

ANALISA POTENSI KEBAKARAN DAN LEDAKAN PADA TANGKI LNG ISO TANK 40 Ft DI PT X

Juni Trihardiyanto¹, Fatma Lestari^{1,2*}

Departemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat,
Universitas Indonesia, Indonesia¹, Disaster Risk Reduction Center, Universitas Indonesia (DRRC UI)²
7uni.trihardiyanto@gmail.com¹ fatma@ui.edu²

ABSTRACT

LNG (*Liquefied Natural Gas*) has a high risk of fire and explosion. The increasing domestic demand for LNG has forced several new alternatives in the process of delivering LNG to consumers throughout Indonesia. LNG transportation in Indonesia is slowly starting to shift from large scale to small scale with the alternative of using ISO Tanks, so that it can reach locations that do not have special LNG port facilities. PT. X is one of the LNG refineries in Indonesia which currently serves LNG shipments by cargo or ISO Tanks. This paper aims to assess the potential for fire and explosion index in a 40 ft LNG ISO Tank that performs filling and temporary storage at facilities owned by PT. X. The fire and explosion potential assessment method for the LNG ISO Tank is carried out quantitatively using the Dow's Fire and Explosion Index 7th Edition method. The results of the analysis obtained that the F&EI value at the facilities at PT. X was 139.48 so that it was included in the category of severe hazard level. This category is the reference for proper heating to reduce the risk of fire and explosion.

Keywords : LNG, Explosion, Dow's Index,

ABSTRAK

LNG (*Liquefied Natural Gas*) memiliki risiko kebakaran dan ledakan yang besar. Kebutuhan LNG domestik yang meningkat memaksa beberapa alternatif baru dalam proses pengiriman LNG ke konsumen diseluruh Indonesia. Transportasi LNG di Indonesia perlahan sudah mulai beralih dari yang skala besar menjadi skala kecil dengan alternatif menggunakan ISO Tank, sehingga dapat menjangkau lokasi yang tidak memiliki fasilitas pelabuhan khusus LNG. PT. X adalah salah satu kilang LNG di Indonesia yang saat ini melayani pengiriman LNG dengan kargo ataupun ISO Tank. Tulisan ini bertujuan untuk menilai index potensi kebakaran dan ledakan pada LNG ISO Tank 40 ft yang melakukan pengisian dan penyimpanan sementara di fasilitas yang dimiliki oleh PT. X. Metode penilaian potensi kebakaran dan ledakan pada LNG ISO Tank dilakukan secara kuantitatif dengan menggunakan metode *Dow's Fire and Explosion Index 7th Edition*. Hasil analisa didapatkan nilai F&EI pada fasilitas yang ada di PT.X adalah sebesar 139.48 sehingga termasuk kategori tingkat bahaya *heavy*. Kategori tersebut menjadi acuan terhadap mitigasi yang tepat untuk mengurangi risiko dari kebakaran dan ledakan.

Kata Kunci : LNG, Ledakan, Indeks Kebakaran Dow's

PENDAHULUAN

Liquefied Natural Gas (LNG) adalah gas alam sangat mudah terbakar yang diubah menjadi bentuk cairan dengan didinginkan sampai pada titik dididnya yaitu -162°C. Komponen utama dari LNG adalah gas metana dengan minimum konsentrasi sebesar 98% lalu diikuti oleh fraksi berat lainnya. Seiring berjalan waktu kebutuhan LNG untuk pasar domestik meningkat, dan hal itu diperkuat oleh peraturan pemerintah dalam alokasi gas

bumi untuk pasar domestik yang tertuang di dalam PP No.35 Tahun 2004 pasal 46 dan Peraturan Menteri ESDM No.3 Tahun 2010. Dalam peraturan tersebut dikatakan bahwa 25% dari produksi gas bumi dialokasikan untuk kebutuhan dalam negeri (Kementrian-ESDM, 2010).

