



© 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



PNJ - PT BADAK NGL

**ANALISIS PENGAMBILAN KEPUTUSAN MULTI-KRITERIA
DENGAN METODE TOPSIS UNTUK PENUKAR PANAS
PLATE AND FRAME DAN *SHELL AND TUBE* PADA SISTEM
AMINE DI PT BADAK NGL**

LAPORAN SKRIPSI

Oleh:

Kirana Syafa Maharani
NIM. 2102322014

**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



PNJ - PT BADAK NGL

**ANALISIS PENGAMBILAN KEPUTUSAN MULTI-KRITERIA
DENGAN METODE TOPSIS UNTUK PENUKAR PANAS
PLATE AND FRAME DAN *SHELL AND TUBE* PADA SISTEM
AMINE DI PT BADAK NGL**

DRAFT
SKRIPSI
**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:
Kirana Syafa Maharani
NIM. 2102322014

**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



PNJ - PT BADAK NGL

**ANALISIS PENGAMBILAN KEPUTUSAN MULTI-KRITERIA
DENGAN METODE TOPSIS UNTUK PENUKAR PANAS
PLATE AND FRAME DAN *SHELL AND TUBE* PADA SISTEM
AMINE DI PT BADAK NGL**

LAPORAN SKRIPSI

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

Oleh:

**Kirana Syafa Maharani
NIM. 2102322014**

**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

HALAMAN PERSEMBAHAN



“Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang tua, almamater, dan masa depan”

**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 PERSETUJUAN
LAPORAN SKRIPSI**

**ANALISIS PENGAMBILAN KEPUTUSAN MULTI-KRITERIA DENGAN
METODE TOPSIS UNTUK PENUKAR PANAS *PLATE AND FRAME* DAN
SHELL AND TUBE PADA SISTEM AMINE DI PT BADAK NGL**

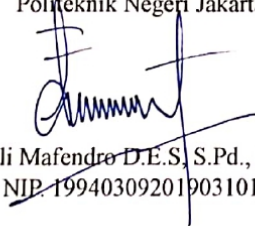
Oleh:

Kirana Syafa Maharani
NIM. 2102322014

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Laporan Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

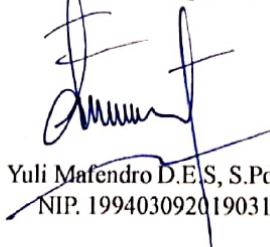
Pembimbing Skripsi
Politeknik Negeri Jakarta


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

Pembimbing Skripsi
PT Badak NGL


Ir. Gren Haga Barus, S.T., MBA
No. Pek. 132517

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

**HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN SKRIPSI**

**ANALISIS PENGAMBILAN KEPUTUSAN MULTI-KRITERIA DENGAN
METODE TOPSIS UNTUK PENUKAR PANAS *PLATE AND FRAME* DAN
SHELL AND TUBE PADA SISTEM *AMINE* DI PT BADAK NGL**

Oleh:

Kirana Syafa Maharani
NIM. 2102322014

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 14 Juli 2025 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.	Yuli Mafendro D.E.S, S.Pd., M.T. NIP. 199403092019031013	Ketua Penguji		14/07/2025
2.	Radhi Maladzi, S.T., M.T. NIP. 199307282024061001	Penguji 1		14/07/2025
3.	Ir. I Wayan Yuda S., S.T., M.T., MBA No. Pek. 133237	Penguji 2		14/07/2025

Bontang, 14 Juli 2025

Disahkan Oleh:



Dr. Eng. Ir. Muslimin, 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 mengumumkan 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 : Kirana Syafa Maharani

NIM : 2102322014

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, 14 Juli 2025



Kirana Syafa Maharani

NIM. 2102322014



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 PENGAMBILAN KEPUTUSAN MULTI-KRITERIA DENGAN METODE TOPSIS UNTUK PENUKAR PANAS *PLATE AND FRAME* DAN *SHELL AND TUBE* PADA SISTEM *AMINE* DI PT BADAK NGL

Kirana Syafa Maharani^{1*}, Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra, dan Gren Haga Barus³

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

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

³PT Badak NGL, Bontang, 75324

*Corresponding author *E-mail address*: yulimafendro@mesin.pnj.ac.id

ABSTRAK

Amine heat exchanger berperan penting dalam sistem pemurnian gas alam di PT Badak NGL dengan mentransfer panas antara *lean* dan *rich amine*. Penelitian ini mengevaluasi dan membandingkan *Plate and Frame Heat Exchanger* (PFHE) dan *Shell and Tube Heat Exchanger* (STHE) berdasarkan data operasional aktual menggunakan metode kuantitatif komparatif dan analisis *Multiple Attribute Decision Making* (MADM) dengan teknik TOPSIS. Kriteria evaluasi meliputi efektivitas perpindahan panas, *reliability*, *maintainability*, biaya *capital*, dan biaya pemeliharaan. Hasil menunjukkan PFHE memiliki efektivitas perpindahan panas lebih tinggi sebesar 63% dibanding STHE yang 54%, serta biaya *capital* lebih rendah sekitar USD 303.279, sedangkan STHE unggul dalam *reliability* (67,03% vs 53,21%) dan *maintainability* (39,3% vs 22,12%). Meskipun STHE lebih handal dan mudah dirawat, nilai TOPSIS menunjukkan PFHE memiliki kedekatan relatif lebih baik (0,5413 vs 0,4587) karena keunggulan biaya dan efektivitas. Dengan mempertimbangkan aspek teknis dan ekonomis, PFHE direkomendasikan sebagai alternatif terbaik untuk sistem *amine heat exchanger* di PT Badak NGL. Penelitian ini memberikan dasar pengambilan keputusan yang lebih optimal dan membuka peluang pengembangan studi lebih lanjut dalam optimalisasi sistem *heat exchanger* di industri LNG.

