

ANALISIS KONSEKUENSI KEBAKARAN DAN LEDAKAN PADA TANGKI LPG (LIQUEFIED PETROLEUM GAS) DI PT SURYA ESA PERKASA TBK PALEMBANG

Desy Indah Permatasari, Elvi Sunarsih, H.A. Fickry Faisya
Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya

FIRE AND EXPLOSION CONSEQUENCE ANALYSIS ON LPG (LIQUEFIED PETROLEUM GAS) TANK IN PT SURYA ESA PERKASA TBK PALEMBANG

ABSTRACT

Background: LPG plant has fires and explosions hazard which can occur due to a processing, storing, or distributing failure. PT Surya Esa Perkasa Tbk is one of LPG plant in Indonesia which has a high risk of fire and explosion due to leakage of the 150 tons capacity tank. Therefore, it is necessary to analyze the consequences of fire and explosion on the LPG tank in PT Surya Esa Perkasa Tbk Palembang.

Method: This study was a descriptive research with quantitative approach. The consequence analysis will be made jet fire, fireball/BLEVE, flammable area/flash fire, and vapor cloud explosion (VCE) modeling by using ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmosphere) software 5.4.4 version. The farthest threat zone will be analyzed to know the number of population at risk and analysis of emergency response plan (procedures, teams, facilities and infrastructure) which had been applied.

Result: Jet fire modeling threat zone reached 150 meters, BLEVE modeling reached 1.3 kilometers, flammable area modeling reached 911 meters, and VCE modeling reached 398 meters. Population at risk was 81 workers. The application of emergency response plan (ERP) from procedure, team, and facilities aspects had been good but there were no ERP intended for surrounding communities.

Conclusion: BLEVE modeling has the farthest consequences reaches 1.3 kilometers with 81 people as population at risk and ERP had been well implemented by PT Surya Esa Perkasa Tbk for workers but it still had no ERP for surrounding community.

Keywords: working population at risk, emergency response plan.

ABSTRAK

Latar Belakang: Kilang LPG memiliki bahaya kebakaran dan ledakan yang dapat terjadi akibat kegagalan pada saat pengolahan, penyimpanan, atau pendistribusian. PT Surya Esa Perkasa Tbk merupakan kilang LPG di Indonesia yang berisiko tinggi terjadinya kebakaran dan ledakan akibat kebocoran LPG pada tangki bermuatan 150 ton. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis konsekuensi kebakaran dan ledakan pada tangki LPG di PT Surya Esa Perkasa Tbk Palembang.

Metode: Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Analisis konsekuensi dilakukan dengan membuat pemodelan kebakaran *jet fire*, *fireball/BLEVE*, *flammable area/flash fire*, dan pemodelan ledakan VCE menggunakan *software* ALOHA versi 5.4.4. *Threat zone* terjauh dari beberapa pemodelan tersebut akan dianalisis jumlah populasi pekerja berisiko dan analisis *emergency response plan* (prosedur, tim, sarana dan prasarana) yang telah diterapkan.

Hasil Penelitian: *Threat zone* pemodelan *jet fire* mencapai jarak 150 meter, pemodelan BLEVE mencapai jarak 1,3 kilometer, pemodelan *flammable area* mencapai jarak 911 meter, dan pemodelan VCE mencapai jarak 398 meter. Jumlah populasi pekerja berisiko sebanyak 81 orang. Penerapan *Emergency Response Plan* (ERP) dilihat dari aspek prosedur, tim, serta sarana dan prasarana tanggap darurat untuk pekerja sudah baik tetapi belum terdapat ERP yang ditujukan untuk masyarakat sekitar.

Kesimpulan: Pemodelan BLEVE memiliki konsekuensi terjauh mencapai 1,3 kilometer dengan jumlah populasi pekerja berisiko sebanyak 81 orang, dan ERP yang telah diterapkan oleh PT Surya Esa Perkasa Tbk untuk pekerja sudah baik tetapi belum memiliki ERP untuk masyarakat sekitar.

Kata Kunci: populasi pekerja berisiko, *emergency response plan*.