PT.X dalam hal ini melakukan ketaatan dengan peraturan pemerintah dengan membangun fasilitas untuk pengisian LNG dengan menggunakan ISO tank dengan kapasitas 20 ft dan 40 ft. Kerjasama juga

dilakukan dengan beberapa perusahaan jasa transportasi laut untuk melakukan pengiriman LNG ISO tank ke beberapa daerah yang tidak memiliki fasilitas pelabuhan khusus LNG. Dengan adanya LNG ISO tank ini, maka akan mempermudah pengiriman LNG sampai kepada konsumen dalam negeri khususnya daerah yang belum tersambung jaringan pipa gas ataupun sumur gas (Marpaung, Wibowo, & Harmadi, 2022).

Dalam menjalankan kegiatan yang aman diperlukan penilaian risiko kebakaran dan ledakan terhadap fasilitas yang ada di *cargo dock*. Risiko kebakaran dan ledakan tidak bisa dihindari karena PT.X selaku produsen LNG selalu berhadapan dengan material berbahaya tersebut. Mengacu dari *Center for Chemical Process Safety (CCPS)*, bahaya didefinisikan sebagai karakteristik fisik atau kimia yang berpotensi untuk menyebabkan kerugian baik dari sisi pekerja, lingkungan dan properti (Crowl, 1996). Selama 40 tahun terakhir kecelakaan kebakaran di seluruh dunia berhasil dirangkum sebanyak 242 kejadian, Dimana kejadian dominan terjadi pada area pengolahan (*refinery*) sebanyak 116 kejadian atau 47.9%. Kemudian kejadian terbanyak kedua ada pada area pemasaran (*terminals* dan *pumping station*) sebanyak 64 kejadian atau 26.4%. (Chang, 2005). Dalam menghadapi ancaman risiko kebakaran dan ledakan di tempat kerja, setiap perusahaan di Indonesia wajib untuk mencegah, mengurangi dan memadamkan, latihan penanggulangan kebakaran di tempat kerja (Kepmennaker, 1999).

Kebakaran tangki timbun sering terjadi diiringi oleh ledakan sehingga menyebabkan kerugian yang sangat besar. Dari data menunjukkan lebih dari 64% kejadian terjadi di *Petrochemical Plants*, *Petroleum refineries* dan *Depot*. Sebanyak 82% kejadian kebakaran menghasilkan ledakan. Bencana kebakaran kebanyakan terjadi ketika proses perawatan, perbaikan dan *loading & unloading*. Sebanyak 27% kecelakaan disebabkan oleh kesalahan manusia termasuk operasi dan perawatan

(Zheng & Chen, 2011). Hal serupa juga berlaku di Indonesia, dalam penelitian yang dilakukan oleh Lestari terkait kajian potensi bahaya kebakaran dan ledakan di tangki timbun bahan bakar minyak, didapatkan nilai risiko bahaya yang cukup tinggi. (F. Lestari & Nurdiansyah, 2007)

Penelitian dilakukan di PT.X pada tahun 2022, lokasi ini dipilih karena memiliki fasilitas yang lengkap sebagai kilang LNG dan baru saja merampungkan proyek pembangunan *cargo dock* pada tahun 2021 sebagai tempat penyimpanan sementara LNG ISO Tank sebelum dibawa ke konsumen. Belum ada tulisan terkait penilaian indeks kebakaran dan ledakan khususnya di LNG ISO Tank dengan menggunakan metode *Dow's Fire Explosion Index*, sehingga tulisan ini diharapkan menjadi referensi yang bisa dipakai untuk tulisan selanjutnya.

Sebagai upaya dalam pencegahan terhadap risiko kebakaran dan ledakan diperlukan penilaian secara kuantitatif yang terukur sehingga mitigasi yang dilakukan bisa efektif dalam mengurangi risiko tersebut.

Tulisan ini bertujuan untuk menilai sejauh mana indeks kebakaran dan ledakan yang ada di *cargo dock* PT. X yang memiliki fasilitas penyimpanan sementara LNG ISO tank. Dengan mengetahui indeks kebakaran dan ledakan, mitigasi risiko yang akan diterapkan akan lebih tepat sasaran.

METODE

Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah *Dow's Fire and Explosion Index (F&EI) 7th edition*. Metode ini bersifat semi kuantitatif deskriptif, metode ini ditemukan sejak tahun 1964 dan terus dikembangkan selama 29 tahun terakhir menjadi indeks komprehensif yang memberikan nilai relatif terhadap risiko kerugian akibat dari kebakaran dan ledakan (AIChE,t 1994).