Kata Kunci: *Amine Heat Exchanger, Plate and Frame, Shell and Tube*



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

MULTI-CRITERIA DECISION ANALYSIS USING THE TOPSIS METHOD FOR PLATE AND FRAME AND SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGERS IN THE AMINE SYSTEM AT PT BADAK NGL

Kirana Syafa Maharani^{1*}, Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra, dan Gren Haga Barus³

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

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

³PT Badak NGL, Bontang, 75324

*Corresponding author *E-mail address*: yulimafendro@mesin.pnj.ac.id

ABSTRACT

The amine heat exchanger plays a crucial role in the natural gas purification system at PT Badak NGL by transferring heat between lean and rich amine solutions. This study evaluates and compares Plate and Frame Heat Exchanger (PFHE) and Shell and Tube Heat Exchanger (STHE) using actual operational data through a quantitative comparative method combined with Multiple Attribute Decision Making (MADM) analysis employing the TOPSIS technique. The evaluation criteria include heat transfer effectiveness, reliability, maintainability, capital cost, and maintenance cost. Results indicate that PFHE exhibits a higher heat transfer effectiveness of 63% compared to 54% for STHE, along with a lower capital cost by approximately USD 303,279. Conversely, STHE outperforms PFHE in reliability (67.03% vs. 53.21%) and maintainability (39.3% vs. 22.12%). Despite STHE's superior reliability and ease of maintenance, the TOPSIS scores reveal that PFHE has a better relative closeness value (0.5413 vs. 0.4587) due to its advantages in cost and effectiveness. Considering both technical and economic factors, PFHE is recommended as the best alternative for the amine heat exchanger system at PT Badak NGL. This research provides a more optimal decision-making basis and opens opportunities for further studies in optimizing heat exchanger systems in the LNG industry.

Keyword: *Amine Heat Exchanger, Plate and Frame, Shell and Tube*



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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisis Pengambilan Keputusan Multi-Kriteria dengan Metode Topsis untuk Penukar Panas *Plate And Frame* dan *Shell And Tube* pada Sistem *Amine* di PT BADAQ NGL”** tepat pada waktunya. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa dapat terselesaikannya laporan magang ini tidak lepas dari bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Muslimin, M.T., IWE. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Anas Malik Abdillah selaku Direktur LNG Academy beserta jajaran pengurus LNG Academy periode 2024 – 2027.
3. Bapak Johan Anindito Indriawan selaku Direktur LNG Academy periode 2021 – 2024 beserta jajaran pengurus LNG Academy periode 2021 – 2024.
4. Bapak Hanung Andriyanto Ketua Jurusan Mechanical Rotating LNG Academy.
5. Bapak Yuli Mafendro D.E.S, S.Pd., M.T. selaku Pembimbing 1 Skripsi dari Politeknik Negeri Jakarta sekaligus Kepala Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi Politeknik Negeri Jakarta.
6. Bapak Ir. Gren Haga Barus, S.T., MBA selaku Pembimbing 2 Skripsi dari PT Badak NGL.
7. Pihak PT Badak NGL dan segenap Civitas Akademika LNG Academy yang telah membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
8. Kedua orang tua serta adik yang senantiasa memberi dukungan dan doa.



© 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

9. Rekan-rekan mahasiswa LNG Academy Angkatan 11 yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama kegiatan perkuliahan maupun dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, penulis sangat berterimakasih atas masukan, kritik dan saran yang membangun agar tulisan ini menjadi lebih baik dari sebelumnya. Demikian skripsi ini penulis buat, semoga dapat memberikan manfaat kepada semua pihak.

Bontang, 14 Juli 2025

Kirana Syafa Maharani
NIM. 2102322014

**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 ISI

HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Batasan Masalah	6
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Landasan Teori.....	8
2.1.1 Perpindahan Kalor.....	8
2.1.2 <i>Heat Exchanger</i>	9
2.1.3 Klasifikasi <i>Heat Exchanger</i>	10
2.1.4 Arah Aliran Fluida pada <i>Heat Exchanger</i>	17
2.1.5 Perhitungan Efektivitas <i>Heat Exchanger</i>	19
2.1.6 Metode <i>Log Mean Temperature Difference</i> (LMTD).....	21
2.1.7 <i>Requirements of Heat Exchangers</i>	24
2.1.8 Parameter Evaluasi	25
2.1.9 <i>Biaya Capital</i>	28
2.1.10 <i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i> (TOPSIS)	29



