

**ANALISIS KONSEKUENSI DISPERSI GAS, KEBAKARAN DAN LEDAKAN PADA
PANGKALAN LPG DI KECAMATAN KRAMAT JATI MENGGUNAKAN
PERANGKAT LUNAK ALOHA**

Riza Andini Anggraini, Cahya Arbitera, Dyah Utari, Azizah Musliha Fitri

Program Studi Kesehatan Masyarakat Program Sarjana Fakultas Ilmu Kesehatan
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta
Kampus I Jl. RS Fatmawati Pondok Labu Jakarta Selatan, Kampus II Jl. Raya Limo Depok
Indonesia Telp: (021) 765-6971 Ext, 164-297, Fax 7656904 Ps.230
Email: upnvj@upn.ac.id

Abstract

There were 56 fires in East Jakarta caused by gas. The LPG sub-agent has a chance of fire because it stores a lot of LPG. This study aims to analyze the consequences of leaking LPG cylinders which have the chance of causing gas dispersion, fire, and explosion utilizing the ALOHA software at an LPG base in Kramat Jati District. This quantitative descriptive study used a purposive sampling technique with observation, interviews, ALOHA software, and literature studies. Several 3 Kg LPG cylinders as research objects. Butane and propane were determined for modeling the LPG cylinder leak simulation. Yellow threat zone obtained from modeling gas dispersion, BLEVE/fireball, jet fire, and VCE in butane simulations is 29 meters, 229 meters, 18 meters, and 18 meters and in propane simulations, 57 meters, 231 meters, 26 meters, and 26 meters. From several scenarios, the farthest distance is 231 meters with at-risk populations in the Jagorawi Toll Road, ambulance services, madrasa, kindergarten, field, and several houses in the same area and opposite each other. The use of additional software other than ALOHA needs to be considered to increase the completeness and accuracy of the data.

Keyword: ALOHA, LPG, fire, explosion, 3kg

PENDAHULUAN

Kebakaran masih dijumpai dan terjadi setiap tahunnya di berbagai belahan dunia termasuk Indonesia. Tempat kerja yang mengalami kebakaran dapat menimbulkan dampak yang sangat merugikan baik bagi perusahaan maupun pekerja. Dampak dari terjadinya kebakaran itu sendiri berupa paparan radiasi panas yang dapat menyebabkan luka bakar, gangguan saluran pernafasan hingga kematian.

Faktor-faktor yang menjadi penyebab kebakaran yaitu korsleting listrik, kesalahan manusia, instalasi kompor, kebocoran gas, dan lainnya. Penyebab kejadian kebakaran di Jakarta Timur pada tahun 2019 yaitu listrik sebanyak 294 kejadian, diikuti dengan pembakaran sampah sebanyak 103 kejadian, lalu penyebab lainnya sebanyak 71 kejadian dan kebakaran yang disebabkan oleh gas sebanyak 56 kejadian (Rinanto, 2017; BPS Kota Jakarta Timur, 2020c).

Kejadian kebakaran di pangkalan LPG pernah terjadi pada sebuah pangkalan LPG di Tugu Selatan, Koja, Jakarta Utara. Kronologi kejadian kebakaran tersebut disebabkan kebocoran pada tabung LPG kemudian tersulut akibat nyala api rokok salah satu pekerja (Ato, 2023). Berdasarkan data yang telah diperoleh, menggambarkan bahwa pangkalan LPG di Kecamatan Kramat Jati memiliki potensi kemungkinan terjadinya kebakaran.

Liquefied Petroleum Gas (LPG) yang mengandung bahan utama berupa propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}) yang tidak berwarna dan tidak berbau, untuk mengetahui apabila terjadi kebocoran LPG ditambahkan zat pembau berupa etil merkaptan. LPG dikategorikan *extremely flammable* dengan *flammability* sebesar 4 berdasarkan *HMIS Rating* (PT Pertamina, 2007). Oleh karena itu, diperlukan pengetahuan besar dampak yang dapat ditimbulkan dari kebocoran LPG menggunakan perangkat lunak ALOHA yang telah banyak digunakan sebagai alat pendukung untuk menganalisis konsekuensi kebakaran dan ledakan karena tersedia di internet secara gratis, mudah digunakan karena didesain dapat meminimalkan kesalahan dan membutuhkan input data yang lebih sedikit. Meskipun asumsi ALOHA terkadang menyimpang dari skenario praktis, tetapi deviasi dalam kisaran 10% yang masih

dapat diterima. Selain itu, hasil pemodelan pada ALOHA dapat diproyeksikan pada Google Earth (U.S. Department of Energy, 2004; Battacharya and Kumar, 2015; Ilić, Ilić and Stojanović, 2018; Bariha, Srivastava and Mishra, 2019).

