



© 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

**STUDI KELAYAKAN EKSTRAKSI HELIUM DARI BOIL-OFF
GAS PADA KILANG PT BADAK NGL DI AREA LNG TANGKI**

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan

Teknik Mesin

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh :

Noer Wahidin Parakkasi | NIM. 2102322010

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA – PT BADAK NGL
BONTANG**

2025



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

**HALAMAN PERSETUJUAN
LAPORAN SKRIPSI**

**STUDI KELAYAKAN EKSTRAKSI HELIUM DARI BOIL-OFF
GAS PADA KILANG PT BADAK NGL DI AREA LNG TANGKI**

Oleh:
Noer Wahidin Parakkasi
NIM. 2102322010
Progeram Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Laporan Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Mengetahui

Pembimbing 1

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

NIP. 199306062019032030

Pembimbing 2

Bambang Irawan, S.T.

No Pekerja 132492

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 :

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

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI

**STUDI KELAYAKAN EKSTRAKSI HELIUM DARI BOIL-OFF GAS
PADA KILANG PT BADAK NGL DI AREA LNG TANGKI**

Oleh:

Noer Wahidin Parakkasi
NIM. 2102322010

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

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

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Muhammad Prasha Risfi Silitonga, M.T. NIP. 199403192022031006	Ketua Penguji		15 Juli 2025
2	Dr. Sonki Prasetya, S.T., M.Sc. NIP. 197512222008121003	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. Muslimin, S.T., M.T., IWE.
NIP. 19770714200812100



LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Noer Wahidin Parakkasi
NIM : 2102322010
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Menyatakan bahwa menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir (atau 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 Laporan Tugas akhir (atau skripsi) telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Bontang, 15 Juli 2025



Signed by:

22FF3E22463E411...

Noer Wahidin Parakkasi

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



STUDI KELAYAKAN EKSTRAKSI HELIUM DARI BOIL-OFF GAS PADA KILANG PT BADAK NGL DI AREA LNG TANGKI

Noer Wahidin Parakkasi¹, Isnanda Nuriskasari^{2*}, dan Bambang Irawan³

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²Politeknik Negeri Jakarta

³PT Badak NGL

Email : noerwahidin.parakkasi02@gmail.com

ABSTRAK

Pasar helium global menunjukkan tren pertumbuhan yang signifikan dengan proyeksi tingkat pertumbuhan tahunan gabungan (CAGR) sebesar 7,4% hingga tahun 2029, seiring meningkatnya kebutuhan di sektor medis, semikonduktor, dan riset ilmiah. Salah satu sumber helium alternatif yang menjanjikan adalah *Boil-Off Gas* (BOG) dari fasilitas penyimpanan LNG. Penelitian ini mengkaji kelayakan teknis dan ekonomi dari pemanfaatan BOG LNG sebagai sumber helium di kilang PT Badak NGL. Proses pemisahan dilakukan menggunakan teknologi distilasi kriogenik, dengan target kemurnian helium mencapai 70% dan tingkat *recovery* sebesar 88%, sesuai dengan rentang kemurnian standar *crude helium* (60–80%). Hasil simulasi menunjukkan kapasitas produksi helium sebesar 586,51 kg/jam atau 40.098,36 Nm³/hari. Analisis terhadap dampaknya terhadap suplai fuel gas menunjukkan bahwa pengurangan volume BOG untuk ekstraksi helium tidak mengganggu kebutuhan operasional boiler, yang tetap terpenuhi. Namun, dari sisi ekonomi, proyek ini menunjukkan nilai *Benefit-Cost Ratio* (BCR) sebesar 0,108 dan *Net Present Value* (NPV) negatif, yang mengindikasikan bahwa investasi dengan total CAPEX sebesar \$70,66 juta dan OPEX tahunan \$20,3 juta belum layak secara finansial. Dengan demikian, meskipun teknologi memungkinkan, proyek ini tidak layak untuk diimplementasikan dalam kondisi saat ini.

Kata kunci : Helium, *boil-off gas*, *cost-benefit analysis*, Helium mentah

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



STUDI KELAYAKAN EKSTRAKSI HELIUM DARI BOIL-OFF GAS PADA KILANG PT BADAK NGL DI AREA LNG TANGKI

Noer Wahidin Parakkasi¹, Isnanda Nuriskasari^{2*}, dan Bambang Irawan³

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²Politeknik Negeri Jakarta

³PT Badak NGL

Email : noerwahidin.parakkasi02@gmail.com

ABSTRACT

The global helium market is showing a significant growth trend with a projected compound annual growth rate (CAGR) of 7.4% through 2029, in line with increasing demand in the medical, semiconductor, and scientific research sectors. One promising alternative helium source is Boil-Off Gas (BOG) from LNG storage facilities. This study examines the technical and economic feasibility of utilizing LNG BOG as a helium source at the PT Badak NGL refinery. The separation process is carried out using cryogenic distillation technology, with a target helium purity of 70% and a recovery rate of 88%, in line with the standard crude helium purity range (60–80%). Simulation results indicate a helium production capacity of 586.51 kg/hour or 40,098.36 Nm³/day. Analysis of the impact on fuel gas supply indicates that reducing the volume of BOG for helium extraction does not disrupt boiler operational needs, which are still met. However, from an economic perspective, this project shows a Benefit-Cost Ratio (BCR) of 0.108 and a negative Net Present Value (NPV), indicating that the investment, with a total CAPEX of \$70.66 million and annual OPEX of \$20.3 million, is not yet financially viable. Therefore, even though the technology is feasible, this project is not feasible to implement under current conditions.

Keywords : Helium, boi-off gas, cost-benefit analysis, Crude Helium

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 mengumunkan 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Kelayakan Ekstraksi Helium dari *Boil-Off Gas* pada Kilang PT Badak NGL di Area LNG Tangki” Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Anas Malik Abdillah selaku Direktur LNG Academy.
2. Bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T., IWE., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.
3. Bapak Ardi Fardian selaku Wakil Direktur LNG Academy Bidang Akademik.
4. Bapak Yuli Mafendro D.E.S, S.Pd., M.T., selaku Kepala Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Konversi Energi.
5. Bapak Zaki Arif selaku Kepala Jurusan Pengolahan Gas.
6. Ibu Isnanda Nuriskasari, S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Bapak Bambang Irawan, S.T., selaku dosen pembimbing industri yang telah memberikan panduan serta wawasan berharga dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Kedua orang tua, kerabat, dan sahabat yang selalu memberikan dukungan, baik secara material maupun non-material.
9. Rekan-rekan LNG Academy Angkatan 11 yang telah menemani melangkah Bersama dan saling memberikan dukungan serta bantuan dalam penyusunan laporan.
10. Klub Pengolahan gas yang selalu menjadi tempat diskusi, bermain dan bertukar pikiran selama proses penulisan skripsi.
11. Serta semua pihak yang telah membantu namun tidak dapat disebutkan satu per satu.



© 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

Semoga segala kebaikan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis dicatat sebagai amal yang mulia dan mendapatkan balasan berlipat ganda dari Allah SWT. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat serta menambah wawasan bagi semua pihak. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan skripsi ini.

