika utama yang memengaruhi pemilihan komponen MR adalah titik didih, kapasitas panas spesifik, dan entalpi penguapan. Komponen ringan seperti nitrogen dan metana optimal dengan nilai rendah, sedangkan komponen berat seperti propana dan i-butana bekerja lebih baik pada nilai tinggi (Sayadmosleh et al., 2022).

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi komposisi MCR terhadap performa refrigerant compressor di PT Badak NGL secara kuantitatif. Analisis dilakukan melalui pengumpulan data historis operasional serta simulasi proses menggunakan Aspen HYSYS. Fokus utama adalah hubungan komposisi MCR terhadap Specific Brake Horsepower (SBHP). Penelitian dilakukan secara khusus pada Process Train E dan G, mengingat kedua train tersebut merupakan unit yang aktif beroperasi pada periode penelitian dilakukan. Hasil penelitian diharapkan menghasilkan rekomendasi komposisi optimal untuk meningkatkan efisiensi energi dan menekan biaya operasional produksi LNG.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, performa refrigerant compressor di PT Badak NGL sangat dipengaruhi oleh komposisi *Multi Component Refrigerant* (MCR) yang digunakan dalam proses pencairan gas alam. Namun, hingga saat ini belum dilakukan evaluasi kembali terhadap pengaruh perubahan komposisi MCR terhadap kinerja refrigerant compressor pasca implementasi sistem *LPG Production Booster System* (LPBS). Padahal, sistem ini merupakan salah satu pengguna energi terbesar di fasilitas produksi LNG dan berkontribusi langsung terhadap indikator efisiensi energi pabrik. Kondisi ini berpotensi menyebabkan penggunaan energi yang tidak optimal dan peningkatan nilai *Specific Brake Horsepower* (SBHP). Oleh karena itu, diperlukan analisis untuk mengetahui sejauh mana variasi komposisi MCR memengaruhi performa refrigerant compressor melalui simulasi termodinamika menggunakan Aspen HYSYS, serta mengevaluasi potensi penghematan energi dan biaya yang dapat dicapai dari optimasi tersebut.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini membatasi analisis pada data historis operasional PT Badak NGL di Train G pada periode Januari 2024 – Januari 2025 dan Train E periode Oktober 2024 – April 2025 terkait komposisi *Multi Component Refrigerant* (MCR), tanpa melibatkan data di luar periode atau fasilitas tersebut. Pemodelan termodinamika menggunakan software Aspen HYSYS difokuskan pada simulasi sistem refrigerant compressor dengan variasi komposisi MCR, serta dampaknya terhadap parameter *Specific Brake Horsepower* (SBHP). Validasi hasil dilakukan melalui perbandingan dengan data aktual yang tersedia, tanpa eksperimen lapangan tambahan (*Plant Test*). Pembatasan ini bertujuan memastikan analisis terpusat pada hubungan langsung antara komposisi MCR dengan performa refrigerant compressor di PT Badak NGL.

1.4 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, beberapa pertanyaan penelitian yang akan diteliti dalam studi ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh *Flow Rate Feed Gas* terhadap performa Refrigerant Compressor di PT Badak NGL?
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi *Multi Component Refrigerant* (MCR) terhadap performa Refrigerant Compressor di PT Badak NGL?
3. Bagaimana mengoptimalkan komposisi MCR dengan metode pemodelan dan simulasi proses menggunakan Aspen HYSYS?
4. Bagaimana memperkirakan potensi penghematan energi dan biaya yang dapat dicapai melalui optimasi komposisi *Multi Component Refrigerant* (MCR)?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pertanyaan penelitian yang telah disebutkan di atas, beberapa tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam studi ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh *Flow Rate Feed Gas* terhadap performa Refrigerant Compressor di PT Badak NGL.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Menganalisis pengaruh variasi komposisi *Multi Component Refrigerant* (MCR) terhadap performa Refrigerant Compressor di PT Badak NGL.
3. Menganalisis pengoptimalan komposisi MCR dengan metode pemodelan dan simulasi proses menggunakan Aspen Hysys.
4. Menganalisis perkiraan potensi penghematan energi dan biaya yang dapat dicapai melalui optimasi komposisi *Multi Component Refrigerant* (MCR).

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat dari penyusunan skripsi ini bagi penulis, perguruan tinggi, dan perusahaan yang dapat dicapai melalui penelitian ini, yaitu:

1.6.1 Bagi Penulis

1. Meningkatkan kemampuan analisis dan pemecahan masalah teknis secara mendalam melalui penerapan konsep-konsep teoritis pada permasalahan nyata di industri.
2. Memberikan pengalaman dalam menyusun penelitian ilmiah yang relevan dengan kebutuhan industri, khususnya dalam optimasi sistem refrigerasi dan efisiensi energi.
3. Memperluas wawasan mengenai implementasi teknologi di industri LNG, khususnya terkait sistem *Multi Component Refrigerant* (MCR).
4. Mempersiapkan diri untuk memasuki dunia kerja dengan memiliki bekal pengetahuan yang aplikatif dan pengalaman dalam menyelesaikan tantangan di industri.

1.6.2 Bagi Perguruan Tinggi

1. Menambah referensi akademik dalam bidang energi, khususnya terkait optimasi sistem refrigerasi dan efisiensi energi di sektor LNG.
2. Meningkatkan reputasi perguruan tinggi melalui kontribusi dalam memecahkan permasalahan nyata yang dihadapi oleh industri.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.6.3 Bagi Perusahaan

1. Menentukan komposisi MCR yang paling optimal untuk menurunkan nilai *Specific Brake Horsepower* (SBHP) dan meningkatkan efisiensi kerja Refrigerant Compressor, sehingga dapat mendukung pencapaian target efisiensi energi pada unit *Significant Energy User* (SEU) di PT Badak NGL.
2. Memberikan dasar perhitungan teknis dan pertimbangan strategis dalam upaya efisiensi energi sistem refrigerasi LNG, khususnya dalam menghadapi tantangan keterbatasan pasokan gas alam dan tekanan global terhadap penurunan emisi karbon di sektor energi.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini disusun secara sistematis untuk memperjelas pemahaman terhadap materi yang dijadikan objek dan memberikan arah pada penelitian. Adapun sistematika penulisan skripsi ini yaitu, sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang pemilihan topik, lokasi objek penelitian, garis besar metode penyelesaian masalah, perumusan masalah, pembatasan masalah, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian yang akan didapat, dan sistematika penulisan keseluruhan skripsi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memaparkan tentang landasan teori yang digunakan dalam penelitian, kajian literatur yang dijadikan acuan dalam penyusunan skripsi, kerangka pemikiran yang digunakan dalam penelitian, dan hipotesis penelitian yang dirumuskan berdasarkan kesenjangan penelitian sebelumnya serta relevansi permasalahan yang terjadi di lapangan, guna memberikan arah dan dasar teoritis yang kuat dalam penulisan skripsi.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang metodologi penelitian yaitu jenis metode yang akan digunakan dalam menyelesaikan penelitian. Pada bab ini dijelaskan tentang jenis penelitian, objek penelitian, metode pengambilan sampel, jenis dan sumber data penelitian, metode pengumpulan data penelitian, dan metode analisis data yang digunakan dalam penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini merupakan bagian inti dari penelitian yang menyajikan dan membahas hasil analisis berdasarkan data yang telah dikumpulkan dan diolah. Pada bab ini dijelaskan tentang hasil analisis pengaruh variasi komposisi *Multi Component Refrigerant* (MCR) terhadap performa Refrigerant Compressor di PT Badak NGL. Pembahasan difokuskan pada parameter *Specific Brake Horsepower* (SBHP), dan profil temperatur pada *Main Cryogenic Heat Exchanger* (MCHE). Hasil simulasi dengan Aspen HYSYS dikorelasikan dengan data operasional aktual untuk memvalidasi model dan menentukan komposisi MCR yang paling efisien dalam sistem refrigerasi LNG.

BAB V PENUTUP

Bab ini menguraikan kesimpulan dari keseluruhan analisis data dan pembahasan hasil penelitian. Kesimpulan disusun untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya dalam penelitian ini. Selain itu, bab ini juga memuat saran atau rekomendasi yang relevan sebagai tindak lanjut dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa flow rate feed gas memiliki pengaruh signifikan terhadap performa Refrigerant Compressor di PT Badak NGL. Meningkatnya laju alir feed gas menyebabkan penurunan nilai SBHP baik pada Train G maupun Train E. Train G menunjukkan pengaruh yang lebih signifikan dengan kontribusi sebesar 59,43% terhadap variasi SBHP, sedangkan Train E hanya menunjukkan pengaruh sebesar 12,26%. Hal ini mengindikasikan bahwa efisiensi kompresor Train G lebih dipengaruhi oleh besarnya flow rate dibandingkan Train E.
2. Berdasarkan analisis perbandingan komposisi aktual MCR terhadap rekomendasi Process Engineer yang diperoleh dari hasil plant test tahun 2022, dapat disimpulkan bahwa variasi komposisi Multi Component Refrigerant (MCR) memiliki pengaruh signifikan terhadap performa Refrigerant Compressor di PT Badak NGL. Ketidaksesuaian komposisi MCR aktual dengan rentang rekomendasi terbukti berkorelasi dengan peningkatan nilai SBHP, yang mengindikasikan penurunan efisiensi energi.
3. Berdasarkan hasil optimasi komposisi MCR menggunakan Aspen Hysys, diperoleh rentang komposisi optimal MCR pada Train G dan Train E. Train G memiliki rentang komposisi MCR yaitu, Nitrogen 8,00–11,10%, Methane 36,90–40,00%, Ethane 44,00–48,00%, dan Propane 4,00–8,00%. Sementara itu, Train E memiliki rentang komposisi MCR yaitu, Nitrogen 5,00–7,40%, Methane 40,60–43,00%, Ethane 43,50–48,00%, dan Propane 4,00–8,50%.
4. Optimasi komposisi Multi Component Refrigerant (MCR) pada Train G dan Train E terbukti mampu menghasilkan penghematan energi dan biaya yang signifikan. Pada Train G, efisiensi sistem meningkat dengan penurunan SBHP

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dari 9,773 menjadi 9,656 [HP.H/MMBTU] yang berdampak pada pengurangan konsumsi bahan bakar sebesar 311,49 [Nm^3/H] dan penurunan energi total sebesar 12,19 [MMBTU/H]. Hal ini menghasilkan penghematan biaya operasional dengan potensi efisiensi tahunan antara Rp1.245.618.364,94 hingga Rp8.696.318.641,45. Sementara pada Train E, SBHP turun dari 9,180 menjadi 9,080 [HP.H/MMBTU] disertai pengurangan konsumsi bahan bakar sebesar 394,56 [Nm^3/H] dan energi sebesar 15,43 [MMBTU/H]. Penghematan biaya operasional dengan potensi efisiensi tahunan yang lebih tinggi, yaitu antara Rp1.586.989.276,58 hingga Rp11.015.537.869,46. Secara keseluruhan, optimasi MCR memberikan dampak nyata dalam menurunkan konsumsi energi dan biaya operasional pada sistem pendingin LNG.

5.2 Saran

Berdasarkan keterbatasan yang ada dalam penelitian ini, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Melakukan plant test secara langsung di lapangan untuk memverifikasi hasil simulasi dan mengevaluasi performa sistem refrigerasi secara real-time.
2. Memperluas objek penelitian ke train lain di luar Train G dan Train E untuk mendapatkan cakupan analisis yang lebih komprehensif.
3. Menerapkan metode optimasi numerik atau algoritma kecerdasan buatan (seperti genetic algorithm atau machine learning) untuk memperoleh komposisi MCR optimal yang lebih cepat dan adaptif terhadap kondisi operasi yang berubah.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Alabdulkarem, A., Mortazavi, A., Hwang, Y., Radermacher, R., & Rogers, P. (2011). Optimization of propane pre-cooled mixed refrigerant LNG plant. *Applied Thermal Engineering*, 31(6–7), 1091–1098. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2010.12.003>
- Arif, A., Zambak, M. F., Suwarno, S., & Harahap, M. (2023). Analisa Dan Simulasi Efisiensi Energi Listrik PT. XYZ Dengan Menggunakan Regresi Linier. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 5(2), 93–97.
- Azman Maricar, M. (2019). Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ. *Jurnal Sistem dan Informatika*, 13, 36.
- Brown, R. N. (2005). *Compressors: Selection and Sizing* (Third Edition). Gulf Professional Publishing. <https://books.google.co.id/books?id=irfr-Kd1nvEC>
- Giampaolo, T. (2010). *Compressor Handbook Principle and Practice* (1st ed.). The Fairmont Press, Inc.
- GPSA. (2004). *ENGINEERING DATA BOOK: Vols. I & II* (Twelfth Edition-FPS). Gas Processors Suppliers Association. www.gasprocessors.com
- Hatcher, P., Khalilpour, R., & Abbas, A. (2012). Optimisation of LNG mixed-refrigerant processes considering operation and design objectives. *Computers and Chemical Engineering*, 41, 123–133. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2012.03.005>
- Kementerian ESDM. (2025). *LAPORAN KINERJA Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral 2024*.
- Kurniawan, R. (2016). *Analisa Komposisi Mixed Component Refrigerant (MCR) pada Unit Pencairan Gas Bumi yang Memberikan Kerja Kompresor yang Minimum*. Universitas Indonesia.
- Lewis, C. D. (1982). Industrial and business forecasting methods: A practical guide to exponential smoothing and curve fitting. In *(No Title)*. Butterworth Scientific.
- Mortazavi, A., Alabdulkarem, A., Hwang, Y., & Radermacher, R. (2016). Development of a robust refrigerant mixture for liquefaction of highly uncertain natural gas compositions. *Energy*, 113, 1042–1050. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.147>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Mortazavi, A., Somers, C., Hwang, Y., Radermacher, R., Rodgers, P., & Al-Hashimi, S. (2012). Performance enhancement of propane pre-cooled mixed refrigerant LNG plant. *Applied Energy*, 93, 125–131.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.05.009>

Nafilah, I., Udayana, I. B. N., & Lukitaningsih, A. (2021). PENGARUH COST SAVING, TIME SAVING DAN TRUST TERHADAP PURCHASE INTENTION MELALUI PERCEIVED VALUE PADA KONSUMEN. *JURNAL AKMENIKA*, 18, 1–6.

Oloan, A. C. P., Muslim, M., & Buwono, A. (2023). Analisa Coeficient of Performance (COP) Pada Mesin Pendingin Pembuat Ice Slurry. *Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 13(3), 187–194.

PT Badak NGL. (2014). Plant-4 MCR Refrigeration System. In *Prcess Train Manual Book - Operation Department* (Vol. 5 of 7).

PT Badak NGL. (2022). *Report of Optimum MCR Composition after LPO Project & Validation Train-GH Maximum Gas Absorption Capacity*.

PT Badak NGL. (2023). *2022 Internal Energy Review Report – Badak LNG*.

