

## **IDENTIFIKASI DAN MITIGASI RISIKO DI OFFSHORE OPERATION FACILITIES DENGAN MENGGUNAKAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS**

**Ketut Sugiantara\*, Minto Basuki**

Magister Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya  
Email: ksugiantara65@gmail.com; mintobasuki@yahoo.co.id

Artikel masuk : 06-11-2019

Artikel direvisi : 02-12-2019

Artikel diterima : 21-12-2019

\*Penulis Korespondensi

**Abstrak** – Industrialisasi dibidang migas mempunyai risiko kecelakaan kerja tinggi, Operasi kegiatan migas dibagi menjadi dua yaitu offshore dan onshore. Offshore facilities adalah eksplorasi Gas Bumi yang dimiliki oleh PT. X yang berada dilepas pantai utara pulau jawa dengan bentuk konstruksi yang berbeda serta ruang gerak bagi pekerja yang sangat terbatas. Faktor keselamatan dan kesehatan kerja merupakan prioritas utama dalam melaksanakan kegiatan dilakukan di Offshore Facilities. Metode failure mode effect and analysis (FMEA) merupakan metode yang diimplementasikan untuk mengidentifikasi potensi risiko kegagalan proses pekerjaan dengan menentukan dampak dan mengidentifikasi tindakan untuk mengurangi risiko kerja. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui faktor yang menjadi penyebab dan mitigasi risiko dengan menyusun rekomendasi perbaikan untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja pada Offshore Operation Facilities di PT. X. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 9 aktivitas dalam pekerjaan di Offshore CPP-Upper Compression Module dengan nilai RPN tertinggi pada aktivitas melakukan pengencangan mur dan baut dengan nilai 576. Mitigasi dilakukan dengan memperbaiki sistem kerja dengan memperbaiki standar operasional prosedur khusus di area offshore facilities, menetapkan personel khusus untuk verifikasi seluruh dokumen kerja, melakukan sosialisasi kepada supervisor untuk peningkatan pengelolaan pekerjaan melalui perencanaan jadwal tenaga kerja yang dapat diverifikasi oleh sistem.

**Kata kunci:** FMEA; Mitigasi; Offshore; Risiko; RPN

**Abstract** -- Industrialization in the oil and gas sector has a high risk of work accidents. The operations of oil and gas activities are divided into two, namely offshore and onshore. Offshore facilities are the exploration of natural gas owned by PT. X, which is located off the north coast of Java island with different forms of construction and very limited space for workers. Occupational safety and health factors are the main priority in carrying out activities carried out at the Offshore Facilities. The method of failure mode effect and analysis (FMEA) is a method implemented to identify the potential risks of work process failure by determining the impact and identifying actions to reduce work risks. The purpose of this study was to determine the factors that cause and mitigate risk by making recommendations for improvements to minimize the occurrence of work accidents at Offshore Operation Facilities at PT. X. The results showed that there were 9 activities in work at the Offshore CPP-Upper Compression Module with the highest RPN value in the activities of tightening nuts and bolts with a value of 576. Mitigation was done by improving the work system by improving the operational standard of special procedures in the offshore facilities area, establishing special personnel to verify all work documents, disseminating information to supervisors to improve work management through workforce planning that can be verified by the system.

