

**PENILAIAN TITIK KRITIS DAN POTENSI RISIKO DI *LOADING ARM*  
DALAM PENGISIAN LPG KE KAPAL**

**TUGAS AKHIR**



**UNIVERSITAS  
BAKRIE**

**Martono  
1222913007**

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

**PENILAIAN TITIK KRITIS DAN POTENSI RISIKO DI *LOADING ARM*  
DALAM PENGISIAN LPG KE KAPAL**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**UNIVERSITAS  
BAKRIE**

**Martono  
1222913007**

**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 : Martono

NIM : 1222913007

Tanda Tangan :

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the end.

Tanggal : 16 Februari 2024

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh

Nama : Martono

NPM : 1222913007

Program Studi : Teknik Industri

Judul Skripsi : Penilaian titik kritis dan potensi risiko di *Loading arm* dalam pengisian LPG ke kapal

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

## DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Tri Susanto, S.E., M.T.

(  )

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

(  )

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

(  )

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 16 Februari 2024

## PRAKATA

Syukur Alhamdulillah kepada Allah swt. karena telah memberikan kemudahan pada penulis dalam melaksanakan penelitian hingga menyelesaikan penulisan tugas akhir ini. Sungguh tanpa bimbingan-Nya tentu penulis tidak dapat melalui segala proses yang penuh suka-cita dengan sebaik-baiknya. Semoga Allah memberikan berkah dan ridho-Nya. Penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari dukungan, arahan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Kedua orang tua, Bapak Rejo Hartono dan Ibu Sutinem yang senantiasa memberikan motivasi, mendukung, menasihati, memberikan kasih sayang yang luar biasa dan mendoakan penulis sehingga penulis dapat terus berjuang meraih cita-cita.
2. Istri dan anak-anak yang selalu mendukung dan memotivasi ayahnya untuk terus menuntut ilmu sehingga akhir hayat
3. Dosen Pembimbing Tugas Akhir (TA), Bapak Tri Susanto, S.E., M.T yang telah banyak memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis dalam melaksanakan penelitian dan penulisan tugas akhir.
4. Dosen Penguji Tugas Akhir (TA), Bapak Ir. Invanos Tertiana, M.M. MBA dan Bapak Wijaya Adidarma, ST., M.M yang telah banyak memberikan masukan dan saran pada saat sempro maupun saat siding tugas akhir kepada penulis demi sempurnanya tugas akhir.
5. Dosen Pembimbing Akademis (PA), Ibu Anissa Annissa Fanya yang telah banyak memberikan bimbingan akademik kepada penulis dalam melaksanakan tugas akhir.
6. Segenap pimpinan dan karyawan Perusahaan B, Bontang serta berbagai pihak di dalamnya yang telah memberikan kesempatan dan pengalaman tak ternilai kepada penulis untuk melakukan penelitian serta banyak memberikan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.
7. Segenap pengajar, staff dan asisten dosen di lingkungan Universitas Bakrie, terutama Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, yang berperan penting dalam membentuk karakter dan pengembangan diri serta pengembangan ilmu yang terjadi selama masa perkuliahan berlangsung.
8. Rekan-rekan mahasiswa bimbingan Pak Tri Susanto, S.E., M.T yang saling mendukung dan menyemangati serta berdiskusi.

9. Sahabat-sahabatku di Departemen *Operation Storage, Loading & Marine* serta sahabat-sahabatku dari kecil hingga saat ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang tentu telah membantu, memberikan semangat dan doa dengan tulus dan selalu memberikan atmosfer positif bagi penulis.
10. Rekan-rekan yang telah membantu membagikan ilmu, meluangkan waktu untuk diskusi dan bentuk bantuan lain hingga tugas akhir ini dapat selesai dengan baik. Terima kasih untuk semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu atas bantuan dan dukungan selama menyelesaikan penulisan tugas akhir ini. Semoga apa yang penulis berikan dalam tugas akhir ini dapat bermanfaat. Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak.