Berdasarkan studi pendahuluan melalui wawancara semi terstruktur kepada pemilik pangkalan LPG yang telah dilakukan penulis menghasilkan bahwa sering terjadinya kebocoran pada tabung LPG baik melalui badan tabung maupun katup sehingga memungkinkan terjadinya dispersi gas, kebakaran dan ledakan beserta dampak yang ditimbulkan meskipun tidak pernah terjadi atau hampir terjadi kecelakaan tersebut. Kebakaran dan ledakan dapat terjadi apabila gas yang bocor tersulut oleh nyala api akibat kelalaian manusia, oleh karena itu tetap diperlukan pemodelan skenario dispersi gas, kebakaran dan ledakan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsekuensi dan luas area yang terdampak menggunakan perangkat lunak ALOHA sehingga dapat menjadi masukan yang akan disampaikan kepada pemilik pangkalan LPG dan *stakeholder* terkait untuk meminimalisir kerugian dari konsekuensi yang terjadi dan melaksanakan penanganan yang tepat secara maksimal. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai analisis konsekuensi dispersi gas, kebakaran dan ledakan pada pangkalan

LPG di Kecamatan Kramat Jati menggunakan perangkat lunak ALOHA.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain studi kuantitatif deskriptif dengan data primer, data sekunder, dan analisis menggunakan perangkat lunak ALOHA. Data primer diperoleh melalui observasi secara langsung dan wawancara dengan pemilik pangkalan LPG. Data yang diperoleh berupa kondisi tabung LPG 3 kg, geografis lokasi penempatan tabung LPG 3 kg, gambaran umum sistem proteksi kebakaran dan sarana penyelamatan yang dimiliki, serta yang dimiliki, jarak pangkalan LPG dengan pemukiman dan/atau sarana terdekat letak kebocoran pada tabung LPG 3 kg dan jumlah tabung LPG 3 Kg. Sedangkan, data sekunder dalam penelitian ini diperoleh melalui penelusuran menggunakan internet, studi literatur, dan perangkat lunak ALOHA. Data yang diperoleh berupa data bahan kimia propana dan butana, data atmosfer, data ukuran tabung LPG. Analisis menggunakan perangkat lunak ALOHA untuk simulasi pemodelan pada skenario BLEVE/*fireball*, *jet fire*, dispersi gas, dan VCE. Hasil zona ancaman akan diproyeksikan ke peta menggunakan Google Earth untuk mengetahui jangkauan zona ancaman dan konsekuensinya secara nyata. Pada penelitian ini menggunakan 160 tabung

LPG 3 Kg yang mengandung butana 52% dan propana 60% akan disimulasikan masing-masing. Penelitian ini diajukan kepada Komisi Etik Penelitian Kesehatan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta dan telah disetujui dengan nomor 477/XII/2022/KEPK.

HASIL

Analisis konsekuensi dispersi gas, kebakaran dan ledakan dengan menggunakan perangkat lunak ALOHA memerlukan data lokasi, data bahan kimia, data meteorologi, dan data sumber kebocoran.

Data Lokasi

Lokasi penelitian adalah sebuah Pangkalan LPG di Kecamatan Kramat Jati, dengan koordinat diperoleh dari *google earth* yaitu 6° 16' 21.7416" S dan 106° 52' 20.2728" E, dan elevasi 24,6 meter dari permukaan laut.

Data Bahan Kimia

ALOHA tidak dapat menganalisis bahan kimia campuran seperti LPG sehingga dalam penelitian ini menggunakan butana dan propana. Data Butana didapatkan dari ALOHA dengan berat molekul 58.12 g/mol, titik didih -0,5 °C, dan nilai LEL-UEL yaitu 16000 ppm-84000 ppm. Sedangkan, data propana dengan berat molekul 44,10 g/mol, titik didih -42.0°C, dan nilai LEL-UEL yaitu 21000 ppm-95000 ppm.

Data Meteorologi

Data meteorologi didapatkan dari BMKG dan The Weather Channel. Dari data meteorologi didapatkan kecepatan angin 2,78 m/s dari arah barat laut (ketinggian pengukuran 10 meter), tutupan awan 84%, temperatur udara sebesar 31°C, dan kelembaban udara sebesar 75%.