**Keywords:** FMEA; Mitigation; Offshore; Risk; RPN

## PENDAHULUAN

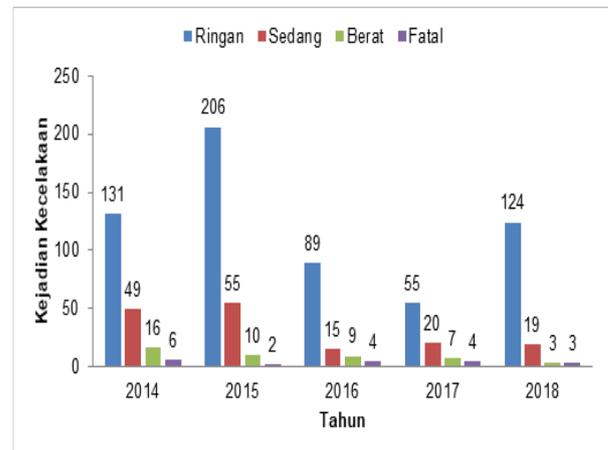
Berdirinya industrialisasi di Indonesia semakin cepat dengan menawarkan tempat kerja yang beraneka ragam. Keberhasilan dalam melakukan aktivitasnya merupakan tujuan setiap perusahaan diantaranya berupa hasil produksi serta layanan (Siregar, Wahyuni, & Nasution, 2019). Semakin pesat perkembangan industri maka semakin tinggi pula risiko bahaya kerja yang dihadapi dan berbagai macam alih teknologi dengan tingkat kompleksitas penggunaan mesin, peralatan kerja dalam siklus produksi.

Risiko didefinisikan sebagai peluang atau kemungkinan untuk kejadian atau kegagalan yang dapat menyebabkan konsekuensi (negatif) dalam bentuk kehilangan, kerusakan, cedera dan bahkan kematian bagi personel, fasilitas, dan lingkungan (Rosyid & Jamil, 2017). Faktor kegagalan dalam proses kegiatan kerja dapat menimbulkan risiko kerja (Novianto, 2010). Potensi bahaya atau yang disebut *hazard* terdapat hampir di seluruh tempat kerja (Adiguna, Juniani, & Nugroho, 2017). Risiko kerja dapat timbul akibat adanya kegiatan industri dalam proses produksi yang mengakibatkan terjadinya kecelakaan kerja. Kecelakaan kerja merupakan kondisi yang tidak dapat diduga dan diluar kontrol yang mengganggu proses suatu aktivitas. Risiko dapat diminimalisir dengan menyusun kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja (Rusba et al., 2019). Identifikasi risiko dapat dilakukan melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja (Ihsan, Edwin, & Octavianus Irawan, 2017).

Proyek minyak dan gas selain butuh investasi modal besar juga mempunyai potensi risiko tinggi, keterlibatan banyak pihak, kompleksnya teknologi yang digunakan, serta dampak lingkungan bahkan sosial yang tinggi (Van Thuyet, Ogunlana, & Dey, 2007). Operasi migas biasanya dibagi menjadi dua kegiatan utama, yaitu *offshore* dan *onshore*. Biasanya, operasi yang paling kritis dan operasi yang sangat berisiko biasanya berpusat di kegiatan *offshore* (Suda, Rani, Rahman, & Chen, 2015). Secara umum, faktor risiko dan bahaya dapat diinduksi di sektor minyak dan gas dengan parameter yang terkandung dalam sistem industri (Bolado-Lavin et al., 2012). Berbagai macam standarisasi peraturan diterbitkan untuk mencegah terjadinya kecelakaan dalam kegiatan operasi hulu migas.

Berdasarkan surat edaran Direktur Teknik Pertambangan Migas selaku Kepala Inspeksi Tambang Migas tanggal 25 Oktober 1996, terdapat empat klasifikasi kecelakaan tambang yaitu ringan, sedang, berat, dan fatal. Angka ke-

celakaan operasi kegiatan usaha hulu migas pada tahun 2014 sampai dengan 2018.



Gambar 1. Kecelakaan operasi kegiatan usaha hulu minyak dan gas bumi 2014 – 2018

Sebagai perusahaan yang bergerak di bidang Migas, PT. X selalu dihadapkan pada risiko bahaya yang sangat tinggi. Risiko-risiko bahaya tersebut jika tidak dikelola dengan baik maka akan menimbulkan suatu kerugian baik terhadap manusia, bahan, peralatan maupun lingkungan. Berbagai macam *hazard* dapat timbul akibat adanya kegiatan operasi perusahaan sektor migas (Dwi Septalita, 2018). *Offshore facilities* merupakan area dari eksplorasi Gas Bumi yang dimiliki oleh PT. X yang berada dilepas pantai utara pulau Jawa. Dari letak geografis *Offshore Facilities* berada di lepas pantai dan jauh dari daratan dengan bentuk konstruksi yang berbeda serta ruang gerak bagi pekerja yang sangat terbatas, sehingga faktor keselamatan dan kesehatan kerja merupakan prioritas utama dalam melaksanakan kegiatan yang dilakukan di *Offshore Facilities*.

