



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS POTENSI LEDAKAN DAN PROYEKSI *THREAT*
ZONE PADA PIPA GAS HIDROGEN DI
PT PUPUK KUJANG CIKAMPEK
TAHUN 2009**

SKRIPSI

**HADI COKRO D
1005000823**

**DEPARTEMEN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
PROGRAM SARJANA KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
JUNI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS POTENSI LEDAKAN DAN PROYEKSI *THREAT*
ZONE PADA PIPA GAS HIDROGEN DI
PT PUPUK KUJANG CIKAMPEK
TAHUN 2009**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Kesehatan Masyarakat**

**HADI COKRO D
1005000823**

**DEPARTEMEN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
PROGRAM SARJANA KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
JUNI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

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

Nama : Hadi Cokro D

NPM : 1005000823

Tanda Tangan:

Tanggal : 26 Juni 2009

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Hadi Cokro D
NPM : 1005000823
Peminatan : Keselamatan dan Kesehatan Kerja
Judul Skripsi : Analisis Potensi Ledakan dan Proyeksi *Threat Zone* Pada Pipa Gas Hidrogen di PT Pupuk Kujang Cikampek Tahun 2009

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat pada Pemintan Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Hendra, SKM, M.KKK (.....)

Penguji I : Dra. Fatma Lestari, M.Si, Ph.D (.....)

Penguji II : Yuni Kusminanti, SKM, M.Si (.....)

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 3 Juli 2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur hanya kepada Allah SWT karena dengan rahmat dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Analisis Potensi Ledakan dan Proyeksi *Threat Zone* Pipa Gas Hidrogen di PT Pupuk Kujang Cikampek Tahun 2009.

Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat Peminatan Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia.

Keberhasilan penulisan skripsi ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

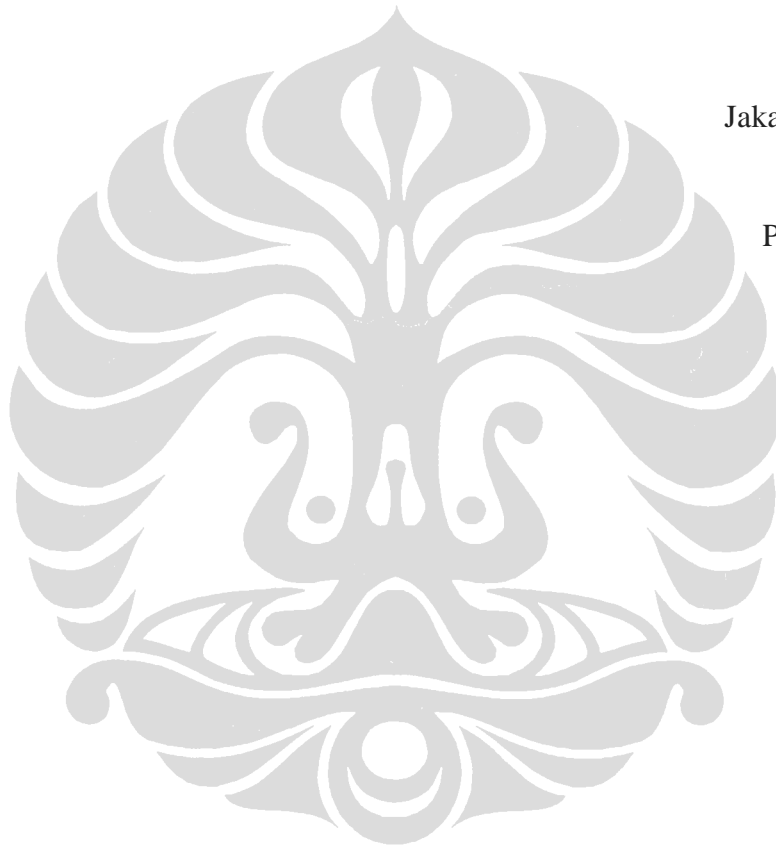
1. Allah SWT yang telah memberikan jalan dan kemudahan dalam melaksanakan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Hendra, MKKK selaku pembimbing akademik dan pembimbing skripsi yang selalu memberi masukan bermanfaat dalam proses pembuatan skripsi ini.
3. Bapak Sumarna selaku Kepala Bagian Keselamatan dan Pemadam Kebakaran PT Pupuk Kujang, terimakasih atas bimbingan, bantuan dan penjelasannya.
4. Mba Ida, Pak Muji, Pak Dadi dan semua pegawai KPK PT Pupuk Kujang, terima kasih atas semua bantuan yang diberikan
5. Mas Tofani, mas deni dan semua karyawan *control room* amonia K-IA dan K-IB. thanks a lot.
6. Keluarga yang telah memberikan motivasi dan dukungan selama ini kepada penulis.
7. Teman-teman K3 angkatan 2005 khususnya, dan angkatan 2005 umumnya, terima kasih atas kebersamaan dan kerjasamanya selama tiga tahun ini. Semoga sukses selalu.
8. Kaput Nurani 2009 yang sering meminjamkan laptop dan Sekretaris Umum MPM Bijak yang sudah membantu menerjemahkan manual ALOHA
9. Pria – pria shalih dan jilbabers, terima kasih atas kesediaannya untuk direpotkan. Syukron, Jazakumulloh khairan katsiir.

