

Identifikasi ledakan dan kebakaran PT. X Siak dengan metode Lean-FMEA, RCA, dan kuantifikasi menggunakan diagram pareto

Dini Aulia Sari Ermal^{1)*}, Hertto Dwi Ariesyady²⁾, Fatma Lestari³⁾, Zultiniar⁴⁾

¹Teknik Kimia, Univeristas Muhammadiyah Riau, Pekanbaru, Riau

²Kelompok Keahlian Teknologi Pengelolaan Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung

³Departemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Universitas Indonesia, Depok

⁴Teknik Kimia, Universitas Riau, Pekanbaru, Riau

dini@umri.ac.id^{1*}

*Penulis Koresponden

ABSTRAK

Ledakan dan kebakaran merupakan kegagalan proses yang tidak diinginkan apabila terjadi pada industri minyak. Kegagalan tersebut disinyalir dapat terjadi akibat kurangnya *maintanance* alat dan kelalaian kerja. Perlu adanya identifikasi serta pengecekan pada setiap alur proses pengolahan minyak, guna membantu menentukan titik terbesar kemungkinan terjadinya kegagalan tersebut. Pada penelitian ini titik lokasi identifikasi berada pada area pengumpul minyak mentah di industri X (*Gathering Station*) yang berlokasi di Siak Sri Indrapura. Penelitian ini dilakukan karena terdapat area produksi minyak mentah (*on shore*) sehingga perlu dilakukannya proses identifikasi yang akurat. Metode identifikasi yang dipilih untuk diaplikasikan dalam menemukan kegagalan ini adalah metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan pengembangan konsep *lean-waste* serta dibantu dengan analisis penyebab kegagalan menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA), serta pemberian data secara kuantitatif dengan menambahkan metoda diagram Pareto untuk memperoleh persentase kegagalan yang terjadi. Berdasarkan hasil identifikasi, diperoleh 2 jenis *waste* yaitu *Defect* dan *Inappropriate processing*. *Defect waste* terjadi pada penyambung pipa utama bocor dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi yaitu 170,02 dan persentase Pareto adalah 17,9%, sedangkan *Innapropriate processing waste* terjadi pada arus listrik pendek di *shipping tank* dengan nilai RPN tertinggi 131,63 dan persentase Pareto sebesar 17,8%.

Kata kunci : ledakan dan kebakaran, *lean- FMEA*, RCA, diagram pareto

ABSTRACT

Explosions and fires are undesirable process failures that occur in the oil industry. The failure was caused by a lack of equipment maintenance and negligence. It is necessary to identify and check each flow of the oil processing, in order to help determine the greatest possible point of failure. In this study, the identification point is located in the crude oil collecting area in industry X (Gathering Station) in Siak Sri Indrapura. This research was conducted because there is a crude oil production area (on shore) so it is necessary to carry out an accurate identification process. The identification method chosen to be applied in finding this failure is the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) method with the development of the lean-waste concept and assisted by analysis of the causes of failure using Root Cause Analysis (RCA), as well as providing quantitative data by adding the Pareto diagram method. to obtain the percentage of failures that occurred. B ased on the results of identification and consequence analysis obtained 2 types of waste namely Defect and Innapropriate processing. Defect waste occured in the main pipe fitting leaking with the highest Risk Priority Number (RPN) value of 170.02 and Pareto percentage is 17.9%, while Innappropriate processing waste occured in short electric currents in shipping tanks with the highest RPN value of 131.63 and Pareto percentage of 17.8%.

Keyword : explosion and fire, *lean-FMEA*, RCA, pareto diagram

diunggah : Oktober 2022, direvisi : Juni 2023, diterima : Juni 2023, dipublikasi : Juni 2023

Copyright (c) 2023 Dini aulia Sari Erma, Hertto Dwi Ariesyady, Fatma Lestari, Zultiniar
This is an open access article under the CC-BYlicense