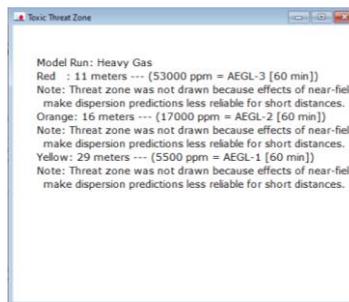
Data Sumber Kebocoran

Sumber kebocoran adalah 160 buah tabung LPG 3 kg yang berbentuk vertikal silinder. Berdasarkan data sekunder dari Pradana (2017), tabung LPG 3 kg berdiameter 0,26 meter dengan panjang 0,19 meter, massa dalam tabung 3 kg, dan temperatur penyimpanan 31°C. Diperkirakan lubang kebocoran terletak pada katup di bagian atas tabung dengan diameter sebesar 1,82 cm.

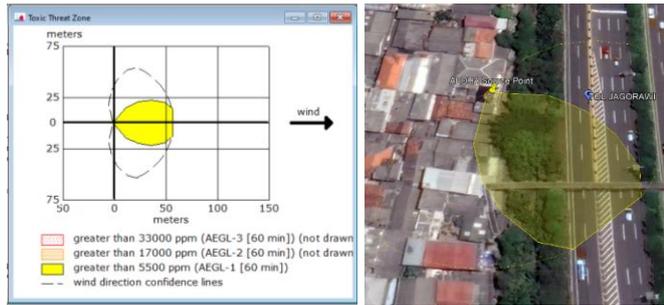
Dispersi Gas

Kebocoran tabung LPG yang terisolasi dan tidak mengalami ignisi

menyebabkan dispersi gas. Zona ancaman yang dihasilkan dari dispersi gas tabung LPG butana (Gambar 1) yaitu zona merah berada pada jarak kurang dari 11 meter dengan konsentrasi butana di udara sebesar 53000 ppm, zona jingga berada pada jarak kurang dari 16 meter dengan konsentrasi butana di udara sebesar 17000 ppm, dan zona kuning berada pada jarak kurang dari 29 meter dengan konsentrasi butana di udara sebesar 5500 ppm. Sedangkan, hasil zona ancaman pada dispersi gas tabung LPG propana (Gambar 2) yaitu zona merah berada pada jarak kurang dari 20 meter dengan konsentrasi propana di udara sebesar 53000 ppm, zona jingga berada pada jarak kurang dari 30 meter dengan konsentrasi propana di udara sebesar 17000 ppm, dan zona kuning berada pada jarak kurang dari 57 meter dengan konsentrasi propana di udara sebesar 5500 ppm.



Gambar 1 Hasil Proyeksi Dispersi Propana Pada Tabung LPG 3 Kg di Pangkalan LPG Kramat Jati

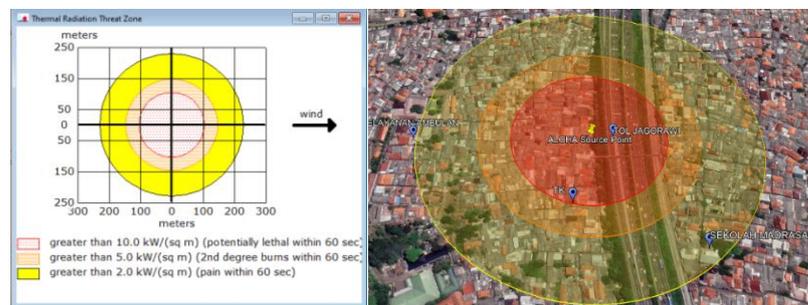


Gambar 2 Hasil Proyeksi Dispersi Propana Pada Tabung LPG 3 Kg di Pangkalan LPG Kramat Jati

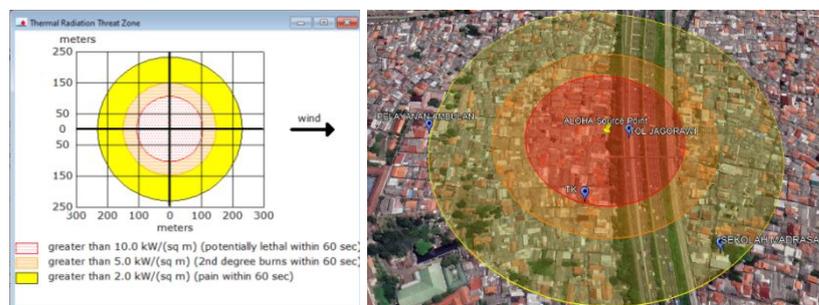
BLEVE/fireball

Tabung LPG mengalami BLEVE akibat terjadinya *overpressure* dan disertai dengan *fireball* akibat mendidihnya bahan kimia. Hasil zona ancaman BLEVE/*fireball* butana (Gambar 3) yaitu zona merah berada pada jarak kurang dari 104 meter dengan radiasi panas sebesar 10 kW/m², zona jingga berada pada jarak kurang dari 147 meter dengan radiasi panas sebesar 5 kW/m², dan zona kuning berada pada jarak