PENDAHULUAN

LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) merupakan gas hidrokarbon yang dicairkan di bawah tekanan yang diproduksi oleh kilang minyak dan gas dengan komponen utama terdiri dari propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}).¹ Sifat LPG mudah menguap dan sangat mudah terbakar jika terignisi.² Kilang LPG memiliki bahaya kebakaran dan ledakan yang sangat berkaitan dengan sifat fisika dan kimia LPG.³ Kebakaran dan ledakan ini akan menghasilkan fenomena sekunder seperti *thermal radiation*, *over pressure wave*, dan *fragmentation* sehingga menjadi ancaman serius bagi manusia dan lingkungan.⁴ Berdasarkan data *The Hartford Steam Boiler, HSB Professional Loss Control* (2010), dari 80 insiden kebakaran dan ledakan yang terjadi pada LPG, sebanyak 41% kasus *jet fire* dan *flash fire*, 21% kasus BLEVE, 19% kasus *Vapor Cloud Explosion* (VCE), dan 19% kasus *Common Vulnerabilities and Exposures* (CVE).⁵

Kebakaran dan ledakan pada tangki LPG dapat dicegah dengan melakukan langkah awal yaitu analisis konsekuensi kebakaran dan ledakan.⁶ Analisis konsekuensi dilakukan dengan membuat pemodelan kebakaran dan ledakan menggunakan perangkat lunak ALOHA (*Areal Location of Hazardous Atmospheres*). Hasil dari pemodelan tersebut dapat memprediksi area berisiko (*threat zone*) dari konsekuensi kebakaran, ledakan, dan penyebaran awan uap.⁷

PT Surya Esa Perkasa Tbk Palembang merupakan kilang LPG swasta di Indonesia dengan hasil produksi mencapai 190 TPD.⁸ Di perusahaan ini terdapat enam buah tangki LPG jenis *cylinder* horizontal bermuatan 150 ton. Kasus kebakaran dan ledakan belum pernah terjadi di PT Surya Esa Perkasa Tbk Palembang, tetapi tingginya risiko untuk terjadinya kebakaran dan ledakan akibat kebocoran tangki LPG memerlukan adanya analisis konsekuensi sebagai salah satu upaya

pengendalian risiko. Analisis konsekuensi ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ALOHA untuk mengetahui *threat zone* dari pemodelan kebakaran dan ledakan. Hasilnya dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan terkait rencana tanggap darurat di PT Surya Esa Perkasa Tbk Palembang.

METODE

Penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Pada penelitian ini dibuat pemodelan kebakaran *jet fire*, *fireball/BLEVE*, *flammable area/flash fire*, dan pemodelan ledakan VCE menggunakan perangkat lunak ALOHA versi 5.4.4 dan *google earth*. Parameter ALOHA terdiri dari data lokasi, data bahan kimia, data sumber kebocoran, dan data atmosferik. Pemodelan menggunakan ALOHA akan menghasilkan *threat zone* dari *thermal radiation*, *flammable area*, dan *overpressure*. *Threat zone* terjauh dari beberapa pemodelan tersebut akan dianalisis jumlah populasi pekerja berisiko dan analisis *emergency response plan* (prosedur, tim, sarana dan prasarana) berdasarkan standar NFPA 101 yang telah diterapkan.

HASIL PENELITIAN

Analisis konsekuensi kebakaran dan ledakan dengan menggunakan perangkat lunak ALOHA harus memenuhi beberapa parameter yaitu data lokasi, data bahan kimia, data atmosferik, dan data sumber kebocoran.

Data Lokasi

Lokasi penelitian adalah PT Surya Esa Perkasa Tbk Palembang, dengan koordinat diperoleh dari *google earth* yaitu 3°06'13.63" S dan 104°42'09.64" T, dan elevasi 5 meter dari permukaan laut.

Data Bahan Kimia

ALOHA tidak dapat menganalisis bahan kimia campuran seperti LPG sehingga dalam penelitian ini menggunakan propana.

Data Propana didapatkan dari ALOHA dengan berat molekul 44,10 g/mol, titik didih -42.0°C , dan nilai LEL-UEL yaitu 21000 ppm-95000 ppm.

Data Atmosferik

Data atmosferik didapatkan dari BMKG kota Palembang. Dari data atmosferik didapatkan kecepatan angin 5 knot dari arah barat laut (ketinggian pengukuran 10 meter), *partly cloudy* (5/10), temperatur udara sebesar $28,7^{\circ}\text{C}$, dan kelembaban udara sebesar 73%.

