

Research Article

Risiko kebakaran dan ledakan di depot bahan bakar minyak yang sudah lama berdiri: implikasi komunikasi risiko bagi pekerja dan penduduk sekitar untuk mengantisipasi kedaruratan

Risks of fire and explosion in long-standing fuel oil depots: implications in risk communication for workers and local residents to anticipate emergencies

Dikirim:

6 Juli 2017

Diterbitkan:

25 Juli 2018

Arifin Jati Sukma¹ & Rochim Bakti Cahyono²

Abstract

Purpose: Fires and explosions in oil depots remain occurred even though large oil companies have set up occupational health and safety system. Negligence of monitoring and no re-evaluation of conditions and situations from the plants are among common explanations. This study evaluates the potential for explosions and fires from a long-standing oil depot, including the potential impact on workers and residents around the site. **Method:** The study was conducted at the Pertamina Rewulu depot in Kulon Progo. Data were analyzed using the *Dow's Fire and Explosion Index* method, *Point Source Radiation Model*, and *Gaussian Dispersion*. In-depth interviews were conducted with respondents from contract workers and local resident closed to the plant. **Results:** Calculations from the data indicate that there are potential hazards that were not anticipated before the research was planned. All tanks from the Class A category have a 'medium' danger level. Based on the simulation, if there is a large fire at this depot, CO levels are estimated not to give danger when smoke reaches the neighborhood. The study also found that although the depot has been established for more than 40 years, residents who now live in the vicinity of the depot have not received fire risk information and communication about emergency preparedness from the management. **Conclusion:** Recurrent evaluations of the risk of explosion and fire in long-standing fuel depots show previously unanticipated findings Regular risk communication to contract workers and surrounding residents who change is needed so that they have preparedness to respond to the dangers of smoke from explosions and fires.

Keywords: Dow's fire and explosion index; second degree burn injury; air quality; public health emergency

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

² Fakultas Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki cadangan potensial minyak bumi sebesar 3.666,91 juta *million stock tank barrels* (MMSTB), sedangkan cadangan terbukti minyak bumi sebesar 3.741,33 MMSTB (1). Indonesia mengkonsumsi bahan bakar minyak (BBM) pada 2015 sebesar 38,5% (2). Industri minyak memiliki risiko bahaya kebakaran dan ledakan yang tinggi, yang dalam sebagian besar kasus digolongkan “bahaya besar” (3). Potensi ledakan di penampungan minyak dilaporkan meledak dan terbakar karena pipa pecah pada 6 Agustus 2012, menyebabkan 6 pekerja mengalami luka bakar minor di USA. Kebakaran dan ledakan menghasilkan gumpalan asap besar, partikel kecil, 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, gangguan pernafasan, nyeri dada, sesak nafas, sakit tenggorokan, dan sakit kepala (4).

Ledakan dan kebakaran juga terjadi di *Caribbean Petroleum Corporation* (CAPECO) pada 2009. Ledakan terjadi ketika *offloading* dari kapal tanker menuju tangki milik CAPECO yang 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 dan menghancurkan 300 rumah dan fasilitas bisnis, yang berjarak 1,25 mil dari lokasi kejadian (4).

Kebakaran di perusahaan minyak *Hertfordshire Oil Storage Ltd* menjadi salah satu kejadian terbesar di Inggris terjadi pada 11 Desember. Dari 240 orang menghadiri *Accident and Emergency Department*, 73 orang mengalami gangguan pernapasan, 21 sakit kepala, 39 terluka, 8 tidak sadarkan diri, dan 22 mengalami gangguan kesehatan lainnya (5).

Terdapat 64 kecelakaan tangki penyimpanan di terminal bahan bakar, merupakan jumlah kecelakaan terbanyak kedua setelah *refinery*. Seratus empat puluh lima kebakaran dan 61 ledakan adalah jenis kasus terbanyak pertama dan kedua pada tangki penyimpanan di berbagai industri minyak. Terdapat 55 kasus kecelakaan tangki penyimpanan BBM jenis bensin seperti bahan bakar oli, dan pelumas di Yunani, tahun 1986, mengakibatkan 5 orang meninggal, dan 4 orang tewas di Kuwait pada 2002 (6).