kurang dari 229 meter dengan radiasi panas sebesar 2 kW/m². Sedangkan, hasil zona ancaman BLEVE/*fireball* propana (Gambar 4) yaitu zona merah berada pada jarak kurang dari 105 meter dengan radiasi panas sebesar 10 kW/m², zona jingga berada pada jarak kurang dari 148 meter dengan radiasi panas sebesar 5 kW/m², dan zona kuning berada pada jarak kurang dari 231 meter dengan radiasi panas sebesar 2 kW/m².



Gambar 3 Hasil Proyeksi BLEVE/fireball Butana Pada Tabung LPG 3 Kg di Pangkalan LPG Kecamatan Kramat Jati

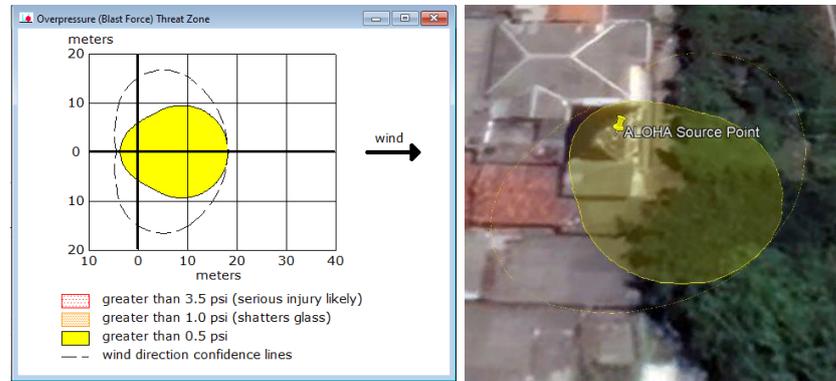


Gambar 4 Hasil Proyeksi BLEVE/fireball Propana Pada Tabung LPG 3 Kg di Pangkalan LPG Kecamatan Kramat Jati

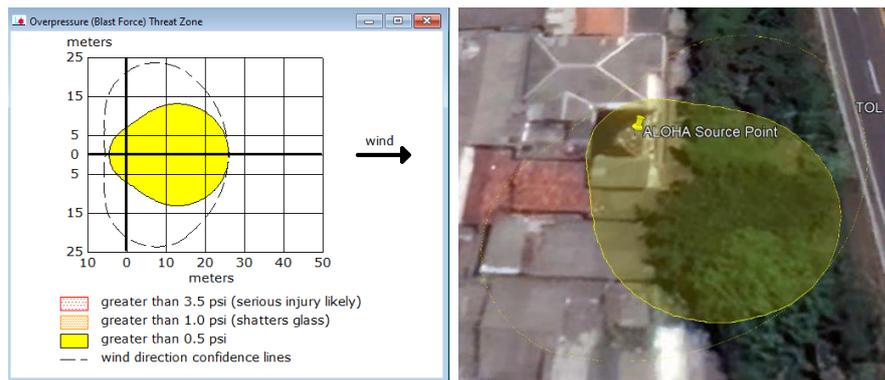
VCE (Vapor Cloud Explosion)

Kebocoran tabung LPG menyebabkan terjadinya ledakan dalam bentuk VCE. Hasil zona ancaman pada VCE butana (Gambar 5) yaitu zona kuning berada pada jarak kurang dari 18 meter

dengan tekanan sebesar 0,5 psi. Sedangkan, hasil zona ancaman VCE propana (Gambar 6) yaitu zona kuning berada pada jarak kurang dari 26 meter dengan tekanan sebesar 0,5 psi.



Gambar 5 Hasil Proyeksi VCE Butana Pada Tabung LPG 3 Kg di Pangkalan LPG Kecamatan Kramat Jati

