

**OPTIMASI PROSEDUR PENGOPERASIAN *REINJECTION* LPG
EKSTERNAL MELALUI INTEGRASI *PROCESS HAZARD
ANALYSIS* (PHA) DAN *HAZARD IDENTIFICATION AND RISK
ASSESSMENT* (HIRA) DI KILANG BADAK LNG**

TUGAS AKHIR



**FAIZAL MAHMUDI PUTRA
1222913008**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2026**

**OPTIMASI PROSEDUR PENGOPERASIAN *REINJECTION* LPG
EKSTERNAL MELALUI INTEGRASI *PROCESS HAZARD
ANALYSIS* (PHA) DAN *HAZARD IDENTIFICATION AND RISK
ASSESSMENT* (HIRA) DI KILANG BADAQ LNG**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bakrie**



FAIZAL MAHMUDI PUTRA

1222913008

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA**

2026

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 : Faizal Mahmudi Putra

NIM : 1222913008

Tanda Tangan :



Tanggal : 31 Juli 2026

HALAMAN PENGESAHAN

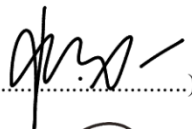
Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Faizal Mahmudi Putra
NIM : 1222913008
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Optimasi Prosedur Pengoperasian *Reinjection* LPG
Eksternal Melalui Integrasi *Process Hazard Analysis*
(PHA) dan *Hazard Identification and Risk Assessment*
(HIRA) di Kilang Badak LNG

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Gunawarman Hartono, M.Eng., IPU, CEAP

(.....)

Penguji : Wijaya Adidarma, S.T., M.M., CRMO

(.....)

Penguji : Muhammad Ardiansyah Azman, S.T., M.T.

(.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 26 Agustus 2026

UNGKAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bakrie. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangat sulit bagi penulis untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- 1) Ir. Gunawarman Hartono, M.Eng., IPU, CEAP, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini;
- 2) manajemen dan rekan-rekan PT Badak NGL, khususnya Departemen Operasi Seksi Trains, Engineering, dan SHEQ, yang telah membantu dalam memperoleh data yang penulis perlukan;
- 3) istri dan keluarga penulis atas dukungan moral maupun material selama masa perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir ini; dan
- 4) rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Industri yang telah banyak membantu penulis.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Bontang, 31 Juli 2026

Penulis

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai civitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Faizal Mahmudi Putra

NIM : 1222913008

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis Tugas Akhir : Skripsi

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: *Optimasi Prosedur Pengoperasian Reinjection LPG Eksternal Melalui Integrasi Process Hazard Analysis (PHA) dan Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA) di Kilang Badak LNG beserta perangkat yang ada (jika diperlukan)*. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), 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 : Bontang

Pada tanggal : 31 Juli 2026

Yang menyatakan



(Faizal Mahmudi Putra)

ABSTRAK

Perubahan komposisi feed gas dari rich gas menjadi lean gas menyebabkan kilang Badak LNG tidak dapat memproduksi LPG secara internal, sehingga memerlukan reinjection LPG eksternal yang dioperasikan secara manual oleh operator lapangan. Tingginya frekuensi pengoperasian katup manual meningkatkan risiko human error dan ketidakstabilan proses. Penelitian ini bertujuan mengoptimasi prosedur pengoperasian reinjection LPG eksternal melalui integrasi Process Hazard Analysis (PHA) dengan teknik What-If Analysis untuk menilai risiko proses dan Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA) untuk menilai risiko human factor. Data diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara, kuesioner terhadap 32 operator unit Trains, serta dokumen teknik dan operasional perusahaan. Hasil penilaian awal menunjukkan risiko proses akibat ketidakseimbangan aliran LPG ke dua train berada pada kategori Medium (16) tanpa safeguard, sedangkan risiko keselamatan pekerja pada aktivitas menaiki tangga dan mengoperasikan katup manual berada pada kategori High (64). Perbaikan prosedur dirancang dengan memanfaatkan control valve bypass overhead cooler untuk mengendalikan aliran LPG dari panel kontrol, sehingga frekuensi pengoperasian katup manual turun dari 15–20 kali menjadi 1 kali per hari. Setelah perbaikan, risiko proses turun ke kategori Low (4) dan risiko keselamatan pekerja turun ke kategori Medium (16), sehingga tingkat risiko dinilai telah mencapai level As Low As Reasonably Practicable (ALARP).