Kejadian ledakan dan kebakaran depo minyak di Indonesia sudah sering terjadi dan mengakibatkan korban luka hingga tewas. Seperti kasus pada tahun 2017, tangki timbun Pertamina Medan meledak karena kebocoran di salah satu bagian instalasi (7). Kebakaran terjadi di area tangki timbun bahan bakar minyak PT Pertamina di Belawan, Sumatera Utara pada 2016 (8). Depot Pertamina di Padang terbakar pada 2014 akibat kesalahan teknis (9). Salah satu kilang terbesar yang

bertempat di Cilacap juga terbakar 4 kali secara beruntun selama 3 tahun (10).

Depot Rewulu mulai beroperasi 1973, menyuplai dan menyalurkan minyak premium, pertamax, solar/bio solar, minyak tanah ke 154 SPBU di Yogyakarta, Klaten dan Eks-Karesidenan Kedu. Stasiun Rewulu memasok kebutuhan avtur untuk Bandara Adi Sumarmo di Solo dan Adi Sutjipto di Yogyakarta. Depot Rewulu menjadi penyalur untuk depot di Madiun. Jika kebakaran terjadi, berdampak pada gangguan distribusi BBM di daerah Yogyakarta dan sebagian Jawa Tengah.

Meskipun ledakan dan kebakaran depot minyak tetap terjadi meskipun sistem keselamatan kerja telah diterapkan di tempat-tempat itu, evaluasi dan re-evaluasi keselamatan kerja masih kurang mendapat perhatian perusahaan-perusahaan minyak di dunia, termasuk di Indonesia. Penelitian ini bermaksud melakukan re-evaluasi potensi bahaya yang mengancam keselamatan pekerja dan komunitas di lingkungannya di depot minyak di Daerah Istimewa Yogyakarta.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif menggunakan 1) *Dow's fire and explosion index method* untuk mengetahui gambaran kebakaran, 2) *Point source radiation model* untuk mengetahui besaran radiasi panas dan dampak pada keselamatan dan kesehatan pekerja, dan 3) *Gaussian dispersion Model* untuk mengetahui sebaran polutan asap akibat kebakaran dan kesehatan terhadap masyarakat. Penelitian dilakukan pada Februari 2017 dengan subjek penelitian adalah karyawan yang bekerja di PT. Pertamina TBBM Rewulu yang bertempat di dekat tangki timbun yang sebanyak 8 pekerja di *control room* dan masyarakat setempat yang berpotensi terdampak asap kebakaran. Objek penelitian 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*.

HASIL

Bahaya kebakaran

Tabel 1 menunjukkan hasil perhitungan metode *Dow's fire and explosion index*. Secara keseluruhan, semua unit proses dioperasikan dengan cara yang sama, hanya posisi dan diameter tangki yang berbeda. Pada setiap variabel penalti yang diberikan, hampir semua tangki timbun mendapatkan penalti 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 penalti 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 penalti 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 penalti 1,06; tangki T-08, tangki T-09, dan T-10 mendapatkan nilai penalti 1,02; tangki T-12, tangki T-13 dan tangki T-14 mendapatkan nilai penalti 1,03. Berdasarkan hasil penilaian lapangan dan hasil penalti yang diberikan semua unit proses memiliki tingkat bahaya "moderate".

Radius paparan dan dampak panas akibat kebakaran terhadap pekerja

Radius paparan yang dimaksud dalam pembahasan ini adalah radius kemungkinan pekerja atau unit proses lain terkena paparan langsung dari api atau ledakan udara. (*Dow's fire and explosion index*, Tabel 1). 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* dan radius untuk terpapar besaran radiasi panas (*point source radiation model*, Tabel 2), dampaknya adalah waktu untuk menderita luka bakar tingkat 2 (11). 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 paparan radiasi panas yang biasa diterima oleh pemadam kebakaran pada lingkungan kerjanya adalah sekitar 2,5 KW/m² (12).