Menurut Gupta, *Dow's Fire and Explosion Index (F&EI) 7th edition* mampu memberikan gambaran secara jelas

terhadap bahaya kebakaran dan ledakan (Gupta, Khemani, & Mannan, 2003). Menurut Jafari, metode ini relatif sederhana dan lengkap dalam menghitung risiko total proses, dalam menjalankan metode ini tidak membutuhkan keahlian tinggi kemudian tidak membutuhkan waktu terlalu panjang (JAFARI, ZAREI, & MOVAHHEDI, 2011). Suardin berpendapat, metode *Dow's Fire and Explosion Index* sangat mungkin untuk bisa diintegrasikan ke desain optimalisasi proses sehingga mendapatkan parameter yang terukur baik dari sisi teknis ataupun ekonomi (Suardin, Mannan, & El-Halwagi, 2007).

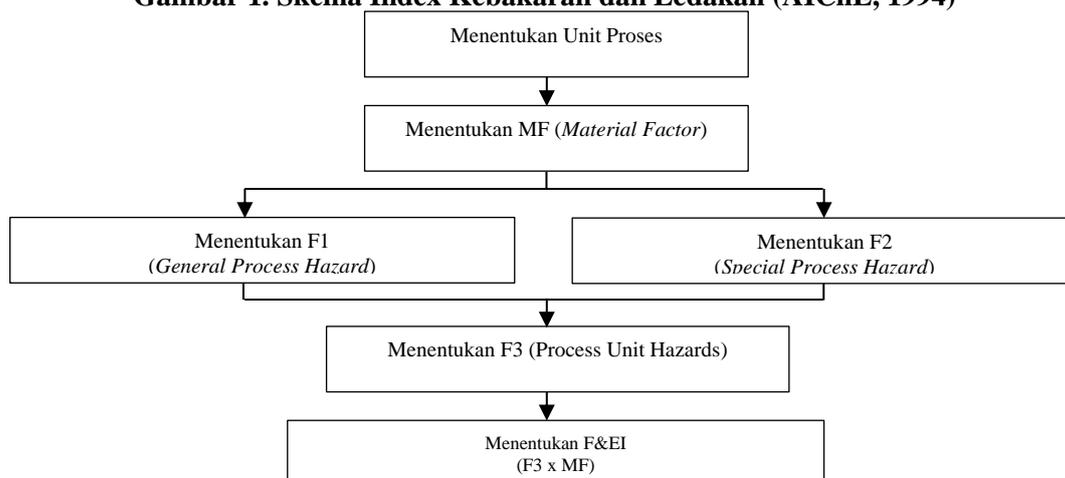
Pengolahan data penelitian dilakukan pada bulan Agustus sampai dengan Desember 2022 dengan menggunakan dua sumber data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yaitu data yang didapatkan di lapangan secara langsung baik melalui observasi, dokumentasi dan wawancara terhadap pihak yang terlibat langsung di lapangan. Kemudian data sekunder adalah data yang didapatkan dari pihak manajemen pengelola yang mengoperasikan *cargo dock* secara aman sesuai dengan prosedur yang telah diterapkan. Seluruh data yang didapat kemudian diolah dengan perhitungan menggunakan *Microsoft excel*, mengacu

kepada tahapan yang ditetapkan oleh *Dow's Fire and Explosion Index (F&EI) 7th edition*.

HASIL

Fasilitas *Cargo dock* yang dimiliki PT.X mulai dioperasikan untuk pengisian dan penyimpanan LNG ISO Tank mulai tahun 2021. Pengisian LNG ke LNG ISO Tank dilakukan langsung dari kilang LNG yang dimiliki oleh PT.X dengan dipompakan dan melewati jalur pipa yang dibuat sesuai dengan standar. Satu LNG ISO tank 40 ft bisa menampung LNG sebanyak 17.445 kg (38.459,64 lb), dan fasilitas penyimpanan sementara sebelum LNG ISO Tank diangkut kapal yang menampung sebanyak 40 buah ISO Tank, sehingga kapasitas total maksimum penyimpanan yang disediakan di *cargo dock* adalah 15.383.856 lb . *Cargo dock* memiliki luasan kurang lebih 15.000 m² dengan dilengkapi peralatan penunjang keselamatan kerja dan proses yang telah terstandarisasi. LNG ISO Tank 40 feet memiliki spesifikasi desain tekanan sebesar 1,55 MPa, dan dilengkapi fasilitas pengaman berupa *safety relief valve* sebesar 230 psig. Tekanan operasi yang digunakan adalah 1,5 kg/cm².