© 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

2.2	Kajian Literatur.....	37
2.3	Kerangka Pemikiran	43
BAB III METODE PENELITIAN.....		44
3.1	Jenis Penelitian.....	45
3.2	Objek Penelitian.....	45
3.3	Metode Pengambilan Sampel.....	47
3.4	Jenis dan Sumber Data Penelitian	47
3.5	Metode Pengumpulan Data.....	48
3.6	Metode Analisis Data	48
BAB IV HASIL & PEMBAHASAN.....		54
4.1	Perhitungan Efektivitas Amine Heat Exchanger Tipe <i>Plate and Frame & Shell and Tube</i>	54
4.2	Perhitungan <i>Reliability Heat Exchanger</i>	62
4.3	Perhitungan <i>Maintainability Heat Exchanger</i>	64
4.4	Perhitungan Proyeksi Biaya <i>Capital Heat Exchanger</i>	67
4.5	<i>Maintenance Cost</i>	68
4.6	Evaluasi Alternatif Menggunakan Metode TOPSIS	71
BAB V PENUTUP		81
5.1	Kesimpulan.....	81
5.2	Saran.....	82
LAMPIRAN		83
DAFTAR PUSTAKA		85

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 GAMBAR

Gambar 1.1 (a) Shell and Tube Heat Exchanger & (b) Plate and Frame Heat Exchanger [1]	2
Gambar 2.1 Double Pipe Heat Exchanger [8]	11
Gambar 2.2 Spiral Plate Heat Exchanger [7].....	12
Gambar 2.3 Air-cooled Heat Exchanger [7]	12
Gambar 2.4 Shell and Tube Heat Exchanger [9]	13
Gambar 2.5 Plate and Frame Heat Exchanger [13]	15
Gambar 2.6 Perbandingan penggunaan area PHE dan STHE [15]	16
Gambar 2.7 Alirah searah [16]	17
Gambar 2.8 Aliran berlawanan arah [16]	18
Gambar 2.9 Aliran silang [16]	19
Gambar 2.10 Faktor Koreksi untuk heat exchanger dengan two shell passes dan 4, 8, 12, etc., tube passes [4]	23
Gambar 2.11 Kurva CEPCI.....	29
Gambar 2.12 Kerangka Pemikiran	43
Gambar 4.1 Faktor Koreksi untuk heat exchanger dengan two shell passes dan 4, 8, 12, etc., tube passes.....	58
Gambar 4.2 Dashboard Evaluasi Perhitungan Parameter Heat Exchanger	70

**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 TABEL

Tabel 2.1 Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI) [21].....	28
Tabel 3.1 Spesifikasi Teknis Amine Heat Exchanger Tipe Plate and Frame (Train H)	46
Tabel 3.2 Spesifikasi Teknis Shell and Tube (Train E)	46
Tabel 4.1 Variabel Amine Heat Exchanger tipe Plate and Frame	54
Tabel 4.2 Variabel Amine Heat Exchanger tipe Shell and Tube	56
Tabel 4.3 Work Order Plate and Frame Heat Exchanger	60
Tabel 4.4 Work Order Shell and Tube Heat Exchanger	61
Tabel 4.5 Data TBF Plate and Frame	62
Tabel 4.6 Data TBF Shell and Tube	63
Tabel 4.7 Data TTR Plate and Frame	65
Tabel 4.8 Data TTR Shell and Tube	66
Tabel 4.9 Data nilai Indeks CEPCI tahun 2010 & 2025	67
Tabel 4.10 Biaya Capital tahun 2010 & 2025.....	68
Tabel 4.11 Total Cost Summary Plate and Frame.....	69
Tabel 4.12 Total Cost Summary Shell and Tube.....	69
Tabel 4.13 Matriks Evaluasi Alternatif terhadap Parameter Heat Exchanger	72
Tabel 4. 14 Matriks Keputusan dengan Nilai Normalisasi Reciprocal untuk Parameter Biaya Heat Exchanger.....	72
Tabel 4.15 Matriks Berpasangan	74
Tabel 4.16 Matriks Keputusan Ternormalisasi pada Setiap Parameter	75
Tabel 4.17 Jumlah Penjumlahan Nilai Tiap Baris pada Matriks Normalisasi	75
Tabel 4.18 Bobot Parameter Berdasarkan Hasil Normalisasi Jumlah Baris Matriks	76
Tabel 4.19 Nilai Solusi Ideal Positif (V^+) dan Solusi Ideal Negatif (V^-) untuk Setiap Parameter	77
Tabel 4.20 Jarak Euclidean Alternatif ke Solusi Ideal Positif (S^+) dan Solusi Ideal Negatif (S^-)	78
Tabel 4.21 Nilai Kedekatan Relatif ($C_i *$) Alternatif dalam Metode TOPSIS.....	79
Tabel 4.22 Hasil Penilaian dan Peringkat Alternatif Heat Exchanger Berdasarkan Metode TOPSIS	80



