



Analisis risiko potensi bahaya kebakaran dan ledakan beserta dampaknya pada pekerja dan masyarakat di PT.Pertamina – Terminal BBM Rewulu

Potential risk analysis of fire hazard and explosion and its impact on workers and community in PT. Pertamina-terminal BBM Rewulu

Arifin Jati Sukma¹, Rochim Bakti Cahyono²

Dikirim: 8 Juni 2017 Diterima: 15 September 2016 Dipublikasi: 1 November 2017

Abstrak

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk pertama, untuk memahami tingkat bahaya kebakaran, radius paparan (radiasi dan kemungkinan terkena api dan ledakan) dan dampaknya terhadap pekerja. Kedua, untuk memahami dispersi polutan asap dan efeknya terhadap kesehatan masyarakat dan kualitas udara. **Metode:** *Dow's Fire and Explosion Index* digunakan untuk menghitung tingkat bahaya kebakaran; Model *Point Source Radiation* digunakan untuk menghitung fluks panas radiasi dan efeknya pada pekerja, sedangkan Model Dispersi Gaussian digunakan untuk menghitung dispersi asap dan efeknya terhadap kesehatan masyarakat dan kualitas udara. **Hasil:** Tingkat bahaya kebakaran dan ledakan pada semua tangki bahan bakar kelas A di PT Pertamina TBBM Rewulu adalah Moderat. Tidak ada efek kesehatan yang signifikan dalam konsentrasi itu tapi bisa meningkatkan keasaman dalam hujan. **Implikasi praktis:** Pertamina perlu membuat 1) ban dinding tambahan untuk memisahkan tangki satu tumpukan dengan tumpukan lainnya, melokalkan jika ada tumpahan bahan bakar; 2) membuat sistem pendingin air untuk tangki yang dianggap terkena panas karena fluks panas kritis; 3) membangun jalur evakuasi di sekitar tangki yang mudah digunakan; 4) memberikan pencahayaan yang cukup di sekitar lokasi tumpukan tangki; 5) memberikan pendidikan dan pelatihan kepada penduduk lokal dalam menghadapi dampak paparan asap polutan. **Keaslian:** Penelitian ini memberi kontribusi pada pemahaman kita bahwa keselamatan dan kesehatan pekerja di industri perminyakan bergantung pada kondisi di tempat kerja.

Kata kunci: Dow's F&EI; radiasi; gaussian; luka bakar; asap; polutan; kesehatan masyarakat

Abstract

Purpose: The purpose of this paper is first, to understand the fire hazard level, the radius of exposure (radiation and possibility to exposed flame and explosion) and the effect to the worker. And second, to understand the smoke pollutant dispersion and the effect to the public health and air quality. **Method:** *Dow's Fire and Explosion Index* to calculate fire hazard level; *Point Source Radiation Model* to calculate the radiant heat flux and the effect to the worker, *Gaussian Dispersion Model* to calculate the smoke dispersion and the effect to the public health and air quality. **Findings:** The level of fire and explosion hazard on all grade A fuel tank at PT Pertamina TBBM Rewulu is Moderate. There are no significant health effect in that concentration but it could increase acidity in rain. **Practical Implications:** Pertamina need to make 1) additional wall tires to separate the tank of one heap with another, it is to localize if there is a spill of fuel material; 2) create a water cooling system for the tank that is considered to be impacted by heat over the critical heat flux; 3) establish evacuation paths around easy-to-use tanks; 4) provide sufficient lighting around the location of the tank heap; 5) providing education and training to local residents in facing the impact of pollutant smoke exposure. **Originality:** The paper contributes to our understanding that workers' safety and health in the petroleum industry depends on workplace conditions.

Keywords: Dow's F&EI; radiation; gaussian; second degree burn; smoke; air quality; public health

¹ Departemen Perilaku Kesehatan, Kesehatan Lingkungan dan Kedokteran Sosial Fakultas Kedokteran, Universitas Gadjah Mada (Email: arifin.jati.sukma@gmail.com)

² Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

PENDAHULUAN

Berdasarkan data dari Kementerian Energi Sumberdaya Daya Mineral (1), cadangan potensial minyak bumi di Indonesia adalah 3.666,91 *Million Stock Tank Barrels (MMSTB)*, sedangkan cadangan terbukti minyak bumi sebesar 3.741,33 *MMSTB*. Konsumsi energi paling banyak di Indonesia tahun 2015, yaitu konsumsi energi dalam bentuk bahan bakar minyak (BBM) yaitu sebesar 38,5 % (2). Melimpahnya cadangan minyak yang ada di Indonesia dan tingkat konsumsi BBM yang tinggi, menjadikan industri minyak bumi menjadi industri primadona. Industri minyak dan gas memiliki tingkat risiko bahaya kebakaran dan ledakan yang tinggi, yang dalam sebagian besar kasus digolongkan kedalam tingkat bahaya besar (3).

PT Chevron, Richmond, California, Amerika Serikat terbakar dan meledak pada 6 Agustus 2012, menyebabkan 6 orang pekerja mengalami luka bakar minor, hal ini dikarenakan adanya pipa yang pecah (4). Hasil dari kebakaran dan ledakan mengakibatkan adanya gumpalan asap besar, *particulates*, dan asap hitam, yang melintasi daerah sekitar. Seminggu setelah kejadian, fasilitas kesehatan setempat menerima lebih dari 15.000 warga yang mencari pengobatan untuk penyakit seperti, permasalahan pernafasan, sakit di dada, sesak nafas, sakit tenggorokan, dan sakit kepala.