PENDAHULUAN

Ledakan terjadi akibat pelepasan energi yang tiba-tiba dengan selang waktu yang cepat (Ovalle dkk., 2016), sedangkan kebakaran berasal dari uap yang mudah terbakar atau kombinasi gas dengan zat pengoksidasi yang menghasilkan cahaya, panas, dan kobaran api (Tampubolon, 2012). Menurut Lemkowitz dan Paskan (2014) risiko yang ditimbulkan jika terjadi ledakan dan kebakaran dapat menyebabkan kerugian besar berupa kehilangan nyawa dan harta benda. Risiko yang ditimbulkan ini berbeda-beda tergantung kepada sumbernya. Kasus ledakan dan kebakaran yang pernah terjadi di antaranya adalah pipa minyak pecah di PT Chevron, Amerika Serikat tahun 2012. Kejadian ini mengakibatkan 6 orang pekerja mengalami luka bakar minor, 15.000 warga mengalami sesak nafas, sakit tenggorokan dan sakit kepala (Sukma dan Cahyono, 2017). Kasus lainnya terjadi di depot minyak Tiengkong, Cina tahun 2013 menyebabkan banyak korban jiwa, polusi lingkungan yang parah dan kerugian ekonomi yang besar (Zhou dkk., 2016). Peristiwa ledakan disertai kebakaran lainnya terjadi pada kegiatan eksplorasi ilegal di sumur minyak tua oleh masyarakat Aceh, yang mengakibatkan radiasi panas terasa hingga 200 meter (Sakti, 2018).

Berdasarkan kasus-kasus di atas, dapat diketahui bahwa lokasi dengan kegiatan eksplorasi dan produksi minyak rawan terjadi ledakan dan kebakaran. Salah satu penyebabnya adalah kebocoran pada komponen pengolahan minyak tersebut. Kondisi serupa juga terjadi pada kegiatan di area Blok CPP (*Costal Plan* Pekanbaru) yang dikelola oleh PT X. PT X memiliki stasiun pengumpul minyak mentah GS (*gathering station*) yang menyuplai kebutuhan minyak mencakup Kabupaten Siak, Bengkalis, Kampar dan Rokan Hulu (Amelia, 2017). Kegagalan operasional yang pernah terjadi pada GS PT X berupa kebocoran pada tangki penyimpanan minyak dan tangki *clarifier*, yang dikhawatirkan menjadi penyebab terjadinya ledakan dan kebakaran. Oleh sebab itu, untuk mengetahui kemungkinan terjadinya ledakan dan kebakaran pada GS PT X diperlukan kegiatan identifikasi dan evaluasi. Salah satu metoda yang dapat diaplikasikan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi kegagalan pada suatu proses adalah metoda *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) (Utama dkk., 2016). Pemilihan metode ini didasari oleh masing-masing fungsi dimana FMEA berfungsi untuk mendefinisikan, mengenali, mengurangi kegagalan, masalah, dan kesalahan, yang diketahui memiliki potensi dari sebuah sistem, desain, proses dan servis sebelum sampai ke konsumen. Metode ini akan sangat berguna untuk mengetahui penyebab apa yang paling berpengaruh atau yang paling perlu diperhatikan (Sari dkk., 2018). Pemilihan metode FMEA dalam penelitian ini juga menggabungkan dengan pengembangan konsep *lean* agar dapat membantu menentukan jenis *waste* (tanpa adanya pemborosan) yang sesuai.

Proses identifikasi dengan metoda FMEA, dilakukan dengan menggabungkan beberapa metoda yaitu konsep *lean* dalam penentuan jenis/ kategori *waste*, analisis penyebab kegagalan menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA), serta pembuktian kuantitatif dengan diagram Pareto untuk memperoleh persentase kegagalan yang terjadi. Identifikasi kegagalan dilakukan pada pipa utama, *gas boot*, *wash tank*, *shipping tank*, dan beberapa komponen GS sebagai rangkaian proses GS di PT X.