PT Badak NGL. (2024a). Plant-1 Gas Purification Unit. In *Trains Manual Book - Operation Department* (Vol. 1 of 7).

PT Badak NGL. (2024b). Plant-2 Dehydration Unit. In *Trains Manual Book - Operation Department* (Vol. 2 of 7).

PT Badak NGL. (2024c). Plant-3 Fractionation Unit. In *Trains Manual Book - Operation Department* (Vol. 3 of 7).

PT Badak NGL. (2024d). Plant-4 MCR Refrigeration System. In *Trains Manual Book - Operation Department* (Vol. 5 of 7).

PT Badak NGL. (2024e). Plant-4 Propane Refrigeration System. In *Trains Manual Book - Operation Department* (Vol. 4 of 7).

PT Badak NGL. (2024f). Plant-5 Liquefaction Unit. In *Trains Manual Book - Operation Department* (Vol. 6 of 7).

Putri, P. A., Hajar, S. S., Wibawa, G., & Winarsih. (2013). 148994-ID-none. *JURNAL TEKNIK POMITS*, 2, 53–55.

Quilim, A. T. (2016). *Rancang Bangun Sistem Refrigerasi Kompresi Uap 0,5 Hp dengan Menggunakan Refrigeran 22 (R-22)*. Universitas Darma Persada .

Qyyum, M. A., Duong, P. L. T., Minh, L. Q., Lee, S., & Lee, M. (2019). Dual mixed refrigerant LNG process: Uncertainty quantification and dimensional



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

reduction sensitivity analysis. *Applied Energy*, 250, 1446–1456.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.05.004>

Sayadmosleh, E., Soleimani, M., Shirazi, L., & Sarmad, M. (2022). Mixed refrigerant components selection criteria in LNG processes; thermodynamic analysis and prioritization guidelines. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 49. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101788>

Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D* (19th ed.). ALFABETA, CV.

Wang, M., Khalilpour, R., & Abbas, A. (2014). Thermodynamic and economic optimization of LNG mixed refrigerant processes. *Energy Conversion and Management*, 88, 947–961. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.09.007>

Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. McGraw-Hill Companies.



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 1 - Langkah-langkah Perhitungan SBHP (Aktual)

Data Parameter Train G (26-01-2025 16.00.00) dari Exaquantum dan PODS

Perhitungan Daya Kompresor

Data Refrigerant Compressor Operational Parameter

Equipment	Variabel	Unit	Value
4K-1 (Propane Compressor)	1 st Suction Temp.	°C	-37,50
	1 st Suction Press.	Kg/cm ²	1,01
	1 st Suction Flow.	Km ³ /h	162,02
	2 nd Suction Temp.	°C	-4,84
	2 nd Suction Press.	Kg/cm ²	3,33
	2 nd Suction Flow.	Km ³ /h	40,83
	3 rd Suction Temp.	°C	12,92
	3 rd Suction Press.	Kg/cm ²	6,70
	Discharge Temp.	°C	63,63
	Discharge Press.	Kg/cm ²	13,56
4K-2 (1 st MCR Compressor)	Discharge Flow.	Km ³ /h	35,74
	Suction Temp.	°C	41,25
	Suction Press.	Kg/cm ²	-39,12
	Discharge Temp.	°C	59,59
4K-3 (2 nd MCR Compressor)	Discharge Press.	Kg/cm ²	11,90
	Discharge Flow.	Km ³ /h	14,14
	Suction Temp.	°C	33,77
	Suction Press.	Kg/cm ²	11,69
	Discharge Temp.	°C	125,36
	Discharge Press.	Kg/cm ²	39,35

Data Komposisi Refrigerant

Refrigerant	Component	Source	Value
Propane Refrigerant	Nitrogen	Assumption	0,00
	Methane		0,00
	Ethane		0,00
	Propane		100,00
	i-Butane		0,00
	n-Butane		0,00
	i-Pentane		0,00
	n-Pentane		0,00
	Total		100,00



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Refrigerant	Component	Source	Value
Multi Component Refrigerant (MCR) Refrigerant	Nitrogen	Library Analysis	2,81
	Methane		46,20
	CO2		0,00
	Ethane		45,76
	Propane		5,13
	i-Butane		0,05
	n-Butane		0,05
	i-Pentane		0,00
	n-Pentane		0,00
	Total		100,00

Data Refrigerant Critical Properties

Refrigerant	Variabel	Source	Value
Propane Refrigerant	Pc (Pa)	GPSA	4240000,00
	Tc (K)		369,80
Multi Component Refrigerant (MCR) Refrigerant	Pc Nitrogen (Pa)		3398000,00
	Tc Nitrogen (K)		126,20
	Pc Methane (Pa)		4599000,00
	Tc Methane (K)		190,60
	Pc Ethane (Pa)		4880000,00
	Tc Ethane (K)		305,40
	Pc Propane (Pa)		4240000,00
	Tc Propane (K)		369,80
	Pc i-Butane (Pa)		3640000,00
	Tc i-Butane (K)		407,80
	Pc n-Butane (Pa)		3784000,00
	Tc n-Butane (K)		425,10
	Pc i-Pentane (Pa)		3381000,00
	Tc i-Pentane (K)		460,40
	Pc n-pentane (Pa)		3365000,00
	Tc n-pentane (K)		469,60

Menghitung Pc dan Tc MCR

$$P_c = \sum y_i(P_{ci}); i = \text{komponen}$$

$$T_c = \sum y_i(T_{ci}); i = \text{komponen}$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Component	yi	Pci	Pc (yi*Pci/100)	Tci	Tc (yi*Tci/100)
Nitrogen	2,81	3398000,00	95483,80	126,20	3,55
Methane	46,20	4599000,00	2124738,00	190,60	88,06
Ethane	45,76	4880000,00	2233088,00	305,40	139,75
Propane	5,13	4240000,00	217512,00	369,80	18,97
i-Butane	0,05	3640000,00	1820,00	407,80	0,20
n-Butane	0,05	3784000,00	1892,00	425,10	0,21
i-Pentane	0,00	3381000,00	0,00	460,40	0,00
n-Pentane	0,00	3365000,00	0,00	469,60	0,00
Total			4.674.533,80		250,74

Berdasarkan tabel perhitungan Pc dan Tc MCR tersebut, didapatkan:

Pc MCR = 4.674.533,80 Pa

Tc MCR = 250,74 K

Data Refrigerant Acentric Factor (ω)

Refrigerant	Variabel	Source	Value
Propane Refrigerant	Omega Propane	GPSA	0,152
Multi Component Refrigerant (MCR) Refrigerant	Omega Nitrogen		0,038
	Omega Methane		0,012
	Omega Ethane		0,100
	Omega Propane		0,152
	Omega i-Butane		0,181
	Omega n-Butane		0,200
	Omega i-Pentane		0,231
	Omega n-Pentane		0,252

Perhitungan Acentric Factor MCR (ω)

$$\omega = \sum y_i(\omega_i)$$

Component	yi	ω_i	$\omega(yi*\omega_i/100)$
Nitrogen	2,81	0,038	0,0011
Methane	46,20	0,012	0,0055
Ethane	45,76	0,100	0,0458
Propane	5,13	0,152	0,0078
i-Butane	0,05	0,181	0,0001
n-Butane	0,05	0,200	0,0001

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Component	yi	ωi	ω(yi*ωi/100)
i-Pentane	0,00	0,231	0,0000
n-Pentane	0,00	0,252	0,0000
Total			0,0604

Berdasarkan perhitungan acentric factor (ω) pada tabel tersebut, didapatkan:

$$\Omega(\omega)_{MCR} = 0,0604$$

Propane Compressor 1st Stage

$$Pr_{Inlet} = \frac{1^{st} \text{ Suction Press} \times 101300}{P_c} = \frac{1,01 \times 101300}{4240000,00} = 0,02$$

$$Tr_{Inlet} = \frac{(1^{st} \text{ Suction Temp} + 273)}{T_c} = \frac{(-37,50 + 273)}{369,8} = 0,64$$

$$B0_{Inlet} = 0,083 - \frac{0,422}{Tr_{Inlet}^{1,6}} = 0,083 - \frac{0,422}{0,64^{1,6}} = -0,79$$

$$B1_{Inlet} = 0,139 - \frac{0,172}{Tr_{Inlet}^{4,2}} = 0,139 - \frac{0,172}{0,64^{4,2}} = -1,01$$

$$Z0_{Inlet} = 1 + B0_{Inlet} \times \left(\frac{Pr_{Inlet}}{Tr_{Inlet}} \right) = 1 + (-0,79) \times \left(\frac{0,02}{0,64} \right) = 0,97$$

$$Z1_{Inlet} = B1_{Inlet} \times \left(\frac{Pr_{Inlet}}{Tr_{Inlet}} \right) = -1,01 \times \left(\frac{0,02}{0,64} \right) = -0,04$$

$$Z_{Inlet} = Z0_{Inlet} + 0,152 \times Z1_{Inlet} = 0,97 + 0,152 \times (-0,04) = 0,96$$

$$Pr_{Outlet} = \frac{2^{nd} \text{ Suction Press} \times 101300}{P_c} = \frac{3,33 \times 101300}{4240000,00} = 0,08$$

$$Tr_{Outlet} = \frac{(T \text{ nyata discharge } 1^{st} \text{ stage} + 273)}{T_c} = \frac{(7,42 + 273)}{369,8} = 0,76$$

$$B0_{Outlet} = 0,083 - \frac{0,422}{Tr_{Outlet}^{1,6}} = 0,083 - \frac{0,422}{0,76^{1,6}} = -0,57$$

$$B1_{Outlet} = 0,139 - \frac{0,172}{Tr_{Outlet}^{4,2}} = 0,139 - \frac{0,172}{0,76^{4,2}} = -0,41$$

$$Z0_{Outlet} = 1 + B0_{Outlet} \times \left(\frac{Pr_{Outlet}}{Tr_{Outlet}} \right) = 1 + (-0,57) \times \left(\frac{0,08}{0,76} \right) = 0,94$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$Z1_{outlet} = B1_{outlet} \times \left(\frac{Pr_{outlet}}{Tr_{outlet}} \right) = -0,41 \times \left(\frac{0,08}{0,76} \right) = -0,04$$

$$Z_{outlet} = Z0_{outlet} + 0,152 \times Z1_{outlet} = 0,94 + 0,152 \times (-0,04) = 0,93$$

$$Z_{Average} = \frac{(Z_{Inlet} + Z_{outlet})}{2} = \frac{(0,96 + 0,93)}{2} = 0,95$$

Perhitungan Density Suction 1st Stage

$$MW_{Propane} = 44,10 \text{ g/mol}$$

$$PV = Z \cdot n \cdot R \cdot T \rightarrow \rho = \frac{P \cdot MW}{R \cdot T \cdot Z}$$

$$\rho = \frac{1^{st} \text{ Suction Press} \times 101300 \times MW_{Propane}/1000}{R \times 1^{st} \text{ Suction Temp} \times Z_{Inlet}}$$

$$\rho = \frac{1,01 \times 101300 \times 44,10/1000}{8,314 \times (-37,50 + 273) \times 0,96} = 2,39 \text{ kg/m}^3$$

Berdasarkan perhitungan density propane tersebut, didapatkan $\rho = 2,39 \text{ kg/m}^3$

Iterasi I

Perhitungan Cp Propane Inlet, Outlet, dan Average

$$T = 1^{st} \text{ Suction Temp} = -37,50 + 273 = 235,50 \text{ K}$$

$$T_{Tebak1} = 2^{nd} \text{ Suction Temp.} = -4,84 + 273 = 268,16 \text{ K}$$

Shomate Equation / Persamaan Cp Polinomial:

$$Cp = (a + bT + cT^2) \cdot R$$

$$a = 1,213$$

$$b = 28,785 \times 10^{-3}$$

$$c = -8,824 \times 10^{-6}$$

$$Cp = (1,213 + 28,785 \times 10^{-3} \times 235,50 - 8,824 \times 10^{-6} \times 235,50^2) \times 8,314$$

$$Cp \text{ Propane Inlet} = 62,38 \text{ J/molK}$$

$$Cp = (1,213 + 28,785 \times 10^{-3} \times 268,16 - 8,824 \times 10^{-6} \times 268,16^2) \times 8,314$$

$$Cp \text{ Propane Outlet} = 68,98 \text{ J/molK}$$

$$Cp_{Propane \text{ Average}} = \frac{(Cp_{Inlet} + Cp_{Outlet})}{2} = \frac{(62,38 + 68,98)}{2} = 65,68 \text{ J/molK}$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$k_{Propane} = \frac{Cp_{Propane Average}}{(Cp_{Propane Average} - 8,314)} = \frac{65,68}{(65,68 - 8,314)} = 1,14493$$

Perhitungan T Nyata Discharge 1st Stage (1)

$$\eta_{1st Stage} = 0,85$$

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k} \cdot \eta}$$

$$T_{Nyata1} = 1^{st} Suction Temp \times \left(\frac{2^{nd} Suction Press}{1^{st} Suction Press}\right)^{\frac{k_{Propane}-1}{k_{Propane}} \times \eta_{1st Stage}}$$

$$T_{Nyata1} = (-37,50 + 273) \times \left(\frac{3,33}{1,01}\right)^{\frac{1,14493-1}{1,14493} \times 0,85} - 273 = 8,33^{\circ}C$$

$$Galat = \frac{T_{Nyata1} - T_{Tebak1}}{T_{Nyata1}} \times 100 = \frac{8,33 - (-4,84)}{8,33} \times 100 = 158,08\%$$

Hasil Iterasi I didapatkan Galat sebesar 158,08%, hasil ini masih sangat besar, oleh karena itu dilakukan Iterasi kembali sampai didapatkan galat yang sangat kecil (mendekati 0)

Iterasi II

$$T = 1^{st} Suction Temp = -37,50 + 273 = 235,50 K$$

$$T_{Tebak2} = 8,33 + 273 = 281,33 K$$

Shomate Equation / Persamaan Cp Polinomial:

$$Cp = (1,213 + 28,785 \times 10^{-3} \times 235,50 - 8,824 \times 10^{-6} \times 235,50^2) \times 8,314$$

$$Cp_{Propane Inlet} = 62,38 J/molK$$

$$Cp = (1,213 + 28,785 \times 10^{-3} \times 281,33 - 8,824 \times 10^{-6} \times 281,33^2) \times 8,314$$

$$Cp_{Propane Outlet} = 71,61 J/molK$$

$$Cp_{Propane Average} = \frac{(Cp_{Inlet} + Cp_{Outlet})}{2} = \frac{(62,38 + 71,61)}{2} = 66,99 J/molK$$

$$k_{Propane} = \frac{Cp_{Propane Average}}{(Cp_{Propane Average} - 8,314)} = \frac{66,99}{(66,99 - 8,314)} = 1,14169$$