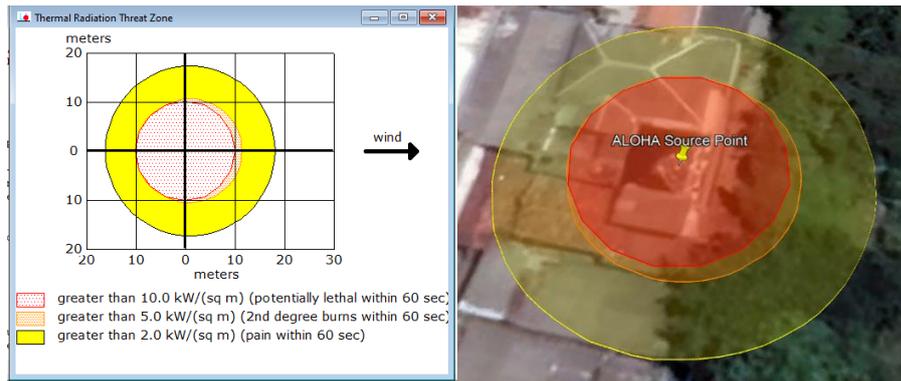


Gambar 6 Hasil Proyeksi VCE Propana Pada Tabung LPG 3 Kg di Pangkalan LPG Kecamatan Kramat Jati

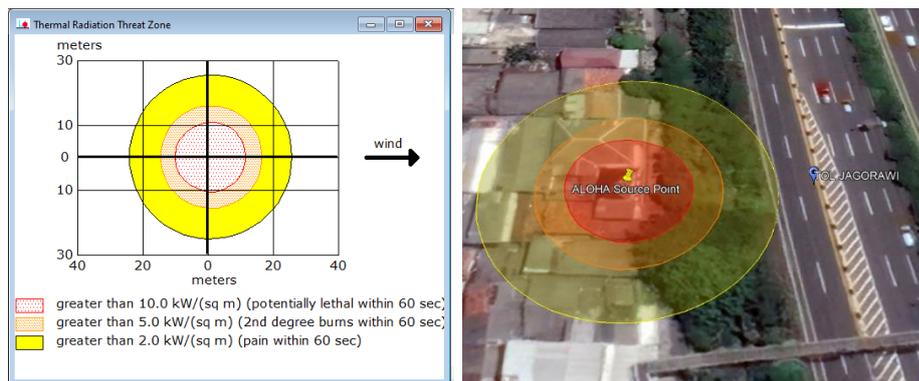
Jet fire

Kebocoran tabung LPG yang segera mengalami pengapian menyebabkan *jet fire*. Hasil zona ancaman *jet fire* butana (Gambar 7) yaitu zona merah berada pada jarak kurang dari 10 meter dengan radiasi panas sebesar 10 kW/m², zona jingga berada pada jarak kurang dari 11 meter dengan radiasi panas sebesar 5 kW/m², dan zona kuning berada pada jarak kurang dari

18 meter dengan radiasi panas sebesar 2 kW/m². Sedangkan, hasil zona ancaman *jet fire* propana (Gambar 8) yaitu zona merah berada pada jarak kurang dari 12 meter dengan radiasi panas sebesar 10 kW/m², zona jingga berada pada jarak kurang dari 17 meter dengan radiasi panas sebesar 5 kW/m², dan zona kuning berada pada jarak kurang dari 26 meter dengan radiasi panas sebesar 2 kW/m².



Gambar 7 Hasil Proyeksi Jet Fire Butana Pada Tabung LPG 3 Kg di Pangkalan LPG Kecamatan Kramat Jati



Gambar 8 Hasil Proyeksi Jet Fire Propana Pada Tabung LPG 3 Kg di Pangkalan LPG Kecamatan Kramat Jati

Upaya Tanggap Darurat

Pangkalan LPG memiliki APAR sebanyak 1 buah dengan media pemadam *dry chemical powder* seberat 7 Kg. Berdasarkan hasil observasi di lapangan yang telah dilakukan, APAR yang dimiliki tidak pernah diperiksa secara berkala atau tidak pernah di inspeksi. Hanya terdapat pemeriksaan audit oleh Suku Dinas Lingkungan Hidup untuk mengonfirmasi kepemilikan APAR oleh pangkalan LPG. Sebagaimana tidak pernah dilakukan inspeksi terhadap APAR sehingga tidak diketahui kondisi APAR dan isinya.

Berdasarkan hasil observasi, pangkalan LPG Kecamatan Kramat Jati

memiliki ventilasi pada penyimpanan tabung LPG. Namun, ventilasi hanya terletak pada bagian atas pintu dengan ukuran 0,3 m × 6 m. Selain itu, tidak diketahui bahan yang digunakan untuk bangunan maupun lantai sebagai sistem proteksi kebakaran pasif.