Bontang, 15 Juli 2025





DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN SKRIPSI..Error! Bookmark not defined.	
HALAMAN PENGESAHAN.....Error! Bookmark not defined.	
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ISTILAH DAN NOTASI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Pertanyaan Penelitian.....	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Landasan Teori.....	6
2.1.1. Helium.....	6
2.1.2. Boil-Off Gas.....	7
2.1.3. Proses Ekstraksi Helium.....	8
2.1.4. Aspen Hysys.....	11
2.1.5. Capital Cost Estimation.....	11
2.1.6. Analisis Kelayakan Ekonomi.....	22
2.1.7. Cost-Benefit Analysis	24
2.1.8. Kelayakan Proyek.....	26
2.2. Kajian Literatur.....	29
2.3. Kerangka Pemikiran	37
2.4. Hipotesis.....	39
BAB III METODE PENELITIAN	40
3.1. Jenis Penelitian.....	40
3.2. Objek Penelitian.....	40
3.3. Metode Pengambilan Sampel.....	40

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 mengumunkan 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 mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.4	Jenis dan Sumber Data Penelitian.....	40
3.5	Metode Pengumpulan Data Penelitian.....	41
3.6	Metode Analisis Data	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		48
4.1	Desain Proses Fasilitas Ekstraksi Helium dari BOG pada Tangki Penyimpanan LNG	48
4.1.1	Umpan Awal <i>boil-off gas</i> dari Tangki Penyimpanan LNG	48
4.1.2	Peralatan Kompresor.....	50
4.1.3	Peralatan <i>Intercooler</i>	50
4.1.4	Peralatan Penukar Panas <i>Feed to Distillation Column</i>	51
4.1.5	Peralatan Distilasi Kriogenik	52
4.1.6	Peralatan Tangki Penyimpanan	53
4.1.7	Utilitas Cooling Water.....	54
4.1.8	Neraca Massa Keseluruhan.....	54
4.1.9	Neraca Energi Keseluruhan.....	55
4.2	Pengaruh Produksi Helium terhadap BOG LNG	55
4.3	Kelayakan Ekonomi Fasilitas Ekstraksi Helium	57
4.3.1	<i>Capital Expenditure</i> (CAPEX).....	59
4.3.2	<i>Operational Expenditure</i>	62
4.3.2.1	Biaya Utilitas	62
4.3.2.2	Gaji Karyawan	62
4.3.2.3	<i>Manufacturing Cost</i>	63
4.3.2.4	<i>General expenses</i>	64
4.3.2.5	Total OPEX	64
4.3.3	Estimasi Benefit.....	65
4.3.3.1	<i>Gain</i>	65
4.3.3.2	<i>Losses</i>	66
4.3.3.3	<i>Revenue</i>	66
4.3.4	<i>Cost-Benefit Analysis</i>	67
4.3.5	Net Present Value	68
BAB V PENUTUP		70
DAFTAR PUSTAKA		71
LAMPIRAN.....		75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel sifat fisika dan kimia unsur Helium (sumber : Helium in Natural Gas - Occurrence and Production (Grynia & Griffin, 2016)).....	7
---	---



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 2. 2 Matriks Klasifikasi Estimasi Biaya Umum (Sumber : AACE International (Chen et al., 2007))	13
Tabel 2.3 Konstanta K CAPCOST.....	17
Tabel 2.4 Konstanta C CAPCOST.....	18
Tabel 2.5 Nomor Identifikasi <i>material factors</i>	18
Tabel 2.6 <i>Bare Module Factor</i>	19
Tabel 2.7 <i>Material factor</i> untuk kompresor	20
Tabel 2.8 Tabel faktor untuk <i>factorial method</i> (Sumber: Chemical Engineering Design (Sinnott, 2005))	22
Tabel 2.9 Kajian literatur	29
Tabel 4.1 Data Operasi dan Komposisi BOG dan Kompresor BOG	48
Tabel 4. 2 Spesifikasi Kompresor Multistage	50
Tabel 4.3 Spesifikasi Intercooler 1 st stage dan 2 nd stage.....	51
Tabel 4.4 Spesifikasi Heat Exchanger Feed to Distillation Column	51
Tabel 4.5 Spesifikasi kolom distilasi kriogenik	52
Tabel 4.6 Spesifikasi Kolom <i>Condenser Vessel</i>	52
Tabel 4.7 Spesifikasi Tangki Crude Helium.....	53
Tabel 4.8 Kebutuhan utilitas aliran air pendingin	54
Tabel 4.9 Neraca massa proses keseluruhan	54
Tabel 4.10 Neraca Energi Keseluruhan	55
Tabel 4.11 Asumsi keekonomian yang digunakan.....	57
Tabel 4.12 Estimasi harga pembelian alat <i>Helium Extraction Unit</i>	59
Tabel 4.13 Fixed Capital Cost.....	60
Tabel 4.14 Estimasi total CAPEX Helium Extraction Plant.....	61
Tabel 4.15 Estimasi biaya utilitas operasional	62
Tabel 4.16 Estimasi Gaji Karyawan.....	63
Tabel 4.17 Biaya manufaktur <i>helium extraction plant</i>	63
Tabel 4.18 <i>General expenses</i> operasional.....	64
Tabel 4.19 Estimasi <i>operational expenditure</i> keseluruhan	64
Tabel 4.20 Potensi <i>gain</i>	65
Tabel 4.21 Nilai potensi <i>gain</i>	65
Tabel 4.22 Potensi <i>losses</i> yang diproduksi.....	66
Tabel 4.23 Potensi Losses	66
Tabel 4.24 Potensi <i>revenue</i>	66
Tabel 4.25 Rangkuman <i>benefit</i> dan <i>cost</i>	67
Tabel 4.26 Benefit-cost ratio proyek.....	67



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Proporsi Produksi Helium Dunia (sumber :USGS Report 2023).....	2
Gambar 2.1 Hybrid process penghilangan helium dari natural gas dengan kriogenik, membrane, dan PSA.....	9
Gambar 2. 2 <i>Cost Index</i>	14
Gambar 2.3 <i>Material Factors untuk peralatan</i>	19
Gambar 2.4 <i>bare module factor</i> Compressor	21
Gambar 2.5 Tipikal faktorial untuk estimasi <i>fixed capital cost</i>	24
Gambar 2. 6 Kerangka Pemikiran.....	38
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	41
Gambar 4.1 Simulasi Unit Ekstraksi Helium.....	49
Gambar 4. 2 Grafik Pemilihan Kompresor	50
Gambar 4.3 Total Production <i>Fuel Gas</i> PT Badak NGL	56
Gambar 4.4 Perbandingan produksi <i>fuel gas</i> dan kebutuhan boiler (sebelum dan sesudah ekstraksi)	57
Gambar 4.5 Kelas estimasi kelayakan proyek	58

**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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A PROSES ALIR DIAGRAM HYSYS	76
LAMPIRAN B NERACA MASSA	77
LAMPIRAN C NERACA ENERGI HELIUM EXTRACTION PLANT	79
LAMPIRAN D DAFTAR PERALATAN	80
LAMPIRAN F ARUS ALIRAN KAS	84
LAMPIRAN G TABEL PRODUKSI DAN KEBUTUHAN FUEL GAS	86
LAMPIRAN H DAFTAR RIWAYAT HIDUP	88





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 ISTILAH DAN NOTASI

LNG	=	Liquefied Natural gas
LPG	=	Liquefied Petroleum Gas
CAPEX	=	Capital Expenditure
OPEX	=	Operational Expenditur
AACE	=	Association for the Advancement of Cost Engineering
BCR	=	<i>Benefit Cost Ratio</i>
NPV	=	Net Present Value
PP	=	Payback Period
IRR	=	Internal Rate of Return
USD	=	United States Dollar
IDR	=	Indonesia Rupiah
MARR	=	minimum acceptable rate of return (MARR)
α	=	Koefisien Jenis Motor Penggerak
y_i	=	Nilai aktual
$\hat{y}_t$	=	Nilai yang diprediksi
n	=	Jumlah total sampel
C_2	=	Capital cost pada kapasitas baru
C_1	=	Capital cost pada kapasitas lama
S_2	=	Kapasitas baru
S_1	=	Kapasitas lama
C_p^0	=	Harga pembelian dasar equipment (USD)
A	=	Parameter kapasitas peralatan
K	=	Konstanta K
F_p	=	Pressure Faktor
P	=	Tekanan operasi [bar]
B	=	Konstanta bare module
F_m	=	Material Factor
C_{BM}	=	Bare module cost
CF_t	=	Net cash flow (arus kas bersih) pada periode tahun ke-t
I_o	=	Nilai investasi awal
r	=	Suku bunga atau discount rate
t	=	Tahun ke-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

n
x
b
c

- = Nilai Cash Flow Discounted yang masih belum bisa menutupi investasi awal pada tahun ke-n
- = Periode pembuatan alat (Tahun)
- = Nilai Absolut Cumulative Cashflow pada tahun ke-n
- = Nilai Net Cashflow pada tahun ke-n+1



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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pasar helium global diperkirakan akan mengalami pertumbuhan yang signifikan dalam beberapa tahun mendatang. Menurut laporan The Business Research Company (2025), permintaan helium diperkirakan tumbuh pada CAGR (*compound annual growth rate*) sebesar 7.4% hingga 2029(The Business Research Company, 2025). Pemanfaatan helium pada awalnya paling banyak digunakan dalam bidang kriogenik(Grynia & Griffin, 2016). Dalam beberapa tahun terakhir, permintaan global terhadap helium diperkirakan akan meningkat seiring dengan pertumbuhan teknologi terutama semikonduktor dan industri yang membutuhkan helium(Serra Leal et al., 2023).