Tangki T-05 dan Tangki T-06

Dow's fire and explosion index, jika tangki T-05 dan T-06 terbakar, radius paparan sebesar 14,03 m. Pada jarak itu, pekerja atau orang pada radius tersebut, kemungkinan

dapat terkena efek paparan langsung oleh api, atau terkena efek ledakan udara. Pada jarak tersebut pekerja harus memberi perhatian 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 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.

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

Perhitungan *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. Pada jarak tersebut orang dapat terkena efek paparan langsung oleh api, atau terkena efek ledakan udara. Pada jarak tersebut pekerja harus memberi perhatian yang lebih.

Perhitungan dengan *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

Tabel 1 Rangkuman penilaian penalti dengan *Dow's fire and explosion index method*

Tangki	Produk	General Process Hazards (F1)	Special Process Hazards Factor (F2)	Process Unit Hazards Factors (F3)	F & EI (F x F3)	Radius Paparan dari Pinggir Tangki (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	3,38	5,09	81,37 Moderate	13,10	1362,84
T-12	Premium	1,50	3,37	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	1,59	3,37	5,05	80,87 Moderate	20,71	4773,26

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

Tangki Timbun		Dimensi		<i>Radiant Heat Flux</i> dari Pinggir Tangki pada <i>Ground Level</i> (KW/m ²)									
No	Produk	Diameter	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

Tabel 3. Waktu yang dibutuhkan untuk luka bakar tingkat dua

Tangki Timbun		Waktu yang Dibutuhkan untuk Mencapai Luka Bakar Tingkat 2 pada masing-masing Jarak dari Tangki Terbakar (detik)										
Nomor	Produk	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	

Tabel 4. Konsentrasi polutan tertinggi menurut tangki

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

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.

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

Perhitungan *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 pada radius tersebut, kemungkinan terkena efek paparan langsung oleh api, atau terkena efek ledakan udara. Pada jarak tersebut pekerja harus memberikan perhatian yang lebih.

Perhitungan *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.

Perhitungan *point source radiation model* mengenai radius radiasi panas dari pinggir tangki di *ground level* (level tanah) dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 3 menunjukkan hasil analisis *thermal dose* (dosis termal) 500 (Norwegian Technology Centre, 2001) (8), maka waktu yang dibutuhkan untuk mencapai luka bakar tingkat 2.

Metode Gaussian dispersion model

Perhitungan *Gaussian dispersion model* dapat dilihat pada pada Tabel 4. 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.

Temuan Kualitatif

Informasi yang diperoleh dari salah satu pekerja di TBBM Rewulu, ledakan dan kebakaran belum pernah terjadi di TBBM Rewulu, namun, insiden lain

yang mungkin berpotensi menyebabkan ledakan atau kebakaran tangki minyak seperti *leaking* minyak sudah beberapa kali terjadi.

Sosialisasi terkait potensi bahaya kebakaran dan ledakan kepada pekerja TBBM Rewulu sudah dilakukan oleh pihak manajemen perusahaan, namun belum pernah dilakukan evaluasi atau tinjau ulang terkait pemahaman dan kesiapan pekerja dalam menghadapi bahaya ledakan dan kebakaran.

“Kalau sosialisasi sudah kita lakukan, seperti pengetahuan terkait bahaya zat kimia dan MSDS, APD, sistem manajemen yang kita anut dan bahaya-bahaya tertentu. Namun apakah pekerja mengerti dan memahami detail bahaya risiko-risiko tersebut, masih perlu dinilai ulang dan memang masih menjadi PR kami.” (Pekerja 1)

Tidak seperti pada pekerja, sosialisasi terkait bahaya ledakan dan kebakaran kepada masyarakat di pemukiman sekitar TBBM Rewulu belum pernah dilakukan. Hal ini diketahui berdasarkan informasi pekerja dan pengakuan masyarakat setempat.