Gambar 1. Skema Index Kebakaran dan Ledakan (AIChE, 1994)



Mengacu kepada pedoman dari *Dow's Fire and Explosion Index (F&EI) 7th edition*, langkah awal yang dilakukan adalah dengan menentukan *material factor (MF)* dari LNG (metana) dan didapat sebesar 21. Kemudian

langkah berikutnya adalah melakukan penilaian *penalty* dari *General Process Hazards (F1)* dan *Special Process Hazards (F2)*. Dengan melakukan penilaian tersebut maka akan didapatkan *Process Unit*

Hazards Factor (F3), adalah hasil dari perkalian antara F1 dan F2. Hasil perkalian dari *Process Unit Hazard Factors* (F3) dan

Material Factor (MF) akan menghasilkan F&EI (*Fire & Explosion Index*).

Tabel 1. Hasil Perhitungan F&EI LNG ISO Tank 40 ft (AIChE, 1994)

<i>Material Factor (MF) of LNG</i>		21
1	<i>General Process Hazards</i>	Penalty Factor
	<i>Base Factor</i>	1,00
	<i>a Exothermic Chemical Reactions</i>	0.3 - 1.25
	<i>b Endothermic Processes</i>	0.2 - 0.4
	<i>c Material Handling & Transfer (Table 1)</i>	0.25 - 1.05
	<i>d Enclosed or Indoor Process Units</i>	0.25 - 0.9
	<i>e Access</i>	0.2 - 0.35
	<i>f Drainage and Spill Control</i>	0.25 - 0.5
	<i>General Process Hazards Factor (F1)</i>	1,85
2	<i>Special Process Hazards</i>	
	<i>Base Factor</i>	1,00
	<i>a Toxic Material(s),</i>	0.2 - 0.8
	<i>b Sub-Atmospheric Pressure (< 500 mm Hg)</i>	0,50
	<i>c Operation Near In or Near Flammable Range</i>	
	1 <i>Tank Farms Storage Flammable Liquids</i>	0,50
	2 <i>Process Upset or Purge Failure</i>	0,30
	3 <i>Always in Flammable Range</i>	0,80
	<i>d Dust Explosion (See Table 3) Type =</i>	0.25 - 2.0
	<i>e Pressure (See Fig. 2)</i>	0.16 - 1.5
	<i>f Lowest Temperature =</i>	0.2 - 0.3
	<i>g Quantity of Flammables / Unstable Material lb =</i>	
	1 <i>Liquids or Gases In Process</i>	0,00
	2 <i>Liquids or Gases in Storage</i>	1,55
	3 <i>Combustible Solids in Stg</i>	0,00
	<i>h Corrosion and Erosion Rates</i>	0.1 - 0.75
	<i>i Leakage - Joints and Packing</i>	0.1 - 1.50
	<i>j Use of Fired Equipment</i>	0,00
	<i>k Hot Oil Heat Exchange System</i>	0.15 - 1.15
	<i>l Rotating Equipment</i>	0,50
	<i>Special Process Hazards (F2)</i>	3,59
3	<i>Process Unit Hazards Factor (F1 x F2) = F3</i>	6,64
	<i>Fire and Explosion Index (F3 x MF)</i>	139,48

Penalti untuk *general process hazards base factor* adalah 1,0. Dari hasil penjumlahan terhadap semua item maka F1 didapatkan 1,85. Sedangkan untuk item yang mempunyai nilai 0,00 mengindikasikan tidak ada penalti yang diterapkan pada item tersebut. Berikut adalah detail penilaian dari setiap item dari *general process hazards*.