Helium diproduksi terutama dari gas alam, yang mengandung 1~8 vol% helium(Mukhopadhyay, 1980). Metode umum ekstraksi helium dari gas alam dilakukan melalui distilasi, yakni dengan mendinginkan gas alam untuk memisahkan helium dari hidrokarbon serta senyawa yang mengandung nitrogen. Hasil dari proses ini adalah "*crude helium*" atau helium mentah dengan tingkat kemurnian sekitar 60–80%. Untuk mendapatkan helium dengan kemurnian yang lebih tinggi, pemurnian lebih lanjut dilakukan dengan dehidrasi PSA atau membran sehingga menghasilkan helium berkualitas "Grade-A" dengan kemurnian mencapai 99,99%(Grynia & Griffin, 2016). Menurut penelitian yang dilakukan di Cina, ditemukan bahwa BOG yang mengandung helium dari tangki penyimpanan LNG di pabrik LNG memiliki konsentrasi helium sekitar 1 vol%, berpotensi di Cina sebagai sumber helium baru(Xiong et al., 2017). Komposisi Boil-Off Gas (BOG) dari tangki penyimpanan milik PT Badak NGL menunjukkan kadar nitrogen yang relatif rendah sehingga berbeda dari penelitian sebelumnya. Berdasarkan laporan United States Geological Survey (2024), produsen helium terbesar di dunia adalah Amerika Serikat, yang memasok sekitar 47% dari total produksi global dengan detail proporsi pada Gambar 1.1 sebagai berikut (USGS, 2023).

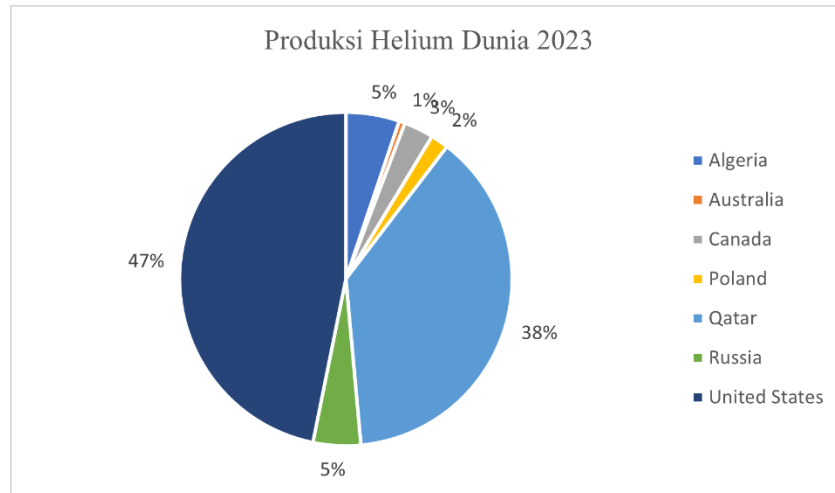
Hak Cipta :

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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 1.1 Diagram Proporsi Produksi Helium Dunia
(sumber :USGS Report 2023)

Berdasarkan diagram di atas, negara-negara seperti Qatar dan Rusia juga merupakan produsen helium yang signifikan dengan memasok 38% dan 5%. Negara lain sisanya adalah Algeria, Australia, Canada, dan Polandia(USGS, 2023). PT Badak NGL merupakan salah satu kilang LNG terbesar di Indonesia. *Boil-off gas* (BOG) yang dihasilkan dari proses penyimpanan LNG memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber ekstraksi helium. Komposisi Boil-Off Gas (BOG) dari tangki penyimpanan milik PT Badak NGL menunjukkan kadar nitrogen yang relatif rendah sehingga berbeda dari penelitian sebelumnya. Ekstraksi helium dari BOG dapat meningkatkan efisiensi operasional kilang dan membuka aliran pendapatan baru. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan investasi pengadaan fasilitas ekstraksi helium dari tangki BOG LNG untuk PT Badak NGL. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan dilakukan perancangan desain proses untuk unit ekstraksi helium. Selanjutnya proses desain tersebut akan dievaluasi kelayakan ekonominya dengan *Capital Cost Estimation*. Analisis akan membahas ekonomis dari proyek tersebut serta dampak potensialnya terhadap operasi dan profitabilitas perusahaan. Memahami kelayakan proyek ini akan memungkinkan PT Badak NGL untuk membuat keputusan yang lebih baik tentang pengembangan bisnisnya di masa mendatang. Oleh karena itu, untuk mengevaluasi kelayakan ekonomi dari investasi fasilitas ekstraksi helium dari BOG LNG, penulis melakukan penelitian yang berjudul “**Studi Kelayakan**



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

Ekstraksi Helium Dari *Boil-Off Gas* Pada Kilang PT Badak NGL Di Area LNG Tangki”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan dari latar belakang, terdapat potensi pemanfaatan BOG yang diproduksi dari tangki LNG untuk diekstraksi heliumnya. Dalam memastikan kelayakan implementasinya, diperlukan analisis teknis dan ekonomis yang meliputi perancangan desain proses dari unit pengekstrasian helium, evaluasi hasil dari pengekstrasian helium dari BOG LNG. Selain itu, dilakukan juga analisis terkait kelayakan ekonomi untuk menentukan kelayakan proyek ini ketika diimplementasikan. Oleh karena itu, studi kelayakan dari ekstraksi helium diperlukan agar hasilnya dapat dijadikan rekomendasi ketika fasilitas ekstraksi helium akan diimplementasikan.

Adapun batasan masalah dari penelitian ini agar penelitian tetap terarah adalah pertama, kajian ekstraksi helium dari BOG LNG hanya difokuskan pada tangki penyimpanan PT Badak NGL sebagai objek studi. Kedua, evaluasi dampak operasional setelah implementasi hanya difokuskan pada produksi helium yang dapat dihasilkan dari BOG LNG. Ketiga, ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada aspek teknis melalui simulasi desain proses dan kelayakan keekonomian, sehingga aspek lain seperti keselamatan, kepatuhan, lingkungan, serta faktor non-teknis lainnya tidak termasuk dalam penelitian ini.

1.3. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas, pertanyaan penelitian pada skripsi ini antara lain sebagai berikut:

1. Bagaimana desain proses untuk fasilitas ekstraksi helium dari BOG pada tangki penyimpanan LNG di PT Badak NGL ?
2. Bagaimana pengaruh produksi helium terhadap suplai BOG untuk *fuel gas*?
3. Bagaimana kelayakan ekonomi proyek fasilitas ekstraksi helium dari BOG LNG pada Tangki penyimpanan LNG di PT Badak NGL?

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan pada penelitian skripsi ini antara lain sebagai berikut:



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

1. Mengidentifikasi desain proses untuk fasilitas ekstraksi helium dari BOG pada tangki penyimpanan LNG di PT Badak NGL.
2. Mendapatkan pengaruh produksi helium terhadap suplai BOG untuk *fuel gas*
3. Mengevaluasi kelayakan ekonomi proyek fasilitas ekstraksi helium dari BOG LNG pada Tangki penyimpanan LNG di PT Badak NGL.

1.5. Manfaat Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah dan pertanyaan penelitian di atas, penulis merumuskan tujuan penelitian pada analisis kelayakan ini adalah sebagai berikut:

Bagi Penulis

- a. Sebagai syarat untuk memenuhi penyusunan skripsi guna mendapatkan gelar Sarjana Terapan dari Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi di Politeknik Negeri Jakarta.
- b. Sebagai sarana untuk mengimplementasikan pengetahuan yang diperoleh selama masa perkuliahan secara nyata.
- c. Kesempatan dalam mempelajari secara mendalam mengenai project engineering dalam hal studi konseptual dan kelayakan.

Bagi Perusahaan

- a. Memberikan gambaran dampak rencana ketika PT Badak NGL Ketika akan membangun unit pengekstraksian helium dari Boil-Off Gas terhadap potensi kandungan helium yang ada di Boil-Off Gas PT Badak NGL.
- b. Sebagai pertimbangan aspek ekonomi pada investasi pembangunan unit ekstraksi helium terhadap nilai investasi produksi helium di PT Badak NGL.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari laporan skripsi ini merujuk pada “Buku Pedoman Penulisan Tugas Akhir Tahun 2020” yang diterbitkan oleh Politeknik Negeri Jakarta. Adapun sistematika penulisan tersebut adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada BAB I, penulis menguraikan latar belakang pemilihan topik penelitian, rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, batasan masalah penelitian,



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

manfaat dari penelitian, dan sistematika dari penulisan laporan skripsi secara keseluruhan.