Caribbean Petroleum Corporation (CAPECO) di Bayamón, Puerto Ricopada malam hari pada 23 Oktober 2009 terjadi ledakan dan kebakaran (5). Ledakan tersebut terjadi ketika *offloading* dari kapal *tanker* (Cape Bruny) menuju tangki milik CAPECO. Mengakibatkan 17 dari 48 tangki penyimpanan petroleum dan beberapa alat lapangan terbakar selama hampir 60 jam dan menghasilkan gelombang tekanan sebesar 2,9

skala Richter, yang menghancurkan 300 rumah dan fasilitas bisnis, yang berjarak 1,25 mil dari lokasi kejadian.

Kasus kebakaran depot/terminal BBM yang memiliki dampak besar terhadap kesehatan masyarakat adalah kebakaran depot Buncefield yang dioperasikan oleh *Hertfordshire Oil Storage Ltd (HOSL)*, yang terletak di Inggris pada 11 Desember 2005 (6). Lebih lanjut, terdapat 240 orang yang menghadiri *Accident and Emergency (A&E) Departement*. Diantara orang yang menghadiri (A&E), terdapat 73 orang yang mengalami gangguan pernapasan, 21 orang mengalami sakit kepala, 39 orang terluka, 8 orang tidak sadarkan diri, dan 22 orang mengalami gangguan kesehatan lainnya.

Chang dan Lin (7), meneliti sebanyak 242 kasus kecelakaan pada tangki penyimpanan yang ada di dunia dari tahun 1960 sampai tahun 2003. Penelitian tersebut menyatakan bahwa, terdapat 64 kecelakaan yang terjadi pada tangki penyimpanan yang berada di terminal bahan bakar (jumlah kecelakaan terbanyak kedua setelah *refinery*). Terdapat sekitar 145 kasus kebakaran dan 61 kasus ledakan (merupakan jenis kasus terbanyak pertama dan kedua) pada tangki penyimpanan di berbagai industri minyak. Terdapat 55 kasus kecelakaan pada tangki penyimpanan BBM jenis bensin/*gasoline* (terbanyak ketiga setelah minyak mentah, dan produk minyak lainnya, seperti bahan bakar oli, pelumas, dll. Thessaloniki, Yunani, pada tahun 1986, mengakibatkan 5 orang meninggal, kasus Kuwait 2002 pada unit produksi minyak, mengakibatkan 4 orang meninggal. Pada bencana kebakaran, kerusakan dapat diakibatkan karena jatuh, panas, sesak nafas, atau menghirup asap (8).

Terdapat TBBM yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta yang keberadaannya

sangat penting yaitu PT. Pertamina TBBM Rewulu. Dibangun tahun 1972 dan mulai beroperasi tahun 1973, bertugas untuk menyuplai dan mendistribusi beberapa kebutuhan BBM didaerah Yogyakarta dan sebagian Jawa Tengah. Memasok kebutuhan BBM kepada 154 SPBU jenis premium, pertamax, solar/biosolar, minyak tanah untuk wilayah DI Yogyakarta, Klaten dan Eks-Karisidenan Kedu. Selain memasok kebutuhan jenis BBM yang telah disebutkan diatas TBBM Rewulu juga memasok kebutuhan avtur untuk Depo Pengisian Pesawat Udara (DPPU) Adi Sumarmo-Solo dan DPPU Adi Sutjipto-Yogyakarta. TBBM Rewulu juga mendistribusikan BBM ke TBBM Madiun. Oleh sebab itu jika terjadi kebakaran maka akan mengakibatkan gangguan distribusi BBM di daerah Yogyakarta dan sebagian Jawa Tengah.

METODE

Penelitian ini menggunakan penelitian deskriptif kuantitatif, dengan Metode Dow's Fire and Explosion Index untuk mengetahui gambaran kebakaran; metode Point Source Radiation Model untuk mengetahui besaran radi-

asi panas dan dampaknya terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja; metode Gaussian Dispersion Model untuk mengetahui sebaran polutan asap akibat kebakaran dan kesehatan terhadap masyarakat. Analisis dalam penelitian ini menggunakan analisis Deskriptif Kuantitatif.

HASIL

Subjek penelitian ini adalah karyawan yang bekerja di PT. Pertamina TBBM Rewulu yang memiliki area kerja di dekat tangki timbun yang merupakan pekerja pada bagian *control room* yang berjumlah 8 orang dan warga masyarakat yang berpotensi terdampak asap kebakaran. Objek penelitian ini adalah semua tangki timbun kelas A yang menyimpan premium dan pertamax yang berjumlah 8 tangki. Tangki timbun kelas A yang menyimpan premium dan pertamax berjenis *above ground storage tank* dengan jenis *fixed roof tank*.