Kata kunci: PHA, HIRA, ALARP, human factor, reinjection LPG, LNG

ABSTRACT

The shift in feed gas composition from rich gas to lean gas has left the Badak LNG plant unable to produce LPG internally, so external LPG reinjection is required and is operated manually by field operators. The high frequency of manual valve operation raises the risk of human error and process instability. This study optimizes that procedure by integrating Process Hazard Analysis (PHA) using the What-If Analysis technique to assess process risk with Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA) to assess human factor risk. Data were obtained from field observation, interviews, a questionnaire distributed to 32 operators of the Trains unit, and company engineering documents. The initial assessment placed process risk from unbalanced LPG flow to two trains in the Medium category (16) without safeguard, and worker safety risk in climbing the ladder and operating the manual valve in the High category (64). The procedure was redesigned around the overhead cooler bypass control valve so that LPG flow can be regulated from the control panel, cutting manual valve operation from 15-20 times to once per day. Process risk then fell to Low (4) and worker safety risk to Medium (16), reaching the As Low As Reasonably Practicable (ALARP) level.

Keywords: PHA, HIRA, ALARP, human factor, LPG reinjection

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
UNGKAPAN TERIMA KASIH	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)	5
2.1.1. Pengertian Keselamatan dan Kesehatan Kerja	5
2.1.2. Tujuan Keselamatan dan Kesehatan Kerja	5
2.1.3. Syarat Keselamatan dan Kesehatan Kerja	5
2.2. Kecelakaan Akibat Kerja	5
2.2.1. Pengertian Kecelakaan Kerja.....	5
2.2.2. Teori Penyebab Kecelakaan Kerja	6
2.2.3. Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja.....	8
2.3. Identifikasi Bahaya dan Risiko	9
2.4. <i>Risk Assessment</i>	9
2.5. <i>Process Hazard Analysis</i> (PHA).....	11
2.6. <i>Hazard Identification and Risk Assessment</i> (HIRA).....	12

2.7. Konsep ALARP dan Human Factor.....	12
2.8. Hubungan antara PHA dan HIRA.....	13
2.9. Penelitian Terdahulu	15
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	18
3.1. Objek Penelitian	18
3.2. Waktu dan Lokasi	18
3.3. Diagram Alir Penelitian	19
3.4. Metode Penelitian.....	19
3.5. Identifikasi dan Penelitian Awal	21
3.6. Pengumpulan Data	21
3.7. Pengolahan Data dan Analisis.....	23
3.8. Kesimpulan dan Saran.....	24
BAB 4 PEMBAHASAN	25
4.1. Pengumpulan data	25
4.1.1. Deskripsi Perusahaan.....	25
4.1.2. Perubahan Komposisi <i>Feed Gas</i>	27
4.1.3. <i>Reinjection</i> LPG Eksternal	27
4.2. Pemetaan Proses dan Potensi Bahaya <i>Reinjection</i> LPG Eksternal .	28
4.3. Prosedur Pengoperasian <i>Reinjection</i> LPG Eksternal	30
4.4. Identifikasi Risiko	30
4.4.1. Process Hazard Analysis	31
4.4.2. Hazard Identification and Risk Assessment	33
4.5. Analisis PHA.....	39
4.5.1. Analisis Risiko Ketika <i>Flow</i> LPG Tidak Ada atau Kurang...	39
4.5.2. Analisis Risiko Ketika <i>Flow</i> LPG Berlebih	39
4.6. Analisis <i>Hazard Identification and Risk Assessment</i> dan Tindakan Pengendalian	40