- Reaksi Eksotermis**, penalti tidak dilakukan karena tidak ada reaksi eksotermis pada penyimpanan LNG.
- Reaksi Endotermis**, penalti tidak dilakukan karena tidak ada reaksi endotermis pada penyimpanan LNG.
- Penanganan Material**, tipe tangki LNG ISO Tank adalah silinder dan menyimpan LNG dengan klasifikasi *flammable liquid*

- dengan nilai $N_f = 3$, sehingga penalti yang diterapkan adalah 0,85.
- d. **Unit Proses Tertutup**, *cargo dock* didesain terbuka sehingga penalti tidak diterapkan pada item ini.
 - e. **Akses**, *cargo dock* memiliki luasan kurang lebih 15.000 m² dan akses *emergency* lebih dari dua, kemudian lokasi tersebut berbatasan dengan jalan besar sehingga apabila terjadi *emergency area* tersebut dinilai cukup layak untuk melakukan evakuasi ataupun intervensi keadaan darurat.
 - f. **Saluran pembuangan dan pengendalian kebocoran**, *cargo dock* telah memiliki drainase yang baik dan spesifik digunakan untuk kebocoran LNG. Detektor kebocoran telah tersedia di beberapa titik dan area penampungan kebocoran sudah didesain cukup untuk menampung kebocoran serta dilengkapi proteksi busa ekspansi tinggi.
Penalti untuk *special process hazards base factor* adalah 1,0. Dari hasil penjumlahan terhadap semua item maka F2 didapatkan 3,59. Sedangkan untuk item yang mempunyai nilai 0,00 mengindikasikan tidak ada penalti yang diterapkan pada item tersebut. Berikut adalah detail penilaian dari setiap item dari *special process hazards*.
 - a. **Material beracun**, mengacu kepada NFPA *Standard* nilai N_h dari LNG adalah 1, sehingga penalti yang diberikan adalah 0,2.
 - b. **Tekanan bawah atmosfer**, LNG ISO tank memiliki tekanan di atas nilai atmosferik (1,5 kg/cm²) sehingga penalti tidak diterapkan pada item ini.
 - c. **Operasional berada di area flammable range**, mengacu ke tabel 1 point 2.C.1 suhu *flash point* dari LNG adalah -188°C, sedangkan suhu operasional dari tangki tersebut (-152°C) berada di atas suhu *flash point* tersebut. Sehingga penalti yang diberikan untuk item 2.C.1 adalah 0,5. Untuk item 2.C.2 dan 2.C.3 tidak dilakukan penalti karena peralatan pada kondisi normal tidak berada pada area *flammable range*.
 - d. **Ledakan Debu**, tidak dilakukan penalti karena material yang ditangani adalah *flammable liquid*.
 - e. **Tekanan Operasional**, dengan tekanan operasi tangki LNG ISO tank di 1,5 kg/cm² atau 21,3 psig, dan 230 psig untuk tekanan relief valve, kemudian menyimpan material *liquified flammable gas* sehingga dikalikan dengan 1,3 maka didapat penalti sebesar 0,14.
 - f. **Suhu Operasional Rendah**, suhu maksimum yang diizinkan dari desain tangki ISO LNG adalah -196°C, dan suhu operasional ada direntang -152°C sehingga potensi kerusakan material karena suhu ekstrim yang terlalu rendah sangat kecil. Tidak dilakukan penalti pada item ini.
 - g. **Jumlah Material**, metana memiliki nilai *heat of combustion* (H_c) sebesar 21,5 BTU/lb x 10³, dengan kapasitas total penyimpanan di *cargo dock* sebesar 15.383.856 lb, maka digunakan persamaan *curve A. figure 4 – liquified gases*. Dari perhitungan persamaan tersebut maka didapat nilai penalti sebesar 1,55 (item poin 2.G.2).
 - h. **Korosi dan Erosi**, material yang dimiliki LNG ISO Tank adalah *stainless steel* (SS) 316L, ini sesuai dengan yang direkomendasikan (Sas, Weiss, & Jung, 2015). Dengan spesifikasi material tersebut tangki ISO LNG sangat baik dalam menahan tingkat korosi ataupun erosi. Penalti yang digunakan adalah 0,1.
 - i. **Kebocoran**, penalti pada item ini ditetapkan sebesar 0,1 karena kemungkinan kebocoran pada sambungan perpipaan di tangki tetap mungkin terjadi.
 - j. **Penggunaan peralatan pembakar**, di area *cargo dock* tidak terdapat peralatan yang menggunakan pembakaran sehingga tidak dilakukan penalti terhadap item ini.
 - k. **Operasi Pertukaran Minyak Panas**, tidak diberikan penalti karena LNG merupakan *flammable liquid*, sedangkan penalti diberlakukan untuk material yang termasuk dalam kategori *combustible hot*

oil atau *combustible fluid* yang beroperasi di bawah *titik nyala*.