Metode Dow's Fire and Explosion Index

Hasil perhitungan menggunakan metode Dow's Fire and Explosion Index dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rangkuman penilaian pinalti metode Dow's F&EI

Tangki No.	Produk	General Process Hazards (F1)	General Process Hazards Factor (F2)	Process Units Hazards Factor (F2)	F&EI (MF x F3)	Radius paparan dari pinggir tangka (m)	Area paparan (m ²)
T-05	Pertamax	1,70	3,40	5,79	92,59 Moderate	14,03	1764,42
T-06	Pertamax	1,70	3,40	5,79	92,59 Moderate	14,03	1764,41
T-08	Pertamax	1,70	3,39	5,76	92,23 Moderate	15,87	1750,96
T-09	Pertamax	1,50	3,39	5,09	81,38 Moderate	13,09	1363,23
T-10	Pertamax	1,50	3,39	5,09	81,37 Moderate	13,10	1362,84
T-12	Premium	1,50	3,38	5,07	81,10 Moderate	20,76	4496,6
T-13	Premium	1,50	3,37	5,05	80,86 Moderate	20,70	4772,71
T-14	Premium	1,50	3,37	5,05	80,87 Moderate	20,71	4773,26

Metode Point Source Radiation Model

Perhitungan menggunakan metode Point Source Radiation Model mengenai radius

radiasi panas dari pinggir tangki di ground level (level tanah) dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. *Radiant heat flux* dari pinggir tangki pada *ground level* (KW/m²)

No.	Tangki Timbun	Produk	Dimensi		<i>Radiant heat flux</i> dari pinggir tangka pada <i>ground level</i> (KW/m ²)									
			(m)	Tinggi	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m	45 m	50 m
T-05	Pertamax		19,35	9,10	4,93	4,99	4,64	4,14	3,61	3,13	2,71	2,35	2,04	1,79
T-06	Pertamax		19,36	9,23	4,87	4,94	4,60	4,11	3,59	3,12	2,70	2,34	2,04	1,79
T-08	Pertamax		15,49	9,16	4,08	4,19	3,87	3,41	2,93	2,50	2,14	1,83	1,58	1,37
T-09	Pertamax		15,49	9,22	4,05	4,17	3,86	3,39	2,92	2,49	2,13	1,83	1,58	1,37
T-10	Pertamax		15,47	9,05	4,12	4,22	3,90	3,42	2,94	2,51	2,14	1,83	1,58	1,37
T-12	Premium		34,16	11,22	5,38	5,33	5,06	4,69	4,28	3,88	3,49	3,14	2,83	2,55
T-13	Premium		36,57	11,09	5,34	5,29	5,04	4,69	4,29	3,90	3,52	3,18	2,87	2,59
T-14	Premium		36,57	11,09	5,34	5,29	5,04	4,69	4,29	3,90	3,52	3,18	2,87	2,59

Menggunakan *thermal dose* (dosis termal) 500 (Norwegian Technology Centre, 2001) (8),

maka waktu yang dibutuhkan untuk mencapai luka bakar tingkat 2, dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Waktu yang dibutuhkan untuk luka bakar tingkat dua

No.	Tangki Timbun	Produk	Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai luka bakar tingkat 2 pada masing-masing jarak dari tangka terbakar (detik)									
			5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m	45 m	50 m
T-05	Pertamax		63	62	68	79	94	113	137	165	197	235
T-06	Pertamax		64	63	69	80	95	114	138	166	198	235
T-08	Pertamax		80	78	86	102	124	152	187	228	276	332
T-09	Pertamax		81	78	86	102	124	152	187	228	277	333
T-10	Pertamax		79	77	85	101	123	151	186	228	276	332
T-12	Premium		56	57	61	67	75	86	98	113	129	148
T-13	Premium		57	57	61	67	75	85	97	111	127	145
T-14	Premium		57	57	61	67	75	85	97	111	127	145

Metode Gaussian dispersion model

Polutan yang dihitung dalam penelitian ini adalah polutan CO dan NO₂, hasil kebakaran 3 tangki terbesar yaitu T-12, T-13, dan T-14. Konsentrasi tertinggi CO terletak 1,8 km selatan tangki sedangkan NO₂ terletak 1,9 km selatan tangki. Perhitungan Gaussian Dispersion Model dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Konsentrasi polutan tertinggi CO dan NO₂

Tangki	Konsentrasi Polutan (ug/m ³)		Konsentrasi Polutan (ppm)	
	CO	NO	CO	CO ₂
T - 12	100,9	139,0	0,1	0,1
T - 13	106,3	147,7	0,1	0,1
T - 14	106,3	147,7	0,1	0,1
Total	313,5	434,5	0,3	0,2

PEMBAHASAN*Tingkat bahaya kebakaran berdasarkan Fire and Explosion Index (F&EI)*

Secara keseluruhan, semua unit proses dioperasikan dengan cara yang sama, hanya posisi dan diameter tangki yang berbeda. Pada setiap variabel pinalti yang diberikan, hampir semua unit proses (tangki timbun) mendapatkan pinalti yang sama, kecuali untuk beberapa variabel penilaian. Variabel penilaian yang berbeda pada beberapa unit proses diantaranya adalah, akses; dan jumlah material yang mudah terbakar dan tidak stabil.

Variabel penilaian akses, hampir semua tangki timbun mendapatkan nilai pinalti 0 (akses pemadam kebakaran dapat dilakukan

dari 2 sisi, salah satunya dari jalan dan dengan monitor nozzle), kecuali tangki timbun T-05, T-06, dan T-08. Ketiga tangki timbun yang telah tersebut, posisi relatifnya berada di tengah tangki timbun yang lain, sehingga akses pemadam kebakaran tidak dapat dilakukan dari jalan menggunakan truk pemadam kebakaran, oleh sebab itu ketiga tangki tersebut mendapatkan pinalti 0,2.