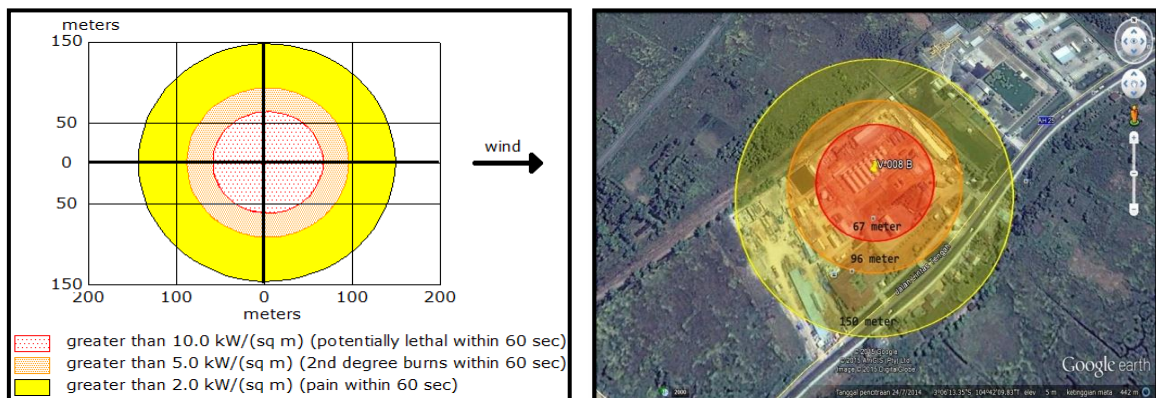
Data Sumber Kebocoran

Sumber kebocoran adalah tangki LPG V-008 B jenis horizontal. Berdasarkan data sekunder dari PT Surya Esa Perkasa Tbk Palembang, tangki V-008 B berdiameter 4 meter dengan panjang 22,5 meter, kapasitas desain 150 ton, kapasitas operasi 120 ton, dan temperatur operasi $40,5^{\circ}\text{C}$. Diperkirakan

lubang kebocoran terletak di bagian atas tangki dengan diameter sebesar PSV (*pressure safety valve*) yaitu 4 inchi (10,16 cm).

Analisis Konsekuensi Kebakaran *Jet fire*

Kebocoran LPG pada tangki V-008 B saat tekanan tinggi langsung terignisi sehingga terjadinya *jet fire*. *Thermal radiation threat zone* pemodelan *jet fire* (gambar 1) yaitu zona merah pada jarak 67 meter dari sumber kebocoran dengan *thermal radiation* $>10,0 \text{ kW/m}^2$ dalam 60 detik berpotensi menyebabkan kematian, zona oranye pada jarak 67 meter sampai 96 meter dengan *thermal radiation* $>5,0 \text{ kW/m}^2$ dalam 60 detik berpotensi menyebabkan luka bakar derajat ke-2, dan zona kuning pada jarak 96 meter sampai 150 meter dengan *thermal radiation* $>1,0 \text{ kW/m}^2$ dalam 60 detik berpotensi menyebabkan nyeri.