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

Amine heat exchanger memiliki peran penting dalam efisiensi energi proses dengan menghemat penggunaan energi di reboiler melalui pemulihan panas [1]. Tujuan dari *amine heat exchanger* adalah untuk konservasi energi. Energi yang tersedia dari aliran *lean amine* (yang sudah bersih) dipindahkan ke *rich amine* (yang sudah terkontaminasi gas) sebelum *amine rich* tersebut masuk ke stripper. Proses pemindahan energi ini mengakibatkan kebutuhan energi pada stripper menjadi lebih rendah [2]. Selain itu, *amine heat exchanger* merupakan komponen yang sangat penting dalam sistem pemrosesan gas alam, terutama dalam hal efektivitas dan keandalan, karena berpengaruh langsung terhadap keberhasilan pengolahan gas asam menjadi produk LNG. Fungsi utama alat ini dalam pemurnian gas, yaitu mentransfer panas dari *lean amine* ke *rich amine*, yang secara signifikan meningkatkan efektivitas dan mengurangi kebutuhan energi pendinginan tambahan. Pentingnya pemilihan tipe *heat exchanger* yang tepat menjadi kunci dalam menjaga performa sistem *amine* secara optimal. PT Badak NGL, sebagai perusahaan LNG terbesar dan tertua di Indonesia, menghadapi kebutuhan untuk meningkatkan kapasitas dan keandalan operasional seiring dengan penambahan cadangan gas baru. Dalam konteks ini, tingkat keandalan *heat exchanger* menjadi sangat krusial agar sistem dapat beroperasi dengan konfigurasi Train 4+0 tanpa *downtime* yang tidak terencana.

Amine heat exchanger yang digunakan oleh PT Badak NGL terdiri dari dua jenis, yaitu *plate and frame heat exchanger* (PFHE) dan *shell and tube heat exchanger* (STHE). Train A, B, C, E, dan G, menggunakan tipe *shell and tube* sedangkan pada Train D, F, dan H menggunakan tipe *plate and frame*. Gambar 1.1a menunjukkan bahwa pada Train G menggunakan *heat exchanger* tipe *shell and tube*, sementara pada Train H (Gambar 1.1b) menggunakan *heat exchanger* tipe *plate and frame*. Masing-masing tipe memiliki karakteristik dan keunggulan tersendiri yang dapat memengaruhi efisiensi proses, kemudahan perawatan, serta



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

biaya operasional secara keseluruhan. *Plate and frame heat exchanger* dikenal memiliki efisiensi perpindahan panas yang tinggi, desain yang kompak, dan kemudahan perawatan. Selain itu, desain tipe *plate and frame* ini memiliki kapasitas hingga 200% di atas kapasitas normal, sehingga untuk operasi normal hanya diperlukan satu *exchanger* saja, sementara yang lainnya dapat ditempatkan dalam posisi siaga [3]. Keunggulan *shell and tube* ini terletak pada desainnya yang sangat fleksibel dan kokoh, sehingga mampu menyesuaikan dengan berbagai kondisi operasi dan kebutuhan sistem. Selain itu, perawatan dan perbaikannya relatif mudah dilakukan, yang memungkinkan pengoperasian yang lebih efisien dan mengurangi waktu downtime akibat pemeliharaan. Kemudahan ini juga berkontribusi pada pengurangan biaya operasional jangka panjang serta meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan [4].



(a)

(b)

Gambar 1.1 (a) *Shell and Tube Heat Exchanger* & (b) *Plate and Frame Heat Exchanger* [3]

Berdasarkan studi oleh Aromada et al. (2020), *amine heat exchanger* dalam proses penangkapan CO₂ berbasis *amine* sangat penting untuk konservasi energi dan pengendalian biaya. Heat exchanger tipe *plate and frame* direkomendasikan karena mampu menghemat ruang dan biaya modal berkisar antara €33 juta hingga €39 juta tergantung pada tipe *shell and tube* yang dibandingkan. Selain itu, *plate and frame* dapat mengurangi biaya penangkapan CO₂ sebesar €5–6 per ton melalui peningkatan efisiensi pemulihan panas, yang menurunkan kebutuhan energi di reboiler. Dengan pemulihan panas dari *lean amine* ke *rich amine* secara optimal, konsumsi energi pada *reboiler* berkurang signifikan, khususnya biaya uap yang



© 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

merupakan komponen biaya utama. Oleh karena itu, pemilihan *heat exchanger* yang tepat sangat krusial untuk meningkatkan efisiensi proses dan menekan biaya operasional secara efektif [5].

Berdasarkan Arsip Memorandum PT Badak NGL No. 044/BE 30/97-S2 pada Tahun 1997, penggantian *amine heat exchanger* dari tipe *shell and tube* ke *plate and frame* telah dilakukan pada Train D dan F. Penggantian ini dilakukan karena permasalahan *erosion corrosion* dan *scaling* pada *heat exchanger shell and tube* yang menyebabkan *shutdown* tidak terjadwal dan tingginya biaya pemeliharaan akibat retubing. Alasan pemilihan *plate and frame heat exchanger* untuk menggantikan *shell and tube heat exchanger* pada Train D dan F didasarkan pada beberapa faktor penting, seperti, biaya peralatan untuk *plate heat exchanger* per train hanya sekitar 10% dari biaya *shell and tube heat exchanger*, sehingga investasi awal menjadi jauh lebih hemat dan efisien secara ekonomi. Selain itu, *plate and frame heat exchanger* memiliki fleksibilitas operasi yang tinggi karena dirancang dengan kapasitas lebih dari 100%, memungkinkan alat beroperasi secara optimal bahkan saat beban produksi meningkat tanpa perlu menambah unit baru [6].