Terima kasih banyak kepada semua pihak yang belum disebutkan satu persatu, yang telah membantu serta mendukung penulis dari seluruh proses pengumpulan data hingga sidang skripsi.

Penulis menyadari bahwa mungkin saja terdapat kesalahan atau kekurangan dalam skripsi ini, untuk itu penulis memohon maaf yang sebesar - besarnya. Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, Juni 2009

Penulis



**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hadi Cokro D
NPM : 1005000823
Peminatan : Keselamatan dan Kesehatan Kerja
Departemen : Keselamatan dan Kesehatan Kerja
Fakultas : Kesehatan Masyarakat
Jenis karya : Skripsi

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

“Analisis Potensi Ledakan dan Proyeksi *Threat Zone* Pada Pipa Gas Hidrogen di PT Pupuk Kujang Cikampek Tahun 2009”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia 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.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 28 Juni 2009

Yang menyatakan,

(Hadi Cokro D)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Pertanyaan Penelitian	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.4.1. Tujuan Umum	5
1.4.2. Tujuan Khusus	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.5.1 Bagi Peneliti	6
1.5.2 Bagi PT Pupuk Kujang	6
1.6 Ruang Lingkup	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 <i>Major Hazard Installations</i>	7
2.2 Konsep Ledakan	8
2.3 Klasifikasi Ledakan	9
2.3.1 Ledakan Fisik (<i>Physical Explosions</i>)	9
2.3.1.1 <i>Vessel Rupture</i>	9
a. <i>Pressure Vessel Rupture</i>	9
b. BLEVE	10
2.3.1.2 <i>Rapid Phase Transition</i>	12
2.3.2 Ledakan Kimia (<i>Chemical Explosions</i>)	13
2.3.2.1 <i>Propagating Reactions</i>	13
a. <i>Deflagrations</i>	13
b. <i>Detonations</i>	14
c. <i>Vapor Cloud Explosions (VCEs)</i>	15
2.3.2.2 <i>Uniform Reactions</i>	17
2.4 Dampak Ledakan	17
2.4.1 Pekerja	17
2.4.2 Sistem Operasi	17
2.4.3 Ekonomi	17
2.4.4 Sosial	18
2.4.5 Lingkungan	18
2.5 Hidrogen	18
2.5.1 Karakteristik hidrogen	20