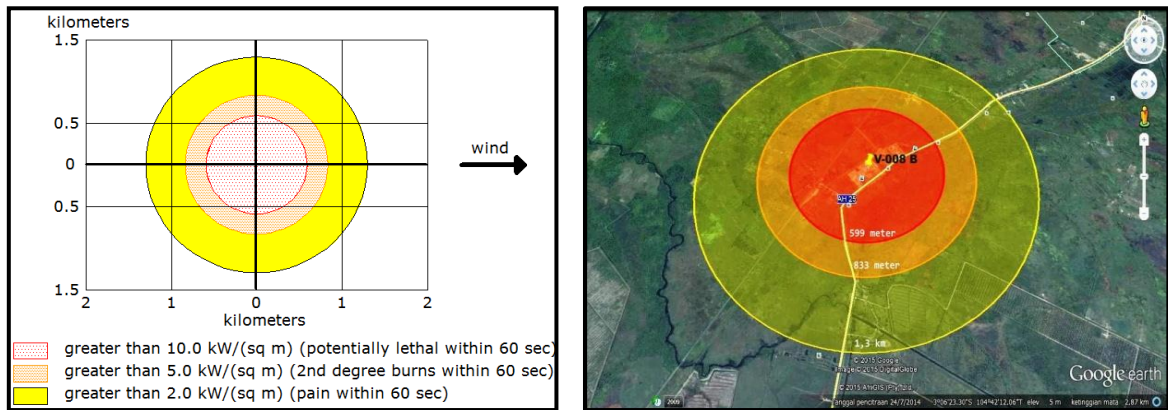


Gambar 1.
Hasil Proyeksi *Thermal Radiation Threat Zone* Pemodelan *Jet fire*

Analisis Konsekuensi BLEVE/Fireball

Tangki LPG V-008 B mengalami BLEVE karena kerusakan PSV sehingga terjadi *overpressure*. *Thermal radiation threat zone* dari BLEVE (gambar 2) yaitu zona merah pada jarak 590 meter dari sumber kebocoran dengan *thermal radiation* $>10,0 \text{ kW/m}^2$ dalam 60 detik berpotensi

menyebabkan kematian, zona oranye pada jarak 590 meter sampai 833 meter dengan *thermal radiation* $>5,0 \text{ kW/m}^2$ dalam 60 detik berpotensi menyebabkan luka bakar derajat ke-2, dan zona kuning pada jarak 833 meter sampai 1,3 kilometer dengan *thermal radiation* $>1,0 \text{ kW/m}^2$ dalam 60 detik berpotensi menyebabkan nyeri.

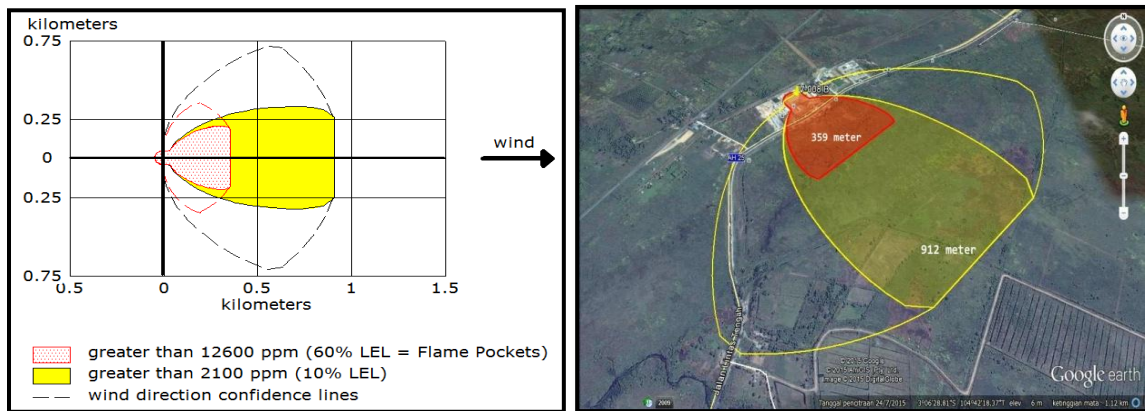


Gambar 2.
Hasil Proyeksi Thermal Radiation Threat Zone Pemodelan BLEVE

Analisis Konsekuensi Flammable Area/Flash Fire

Kebocoran LPG pada tangki V-008 B menyebabkan terjadinya flash Fire, ALOHA hanya dapat memperhitungkan flammable area (gambar 3). Flammable threat zone dari

pemodelan flammable area yaitu zona merah pada jarak 359 meter dari sumber kebocoran dengan konsentrasi flammable vapor cloud >12600 ppm, dan zona kuning pada jarak 359 meter sampai 912 meter dengan konsentrasi flammable vapor cloud >2100 ppm.

