

**ANALISA RISIKO POTENSI *COOLING WATER* MASUK KE *PROPANE REFRIGERANT SYSTEM* DENGAN METODE *FMEA (FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS)***

**TUGAS AKHIR**



**AGUNG PAMUJI IRJAYANTO PUTRA**

**1222913009**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BAKRIE  
JAKARTA  
FEBRUARI 2024**

**ANALISA RISIKO POTENSI *COOLING WATER* MASUK KE *PROPANE REFRIGERANT SYSTEM* DENGAN METODE *FMEA (FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS)***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana**



**AGUNG PAMUJI IRJAYANTO PUTRA**

**1222913009**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER**

**UNIVERSITAS BAKRIE**

**JAKARTA**

**2024**

**HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun  
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Agung Pamuji Irjayanto Putra**

**NIM : 1222913009**

**Tanda Tangan :**



**Tanggal : 3 Februari 2024**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Agung Pamuji Irjayanto Putra

NIM : 1222913009

Program Studi : S1 Teknik Industri

Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer

Judul Skripsi : Analisa Risiko Potensi *Cooling Water* Masuk ke *Propane Refrigerant System* Dengan Metode FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*)

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Gunawarman Hartono, M.Eng

Penguji I : Dr. Adi Budipriyanto, S.T., M.T., IPM

Penguji II : Ir. Invanos Tertiana, M.M. MBA



Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 3 Februari 2024

## KATA PENGANTAR

Bismillah Walhamdulillah, atas berkat dan ridho Allah Subhanahu Wa Ta'ala penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisa Risiko Potensi *Cooling Water* Masuk ke *Propane Refrigerant System* Dengan Metode *FMEA (Failure Mode And Effect Analysis)*”. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi S1 Teknik Industri pada Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie.

Penulisan skripsi ini pastinya tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- 1) Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan nikmat iman, islam dan kesehatan sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
- 2) Ibunda, ayahanda, istri dan anak-anak tercinta, Jazakumullahu khairan dan terima kasih atas doanya.
- 3) Bapak Ir. Gunawarman Hartono, M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan pencerahan kepada penulis.
- 4) Bapak Dr. Adi Budipriyanto, S.T., M.T., IPM (Dosen Penguji I) dan Bapak Ir. Invanos Tertiana, M.M. MBA (Dosen Penguji II) yang telah banyak memberikan masukan dan alternative solusi.
- 5) PT Badak NGL perusahaan tempat penulis bekerja yang telah banyak memberikan fasilitas dan kemudahan bagi penulis.
- 6) Segenap Dosen Teknik Industri Universitas Bakrie yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama kuliah serta seluruh staf yang selalu sabar memberikan yang terbaik.
- 7) Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, semoga Allah Subhanahu Wa Ta'ala selalu memberi kemudahan kepada kita semua dan terlepas dari segala kekurangan, semoga tugas akhir ini bisa memberikan manfaat untuk pihak-pihak yang membutuhkan.

Jakarta, 3 Februari 2024

Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Agung Pamuji Irjayanto Putra

NIM : 1222913009

Program Studi : S1 Teknik Industri

Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer

JenisTugasAkhir : Analisa

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“ANALISA RISIKO POTENSI *COOLING WATER* MASUK KE *PROPANE REFRIGERANT SYSTEM* DENGAN METODE *FMEA (FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS)*”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*data base*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 3 Februari 2024

Yang menyatakan



( Agung Pamuji Irjayanto Putra )

# ANALISA RISIKO POTENSI COOLING WATER MASUK KE PROPANE REFRIGERANT SYSTEM DENGAN METODE FMEA (FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS)