Perhitungan T Nyata Discharge 1st Stage (2)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\eta_{1st\ Stage} = 0,85$$

$$T_{Nyata2} = 1^{st}\ Suction\ Temp \times \left(\frac{2^{nd}\ Suction\ Press}{1^{st}\ Suction\ Press} \right)^{\frac{k_{Propane}-1}{k_{Propane}} \times \eta_{1st\ Stage}}$$

$$T_{Nyata2} = (-37,50 + 273) \times \left(\frac{3,33}{1,01} \right)^{\frac{1,14169-1}{1,14169} \times 0,85} - 273 = 7,36^{\circ}C$$

$$Galat = \frac{T_{Nyata2} - T_{Tebak2}}{T_{Nyata2}} \times 100 = \frac{7,36 - 8,33}{8,33} \times 100 = 13,28\%$$

Iterasi III

$$T = 1^{st}\ Suction\ Temp = -37,50 + 273 = 235,50\ K$$

$$T_{Tebak3} = 7,36 + 273 = 280,36\ K$$

Shomate Equation / Persamaan Cp Polinomial:

$$Cp = (1,213 + 28,785 \times 10^{-3} \times 235,50 - 8,824 \times 10^{-6} \times 235,50^2) \times 8,314$$

$$Cp\ Propane\ Inlet = 62,38\ J/molK$$

$$Cp = (1,213 + 28,785 \times 10^{-3} \times 280,36 - 8,824 \times 10^{-6} \times 280,36^2) \times 8,314$$

$$Cp\ Propane\ Outlet = 71,41\ J/molK$$

$$Cp_{Propane\ Average} = \frac{(Cp_{Inlet} + Cp_{Outlet})}{2} = \frac{(62,38 + 71,41)}{2} = 66,89\ J/molK$$

$$k_{Propane} = \frac{Cp_{Propane\ Average}}{(Cp_{Propane\ Average} - 8,314)} = \frac{66,89}{(66,89 - 8,314)} = 1,14192$$

Perhitungan T Nyata Discharge 1st Stage (3)

$$\eta_{1st\ Stage} = 0,85$$

$$T_{Nyata3} = 1^{st}\ Suction\ Temp \times \left(\frac{2^{nd}\ Suction\ Press}{1^{st}\ Suction\ Press} \right)^{\frac{k_{Propane}-1}{k_{Propane}} \times \eta_{1st\ Stage}}$$

$$T_{Nyata3} = (-37,50 + 273) \times \left(\frac{3,33}{1,01} \right)^{\frac{1,14192-1}{1,14192} \times 0,85} - 273 = 7,43^{\circ}C$$

$$Galat = \frac{T_{Nyata3} - T_{Tebak3}}{T_{Nyata3}} \times 100 = \frac{7,43 - 7,36}{7,43} \times 100 = 0,95\%$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Iterasi IV

$$T = 1^{st} \text{ Suction Temp} = -37,50 + 273 = 235,50 \text{ K}$$

$$T_{Tebak4} = 7,43 + 273 = 280,43 \text{ K}$$

Shomate Equation / Persamaan Cp Polinomial:

$$Cp = (1,213 + 28,785 \times 10^{-3} \times 235,50 - 8,824 \times 10^{-6} \times 235,50^2) \times 8,314$$

$$Cp \text{ Propane Inlet} = 62,38 \text{ J/molK}$$

$$Cp = (1,213 + 28,785 \times 10^{-3} \times 280,43 - 8,824 \times 10^{-6} \times 280,43^2) \times 8,314$$

$$Cp \text{ Propane Outlet} = 71,43 \text{ J/molK}$$

$$Cp_{Propane \text{ Average}} = \frac{(Cp_{Inlet} + Cp_{outlet})}{2} = \frac{(62,38 + 71,43)}{2} = 66,90 \text{ J/molK}$$

$$k_{Propane} = \frac{Cp_{Propane \text{ Average}}}{(Cp_{Propane \text{ Average}} - 8,314)} = \frac{66,90}{(66,90 - 8,314)} = 1,14191$$

Perhitungan T Nyata Discharge 1st Stage (4)

$$\eta_{1st \text{ Stage}} = 0,85$$

$$T_{Nyata4} = 1^{st} \text{ Suction Temp} \times \left(\frac{2^{nd} \text{ Suction Press}}{1^{st} \text{ Suction Press}} \right)^{\frac{k_{Propane}-1}{k_{Propane}} \times \eta_{1st \text{ Stage}}}$$

$$T_{Nyata4} = (-37,50 + 273) \times \left(\frac{3,33}{1,01} \right)^{\frac{1,14191-1}{1,14191} \times 0,85} - 273 = 7,42^{\circ}\text{C}$$

$$Galat = \frac{T_{Nyata4} - T_{Tebak4}}{T_{Nyata4}} \times 100 = \frac{7,42 - 7,43}{7,42} \times 100 = 0,07\%$$

Hasil Iterasi IV didapatkan Galat sebesar 0,07%, hasil ini menunjukkan nilai galat yang sangat kecil (mendekati 0), artinya T nyata Discharge 1st Stage adalah 7,42°C

Perhitungan T Campuran Inlet 2nd Stage

$$N_{Discharge \ 1^{st} \text{ Stage}} = \rho_{Suction \ 1^{st} \text{ Stage}} \times 1^{st} \text{ Suction Flow}$$

$$N_{Discharge \ 1^{st} \text{ Stage}} = 2,39 \times 162,02 \times 1000 = 386461,47 \text{ kg/hr}$$

$$Pr_{2^{nd} \text{ Suction}} = \frac{2^{nd} \text{ Suction Press} \times 101300}{P_c} = \frac{3,33 \times 101300}{4240000,00} = 0,08$$

$$Tr_{2^{nd} \text{ Suction}} = \frac{(2^{nd} \text{ Suction Temp} + 273)}{T_c} = \frac{(-4,84 + 273)}{369,8} = 0,73$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$B0_{2^{nd} \text{ Suction}} = 0,083 - \frac{0,422}{Tr_{2^{nd} \text{ Suction}}^{1,6}} = 0,083 - \frac{0,422}{0,73^{1,6}} = -0,62$$

$$B1_{2^{nd} \text{ Suction}} = 0,139 - \frac{0,172}{Tr_{2^{nd} \text{ Suction}}^{4,2}} = 0,139 - \frac{0,172}{0,73^{4,2}} = -0,52$$

$$Z0_{2^{nd} \text{ Suction}} = 1 + B0_{2^{nd} \text{ Suction}} \times \left(\frac{Pr_{2^{nd} \text{ Suction}}}{Tr_{2^{nd} \text{ Suction}}} \right)$$

$$Z0_{2^{nd} \text{ Suction}} = 1 + (-0,62) \times \left(\frac{0,08}{0,73} \right) = 0,93$$

$$Z1_{2^{nd} \text{ Suction}} = B1_{2^{nd} \text{ Suction}} \times \left(\frac{Pr_{2^{nd} \text{ Suction}}}{Tr_{2^{nd} \text{ Suction}}} \right)$$

$$Z1_{2^{nd} \text{ Suction}} = -0,52 \times \left(\frac{0,08}{0,73} \right) = -0,06$$

$$Z2_{2^{nd} \text{ Suction}} = Z0_{2^{nd} \text{ Suction}} + 0,152 \times Z1_{2^{nd} \text{ Suction}}$$

$$Z2_{2^{nd} \text{ Suction}} = 0,93 + 0,152 \times (-0,06) = 0,92$$

$$\rho_{\text{Suction } 2^{nd} \text{ Stage}} = \frac{2^{nd} \text{ Suction Press} \times 101300 \times MW / 1000}{R \times 2^{nd} \text{ Suction Temp} \times Z_{2^{nd} \text{ Suction}}}$$

$$\rho_{\text{Suction } 2^{nd} \text{ Stage}} = \frac{3,33 \times 101300 \times 44,10 / 1000}{8,314 \times (-4,84 + 273) \times 0,92} = 7,22 \text{ kg/m}^3$$

$$N_{\text{Suction } 2^{nd} \text{ Stage}} = \rho_{\text{Suction } 2^{nd} \text{ Stage}} \times 2^{nd} \text{ Suction Flow}$$

$$N_{\text{Suction } 2^{nd} \text{ Stage}} = 7,22 \times 40,83 \times 1000 = 294950,36 \text{ kg/hr}$$

Perhitungan Cp Campuran Propane Refrigerant

$$Cp_{mol} = a + bT + cT^2 \rightarrow Cp_{massa} = \frac{Cp_{mol} \cdot R}{MW}$$

$$Cp = (1,213 + 28,785 \times 10^{-3} \cdot 280,42 - 8,824 \times 10^{-6} \cdot 280,42^2) \cdot 8,314 / 44$$

$$Cp \text{ Discharge } 1^{st} \text{ Stage} = 1,62 \text{ kJ/kgmolK}$$

$$Cp = (1,213 + 28,785 \times 10^{-3} \cdot 268,16 - 8,824 \times 10^{-6} \cdot 268,16^2) \cdot 8,314 / 44$$

$$Cp \text{ Suction } 2^{nd} \text{ Stage} = 1,57 \text{ kJ/kgmolK}$$

$$Cp_{campuran} = \sum \left(\frac{m_i}{\sum m} \cdot Cp_i \right)$$

$$Cp = \frac{386461,47}{386461,47 + 294950,36} \cdot 1,62 + \frac{294950,36}{386461,47 + 294950,36} \cdot 1,57$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$Cp \text{ Campuran Inlet } 2^{nd} \text{ Stage} = 1,60$$

Perhitungan T Campuran menggunakan pendekatan konservasi energi, khususnya konservasi entalpi total untuk 2 aliran gas yang bercampur.

$$T_{Campuran} = \frac{\sum \dot{m}_i \cdot Cp_i \cdot T_i}{\sum \dot{m}_{campuran} \cdot Cp_{Campuran}}$$

$$T = \frac{386461,47 \times 1,62 \times 280,42 + 294950,36 \times 1,57 \times 268,16}{386461,47 + 294950,36 \times 1,60} - 273$$

$$T \text{ Campuran Inlet } 2^{nd} \text{ Stage} = 2,22^\circ\text{C}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai T Campuran Inlet 2nd Stage **2,22°C**

Propane Compressor 2nd Stage

$$Pr_{Inlet} = \frac{2^{nd} \text{ Suction Press} \times 101300}{P_c} = \frac{3,33 \times 101300}{4240000,00} = 0,08$$

$$Tr_{Inlet} = \frac{(T \text{ Campuran Inlet } 2^{nd} \text{ Stage} + 273)}{T_c} = \frac{(2,22 + 273)}{369,8} = 0,74$$

$$B0_{Inlet} = 0,083 - \frac{0,422}{Tr_{Inlet}^{1,6}} = 0,083 - \frac{0,422}{0,74^{1,6}} = -0,59$$

$$B1_{Inlet} = 0,139 - \frac{0,172}{Tr_{Inlet}^{4,2}} = 0,139 - \frac{0,172}{0,74^{4,2}} = -0,46$$

$$Z0_{Inlet} = 1 + B0_{Inlet} \times \left(\frac{Pr_{Inlet}}{Tr_{Inlet}}\right) = 1 + (-0,59) \times \left(\frac{0,08}{0,74}\right) = 0,94$$

$$Z1_{Inlet} = B1_{Inlet} \times \left(\frac{Pr_{Inlet}}{Tr_{Inlet}}\right) = -0,46 \times \left(\frac{0,08}{0,74}\right) = -0,05$$

$$Z_{Inlet} = Z0_{Inlet} + 0,152 \times Z1_{Inlet} = 0,94 + 0,152 \times (-0,05) = 0,93$$

$$Pr_{Outlet} = \frac{3^{rd} \text{ Suction Press} \times 101300}{P_c} = \frac{6,67 \times 101300}{4240000,00} = 0,16$$

$$Tr_{Outlet} = \frac{(T \text{ nyata discharge } 2^{nd} \text{ stage} + 273)}{T_c} = \frac{(28,98 + 273)}{369,8} = 0,82$$

$$B0_{Outlet} = 0,083 - \frac{0,422}{Tr_{Outlet}^{1,6}} = 0,083 - \frac{0,422}{0,82^{1,6}} = -0,50$$

$$B1_{Outlet} = 0,139 - \frac{0,172}{Tr_{Outlet}^{4,2}} = 0,139 - \frac{0,172}{0,82^{4,2}} = -0,26$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$Z_{0_{outlet}} = 1 + B_{0_{outlet}} \times \left(\frac{Pr_{outlet}}{Tr_{outlet}} \right) = 1 + (-0,50) \times \left(\frac{0,16}{0,82} \right) = 0,90$$

$$Z_{1_{outlet}} = B_{1_{outlet}} \times \left(\frac{Pr_{outlet}}{Tr_{outlet}} \right) = -0,26 \times \left(\frac{0,16}{0,82} \right) = -0,05$$

$$Z_{outlet} = Z_{0_{outlet}} + 0,152 \times Z_{1_{outlet}} = 0,90 + 0,152 \times (-0,05) = 0,89$$

$$Z_{Average} = \frac{(Z_{Inlet} + Z_{outlet})}{2} = \frac{(0,93 + 0,89)}{2} = 0,91$$

Perhitungan Density Suction 2nd Stage

$$MW_{Propane} = 44,10 \text{ g/mol}$$

$$PV = Z \cdot n \cdot R \cdot T \rightarrow \rho = \frac{P \cdot MW}{R \cdot T \cdot Z}$$

$$\rho = \frac{2^{nd} \text{ Suction Press} \times 101300 \times MW_{Propane}/1000}{R \times 2^{nd} \text{ Suction Temp} \times Z_{Inlet}}$$

$$\rho = \frac{3,33 \times 101300 \times 44,10/1000}{8,314 \times (-4,84 + 273) \times 0,93} = 7,18 \text{ kg/m}^3$$

Berdasarkan perhitungan density propane tersebut, didapatkan $\rho = 7,18 \text{ kg/m}^3$

Iterasi I

Perhitungan Cp Propane Inlet, Outlet, dan Average

$$T_{Tebak1} = 3^{rd} \text{ Suction Temp.} = 12,92 + 273 = 285,92 \text{ K}$$

$$Cp \text{ Propane Inlet} = Cp \text{ Campuran Inlet } 2^{nd} \text{ Stage} \times 44$$

$$Cp \text{ Propane Inlet} = 1,60 \times 44 = 70,37 \text{ J/molK}$$

$$Cp = (1,213 + 28,785 \times 10^{-3} \times 285,92 - 8,824 \times 10^{-6} \times 285,92^2) \times 8,314$$

$$Cp \text{ Propane Outlet} = 72,51 \text{ J/molK}$$

$$Cp_{Propane \text{ Average}} = \frac{(Cp_{Inlet} + Cp_{Outlet})}{2} = \frac{(70,37 + 72,51)}{2} = 71,44 \text{ J/molK}$$

$$k_{Propane} = \frac{Cp_{Propane \text{ Average}}}{(Cp_{Propane \text{ Average}} - 8,314)} = \frac{71,44}{(71,44 - 8,314)} = 1,13170$$