a. <i>Lower Explosive Limit (LEL)</i> atau <i>Upper Explosive Limit (UEL)</i>	20
b. <i>Flash Point (FP)</i>	22
c. <i>Autoignition Temperature (AIT)</i>	22
d. Kerapatan Uap (<i>Vapor Density</i>)	23
e. Tekanan Uap	25
f. <i>Specific Gravity</i>	25
g. <i>Heat of Combustion</i>	25
2.5.2 <i>Hydrogen Attack</i>	26
a. <i>Chemical Hydrogen Attack</i>	26
b. <i>Physical Hydrogen Attack</i>	27
2.5.3 Transportasi Hidrogen	27
2.5.4 Hidrogen <i>safety</i>	29
2.6 Analisis Pohon Kejadian (<i>Event Tree Analysis</i>)	30
2.7 Proses Produksi di PT Pupuk Kujang Cikampek	32
2.7.1 Pabrik <i>Utility</i>	32
2.7.2 Pabrik Amonia	37
2.7.3 Pabrik Urea	45
2.7.4 Pabrik Pengantongan	50
2.8 Pemodelan Kejadian Ledakan	50
2.8.1 HEXDAM (<i>high explosive damage assessment model</i>) dan VEXDAM (<i>vapor cloud explosion damage assessment model</i>)	51
2.8.2 Piranti Lunak DNV	51
2.9 ALOHA (<i>Area Locations of Hazardous Atmosphere</i>)	52
2.9.1 Sejarah ALOHA	52
2.9.2 Cara Penggunaan ALOHA	53
2.9.3 Keterbatasan ALOHA	54
2.9.4 <i>Explosion Level of Concern ALOHA</i>	55
BAB 3. KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL	57
3.1 Kerangka Konsep	57
3.2 Definisi Operasional	58
BAB 4. METODOLOGI PENELITIAN	60
4.1 Disain Penelitian	60
4.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	60
4.3 Unit Analisis	60
4.4 Jenis dan Metode Pengumpulan Data	60
4.5 Metode Analisis	61
4.5.1 Pemodelan	61
4.5.2 Skenario	61
4.5.3 Asumsi dalam Analisis	61
4.6 Keterbatasan Penelitian	62
4.6.1 Lokasi Penelitian	62
4.6.2 Keterbatasan Piranti Lunak ALOHA	62
4.6.3 <i>Event Tree Analysis</i>	63
4.6.4 Faktor Risiko	63
4.6.5 <i>Quality Assurance</i>	63
BAB 5. GAMBARAN UMUM PT KUJANG CIKAMPEK	64
5.1 Profil Perusahaan	64