METODE

Penelitian ini dilakukan di area GS PT X yang berlokasi di Siak, Riau. Luas daerah PT X adalah $\pm 5.655,3$ Ha, dengan luas area GS 32.570 m^2 dan luas *fire wall* sekitar 6.000 m^2 seperti yang terlihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Lokasi gathering station pada PT X

Penelitian ini difokuskan untuk mengetahui ancaman terjadinya ledakan dan kebakaran pada pipa utama, pemisahan fluida dan gas (*gas boot*), tangki pemisahan air dan minyak (*wash tank*), *crude shipping tank* serta komponen kecil yang memiliki hubungan dengan kegiatan pada GS PT X. Data primer dimulai dengan melakukan identifikasi kegagalan pada setiap komponen melalui wawancara dan pengamatan secara langsung di setiap komponen GS PT X. Data sekunder diperoleh dari pengumpulan informasi seperti data alur proses komponen GS, operasional kerja, data kondisi minyak dan gas, serta data meteorologi GS PT X. Data primer dan sekunder diolah, menghasilkan data potensial *failure mode* dengan jenis/kategori *waste* yang sesuai. Selanjutnya, dilakukan kuesioner terhadap para pekerja untuk mendapatkan penilaian hasil data potensial *failure mode* dalam bentuk *report lean-FMEA*. Penilaian tersebut dilakukan untuk menentukan nilai RPN *lean-FMEA* terhadap 3 jenis parameter, Risk Priority Number (RPN) tergantung dari nilai (S) *severity*, (O) *occurrence*, dan (D) *detection rating*. Rumus yang digunakan untuk mendapatkan nilai RPN dapat dilihat pada Persamaan II.1 (Amirul, 2016). seperti pada Persamaan 1:

$$\text{Risk Priority Number (RPN)} = \text{severity} \times \text{occurrence} \times \text{detection} \quad (\text{Persamaan 1})$$

Dari hasil persamaan di atas diperoleh nilai RPN tertinggi pada data potensial *failure mode*. Kemudian dilanjutkan dengan proses analisis menggunakan *root cause analysis* (RCA) yang bertujuan untuk mencari akar penyebab terjadinya kegagalan melalui wawancara kepada para pekerja dan data sekunder. Kemudian dilakukan perhitungan menggunakan persamaan Pareto (Persamaan 2) (Amina dan Fajrah, 2015):

$$\% \text{ Pareto} = \frac{\text{Jumlah Kegagalan Pada Jenis Tertentu}}{\text{Jumlah Kegagalan Keseluruhan}} \times 100\% \quad (\text{Persamaan 2})$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil identifikasi dengan menggunakan konsep *lean-FMEA* diperoleh dua kegagalan yang terjadi, kegagalan tersebut adalah *Defect* dan *Innapropriate Processing*. Hasil identifikasi ini dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Tabel 1. Hasil identifikasi kegagalan proses dengan metode *Lean-FMEA* jenis *defect waste*

No	Urut Failure Mode	Jenis Waste	Potential Failure Mode	Effect
1	A	<i>Defect</i>	Tidak terdapatnya alat komunikasi dan tanda	Terjadi misskomunikasi antar pekerja
2	B		Alat pada <i>control room</i> rusak	Pekerja tidak dapat melakukan deteksi awal, perlunya pemantauan 24 jam
3	C		Penyambung pipa bocor (<i>main pipe</i>)	Lantai yang menjadi area kerja (<i>block paving</i>) licin (terdapat minyak), adanya padatan emulsi pada sudut permukaan tanah dan bangunan
4	D		Terdapat pengikisan pada <i>Wash tank</i> atap akibat perubahan cuaca	Air akan masuk ke dalam <i>tank</i> apabila terjadi hujan, dan kemungkinan terjadi peningkatan volume air. Pada saat kondisi hujan dan petir adanya kemungkinan ledakan
5	E		<i>Wash tank</i> dinding mengalami kebocoran	Lantai yang menjadi area kerja (<i>block paving</i>) licin karena terdapat ceceran minyak
6	F		<i>Wash tank</i> lantai mengalami kebocoran	Lantai yang menjadi area kerja (<i>block paving</i>) licin karena terdapat ceceran minyak
7	G		<i>Clarifier tank</i> bocor	Rumput di sekitar tangka mati, masih terdapat minyak pada tangka dan air kotor
8	H		<i>Cirkulating pump</i> mengalami pengkaratan	Ketidakefektifan kerja pada proses pemompaan minyak Kembali menuju <i>gas boot</i>
9	I		Kabel <i>heater</i> tergantung pada <i>Lact unit</i>	Percikan api apabila terdapat sumber listrik, adanya kebocoran pada <i>Lact</i> yang mengalirkan minyak