Perhitungan T Nyata Discharge 2nd Stage (1)

$$\eta_{2nd \text{ Stage}} = 0,859$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k} \cdot \eta}$$

$$T_{Nyata1} = T_{Campuran\ Inlet\ 2^{nd}\ Stage} \cdot \left(\frac{3^{rd}\ Suction\ Press}{2^{nd}\ Suction\ Press}\right)^{\frac{k_{Propane}-1}{k_{Propane}} \times \eta_{2^{nd}\ Stage}}$$

$$T_{Nyata1} = (2,22 + 273) \times \left(\frac{6,70}{3,33}\right)^{\frac{1,13170-1}{1,13170} \times 0,859} - 273 = 29,60^\circ\text{C}$$

$$Galat = \frac{T_{Nyata1} - T_{Tebak1}}{T_{Nyata1}} \times 100 = \frac{29,60 - 12,92}{12,92} \times 100 = 129,10\%$$

Hasil Iterasi I didapatkan Galat sebesar 129,10%, hasil ini masih sangat besar, oleh karena itu dilakukan Iterasi kembali sampai didapatkan galat yang sangat kecil (mendekati 0)

Iterasi II

$$T_{Tebak2} = 29,60 + 273 = 302,60\ K$$

$$Cp\ Propane\ Inlet = 70,37\ J/molK$$

$$Cp = (1,213 + 28,785 \times 10^{-3} \times 302,60 - 8,824 \times 10^{-6} \times 302,60^2) \times 8,314$$

$$Cp\ Propane\ Outlet = 75,78\ J/molK$$

$$Cp_{Propane\ Average} = \frac{(Cp_{Inlet} + Cp_{Outlet})}{2} = \frac{(70,37 + 75,78)}{2} = 73,08\ J/molK$$

$$k_{Propane} = \frac{Cp_{Propane\ Average}}{(Cp_{Propane\ Average} - 8,314)} = \frac{73,08}{(73,08 - 8,314)} = 1,12838$$

Perhitungan T Nyata Discharge 2nd Stage (2)

$$\eta_{2^{nd}\ Stage} = 0,859$$

$$T_{Nyata2} = T_{Campuran\ Inlet\ 2^{nd}\ Stage} \cdot \left(\frac{3^{rd}\ Suction\ Press}{2^{nd}\ Suction\ Press}\right)^{\frac{k_{Propane}-1}{k_{Propane}} \times \eta_{2^{nd}\ Stage}}$$

$$T_{Nyata2} = (2,22 + 273) \times \left(\frac{6,70}{3,33}\right)^{\frac{1,12838-1}{1,12838} \times 0,859} - 273 = 28,95^\circ\text{C}$$

$$Galat = \frac{T_{Nyata2} - T_{Tebak2}}{T_{Nyata2}} \times 100 = \frac{28,95 - 29,60}{29,60} \times 100 = 2,17\%$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Iterasi III

$$T_{Tebak3} = 28,95 + 273 = 301,95 \text{ K}$$

$$Cp \text{ Propane Inlet} = 70,37 \text{ J/molK}$$

$$Cp = (1,213 + 28,785 \times 10^{-3} \times 301,95 - 8,824 \times 10^{-6} \times 301,95^2) \times 8,314$$

$$Cp \text{ Propane Outlet} = 75,66 \text{ J/molK}$$

$$Cp_{Propane \text{ Average}} = \frac{(Cp_{Inlet} + Cp_{Outlet})}{2} = \frac{(70,37 + 75,66)}{2} = 73,01 \text{ J/molK}$$

$$k_{Propane} = \frac{Cp_{Propane \text{ Average}}}{(Cp_{Propane \text{ Average}} - 8,314)} = \frac{73,01}{(73,01 - 8,314)} = 1,12850$$

Perhitungan T Nyata Discharge 2nd Stage (3)

$$\eta_{2nd \text{ Stage}} = 0,859$$

$$T_{Nyata3} = T_{Campuran \text{ Inlet } 2^{nd} \text{ Stage}} \cdot \left(\frac{(3^{rd} \text{ Suction Press})}{(2^{nd} \text{ Suction Press})} \right)^{\frac{k_{Propane}-1}{k_{Propane}} \times \eta_{2nd \text{ Stage}}}$$

$$T_{Nyata3} = (2,22 + 273) \times \left(\frac{6,70}{3,33} \right)^{\frac{1,12850-1}{1,12850} \times 0,859} - 273 = 28,98^{\circ}\text{C}$$

$$Galat = \frac{T_{Nyata3} - T_{Tebak3}}{T_{Nyata3}} \times 100 = \frac{28,98 - 28,95}{28,95} \times 100 = 0,08\%$$

Iterasi IV

$$T_{Tebak4} = 28,98 + 273 = 301,98 \text{ K}$$

$$Cp \text{ Propane Inlet} = 70,37 \text{ J/molK}$$

$$Cp = (1,213 + 28,785 \times 10^{-3} \times 301,98 - 8,824 \times 10^{-6} \times 301,98^2) \times 8,314$$

$$Cp \text{ Propane Outlet} = 75,66 \text{ J/molK}$$

$$Cp_{Propane \text{ Average}} = \frac{(Cp_{Inlet} + Cp_{Outlet})}{2} = \frac{(70,37 + 75,66)}{2} = 73,02 \text{ J/molK}$$

$$k_{Propane} = \frac{Cp_{Propane \text{ Average}}}{(Cp_{Propane \text{ Average}} - 8,314)} = \frac{73,02}{(73,02 - 8,314)} = 1,128496$$

Perhitungan T Nyata Discharge 2nd Stage (4)

$$\eta_{1st \text{ Stage}} = 0,859$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$T_{Nyata4} = T_{Campuran\ Inlet\ 2^{nd}\ Stage} \cdot \left(\frac{3^{rd}\ Suction\ Press}{2^{nd}\ Suction\ Press} \right)^{\frac{k_{Propane}-1}{k_{Propane}} \times \eta_{2^{nd}\ Stage}}$$

$$T_{Nyata4} = (2,22 + 273) \times \left(\frac{6,70}{3,33} \right)^{\frac{1,128496-1}{1,128496} \times 0,859} - 273 = 28,98^{\circ}\text{C}$$

$$Galat = \frac{T_{Nyata4} - T_{Tebak4}}{T_{Nyata4}} \times 100 = \frac{28,98 - 28,98}{28,98} \times 100 = 0,003\%$$

Hasil Iterasi IV didapatkan Galat sebesar 0,003%, hasil ini menunjukkan nilai galat yang sangat kecil (mendekati 0), artinya T nyata Discharge 1st Stage adalah **28,98°C**

Perhitungan T Campuran Inlet 3rd Stage

$$N_{Disch\ 2^{nd}\ Stage} = \rho_{Suct\ 2^{nd}\ Stage} \times 2^{nd}\ Suction\ Flow + N_{Disch\ 1^{st}\ Stage}$$

$$N_{Discharge\ 2^{nd}\ Stage} = 7,18 \times 40,83 \times 1000 + 386461,47 = 679456,51\ \text{kg/hr}$$

$$Pr_{3^{rd}\ Suction} = \frac{3^{rd}\ Suction\ Press \times 101300}{P_c} = \frac{6,70 \times 101300}{4240000,00} = 0,16$$

$$Tr_{3^{rd}\ Suction} = \frac{(3^{rd}\ Suction\ Temp + 273)}{T_c} = \frac{(12,92 + 273)}{369,8} = 0,77$$

$$B0_{3^{rd}\ Suction} = 0,083 - \frac{0,422}{Tr_{3^{rd}\ Suction}^{1,6}} = 0,083 - \frac{0,422}{0,77^{1,6}} = -0,55$$

$$B1_{3^{rd}\ Suction} = 0,139 - \frac{0,172}{Tr_{3^{rd}\ Suction}^{4,2}} = 0,139 - \frac{0,172}{0,77^{4,2}} = -0,37$$

$$Z0_{3^{rd}\ Suction} = 1 + B0_{3^{rd}\ Suction} \times \left(\frac{Pr_{3^{rd}\ Suction}}{Tr_{3^{rd}\ Suction}} \right)$$

$$Z0_{3^{rd}\ Suction} = 1 + (-0,55) \times \left(\frac{0,16}{0,77} \right) = 0,89$$

$$Z1_{3^{rd}\ Suction} = B1_{3^{rd}\ Suction} \times \left(\frac{Pr_{3^{rd}\ Suction}}{Tr_{3^{rd}\ Suction}} \right)$$

$$Z1_{3^{rd}\ Suction} = -0,37 \times \left(\frac{0,16}{0,77} \right) = -0,08$$

$$Z_{3^{rd}\ Suction} = Z0_{3^{rd}\ Suction} + 0,152 \times Z1_{3^{rd}\ Suction}$$

$$Z_{3^{rd}\ Suction} = 0,89 + 0,152 \times (-0,08) = 0,87$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\rho_{Discharge} = \frac{Discharge Press \times 101300 \times MW/1000}{R \times Discharge Temp \times Z_{Outlet 3^{rd} Stage}}$$

$$\rho_{Discharge} = \frac{13,56 \times 101300 \times 44,10/1000}{8,314 \times (63,63 + 273) \times 0,85} = 25,49 \text{ kg/m}^3$$

$$N_{Suction 3^{rd} Stage} = \rho_{Discharge} \times Discharge Flow - N_{Discharge 2^{nd} Stage}$$

$$N_{Suction 3^{rd} Stage} = 25,49 \times 35,74 \times 1000 - 679456,51 = 231690,16 \text{ kg/hr}$$

Perhitungan Cp Campuran Propane Refrigerant

$$Cp_{mol} = a + bT + cT^2 \rightarrow Cp_{massa} = \frac{Cp_{mol} \cdot R}{MW}$$

$$Cp = (1,213 + 28,785 \times 10^{-3} \cdot 301,98 - 8,824 \times 10^{-6} \cdot 301,98^2) \cdot 8,314/44$$

$$Cp_{Discharge 2^{nd} Stage} = 1,72 \text{ kJ/kgmolK}$$

$$Cp = (1,213 + 28,785 \times 10^{-3} \cdot 285,92 - 8,824 \times 10^{-6} \cdot 285,92^2) \cdot 8,314/44$$

$$Cp_{Suction 2^{nd} Stage} = 1,65 \text{ kJ/kgmolK}$$

$$Cp_{campuran} = \sum \left(\frac{m_i}{\sum m} \cdot Cp_i \right)$$

$$Cp = \frac{679456,51}{679456,51 + 231690,16} \cdot 1,72 + \frac{231690,16}{679456,51 + 231690,16} \cdot 1,65$$

$$Cp_{Campuran Inlet 3^{rd} Stage} = 1,70 \text{ kJ/kgmolK}$$

Perhitungan T Campuran menggunakan pendekatan konservasi energi, khususnya konservasi entalpi total untuk 2 aliran gas yang bercampur.

$$H_{Campuran} = \frac{\sum \dot{m}_i \cdot Cp_i \cdot T_i}{\sum \dot{m}_{campuran} \cdot Cp_{Campuran}}$$

$$T = \frac{679456,51 \times 1,72 \times 301,98 + 231690,16 \times 1,65 \times 285,92}{679456,51 + 231690,16 \times 1,70} - 273$$

$$T_{Campuran Inlet 3^{rd} Stage} = 25,02^\circ\text{C}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai T campuran Inlet 3rd Stage **25,02°C**

Propane Compressor 3rd Stage

$$Pr_{Inlet} = \frac{3^{rd} Suction Press \times 101300}{P_c} = \frac{6,70 \times 101300}{4240000,00} = 0,16$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$Tr_{Inlet} = \frac{(T \text{ Campuran Inlet } 3^{rd} \text{ Stage} + 273)}{T_c} = \frac{(25,02 + 273)}{369,8} = 0,81$$

$$B0_{Inlet} = 0,083 - \frac{0,422}{Tr_{Inlet}^{1,6}} = 0,083 - \frac{0,422}{0,81^{1,6}} = -0,51$$

$$B1_{Inlet} = 0,139 - \frac{0,172}{Tr_{Inlet}^{4,2}} = 0,139 - \frac{0,172}{0,81^{4,2}} = -0,29$$

$$Z0_{Inlet} = 1 + B0_{Inlet} \times \left(\frac{Pr_{Inlet}}{Tr_{Inlet}} \right) = 1 + (-0,51) \times \left(\frac{0,16}{0,81} \right) = 0,90$$

$$Z1_{Inlet} = B1_{Inlet} \times \left(\frac{Pr_{Inlet}}{Tr_{Inlet}} \right) = -0,29 \times \left(\frac{0,16}{0,81} \right) = -0,06$$

$$Z_{Inlet} = Z0_{Inlet} + 0,152 \times Z1_{Inlet} = 0,90 + 0,152 \times (-0,06) = 0,89$$

$$Pr_{Outlet} = \frac{\text{Discharge Press} \times 101300}{P_c} = \frac{13,56 \times 101300}{4240000,00} = 0,32$$

$$Tr_{Outlet} = \frac{(\text{Discharge Temp} + 273)}{T_c} = \frac{(63,63 + 273)}{369,8} = 0,91$$

$$B0_{Outlet} = 0,083 - \frac{0,422}{Tr_{Outlet}^{1,6}} = 0,083 - \frac{0,422}{0,91^{1,6}} = -0,41$$

$$B1_{Outlet} = 0,139 - \frac{0,172}{Tr_{Outlet}^{4,2}} = 0,139 - \frac{0,172}{0,91^{4,2}} = -0,12$$

$$Z0_{Outlet} = 1 + B0_{Outlet} \times \left(\frac{Pr_{Outlet}}{Tr_{Outlet}} \right) = 1 + (-0,41) \times \left(\frac{0,32}{0,91} \right) = 0,86$$

$$Z1_{Outlet} = B1_{Outlet} \times \left(\frac{Pr_{Outlet}}{Tr_{Outlet}} \right) = -0,12 \times \left(\frac{0,32}{0,91} \right) = -0,04$$

$$Z_{Outlet} = Z0_{Outlet} + 0,152 \times Z1_{Outlet} = 0,86 + 0,152 \times (-0,04) = 0,85$$

$$Z_{Average} = \frac{(Z_{Inlet} + Z_{Outlet})}{2} = \frac{(0,89 + 0,85)}{2} = 0,87$$