“Sosialisasi bahaya ledakan dan kebakaran kepada masyarakat belum pernah dilakukan. Karena *buffer* yang dibuat terhadap area pemukiman jaraknya jauh. Kemungkinan tidak ada efek yang berdampak pada masyarakat” (Pekerja 1)

“Kalau untuk simulasi belum pernah ada. Tapi kalau untuk di kantor ketika ada tamu pasti diberi tahu. Tapi untuk warga sekitar, minim informasi terkait hal tersebut” (Masyarakat 1)

“Sepengetahuan saya selama menjadi RT, belum ada sosialisasi masalah kebakaran antara pihak Rewulu dengan warga masyarakat” (Masyarakat 2)

BAHASAN

Penelitian yang dilakukan oleh Lestari dan Nurdiansyah 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 (13). 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 penalti.

Penilaian pemindahan dan penanganan material pada penelitian sebelumnya diberikan nilai penalti 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), penalti 0,85 hanya untuk flammable material (baik gas maupun cairan) dengan NF 3 atau 4 di gudang penyimpanan, dan pertimbangan penilaian tersebut tidak tangki penyimpanan normal. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka pada penelitian ini penalti 0.

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

Sebaran polusi yang timbul akibat asap hasil kebakaran serta dampaknya terhadap kesehatan masyarakat setempat

Sebaran polutan CO menunjukkan konsentrasi tertinggi. 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 pedesaan 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 di pinggir jalan 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.

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 tersebut maka kadar karbon monoksida hasil kebakaran tangki T-12, T-13, dan T-14, maupun jika 3 tangki tersebut terbakar secara bersamaan, menghasilkan polutan yang masih berada jauh di bawah baku mutu udara ambien berdasar peraturan pemerintah.

Konsentrasi CO sebesar 0,4 memiliki dampak kesehatan kepada beberapa orang yang melakukan penelitian terhadap 990 anak yang menderita asma yang berumur 5-12 tahun di 8 kota di Amerika Utara (14),(15). Penelitian tersebut mengatakan munculnya gejala asma kepada subjek, sehingga membutuhkan inhaler pada paparan CO

sebesar 0,4-2,4 ppm selama 24 jam. Penelitian di Jerman menyatakan, munculnya gejala asma yang membutuhkan perawatan medis pada paparan CO sebesar 0,3-2,3 ppm selama 24 jam (16). 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) (17). Zanobetti dan Schwartz dalam Wilbur, melakukan penelitian kepada orang dengan segala umur berdasarkan catatan penerimaan rumah sakit terhadap pasien, penelitian tersebut mengatakan bahwa terdapat pneumonia pada pasien yang terpapar konsentrasi CO sebesar 0,39-0,60 ppm (18). Kadar konsentrasi CO sebesar 0,4 ppm akan memberikan efek kepada anak-anak, orang tua, maupun orang dewasa yang sudah memiliki penyakit atau kelainan pada paru-paru.

Penelitian ini menunjukkan sebaran polutan NO₂ tertinggi pada kebakaran tangki T-12 (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.

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. Udara ambien hasil kebakaran ketiga tangki itu secara bersamaan di atas baku mutu udara nasional.

World Health Organization merangkum beberapa penelitian mengenai NO₂ dan efek terhadap manusia dalam buku *Air Quality Guidelines-Nitrogen Dioxide*. 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 (19). 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 pernafasan terhadap orang yang menderita bronkitis. Penelitian oleh Schouten dalam *World Health Organization* yang melakukan penelitian di Rotterdam yang menunjukkan bahwa terdapat efek NO₂ terhadap risiko relatif terhadap pernafasan untuk

semua grup umur dan peningkatan terhadap penyakit obstruktif paru 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 (20). Efek lain dari NO₂ adalah hujan asam. Lebih lanjut, H₂SO₄ dalam hujan asam berasal dari SO₂, sedangkan HNO dalam hujan asam berasal dari NO_x (21).

Komunikasi risiko pada masyarakat

Berdasarkan wawancara dengan aparat dusun dan beberapa warga Dusun Plawonan (dusun terdampak), mengatakan bahwa mereka mengetahui keberadaan TBBM Rewulu, TBBM Rewulu 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. Tetapi PT. Pertamina belum pernah melakukan sosialisasi mengenai risiko bahaya yang dapat terjadi kepada masyarakat jika TBBM Rewulu mengalami bencana kebakaran. Belum adanya sosialisasi mengenai dampak bahaya kebakaran mengakibatkan warga masyarakat belum mengetahui risiko apa saja yang mungkin dapat ditimbulkan jika tangki di TBBM Rewulu terbakar.