Penggantian *heat exchanger* pada Train D dan F telah dilakukan lebih dari dua dekade lalu, meskipun demikian hingga saat ini belum ada kajian teknis dan ekonomis yang komprehensif yang membandingkan secara menyeluruh antara *plate and frame heat exchanger* dan *shell and tube heat exchanger* dalam konteks sistem *amine* di lingkungan PT Badak NGL. Selain itu, belum ada penjelasan mengapa penggantian serupa tidak dilakukan pada Train E dan G, yang masih menggunakan tipe *shell and tube*, serta apakah ada potensi penggantian di masa mendatang mengingat kebutuhan keandalan yang semakin tinggi. Dalam upaya mengevaluasi dan membandingkan performa kedua tipe *heat exchanger* tersebut secara objektif, penelitian ini menggunakan metode TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*), sebuah teknik pengambilan keputusan multi-kriteria yang memungkinkan penilaian alternatif berdasarkan kedekatannya dengan solusi ideal positif dan negatif. Metode ini mempertimbangkan berbagai parameter sekaligus, seperti efektivitas perpindahan panas, *reliability*,



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

maintainability, biaya *capital*, dan biaya perawatan, sehingga menghasilkan peringkat yang objektif dan komprehensif.

Kajian literatur mendukung relevansi metode ini, seperti yang dilakukan oleh Singh D.P et al. (2013) dalam jurnal “*Selection of Heat Exchanger for Heat Operation by Multiple Attribute Decision Making (MADM) Approach*”. Penelitian tersebut menggunakan metode MADM dengan pendekatan TOPSIS yang melibatkan tahap *elimination search*, evaluasi, pemberian bobot, normalisasi, perhitungan jarak ke solusi ideal, dan penentuan *closeness coefficient* (C^*) [7]. Hasilnya menunjukkan bahwa metode TOPSIS efektif dalam menentukan alternatif *heat exchanger* terbaik berdasarkan beberapa kriteria teknis dan ekonomis sehingga metode ini sangat tepat untuk diaplikasikan dalam evaluasi *amine heat exchanger* di PT Badak NGL. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih mendalam serta objektif mengenai keunggulan dan kelemahan masing-masing tipe *amine heat exchanger* dalam konteks operasional PT Badak NGL. Informasi ini sangat penting untuk mendukung pengambilan keputusan strategis yang tepat dalam pengelolaan dan pemeliharaan peralatan, guna menjamin keberlanjutan operasional dan efisiensi biaya jangka panjang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dari penelitian ini, permasalahan yang akan dikaji, yaitu:

1. Perlunya evaluasi komprehensif terhadap perbandingan efektivitas perpindahan panas, nilai *reliability* (keandalan), *maintainability* (kemudahan perawatan), serta biaya *capital* dan biaya perawatan (*maintenance cost*) antara *plate and frame heat exchanger* (PFHE) dan *shell and tube heat exchanger* (STHE) dalam sistem *amine* di PT Badak NGL.
2. Diperlukan penentuan dasar rekomendasi penggantian *amine heat exchanger* dari tipe *shell and tube* ke *plate and frame* pada Train E dan G berdasarkan hasil pemeringkatan metode TOPSIS guna meningkatkan performa dan efisiensi sistem *amine* 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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.3 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan, pertanyaan penelitian yang diajukan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan efektivitas perpindahan panas, nilai *reliability*, *maintainability*, dan biaya *capital* serta biaya perawatan antara *plate and frame heat exchanger* (PFHE) dan *shell and tube heat exchanger* (STHE) dalam konteks sistem *amine* di PT Badak NGL?
2. Apakah hasil analisis tersebut dapat menjadi dasar rekomendasi penggantian *heat exchanger* tipe *shell and tube* menjadi *plate and frame* pada Train E dan G untuk meningkatkan performa dan efisiensi sistem?

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan diperoleh dari penelitian ini yaitu:

- a. Tujuan Umum:
Melakukan evaluasi komprehensif terhadap performa dan kelayakan penggunaan *plate and frame heat exchanger* (PFHE) dan *shell and tube heat exchanger* (STHE) dalam sistem *amine* di PT Badak NGL guna mendukung pengambilan keputusan yang optimal dalam pengelolaan dan pengoperasian *amine heat exchanger*.
- b. Tujuan Khusus:
 1. Membandingkan efektivitas perpindahan panas, nilai *reliability*, *maintainability*, serta biaya *capital* dan biaya perawatan antara *plate and frame heat exchanger* (PFHE) dan *shell and tube heat exchanger* (STHE) dalam konteks sistem *amine* di PT Badak NGL.
 2. Memberikan rekomendasi terkait potensi penggantian *heat exchanger* tipe *shell and tube* menjadi *plate and frame* pada Train E dan G dengan mempertimbangkan aspek teknis dan ekonomis.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan pengetahuan dan praktik teknis terkait pemilihan tipe *heat exchanger* pada sistem pemurnian gas berbasis *amine*. Melalui evaluasi menyeluruh terhadap kinerja *plate*



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

and frame heat exchanger (PFHE) dan *shell and tube heat exchanger* (STHE), hasil penelitian ini dapat menjadi acuan ilmiah yang berguna bagi pengambil keputusan, baik di lingkungan akademik maupun industri. Informasi yang diperoleh akan memperkaya literatur mengenai efektivitas, keandalan, dan aspek ekonomis dari kedua tipe *heat exchanger*, khususnya dalam konteks operasional di fasilitas LNG seperti PT Badak NGL.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah pada skripsi ini adalah:

1. Evaluasi difokuskan pada dua tipe *heat exchanger*: *plate and frame* dan *shell and tube*, tanpa mempertimbangkan tipe lain (misalnya *fin-fan* atau *double-pipe*).
2. Data yang digunakan mencakup data operasional aktual, arsip internal, serta wawancara teknis yang tersedia dalam lingkup fasilitas PT Badak NGL.
3. Penelitian tidak mencakup aspek desain baru, fabrikasi alat, atau pengujian laboratorium, melainkan bersifat evaluatif terhadap pilihan eksisting.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah yang menjadi fokus penelitian, rumusan masalah yang ingin dijawab, pertanyaan penelitian, tujuan dan manfaat penelitian yang ingin dicapai, batasan masalah, serta sistematika penulisan skripsi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori dan konsep yang relevan dengan topik penelitian. Bab ini mencakup landasan teori, kajian literatur, dan kerangka pemikiran.



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

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas terkait metode penelitian yang akan digunakan, mulai dari data penelitian skripsi yang diperoleh, cara pengumpulan data, serta metode yang diterapkan dalam menganalisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil penelitian serta penjelasan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan.

BAB V PENUTUP

Bab ini merangkum kesimpulan utama dari penelitian serta menjawab rumusan masalah yang ingin dijawab di bab pendahuluan. Selain itu, bab ini memberikan saran untuk penelitian selanjutnya berdasarkan hasil penelitian, sebagai anjuran untuk pembaca agar mengembangkan penelitian skripsi yang telah dilaksanakan.

**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

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

- 1) Berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan, dari segi efektivitas perpindahan panas, *plate and frame* menunjukkan nilai lebih tinggi sebesar 63%, dibandingkan *shell and tube* yang mencapai 54%. Namun, dalam hal *reliability*, *shell and tube* memiliki probabilitas beroperasi tanpa kegagalan selama satu tahun sebesar 67,03%, lebih tinggi dibanding *plate and frame* yang hanya 53,21%. Untuk *maintainability*, *shell and tube* juga unggul dengan nilai 39,3%, sementara *plate and frame* hanya 22,12%, yang berarti *shell and tube* lebih cepat kembali beroperasi setelah kegagalan. Dari sisi biaya, *plate and frame* menawarkan biaya *capital* yang jauh lebih rendah sekitar USD 303.278,7, dibandingkan *shell and tube* yang mencapai EUR mtttrkompleks.
- 2) Berdasarkan evaluasi teknis dan ekonomis, direkomendasikan penggantian *amine heat exchanger* tipe *shell and tube* menjadi *plate and frame* pada Train E dan G untuk meningkatkan efisiensi, keandalan, dan keberlanjutan operasional sistem *amine* di PT Badak NGL. *Plate and frame* unggul dalam efektivitas perpindahan panas dan memiliki biaya *capital* yang jauh lebih rendah. Meskipun *shell and tube* menunjukkan nilai *reliability* dan *maintainability* sedikit lebih tinggi, hasil metode TOPSIS memperlihatkan bahwa *plate and frame* memiliki nilai kedekatan relatif lebih baik (0,5413 dibanding 0,4587), termasuk dalam aspek biaya pemeliharaan yang lebih rendah. Dengan mempertimbangkan kombinasi parameter efektivitas perpindahan panas, *reliability*, *maintainability*, biaya *capital*, dan biaya



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

pemeliharaan, *plate and frame heat exchanger* merupakan pilihan terbaik untuk sistem amine di PT Badak NGL.

5.2 Saran

Saran dalam penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Penelitian selanjutnya dapat memasukkan tipe *heat exchanger* lain seperti *fin-fan*, *double-pipe*, atau *plate and shell*, sehingga perbandingan yang dihasilkan menjadi lebih komprehensif dan memberikan alternatif solusi yang lebih beragam.
- 2) Penambahan analisis *cost-benefit (cost benefit analysis)* sangat dianjurkan dalam penelitian selanjutnya. Evaluasi saat ini masih banyak bergantung pada data historis, sedangkan *cost-benefit analysis* memungkinkan prediksi dampak ekonomi dan teknis di masa depan secara lebih sistematis. Dengan demikian, keputusan investasi dan penggantian *heat exchanger* dapat dilakukan berdasarkan proyeksi manfaat dan biaya secara menyeluruh, sehingga mendukung pengelolaan sumber daya yang lebih efisien dan berkelanjutan.
- 3) Studi perbandingan pada berbagai fasilitas LNG atau industri terkait lainnya dapat dilakukan guna memperoleh data yang lebih luas serta variasi kondisi operasi, sehingga hasil penelitian menjadi lebih general dan aplikatif.