Variabel penilaian jumlah material yang mudah terbakar dan tidak stabil, berbeda pada beberapa unit proses. Perbedaan tersebut dikarenakan terdapat perbedaan volume tangki timbun. Tangki timbun T-05 dan T-06, mendapatkan nilai pinalti 1,06; tangki T-08, tangki T-09, dan T-10 mendapatkan nilai pinalti 1,02; tangki T-12, tangki T-13 dan tangki T-14 mendapatkan nilai pinalti 1,03. Berdasarkan hasil penilaian lapangan dan hasil pinalti yang diberikan semua unit proses memiliki tingkat bahaya "moderate".

Penelitian yang dilakukan oleh Lestari dan Nurdiansyah (2007), mengenai potensi bahaya kebakaran dan ledakan pada tangki timbun bahan bakar minyak (BBM) jenis premium di Depot X, dengan menggunakan metode Dow's Fire And Explosion Index menghasilkan nilai fire and explosion index 118,82 dengan tingkat bahaya kebakaran intermediate (9). Objek penelitian tersebut merupakan unit proses yang berupa tangki timbun T-07 (*atmospheric storage tank* jenis *fixed roof* diameter 36,569 m, tinggi 11,190 m, menyimpan premium). Tangki timbun T-07 pada penelitian tersebut sama dengan tangki timbun T-13 dan T-14, pada penelitian ini. Terdapat perbedaan tingkat bahaya pada penelitian sebelumnya dengan penelitian ini. Hal ini dikarenakan terdapat perbedaan pemberian nilai pinalti.

Variabel penilaian pemindahan dan penanganan material pada penelitian

sebelumnya diberikan nilai pinalti 0,85, karena unit proses merupakan tangki timbun atau tempat penyimpanan berbentuk silinder yang berisi Premium yang merupakan *flammable liquid* dengan $N_f = 3$. Menurut *American Institute Of Chemical Engineers* (1994), pinalti 0,85 hanya untuk *flammable material* (baik gas maupun cairan) dengan NF 3 atau 4 yang disimpan dalam *warehouse storage* (gudang penyimpanan) atau *yard storage*, dan pertimbangan penilaian tersebut tidak ditujukan untuk normal *storage tank* (tangki penyimpanan normal). Berdasarkan pertimbangan tersebut maka pada penelitian ini pinalti 0.

Variabel toksisitas material yang ditangani pada penelitian sebelumnya diberikan nilai pinalti 0,20 ($0,2 \times N_h$), karena berdasarkan NFPA Hazard ID, Premium memiliki $N_h = 1$. Pada penelitian ini mendapatkan pinalty 0,4 karena pada lembar MSDS PT. Pertamina, Premium memiliki nilai NH sebesar 2.

Radius paparan dan dampak panas akibat kebakaran terhadap pekerja

Radius paparan yang dimaksud dalam pembahasan ini adalah radius/jarak dimana terdapat kemungkinan pekerja atau unit proses lain terkena paparan langsung dari api ataupun ledakan udara. (Dow's Fire and Exposition Index, Tabel 1) dampaknya adalah pekerja atau orang yang berada pada radius tersebut, kemungkinan dapat terkena efek paparan langsung oleh api, atau terkena efek ledakan udara. Menurut The International Association of Oil and Gas Producers (2010b) (10); dan radius untuk terpapar besaran radiasi panas (*Point Source Radiation Model*, Tabel 2), dampaknya adalah waktu untuk menderita luka bakar tingkat 2. Pemilihan luka bakar tingkat 2 sebagai acuan penilaian adalah, karena pada luka bakar tingkat 2 terdapat

akumulasi cairan yang dapat membuat proses evakuasi korban menjadi lambat. Menurut Lawson (2009) paparan radiasi panas yang biasa diterima oleh pemadam kebakaran pada lingkungan kerjanya adalah sekitar 2,5 KW/m² (11).

1. Tangki T-05 dan Tangki T-06

Perhitungan menggunakan metode *Dow's Fire and Explosion Index* menunjukkan bahwa, jika tangki T-05 dan T-06 terbakar, maka radius paparan sebesar 14,03 m. Hal ini berarti bahwa, pada jarak tersebut pekerja atau orang yang berada pada radius tersebut, kemungkinan dapat terkena efek paparan langsung oleh api, atau terkena efek ledakan udara. Pada jarak tersebut pekerja harus memberikan perhatian yang lebih.

Perhitungan menggunakan metode *point source radiation model* pada level tanah menunjukkan bahwa, ketika kebakaran terjadi pada tangki timbun T-05 dan T-06 maka, pada radius 10 m dari tangki, pekerja menerima besaran radiasi panas sebesar >5 KW/m². Pekerja akan mengalami luka bakar tingkat 2 jika tetap berada pada radius ini selama lebih dari 62 detik. Radius 10-20 m dari pinggir tangki pekerja akan menerima besaran radiasi panas sebesar 4-5 KW/m². Pekerja akan mengalami luka bakar tingkat 2 jika berada pada radius tersebut selama 62-79 detik. Radius 20-30 m dari pinggir tangki, pekerja akan menerima besaran radiasi panas sebesar 3-4 KW/m². Pekerja akan mengalami luka bakar tingkat 2 jika berada pada radius tersebut selama 79-113 detik. Radius 30-45 m dari pinggir tangki, pekerja akan menerima besaran radiasi panas sebesar 2-3 KW/m². Pekerja akan mengalami luka bakar tingkat 2 jika berada pada radius tersebut selama 113-197 detik. Pemadam

kebakaran sebaiknya pada jarak 40-45 m dari pinggir tangki T-05 dan T-06.