Agung Pamuji Irjayanto Putra

---

## ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa risiko potensi *cooling water* yang berupa air laut masuk ke dalam *propane refrigerant system* karena penurunan tekanan yang diakibatkan bocoran *propane* di sistem di perusahaan pencairan gas alam PT Badak NGL dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Risiko potensi *cooling water* masuk ke sistem tersebut terjadi pada saat *cooling water* di jalankan ke *idle train*. Penelitian ini mengungkap bahwa kehilangan *propane* yang mengakibatkan penurunan tekanan sistem disebabkan oleh kebocoran melalui *mechanical seal* atau disebut *labyrinth seal*. Secara desain pada *labyrinth seal* terdapat celah yang mengakibatkan *propane* bocor keluar sistem. Dengan tekanan sistem yang lebih rendah dari tekanan *cooling water* maka potensi air laut akan masuk ke sistem sangat besar. Apabila hal ini terjadi akan berdampak terhadap operasional dan keberlanjutan proses produksi. Untuk mengatasi hal ini, maka dilakukan upaya *partial isolation* dengan menaikkan tekanan hanya pada *propane accumulator* dan *condensor*, alat dimana *cooling water* lewat. Dengan menjaga tekanan pada komponen-komponen kunci ini maka tercipta metode pengamanan yang efektif untuk mencegah masuknya *cooling water* dan memitigasi risiko kehilangan *propane*. Metode ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberikan panduan praktis bagi perusahaan pencairan gas alam untuk meningkatkan keamanan dan kehandalan kilang. Sehingga dapat mengurangi risiko kegagalan sistem, melindungi aset, serta meningkatkan *reability* kilang LNG.

Kata kunci: *Propane Refrigerant System*, *Propane*, *Labyrinth seal*, *Cooling water*, *Partial isolation*

**ANALISA RISIKO POTENSI COOLING WATER MASUK KE PROPANE  
REFRIGERANT SYSTEM DENGAN METODE FMEA (FAILURE MODE AND  
EFFECT ANALYSIS)**

Agung Pamuji Irjayanto Putra

---

**ABSTRACT**

*The purpose of this study is to analyze the potential risk of cooling water in the form of seawater entering the propane refrigerant system due to a decrease in pressure caused by propane leaks in the system at the PT Badak NGL natural gas liquefaction company using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method. The risk of potential cooling water entering the system occurs when the cooling water is run to the idle train. This research reveals that propane loss which results in a decrease in system pressure is caused by leakage through a mechanical seal or so-called labyrinth seal. By design, the labyrinth seal has a gap that causes propane to leak out of the system. With system pressure lower than cooling water pressure, the potential for seawater to enter the system is very large. If this happens, it will have an impact on operations and the sustainability of the production process. To overcome this, a partial isolation effort was made by increasing the pressure only on the propane accumulator and condenser, the devices through which the cooling water passes. By maintaining pressure in these key components, an effective safety method is created to prevent cooling water ingress and mitigate the risk of propane loss. This method is expected to be useful and provide practical guidance for natural gas liquefaction companies to improve plant safety and reliability. So as to reduce the risk of system failure, protect assets, and increase the reliability of the LNG plant.*

*Keywords: Propane Refrigerant System, Propane, Labyrinth seal, Cooling water, Partial isolation*



## DAFTAR ISI

<b>JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang Masalah</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	4
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	5
<b>1.4 Manfaat penelitian</b> .....	5
<b>1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah</b> .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
<b>2.1 Literature Review</b> .....	7
<b>2.2 Sistem Pendinginan</b> .....	7
<b>2.2.1 Propane</b> .....	7
<b>2.2.2 Proses Pada Propane Refrigerant System</b> .....	8
<b>2.3 Bocoran</b> .....	10
<b>2.3.1 Desain Mechanical Seal</b> .....	11
<b>2.3.2 Keausan Komponen</b> .....	11
<b>2.4 Cooling Water Masuk ke Sistem</b> .....	12
<b>2.4.1 Efek Negatif Pada Efisiensi Pendinginan</b> .....	12
<b>2.4.2 Kerusakan Komponen Sistem</b> .....	12
<b>2.5 Potensi Dampak Operasional</b> .....	13
<b>2.5.1 Penurunan Efisiensi Operasional</b> .....	13
<b>2.5.2 Ancaman Terhadap kelangsungan Operasional</b> .....	14
<b>2.6 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</b> .....	14