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

Evaluasi Alternatif Menggunakan Metode TOPSIS

1) Matriks Keputusan Ternormalisasi

$$D = \begin{bmatrix} 54 & 67,03 & 39,3 & 3,102E-07 & 8,525E-06 \\ 63 & 53,21 & 22,12 & 3,297E-06 & 1,344E-05 \end{bmatrix}$$

$$n_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m d_{ij}^2}}$$

$$d_2 = \sqrt{67,03^2 + 53,21^2}$$

$$d_2 = 85,5823$$

$$n_{12} = \frac{67,03}{85,5823} = 0,7832$$

$$n_{22} = \frac{53,21}{85,5823} = 0,6217$$

$$d_3 = \sqrt{39,3^2 + 22,12^2}$$

$$d_3 = 45,0975$$

$$n_{13} = \frac{39,3}{45,0975} = 0,8714$$

$$n_{23} = \frac{22,12}{45,0975} = 0,4905$$

$$d_4 = \sqrt{(3,102 \times 10^{-7})^2 + (3,297 \times 10^{-6})^2}$$

$$d_4 = 3,3119 \times 10^{-6}$$

$$n_{14} = \frac{3,102 \times 10^{-7}}{3,3119 \times 10^{-6}} = 0,0937$$

$$n_{24} = \frac{3,297 \times 10^{-6}}{3,3119 \times 10^{-6}} = 0,9956$$

$$d_5 = \sqrt{(8,525 \times 10^{-6})^2 + (1,344 \times 10^{-5})^2}$$

$$d_5 = 1,592 \times 10^{-5}$$

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

$$n_{15} = \frac{8,525 \times 10^{-6}}{1,592 \times 10^{-5}} = 0,5356$$

$$n_{25} = \frac{1,339 \times 10^{-5}}{1,592 \times 10^{-5}} = 0,8445$$

- 2) Mengalikan Matriks Normalisasi dengan Bobot Parameter

$$v_{ij} = w_j \times n_{ij}$$

$v_{11} = w_1 \times n_{11}$ $v_{11} = 0,5049 \times 0,6508$ $v_{11} = 0,3286$
$v_{21} = w_1 \times n_{21}$ $v_{21} = 0,5049 \times 0,7549$ $v_{21} = 0,3833$
$v_{12} = w_2 \times n_{12}$ $v_{12} = 0,2586 \times 0,7832$ $v_{12} = 0,2062$
$v_{22} = w_2 \times n_{22}$ $v_{22} = 0,2586 \times 0,6217$ $v_{22} = 0,1608$
$v_{13} = w_3 \times n_{13}$ $v_{13} = 0,1274 \times 0,8714$ $v_{13} = 0,1110$
$v_{23} = w_3 \times n_{23}$ $v_{23} = 0,1274 \times 0,4905$ $v_{23} = 0,0625$
$v_{14} = w_4 \times n_{14}$ $v_{14} = 0,0546 \times 0,0937$ $v_{14} = 0,0051$
$v_{24} = w_4 \times n_{24}$ $v_{24} = 0,0546 \times 0,9956$ $v_{24} = 0,0543$
$v_{15} = w_5 \times n_{15}$ $v_{15} = 0,0546 \times 0,5356$ $v_{15} = 0,0292$
$v_{25} = w_5 \times n_{25}$ $v_{25} = 0,0546 \times 0,8445$ $v_{25} = 0,0461$



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

- [1] M. Sohib and A. Riyanta, "Analisis Fouling pada Plate and Frame, Lean/Rich Amine Exchanger di Saka Indonesia-Pangkajene," Universitas Gresik, 2017.
- [2] K. M. Lunsford, "Increasing Heat Exchanger Performance," 2006.
- [3] PT. Badak NGL, "Manual Book Plant-1 Gas Purification Unit," 2024.
- [4] K. Thulukkanam, "Heat Exchanger Design Handbook," 2013.
- [5] S. A. Aromada, N. H. Eldrup, F. Normann, and L. E. Øi, "Techno-Economic Assessment of Different Heat Exchangers for CO₂ Capture," *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 23, 2020, doi: 10.3390/en13236315.
- [6] PT Badak NGL, "Memorandum 1E-4 Heat Exchanger New Design," 1997.
- [7] D. P. Singh, A. Chaudhary, and V. Maan, "Selection of Heat Exchanger for Heat Operation by Multiple Attribute Decision Making (MADM) Approach," 2013. [Online]. Available: www.ijert.org
- [8] J. P. Holman, "Heat Transfer Tenth Edition," Debuque, USA, 2010.
- [9] F. K. Juniarzal, E. Ridwan, and A. Ulfiana, "Analisis Perbandingan Heat Exchanger Jenis Shell and Tube dan Plate pada ST," *Seminar Nasional Teknik Mesin*, pp. 568–578, 2018.
- [10] R. Walikrom, A. Muin, and Hermanto, "Studi Kinerja Plate Heat Exchanger pada Sistem Pendingin PLTGU," 2018. [Online]. Available: www.univ-tridianti.ac.id/ejournal/
- [11] E. Edreis and A. Petrov, "Types of Heat Exchangers in Industry, Their Advantages and Disadvantages, and the Study of Their Parameters," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing Ltd, 2020, pp. 1–9. doi: 10.1088/1757-899X/963/1/012027.
- [12] "What is a Double Tube Heat Exchanger?," Zwirner Equipment Company.
- [13] "Designing Heat Exchangers for Floating Production Storage and Offloading (FPSO)," Waterman Engineers Australia.
- [14] I. A. Setiorini and A. F. Faputri, "Evaluasi Kinerja Heat Exchanger Jenis Kondensor 1110-C Tipe Shell and Tube berdasarkan Nilai Fouling Factor pada Unit Purifikasi di Ammonia Plant PT X," 2023.
- [15] K. Thulukkanam, "Heat Exchanger Design Handbook," 2013.
- [16] L. Wang, B. Sundén, and R. M. Manglik, "Plate Heat Exchangers," 2007.