1. **Peralatan Berputar**, di area *cargo dock* tidak diberlakukan penalti, karena tidak terdapat peralatan berputar pada area tersebut.

Dari perhitungan F1 dan F2 di atas, maka didapatkan nilai F3 dengan perkalian antara F1 dan F2. *Process unit hazards factor* (F3) yang didapatkan adalah sebesar 6,64. Selanjutnya adalah perhitungan *fire & explosion index* adalah dengan melakukan perkalian antara F3 dan MF (*material factor*) maka didapat nilai F&EI adalah 139,48. Kategori index tingkat bahaya yang ditentukan oleh DOW dengan nilai F&EI tersebut adalah *heavy*. Berikut adalah tabulasi index tingkat bahaya mengacu kepada DOW. (AIChE, 1994)

Tabel 2. Tingkat Bahaya Index Kebakaran dan Ledakan (AIChE, 1994)

<i>F&EI Index</i>	<i>Degree of Hazard</i>
1 - 60	<i>Light</i>
61 - 96	<i>Moderate</i>
97 - 127	<i>Intermediate</i>
128 - 158	<i>Heavy</i>
159 - Up	<i>Severe</i>

PEMBAHASAN

Dengan didapatkan hasil indeks kebakaran dan ledakan untuk LNG ISO tank sebesar 139,48 dan masuk dalam kategori *heavy*, maka tergambar dengan jelas bahwa pelaksanaan kegiatan penyimpanan LNG di *cargo dock* memiliki risiko yang cukup tinggi. Pengambilan data ini memakai nilai maksimum kapasitas *cargo dock* dalam menampung LNG ISO Tank. Daya tampung sebanyak itu tidak dilaksanakan setiap hari, sehingga risiko dari sudut pandang jumlah material yang berbahaya bisa dikurangi. Sistem keselamatan kebakaran di *cargo dock* secara umum juga mengikuti sistem yang sudah diterapkan oleh PT.X, sehingga seluruh aspek manajemen keselamatan kebakaran sudah dilakukan dengan baik mengacu kepada sistem yang telah diterapkan terlebih dahulu untuk kilang LNG. Kilang LNG yang dikelola PT.X memiliki sistem manajemen kebakaran yang

lebih komprehensif sehingga mitigasi terhadap indeks kebakaran dan ledakan yang didapatkan bisa diminimalisir dengan baik. Menurut Nedved, apabila kategori indeks kebakaran dan ledakan yang didapatkan di atas nilai *moderate* maka dibutuhkan penanganan khusus sehingga proses kerja bisa berjalan dengan aman (Nedved, Milos, & Soemanto Imamkhasasni, 1991).

Hal serupa pernah dilakukan oleh Putri terkait penilaian indeks kebakaran dan ledakan dengan metode DOW, peneliti melakukan penelitian dengan objek bahan bakar *boiler* yang menggunakan LNG dan didapatkan F&EI sekitar 116,62 (*intermediate hazard degree*) (Putri & Lestari, 2022). Begitu juga pemaparan dari buku Keselamatan Kebakaran (2021), Nilai F&EI yang tinggi menggambarkan proses yang dievaluasi dan dinilai mempunyai bahaya yang tinggi pula. (P. F. Lestari et al., 2021)

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Jianhua, mengungkapkan bahwa nilai F&EI pada kapal kargo pembawa LNG memiliki nilai F&EI sebesar 168 dengan tingkat bahaya *severe*. (Jianhua & Zhenghua, 2012). Objek yang diteliti memiliki kesamaan, tetapi perbedaan dari penelitian tersebut adalah jumlah material berbahaya yang dikendalikan. Dengan jumlah material berbahaya yang sangat besar tersebut, sehingga akan meningkatkan indeks kebakaran dan ledakan pada kapal kargo tersebut.