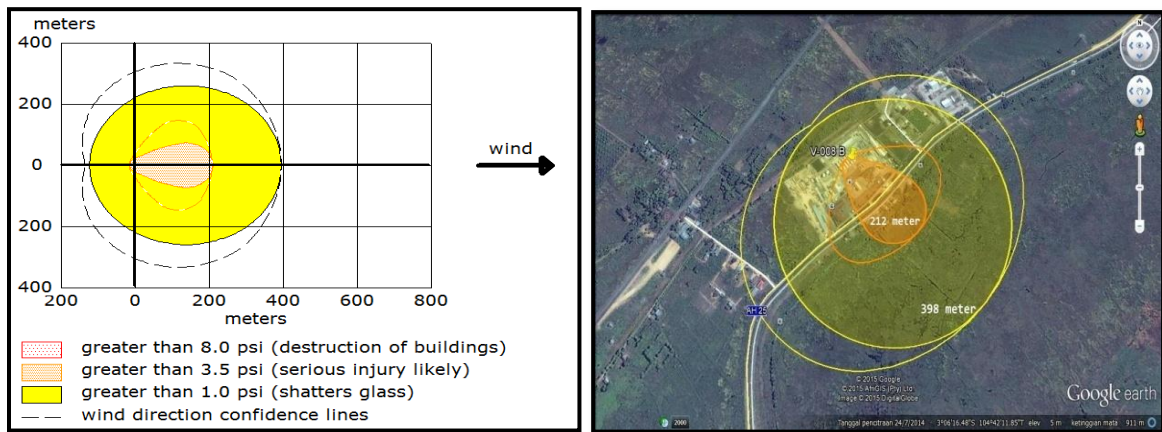


Gambar 3.
Hasil Proyeksi Flammable Threat Zone Pemodelan Flammable Area

Analisis Konsekuensi Ledakan Vapor Cloud Explosion (VCE)

Kebocoran LPG pada tangki V-008 B menyebabkan terjadinya ledakan vapor cloud explosion (VCE). Pada pemodelan ini, VCE terjadi karena awan uap terignisi. Di sekitar kejadian terdapat jalur-jalur perpipaan sehingga termasuk dalam kategori wilayah padat (congested). Overpressure threat zone dari pemodelan ledakan VCE (gambar 4)

yaitu zona merah tidak dihasilkan karena overpressure tidak lebih besar dari 8,0 psi, zona oranye pada jarak 212 meter dari sumber kebocoran dengan overpressure >3,5 psi yang berpotensi menyebabkan cedera berat dan merusak gendang telinga, dan zona kuning pada jarak 212 meter sampai 398 meter dengan overpressure >1,0 psi yang berpotensi menyebabkan cedera ringan dan memecahkan kaca.



Gambar 4.
Hasil Proyeksi Overpressure Threat Zone Pemodelan Vapor Cloud Explosion (VCE)

Populasi Pekerja Berisiko

Jumlah populasi pekerja berisiko dilihat dari *threat zone* terjauh yaitu *threat zone* pemodelan BLEVE/fireball yang mencapai 1,3 kilometer dari sumber kebocoran. Populasi pekerja yang terkena dampak BLEVE adalah karyawan PT Surya Esa Perkasa Tbk Palembang sebanyak 81 orang yang terdiri dari 7 orang *commercial*, 1 orang *chieft security & comdev Upv*, 3 orang *Finance*, 7 orang *HRD & GA*, 5 orang *HSE*, 2 orang *IT*, 7 orang *laboratory*, 29 orang *maintenance*, 2 orang *process engineering*, 1 orang *secretary plant*, dan 17 orang *production (shift-1)*. Hal ini dikarenakan jangkauan BLEVE mencapai seluruh area perusahaan dan termasuk dalam zona merah.

Emergency Response Plan

Berdasarkan hasil telaah dokumen, PT Surya Esa Perkasa Tbk telah memiliki prosedur tanggap darurat kebocoran gas dan kebakaran. Prosedur tersebut telah disosialisasikan baik melalui pelatihan maupun buletin darurat serta informasi nomor telepon penting juga sudah ditempel di setiap ruangan kerja. Hanya saja prosedur tanggap darurat tersebut masih terbatas di perusahaan dan belum melibatkan masyarakat sekitar.

Tim tanggap darurat di PT Surya Esa Perkasa Tbk terdiri dari empat SATGAS

(satuan tugas) yaitu alarm, tim kendali operasi, tim penanggulangan, dan tim P3K & Evakuasi. Masing-masing petugas memiliki tugas dan tanggung jawab yang jelas, dan program kerjanya sudah meliputi pendidikan dan pelatihan tanggap darurat minimal satu tahun sekali yang dikoordinir oleh tim HSE. Penanggulangan keadaan darurat juga berkoordinasi dengan pihak luar seperti rumah sakit, pemadam kebakaran, TNI, dan Polri sehingga penanggulangan keadaan darurat diharapkan dapat berjalan baik.

Berdasarkan hasil telaah dokumen dan observasi, PT Surya Esa Perkasa Tbk telah memiliki sarana dan prasarana tanggap darurat yang diinspeksi secara berkala oleh tim HSE baik mingguan atau bulanan berdasarkan jenis sarana dan prasarana. Sarana dan prasarana tersebut terdiri dari springkler, alarm, detektor gas, APAR, *hydrant*, *deluge system*, *mobile foam*, *fire hose*, *fire blanket*, *handy talkie*, peralatan medis (kotak P3K dan tandu), jalur evakuasi, *muster point*, dan tanggap darurat.