2. Tangki T-08, T-09, dan T-10

Perhitungan menggunakan metode *Dow's Fire and Explosion Index* menunjukkan bahwa, jika tangki T-08 terbakar, maka radius paparan sebesar 15,87 m sedangkan T-09 dan T-10 sebesar 20,8 m. Hal ini berarti bahwa, pada jarak tersebut pekerja atau orang yang berada pada radius tersebut, kemungkinan dapat terkena efek paparan langsung oleh api, atau terkena efek ledakan udara. Pada jarak tersebut pekerja harus memberikan perhatian yang lebih.

Perhitungan menggunakan metode *point source radiation model* pada level tanah (*ground level*) menunjukkan bahwa, ketika kebakaran terjadi pada tangki timbun T-08, T-09, dan T-10 maka, pada radius 15 m dari tangki, pekerja ataupun orang yang berada pada lokasi tersebut dapat menerima besaran radiasi panas sebesar >4 KW/m². Pekerja akan mengalami luka bakar tingkat 2 jika tetap berada pada radius ini selama lebih dari 86 detik. Radius 15-25 m dari pinggir tangki pekerja akan menerima besaran radiasi panas sebesar 3-4 KW/m². Pekerja akan mengalami luka bakar tingkat 2 jika berada pada radius tersebut selama 86-124 detik. Radius 25-35 m dari pinggir tangki pekerja akan menerima besaran radiasi panas sebesar 2-3 KW/m². Pekerja akan mengalami luka bakar tingkat 2 jika berada pada radius tersebut selama 124-187 detik. Pemadam kebakaran sebaiknya pada jarak 30-35 m dari pinggir tangki T-08.

3. Tangki T-12, T-13 dan T-14

Perhitungan menggunakan metode *Dow's Fire and Explosion Index* menunjukkan

bahwa, jika tangki T-12, T-13, dan T-14 terbakar, maka radius paparan sebesar 20,7 m. Hal ini berarti bahwa, pada jarak tersebut pekerja atau orang yang berada pada radius tersebut, kemungkinan dapat terkena efek paparan langsung oleh api, atau terkena efek ledakan udara. Pada jarak tersebut pekerja harus memberikan perhatian yang lebih.

Perhitungan menggunakan metode *point source radiation model* pada level tanah (ground level) menunjukkan bahwa, ketika kebakaran terjadi pada tangki timbun T-12, T-13, dan T-14 maka, pada radius 15 m dari tangki, pekerja ataupun orang yang berada pada lokasi tersebut dapat menerima besaran radiasi panas sebesar >5 KW/m². Pekerja akan mengalami luka bakar tingkat 2 jika tetap berada pada radius ini selama lebih dari 61 detik. Radius 15-30 m dari pinggir tangki pekerja akan menerima besaran radiasi panas sebesar 4-5 KW/m². Pekerja akan mengalami luka bakar tingkat 2 jika berada pada radius tersebut selama 61-86 detik. Radius 30-45 m dari pinggir tangki pekerja akan menerima besaran radiasi panas sebesar 3-4 KW/m². Pekerja akan mengalami luka bakar tingkat 2 jika berada pada radius tersebut selama 86-129 detik. Radius 45-50 m dari pinggir tangki pekerja akan menerima besaran radiasi panas sebesar 2,6-3 KW/m². Pekerja akan mengalami luka bakar tingkat 2 jika berada pada radius tersebut selama 129-148 detik. Pemadam kebakaran sebaiknya pada tidak lebih dari 45 m dari pinggir tangki T-12, T-13, dan T-14.

Sebaran Polusi Yang Timbul Akibat Asap Hasil Kebakaran Beserta Dampaknya Terhadap Kesehatan Masyarakat Sekitar TBBM Rewulu.

Hasil perhitungan sebaran polutan CO menggunakan metode Gaussian Dispersion Model menunjukkan bahwa konsentrasi polutan tertinggi, hasil kebakaran tangki T-12 sebesar 100,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,1 ppm), tangki T-13 dan tangki T-14 sebesar 106,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,1 ppm) jika ketiga tangki tersebut terbakar secara bersamaan maka konsentrasi CO sebesar 313,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,3 ppm) pada jarak 1800 m (1,8 km) arah selatan tangki.

Untuk mengetahui konsentrasi CO di udara ambien menggunakan referensi dari Wardhana (2004) yang menyatakan konsentrasi CO di daerah perdesaan sekitar 0,1 ppm dari pada menggunakan referensi dari Pemerintah Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta (2014), yang mengukur konsentrasi CO di pertigaan pasar Gamping, Jalan Wates (pengukuran udara ambien terdekat dengan lokasi titik konsentrasi tertinggi hasil kebakaran tangki penyimpanan sekitar 3 km) yang merupakan daerah perkotaan dan dipinggir alan raya (10.350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (9 ppm)) (12,13). Berdasarkan hal tersebut maka, jika ketiga tangki (T-12, T-13, dan T-14) terbakar secara bersamaan, dan polutan terdispersi dan terakumulasi dalam udara ambien akan menghasilkan konsentrasi hasil sebesar 0,4 ppm.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, mengatakan bahwa baku mutu CO, pada udara ambien adalah 30.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk pengukuran 1 jam, dan 10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk pengukuran 24 jam (13). Berdasarkan peraturan pemerintah tersebut maka kadar karbon monoksida hasil kebakaran tangki T-12, T-13, dan T-14, maupun jika ketiga tangki tersebut terbakar secara bersamaan, menghasikan polutan yang masih

berada jauh di bawah baku mutu udara ambien berdasarkan peraturan pemerintah.