KESIMPULAN

Nilai F&EI untuk LNG ISO Tank kapasitas 40 *feet* yang beroperasi di PT.X sebesar 139,48 sehingga masuk tingkat bahaya *heavy*. Dengan adanya pengendalian bahaya kebakaran dan ledakan yang sudah diterapkan secara baik dan simultan, risiko tersebut bisa diminimalisir sampai pada tingkat yang bisa diterima.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada PT.X yang telah memberikan izin

untuk melakukan penelitian di lokasi tersebut. Sehingga penelitian ini bisa bermanfaat untuk kepentingan perusahaan maupun institusi pendidikan.

DAFTAR PUSTAKA

- AICHe, A. I. o. C. E. (1994). *Dow's Fire and Explosion Index* (7th ed.). New York.
- Chang, J. I. (2005). A study of storage tank accidents. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 19 (2006) 51–59. doi:10.1016/j.jlp.2005.05.015
- Crowl, D. A. (1996). *Inherently safer chemical processes: A life cycle approach*. New York: AICHe.
- Gupta, J. P., Khemani, G., & Mannan, M. S. (2003). Calculation of Fire and Explosion Index (F&EI) value for the Dow Guide taking credit for the loss control measures. *Journal of loss prevention in the process industries*. doi:10.1016/S0950-4230(03)00044-5
- JAFARI, M. J., ZAREI, M., & MOVAHHEDI, M. (2011). The Credit of Fire and Explosion Index for Risk Assessment of Iso-Max Unit in an Oil Refinery. *INTERNATIONAL JOURNAL OF OCCUPATIONAL HYGIENE*, 4.
- Jianhua, L., & Zhenghua, H. (2012). Fire and explosion risk analysis and evaluation for LNG ships. *International Symposium on Safety Science and Technology*, 45, 70-76. doi:10.1016/j.proeng.2012.08.123
- Kementrian-ESDM. (2010). *Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor 3, Tentang Alokasi dan Pemanfaatan Gas Bumi Untuk Pemenuhan Kebutuhan Dalam Negeri*. Jakarta: Republik Indonesia
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia Tentang Unit Penanggulangan Kebakaran di Tempat Kerja, KEP.186/MEN/1999 C.F.R. (1999).
- Lestari, F., & Nurdiansyah, W. (2007). *POTENSI BAHAYA KEBAKARAN*

DAN LEDAKAN PADA TANGKI TIMBUN BAHAN BAKAR MINYAK (BBM) JENIS PREMIUM DI DEPOT X TAHUN 2007. *MAKARA TEKNOLOGI*, 11, 59-64.

- Lestari, P. F., Hastiti, L. R., Pujiriani, I., Nurdiansyah, W., Chandra, J., Ismail, A., Yudha, R. (2021). *Keselamatan Kebakaran (Fire Safety)*. Depok: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Marpaung, F., Wibowo, E. T., & Harmadi, R. (2022). Desain dan Analisis Tanki ISO LNG Kapasitas 40 feet Menggunakan Teknik Finite Element Analysis. *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi*, 4. Retrieved from <http://journal.univpancasila.ac.id/index.php/asiimetrik>
- Nedved, Milos, D., & Soemanto Imamkhasasni, D. (1991). *Dasar-Dasar Keselamatan Kerja Bidang Kimia dan Pengendalian Bahaya Besar = Fundamentals of Chemical Safety and Major Hazard Control*. Jakarta: ILO.
- Putri, S. K., & Lestari, F. (2022). Analisis Risiko Kebakaran dan Ledakan Boiler di Pabrik Makanan PT. X Provinsi Banten. *PREPOTIF Jurnal Kesehatan Masyarakat*.
- Sas, J., Weiss, K. P., & Jung, A. (2015). The Mechanical and material properties of 316LN austenitic stainless steel for the fusion application in cryogenic temperatures. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- Suardin, J., Mannan, M. S., & El-Halwagi, M. (2007). The integration of Dow's fire and explosion index (F&EI) into process design and optimization to achieve inherently safer design. *Journal of loss prevention in the process industries*. doi:10.1016/j.jlp.2006.10.006
- Zheng, B., & Chen, G. h. (2011). Storage tank fire accidents. *Process Safety Progress*, 30(3), 291-293.