Hal ini menunjukkan belum ada komunikasi risiko antara pihak perusahaan dengan warga. Komunikasi risiko bertujuan 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 risiko adalah tindakan yang tidak memberikan manfaat yang jelas, sumber informasi risiko yang tidak dapat dipercaya, dan lembaga yang memiliki sejarah manajemen risiko yang tidak bagus. Persepsi terhadap risiko yang tinggi dapat menstimulasi perilaku proaktif yang mampu menghasilkan resistensi terhadap komunikasi risiko dan tindakan rekomendasi. Ketika masyarakat kecewa, marah, ketakutan dan dalam tekanan yang tinggi mereka akan sulit memproses informasi, hal ini yang disebut sebagai *noise theory*. TBBM Rewulu telah banyak menyumbang warga berupa bantuan maupun suluhan. Langkah ini bisa menjadi titik memulai komunikasi risiko agar warga tidak mendapatkan informasi yang salah dan persepsi yang salah terhadap risiko yang dapat timbul.

Keadaan darurat kesehatan masyarakat dirumuskan sebagai konsekuensi kesehatan yang diakibatkan oleh suatu hal (23). Lebih lanjut, kedaruratan 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 tidak statis tetapi membutuhkan perbaikan terus-menerus, termasuk dalam pengujian rencana melalui latihan, perumusan, dan tindakan korektif.

Masyarakat adalah sumber kunci dalam penanggulangan bencana melalui kesiapan mitigasi. Terdapat 2 jenis mitigasi. Pertama, *hard mitigation* dengan cara membuat fasilitas untuk menahan bencana sehingga diperlukan sedikit intervensi manusia ketika menghadapi bencana. Kedua, *soft mitigation* untuk mengurangi dampak dari bencana yang tidak dapat ditangani oleh *hard mitigation* (24). *Soft mitigation* memiliki 3 unsur penting: kesiapan dasar (menyediakan alat keadaan darurat, mengetahui apa yang harus dilakukan), tim tanggap lingkungan yang melatih kemampuan warga mengorganisasi tanggap darurat pada level lingkungan tempat tinggal misalnya seperti, memilih pemimpin kelompok, menyiapkan area tanggap darurat), dan pelatihan tingkat lanjut (warga memperoleh pelatihan tingkat lanjut dalam hal pencarian dan penyelamatan, pemadaman api, penilaian kerusakan, manajemen kecelakaan. Belum adanya komunikasi risiko dan kesiapan warga dalam menghadapi keadaan darurat, maka diharapkan pihak PT. Pertamina dapat memberikan sosialisasi terkait risiko bahaya, cara

penanganan, mitigasi, dan *recovery* terhadap warga, guna meminimalisir dampak.

SIMPULAN

Penelitian ini menemukan 3 hal penting. *Pertama*, tingkat bahaya kebakaran dan ledakan pada semua tangki timbun BBM kelas A di PT Pertamina TBBM Rewulu adalah *moderate*. Radius paparan bervariasi, dari 13-20,7 m, tergantung besar tangki. Radius radiasi panas bervariasi dari 5-50 m, tergantung besaran radiasi. Waktu untuk mencapai luka bakar tingkat 2 bervariasi dari 57-197 detik, tergantung jarak dari tangki. *Kedua*, konsentrasi polutan CO tertinggi yaitu 0,4 ppm (1,9 km selatan tangki), konsentrasi NO₂ tertinggi 0,2 ppm (1,8 km selatan tangki). Dampak polutan hanya akan mengganggu kesehatan bagi penderita asma dan bronkitis. *Ketiga*, belum terdapat penilaian risiko ketika terjadi keadaan darurat bencana kebakaran. Belum adanya komunikasi risiko antar PT. Pertamina dan warga sekitar, hal ini perlu dilakukan untuk menyiapkan warga dalam menyikapi keadaan darurat.