Konsentrasi CO sebesar 0,4 juga memiliki dampak kesehatan kepada beberapa orang. Wilbur (14) telah merangkum beberapa penelitian mengenai CO dalam buku *Toxicological Profile For Carbon Monoxide*, diantaranya adalah penelitian Schildcrout, Sheppard and Lumley (15) yang melakukan penelitian terhadap 990 anak yang menderita asma yang berumur 5-12 th di 8 kota di Amerika Utara. Penelitian tersebut mengatakan munculnya gejala asma kepada subjek, sehingga membutuhkan *inhaler* pada paparan CO sebesar 0.4-2.4 ppm selama 24 jam. von Klot, Wolke and Tuch (16) dalam Wilbur, meneliti sebanyak 53 orang yang menderita asma yang berumur 37-77 tahun yang tinggal di Jerman, yang menyatakan munculnya gejala asma yang membutuhkan perawatan medis pada paparan CO sebesar 0,3-2,3 ppm selama 24 jam. Lin, Stieb and Chen (17) dalam Wilbur melakukan penelitian terhadap anak usia ≥ 15 tahun dengan desain *case crossover* di Toronto Canada, penelitian tersebut menyatakan bahwa adanya infeksi pada pernafasan kepada subjek yang terpapar CO pada konsentrasi 0,3-2,4 ppm dengan durasi 24 jam, penelitian tersebut berdasarkan catatan penerimaan rumah sakit terhadap pasien (*hospital admission*). Zanobetti dan Schwartz (18) dalam Wilbur, melakukan penelitian kepada orang dengan segala umur berdasarkan catatan penerimaan rumah sakit terhadap pasien (*hospital admission*), penelitian tersebut mengatakan bahwa terdapat pneumonia (paru-paru basah) pada pasein yang terpapar konsentrasi CO sebesar 0,39-0,60 ppm. Berdasarkan pemaparan beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya, mengindikasikan bahwa kadar konsentrasi CO sebesar 0,4 ppm akan memberikan efek kepada

anak anak, orang tua, ataupun orang dewasa yang sudah memiliki kelainan pada paru-paru atau menderita penyakit paru-paru.

Hasil perhitungan menggunakan metode Gaussian menunjukkan sebaran polutan NO₂ tertinggi pada kebakaran tangki T-12 yaitu sebesar 140,38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,074 ppm), pada kebakaran tangki T-13 dan T-14 yaitu sebesar 147,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,079 ppm), jika ketiga tangki tersebut terbakar secara bersamaan maka konsentrasi NO₂ sebesar 434,464 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,231 ppm) pada jarak 1.900 m (1,9 km) arah selatan tangki.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, mengatakan bahwa baku mutu NO₂, pada udara ambien adalah 400 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, untuk pengukuran 1 jam; 150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, untuk pengukuran 24 jam; dan 100 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, untuk pengukuran 1 tahun. Berdasarkan hal tersebut maka udara ambien hasil kebakaran ketiga tangki tersebut secara bersamaan diatas baku mutu udara nasional.

World Health Organization (19) merangkum beberapa penelitian mengenai NO₂ dan efek terhadap manusia dalam buku *Air Quality Guidelines-Nitrogen Dioxide*. Lebih lanjut, konsentrasi rata-rata tahunan NO₂ di udara ambien pada daerah perkotaan di seluruh dunia berkisar antara 20–90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.01–0.05 ppm). NO₂ memiliki bau yang menyengat, dan mencekik, batasan bau yang menyengat sangat bervariasi antara 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05 ppm) dan 410 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.22 ppm). Terdapat efek *reversible* (efek kesehatan yang merugikan sementara) walaupun kecil akan tetapi signifikan secara statistik, terhadap fungsi paru dan responsivitas saluran pernafasan selama 30 menit paparan terhadap konsentrasi NO₂ sebesar 380-560 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.2 – 0,3 ppm) pada penderita asma ringan. Studi terhadap orang

asma menunjukkan bahwa paparan sebesar 380-560 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat mengakibatkan perubahan sekitar 5% terhadap fungsi paru dan dapat meningkatkan responsivitas saluran pernapasan terhadap orang yang menderita bronkitis. Penelitian oleh Schouten (20) dalam *World Health Organization* yang melakukan penelitian di Rotterdam yang menunjukkan bahwa terdapat efek NO_2 terhadap resiko relatif terhadap pernafasan untuk semua grup umur dan peningkatan terhadap penyakit obstruktif paru (pulmonary) dengan rata-rata paparan 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ selama 24 jam dan 82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ selama 1 jam. Efek lain yang dapat ditimbulkan dari NO_2 adalah ujan asam (21). Lebih lanjut, H_2SO_4 dalam hujan asam berasal dari SO_2 , sedangkan HNO_3 dalam hujan asam berasal dari NO_x .