Perhitungan Density Suction 3rd Stage

$$MW_{Propane} = 44,10 \text{ g/mol}$$

$$PV = Z \cdot n \cdot R \cdot T \rightarrow \rho = \frac{P \cdot MW}{R \cdot T \cdot Z}$$

$$\rho_{Suction \ 3^{rd} \ Stage} = \frac{3^{rd} \ Suction \ Press \times 101300 \times MW_{Propane}/1000}{R \times 3^{rd} \ Suction \ Temp \times Z_{Inlet}}$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\rho_{Suction\ 3^{rd}\ Stage} = \frac{6,70 \times 101300 \times 44,10/1000}{8,314 \times (12,92 + 273) \times 0,89} = 14,16\ kg/m^3$$

$$\rho_{Discharge} = \frac{Discharge\ Press \times 101300 \times MW/1000}{R \times Discharge\ Temp \times Z_{Outlet\ 3^{rd}\ Stage}}$$

$$\rho_{Discharge} = \frac{13,56 \times 101300 \times 44,10/1000}{8,314 \times (63,63 + 273) \times 0,85} = 25,49\ kg/m^3$$

$$Cp = (1,213 + 28,785 \times 10^{-3} \times 298,02 - 8,824 \times 10^{-6} \times 298,02^2) \times 8,314$$

$$Cp\ Propane\ Inlet = 74,89\ J/molK$$

$$Cp = (1,213 + 28,785 \times 10^{-3} \times 336,63 - 8,824 \times 10^{-6} \times 336,63^2) \times 8,314$$

$$Cp\ Propane\ Outlet = 82,33\ J/molK$$

$$Cp_{Propane\ Average} = \frac{(Cp_{Inlet} + Cp_{Outlet})}{2} = \frac{(74,89 + 82,33)}{2} = 78,61\ J/molK$$

$$k_{Propane} = \frac{Cp_{Propane\ Average}}{(Cp_{Propane\ Average} - 8,314)} = \frac{78,61}{(78,61 - 8,314)} = 1,12$$

$$\eta_{3rd\ Stage} = 0,82$$

MCR Compressor 1st Stage

$$Pr_{Inlet} = \frac{Suction\ Press \times 101300}{P_{CMCR}} = \frac{2,71 \times 101300}{4674533,80} = 0,06$$

$$Tr_{Inlet} = \frac{Suction\ Temp + 273}{T_{CMCR}} = \frac{(-39,12 + 273)}{250,74} = 0,93$$

$$B0_{Inlet} = 0,083 - \frac{0,422}{Tr_{Inlet}^{1,6}} = 0,083 - \frac{0,422}{0,93^{1,6}} = -0,39$$

$$B1_{Inlet} = 0,139 - \frac{0,172}{Tr_{Inlet}^{4,2}} = 0,139 - \frac{0,172}{0,93^{4,2}} = -0,09$$

$$Z0_{Inlet} = 1 + B0_{Inlet} \times \left(\frac{Pr_{Inlet}}{Tr_{Inlet}}\right) = 1 + (-0,39) \times \left(\frac{0,06}{0,93}\right) = 0,98$$

$$Z1_{Inlet} = B1_{Inlet} \times \left(\frac{Pr_{Inlet}}{Tr_{Inlet}}\right) = -0,09 \times \left(\frac{0,06}{0,93}\right) = -0,01$$

$$Z_{Inlet} = Z0_{Inlet} + \omega_{MCR} \times Z1_{Inlet} = 0,98 + 0,0604 \times (-0,01) = 0,98$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$Pr_{Outlet} = \frac{Discharge\ Press \times 101300}{P_{C_{MCR}}} = \frac{11,90 \times 101300}{4674533,80} = 0,26$$

$$Tr_{Outlet} = \frac{(Discharge\ Temp + 273)}{T_{C_{MCR}}} = \frac{(59,59 + 273)}{250,74} = 1,33$$

$$B0_{Outlet} = 0,083 - \frac{0,422}{Tr_{Outlet}^{1,6}} = 0,083 - \frac{0,422}{1,33^{1,6}} = -0,19$$

$$B1_{Outlet} = 0,139 - \frac{0,172}{Tr_{Outlet}^{4,2}} = 0,139 - \frac{0,172}{1,33^{4,2}} = 0,09$$

$$Z0_{Outlet} = 1 + B0_{Outlet} \times \left(\frac{Pr_{Outlet}}{Tr_{Outlet}} \right) = 1 + (-0,19) \times \left(\frac{0,26}{1,33} \right) = 0,96$$

$$Z1_{Outlet} = B1_{Outlet} \times \left(\frac{Pr_{Outlet}}{Tr_{Outlet}} \right) = 0,09 \times \left(\frac{0,26}{1,33} \right) = 0,01$$

$$Z_{Outlet} = Z0_{Outlet} + \omega_{MCR} \times Z1_{Outlet} = 0,96 + 0,0604 \times 0,01 = 0,96$$

$$Z_{Average} = \frac{(Z_{Inlet} + Z_{Outlet})}{2} = \frac{(0,98 + 0,96)}{2} = 0,97$$

Perhitungan Density dan Cp MCR

Component	yi	MWi	MW(yi*MWi/100)
Nitrogen	2,81	28,01	0,7871653
Methane	46,20	16,04	7,411866
Ethane	45,76	30,07	13,760032
Propane	5,13	44,10	2,2621761
i-Butane	0,05	58,12	0,029062
n-Butane	0,05	58,12	0,029062
i-Pentane	0,00	72,15	0
n-Pentane	0,00	72,15	0
Total			24,28

Berdasarkan tabel perhitungan, didapatkan nilai $MW_{MCR} = 24,28 \text{ g/mol}$

$$PV = Z \cdot n \cdot R \cdot T \rightarrow \rho = \frac{P \cdot MW}{R \cdot T \cdot Z}$$

$$\rho_{Inlet\ MCR} = \frac{Suction\ Press \times 101300 \times MW_{MCR}/1000}{R \times Suction\ Temp \times Z_{Inlet}}$$

$$\rho_{Inlet\ MCR} = \frac{2,71 \times 101300 \times 24,28/1000}{8,314 \times (-39,12, +273) \times 0,98} = 3,51 \text{ kg/m}^3$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\rho_{Outlet\ MCR} = \frac{Discharge\ Press \times 101300 \times MW_{MCR}/1000}{R \times Discharge\ Temp \times Z_{Outlet}}$$

$$\rho_{Outlet\ MCR} = \frac{11,9 \times 101300 \times 24,28/1000}{8,314 \times (59,59 + 273) \times 0,96} = 10,97\ kg/m^3$$

Perhitungan kapasitas panas spesifik campuran ($C_p\ mix$) berdasarkan kontribusi masing-masing komponen dalam bentuk persamaan polinomial suhu. Bentuk umum dari persamaan kapasitas panas spesifik molar (C_p) sebagai fungsi suhu dalam bentuk polinomial adalah, sebagai berikut:

$$C_{p\ mol}(T) = A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^{-2}$$

Component	yi	Ai	A(yi*Ai/100)
Nitrogen	2,81	3,28	0,092168
Methane	46,2	1,702	0,786324
Ethane	45,76	1,131	0,5175456
Propane	5,13	1,213	0,0622269
i-Butane	0,05	1,677	0,0008385
n-Butane	0,05	1,935	0,0009675
i-Pentane	0	2,464	0
n-Pentane	0	2,464	0
Total			1,46

Component	yi	Bi	B(yi*Bi/100)
Nitrogen	2,81	0,593	0,0166633
Methane	46,2	9,081	4,195422
Ethane	45,76	19,225	8,79736
Propane	5,13	28,785	1,4766705
i-Butane	0,05	37,853	0,0189265
n-Butane	0,05	36,915	0,0184575
i-Pentane	0	45,351	0
n-Pentane	0	45,351	0
Total			14,52

Component	yi	Ci	C(yi*Ci/100)
Nitrogen	2,81	0	0
Methane	46,2	-2,164	-0,999768
Ethane	45,76	-5,561	-2,5447136
Propane	5,13	-8,824	-0,4526712
i-Butane	0,05	-11,945	-0,0059725

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Component	yi	Ci	C(yi·Ci/100)
n-Butane	0,05	-11,402	-0,005701
i-Pentane	0	-14,111	0
n-Pentane	0	-14,111	0
Total			-4,01

$$D = 2,81/100 \times 0,04 = 0,001$$

Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai konstanta Cp masing masing, yaitu:

$$A = 1,46$$

$$B = 14,52$$

$$C = -4,01$$

$$D = 0,001$$

$$T_{Inlet} = -39,12 + 273 = 233,88 \text{ K}$$

$$Cp_{Inlet} = \left(A + \frac{B}{1000} \cdot T_{Inlet} + \frac{C}{10^6} \cdot T_{Inlet}^2 + D \cdot 10^5 \cdot T_{Inlet}^{-2} \right) \cdot R$$

$$Cp_{Inlet} = \left(1,46 + \frac{14,52}{1000} \cdot 233,88 + \frac{-4,01}{10^6} \cdot 233,88^2 + 0,001 \cdot 10^5 \cdot 233,88^{-2} \right) \cdot 8,314$$

$$Cp_{Inlet} = 38,57 \text{ J/molK}$$

$$T_{Outlet} = 59,59 + 273 = 332,59 \text{ K}$$

$$Cp_{Outlet} = \left(A + \frac{B}{1000} \cdot T_{Outlet} + \frac{C}{10^6} \cdot T_{Outlet}^2 + D \cdot 10^5 \cdot T_{Outlet}^{-2} \right) \cdot R$$

$$Cp_{Outlet} = \left(1,46 + \frac{14,52}{1000} \cdot 332,59 + \frac{-4,01}{10^6} \cdot 332,59^2 + 0,001 \cdot 10^5 \cdot 332,59^{-2} \right) \cdot 8,314$$

$$Cp_{Outlet} = 48,62 \text{ J/molK}$$

$$Cp_{MCR} = \frac{Cp_{Inlet} + Cp_{Outlet}}{2} = \frac{38,57 + 48,62}{2} = 43,60 \text{ J/molK}$$

$$k_{MCR \text{ 1st Compressor}} = \frac{Cp_{MCR}}{(Cp_{MCR} - 8,314)} = \frac{43,60}{(43,60 - 8,314)} = 1,24$$

$$\eta_{MCR \text{ 1st Compressor}} = 0,805$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

MCR Compressor 2nd Stage

$$Pr_{Inlet} = \frac{Suction Press \times 101300}{P_{CMCR}} = \frac{11,69 \times 101300}{4674533,80} = 0,25$$

$$Tr_{Inlet} = \frac{Suction Temp + 273}{T_{CMCR}} = \frac{(33,77 + 273)}{250,74} = 1,22$$

$$B0_{Inlet} = 0,083 - \frac{0,422}{Tr_{Inlet}^{1,6}} = 0,083 - \frac{0,422}{1,22^{1,6}} = -0,22$$

$$B1_{Inlet} = 0,139 - \frac{0,172}{Tr_{Inlet}^{4,2}} = 0,139 - \frac{0,172}{1,22^{4,2}} = 0,07$$

$$Z0_{Inlet} = 1 + B0_{Inlet} \times \left(\frac{Pr_{Inlet}}{Tr_{Inlet}} \right) = 1 + (-0,22) \times \left(\frac{0,25}{1,22} \right) = 0,95$$

$$Z1_{Inlet} = B1_{Inlet} \times \left(\frac{Pr_{Inlet}}{Tr_{Inlet}} \right) = 0,07 \times \left(\frac{0,25}{1,22} \right) = 0,01$$

$$Z_{Inlet} = Z0_{Inlet} + \omega_{MCR} \times Z1_{Inlet} = 0,95 + 0,0604 \times (0,01) = 0,96$$

$$Pr_{Outlet} = \frac{Discharge Press \times 101300}{P_{CMCR}} = \frac{39,35 \times 101300}{4674533,80} = 0,85$$

$$Tr_{Outlet} = \frac{(Discharge Temp + 273)}{T_{CMCR}} = \frac{(125,36 + 273)}{250,74} = 1,59$$

$$B0_{Outlet} = 0,083 - \frac{0,422}{Tr_{Outlet}^{1,6}} = 0,083 - \frac{0,422}{1,59^{1,6}} = -0,12$$

$$B1_{Outlet} = 0,139 - \frac{0,172}{Tr_{Outlet}^{4,2}} = 0,139 - \frac{0,172}{1,59^{4,2}} = 0,11$$

$$Z0_{Outlet} = 1 + B0_{Outlet} \times \left(\frac{Pr_{Outlet}}{Tr_{Outlet}} \right) = 1 + (-0,12) \times \left(\frac{0,85}{1,59} \right) = 0,94$$

$$Z1_{Outlet} = B1_{Outlet} \times \left(\frac{Pr_{Outlet}}{Tr_{Outlet}} \right) = 0,11 \times \left(\frac{0,85}{1,59} \right) = 0,03$$

$$Z_{Outlet} = Z0_{Outlet} + \omega_{MCR} \times Z1_{Outlet} = 0,94 + 0,0604 \times 0,03 = 0,96$$

$$Z_{Average} = \frac{(Z_{Inlet} + Z_{Outlet})}{2} = \frac{(0,96 + 0,96)}{2} = 0,96$$

Perhitungan Density dan Cp MCR

$$MW_{MCR} = 24,28 \text{ g/mol}$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$PV = Z \cdot n \cdot R \cdot T \rightarrow \rho = \frac{P \cdot MW}{R \cdot T \cdot Z}$$

$$\rho_{Inlet\ MCR} = \frac{Suction\ Press \times 101300 \times MW_{MCR}/1000}{R \times Suction\ Temp \times Z_{Inlet}}$$

$$\rho_{Inlet\ MCR} = \frac{11,69 \times 101300 \times 24,28/1000}{8,314 \times (33,77 + 273) \times 0,96} = 11,70\ kg/m^3$$

$$\rho_{Outlet\ MCR} = \frac{Discharge\ Press \times 101300 \times MW_{MCR}/1000}{R \times Discharge\ Temp \times Z_{Outlet}}$$

$$\rho_{Outlet\ MCR} = \frac{39,35 \times 101300 \times 24,28/1000}{8,314 \times (125,36 + 273) \times 0,96} = 30,35\ kg/m^3$$

Perhitungan kapasitas panas spesifik campuran ($C_p\ mix$) berdasarkan kontribusi masing-masing komponen dalam bentuk persamaan polinomial suhu. Bentuk umum dari persamaan kapasitas panas spesifik molar (C_p) sebagai fungsi suhu dalam bentuk polinomial adalah, sebagai berikut:

$$C_{p\ mol}(T) = A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^{-2}$$

$$T_{Inlet} = 33,77 + 273 = 306,77\ K$$

$$C_{p\ Inlet} = \left(A + \frac{B}{1000} \cdot T_{Inlet} + \frac{C}{10^6} \cdot T_{Inlet}^2 + D \cdot 10^5 \cdot T_{Inlet}^{-2} \right) \cdot R$$

$$C_{p\ Inlet} = \left(1,46 + \frac{14,52}{1000} \cdot 306,77 + \frac{-4,01}{10^6} \cdot 306,77^2 + 0,001 \cdot 10^5 \cdot 306,77^{-2} \right) \cdot 8,314$$

$$C_{p\ Inlet} = 46,05\ J/molK$$

$$T_{Outlet} = 125,36 + 273 = 398,36\ K$$

$$C_{p\ Outlet} = \left(A + \frac{B}{1000} \cdot T_{Outlet} + \frac{C}{10^6} \cdot T_{Outlet}^2 + D \cdot 10^5 \cdot T_{Outlet}^{-2} \right) \cdot R$$

$$C_{p\ Outlet} = \left(1,46 + \frac{14,52}{1000} \cdot 398,36 + \frac{-4,01}{10^6} \cdot 398,36^2 + 0,001 \cdot 10^5 \cdot 398,36^{-2} \right) \cdot 8,314$$

$$C_{p\ Outlet} = 54,96\ J/molK$$

$$C_{p\ MCR} = \frac{C_{p\ Inlet} + C_{p\ Outlet}}{2} = \frac{46,05 + 54,96}{2} = 50,51\ J/molK$$

$$k_{MCR\ 2^{nd}\ Compressor} = \frac{C_{p\ MCR}}{(C_{p\ MCR} - 8,314)} = \frac{50,51}{(50,51 - 8,314)} = 1,20$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\eta_{MCR\ 2^{nd}\ Compressor} = 0,808$$