BAB II STUDI PUSTAKA

Pada BAB II, penulis menguraikan sumber bacaan atau literatur yang relevan dengan topik yang akan dikaji. Literatur dan sumber sebelumnya akan digunakan sebagai referensi dalam penelitian. Penulis secara lebih lanjut memaparkan kerangka pemikiran dan pengembangan hipotesis sebagai dasar awal dalam perancangan penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada BAB III, penulis menguraikan mengenai jenis metode penelitian yang akan digunakan dalam menyelesaikan penelitian. Objek penelitian, jenis dan sumber data penelitian, metode pengambilan data, dan metode analisis data, metode pengambilan dan pengumpulan data sampel penelitian, teknik analisis atau teknis perancangan akan dijelaskan pada bab ini.

BAB IV PEMBAHASAN

Pada IV, penulis akan menguraikan terkait basis data peralatan, asumsi, dan faktor konversi yang digunakan dalam penelitian ini. Di bab ini juga penulis akan menjelaskan terkait potensi benefit yang dihitung berdasarkan hasil dari simulasi proses, cost yang dibutuhkan dalam proyek, dan kelayakan ekonomi dari proyek yang disimulasikan.

BAB V PENUTUP

BAB V berisi kesimpulan dari seluruh analisis data dan pembahasan hasil penelitian. Kesimpulan akan menjawab permasalahan dan tujuan yang telah ditetapkan disertai saran-saran yang bermanfaat berkaitan dengan penelitian 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian yang dilaksanakan, maka penulis menyajikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Helium *extraction plant* yang dirancang dengan teknologi distilasi kriogenik dengan *feed* dari BOG tangki penyimpanan BOG mampu menghasilkan helium dengan %*recovery* helium 88% dengan tingkat kemurnian 70% dalam rentang standar *crude helium* (60-80%). Hasil perancangan menunjukkan peralatan meliputi kompresor, kolom distilasi, dan tangki penyimpanan *crude helium*.
2. Berdasarkan hasil simulasi didapatkan laju alir produksi helium sebesar 586.51 kg/jam atau setara 40098.36 Nm³/hari. Dalam rentang bulan Maret 2025, pengurangan produksi *fuel gas* dari BOG LNG tidak membuat suplai *fuel gas* menuju boiler mengalami kekurangan. Pasokan *fuel gas* menuju boiler tetap terpenuhi dengan kebutuhan rata-rata boiler 2.346.117 Nm³/hari dan total produksi *fuel gas* rata-rata 2.442.860 Nm³/hari.
3. Investasi penerapan teknologi *helium extraction plant* ini memerlukan biaya CAPEX sebesar \$70.661.574,09, dengan estimasi biaya OPEX tahunan sebesar \$20.299.404,72 dan revenue tahunan sebesar \$2.430.464,14. Nilai BCR dari implementasi proyek ini adalah sebesar 0.108 atau BCR<1. Selain BCR, nilai NPV juga menunjukkan nilai negatif atau NPV < 0. Hal ini mengindikasikan bahwa proyek ini secara ekonomi belum *feasible* untuk diimplementasikan.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Mengembangkan serta mengevaluasi potensi sistem ekstraksi lain serta dari sumber energi lain sehingga tingkat kemurnian dari helium yang diperoleh dapat lebih murni dengan tingkat ekstraksi lebih tinggi.
2. Mengevaluasi dampak implementasi menyeluruh terhadap adanya implementasi helium extraction unit tidak hanya pada boil off gas.
3. Melakukan pertimbangan dari aspek lain yaitu aspek keselamatan, hukum, lingkungan, serta faktor pertimbangan lainnya agar penilaian kelayakan didapatkan menjadi lebih terperinci.



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 PUSTAKA

- Abuk, G. M., & Rumbino, Y. (2020). ANALISIS KELAYAKAN EKONOMI MENGGUNAKAN METODENET PRESENTVALUE (NPV),METODEINTERNAL RATEofRETURN(IRR)PAYBACK PERIOD(PBP)PADA UNITSTONE CRUSHER di CV.X KAB.KUPANG PROV.NTT. *Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana*, 14. https://ejurnal.undana.ac.id/index.php/jurnal_teknologi/article/view/3254/2135
- Al-Malah, K. I. M. (2016). Introducing Aspen Plus. In *Aspen Plus®* (pp. 1–47). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781119293644.ch1>
- Al-Sobhi, S. A., AlNouss, A., Alsaba, W., & Elkamel, A. (2022). Sustainable design and analysis for helium extraction from sale gas in liquefied natural gas production. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 102, 104599. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jngse.2022.104599>
- Biswan, A. T. (2022, November 10). *Cost Benefit and Analysis (Analisis Biaya dan Manfaat)*. Kementerian Keuangan Indonesia. <https://klc2.kemenkeu.go.id/kms/knowledge/cost-benefit-and-analysis-analisisbiaya-dan-manfaat-58381283/detail/>
- Bureau of Land Management. (2021). *FY 2022 Posted Price for Crude Helium*. <https://www.blm.gov/sites/default/files/docs/2021-06/FY2022%20Posted%20Price.pdf>
- Chen, M. T., Amos, Dr. S. J., Barry, W. R., Bloch, L. J., Dunfield, B. D., Franklin, M. S., McDonald, J. D. F., Postula, F. D., Rad, Dr. P. F., Singh, R., Stukhart, Dr. G., Pritchett, M. B., Regan, S. T., & Harry W. Jarnagan. (2007). *SKILLS & KNOWLEDGE OF COST ENGINEERING* (5th ed.).
- Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (2005a). *Chemical Engineering Design* (Richardson, Vol. 6). Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Coulson, & Richardson. (2005b). *CHEMICAL ENGINEERING VOLUME 6*.
- Grynja, E., & Griffin, P. J. (2016). Helium in Natural Gas - Occurrence and Production. *Natural Gas Engineering*, 1, 163–215.
- Hamedi, H., Karimi, I. A., & Gundersen, T. (2019a). Optimization of helium extraction processes integrated with nitrogen removal units: A comparative study. *Computers & Chemical Engineering*, 121, 354–366. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2018.11.002>
- Hamedi, H., Karimi, I. A., & Gundersen, T. (2019b). Optimization of helium extraction processes integrated with nitrogen removal units: A comparative study. *Computers & Chemical Engineering*, 121, 354–366. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2018.11.002>
- He, Y., Chen, R., Li, W., Yang, R., Yi, C., Wu, Y., Xia, G., Xu, X., & Liu, Y. (2024). Simulation and Economic Analysis of Helium Extraction Process from Natural Gas. *Processes*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/pr12091892>