Sarana penyelamatan yang tersedia pada Pangkalan LPG Kecamatan Kramat Jati berupa akses jalan keluar. Akses jalan keluar yang tersedia berupa pintu dengan jenis rolling door geser secara horizontal selebar 6 meter yang tidak terhalangi oleh benda apapun. Pada pintu, tidak terdapat petunjuk seperti “GESER”. Selain itu, pintu selalu dalam keadaan terbuka selama jam

operasional pangkalan LPG. Bangunan pangkalan LPG hanya satu lantai saja sehingga tidak diperlukan tangga darurat. Hanya terdapat satu jalan keluar melalui pintu saja dan ditetapkan titik berkumpul pada area jalan di luar pangkalan LPG. Titik berkumpul yang ditetapkan berada dalam zona ancaman sehingga tidak direkomendasikan digunakan sebagai titik berkumpul.

PEMBAHASAN

Hasil jangkauan zona ancaman sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Alimah dan Mellawati (2018) dengan jarak terjauh pada AEGL-1 (zona kuning) dengan jarak 29 meter pada butana dan 57 meter pada propana dengan konsentrasi di udara mencapai 5500 ppm, apabila gas yang timbul terhirup oleh populasi berisiko pada area zona ancaman yaitu beberapa rumah penduduk, dan sebagian kecil satu ruas Jalan Tol Jagorawi dapat mengalami ketidaknyamanan, iritasi, atau efek non-sensori tidak bergejala tertentu. Namun, efeknya tidak melumpuhkan dan bersifat sementara dan reversibel setelah dispersi gas berhenti.

Pemodelan BLEVE/*fireball* menciptakan radiasi panas paling jauh dengan jarak 231 meter pada simulasi tabung LPG 3 Kg propana dengan perbedaan hasil jarak zona ancaman antara simulasi tabung LPG propana dan butana

hanya selisih sedikit saja. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan Permatasari dkk (2016) dan Anjana dkk (2015), dampak zona ancaman BLEVE/*fireball* paling jauh dibandingkan dengan skenario VCE, dispersi gas, dan *jet fire*. Konsekuensi utama yang dihadapi akibat kejadian BLEVE berupa radiasi panas dengan kecepatan sesuai dengan jangkauan zona ancaman, selain itu tekanan gelombang ledakan dari BLEVE memiliki efek yang lebih kecil dibandingkan VCE dan energi banyak dikeluarkan untuk memecahkan tabung menjadi puing-puing berbahaya yang dapat menghantam objek dan/atau melukai manusia yang terdapat di sekitar area Pangkalan LPG Kecamatan Kramat Jati. Konsekuensi tersebut terutama dapat merusak dan terganggunya arus lalu lintas di Jalan Tol Jagorawi sebagai sarana publik. Selain itu, saat ini sedang terdapat pengerjaan rel kereta cepat MRT di tepi Jalan Tol Jagorawi sehingga dapat turut serta melukai pekerja pengerjaan rel.

Hasil simulasi pada pemodelan VCE *overpressure (blast force)* kebocoran tabung LPG 3 kg butana dan propana masing-masing yaitu 18 meter dan 26 meter dengan kekuatan 0,5 psi. Pada tekanan 0,5 psi populasi berisiko pada area di beberapa bangunan rumah penduduk dan pepohonan rimbun di tepi Jalan Tol Jagorawi yang dapat terpapar kebisingan sebesar 143 dB, menimbulkan tekanan yang memicu

pecahnya kaca, kerusakan kecil pada struktur rumah. Berdasarkan hasil penelitian, tekanan yang disebabkan oleh VCE tidak menyebabkan bahaya yang fatal ataupun kerusakan yang besar. Meskipun bahaya yang ditimbulkan kecil, sebaiknya segera melakukan evakuasi dan perencanaan perbaikan kerusakan yang ditimbulkan.

Hasil skenario pemodelan *jet fire* yaitu zona merah sebesar 10 kW/m^2 dengan jarak terjauh pada simulasi butana dan propana masing-masing 10 meter dan 12 meter, pada populasi berisiko di area pepohonan rimbun di tepi Jalan Tol Jagorawi dan beberapa rumah penduduk berpotensi menyebabkan kematian dalam 60 detik. Zona jingga sebesar 5 kW/m^2 dengan jarak pada simulasi butana dan propana masing-masing 11 meter dan 17 meter, pada populasi berisiko di area sebagian kecil pepohonan rimbun di tepi Jalan Tol Jagorawi dan sebagian kecil satu rumah penduduk dapat menyebabkan luka bakar tingkat dua dalam 60 detik. Sedangkan, zona kuning sebesar 2 kW/m^2 dengan jarak pada simulasi butana dan propana masing-masing 18 meter dan 26 meter, pada populasi berisiko di area sebagian kecil pepohonan rimbun di tepi Jalan Tol Jagorawi, sebagian besar 2 rumah penduduk dan sebagian kecil 2 rumah penduduk dapat menyebabkan nyeri akibat radiasi panas dalam 60 detik.