PEMBAHASAN

Thermal radiation threat zone dari pemodelan *jet fire* terdiri dari zona merah, zona oranye, dan zona kuning. Ketiga zona tersebut tidak hanya mencapai daerah PT

Surya Esa Perkasa Tbk saja tetapi juga mencapai jalan raya Lintas Tengah dan desa Muara Baru. Hal ini menunjukkan bahwa semakin dekat jarak populasi terhadap sumber kebocoran LPG maka semakin besar *thermal radiation* yang akan diterima, namun hal tersebut tergantung pada lamanya durasi terpapar.⁹ Jangka waktu paparan yang lama, bahkan dengan tingkat *thermal radiation* yang rendah dapat juga menghasilkan efek fisiologis yang serius.⁷ Oleh karena itu, pekerja dan populasi yang berada dalam jangkauan *thermal radiation* dari *jet fire* harus memiliki kesiapan dalam upaya penyelamatan diri. Efek *thermal radiation* juga dapat menyebabkan pemanasan pada pipa aliran LPG atau tangki lainnya yang berada di sekitar tangki V-008 B sehingga apabila tangki gagal menahan panas karena terjadi peningkatan temperatur dan tekanan maka akan menimbulkan dampak sekunder.

Hasil penelitian menunjukkan *thermal radiation threat zone* dari pemodelan BLEVE terdiri dari zona merah, zona oranye, dan zona kuning. Efek utama BLEVE adalah *thermal radiation* karena tekanan gelombang ledakan dari BLEVE memiliki efek yang lebih kecil dibandingkan VCE dan energi banyak dikeluarkan untuk memecahkan tangki menjadi puing-puing berbahaya.¹⁰ Sejalan dengan penelitian Anjana et al (2015), efek BLEVE lebih besar dibandingkan *jet fire*, VCE, dan *flash fire*. Daerah yang terkena BLEVE juga lebih jauh dan luas dibandingkan skenario lainnya bahkan dalam waktu yang singkat.⁹ Besarnya *thermal radiation* dari BLEVE/*fireball* yang diterima oleh populasi tergantung pada jarak dari sumber, kondisi atmosferik, dan durasi terbentuknya bola api.¹¹ Pada saat BLEVE, pekerja PT Surya Esa Perkasa Tbk harus segera melakukan upaya penyelamatan diri berdasarkan prosedur yang telah ditetapkan. Mengingat *muster point* di perusahaan tersebut berada dalam jangkauan *thermal radiation* BLEVE maka sebaiknya pihak perusahaan membuat *assembly point* di luar area perusahaan.

Dampak BLEVE selain merugikan perusahaan, juga dapat merugikan PT Pertamina Gas dan SPPBE PDPDE/PT Piranti Nusa Energi Persada karena paparan *thermal radiation* BLEVE dapat memanaskan pipa-pipa dan tangki yang berpotensi menyebabkan kebakaran atau ledakan tambahan.

Flammable threat zone dari pemodelan *flammable area/flash* terdiri dari zona merah dan zona kuning. Apabila *flammable vapor cloud* terignisi maka akan terbakar secara cepat (*flash fire*) menuju sumber kebocoran walaupun konsentrasi *flammable vapor cloud* masih berada di bawah nilai LEL, hal ini dikarenakan adanya kepekatkan konsentrasi pada *flammable vapor cloud*.⁷ Sejalan dengan penelitian Anjana et al (2015), zona merah dan zona kuning mewakili konsentrasi LPG di udara dan jika terignisi akan terjadi *flash fire*.⁹ *Flash fire* tidak akan menimbulkan *overpressure* jika percepatan rambat nyala tidak cukup, tetapi masih sedikit teori yang memberikan informasi tentang efek *thermal radiation* dari *flash fire*.¹² Apabila kebocoran LPG terjadi di PT Surya Esa Perkasa Tbk, seluruh karyawan harus segera dievakuasi dengan berjalan menuju arah yang berlawanan dengan arah angin agar tidak melewati lintasan *flammable vapor cloud* dari LPG. Oleh karena itu, fungsi *wind direction* sangat diperlukan pada kasus ini agar dapat diketahui arah angin saat terjadinya kebocoran LPG. Upaya penutupan sementara akses jalan raya Lintas Tengah yang termasuk dalam zona merah juga diperlukan karena dikhawatirkan sumber ignisi dapat berasal dari mesin kendaraan yang melintas seperti pada kasus Feyzin tahun 1966.