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

- Jahromi, P. E., Fatemi, S., Vatani, A., Ritter, J. A., & Ebner, A. D. (2018). Purification of helium from a cryogenic natural gas nitrogen rejection unit by pressure swing adsorption. *Separation and Purification Technology*, 193, 91–102.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.11.002>
- J.R. Couper. (2003). *Process Engineering Economics (1st ed.)* . CRC Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9780203911396>
- Karimuddin Abdullah, Misbahul Jannah, & Ummul Aiman. (2021). *METODOLOGI PENELITIAN KUANTITATIF*. Yayasan Penerbit Muhammad Zaini.
- Lester, E. I. A. (2014). Chapter 1 - Project Definition. In E. I. A. Lester (Ed.), *Project Management, Planning and Control (Sixth Edition)* (Sixth Edition, pp. 1–6). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-098324-0.00001-9>
- Mehrpooya, M., & Shafaei, A. (2016). Advanced exergy analysis of novel flash based Helium recovery from natural gas processes. *Energy*, 114, 64–83.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.169>
- Mukhopadhyay, M. (1980). *Helium sources and recovery processes - with special reference to India*. United Kingdom. [https://doi.org/10.1016/0011-2275\(80\)90047-8](https://doi.org/10.1016/0011-2275(80)90047-8). 20. [https://doi.org/10.1016/0011-2275\(80\)90047-8](https://doi.org/10.1016/0011-2275(80)90047-8)
- Nuttall, W. J., Clarke, R. H., & Glowacki, B. A. (2012). *The Future of Helium as a Natural Resource* (N. Hanley, Ed.). Routledge Explorations in Environmental Economics.
- Ohya, H., Kudryavsev, V. V., & Semenova, S. I. (1997). *Polyimide Membranes: Applications, Fabrications and Properties* (1st ed.). Routledge.
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1958). *Plant Design Economic for Chemical Engineer's*, 2nd ed. McGraw-Hill Book Co.
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). *McGraw-Hill Chemical Engineering Series Editorial Advisory Board Building the Literature of a Profession*.
- Prof. Dr. Sugiyono. (2013). *METODE PENELITIAN KUANTITATIF, KUALITATIF DAN R&D*. Penerbit ALFABETA.
https://id.scribd.com/embeds/391327717/content?start_page=1&view_mode=scroll&access_key=key-ffexxf7r1bzEfWu3HKwf
- PT Badak. (2020). *PLANT 24 LNG STORAGE : Storage And Loading Manual Book 5 of 12*. PT Badak NGL.
- Quader, M. A., Rufford, T. E., & Smart, S. (2020). Modeling and cost analysis of helium recovery using combined-membrane process configurations. *Separation and Purification Technology*, 236, 116269.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.116269>
- Serra Leal, J. S., Incer-Valverde, J., & Morosuk, T. (2023). Helium: Sources, Applications, Supply, and Demand. *Gases*, 3(4), 181–183.
<https://doi.org/10.3390/gases3040013>



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

- Setyawan, H. (2017). *Pengantar Untuk Simulasi Proses Dengan Aspen Hysys*. C.V Andi Offset (Penerbit Andi).
- Shafaei, A., & Mehrpooya, M. (2018). Process development and sensitivity analysis of novel integrated helium recovery from natural gas processes. *Energy*, 154, 52–67. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.04.114>
- Stanley M. Walas. (1990). *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann.
- The Business Research Company. (2025). *Helium Global Market Report 2025*. <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/helium-global-market-report>
- Tim Penyusun. (2020). *Panduan Tugas Akhir/Skripsi Jurusan Teknik Mesin*. Politeknik Negeri Jakarta.
- Timmerhaus, K. D., & Flynn, T. M. (1989). *Cryogenic Process Engineering*. Springer Science+Business Media New York. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4684-8756-5>
- Trisna, N., Mahessya, R. A., & Elva, Y. (2022). ANALISIS KELAYAKAN SUATU PRODUKSI USAHA UD. PELITA KITA DENGAN METODE BENEFIT COST RATIO. *Journal of Science and Social Research*, 2. Available online at <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- Turton, R., Bhattacharyya, D., & A. Shaeiwitz, J. (2018). *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes, Fifth Edition*.
- Turton, R., Shaeiwitz, J. A., Bhattacharyya, D., & Whiting, W. B. (2018). *ANALYSIS, SYNTHESIS, AND DESIGN OF CHEMICAL PROCESSES*. Pearson Education, Inc.
- Undari Sulung, & Mohamad Muspawi. (2024). *MEMAHAMI SUMBER DATA PENELITIAN : PRIMER, SEKUNDER, DAN TERSIER*. <https://doi.org/https://doi.org/10.47827/jer.v5i3.238>
- USGS, 2023. (2023). *Helium Statistics and Information*. <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/helium-statistics-and-information>
- Wangchuk, P. (2022). APPLICATION OF DEPRECIATION NET PRESENT VALUE AND INTERNAL RATE OF RETURN IN ENGINEERING PROJECTS A BRIEF LITERATURE REVIEW. *Journal of Applied Engineering, Technology and Management*, 2(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.54417/jaetm.v2i1.55>
- Whitman, D., & Terry, R. E. (2012). *Fundamentals of Engineering Economics and Decision Analysis*. Morgan & Claypool. <https://books.google.co.id/books?id=IJJu4toYTIsC>
- Wlodek, T. (2019). Analysis of Boil-Off Rate Problem in Liquefied Natural Gas (LNG) Receiving Terminals. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.
- Wu, X., Jia, P., Jia, W., & Li, C. (2024a). A new process for high-efficiency crude helium extraction and purification from natural gas. *Gas Science and Engineering*, 124, 205278. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jgsce.2024.205278>



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

Wu, X., Jia, P., Jia, W., & Li, C. (2024b). A new process for high-efficiency crude helium extraction and purification from natural gas. *Gas Science and Engineering*, 124, 205278. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jgsce.2024.205278>

Xiong, L., Peng, N., Liu, L., & Gong, L. (2017). Helium extraction and nitrogen removal from LNG boil-off gas. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 171. 10.1088/1757-899X/171/1/012003

Zhang, P., Gong, C., Zhou, T., Du, P., Song, J., Shi, M., Wang, X., & Gu, X. (2022). Helium extraction from natural gas using DD3R zeolite membranes. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 49, 122–129. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cjche.2021.09.004>





LAMPIRAN

© 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



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- LAMPIRAN A
- PROSES ALIR DIAGRAM HYSYS



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 B

NERACA MASSA

A. Kapasitas Produksi Helium Extraction Plant

Kapasitas produksi = 4.645 ton/Tahun

1 tahun produksi = 330 hari

1 hari produksi = 24 Jam

$$\text{Kapasitas produksi} = 4.645 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} \times 1 \frac{\text{tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ Jam}}$$

$$= 586,505 \text{ kg/jam}$$

Rasio Product to Feed = 0,018

[kg Product/kg Feed]

Kemurnian Produk = 70% (Crude Helium)

B. Neraca Massa Helium Extraction Plant

KOMPRESSOR

Kompresor		K-01 1st Stage		K-01 2nd Stage	
		INPUT	OUTPUT	INPUT	OUTPUT
Stream	Unit	1	2	3	4
Pressure	kPa	457,3	1171,28	1102,33	3000
Temperature	C	10	97,65	42	142,87
Mass Flow	kg/hr	32621,51	32621,51	32621,51	32621,51
Total	kg/hr	32621,51	32621,51	32621,51	32621,51

HEAT EXCHANGER

Heat Exchanger		E-01				E-02			
		INPUT		OUTPUT		INPUT		OUTPUT	
Stream	Unit	2	11	3	12	4	13	5	14
Pressure	kPa	1171,28	343,2	1102,33	343,2	3000	343,2	2931,05	343,2
Temperature	C	97,65	30	42	44	0,00	30	42,00	44
Mass Flow	kg/hr	32621,51	56788,1391	32621,51	56788,1391	32621,51	130612,083	32621,51	130612,083
Total	kg/hr	32621,51	56788,1391	32621,51	56788,1391	32621,51	130612,083	32621,51	130612,083

Heat Exchanger		E-03			
		INPUT		OUTPUT	
Stream	Unit	5	9	6	10
Pressure	kPa	2931,05	500	2931,05	500
Temperature	C	42,00	-138,2	-110	18,55
Mass Flow	kg/hr	32621,51	32035,01503	32621,51	32035,01503
Total	kg/hr	32621,51	32035,01503	32621,51	32035,01503

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

DISTILLATION COLUMN

Distillation Column		DC-01		
		INPUT	OUTPUT	
Stream	Unit	6-2	7	8
Pressure	kPa	2300	2000	2000
Temperature	C	-112,8	-137,8	-114
Mass Flow	kg/hr	32621,5090	586,51	32035,00
Total	kg/hr	32621,5090	32621,51	



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 C

NERACA ENERGI HELIUM EXTRACTION PLANT

Kompresor

Kompresor		K-01 1st Stage		K-01 2nd Stage	
		INPUT	OUTPUT	INPUT	OUTPUT
Stream	Unit	1 W kompresor	2	3 W kompresor	4
Pressure	kPa	457,3	1171,28135	1102,33135	3000
Temperature	C	10	97,65	42	142,8716157
Molar Flow	kgmole/hr	2050,79	2050,79	2050,79	2050,79
Hi	kJ/kgmole	-73317,24	-70580,39944	-72253,33276	-68729,80351
Heat Flow	MJ/hr	-150331,85	5611,696319	-148150,386	7224,74936
Total			-144720,15	-144.720,15	-140925,6366