Bontang, 16 Februari 2024

Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Martono  
NPM : 1222913007  
Program Studi : Teknik Industri  
Fakultas : Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer  
Jenis Tugas Akhir : Penelitian Industri

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

### PENILAIAN TITIK KRITIS DAN POTENSI RISIKO DI *LOADING ARM* DALAM PENGISIAN LPG KE KAPAL

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 : Jakarta  
Pada tanggal : 16 Februari 2024

Yang menyatakan.



(Martono)

# **PENILAIAN TITIK KRITIS DAN POTENSI RISIKO DI *LOADING ARM* DALAM PENGISIAN LPG KE KAPAL**

**Martono**

---

## **ABSTRAK**

*Liquified Petroleum Gas* (LPG) merupakan gas alam yang rentan terbakar dan diubah menjadi cairan dengan cara didinginkan dimana Komponen utama dari LPG adalah *gas propane* dan *gas buthane*, *temperature* untuk *Propane* ( $C_3H_8$ ) yaitu  $-40^{\circ}C$  dan *Buthane* ( $C_4H_{10}$ ) yaitu  $-4^{\circ}C$ , dengan tekanan operasional sekitar 0,07 MMH<sub>2</sub>O. Penggunaan LPG melibatkan risiko yang signifikan terkait dengan kebakaran dan ledakan jika tidak ditangani dengan benar. Metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) digunakan untuk menganalisis penyebab dominan dari risiko yang teridentifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat beberapa faktor penyebab risiko pada titik kritis di *loading arm*, seperti kegagalan peralatan, kesalahan operator, dan kurangnya pelatihan dan kesadaran operator. Mitigasi risiko dilakukan dengan melakukan perbaikan pada peralatan, meningkatkan pelatihan dan kesadaran operator, serta melakukan pemeliharaan dan perawatan preventif secara rutin. Selain itu, penelitian ini juga mengidentifikasi standar keselamatan industri yang relevan dan merumuskan rekomendasi untuk meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja dalam proses pengisian LPG ke kapal.

Kata kunci: LPG, *Loading Arm*, FMEA, Mitigasi Risiko.



***CRITICAL POINT AND POTENTIAL RISK ASSESSMENT AT LOADING  
ARM IN FILLING LPG TO SHIP***

**Martono**

---

**ABSTRAK**

*Liquified Petroleum Gas (LPG) is flammable natural gas which is converted into liquid form by transportation where the main components of LPG are propane gas and butane gas, the temperature for Propane (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) is -40°C and Butane (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) is -4°C, with an operational pressure of around 0.07 MMH<sub>2</sub>O. The use of LPG involves significant risks of fire and explosion if not handled properly. The Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method was used to analyze the dominant causes of the identified risks. The research results indicate several factors causing risks at the critical point of the loading arm, such as equipment failure, operator errors, and lack of operator training and awareness. Risk mitigation was carried out by improving equipment, enhancing operator training and awareness, and conducting regular preventive maintenance and care. Additionally, this study identified relevant industrial safety standards and formulated recommendations to improve safety and health in the process of loading LPG to vessels.*

*Key words: LPG , Loading Arm, FMEA, Risk Mitigation*

## DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
HALAMAN SAMPUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
PRAKATA.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	2
1.5 Batasan dan Ruang Lingkup Penelitian .....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Standar Keselamatan Industri .....	3
2.2 Desain dan Teknologi <i>Loading Arm</i> .....	4
2.3 Analisis Potensi Bahaya dan Risiko.....	5
2.4 Pengalaman Praktis dan Kasus Studi .....	9
2.5 Pelatihan dan Kesadaran Operator.....	10
2.6 Pemeliharaan dan Perawatan Preventif.....	11
2.7 Pencegahan Kejadian Darurat .....	13
2.8 <i>Failure mode and effect analysis (FMEA)</i> .....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	19
3.1 Alur Diagram Penelitian .....	19
3.2 Pengumpulan informasi terkait proses:.....	20
3.3 Identifikasi Komponen Loading Arm:.....	21
3.4 Identifikasi Potensi Kegagalan: .....	22
3.5 Penentuan Tingkat Keparahan (Severity): .....	24
3.6 Penentuan Tingkat Kejadian (Occurrence):.....	25
3.7 Penentuan Tingkat Deteksi (Detection):.....	27
3.8 Perhitungan Prioritas Risiko (RPN):.....	28
3.9 Penetapan Tindakan Korektif: .....	30