5.1.1 Sejarah singkat	64
5.1.2 Visi, misi dan tujuan perusahaan	65
5.1.3 Keorganisasian	65
5.2 Profil Pabrik Kujang 1-A dan 1-B	69
5.2.1 Pabrik Kujang 1-A	70
5.2.2 Pabrik Kujang 1-B	70
BAB 6. HASIL DAN PEMBAHASAN	71
6.1 Gambaran PGRU (<i>Purge Gas Recovery Unit</i>) Pabrik Kujang I-A	71
6.2 Pemilihan Pipa Gas Hidrogen	73
6.3 <i>Hazard and Operability (HAZOP) Analysis</i> pada Pipa A	74
6.4 Variabel – variabel Pemicu Ledakan pada Pipa	77
6.4.1 Sifat Hidrogen	77
6.4.2 Sifat Bahan Material Pipa	77
6.4.3 Tekanan dan Temperatur	77
6.4.4 Sumber Ignisi	78
6.4.5 Pelepasan Gas Hidrogen	78
6.5 Hasil Pemodelan Ledakan dengan ALOHA	81
6.5.1 <i>Text Summary</i> ALOHA	81
6.5.2 <i>Overpressure (Blast Force) Threat Zone</i>	84
6.5.3 Area Berisiko	87
6.6 Prosedur Singkat Keadaan Gawat Darurat di PT Pupuk Kujang Cikampek	87
6.7 Gambaran Sistem Detektor Gas dan Sistem Alarm di PT Pupuk Kujang Cikampek	88
BAB 7. PENUTUP	90
7.1 Kesimpulan	90
7.2 Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Berbagai Tipe Ledakan Fisik	13
Tabel 2.2 Hidrokarbon <i>Flammability Limits</i> (kondisi normal)	20
Tabel 2.3 Hidrokarbon <i>Flash Point</i> terendah (kondisi normal)	22
Tabel 2.4 AIT Hidrokarbon (kondisi normal)	23
Tabel 2.5 <i>Vapor Density</i> Hidrokarbon (kondisi normal)	24
Tabel 2.6 Perbandingan Kerapatan pada fase <i>liquid</i> dan <i>vapor</i>	24
Tabel 2.7 Perbandingan Properti Hidrogen, Metana dan Gasoline	26
Tabel 2.8 Kasus Ledakan Gas Hidrogen jenis VCEs (diolah kembali)	30
Tabel 2.9 Proses ETA	31
Tabel 2.10 Keunggulan dan Kelemahan ETA	32
Tabel 2.11 Skenario dan Sumber	56
Tabel 3.1 Definisi Operasional	58
Tabel 5.1 Komposisi dan Jumlah Karyawan Berdasarkan Lokasi Kantor	67
Tabel 5.2 Komposisi dan Jumlah Karyawan Berdasarkan Tingkat Pendidikan	68
Tabel 5.3 Komposisi dan Jumlah Karyawan Berdasarkan Usia	68
Tabel 6.1 Spesifikasi Alat PGRU K-IA	71
Tabel 6.2 Perbandingan Kemurnian, Tekanan dan Temperatur Gas Hidrogen pada PGRU K-IA	72
Tabel 6.3 Analisis HAZOP pada Pipa A	74
Tabel 6.4 Penentuan Risiko	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Terjadinya BLEVE oleh <i>eksternal flame</i>	11
Gambar 2.2 BLEVE	11
Gambar 2.3 <i>Rapid Phase Transition</i>	12
Gambar 2.4 Distribusi Temperatur melintasi <i>laminar flame</i>	14
Gambar 2.5 Proses terjadinya <i>Vapor Cloud Explosions (VCEs)</i>	16
Gambar 2.6 Struktur Atom dari Molekul Hidrogen	19
Gambar 2.7. Variasi <i>Flammable Limits</i> dan Temperatur	21
Gambar 2.8 <i>Flammable Range</i>	21
Gambar 2.7 Ilustrasi Transportasi Hidrogen	27
Gambar 2.8 Jalur Transportasi Hidrogen dengan menggunakan Pipa dan Truk Tanki	28
Gambar 2.9 ETA <i>Overview</i>	30
Gambar 2.10 Contoh ETA	31
Gambar 2.11 Alur Pembuatan Amonia	45
Gambar 2.12 <i>Once Through Process</i>	46
Gambar 2.13 <i>Partial Recycle Process</i>	47
Gambar 2.14 <i>Total Recycle Process</i>	48
Gambar 3.1 Kerangka Konsep Penelitian	57
Gambar 5.1 Pabrik PT Pupuk Kujang	65
Gambar 6.1 Letak Pipa Gas Hidrogen dari PGRU (purge gas recovery unit) (diolah kembali)	74
Gambar 6.2 Pohon Kejadian Pelepasan Gas Hidrogen	80
Gambar 6.3 <i>Source strength (Release rate)</i>	83
Gambar 6.4 <i>Text Summary ALOHA</i>	84
Gambar 6.5 <i>Overpressure (Blast Force) Threat Zone</i>	85
Gambar 6.6 Proyeksi dengan <i>Google Earth</i> (diolah kembali)	86
Gambar 6.7 Proyeksi pada Peta Kawasan Industri Kujang Cikampek (diolah kembali)	86

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Struktur Organisasi PT Pupuk Kujang
- Lampiran 2. Kekuatan Karyawan PT Pupuk Kujang
- Lampiran 3. Peta Kawasan PT Pupuk Kujang Cikampek
- Lampiran 4. *Piping & Instrumentations Diagram*