Heat Exchanger

Heat Exchanger		E-01		E-02	
		INPUT	OUTPUT	INPUT	OUTPUT
Stream	Unit	2	Q CW (11-12)	3	4
Pressure	kPa	1171,28		1102,33	3000,00
Temperature	C	97,65		42,00	142,87
Molar Flow	kgmole/hr	2050,79		2050,79	2050,79
Hi	kJ/kgmole	-70580,40		-72253,33	-68729,80
Heat Flow	MJ/hr	-144720,15	3430,23	-148150,39	-140925,64
Total		-144720,15		-144720,15	-140925,64

Heat Exchanger		E-03	
		INPUT	OUTPUT
Stream	Unit	5	9
Pressure	kPa	2931,05	500,00
Temperature	C	42,00	-138,20
Molar Flow	kgmole/hr	2050,79	1976,24
Hi	kJ/kgmole	-72539,91	-86431,78
Heat Flow	MJ/hr	-148738,00	-170779,68
Total			-319517,68

Distillation Column

Distillation Column		DC-01			
		INPUT		OUTPUT	
Stream	Unit	6 -- 2	Q reb	7 (distillate)	8 (bottom)
Pressure	kPa	2300,00		2000,00	2000,00
Temperature	C	-112,80		-137,80	-114,00
Molar Flow	kgmole/hr	2050,79		74,55	1976,24
Hi	kJ/kgmole	-83555,07		-24301,14	-86431,77
Heat Flow	MJ/hr	-171323,81	0,01	-1811,43	-170779,56
Total			-171323,80		1267,27

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 D

DAFTAR PERALATAN

Lampiran ini berisi perhitungan terkait estimasi setiap peralatan unit *helium extraction*.

A. Kompresor *Multistage* (K-01)

Kode alat	=	K-01
Fungsi	=	Mengkompresi Feed dari BOG untuk masuk ke pendingin sebelum ke DC
Tipe	=	Centrifugal - Electric Motor Driver
Bahan konstruksi	=	Stainless Steel
m stage	=	2
Kondisi Operasi		
P ₁ suction	=	457,3 kPa
P ₂ discharge	=	3000 kPa
Flowrate	=	32689 kg/h
Kapasitas	=	6461,4992 CFM
ρ suction	=	2,977647 kg/m ³
ρ discharge	=	5,905653 kg/m ³

B. 1st Stage Intercooler

Kode alat	=	E-01
Fungsi	=	Mendinginkan Aliran Keluaran Kompresor 1st stage
Tipe	=	Shell & Tube AXL
Shell	=	BOG Streams
	=	Carbon Steel
Tube	=	Cooling Water
	=	Titanium
Luas Area	=	1989,9 ft ²
LMTD	=	50.06 F

C. 2nd Stage Intercooler

Kode alat	=	E-02
-----------	---	------



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

Fungsi	=	Aftercooler CW untuk mendinginkan outlet kompresor 2nd stage
Tipe	=	Shell & Tube AXL
Shell	=	BOG Streams
	=	Carbon Steel
Tube	=	Cooling Water
	=	Titanium
Luas Area	=	2567,08 ft ²
LMTD	=	74,15 F

D. Heat Exchanger Feed Distillation

Kode alat	=	E-03
Fungsi	=	Cross exchanger untuk mendinginkan feed distillation column
Tipe	=	Shell & Tube AXL
Shell	=	Bottom distillation
	=	Stainless Steel
Tube	=	BOG Stream
	=	Stainless Steel
Luas Area	=	2997,9417 ft ²
LMTD	=	47.43 F

E. Cryogenic Distillation Column

Kode alat	=	DC-01
Tipe Internal	=	Valve Tray
Laju Alir Massa Produk	=	586,51 kg/h
	=	32035,00 kg/h
Laju Alir Produk	=	74,55 kgmole/h
	=	1976,24 kgmole/h
Luas Area Penampang	=	0,79 m ²
Diameter Penampang	=	11,1 m
Tinggi Menara	=	0,77 m
Jumlah Stage	=	24
Tray Space	=	0,45 m

(TOP)
(BOTTOM)
(TOP)
(BOTTOM)

F. Condenser Column Vessel



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

Kode alat	=	V-01	
Tipe internal	=	Vertical Gas Liquid Separator	
Laju alir massa produk	=	586,51 kg/h	(TOP)
	=	32035,00 kg/h	(BOTTOM)
Laju alir produk	=	74,55 kgmole/h	(TOP)
	=	1976,24 kgmole/h	(BOTTOM)
Kapasitas	=	22,55 m ²	
Tekanan operasi	=	2000 kPa	
Diameter menara	=	1.93 m	
Tinggi menara	=	0,77 m	
Hold up time	=	4.24 m	
Reflux ratio	=	2,2	

G. Storage Tank

Kode	=	T-01
Fungsi	=	Menyimpan Produk Crude Helium
Tipe	=	Bullet Tank
Kapasitas	=	1252,07 m ³ 44216,54 ft ³
Bahan konstruksi	=	Stainless Steel 304
Jumlah	=	1 buah
Diameter tangki	=	312,51 in 7,94 m
Panjang tangki	=	787,40 in 20 m
Tebal tangki	=	2 m 0.0508 m

Kode	=	T-02/03/04
Fungsi	=	Menyimpan Produk Crude Helium
Tipe	=	Bullet Tank
Kapasitas	=	1600 m ³ 56503,52 ft ³
Bahan konstruksi	=	Stainless Steel 304
Jumlah	=	1 buah



© 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

Diameter tangki = 393.70 in
10 m
Panjang tangki = 787.40 in
20 m
Tebal tangki = 2 in
0.0508 m



LAMPIRAN E
ARUS ALIRAN KAS

Year	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Revenue											
Penjualan Crude Helium	\$ 2,430,464,14	\$ 2,556,312,05	\$ 2,687,058,49	\$ 2,822,703,46	\$ 2,963,246,97	\$ 3,108,689,01	\$ 3,259,029,59	\$ 3,414,268,70	\$ 3,574,406,35	\$ 3,739,442,53	
TOTAL	\$ 2,430,464,14	\$ 2,556,312,05	\$ 2,687,058,49	\$ 2,822,703,46	\$ 2,963,246,97	\$ 3,108,689,01	\$ 3,259,029,59	\$ 3,414,268,70	\$ 3,574,406,35	\$ 3,739,442,53	
Capital Expenditure											
TOTAL	\$ (70,661,574,09)										
Operating Expenditure											
Direct Production Cost	\$ 14,453,739,25	\$ 14,742,814,04	\$ 15,037,670,32	\$ 15,338,423,72	\$ 15,645,192,20	\$ 15,958,006,04	\$ 16,277,257,96	\$ 16,602,803,12	\$ 16,934,859,18	\$ 17,273,556,37	
Fixed Charges	\$ 3,815,725,00	\$ 3,892,039,50	\$ 3,969,880,29	\$ 4,049,277,90	\$ 4,130,563,45	\$ 4,212,868,72	\$ 4,297,126,10	\$ 4,383,068,62	\$ 4,470,729,99	\$ 4,560,144,59	
Plant Overhead Cost	\$ 1,217,964,28	\$ 1,242,323,57	\$ 1,267,170,04	\$ 1,292,513,44	\$ 1,318,363,71	\$ 1,344,730,98	\$ 1,371,625,60	\$ 1,399,058,12	\$ 1,427,039,28	\$ 1,455,580,06	
General Expenses	\$ 811,976,19	\$ 828,215,71	\$ 844,780,03	\$ 861,675,63	\$ 878,909,14	\$ 896,487,32	\$ 914,417,07	\$ 932,705,41	\$ 951,339,52	\$ 970,386,71	
Tax (12%)	\$ 2,435,928,57	\$ 2,484,647,14	\$ 2,534,340,08	\$ 2,585,026,88	\$ 2,636,727,42	\$ 2,689,461,97	\$ 2,743,251,21	\$ 2,798,116,23	\$ 2,854,078,56	\$ 2,911,160,13	
TOTAL	\$ 22,735,333,29	\$ 23,190,039,96	\$ 23,653,840,76	\$ 24,126,917,57	\$ 24,609,455,92	\$ 25,101,645,04	\$ 25,603,677,94	\$ 26,115,751,50	\$ 26,638,066,53	\$ 27,170,827,86	
Earning Before Tax	\$ (20,304,869,15)	\$ (20,633,727,91)	\$ (20,966,782,27)	\$ (21,304,214,11)	\$ (21,646,208,95)	\$ (21,992,956,03)	\$ (22,344,648,35)	\$ (22,701,482,80)	\$ (23,063,660,18)	\$ (23,431,385,34)	
Corporate Tax	\$ (4,467,071,21)	\$ (4,539,420,14)	\$ (4,612,692,10)	\$ (4,686,927,10)	\$ (4,762,165,97)	\$ (4,838,450,33)	\$ (4,915,822,64)	\$ (4,994,326,22)	\$ (5,074,005,24)	\$ (5,154,390,77)	
Net Income	\$ (70,661,574,09)	\$ (15,837,797,94)	\$ (16,094,307,77)	\$ (16,354,090,17)	\$ (16,617,287,01)	\$ (16,884,042,98)	\$ (17,154,505,70)	\$ (17,428,825,71)	\$ (17,707,156,58)	\$ (17,989,654,94)	\$ (18,276,480,56)
Net Cash Flow	\$ (70,661,574,09)	\$ (15,837,797,94)	\$ (16,094,307,77)	\$ (16,354,090,17)	\$ (16,617,287,01)	\$ (16,884,042,98)	\$ (17,154,505,70)	\$ (17,428,825,71)	\$ (17,707,156,58)	\$ (17,989,654,94)	\$ (18,276,480,56)
Cumulative Cash Flow	\$ (70,661,574,09)	\$ (86,499,372,03)	\$ (102,593,679,80)	\$ (118,947,769,97)	\$ (135,565,056,98)	\$ (152,449,099,96)	\$ (169,603,605,66)	\$ (187,032,431,38)	\$ (204,739,587,96)	\$ (222,729,242,91)	\$ (241,005,723,47)
Analysis											
Discount Rate	\$ 0,06										
Present Value (PV)	\$ (70,661,574,09)	\$ (14,904,759,97)	\$ (14,253,866,24)	\$ (13,630,662,14)	\$ (13,034,094,79)	\$ (12,463,137,64)	\$ (11,916,791,45)	\$ (11,394,084,77)	\$ (10,894,074,36)	\$ (10,415,845,50)	\$ (9,958,512,05)
Net Present Value (NPV)	\$ (271,979,072,55)	Calculated									
Net Present Value (NPV)	\$ (271,979,072,55)	Ms Excel									