© 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

- [17] Alfa Laval, "Plate Heat Exchangers Installation Manual," 2024. Accessed: May 26, 2025. [Online]. Available: www.alfalaval.com/gphe-manuals
- [18] G. F. Hewitt, G. L. Shires, and T. R. Bott, *Process Heat Transfer*. Boca Raton: CRC Press, 1994. Accessed: May 26, 2025. [Online]. Available: <https://www.scribd.com/embeds/454843208/content>
- [19] "5 Reasons to Use Plate-and-Frame Heat Exchangers Instead of Shell-and-Tube," Alfa Laval. Accessed: May 26, 2025. [Online]. Available: <https://www.alfalaval.com/microsites/gphe/tools/gphe-vs-shell-and-tube/>
- [20] "Heat Exchanger Fundamentals Course," 1993.
- [21] Y. A. Cengel, "Heat Transfer A Practical Approach Second Edition," Ohio, 2006.
- [22] F. Incropera, D. DeWitt, T. Bergman, and A. Lavine, "Fundamentals of Heat and Mass Transfer - 6th Edition," *Wiley India Pvt*, 2010.
- [23] J. Yoo, S. Qin, S. A. B. Prieto, E. Hisahara, and H. Kim, "Comparative Evaluation and Selection of Heat Exchangers using Multicriteria Decision-Making," 2025. [Online]. Available: <https://ssrn.com/abstract=5060853>
- [24] T. Rahmadani, "Perancangan Ulang dan Analisis Reliability Lubricating Oil (L.O.) Cooler Tipe Plate Heat Exchanger Untuk Penggantian Heat Exchanger Tipe Shell and Tube Pada KM Spil Rumi," 2023.
- [25] R. K. Sharma and S. Kumar, "Performance Modeling in Critical Engineering Systems Using RAM Analysis," *Reliab Eng Syst Saf*, vol. 93, no. 6, pp. 913–919, Jun. 2008, doi: 10.1016/j.res.2007.03.039.
- [26] C. E. Ebeling, "An Introduction To Reliability and Maintainability Engineering," 1997.
- [27] H. Sofyan, Y. N. Sany, and H. S. Yudha, "Pemilihan Supplier Material Baja Menggunakan Metode TOPSIS: Studi Kasus di PT. XSF," 2023.
- [28] S. Rizky Wicaksono, "TOPSIS: Teori dan Implementasi," 2023, doi: 10.5281/zenodo.8035225.
- [29] M. Sohib and A. Riyanta, "Analisis Fouling pada Plate and Frame, Lean/Rich Amine Exchanger di Saka Indonesia-Pangkajene," Universitas Gresik, 2017.
- [30] R. Yuniarti *et al.*, "Pengaruh Temperatur dan Arah Aliran Terhadap Efektivitas Penukar Panas NTU (ϵ -NTU) pada Alat Penukar Panas tipe Plate and Frame," *Jurnal Integrasi Proses*, vol. 11 (1), pp. 32–39, 2022.



© 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

- [31] T. Rahmadani, “Perancangan Ulang dan Analisis Reliability Lubricating Oil (L.O.) Cooler Tipe Plate Heat Exchanger Untuk Penggantian Heat Exchanger Tipe Shell and Tube Pada KM Spil Rumi,” 2023.
- [32] A. K. Azya, “Analisis Perbandingan Kinerja Plate Heat Exchanger dengan Shell and Tube Heat Exchanger untuk Oil Cooler PLTU Sebalang,” 2023.
- [33] F. Achmad, R. Naldi, D. Uzlifah Janah, R. Sufra, and R. Yuniarti, “Pengaruh Kenaikan Laju Alir Fluida Panas dan Arah Aliran terhadap Kinerja Plate and Frame Heat Exchanger,” *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 13, no. 1, pp. 40–47, 2024, doi: 10.32734/jtk.v13i1.14321.
- [34] H. Hajabdollahi, M. Naderi, and S. Adimi, “A Comparative Study on The Shell and Tube and Gasket-Plate Heat Exchangers: The Economic Viewpoint,” *Appl Therm Eng*, vol. 92, pp. 271–282, 2016, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2015.08.110.
- [35] A. C. Waghmare, Y. A. Thakre, K. D. Pande, S. V. Pantawane, A. D. Kshirsagar, and R. S. Somkuwar, “Design of Plate Heat Exchanger for Heat Treatment Industry,” *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management (IJSREM)*, vol. 07, no. 04, pp. 1–3, 2023, doi: 10.55041/ijsrem19375.
- [36] J. Yoo, S. Qin, S. A. B. Prieto, E. Hisahara, and H. Kim, “Comparative Evaluation and Selection of Heat Exchangers using Multicriteria Decision-Making,” 2025. [Online]. Available: <https://ssrn.com/abstract=5060853>
- [37] B. T. S. SP and W. Andriyani, “Penerapan MADM dengan Metode SAW untuk Menentukan Target Promosi Berdasarkan Asal Jurusan di Sekolah,” *Jurnal SIMETRIS*, vol. 11, no. 2, 2020.
- [38] F. F. N. Azizi, “Implementasi Metode TOPSIS pada Sistem Pendukung Keputusan untuk Seleksi Siswa Kelas Unggulan (Studi Kasus di MA Al Amiriyyah Blokagung),” 2014.