Berdasarkan wawancara dengan aparat dusun dan beberapa warga Dusun Plawonan (dusun terdampak), mengatakan bahwa mereka mengetahui keberadaan TBBM Rewulu, TBBM Rewulu juga sudah banyak membantu memberikan bantuan kepada dusun. PT. Pertamina TBBM Rewulu juga sering melibatkan aparat desa dan dusun serta warga masyarakat dalam beberapa kegiatan, diantaranya bakti sosial, dan penyuluhan kesehatan. Akan tetapi PT. Pertamina belum pernah melakukan sosialisasi mengenai resiko bahaya yang dapat terjadi kepada masyarakat jika TBBM Rewulu mengalami bencana kebakaran. Belum adanya sosialisasi mengenai dampak bahaya kebakaran mengakibatkan warga masyarakat belum mengetahui resiko apa saja yang mungkin dapat ditimbulkan jika tangki di PT. Pertamina TBBM Rewulu terbakar.

Hal ini menunjukkan belum adanya komunikasi resiko (*risk communication*) antara pihak perusahaan dengan warga. Tujuan dari

komunikasi resiko tersebut untuk meminimalkan dan atau mengelola dampak kesehatan melalui kegiatan rekayasa, mitigasi, dan perlindungan kesehatan serta melalui penyesuaian kebijakan, hukum, sosial, dan perilaku untuk organisasi dan orang-orang yang terkena dampak (22). Faktor yang dapat meningkatkan persepsi mengenai resiko adalah tindakan yang tidak memberikan manfaat yang jelas, sumber informasi resiko yang tidak dapat dipercaya, dan lembaga yang memiliki sejarah manajemen resiko yang tidak bagus. Persepsi terhadap resiko yang tinggi dapat menstimulasi perilaku proaktif yang mampu menghasilkan resistensi terhadap komunikasi resiko dan tindakan yang direkomendasikan. Ketika masyarakat kecewa, marah, ketakutan dan dalam tekanan yang tinggi mereka akan sulit memproses informasi, hal ini yang disebut sebagai *noise theory*. PT. Pertamina TBBM Rewulu telah banyak memberikan sumbangsih kepada warga baik berupa bantuan maupun penyuluhan, hal ini merupakan langkah yang tepat untuk memulai memberikan komunikasi resiko kepada warga, sehingga warga tidak mendapatkan informasi yang salah sehingga meningkatkan persepsi yang salah terhadap resiko yang dapat timbul.

Belum adanya komunikasi resiko mengakibatkan kesiapan dalam menghadapi keadaan darurat oleh warga juga belum dapat terlaksana secara baik. Keadaan darurat kesehatan masyarakat didefinisikan sebagai lebih kepada konsekuensi kesehatan yang diakibatkan oleh suatu hal (23). Lebih lanjut, keadaan darurat kesehatan masyarakat membutuhkan semua aspek baik dari segi pencegahan, mitigasi, *recovery*, dan juga dibutuhkan kemampuan operasional untuk mengeksekusi tugas-tugas yang persiapan yang telah disusun. Keadaan darurat kesehatan

masyarakat bukanlah hal yang statis, hal ini membutuhkan perbaikan terus-menerus, termasuk sering pengujian rencana melalui latihan, perumusan, dan pelaksanaan rencana tindakan korektif.

Warga masyarakat dapat dijadikan sumber penanggulangan bencana, melalui kesiapan mitigasi. Terdapat 2 jenis mitigasi yaitu *hard mitigation* dan *soft mitigation* (24). Lebih lanjut, tujuan dari *hard mitigation* adalah membuat fasilitas yang baik untuk menahan bencana, sehingga diperlukan sedikit intervensi manusia ketika menghadapi bencana. Sedangkan *soft mitigation* bertujuan untuk mengurangi dampak dari bencana yang tidak dapat ditangani oleh *hard mitigation*. *Soft mitigation* memiliki 3 unsur penting yaitu, kesiapan dasar (mempersiapkan alat keadaan darurat, mengetahui apa yang harus dilakukan, dll), tim tanggap lingkungan (warga dilatih kemampuan mengorganisir tanggap darurat pada level lingkungan tempat tinggal misalnya seperti, memilih pemimpin kelompok, menyiapkan area tanggap darurat, dll), dan pelatihan tingkat lanjut (warga memperoleh pelatihan tingkat lanjut seperti pencarian dan penyelamatan, pemadaman api, penilaian kerusakan, manajemen kecelakaan). Belum adanya komunikasi resiko dan kesiapan warga dalam menghadapi keadaan darurat, maka diharapkan pihak PT. Pertamina dapat memberikan sosialisasi terkait resiko bahaya, cara penanganan, mitigasi, dan *recovery* terhadap warga, guna meminimalisir dampak.

KESIMPULAN

1. Tingkat bahaya kebakaran dan ledakan pada semua tangki timbun BBM kelas A di PT Pertamina TBBM Rewulu adalah *Moderate*.
2. Radius paparan bervariasi, dari 13 - 20,7 m, tergantung besar tangki.

3. Radius radiasi panas bervariasi dari 5-50 m, tergantung besaran radiasi.
4. Waktu untuk mencapai luka bakar tingkat 2 bervariasi dari 57 – 197 detik, tergantung jarak dari tangki.
5. Belum terdapat adanya penilaian resiko ketika terjadi keadaan darurat bencana kebakaran.
6. Konsentrasi polutan CO tertinggi yaitu 0,4 ppm (1,9 km selatan tangki), konsentrasi NO2 tertinggi 0,2 ppm (1,8 km selatan tangki).
7. Dampak polutan hanya akan mengganggu kesehatan bagi penderita asma dan bronkitis.
8. Belum adanya komunikasi resiko antar PT. Pertamina dan warga sekitar, hal ini perlu dilakukan untuk menyiapkan warga dalam menyikapi keadaan darurat.