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



Year	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Revenue											
Penjualan Crude Helium	\$ 3,909,377.24	\$ 4,084,210.49	\$ 4,263,942.27	\$ 4,448,572.58	\$ 4,638,101.43	\$ 4,832,528.82	\$ 5,031,854.73	\$ 5,236,079.19	\$ 5,445,202.17	\$ 5,659,223.69	\$ (25,734.66)
TOTAL	\$ 3,909,377.24	\$ 4,084,210.49	\$ 4,263,942.27	\$ 4,448,572.58	\$ 4,638,101.43	\$ 4,832,528.82	\$ 5,031,854.73	\$ 5,236,079.19	\$ 5,445,202.17	\$ 5,659,223.69	\$ (25,734.66)
Capital Expenditure											
TOTAL											
Operating Expenditure											
Direct Production Cost	\$ 17,619,027.50	\$ 17,971,408.05	\$ 18,330,836.21	\$ 18,697,452.93	\$ 19,071,401.99	\$ 19,452,830.03	\$ 19,841,886.63	\$ 20,238,724.36	\$ 20,643,498.85	\$ 21,056,368.83	\$ 21,477,496.20
Fixed Charges	\$ 4,651,347.48	\$ 4,744,374.43	\$ 4,839,261.92	\$ 4,936,047.16	\$ 5,034,768.10	\$ 5,135,463.47	\$ 5,238,172.74	\$ 5,342,936.19	\$ 5,449,794.91	\$ 5,558,790.81	\$ 5,669,966.63
Plant Overhead Cost	\$ 1,484,691.67	\$ 1,514,385.50	\$ 1,544,673.21	\$ 1,575,566.67	\$ 1,607,078.01	\$ 1,639,219.57	\$ 1,672,003.96	\$ 1,705,444.04	\$ 1,739,552.92	\$ 1,774,343.98	\$ 1,809,830.86
General Expenses	\$ 989,794.44	\$ 1,009,590.33	\$ 1,029,782.14	\$ 1,050,377.78	\$ 1,071,385.34	\$ 1,092,813.04	\$ 1,114,669.31	\$ 1,136,962.69	\$ 1,159,701.95	\$ 1,182,895.98	\$ 1,206,553.90
Tax (12%)	\$ 2,969,383.33	\$ 3,028,771.00	\$ 3,089,346.42	\$ 3,151,133.35	\$ 3,214,136.01	\$ 3,278,439.13	\$ 3,344,007.92	\$ 3,410,888.07	\$ 3,479,105.84	\$ 3,548,687.95	\$ 3,619,661.71
TOTAL	\$ 27,714,244.42	\$ 28,268,529.31	\$ 28,833,899.89	\$ 29,410,577.89	\$ 29,998,789.45	\$ 30,598,765.24	\$ 31,210,740.54	\$ 31,834,955.35	\$ 32,471,654.46	\$ 33,121,087.55	\$ 33,783,509.30
Earning Before Tax	\$ (23,804,867.18)	\$ (24,184,318.82)	\$ (24,569,957.63)	\$ (24,962,005.31)	\$ (25,360,668.02)	\$ (25,766,236.42)	\$ (26,178,865.81)	\$ (26,598,876.17)	\$ (27,026,452.29)	\$ (27,461,863.86)	\$ (33,809,243.96)
Corporate Tax	\$ (5,237,070.78)	\$ (5,320,550.14)	\$ (5,405,390.68)	\$ (5,491,641.17)	\$ (5,579,351.36)	\$ (5,668,572.01)	\$ (5,759,354.88)	\$ (5,851,752.76)	\$ (5,945,819.50)	\$ (6,041,610.05)	\$ (7,438,033.67)
Net Income	\$ (18,567,796.40)	\$ (18,863,768.68)	\$ (19,164,566.95)	\$ (19,470,364.14)	\$ (19,781,336.65)	\$ (20,097,664.41)	\$ (20,419,530.93)	\$ (20,747,123.41)	\$ (21,080,632.79)	\$ (21,420,253.81)	\$ (26,371,210.29)
Net Cash Flow	\$ (18,567,796.40)	\$ (18,863,768.68)	\$ (19,164,566.95)	\$ (19,470,364.14)	\$ (19,781,336.65)	\$ (20,097,664.41)	\$ (20,419,530.93)	\$ (20,747,123.41)	\$ (21,080,632.79)	\$ (21,420,253.81)	\$ (26,371,210.29)
Cumulative Cash Flow	\$ (259,573,519.87)	\$ (278,437,288.55)	\$ (297,601,855.50)	\$ (317,072,219.64)	\$ (336,853,556.29)	\$ (356,951,220.70)	\$ (377,370,751.63)	\$ (398,117,875.04)	\$ (419,198,507.83)	\$ (440,618,761.64)	\$ (466,989,971.92)
Analysis											
Discount Rate											
Present Value (PV)	\$ (9,521,216.44)	\$ (9,103,129.55)	\$ (8,703,450.42)	\$ (8,321,406.00)	\$ (7,956,250.72)	\$ (7,607,266.05)	\$ (7,273,759.96)	\$ (6,955,066.42)	\$ (6,650,544.80)	\$ (6,359,579.21)	\$ (7,368,244.33)