2.7	Penelitian Terdahulu .....	19
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>20</b>
3.1	Objek Penelitian.....	20
3.2	Identifikasi Masalah .....	21
3.3	Penetapan Tujuan.....	21
3.4	Studi Lapangan dan Studi Literatur .....	21
3.4.1	Studi Lapangan.....	21
3.4.2	Studi Literatur .....	21
3.5	Mengumpulkan Informasi Yang Berhubungan Dengan Proses.....	21
3.6	Menentukan Penyebab Resiko dengan Fishbone Diagram.....	22
3.7	Melakukan Tahapan FMEA .....	22
3.8	Rekomendasi Perbaikan.....	22
3.9	Kesimpulan dan Saran .....	22
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>23</b>
4.1	Gambaran Perusahaan.....	23
4.2	Pengumpulan Data .....	23
4.2.1	Deskripsi Peralatan.....	24
4.2.2	Pengambilan data di Propane Refrigerant System.....	26
4.2.2.1	Data penurunan tekanan.....	26
4.2.2.2	Data frekuensi make up Propane.....	28
4.2.2.3	Data condensor bocor .....	28
4.3	Pengolahan Data .....	29
4.3.1	Fishbone diagram.....	29
4.3.2	Analisa Resiko dengan Metode FMEA.....	32
4.3.3	Identifikasi Alternatif Solusi .....	34
4.4	Implementasi dan Evaluasi Perbaikan .....	35
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>39</b>
5.1	Kesimpulan.....	39
5.2	Saran.....	40
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>41</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. <i>Propane Refrigerant System</i> .....	2
Gambar 1.2. <i>Labyrinth Seal Compressor</i> .....	2
Gambar 1.3. <i>Propane Compressor 4K-1</i> .....	3
Gambar 2.1. <i>Mind Map</i> .....	7
Gambar 2.2. <i>Siklus Kompresi Propane Refrigerant</i> .....	9
Gambar 2.3. <i>Bagian Komponen Labyrinth Seal</i> .....	11
Gambar 3.1. <i>Flow Chart Metodologi Penelitian</i> .....	20
Gambar 4.1. <i>Simplify Diagram LNG Process</i> .....	23
Gambar 4.2. <i>Propane Compressor</i> .....	24
Gambar 4.3. <i>Propane Condensor</i> .....	24
Gambar 4.4. <i>JT Valve</i> .....	25
Gambar 4.5. <i>Propane Evaporator</i> .....	26
Gambar 4.6. <i>Propane Accumulator</i> .....	26
Gambar 4.7. <i>Fishbone diagram</i> .....	29
Gambar 4.8. <i>Labyrinth seal pada Propane Compressor</i> .....	30
Gambar 4.9. <i>Propane Refrigerant System</i> .....	30
Gambar 4.10. <i>Aktifitas pekerja</i> .....	31
Gambar 4.11. <i>Tube Condensor</i> .....	31
Gambar 4.12. <i>Lokasi valve propane make up</i> .....	32
Gambar 4.13. <i>Partial isolation pada Propane Refrigerant System</i> .....	36

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Tekanan <i>Propane Refrigerant</i> di <i>Idle Train</i> Februari 2023 .....	4
Tabel 3.1. <i>Severity Rank</i> .....	16
Tabel 3.2. <i>Occurrence Rank</i> .....	16
Tabel 3.3. <i>Detection Rank</i> .....	17
Tabel 3.4. Penentuan <i>level</i> resiko .....	17
Tabel 3.5. Tahapan pembuatan <i>FMEA</i> .....	18
Tabel 4.1. Data kebocoran <i>condenser</i> .....	28
Tabel 4.2. Analisa Resiko dengan metode <i>FMEA</i> .....	33
Tabel 4.3. Identifikasi Alternatif Solusi .....	35
Tabel 4.4. Identifikasi resiko setelah implementasi .....	37
Tabel 4.5. <i>Sheet FMEA</i> .....	38

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 1.1. Tekanan <i>Propane Refrigerant</i> di <i>Idle Train</i> Februari 2023 .....	4
Grafik 4.1. Tekanan sistem tanggal 6 Februari s/d 16 Februari 2023 .....	27
Grafik 4.2. Tekanan sistem tanggal 15 Juli s/d 24 Juli 2023.....	27
Grafik 4.3. Tekanan sistem tanggal 3 November s/d 25 November 2023 .....	27
Grafik 4.4. Penurunan tekanan per jam.....	28
Grafik 4.5. Diagram Pareto .....	33
Grafik 4.6. Tekanan sistem sebelum dan setelah perbaikan .....	36
Grafik 4.7. Diagram Pareto setelah perbaikan.....	37
Grafik 5.1. Nilai <i>RPN</i> sebelum VS sesudah perbaikan .....	39