Propane Compressor 1st Stage BHP

$$W_{1^{st}\ Stage} = 1^{st}\ Suction\ Flow \cdot \rho\ Suction\ 1^{st}\ Stage$$

$$W_{1^{st}\ Stage} = 162,02 \times 1000 \times 2,39 = 386461,47\ kg/jam$$

$$\frac{n}{n-1} = \frac{k_{propane}}{(k_{propane} - 1)} \cdot \eta_{1^{st}\ Stage} = \frac{1,14191}{1,14191 - 1} \times 0,85 = 6,84$$

$$\frac{n-1}{n} = \frac{1}{6,84} = 0,15$$

$$T_s = -37,50 + 273 = 235,5\ K$$

$$W_s = \frac{Z \cdot R \cdot T_s}{MW} \cdot \frac{n-1}{n} \left[\left(\frac{P_d}{P_s} \right)^{\frac{n}{n-1}} - 1 \right]$$

$$Hp = \frac{R \cdot Z \cdot T_1 \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \cdot 1000}{MW \cdot \left(\frac{n-1}{n} \right)}$$

$$Hp = \frac{0,95 \times 8,314 \times 235,5 \times \left[\left(\frac{3,33}{1,01} \right)^{0,15} - 1 \right] \times 1000}{44,10 \times 0,15} = 54966,97$$

$$Gp = \frac{W \times Hp}{\eta \times 3600000} = \frac{386461,47 \times 54966,97}{0,85 \times 3600000} = 6942,03\ kW$$

$$Gp = \frac{6942,03}{0,7456999} = 9309,42\ hp$$

$$Mechanical\ Losses = Gp^{0,4} = 9309,42^{0,4} = 38,69$$

$$BHP = Gp + Mechanical\ Losses = 9309,42 + 38,69 = 9348,10\ hp$$

$$BHP = 9348,10 \times 0,7456999 = 6970,88\ kW$$

Propane Compressor 2nd Stage BHP

$$W_{2^{nd}\ Stage} = 2^{nd}\ Suction\ Flow \cdot \rho\ Suction\ 2^{nd}\ Stage + W_{1^{st}\ Stage}$$

$$W_{2^{nd}\ Stage} = 40,83 \times 1000 \times 7,18 + 386461,47 = 679456,51\ kg/jam$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\frac{n}{n-1} = \frac{k_{\text{propane}}}{(k_{\text{propane}} - 1)} \cdot \eta_{1st \text{ Stage}} = \frac{1,12850}{1,12850 - 1} \times 0,859 = 7,54$$

$$\frac{n-1}{n} = \frac{1}{7,54} = 0,13$$

$$T_s = 2,22 + 273 = 275,22 \text{ K}$$

$$Hp = \frac{R \cdot Z \cdot T_1 \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \cdot 1000}{MW \cdot \left(\frac{n-1}{n} \right)}$$

$$Hp = \frac{8,314 \times 0,91 \times 275,22 \times \left[\left(\frac{6,70}{3,33} \right)^{0,13} - 1 \right] \times 1000}{44,10 \times 0,13} = 34693,25$$

$$Gp = \frac{W \times Hp}{\eta \times 3600000} = \frac{679456,51 \times 34693,25}{0,859 \times 3600000} = 7622,74 \text{ kW}$$

$$Gp = \frac{7622,74}{0,7456999} = 10222,26 \text{ hp}$$

$$\text{Mechanical Losses} = Gp^{0,4} = 10222,26^{0,4} = 40,16$$

$$BHP = Gp + \text{Mechanical Losses} = 10222,26 + 40,16 = 10262,42 \text{ hp}$$

$$BHP = 10262,42 \times 0,7456999 = 7652,69 \text{ kW}$$

Propane Compressor 3rd Stage BHP

$$W_{3^{rd} \text{ Stage}} = \text{Discharge Flow} \cdot \rho_{\text{Discharge}}$$

$$W_{3^{rd} \text{ Stage}} = 35,74 \times 1000 \times 25,49 = 911146,67 \text{ kg/jam}$$

$$\frac{n}{n-1} = \frac{k_{\text{propane}}}{(k_{\text{propane}} - 1)} \cdot \eta_{1st \text{ Stage}} = \frac{1,11827}{1,11827 - 1} \times 0,819 = 7,74$$

$$\frac{n-1}{n} = \frac{1}{7,74} = 0,13$$

$$T_s = 25,02 + 273 = 298,02 \text{ K}$$

$$Hp = \frac{R \cdot Z \cdot T_1 \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \cdot 1000}{MW \cdot \left(\frac{n-1}{n} \right)}$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$Hp = \frac{8,314 \times 0,87 \times 298,02 \times \left[\left(\frac{13,56}{6,70} \right)^{0,13} - 1 \right] \times 1000}{44,10 \times 0,13} = 36013,82$$

$$Gp = \frac{W \times Hp}{\eta \times 3600000} = \frac{911146,67 \times 36013,82}{0,819 \times 3600000} = 11129,38 \text{ kW}$$

$$Gp = \frac{11129,38}{0,7456999} = 14924,75 \text{ hp}$$

$$\text{Mechanical Losses} = Gp^{0,4} = 14924,75^{0,4} = 46,73$$

$$BHP = Gp + \text{Mechanical Losses} = 14924,75 + 46,73 = 14971,47 \text{ hp}$$

$$BHP = 14971,47 \times 0,7456999 = 11164,23 \text{ kW}$$

$$BHP_{\text{Total Propane Comp}} = 9348,10 + 10262,42 + 14971,47 = 34582,00 \text{ hp}$$

MCR Compressor 1st Stage BHP

$$W_{MCR \text{ 1st Stage}} = \text{Discharge Flow} \cdot \rho_{\text{Outlet MCR}}$$

$$W_{MCR \text{ 1st Stage}} = 41,25 \times 1000 \times 10,97 = 452624,30 \text{ kg/jam}$$

$$\frac{n}{n-1} = \frac{k_{\text{propane}}}{(k_{\text{propane}} - 1)} \cdot \eta_{1\text{st Stage}} = \frac{1,24}{1,24 - 1} \times 0,805 = 4,22$$

$$\frac{n-1}{n} = \frac{1}{4,22} = 0,24$$

$$T_s = -39,12 + 273 = 233,88 \text{ K}$$

$$Hp = \frac{R \cdot Z \cdot T_1 \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \cdot 1000}{MW \cdot \left(\frac{n-1}{n} \right)}$$

$$Hp = \frac{8,314 \times 0,97 \times 233,88 \times \left[\left(\frac{11,90}{2,71} \right)^{0,24} - 1 \right] \times 1000}{24,28 \times 0,24} = 137827,89$$

$$Gp = \frac{W \times Hp}{\eta \times 3600000} = \frac{452624,30 \times 137827,89}{0,805 \times 3600000} = 21526,66 \text{ kW}$$

$$Gp = \frac{21526,66}{0,7456999} = 28867,72 \text{ hp}$$

$$\text{Mechanical Losses} = Gp^{0,4} = 28867,72^{0,4} = 60,84$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$BHP = Gp + \text{Mechanical Losses} = 28867,72 + 60,84 = 28928,56 \text{ hp}$$

$$BHP = 28928,56 \times 0,7456999 = 21572,02 \text{ kW}$$

MCR Compressor 2nd Stage BHP

$$W_{MCR \text{ 2nd Stage}} = \text{Discharge Flow} \cdot \rho_{\text{Outlet MCR}}$$

$$W_{MCR \text{ 2nd Stage}} = 14,14 \times 1000 \times 30,35 = 429119,29 \text{ kg/jam}$$

$$\frac{n}{n-1} = \frac{k_{\text{propane}}}{(k_{\text{propane}} - 1)} \cdot \eta_{1st \text{ Stage}} = \frac{1,20}{1,20 - 1} \times 0,808 = 4,91$$

$$\frac{n-1}{n} = \frac{1}{4,91} = 0,20$$

$$T_s = 33,77 + 273 = 306,77 \text{ K}$$

$$Hp = \frac{R \cdot Z \cdot T_1 \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \cdot 1000}{MW \cdot \left(\frac{n-1}{n} \right)}$$

$$Hp = \frac{8,314 \times 0,96 \times 306,77 \times \left[\left(\frac{39,35}{11,69} \right)^{0,20} - 1 \right] \times 1000}{24,28 \times 0,20} = 139317,27$$

$$Gp = \frac{W \times Hp}{\eta \times 3600000} = \frac{429119,29 \times 139317,27}{0,808 \times 3600000} = 20552,71 \text{ kW}$$

$$Gp = \frac{20552,71}{0,7456999} = 27561,64 \text{ hp}$$

$$\text{Mechanical Losses} = Gp^{0,4} = 27561,64^{0,4} = 59,72$$

$$BHP = Gp + \text{Mechanical Losses} = 27561,64 + 59,72 = 27621,36 \text{ hp}$$

$$BHP = 27621,36 \times 0,7456999 = 20597,24 \text{ kW}$$

$$BHP_{\text{Total}} = BHP_{\text{Propane 1st Stage}} + BHP_{\text{Propane 2nd Stage}} + BHP_{\text{Propane 3rd Stage}} + BHP_{\text{MCR 1st Stage}} + BHP_{\text{MCR 2nd Stage}}$$

$$BHP_{\text{Total}} = 9348,10 + 10262,42 + 14971,47 + 28928,56 + 27621,36$$

$$BHP_{\text{Total}} = 91131,91 \text{ HP}$$

$$BHP_{\text{Total}} = 67957,06 \text{ kW}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Perhitungan Energi LNG

LNG Composition

Product	Component	Source	Value
LNG Composition	Nitrogen	Library Analysis (PODS)	0,03
	Methane		95,45
	Ethane		2,61
	Propane		0,58
	i-Butane		0,59
	n-Butane		0,74
	i-Pentane		0,00
	n-Pentane		0,00
	Total		100,00

Perhitungan MW LNG (gr/mol)

Component	yi	MWi	MW(yi*MWi/100)
Nitrogen	0,03	28,01	0,01
Methane	95,45	16,04	15,31
Ethane	2,61	30,07	0,78
Propane	0,58	44,10	0,26
i-Butane	0,59	58,12	0,34
n-Butane	0,74	58,12	0,43
i-Pentane	0,00	72,15	0,00
n-Pentane	0,00	72,15	0,00
Total			17,14

Perhitungan Liquid Density (kg/m³)

Component	yi	ρ_i	$\rho(yi*\rho_i/100)$
Nitrogen	0,03	798,34	0,24
Methane	95,45	421,16	402,00
Ethane	2,61	627,39	16,37
Propane	0,58	702,87	4,08
i-Butane	0,59	738,02	4,35
n-Butane	0,74	753,05	5,57
i-Pentane	0,00	778,73	0,00
n-Pentane	0,00	779,10	0,00
Total			432,62

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Perhitungan Liquid HHV LNG (BTU/kg)

Component	yi	HHVi	HHV(yi*HHVi/100)
Nitrogen	0,03	0,00	0,00
Methane	95,45	52673,00	50276,38
Ethane	2,61	49238,00	1285,11
Propane	0,58	47739,00	276,89
i-Butane	0,59	46808,00	276,17
n-Butane	0,74	46958,00	347,49
i-Pentane	0,00	46394,00	0,00
n-Pentane	0,00	46484,00	0,00
Total			52462,03

$$LNG \text{ Flow} = 411,61 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$LNG \text{ Density} = 432,62 \text{ kg/m}^3$$

$$LNG \text{ Flow} = 411,61 \times 432,62 = 178.068,34 \text{ kg/jam}$$

$$LNG \text{ HHV} = 52.462,03 \text{ BTU/kg}$$

$$LNG \text{ Energy} = 178.068,34 \times 52.462,03 = 9.341.827.346,68 \text{ BTU/jam}$$

$$LNG \text{ Energy} = 9.341.827.346,68/10^6 = 9.341,83 \text{ MMBTU/jam}$$

Perhitungan Nilai SBHP

$$SBHP = \frac{BHP \text{ Total Refrigerant Compressor (Hp)}}{Energy \text{ LNG (MMBTU/H)}}$$

$$SBHP = \frac{91.131,91}{9.341,83} = 9,755 \text{ HP} \cdot \text{H/MMBTU}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 2 - Langkah Perhitungan SBHP (Simulasi)

Daya Kompresor

Data Hasil Simulasi (Duty Refrigerant Compressor)

Base Case (Train G)	
Equipment	Duty (HP)
4K-1 (1)	9.150,23
4K-1 (2)	9.406,90
4K-1 (3)	13.309,71
4K-2	32.700,24
4K-3	36.882,06
Total	101.449,14

Perhitungan Energy LNG

Data Hasil Simulasi (LNG Product)

Parameter	Value	Unit
Molar Flow Rate LNG	463,23	m ³ /hr
Density LNG (ρ)	432,88	kg/m ³
HHV LNG	23.500,70	BTU/lb

$$1 \text{ kg} = 2,2046 \text{ lb}$$

$$HHV \text{ LNG} = 23.500,70 \times 2,2046 = 51.810,11 \text{ BTU/kg}$$

$$\text{Mass Flow Rate} = \text{Molar Flow Rate (m}^3/\text{hr)} \cdot \text{Density (kg/m}^3\text{)}$$

$$\text{Mass Flow Rate} = 463,23 \times 432,88 = 200.521,90 \text{ kg/hr}$$

$$\text{Energy LNG} = HHV \text{ LNG (BTU/kg)} \cdot \text{Mass Flow Rate (kg/hr)}$$

$$\text{Energy LNG} = 51.810,11 \times 200.521,90 = 10.389.061.893,02 \text{ BTU/hr}$$

$$1 \text{ MMBTU} = 1.000.000 \text{ BTU}$$

$$\text{Energy LNG} = \frac{10.389.061.893,02}{1.000.000} = 10.389,06 \text{ MMBTU/hr}$$

$$SBHP = \frac{\text{Daya Kompresor (HP)}}{\text{Energy LNG (MMBTU/H)}}$$

$$SBHP = \frac{101.449,14}{10.389,06} = 9,765 \text{ HP.H/MMBTU}$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3 - Langkah Perhitungan Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Rumus MAPE