4.6.1. Analisis risiko pada aktivitas line up perpipaan	40
4.6.2. Analisis risiko pada aktivitas menaiki tangga ke platform....	40
4.6.3. Analisis risiko pada aktivitas mengoperasikan katup manual	41
4.6.4. Analisis risiko pada aktivitas berkomunikasi menggunakan radio	41
4.7. Rekomendasi Perbaikan	42
4.7.1. Worksheet HIRA	42
4.7.2. Standar Operasional.....	43
4.8. Analisis Data Perbaikan	47
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	xiii
<u>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</u>	iii
<u>HALAMAN PENGESAHAN</u>	iv
<u>UNGKAPAN TERIMA KASIH</u>	v
<u>PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</u>.....	vi
<u>ABSTRAK</u>	vii
<u>DAFTAR ISI</u>.....	viii
<u>DAFTAR TABEL</u>	xiii
<u>DAFTAR GAMBAR</u>.....	xiv
<u>BAB 1 PENDAHULUAN</u>	1
1.1. <u>Latar Belakang</u>	1
1.2. <u>Rumusan Masalah</u>	3
1.3. <u>Tujuan Penelitian</u>	3
1.4. <u>Manfaat Penelitian</u>	3
1.5. <u>Ruang Lingkup dan Batasan Masalah</u>	3
<u>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</u>.....	5
2.1. <u>Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)</u>	5

2.1.1. <u>Pengertian Keselamatan dan Kesehatan Kerja</u>	5
2.1.2. <u>Tujuan Keselamatan dan Kesehatan Kerja</u>	5
2.1.3. <u>Syarat Keselamatan dan Kesehatan Kerja</u>	5
2.2. <u>Kecelakaan Akibat Kerja</u>	5
2.2.1. <u>Pengertian Kecelakaan Kerja</u>	5
2.2.2. <u>Teori Penyebab Kecelakaan Kerja</u>	6
2.2.3. <u>Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja</u>	8
2.3. <u>Identifikasi Bahaya dan Risiko</u>	9
2.4. <u>Risk Assessment</u>	9
2.5. <u>Process Hazard Analysis (PHA)</u>	11
2.6. <u>Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)</u>	12
2.7. <u>Konsep ALARP dan Human Factor</u>	12
2.8. <u>Hubungan antara PHA dan HIRA</u>	13
2.9. <u>Penelitian Terdahulu</u>	15
<u>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</u>	18
3.1. <u>Objek Penelitian</u>	18
3.2. <u>Waktu dan Lokasi</u>	18
3.3. <u>Diagram Alir Penelitian</u>	19
3.4. <u>Metode Penelitian</u>	19
3.5. <u>Identifikasi dan Penelitian Awal</u>	21
3.6. <u>Pengumpulan Data</u>	21
3.7. <u>Pengolahan Data dan Analisis</u>	23
3.8. <u>Kesimpulan dan Saran</u>	24
<u>BAB 4 PEMBAHASAN</u>	25
4.1. <u>Pengumpulan data</u>	25
4.1.1. <u>Deskripsi Perusahaan</u>	25
4.1.2. <u>Perubahan Komposisi Feed Gas</u>	27