Tabel 2. Hasil identifikasi kegagalan proses dengan metode *Lean-FMEA* jenis *innappropriate processing waste*

No	Urut Failure Mode	Jenis Waste	Potential Failure Mode	Effect
1	J	<i>Inappropriate Processing</i>	<i>flare gas</i> pada <i>Gas boot</i> tidak beroperasi	Tidak dapat mengetahui ada tidaknya gas pada saat penyedotan dari <i>well</i> , dan tidak mengetahui keoptimalan kerja pada <i>gas boot</i>
2	K		Adanya ceceran pada saat pengambilan sampel berkala di <i>sample cock</i>	Ceceran minyak dan emulsi dan kemudian memadat pada wadah <i>sample cock</i>
3	L		<i>Unsafe action</i> pada saat pemasangan <i>O-ring</i> dan pengaliran menuju <i>Water leg</i> pada <i>Wash tank</i>	Adanya kemungkinan minyak masuk ke dalam <i>water leg</i> , dikarenakan proses kerja
4	M		Arus listrik pendek pada <i>Shipping tank</i>	Proses pada <i>tank</i> tidak berfungsi, dikhawatirkan sebagai pemicu api
5	N		<i>Level switch</i> pada <i>Shipping tank</i> rusak	Tidak dapat mengetahui ketinggian minyak yang berada di dalam <i>tank</i>
6	O		Pengendapan <i>crude oil</i> pada parit-parit	Dapat mengurangi nilai untuk kategori <i>zero waste</i> dan dikhawatirkan akan menimbulkan api jika terdapat panas yang tinggi
7	P		Konsentrasi dan jumlah Pemakaian zat kimia (<i>demulsifier</i> dan <i>reverse demulsifier</i>) belum sesuai	Pada <i>shipping tank</i> masih terdapat air, dan pada <i>recycle tank</i> masih terdapat kandungan minyak

No	Urut <i>Failure Mode</i>	Jenis <i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Effect</i>
8	Q		<i>Emergency pool</i> membutuhkan pagar pengaman	Dikhawatirkan aktivitas atau kegiatan lain di luar kegiatan pengumpul minyak dapat membahayakan <i>pool</i> karena terdapat kandungan minyak

Hasil identifikasi menggunakan konsep *lean-FMEA*, diperoleh 2 jenis *waste* diantaranya adalah *Defect waste* dengan 9 potensial *failure mode* dan *Innapropriate processing waste* dengan 8 potensial *failure mode* dalam bentuk *report lean-FMEA*. Data jenis kategori *defect waste* dapat dilihat pada **Tabel 3** dan *Innapropriate processing waste* dapat dilihat pada **Tabel 4**.

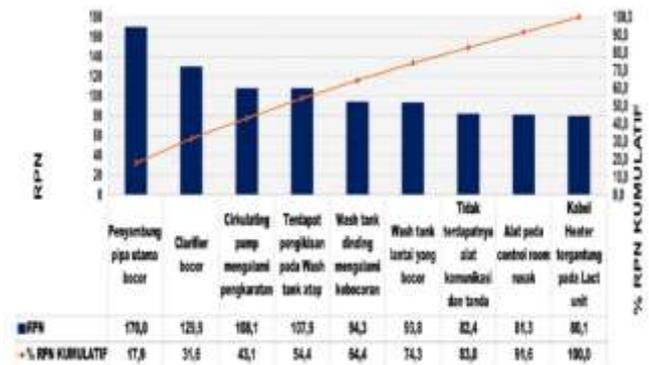
Tabel 3. Hasil perhitungan RPN *defect waste*