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|\hat{y}_t - y_t|}{y_t} \times 100$$

Dimana:

n = Jumlah observasi

$\hat{y}_t$ = Nilai hasil prediksi (*forecasting*)

y_t = Nilai aktual

Perhitungan MAPE Train G (Case-I)

$$SBHP_{Aktual} = 9,755 \text{ HP.H/MMBTU}$$

$$SBHP_{Simulasi} = 9,765 \text{ HP.H/MMBTU}$$

$$MAPE = \frac{|9,765 - 9,755|}{9,755} \times 100 = 0,10\%$$

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4 - Data Acuan Simulasi Proses menggunakan Aspen Hysys

Data Parameter Operasi Feed Gas

Parameter	Train G		Train E	
	Case-1	Case-2	Case-3	Case-4
Pressure [KG/CM ²]	46,78	46,50	46,31	45,66
Temperature [°C]	30,92	29,48	28,97	37,76
Flow Rate [KNM ³ /H]	283,19	227,06	429,79	221,72
Flow Rate [MMSCFD]	253,74	203,45	385,09	198,66

Sumber: Exaquantum

Data Komposisi Feed Gas

Komposisi	Train G		Train E	
	Case-1	Case-2	Case-3	Case-4
Nitrogen	0,06	0,08	0,08	0,08
Methane	89,49	89,37	89,47	90,08
CO ₂	4,38	4,45	4,37	4,42
Ethane	2,66	2,67	2,67	2,37
Propane	1,82	1,86	1,83	1,62
i-Butane	0,40	0,41	0,40	0,36
n-Butane	0,49	0,51	0,49	0,45
i-Pentane	0,21	0,21	0,20	0,18
n-Pentane	0,13	0,14	0,13	0,12
n-Hexane	0,36	0,30	0,36	0,32
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

Sumber: Plant Operation Database System (PODS)

Data Komposisi Multi Component Refrigerant (MCR)

Komposisi	Train G		Train E	
	Case-1	Case-2	Case-3	Case-4
Nitrogen	2,81	3,67	3,14	3,04
Methane	46,2	48,11	44,99	46,66
Ethane	45,76	44,47	47,12	47,05
Propane	5,13	3,65	4,57	3,18
i-Butane	0,05	0,05	0,08	0,04
n-Butane	0,05	0,05	0,1	0,03
i-Pentane	0,00	0,00	0,00	0,00
n-Pentane	0,00	0,00	0,00	0,00



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Total	100,00	100,00	100,00	100,00
-------	--------	--------	--------	--------

Sumber: Plant Operation Database System (PODS)

Data Operasional Refrigerant Compressor (Aktual)

Equipment	Parameter	Unit	Train G		Train E	
			Case-1	Case-2	Case-3	Case-4
4K-1 ¹	Suct. Temp.	°C	-37,50	-12,41	-29,62	-12,77
	Suct. Press.	Kg/cm ²	1,01	1,22	1,08	1,13
	Suct. Flow	Km ³ /h	162,02	170,40	193,09	187,54
4K-1 ²	Suct. Temp.	°C	-4,84	-9,81	-10,45	0,35
	Suct. Press.	Kg/cm ²	3,33	3,43	3,44	3,37
	Suct. Flow	Km ³ /h	40,83	35,64	45,52	39,64
4K-1 ³	Suct. Temp.	°C	12,92	17,61	18,95	26,14
	Suct. Press.	Kg/cm ²	6,70	6,71	7,58	7,13
	Disch. Temp.	°C	63,63	67,68	68,52	73,93
	Disch. Press.	Kg/cm ²	13,56	12,98	14,54	12,80
	Disch. Flow	Km ³ /h	35,74	35,17	44,71	44,20
4K-2	Disch. Flow	Km ³ /h	41,25	40,69	49,69	42,43
	Suct. Temp.	°C	-39,12	-26,22	-35,25	-20,13
	Suct. Press.	Kg/cm ²	2,71	2,94	3,03	2,97
	Disch. Temp.	°C	59,59	69,13	60,27	72,22
	Disch. Press.	Kg/cm ²	11,90	12,01	12,85	11,67
4K-3	Disch. Flow	Km ³ /h	14,14	12,35	17,32	14,62
	Suct. Temp.	°C	33,77	32,92	33,95	28,71
	Suct. Press.	Kg/cm ²	11,69	11,82	12,66	11,53
	Disch. Temp.	°C	125,36	127,05	127,96	121,17
	Disch. Press.	Kg/cm ²	39,35	40,46	42,17	38,04

Sumber: Exaquantum



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

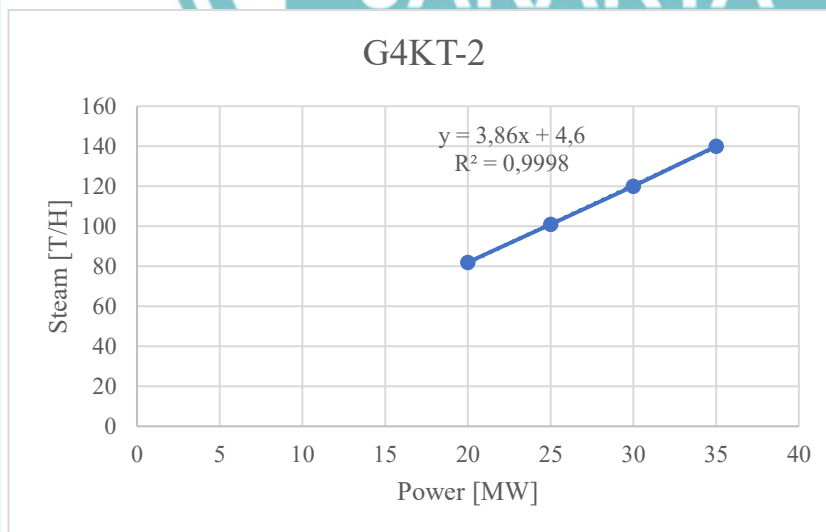
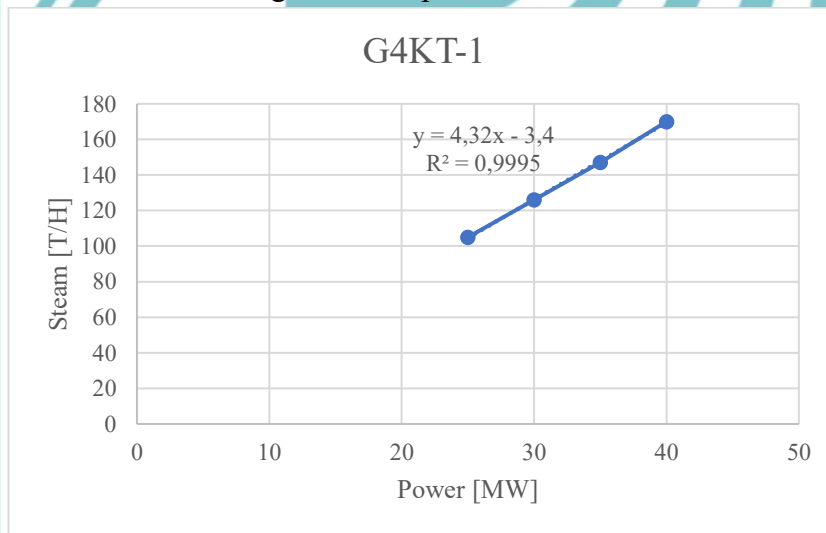
Lampiran 5 - Langkah Perhitungan Cost Saving

Asumsi Data

No	Data	Value	Unit
1	HHV Fuel Gas	1048,00	BTU/SCF
2	Fuel Gas Price	5,00	USD/MMBTU
3	Fuel to Steam	79,92	Nm ³ /ton
4	1 NM ³	37,33	SCF
5	1 HP	0,7456999	KW
6	1 MW	1000	KW
7	1 Tahun	8.760,00	Jam
8	USD	16294,05	IDR

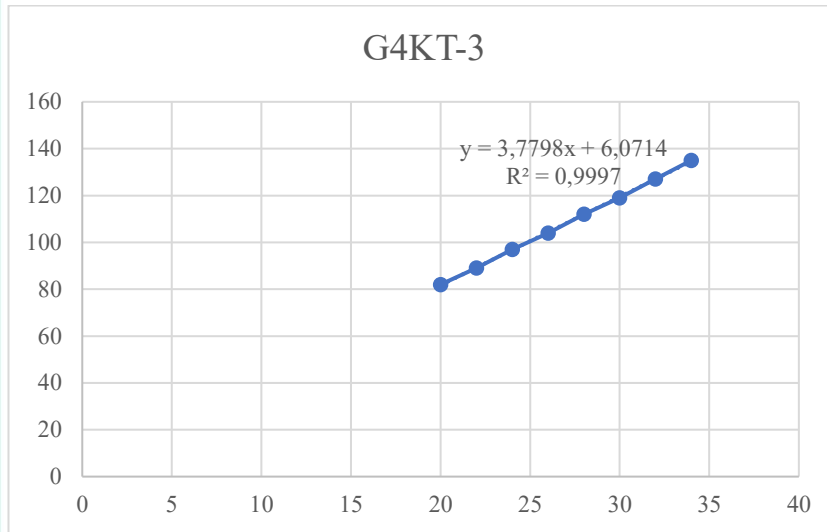
Source: Monthly Report Operation (April 2025)

Predicted Data Refrigerant Compressor Train G



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Source: Technical Library

Perhitungan Biaya Operational Refrigerant Compressor (Base Case)

Data Simulasi

Base Case Train G (SBHP = 9,773)			
Equipment	Duty (HP)	Duty (KW)	Duty (MW)
4K-1 (1)	9244,42	6893,56	6,89
4K-1 (2)	9394,59	7005,54	7,01
4K-1 (3)	13291,06	9911,14	9,91
4K-1 (Total)	31930,07	23810,25	23,81
4K-2	32707,58	24390,04	24,39
4K-3	36893,26	27511,30	27,51

Power to Steam (Ton/H)

Untuk menghitung digunakan persamaan seperti di bawah ini yang dimana nilai Y adalah nilai steam yang dicari dan X adalah nilai Duty Compressor yang didapatkan dari hasil simulasi proses menggunakan Aspen HYSYS dengan satuan yang sudah di konversi ke [MW]. Persamaan tersebut didapatkan dari grafik Predicted Data dari masing-masing Refrigerant Compressor (Train G).

$$4KT_1 (Y = 4,32X - 3,4)$$

$$4KT_2 (Y = 3,86X + 4,6)$$

$$4KT_3 (Y = 3,7798X + 6,0714)$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$4KT_1 = 4,32 \times 23,81 - 3,4 = 99,46 \text{ TON/H}$$

$$4KT_2 = 3,86 \times 24,39 + 4,6 = 98,75 \text{ TON/H}$$

$$4KT_3 = 3,7798 \times 27,51 + 6,0714 = 110,06 \text{ TON/H}$$

$$\text{Steam Total} = 4KT_1 (\text{TON/H}) + 4KT_2 (\text{TON/H}) + 4KT_3 (\text{TON/H})$$

$$\text{Steam Total} = 99,46 + 98,75 + 110,06 = 308,26 \text{ TON/H}$$

$$\text{Fuel Consumption} = \text{Fuel to Steam} (\text{Nm}^3/\text{TON}) \times \text{Steam Total} (\text{TON/H})$$

$$\text{Fuel Consumption} = 79,92 \times 308,26 = 24.636,57 \text{ Nm}^3/\text{H}$$

$$\text{Fuel Consumption} = 24.636,57 \times 37,33 = 919.618,03 \text{ SCF/H}$$

$$\text{Energy} = \text{Fuel Consumption} (\text{SCF/H}) \times \text{HHV} (\text{BTU/SCF})$$

$$\text{Energy} = 919.618,03 \times 1.048,00 = 963.759.694,86 \text{ BTU/H}$$

$$\text{Energy} = 963.759.694,86 \times 1.000.000 = 963,76 \text{ MMBTU/H}$$

$$\text{Biaya} = \text{Energy} (\text{MMBTU/H}) \times \text{Harga Fuel Gas} (\text{USD/MMBTU})$$

$$\text{Biaya} = 963,76 \times 5,00 = 4.818,80 \text{ USD/H}$$

$$\text{Biaya} = 4.818,80 \times \text{Rp}16.294,05 = \text{Rp}78.517.743,28 \text{ IDR/H}$$

Perhitungan Biaya Operational Refrigerant Compressor Optimized Case (1)

Data Simulasi

Base Case Train G (SBHP = 9,759)			
Equipment	Duty (HP)	Duty (KW)	Duty (MW)
4K-1 (1)	9443,11	7041,73	7,04
4K-1 (2)	9148,20	6821,81	6,82
4K-1 (3)	12949,80	9656,66	9,66
4K-1 (Total)	31541,11	23520,20	23,52
4K-2	32796,95	24456,68	24,46
4K-3	37048,50	27627,06	27,63

Power to Steam (Ton/H)

$$4KT_1 = 4,32 \times 23,52 - 3,4 = 98,21 \text{ TON/H}$$

$$4KT_2 = 3,86 \times 24,46 + 4,6 = 99,00 \text{ TON/H}$$



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$4KT_3 = 3,7798 \times 27,63 + 6,0714 = 110,50 \text{ TON/H}$$

$$\text{Steam Total} = 4KT_1 (\text{TON/H}) + 4KT_2 (\text{TON/H}) + 4KT_3 (\text{TON/H})$$

$$\text{Steam Total} = 98,21 + 99,00 + 110,50 = 307,71 \text{ TON/H}$$

$$\text{Fuel Consumption} = \text{Fuel to Steam (Nm}^3/\text{TON)} \times \text{Steam Total (TON/H)}$$

$$\text{Fuel Consumption} = 79,92 \times 307,71 = 24.591,95 \text{ Nm}^3/\text{H}$$

$$\text{Fuel Consumption} = 24.591,95 \times 37,33 = 917.952,62 \text{ SCF/H}$$

$$\text{Energy} = \text{Fuel Consumption (SCF/H)} \times \text{HHV (BTU/SCF)}$$

$$\text{Energy} = 917.952,62 \times 1.048,00 = 962.014.347,60 \text{ BTU/H}$$

$$\text{Energy} = 962.014.347,60 \times 1.000.000 = 962,01 \text{ MMBTU/H}$$

$$\text{Biaya} = \text{Energy (MMBTU/H)} \times \text{Harga Fuel Gas (USD/MMBTU)}$$

$$\text{Biaya} = 962,01 \times 5,00 = 4.810,07 \text{ USD/H}$$

$$\text{Biaya} = 4.810,07 \times 16.294,05 = \text{Rp}78.375.549,40 \text{ IDR/H}$$

Perhitungan Biaya Operational Refrigerant Compressor Optimized Case (2)