Overpressure threat zone dari pemodelan ledakan VCE terdiri dari zona kuning dan zona oranye. *Vapor Cloud Explosion* (VCE) merupakan ledakan yang terjadi karena adanya ignisi tertunda dari *flammable vapor cloud* yang biasanya terakumulasi di sebuah area padat (*congested*), seperti area *plant* proses. Kerusakan yang disebabkan oleh VCE

tergantung pada bahan kimia, ukuran awan pada saat terignisi, tipe ignisi, dan tingkat kepadatan wilayah. Bahaya utama yang ditimbulkan VCE adalah *overpressure* dan puing-puing berbahaya.⁷ Sejalan dengan penelitian Anjana *et al* (2015), jika *vapor cloud* terbakar secara cepat maka akan terjadi *overpressure*.⁹ *Overpressure* yang dihasilkan dari pemodelan ledakan VCE tidak lebih besar dari 8,0 psi sehingga zona merah tidak terjadi pada kasus ini, gedung-gedung di sekitar PT Surya Esa Perkasa Tbk tidak akan hancur, serta mobil-mobil yang berada di sekitar perusahaan tidak akan terbalik. Efek kerusakan akibat *overpressure* tersebut akan lebih besar jika berada dekat dengan sumber ledakan dan akan berkurang jika jauh dari sumber ledakan.

Populasi pekerja berisiko dari *threat zone* terjauh sebanyak 81 orang. Hasil simulasi ALOHA dan estimasi populasi pekerja berisiko dapat digunakan sebagai dasar untuk penilaian risiko dan perencanaan tanggap darurat.¹¹ Pihak PT Surya Esa Perkasa Tbk telah memberikan *training* berupa simulasi keadaan darurat dan evakuasi sehingga hal tersebut dapat membantu mengurangi risiko, meningkatkan kewaspadaan, serta mengurangi tingkat kepanikan pekerja terhadap keadaan darurat.

Emergency response plan yang terdiri dari prosedur tanggap darurat, tim tanggap darurat, sarana dan prasarana tanggap darurat untuk pekerja sudah baik dan sesuai dengan standar NFPA 101, tetapi perusahaan ini belum memiliki *emergency response plan* (prosedur tanggap darurat, tim tanggap darurat, serta sarana dan prasarana) untuk masyarakat sekitar. Prosedur tanggap darurat harus disesuaikan dengan kebutuhan organisasi dan dipersiapkan dengan memperhatikan kondisi tempat kerja.¹³ Penelitian Nurita (2009), tim tanggap darurat di PT X merupakan karyawan terlatih dimana setiap karyawan memiliki tugas dan tanggung jawab masing-masing.¹⁴ Keberhasilan upaya penanggulangan keadaan darurat akan

ditentukan oleh ketersediaan sarana dan prasarana yang tersedia. Tanpa adanya sarana dan prasarana tersebut penanggulangan keadaan darurat tidak akan berjalan secara efektif.¹⁵

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Konsekuensi kebakaran *Jet Fire* akibat kebocoran LPG yaitu zona merah pada jarak 67 meter dari sumber kebocoran, zona oranye pada jarak 67 meter sampai 96 meter, dan zona kuning pada jarak 96 meter sampai 150 meter.
2. Konsekuensi kebakaran BLEVE/*Fireball* akibat kebocoran LPG yaitu zona merah pada jarak 590 meter dari sumber kebocoran, zona oranye pada jarak 590 meter sampai 833 meter, dan zona kuning pada jarak 833 meter sampai 1,3 kilometer.
3. Konsekuensi kebakaran *flammable area* akibat kebocoran LPG yaitu zona merah pada jarak 359 meter dari sumber kebocoran dan zona kuning pada jarak 359 meter sampai 912 meter.
4. Konsekuensi ledakan *vapor cloud explosion* (VCE) akibat kebocoran LPG yaitu zona merah tidak dihasilkan, zona oranye pada jarak 212 meter dari sumber kebocoran, dan zona kuning pada jarak 212 meter sampai 398 meter.
5. Jumlah populasi pekerja berisiko sebanyak 81 orang dengan risiko mengalami kematian karena terpapar *thermal radiation* >10 kW/m².
6. *Emergency Response Plan* (prosedur tanggap darurat, tim tanggap darurat, sarana dan prasarana) yang telah diterapkan oleh PT Surya Esa Perkasa Tbk Palembang untuk pekerja sudah baik dan telah sesuai dengan standar NFPA 101, namun perusahaan ini belum memiliki *emergency response plan* untuk masyarakat sekitar.