No	Jenis <i>Waste</i>	Hasil Perhitungan <i>Failure Mode</i> Perioritas	<i>Waste</i> yang Teidentifikasi	<i>Severity (S)</i>	<i>Occurence (O)</i>	<i>Detection (D)</i>	RPN
1	<i>Defect</i>	C	Penyambung pada pipa utama (<i>main pipe</i>) bocor	5,28	6,94	4,64	170,02
2		G	<i>Clarifier</i> bocor	4,88	5,06	5,26	129,9
3		H	<i>Circulating pump</i> mengalami pengkaratan	4,06	5,74	4,64	108,1
4		D	Terdapat pengikisan pada <i>wash tank</i> atap	4,12	4,96	5,28	107,9
5		E	<i>Wash tank</i> dinding mengalami kebocoran	4,44	4,56	4,66	94,3
6		F	<i>Wash tank</i> lantai yang bocor	4,68	3,96	5,06	93,8
7		A	Tidak terdapatnya alat komunikasi	4,36	4,52	4,18	82,4
8		B	Alat pada <i>control room</i> rusak	4,02	4,34	4,28	81,3
9		I	Kabel <i>heater</i> tergantung pada <i>Lact unit</i>	4	3,94	5,08	80,1

Jenis *Defect waste* dengan nilai RPN tertinggi adalah 170,02 yang terjadi pada penyambung pada pipa utama bocor. Penyebab kebocoran pada penyambung pipa dianalisis menggunakan RCA dan persentase kegagalan proses berdasarkan diagram Pareto sebesar 17,9% **Gambar 2**.



(a)



(b)

Gambar 2. Defect waste penyambung pada pipa utama bocor, (a) RCA dan (b) diagram pareto

Penyebab kebocoran pada penyambung pipa dianalisis menggunakan RCA dan persentase kegagalan proses berdasarkan diagram Pareto sebesar 17,9%. Sesuai dengan penelitian terdahulu oleh Amirul dan Hannie (2016) bahwa kebocoran terjadi pada katup *flange* pengontrol aliran. Hasil dari penelitian ini mengungkapkan bahwa ketidaksesuaian posisi kedudukan katup menjadi penyebab terjadinya kebocoran pada pipa. Kondisi ini juga dijelaskan pada penelitian Nugroho dan Rusnaldy (2016) bahwa terjadinya kebocoran pada penyambung pipa akibat *dark band*, yang menyebabkan terhentinya proses produksi.

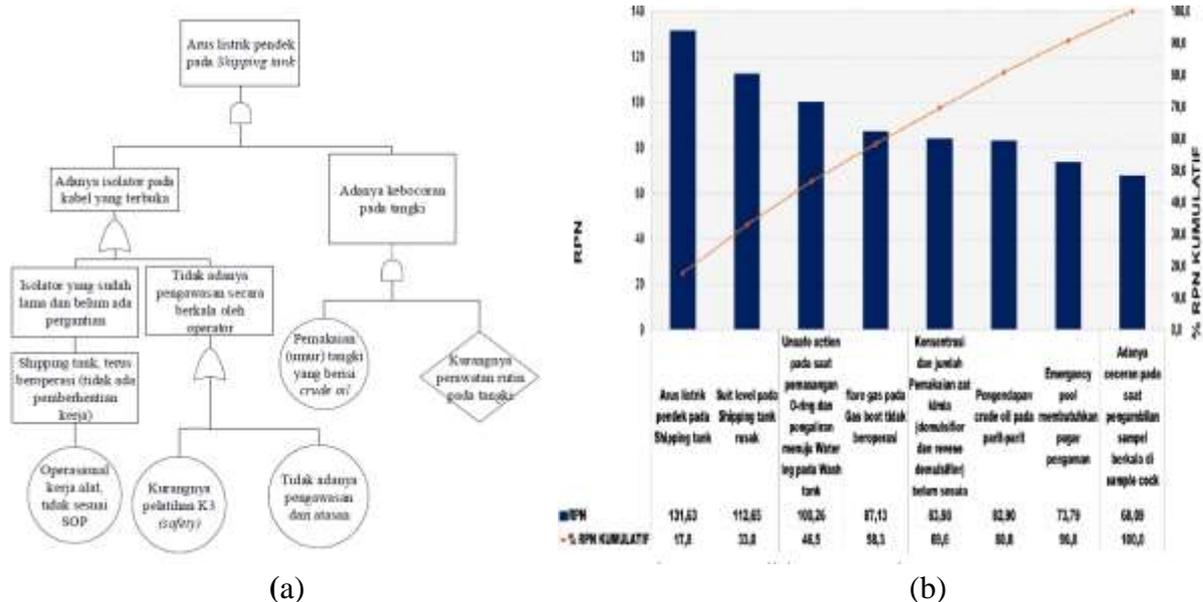
Kegagalan yang mungkin terjadi ialah *Innapropriate Processing* dengan Nilai kegagalan tertinggi karena arus listrik pendek di *shipping tank* adalah RPN 131,63, dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil perhitungan RPN *inappropriate processing*