Upaya tanggap darurat dengan penyediaan APAR sudah sesuai, tetapi tempat penyimpanan APAR dan pemeriksaan tidak sejalan dengan Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi No : 74 PER.04/MEN/1980 Tentang Syarat-Syarat Pemasangan dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan. Selain itu, tidak adanya detektor gas, ukuran ventilasi, dan tidak adanya rambu-rambu untuk informasi keselamatan tidak sejalan dengan standar keagenan LPG 3 Kg. Sarana penyelamatan berupa akses keluar dengan pintu *rolling door* yang dibuka dengan cara digeser selebar 6 meter sudah sesuai dengan standar keagenan LPG 3 Kg dan Pasal 25 Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 26 Tahun 2008 Tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran Pada Gedung dan Lingkungan.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan memperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Dispersi gas butana pada zona merah sejauh 11 meter, zona jingga sejauh 16 meter dan zona kuning sejauh 29 meter namun pemodelan tidak ditampilkan. Sedangkan, dispersi gas propana pada zona merah sejauh 20 meter, zona jingga 30 meter, dan zona kuning sejauh 57 meter.

- b. BLEVE/*fireball* butana pada zona merah sejauh 104 meter, zona jingga sejauh 147 meter, dan zona kuning sejauh 229 meter. Sedangkan, BLEVE/*fireball* propana pada zona merah sejauh 105 meter, zona jingga sejauh 148 meter, dan zona kuning sejauh 231 meter.
- c. *Jet fire* butana pada zona merah sejauh 10 meter, zona jingga sejauh 11 meter, dan zona kuning sejauh 18 meter. Sedangkan, *jet fire* propana 78 pada zona merah sejauh 12 meter, zona jingga sejauh 17 meter, dan zona kuning sejauh 26 meter.
- d. Vapor Cloud Explosion (VCE) butana pada zona kuning sejauh 18 meter dan VCE propana pada zona kuning sejauh 26 meter. Zona merah dan zona jingga tidak diketahui jangkauan zona karena tidak mencapai nilai LOC yaitu 3,5 psi dan 1 psi.
- e. Populasi berisiko disimpulkan berdasarkan zona ancaman terjauh yaitu BLEVE/*fireball* propana area Jalan Tol Jagorawi pada dua ruas jalan, bangunan pelayanan ambulans metropolitan, bangunan sekolah madrasah, bangunan TK, lapangan, beberapa rumah penduduk pada wilayah RT yang

sama dan berdekatan serta beberapa rumah penduduk pada wilayah yang berseberangan.

- f. Upaya tanggap darurat yang sesuai sejalan dengan peraturan dan standar keagenan LPG 3 Kg yaitu kepemilikan APAR dan akses pintu keluar. Sedangkan, Upaya tanggap darurat yang belum sesuai dengan peraturan dan standar keagenan LPG 3 Kg yaitu tempat penyimpanan APAR, pemeriksaan APAR, tidak adanya detektor gas, tidak ada ventilasi, tidak adanya rambu-rambu keselamatan dan penentuan titik berkumpul yang terletak pada zona ancaman.

Adapun saran dari penelitian ini yaitu:

- a. Berkoordinasi dengan pemerintah setempat dan pihak-pihak terkait sarana publik yang termasuk dalam zona ancaman secara kolaboratif untuk mempersiapkan tindakan tanggap darurat terjadinya dispersi gas, kebakaran dan ledakan sekurang-kurangnya dengan jarak 231 meter dari pangkalan LPG.
- b. Memperhatikan kembali syarat – syarat kelengkapan sarana dan fasilitas berdasarkan standar keagenan LPG 3 Kg bagi pangkalan LPG.