Lampiran

Rekomendasi operasional

Temuan studi ini penting untuk membentuk satuan tugas yang berisi pekerja TBBM, aparaturnegara, dan masyarakat, sebagai forum komunikasi untuk selalu mengantisipasi keadaan darurat dari PT Pertamina ke warga setempat. Penduduk mendapat pelatihan kepada warga terkait teknis menghadapi kebakaran terutama pertolongan pertama dalam paparan polutan asap kebakaran.

1. Membuat ban wall tambahan atau *intermediate ban wall* untuk memisahkan tangki timbun satu dengan yang lainnya, hal tersebut untuk melokalisasi jika terdapat tumpahan material BBM.
2. Membuat jalur evakuasi di sekitar tangki timbun yang mudah digunakan agar terhindar dari rintangan (contoh pipa), dan evakuasi dapat lebih cepat.
3. Membuat penilaian risiko 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 risiko terhadap warga yang diberikan secara berkesinambungan, yang bertujuan untuk memberikan edukasi mengenai risiko bahaya dan penanganannya.

Abstrak

Tujuan: Kebakaran dan ledakan di depot minyak masih banyak terjadi meskipun perusahaan-perusahaan minyak besar telah memiliki sistem keselamatan dan kesehatan kerja. Kelalaian monitoring dan tidak ada evaluasi ulang dari situasi perusahaan yang sudah lama berdiri merupakan alasan mengapa hal itu terjadi. Penelitian ini mengevaluasi potensi ledakan dan kebakaran dari sebuah depot minyak yang sudah lama berdiri, termasuk potensi dampak pada pekerja dan penduduk di sekitar lokasi. **Metode:** Penelitian dilakukan di depot Pertamina Rewulu di Kulon Progo. Data diperoleh dari pengukuran dengan metode *Dow's Fire and Explosion Index*, *Point Source Radiation Model*, dan *Gaussian Dispersion*. Wawancara mendalam dilakukan pada responden yang berasal dari pekerja dan komunitas setempat. **Hasil:** Perhitungan dari data menunjukkan ada potensi bahaya yang tidak diantisipasi sebelum riset direncanakan. Semua tangki dari kategori Kelas A memiliki tingkat bahaya 'sedang'. Berdasarkan simulasi, jika terjadi kebakaran besar di depot ini, kadar CO diperkirakan tidak memberi bahaya ketika asap sampai di lingkungan pemukiman. Penelitian ini juga menemukan bahwa meski depot telah berdiri lebih dari 40 tahun, penduduk yang kini tinggal di sekitar depot belum mendapat informasi dan komunikasi risiko kebakaran dan upaya mengatasinya dari pihak manajemen. **Simpulan:** Evaluasi berulang dalam risiko ledakan dan kebakaran di depot bahan bakar yang sudah lama berdiri menunjukkan temuan yang tidak diantisipasi sebelumnya Komunikasi risiko yang reguler kepada pekerja kontrak dan penduduk sekitar yang berganti diperlukan agar mereka memiliki kesiapsiagaan merespons bahaya asap dari ledakan dan kebakaran.

Kata kunci: *Dow's fire and explosion index*; *Gaussian*; komunikasi risiko; kualitas udara; kesehatan masyarakat, tanggap darurat