No	Jenis Waste	Hasil Perhitungan Failure Mode Perioritas	Waste yang Teidentifikasi	Severity (S)	Occurence (O)	Detection (D)	RPN
1	<i>Inapropriate Processing</i>	M	Arus listrik pendek pada <i>shipping tank</i>	5,6	4,98	4,72	131,63
2		N	<i>Level switch</i> pada <i>shipping tank</i> rusak	5,58	4,92	4,54	112,65
3		L	<i>Unsafe action</i> pada saat pemasangan <i>o-ring</i> dan pengaliran menuju pipa pengaliran pada <i>wash tank</i>	5,3	4,66	4,52	100,26
4		J	<i>Flare gas</i> pada <i>gas boot</i> tidak beroperasi	5	4,3	4,32	87,13
5		P	Konsentrasi dan jumlah Pemakaian zat kimia (<i>demulsifier</i> dan <i>reverse demulsifier</i>) belum sesuai	4,76	4,04	4,22	83,98
6		O	Pengendapan <i>crude oil</i> pada parit-parit	4,54	3,98	4,22	82,90

No	Jenis Waste	Hasil Perhitungan Failure Mode Perioritas	Waste yang Teidentifikasi	Severity (S)	Occurence (O)	Detection (D)	RPN
7		Q	Emergency pool membutuhkan pagar	4,52	3,7	4,18	73,79
8		K	Adanya ceceran pada saat pengambilan sampel berkala di sample cock	4,5	3,62	3,78	68,09

Penyebab terjadinya arus listrik pendek di *shipping tank* dijelaskan melalui RCA, dan hasil diagram Pareto diperoleh sebesar 17,8% pada **Gambar 3**



Gambar 3. Innapropriate processing waste arus listrik pendek pada shippink tank, (a) RCA dan (b) diagram pareto

Beberapa kasus kebakaran yang disebabkan oleh kebocoran pada tangki yang terjadi di Indonesia seperti kegagalan berupa kebocoran yang menimbulkan kebakaran pada tangki penyimpanan 1.100 barel minyak mentah di PT Medco E&P Indonesia Ukui (Riau), serta kasus kebakaran pada tangki penyimpanan 31 T-2 kilang minyak di PT Pertamina Cilacap yang menyebabkan kerugian Rp 270 miliar (Nofrianto dan Satrya, 2013).

Dari hasil identifikasi lapangan dengan mendapatkan 2 jenis *waste* maka dilanjutkan dengan proses perhitungan pada metoda terhadap kriteria penilaian yang terdiri dari tiga parameter yaitu *severity*, *occurence*, dan *detection*, berdasarkan SOP GS PT X, jurnal terkait, hasil dari wawancara pihak pengawas dan pihak yang berada di luar proses yang memahami proses di GS PT X. Hasil kuisioner dari pekerja GS PT X menunjukkan nilai kegagalan paling kritis pada nilai RPN tertinggi. Hasil tersebut dilaporkan kepada pihak pengawas lapangan GS PT X untuk diverifikasi.

Berdasarkan hasil identifikasi penelitian maka diperlukan proses atau kegiatan pengendalian yang sesuai dengan 2 unsur *safety management system process*, yakni memahami bahaya keselamatan risiko dan mengelola risiko. Penjelasan kedua unsur adalah sebagai berikut:

- a. Memahami bahaya keselamatan dan resiko, terdiri dari penggunaan bahan kimia, teknologi yang digunakan, dan peralatan. Semua ini disesuaikan dengan kondisi yang terdapat pada GS X dan ketiga poin pada unsur ini dijadikan sebagai pengendalian.
- b. Mengelola risiko, terdiri dari beberapa proses di antaranya adalah:
 - Pelaksanaan prosedur operasi sesuai dengan pengendalian dokumen dan praktek kerja aman sesuai dengan aturan yang berlaku (SOP dan WI).
 - Pembuatan landasan program keterpaduan mekanik dan prosedur tanggap darurat berdasarkan simulasi tangki timbun dan sistem perpipaan.