- c. Berkolaborasi dengan pihak terkait dan pemerintah setempat untuk melakukan sosialisasi pada masyarakat sekitar terhadap bahaya yang dapat ditimbulkan, pencegahan dan penanggulangan bahaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alimah, S. and Mellawati, J 2018, 'Jurnal Pengembangan Energi Nuklir Study of Dispersion Hazard Potential of The LPG Stations Around The RDE Site in Rainy and Dry Season', 20(1), pp. 17–24.
- Anjana, N. S. et al 2015, 'Population Vulnerability Assessment around a LPG Storage and Distribution Facility near Cochin using ALOHA And GIS', 4(6), pp. 23–31.
- Ato, S 2023, Api Rokok Diduga Sambar Elpiji, Empat Karyawan Terluka Parah, Kompas. Available at: <https://www.kompas.id/baca/metro/2023/01/10/gas-elpiji-pangkalan-bocor-di-koja-empat-karyawan-alami-luka-bakar-serius> (Accessed: 19 January 2023).
- Bariha, N., Srivastava, V. C. and Mishra, I. M 2019, 'Incident analysis of various sections of a liquefied petroleum gas (LPG) bottling plant', *Indian Chemical Engineer*, 0(0), pp. 1–12. doi: 10.1080/00194506.2019.1690591.
- Battacharya and Kumar, G 2015, 'Consequence analysis for simulation of hazardous chemicals release using ALOHA software', *International Journal of ChemTech Research*, 8(4). Available at: https://www.researchgate.net/profile/Ganesh-Kumar-3/publication/283100654_Consequence_analysis_for_simulation_of_hazardous_chemicals_release_using_ALOHA_software/links/5c809096458515831f8b21a9/Consequence-analysis-for-simulation-of-hazardous-chemicals-rel.
- BPS Kota Jakarta Timur 2020a, Frekuensi Kebakaran Berdasarkan Objek Bencana di Kota Jakarta Timur 2017-2019. Available at: <https://jaktimkota.bps.go.id/indicator/27/322/1/frekuensi-kebakaran-berdasarkan-objek-bencana-di-kota-jakarta-timur.html> (Accessed: 16 October 2022).
- BPS Kota Jakarta Timur 2020b, Jumlah Peristiwa Kebakaran Menurut Kecamatan 2017-2019. Available at: <https://jaktimkota.bps.go.id/indicator/27/219/1/jumlah-peristiwa-kebakaran-menurut-kecamatan.html> (Accessed: 16 October 2022).
- BPS Kota Jakarta Timur 2020c, Jumlah Peristiwa Kebakaran Menurut Penyebab 2017-2019. Available at: <https://jaktimkota.bps.go.id/indicator/27/320/1/jumlah-peristiwa-kebakaran-menurut-penyebab.html> (Accessed: 16 October 2022).
- BPS Provinsi DKI Jakarta 2021, Jumlah Peristiwa Kebakaran Menurut Benda yang Terbakar dan Kota Administrasi di Provinsi DKI Jakarta 2018-2020. Available at: <https://jakarta.bps.go.id/indicator/27/627/1/jumlah-peristiwa-kebakaran-menurut-benda-yang-terbakar-dan-kota-administrasi-di-provinsi-dki-jakarta.html> (Accessed: 8 July 2022).
- Chakrabarty, A., Mannan, S. and Cagin, T. 2015, *Multiscale Modeling for Process Safety Applications, Multiscale Modeling for Process*

- Safety Applications. Waltham: Elsevier Inc. doi: 10.1016/B978-0-12-396975-0.01001-9.
- EPA/NOAA 2007, ALOHA User's Manual. Available at: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1003UZB.PDF?Dockey=P1003UZB.PDF>.
- Ilić, P., Ilić, S. and Stojanović, L. B 2018, 'HAZARD MODELLING OF ACCIDENTAL RELEASE CHLORINE GAS USING MODERN TOOL-ALOHA SOFTWARE PREDRAG', QUALITY OF LIFE, 9(1-2), pp. 38-45. doi: 10.7251/QOL1801038I.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum 2008, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 26/PRT/M/2008 Tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan.
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi 1980, Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi NO: PER.04/MEN/1980 tentang Syarat-Syarat Pemasangan dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan.
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia 1983, 'Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia Nomor : PER.02/MEN/1983 Tentang Instalasi Alarm Kebakaran Otomatis', pp. 1-22.
- Permatasari, D. I., Sunarsih, E. and Faisya, H. A. F 2016, 'Analisis Konsekuensi Kebakaran dan Ledakan Pada Tangki LPG (Liquefied Petroleum Gas) Di PT Surya Esa Perkasa Tbk Palembang', 7(2), pp. 81-88.
- Pradana, V. A 2017, Proses Pembuatan & Spesifikasi Tabung LPG 3 Kg.
- PT Pertamina 2007, 'PERTAMINA Material Safety Data Sheet Product Name : LPG (Liquefied Petroleum Gas)', pp. 2-5. Available at: <https://katigaku.top/wp-content/uploads/2018/09/MSDS-LPG-Pertamina.pdf>.
- PT Pertamina 2008, Standar Keagenan LPG 3 Kg.
- Rinanto, W 2017, Bencana Kebakaran. Edited by Endita. Bandung: PT Graha Bandung Kencana.
- U.S. Department of Energy 2004, ALOHA Computer Code Application Guidance for Documented Safety Analysis: Final Report. Washington DC. Available at: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/09/f2/Final_ALOHA_Guidance_Reportv52404.pdf.