PUSTAKA

1. Website. [Online] Available from: http://esdm.go.id/publikasi/statistik/data-sektor-esdm/doc_download/1256-statistik-minyak-bumi-2012.html
2. Kementerian Energi Dan Sumber. *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral; 2016.
3. Irhanah. *Analisis konsekuensi dispersi gas, ledakan dan kebakaran judul akibat kebocoran tangki penyimpanan LPG (Liquefied Petroleum Gas) di PT. X dengan perangkat ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) tahun 2012*. [Bachelor] Universitas Indonesia; 2013.
4. United State Chemical Safety And Hazard Investigation Board. *Final Investigation Report Chevron Richmond Refinery Pipe Rupture And Fire 2015*. United State Chemical Safety And Hazard Investigation Board, 2015.
5. Hoek MR, Bracebridge S, Oliver I. Health impact of the Buncefield oil depot fire, December 2005: study of accident and emergency case records. *Journal of public health* . 2007;29(3): 298–302.
6. Chang JI, Lin C-C. A study of storage tank accidents. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2006;19(1): 51–59.
7. *Tangki Timbun Pertamina Meledak*. [Online] SUMUTPOS.CO. Available from: <http://sumutpos.co/2017/08/16/tangki-timbun-pertamina-meledak/>
8. Nurhayati. *Pipa Tangki Timbun Pertamina di Belawan Terbakar*. [Online] Tempo. Available from: <https://nasional.tempo.co/read/819817/pipa-tangki-timbun-pertamina-di-belawan-terbakar>
9. Wibowo EA. *Depo Pertamina Padang Terbakar, Suplai BBM Terganggu*. [Online] Tempo. Available from: <https://nasional.tempo.co/read/578048/depo-pertamina-padang-terbakar-suplai-bbm-terganggu>
10. Com K. *Analisa Terbakarnya Kilang Minyak Cilacap: 4 Kali Dalam 3 Tahun. Ada Apakah Ini?*. [Online] KOMPASIANA. Available from: https://www.kompasiana.com/abanggeutanyo/analisa-terbakarnya-kilang-minyak-cilacap-4-kali-dalam-3-tahun-ada-apa-kan-ini_5500a663a33311376f511bd1
11. Lestari F, Nurdiansyah W. Potensi bahaya kebakaran dan ledakan pada tangki timbun bahan bakar minyak jenik premium di depot X tahun 2007. *MAKARA of Technology Series*. [Online] 2010;11(2). Available from: doi:10.7454/mst.v11i2.526
12. The International Association of Oil and Gas Producers. *Consequence Modelling*. [Online] Available from: <http://www.ogp.org.uk/pubs/434-07.pdf>
13. Lestari F NW. Potensi Bahaya Kebakaran Dan Ledakan Pada Tangki Timbun Bahan Bakar Minyak (Bbm) Jenis Premium Di Depot X Tahun 2007. *MAKARA*. 2007;11(2): 59–64.
14. Wilbur S, Williams M, Williams R, Scinicariello F, Klotzbach JM, Diamond GL, et al. *Toxicological Profile for Carbon Monoxide*. Atlanta (GA): Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US); 2013.
15. Wynne B. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). *Encyclopedia of Global Health*.
16. Schildcrout JS, Sheppard L, Lumley T, Slaughter JC, Koenig JQ, Shapiro GG. Ambient air pollution and asthma exacerbations in children: an eight-city analysis. *American journal of epidemiology*. 2006;164(6): 505–517.
17. von Klot S, Wölke G, Tuch T, Heinrich J, Dockery DW, Schwartz J, et al. Increased asthma medication use in

- association with ambient fine and ultrafine particles. *The European respiratory journal: official journal of the European Society for Clinical Respiratory Physiology*. 2002;20(3): 691–702.
18. Zanobetti A, Schwartz J. Air pollution and emergency admissions in Boston, MA. *Journal of epidemiology and community health*. 2006;60(10): 890–895.
 19. World Health Organization. *Air Quality Guidelines - Nitrogen Dioxide*. 20. World Health Organization. Report number: 3, 2000.
 20. Schouten JP, Vonk JM, de Graaf A. 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. *Journal of Epidemiology & Community Health*. 1996;50(Suppl 1): s22–s29.
 21. Yatim EM. Dampak dan Pengendalian Hujan Asam. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 2007;2: 146–161.
 22. Glik DC. Risk Communication for Public Health Emergencies. *Annual review of public health*. 2007;28(1): 33–54.
 23. Nelson C, Lurie N, Wasserman J, Zakowski S. Conceptualizing and Defining Public Health Emergency Preparedness. *American journal of public health*. 2007;97(Supplement_1): S9–S11.
 24. Lichterman JD. A ‘community as resource’ strategy for disaster response. *Public health reports*. 2000;115(2-3): 262–265.