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

LAMPIRAN F

TABEL PRODUKSI DAN KEBUTUHAN FUEL GAS

A Tabel Produksi dan Konsumsi Sebelum Ekstraksi Dilakukan

Fuel Gas Production (Nm ³ /hari)						Fuel gas Consumption	
Tanggal	Condensate Stabilizer	B.O.G.	Train's	38FR- 006 (Make Up)	Total	Tanggal	F/gas to boiler
1-Mar-25	127.914	1.063.000	1.096.000	211.000	2.497.914	1-Mar-25	2.343.816
2-Mar-25	124.230	1.025.000	1.212.000	0	2.361.230	2-Mar-25	2.291.688
3-Mar-25	127.259	1.001.000	1.206.000	265.000	2.599.259	3-Mar-25	2.369.136
4-Mar-25	126.771	1.006.000	1.145.000	224.000	2.501.771	4-Mar-25	2.370.768
5-Mar-25	127.253	1.096.000	1.108.000	179.000	2.510.253	5-Mar-25	2.366.040
6-Mar-25	125.961	1.104.000	1.139.000	135.000	2.503.961	6-Mar-25	2.374.008
7-Mar-25	127.512	1.083.000	1.102.000	191.000	2.503.512	7-Mar-25	2.374.344
8-Mar-25	125.521	1.068.000	1.110.000	208.000	2.511.521	8-Mar-25	2.366.664
9-Mar-25	125.321	1.009.000	1.230.000	124.000	2.488.321	9-Mar-25	2.358.000
10-Mar-25	125.321	1.003.000	1.076.000	276.000	2.480.321	10-Mar-25	2.326.248
11-Mar-25	251.860	1.022.000	1.003.000	296.000	2.572.860	11-Mar-25	2.350.248
12-Mar-25	126.708	1.072.000	1.107.000	174.000	2.479.708	12-Mar-25	2.347.224
13-Mar-25	130.394	1.023.000	1.137.000	175.000	2.465.394	13-Mar-25	2.345.400
14-Mar-25	127.732	1.063.000	1.204.000	53.000	2.447.732	14-Mar-25	2.342.448
15-Mar-25	127.941	1.062.000	1.086.000	178.000	2.453.941	15-Mar-25	2.333.016
16-Mar-25	127.126	1.065.000	1.153.000	122.000	2.467.126	16-Mar-25	2.346.216
17-Mar-25	125.901	1.062.000	1.153.000	186.000	2.526.901	17-Mar-25	2.298.240
18-Mar-25	124.118	1.011.000	1.153.000	185.000	2.473.118	18-Mar-25	2.309.928
19-Mar-25	124.118	1.068.000	1.110.000	131.000	2.433.118	19-Mar-25	2.322.144
20-Mar-25	252.321	1.038.000	1.206.000	39.000	2.535.321	20-Mar-25	2.335.632
21-Mar-25	125.265	1.034.000	1.204.000	80.000	2.443.265	21-Mar-25	2.331.384
22-Mar-25	123.785	1.104.000	1.136.000	72.000	2.435.785	22-Mar-25	2.309.280
23-Mar-25	122.878	1.048.000	1.120.000	152.000	2.442.878	23-Mar-25	2.292.240
24-Mar-25	122.688	1.076.000	1.057.000	164.000	2.419.688	24-Mar-25	2.320.056
25-Mar-25	125.694	1.060.000	1.114.000	162.000	2.461.694	25-Mar-25	2.370.312
26-Mar-25	122.995	1.077.000	1.207.000	99.000	2.505.995	26-Mar-25	2.346.984
27-Mar-25	121.425	1.108.000	1.154.000	88.000	2.471.425	27-Mar-25	2.349.192
28-Mar-25	123.518	1.072.000	1.148.000	140.000	2.483.518	28-Mar-25	2.351.424
29-Mar-25	123.587	1.002.000	1.221.000	111.000	2.457.587	29-Mar-25	2.386.080
30-Mar-25	125.621	1.094.000	1.232.000	56.000	2.507.621	30-Mar-25	2.410.080
31-Mar-25	123.981	1.063.000	1.182.000	160.000	2.528.981	31-Mar-25	2.391.384



B Tabel Produksi dan Konsumsi Setelah Ekstraksi Dilakukan

Fuel Gas Production (Nm ³ /hari)						Fuel gas Consumption	
Tanggal	Condensate Stabilizer	B.O.G.	Train's	38FR-006 (Make Up)	Total	Tanggal	F/gas to boiler
1-Mar-25	127.914	1.022.902	1.096.000	211.000	2.457.816	1-Mar-25	2.343.816
2-Mar-25	124.230	984.902	1.212.000	0	2.321.132	2-Mar-25	2.291.688
3-Mar-25	127.259	960.902	1.206.000	265.000	2.559.161	3-Mar-25	2.369.136
4-Mar-25	126.771	965.902	1.145.000	224.000	2.461.673	4-Mar-25	2.370.768
5-Mar-25	127.253	1.055.902	1.108.000	179.000	2.470.155	5-Mar-25	2.366.040
6-Mar-25	125.961	1.063.902	1.139.000	135.000	2.463.863	6-Mar-25	2.374.008
7-Mar-25	127.512	1.042.902	1.102.000	191.000	2.463.414	7-Mar-25	2.374.344
8-Mar-25	125.521	1.027.902	1.110.000	208.000	2.471.423	8-Mar-25	2.366.664
9-Mar-25	125.321	968.902	1.230.000	124.000	2.448.223	9-Mar-25	2.358.000
10-Mar-25	125.321	962.902	1.076.000	276.000	2.440.223	10-Mar-25	2.326.248
11-Mar-25	251.860	981.902	1.003.000	296.000	2.532.762	11-Mar-25	2.350.248
12-Mar-25	126.708	1.031.902	1.107.000	174.000	2.439.610	12-Mar-25	2.347.224
13-Mar-25	130.394	982.902	1.137.000	175.000	2.425.296	13-Mar-25	2.345.400
14-Mar-25	127.732	1.022.902	1.204.000	53.000	2.407.634	14-Mar-25	2.342.448
15-Mar-25	127.941	1.021.902	1.086.000	178.000	2.413.843	15-Mar-25	2.333.016
16-Mar-25	127.126	1.024.902	1.153.000	122.000	2.427.028	16-Mar-25	2.346.216
17-Mar-25	125.901	1.021.902	1.153.000	186.000	2.486.803	17-Mar-25	2.298.240
18-Mar-25	124.118	970.902	1.153.000	185.000	2.433.020	18-Mar-25	2.309.928
19-Mar-25	124.118	1.027.902	1.110.000	131.000	2.393.020	19-Mar-25	2.322.144
20-Mar-25	252.321	997.902	1.206.000	39.000	2.495.223	20-Mar-25	2.335.632
21-Mar-25	125.265	993.902	1.204.000	80.000	2.403.167	21-Mar-25	2.331.384
22-Mar-25	123.785	1.063.902	1.136.000	72.000	2.395.687	22-Mar-25	2.309.280
23-Mar-25	122.878	1.007.902	1.120.000	152.000	2.402.780	23-Mar-25	2.292.240
24-Mar-25	122.688	1.035.902	1.057.000	164.000	2.379.590	24-Mar-25	2.320.056
25-Mar-25	125.694	1.019.902	1.114.000	162.000	2.421.596	25-Mar-25	2.370.312
26-Mar-25	122.995	1.036.902	1.207.000	99.000	2.465.897	26-Mar-25	2.346.984
27-Mar-25	121.425	1.067.902	1.154.000	88.000	2.431.327	27-Mar-25	2.349.192
28-Mar-25	123.518	1.031.902	1.148.000	140.000	2.443.420	28-Mar-25	2.351.424
29-Mar-25	123.587	961.902	1.221.000	111.000	2.417.489	29-Mar-25	2.386.080
30-Mar-25	125.621	1.053.902	1.232.000	56.000	2.467.523	30-Mar-25	2.410.080
31-Mar-25	123.981	1.022.902	1.182.000	160.000	2.488.883	31-Mar-25	2.391.384

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



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 G
DAFTAR RIWAYAT HIDUP



1. Nama Lengkap : Noer Wahidin Parakkasi
2. NIM : 2102322010
3. Tempat, Tanggal Lahir : Sangatta, 21 April 2002
4. Jenis Kelamin : Laki-laki
5. Alamat : PC 6C Millenium No.161B, Kompleks Perumahan PT Badak NGL, Kel. Satimpo, Kec. Bontang Selatan, Kota Bontang, Kalimantan Timur
6. Email : n.wahidparakkasi@gmail.com
7. Pendidikan
 - SD (2009-2015) : SD IT Daarussalaam Sangatta
 - SMP (2015-2018) : SMP IT DHBS Bontang
 - SMA (2018-2021) : SMA IT DHBS Bontang
8. Program Studi : Teknologi Rekayasa Konversi Energi
9. Bidang Peminatan : Teknik Pengolahan Gas
10. Tempat Penelitian : PT Badak NGL, Bontang
11. Judul Penelitian : STUDI KELAYAKAN EKSTRAKSI HELIUM DARI BOIL-OFF GAS PADA KILANG PT BADAK NGL DI AREA LNG TANGKI