3.10	Implementasi Tindakan Korektif: .....	31
3.11	Pemantauan dan Evaluasi: .....	33
3.12	Pelaporan dan Dokumentasi: .....	34
3.13	Analisa Penyebab Dominan dengan Metode FMEA. ....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		37
4.1	Analisis Risiko <i>Loading Arm</i> .....	37
4.2	Faktor Penyebab Risiko .....	41
4.3	Perbandingan dengan Standar Keselamatan .....	42
4.4	Mitigasi risiko .....	45
4.5	Data Penelitian .....	47
4.6	Metode FMEA .....	50
4.7	<i>Hazard and Operability</i> .....	56
4.8	Analisis Frekuensi .....	58
4.9	Peralatan <i>safety</i> .....	61
4.10	Tindakan Korektif .....	64
4.11	Pelatihan dan Kesadaran Keselamatan .....	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		66
5.1	Kesimpulan .....	66
5.2	Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA .....		68
Lampiran.....		70

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 <i>Mind mapping</i> .....	3
Gambar 2.2 <i>Fire Triangle</i> .....	7
Gambar 2.3 <i>Fire Tetrahedron</i> .....	8
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian metode FMEA .....	19
Gambar 4.1 Bagian-bagian <i>Loading arm</i> .....	37
Gambar 4.2 <i>ESD System</i> .....	38
Gambar 4.3 <i>Pneumatic ESD</i> .....	38
Gambar 4.4 Struktur <i>LPG Loading arm</i> .....	39
Gambar 4.5 <i>LPG Loading arm</i> .....	39
Gambar 4.6 Kejadian <i>L/arm</i> terlepas karena ESD .....	40
Gambar 4.7 <i>F-N Curve UK- HSE</i> .....	49
Gambar 4.8 Simulasi Loading LPG.....	54
Gambar 4.9 <i>LPG Loading Dock</i> .....	55
Gambar 4.10 <i>LPG Dock # 2</i> .....	56
Gambar 4.11 Peralatan <i>safety</i> .....	61

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Severity Rank.....	17
Tabel 2.2 Occurence Rank.....	17
Tabel 2.3 Detection Rank .....	17
Tabel 2.4 Tahapan pembuatan FMEA .....	18
Tabel 4.1 <i>List Kegagalan Valves</i> .....	48
Tabel 4.2 <i>Matriks Risiko UK - HSE</i> .....	48
Tabel 4.3 FMEA .....	50
Tabel 4.4 Grafik Diagram Pareto.....	52
Tabel 4.5 Proses Sistem .....	53
Tabel 4.6 Dimensi <i>Loading arm</i> .....	55
Tabel 4.7 Deviasi HAZOP .....	56
Tabel 4.8 <i>Guide Word</i> HAZOP .....	56
Tabel 4.9 Hasil Identifikasi Bahaya .....	57
Tabel 4.10 Skenario Variabel Kebocoran Komponen.....	58
Tabel 4.11 Data Frekuensi Kebocoran Komponen <i>Valve</i> .....	59
Tabel 4.12 Skenario Variabel Kebocoran Pipa .....	60
Tabel 4.13 Data Frekuensi Kebocoran Pipa.....	60
Tabel 4.14 Skenario Variabel Kebocoran <i>Indicator &amp; safeguard</i> .....	61
Tabel 4.15 Data Frekuensi Kebocoran Instrument and Safeguard .....	61
Tabel 4.16 Emergency Control Plan.....	63