Data Simulasi

Base Case Train G (SBHP = 9,657)			
Equipment	Duty (HP)	Duty (KW)	Duty (MW)
4K-1 (1)	8148,84	6076,59	6,08
4K-1 (2)	9327,01	6955,15	6,96
4K-1 (3)	13215,90	9855,10	9,86
4K-1 (Total)	30691,75	22886,84	22,89
4K-2	32704,74	24387,92	24,39
4K-3	36928,69	27537,72	27,54

Power to Steam (Ton/H)

$$4KT_1 = 4,32 \times 22,89 - 3,4 = 95,47 \text{ TON/H}$$

$$4KT_2 = 3,86 \times 24,39 + 4,6 = 98,74 \text{ TON/H}$$

$$4KT_3 = 3,7798 \times 27,54 + 6,0714 = 110,16 \text{ TON/H}$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\text{Steam Total} = 4KT_1 (\text{TON/H}) + 4KT_2 (\text{TON/H}) + 4KT_3 (\text{TON/H})$$

$$\text{Steam Total} = 95,47 + 98,74 + 110,16 = 304,37 \text{ TON/H}$$

$$\text{Fuel Consumption} = \text{Fuel to Steam} (\text{Nm}^3/\text{TON}) \times \text{Steam Total} (\text{TON/H})$$

$$\text{Fuel Consumption} = 79,92 \times 304,37 = 24.325,08 \text{ Nm}^3/\text{H}$$

$$\text{Fuel Consumption} = 24.325,08 \times 37,33 = 907.990,94 \text{ SCF/H}$$

$$\text{Energy} = \text{Fuel Consumption} (\text{SCF/H}) \times \text{HHV} (\text{BTU/SCF})$$

$$\text{Energy} = 907.990,94 \times 1.048,00 = 951.574.505,32 \text{ BTU/H}$$

$$\text{Energy} = 951.574.505,32 \times 1.000.000 = 951,57 \text{ MMBTU/H}$$

$$\text{Biaya} = \text{Energy} (\text{MMBTU/H}) \times \text{Harga Fuel Gas} (\text{USD/MMBTU})$$

$$\text{Biaya} = 951,57 \times 5,00 = 4.757,87 \text{ USD/H}$$

$$\text{Biaya} = 4.757,87 \times 16.294,05 = \text{Rp}78.375.549,40 \text{ IDR/H}$$

Perhitungan Potensial Cost Saving

$$\text{Cost Saving}_1 = \text{Base Case} (\text{IDR/H}) - \text{Optimized Case (1)} (\text{IDR/H})$$

$$\text{Cost Saving}_1 = 78.517.743,28 - 78.375.549,40 = \text{Rp}142.193,88 \text{ IDR/H}$$

$$\text{Cost Saving}_1 = 142.193,88 \times 8.760,00 = \text{Rp}1.245.618.364,94 \text{ IDR/Y}$$

$$\text{Cost Saving}_2 = \text{Base Case} (\text{IDR/H}) - \text{Optimized Case (2)} (\text{IDR/H})$$

$$\text{Cost Saving}_2 = 78.517.743,28 - 77.525.012,84 = \text{Rp}992.730,44 \text{ IDR/H}$$

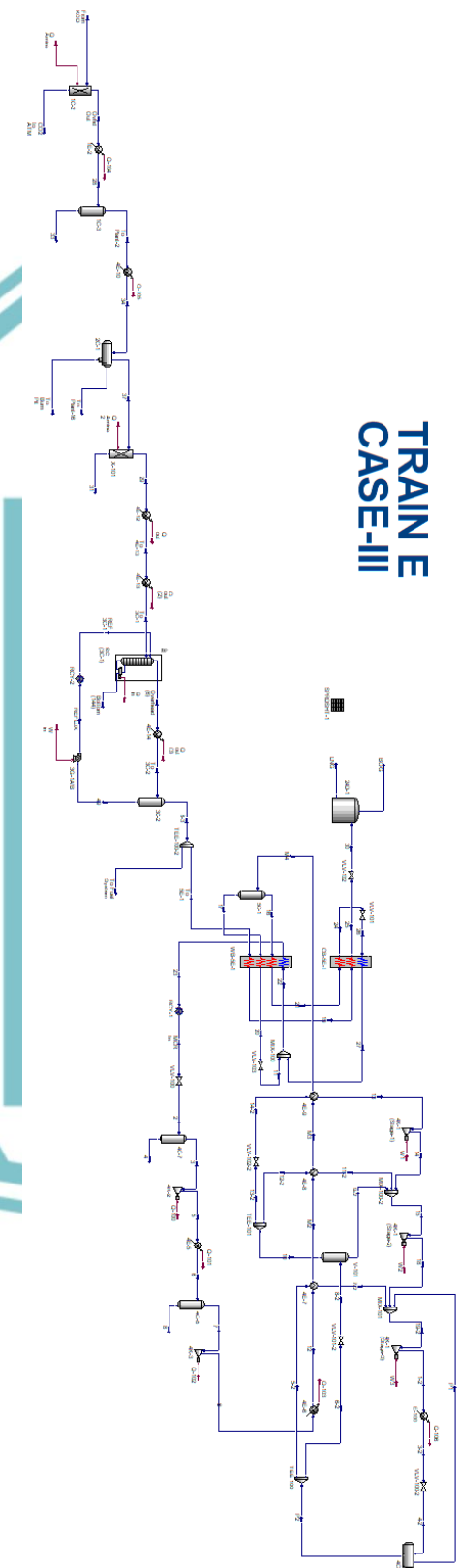
$$\text{Cost Saving}_2 = 992.730,44 \times 8.760,00 = \text{Rp}8.696.318.641,45 \text{ IDR/Y}$$

$$\text{Range Cost Saving} = \text{Rp}1.245.618.364,94 - \text{Rp}8.696.318.641,45 \text{ IDR/Y}$$

Lampiran 6 - Refrigerant Compressor Hysys Simulation

Hak Cipta :

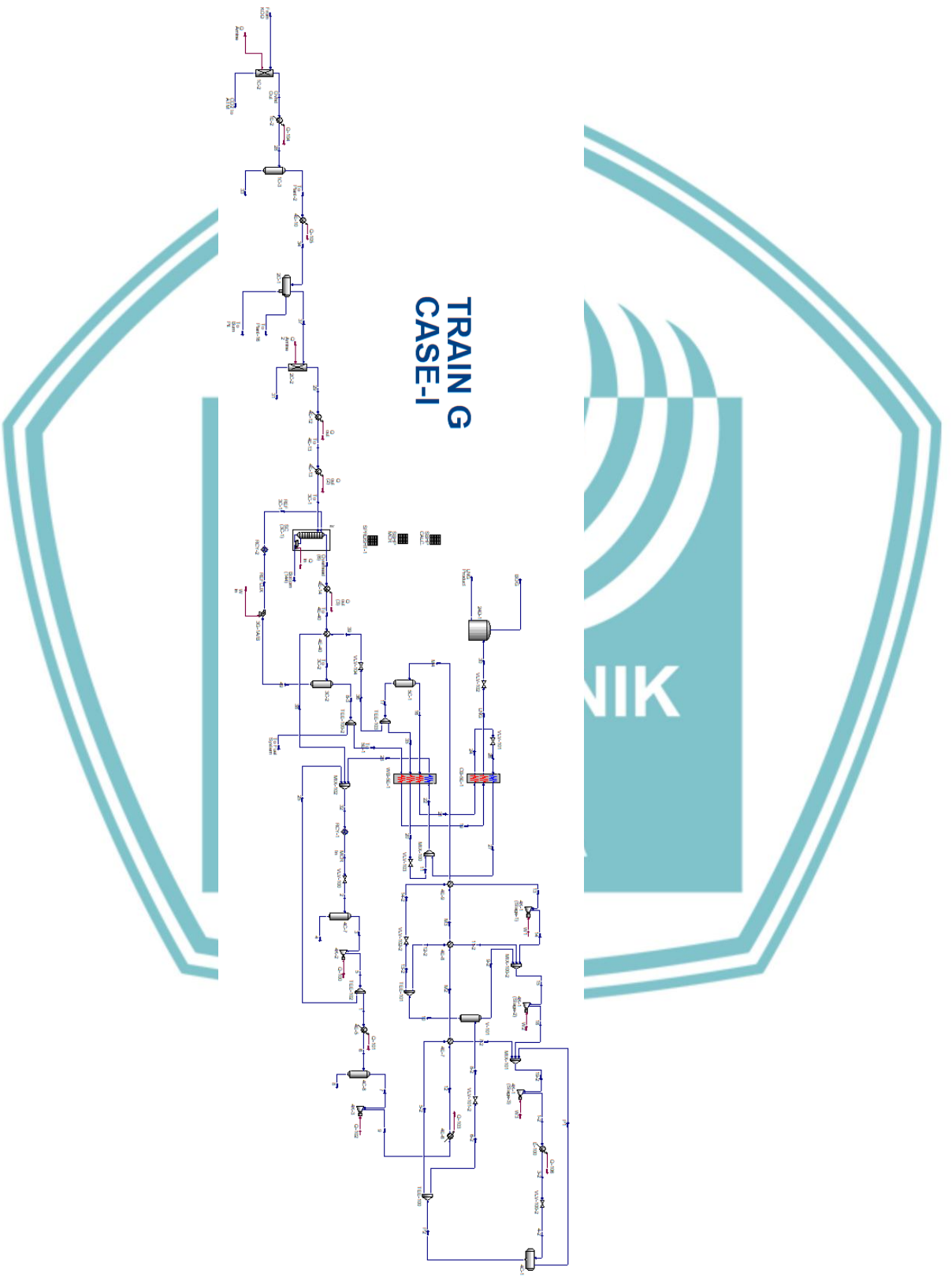
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 7 - Refrigerant Compressor Hysys Simulation With LPBS

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 8 - Formulir F1

FORMULIR F1
LEMBAR KESEDIAAN MEMBIMBING SKRIPSI

Dengan ini saya nama: Isnanda Nuriskasari, S.Si., M.T.

Menyatakan bersedia membimbing pembuatan Skripsi dan membimbing revisi Skripsi (jika ada) Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, berikut:

JUDUL SKRIPSI	NAMA	PROGRAM STUDI
Analisis Pengaruh Komposisi <i>Multi Component Refrigerant</i> (MCR) terhadap Performa <i>Refrigerant Compressor</i> di PT Badak NGL	Iqbal Fauzan	Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Demikian, atas perhatian dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Bontang, 15 Juli 2025

Yang menyatakan,

Isnanda Nuriskasari, S.Si., M.T.
NIP. 199306062019032030



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 9 - Formulir F1 (2)

FORMULIR F1
LEMBAR KESEDIAAN MEMBIMBING SKRIPSI

Dengan ini saya nama: Zaki Arif, S.T.

Menyatakan bersedia membimbing pembuatan Skripsi dan membimbing revisi Skripsi (jika ada) Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, berikut :

JUDUL SKRIPSI	NAMA	PROGRAM STUDI
Analisis Pengaruh Komposisi <i>Multi Component Refrigerant</i> (MCR) terhadap Performa <i>Refrigerant Compressor</i> di PT Badak NGL	Iqbal Fauzan	Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Demikian, atas perhatian dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Bontang, 15 Juli 2025

Yang menyatakan

Zaki Arif, S.T.
No. Badge 132116



FORMULIR F2

LEMBAR KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI DAN
KESIAPAN MENGIKUTI UJIAN

JUDUL SKRIPSI

Analisis Pengaruh Komposisi Multi Component Refrigerant (MCR)
terhadap Performa Refrigerant Compressor di PT Badak NGL

NAMA MAHASISWA BIMBINGAN/NIM

Iqbal Fauzan/2102322012

PROGRAM STUDI : Teknologi Rekayasa Konversi Energi

PEMBIMBING : Isnanda Nuriskasari, S.Si., M.T.

No	Tanggal	Bahasan	Pembimbing	Panitia
1	27 Maret 2025	Revisi Bab 1-3 Setelah sidang Proposal	Isnanda Nuriskasari, S.Si., M.T.	
2	9 April 2025	Hasil Revisi Bab 1 dan Review Bab 2		
3	24 April 2025	Hasil Revisi Bab 2 dan Review Bab 3		
4	23 Mei 2025	Analisis Bab 4 (Tujuan 1)		
5	26 Mei 2025	Bab 4 (Tujuan 2 dan 3)		
6	27 Mei 2025	Analisis Bab 4 (Tujuan 4) dan Analisis Bab 4 Keseluruhan		
7	19 Juni 2025	Paper Seminar Nasional dan Bab 4 serta Bab 5		

Berdasarkan hasil pembimbingan mahasiswa diatas dinyatakan siap mengikuti ujian Skripsi.

Yang menyatakan
Pembimbing

(Isnanda Nuriskasari, S.Si., M.T.)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 11 - Formulir F2 (2)

FORMULIR F2

**LEMBAR KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI DAN
KESIAPAN MENGIKUTI UJIAN**

JUDUL SKRIPSI

Analisis Pengaruh Komposisi Multi Component Refrigerant (MCR)
terhadap Performa Refrigerant Compressor di PT Badak NGL

NAMA MAHASISWA BIMBINGAN/NIM

Iqbal Fauzan/2102322012

PROGRAM STUDI : Teknologi Rekayasa Konversi Energi

PEMBIMBING : Zaki Arif, S.T.

No	Tanggal	Bahasan	Pembimbing	Panitia
1	24 Juni 2025	Review Bab 1-3	Zaki Arif, S.T.	
2	25 Juni 2025	Review Paper Seminar Nasional		
3	1 Juli 2025	Review Hasil Revisi Paper Seminar Nasional		
4	14 Juli 2025	Review PPT Seminar Hasil Skripsi		

Berdasarkan hasil pembimbingan mahasiswa diatas dinyatakan siap mengikuti ujian Skripsi.

Yang menyatakan
Pembimbing

(Zaki Arif, S.T.)



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 12 - Daftar Riwayat Hidup



1. Nama Lengkap : Iqbal Fauzan
2. NIM : 2102322012
3. Tempat, Tanggal Lahir : Santan, 08 Juni 2002
4. Jenis Kelamin : Laki-laki
5. Alamat : PC 6C Millenium No,171A, Kompleks Perumahan PT Badak NGL, Kel, Satimpo, Kec, Bontang Selatan, Kota Bontang, Kalimantan Timur
6. Email : fauzan.iqbal64@gmail.com
7. Pendidikan
 - SD (2009-2015) : SD Negeri 001 Bontang Selatan
 - SMP (2015-2018) : SMP Negeri 3 Bontang
 - SMA (2018-2021) : MAN Insan Cendekia Paser
8. Program Studi : Teknologi Rekayasa Konversi Energi
9. Bidang Peminatan : Teknik Pengolahan Gas
10. Tempat Penelitian : PT Badak NGL, Bontang
11. Judul Penelitian : Analisis Pengaruh Komposisi *Multi Component Refrigerant* (MCR) terhadap Performa *Refrigerant Compressor* di PT Badak NGL