SIMPULAN

Hasil identifikasi pada PT X dengan menggunakan metode *lean-FMEA*, mengetahui alasan terjadi kegagalan tersebut menggunakan RCA dan di kuantifikasikan menggunakan Diagram Pareto, maka diperoleh hasil

1. Faktor penyebab terjadinya ledakan dan kebakaran dari hasil *lean-FMEA* tertinggi adalah penyambung pada pipa utama yang bocor dan arus listrik pendek di *shipping tank*.
2. Rekomendasi dengan *process safety management system* (PSM) yang dilakukan sesuai dengan kondisi GS X

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, R. A, 2017. Bumi Siak Pusako Ajukan Perpanjangan Kontrak Blok CPP: Katadata.co.id. Diunduh 20 Juli 2018
- Amina, E., dan Fajrah, N. 2015. Analisis Ketidakesuaian Produk Air Minum dalam Kemasan di PT Amanah Insanillahia. *Jurnal ISSN 2088-4842 Optimasi Sistem Industri*. Universitas Andalas
- Amirul, M dan Hanie, N. 2016. Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) of Butterfly Valve In Oil And Gas Industry. *Journal of Engineering Science and Technology*. Mechanical Enggining Departemen. Faculty of Engineering. Universiti of Selangor. Malaysia. 9-19
- Lemkowitz, S. M., dan Pasman, H. J. A Review of The Fire and Explosion Hazard Of Particulates. *Journak KONA Powder and Pativle*. ISSN: 2187-5537. Vol 31. 53-81
- Nofrianto, B., dan Satrya C. 2013. Analisis Risiko Kebakaran pada Unit Tangki *Crude Oil* T-01 Stasiun Pengumpul Tambun Pertamina EP Region Jawa Field Tambung 2013. *Jurnal Kesehatan dan Keselamatan Kerja*. Universitas Indonesia
- Nugroho S, dan Rusnaldy. 2014. Analisis Kebocoran Pipa Reformer Di Sebuah Perusahaan Petrokimia. *Journal Teknik Mesin*. Vol 16, No 2 Hal 27-31
- Ovalle C Diaz. Molina. A Lopez. Dan Roman R Vazque. 2016. A CFD-based Approach to Predict Explosion Overpressure: A Comparison to Current Methods. *Instituto Tecnologico de Roque*. Mexico. **30**. 419-427
- Sakti, T. A. 2018. Sebelum Meledak, Warga Sempat Berebut Rembesan Minyak. Belitung. Tribunnews.com. Diakses 19 Februari 2019

- Sari, P. D., Marpaung, F. K., Calvin. T., dan Handayani, U. N. 2018. Analisis Penyebab Cacat Menggunakan Metoda FMEA dan FTA pada Departemen Final Sanding PT EBAKO Nusantara. Prosiding SNST. ISBN 978-602 99334-9-9Sukma, J. A., dan Cahyono, R. B. 2017. Analisis risiko potensi bahaya kebakaran dan ledakan beserta dampaknya pada pekerja dan masyarakat di PT.Pertamina – Terminal BBM Rewulu. Jurnal UGM.ac.id. Vol. 33 No. 11
- Tampubolon, M. 2012. *Analisis Akar Penyebab Kecelakaan Kebakaran pada Industri Minyak dan Gas Bumi dengan Menggunakan Metode Taproot di Indonesia Tahun 2006-2010*. Tesis. universitas Indonesia. Depok
- Utama, Nur Zulfi. Yuniar, dan Fitria L. 2016. Usulan Perbaikan Kualitas Produk Celana Jeans dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) (Studi Kasus Di Cv. Garmen X). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*. Bandung. No.01, Vol.4
- Zhou, Y., Zhao, X., Zhao, J., dan Chem, D. 2016. Research on Fire and Explosion Accidents of Oil Depots . *Journal Chemical Engineering Transaction*. ISSN 2283-9216. Vol 51. 163