4.1.3. <i>Reinjection</i> LPG Eksternal	27
4.2. <i>Pemetaan Proses dan Potensi Bahaya Reinjection</i> LPG Eksternal ..	28
4.3. <i>Prosedur Pengoperasian Reinjection</i> LPG Eksternal	30
4.4. <i>Identifikasi Risiko</i>	30
4.4.1. <i>Process Hazard Analysis</i>	31
4.4.2. <i>Hazard Identification and Risk Assessment</i>	33
4.5. <i>Analisis PHA</i>	39
4.5.1. <i>Analisis Risiko Ketika Flow</i> LPG Tidak Ada atau Kurang...	39
4.5.2. <i>Analisis Risiko Ketika Flow</i> LPG Berlebih	39
4.6. <i>Analisis Hazard Identification and Risk Assessment</i> dan Tindakan Pengendalian	40
4.6.1. <i>Analisis risiko pada aktivitas line up perpipaan</i>	40
4.6.2. <i>Analisis risiko pada aktivitas menaiki tangga ke platform</i>	40
4.6.3. <i>Analisis risiko pada aktivitas mengoperasikan katup manual</i>	41
4.6.4. <i>Analisis risiko pada aktivitas berkomunikasi menggunakan radio</i>	41
4.7. <i>Rekomendasi Perbaikan</i>	42
4.7.1. <i>Worksheet HIRA</i>	42
4.7.2. <i>Standar Operasional</i>	43
4.8. <i>Analisis Data Perbaikan</i>	47
<u>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</u>	55
5.1. <i>Kesimpulan</i>	55
5.2. <i>Saran</i>	55
<u>DAFTAR PUSTAKA</u>	xiii

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skala Probability Menurut Standar AS/NZS, 2004	10
Tabel 2.2 Skala Severity Menurut Standar AS/NZS, 2004.....	10
Tabel 2.3 Hubungan antara PHA dan HIRA.....	14
Tabel 2.4 Matriks Penelitian Terdahulu.....	16
Tabel 3.1 Cara Pengambilan Data dalam Tugas Akhir.....	22
Tabel 4.1 Potensi Bahaya Reinjection LPG Eksternal.....	29
Tabel 4.2 Studi PHA Reinjection LPG Eksternal	32
Tabel 4.3 Risk Assessment dan Control Pengoperasian Reinjection LPG Eksternal	35
Tabel 4.4 Hasil Penilaian Tingkat Risiko Pengoperasian Reinjection LPG Eksternal	38
Tabel 4.5 Analisis HIRA setelah Perbaikan Prosedur Pengoperasian Reinjection LPG Eksternal	48
Tabel 4.6 Analisis HIRA setelah Perbaikan Prosedur (ringkasan aspek yang berubah).....	51
Tabel 4.7 Studi PHA Reinjection LPG Eksternal Setelah Revisi Prosedur.....	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Teori Domino	6
<i>Gambar 2.2 Ilustrasi Teori Bird & Loftus</i>	7
Gambar 2.3 Ilustrasi Teori Swiss Cheese	7
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 4.1 Kantor Utama PT Badak NGL	25
Gambar 4.2 Kilang PT Badak NGL	26
Gambar 4.3 Penampakan Asli Perpipaan Reinjection LPG Eksternal di Unit Trains	28
Gambar 4.4 Process Flow Diagram Reinjection LPG Eksternal	31
Gambar 4.5 Grafik Level Akumulator LPG Train H.....	33
Gambar 4.6 Hasil Kuesioner Frekuensi Pengoperasian Katup Manual Reinjection LPG Eksternal.....	38
Gambar 4.7 Pemanfaatan Control Valve Bypass Overhead Cooler	44
Gambar 4.8 Konfigurasi 2 Train Menerima Aliran LPG Eksternal.....	45
Gambar 4.9 Usulan Pengaturan Aliran LPG Menggunakan Control Valve Bypass Overhead Cooler	45
Gambar 4.10 Level Akumulator LPG Train H Saat Melakukan Reinjection LPG Eksternal Menggunakan Metode Baru	46

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 WI Melakukan Switching Reinjeksi Propane dan Butane LPG ke 5E-1 Train H
- Lampiran 2 Matrix Risiko PT Badak NGL
- Lampiran 3 Intrepetasi Nilai Risiko
- Lampiran 4 Kategori Probabilitas atau Kemungkinan
- Lampiran 5 Keparahan Konsekuensi - Manusia
- Lampiran 6 Keparahan Konsekuensi – Lingkungan , Materi & Produksi
- Lampiran 7 Keparahan Konsekuensi – Hukum , Reputasi & Media