Berdasarkan hasil penelitian, maka saran yang dapat diberikan kepada PT Pertamina Rewulu dan masyarakat sekitar terminal BBM adalah :

1. Membuat *ban wall* tambahan atau intermediate *ban wall* untuk memisahkan tangki timbun satu dengan yang lainnya, hal tersebut untuk melokalisir jika terdapat tumpahan material BBM.
2. Membuat jalur evakuasi di sekitar tangki timbun yang mudah digunakan (terhindar dari rintangan, seperti pipa dll), sehingga waktu evakuasi dapat dilakukan dengan cepat.
3. Membuat penilaian resiko dalam keadaan darurat bahaya kebakaran (terkait dampak yang dapat ditimbulkan), yang dikomunikasikan kepada pekerja secara detail dan berkesinambungan.
4. Membuat perencanaan dan skema mengenai komunikasi resiko terhadap warga yang

diberikan secara berkesinambungan, yang bertujuan untuk memberikan edukasi mengenai resiko bahaya dan penanganannya.

5. Memberikan pelatihan kepada warga terkait teknis menghadapi bahaya kebakaran terutama pertolongan pertama terhadap paparan polutan asap kebakaran.
6. Membentuk lembaga kerjasama/satgas yang berisi pekerja PT. Pertamina TBBM Rewulu, aparatur negara, dan masyarakat, yang bertujuan untuk mengkomunikasikan tindakan yang direkomendasikan ketika terjadi keadaan darurat dari PT. Pertamina ke warga terdampak.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral. Statistik Minyak Bumi [Internet]. 2012 [cited 2016 Apr 12]. Available from: http://esdm.go.id/publikasi/statistik/data-sektor-esdm/doc_download/1256-statistik-minyak-bumi-2012.html
2. Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral. Handbook Of Energy & Economic Statistics of Indonesia; 2016.
3. Irhanah, Lestari F. 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). Universitas Indonesia; 2013.
4. United State Chemical Safety And Hazard Investigation Board. Final Investigation Report Chevron Richmond Refinery Pipe Rupture And Fire; 2015.
5. United State Chemical Safety And Hazard Investigation Board. Final Investigation Report Caribbean Petroleum Tank Terminal Explosion And Multiple Tank Fires; 2015.
6. Hoek MR, Bracebridge S, Oliver I. Health impact of the Buncefield oil depot fire , December Study of accident and emergency case records. J Public Health (Bangkok). 2007;29(3):298-302.
7. Chang JI, Lin CC. A study of storage tank accidents. J Loss Prev Process Ind. 2006;19(1):51-9.
8. Chow CL, Kong H. Importance Of Smoke Toxicity In Fire Hazard Assessment. Int J Eng Performance-Based Fire Codes. 2003;5 (4):146-8.
9. Norwegian Technology Centre. NORSOK STANDARD Z-013: Risk and Emergency Preparedness Analysis [Internet]. NORSOK Standard Z-013, Rev. 2001. Available from: website: www.nts.no/norsok
10. Lestari F, Nurdiansyah W. Potensi Bahaya Kebakaran Dan Ledakan Pada Tangki Timbun Bahan Bakar Minyak (Bbm) Jenis Premium Di Depot X Tahun 2007. MAKARA, Teknol. 2007;11(2):59-64.
11. The International Association of Oil and Gas Producers. Consequence modelling [Internet]. 2010. Available from: <http://www.ogp.org.uk/pubs/434-07.pdf>
12. Lawson JR. Fire Facts [Internet]. 2009. Available from: http://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=903600.
13. Wardhana WA. Dampak Pencemaran Lingkungan. Yogyakarta: Penerbit Andi; 2004.
14. Wilbur S, Williams M, Williams R, Scinicariello F, Klotzbach JM, Diamond GL, et al. Toxicological profile for carbon monoxide. US Agency Toxic Subst Dis Regist. 2012;(June):1-347.
15. Schildcrout J, Sheppard L, Lumley T. Ambient air pollution and asthma exacerbations in children: An eight-city analysis. Am J Epidemiol. 2006;6:505-17.
16. von Klot S, Wolke G, Tuch T. Increased asthma medication use in association with ambient fine and ultrafine particles. Eur Respir J. 2002;20:691-702.
17. Lin M, Stieb D, Chen Y. Coarse particulate matter and hospitalization for respiratory infections in children younger than 15 years in Toronto: A case-crossover analysis. Pediatrics. 2005;116 (2):e235-40.
18. Zanobetti A, Schwartz J. Air pollution and emergency admissions in Boston, MA. Epidemiol Community Heal. 2006;60(10):890-5.
19. World Health Organization. Air Quality Guidelines - Nitrogen Dioxide. 2000;3(2):1-33.
20. Schouten JP. Short term effects of air pollution on emergency hospital admissions for respiratory disease: results of the APHEA project in two major cities in the Netherlands 1977-89. J Epidemiol Community Health. 1996;
21. Yatim EM. Dampak dan Pengendalian Hujan Asam. J Kesehat Masy. 2007;II:146-51.
22. Glik DC. Risk Communication for Public Health Emergencies. Annu Rev Public Heal. 2007;
23. Nelson C, Lurie N, Wasserman J, Zakowski S. Conceptualizing and Defining Public Health Emergency Preparedness Key Elements of Preparedness. Am J Public Health. 2007;97:9-11.
24. Joshua D. A " Community as Resource " Strategy for Disaster Response. Public Health Rep. 2000;115(June):262-5.