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memasang *wind direction* untuk mengetahui arah angin sehingga pada saat kebocoran LPG terjadi seluruh karyawan tidak berjalan menuju arah angin.
2. Menjalinkan kerja sama dengan pemerintah dan tokoh masyarakat setempat dalam membuat *assembly point* di luar area perusahaan.
3. Pembebasan lahan sejauh 1,3 kilometer (dihitung dari tangki V-008 B) dari

fasilitas publik dan perumahan warga sehingga dapat mengurangi dampak dari kebakaran dan ledakan bagi masyarakat sekitar.

4. Meningkatkan pengawasan terutama di daerah *plant* terhadap berbagai potensi sumber api yang berasal dari luar perusahaan.
5. Membuat *emergency response plan* untuk masyarakat sekitar dan pengguna jalan raya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pertamina. Elpiji. 2012 [13 April 2015]; Available from: <http://www.pertamina.com/>.
2. Setiorini IA, Sary MS, Fitria A. Analisa LPG Mix Menggunakan Peralatan Gas Chromatografi-Buck 910 yang dikalibrasi dengan Standar Mesa di PT Surya Esa Perkasa. Jurnal Teknik Patra Akademika. 2012.
3. Kenchenpur A. Safeguarding Your Process Against Gas And Vapor Explosion. 2012 [7 Mei 2015]; Available from: <http://search.proquest.com/>.
4. Salamonowicz Z, Lopatka MM. Emergency Scenarios During Accidents Involving LPG. BLEVE Explosion Mechanism. BiTP 2013;Vol. 30 (Issue 2):pp. 31-9.
5. Muksin SH. Analisis Konsekuensi Kebocoran, Kebakaran, dan Ledakan Pada Spherical Tank LPG Di Fasilitas Pengolahan Minyak dan Gas PT Z. Depok: Fakultas Kesehatan Masyarakat; 2013.
6. Irhanah. Analisis Konsekuensi Dispersi Gas, Ledakan, dan Kebakaran Akibat Kebocoran Tangki Penyimpanan LPG (Liquefied Petroleum Gas) di PT X dengan Perangkat ALOHA (Areal Locations Of Hazardous Atmospheres). Depok: Universitas Indonesia; 2013.
7. U.S. EPA dan NOAA. ALOHA User's Manual. Washington. 2007.
8. Surya Esa Perkasa. Our Company. 2015 [21 Mei 2015]; Available from: <http://www.sep.co.id/about/our-company/>.
9. Anjana N S, Amarnath A, Chithra S.V, Harindranathan Nair M. V, Subin K Jose. Population Vulnerability Assessment around a LPG Storage and Distribution Facility near Cochin using ALOHA And GIS. International Journal of Engineering Science Invention. 2015;Vol 4(Issue 6):PP.23-31.
10. Renjith.V.R, G.Madhu. Individual and Societal Risk Analysis and Mapping of Human Vulnerability to Chemical Accidents in the Vicinity of an Industrial Area. International Journal of Applied Engineering Research, Dindigul. 2010;Volume 1, No1, :pp 135-48.
11. Tseng JM, SU TS, Kuo CY. Consequence Evaluation of Toxic Chemical Releases by ALOHA. International Symposium on Safety Science and Technology. 2012;Vol 45 pp:384-389.
12. Crowl DA. Understanding Explosions. New York: American Institute of Chemical Engineers; 2003.
13. Hepiman F. Rancangan dan Tanggap Darurat Terhadap Bahaya Kebakaran di Rumah Sakit Dr.Ernaldi Bahar Palembang Tahun 2009 [Skripsi]. Indralaya: Universitas Sriwijaya; 2009.
14. Nurita R. Gambaran Sarana Proteksi Aktif, Prosedur dan Tanggap Darurat di PT. X Tahun 2009 [Skripsi]. Depok: Universitas Indonesia; 2009.
15. Hull TRAS, A.A. Introduction to Fire Toxicity: Woodhead Publishing Limited; 2010.