Upaya untuk mengurangi dan menanggulangi risiko yang terjadi pada *offshore facilities* maka perlu diketahui risiko mana yang lebih dominan sebagai sumber penyebab terjadi risiko. Salah satu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi terjadinya risiko akibat potensial kegagalan dalam aktivitas kerja adalah metode FMEA yang dapat mengukur tingkat risiko yang terjadi dengan tiga estimasi pengukuran yaitu *severity*, *occurrence* dan *detection*. Untuk mencegah terjadinya moda kegagalan dengan menggunakan skala prioritas melalui prosedur terstruktur dalam mengidentifikasi adalah metode FMEA (Irawan, Santoso, & Mustaniroh, 2017).

Metode *failure mode effect and analysis* (FMEA) merupakan metode yang diimplementasikan untuk mengidentifikasi potensi risiko kegagalan proses pekerjaan dengan

menentukan dampak dan mengidentifikasi tindakan untuk mengurangi risiko kerja (Ririh, Sundari, & Wulandari, 2018) melalui analisis risiko sirkulatif (Gaspersz, 2002). Identifikasi kegagalan dilakukan menentukan tingkat potensial kejadian (*Occurrence*), tingkat keparahan (*severity*), dan tingkat deteksi (*Detection*) (Stamatis, 2003). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui faktor yang menjadi penyebab dan tingkat risiko serta mitigasi terjadinya kecelakaan kerja dengan menyusun rekomendasi perbaikan yang tepat untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja pada *Offshore Operation Facilities*.

### METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian dibagi menjadi 2 bagian, pertama melakukan pengumpulan data informasi melalui brainstorming terhadap operator di *offshore facilities* untuk menetapkan kegiatan yang akan diidentifikasi dengan menyusun urutan pekerjaan serta bahaya masing-masing aktivitas untuk mengetahui faktor – faktor penyebab terjadinya kecelakaan kerja. Tahap kedua yaitu melakukan analisis terhadap bahaya yang ada dengan menggunakan *failure mode effect and analysis* (FMEA). Adapun tahapan dalam proses FMEA yaitu (1) meninjau proses kegiatan, (2) melakukan brainstorming untuk mengetahui potensi terjadinya kecelakaan kerja dari moda kegagalan potensial, (3) merangkum potensi bahaya yang ditimbulkan untuk setiap kecelakaan kerja, (4) memberikan peringkat *severity* untuk setiap potensi bahaya kecelakaan kerja (besarnya efek potensial) (Tabel 1), (5) menetapkan peringkat *Occurrence* (probabilitas kegagalan akan terjadi) (Tabel 2), (6) menetapkan peringkat *Detection* (probabilitas masalah terdeteksi sebelum kemunculannya) (Tabel 3), (7) menghitung *Risk Priority Number* (RPN) untuk setiap aktivitas kegiatan, (8) memprioritaskan aktivitas kegiatan pekerjaan yang mempunyai nilai RPN tertinggi untuk ditindak lanjuti, dan (9) memprioritaskan aktivitas kegiatan pekerjaan yang mempunyai nilai RPN tertinggi untuk ditindak lanjuti. Nilai RPN juga sebagai dasar penentuan keputusan dalam penentuan tingkat strategi perbaikan.

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

Tabel 1. Peringkat *Severity*

Tkt	Dampak	Akibat Luka
10		Kematian beberapa individu (masal)
9	Kehilangan nyawa atau merubah kehidupan individu	Kematian individu (seseorang)
8		Perlu perawatan serius dan menimbulkan cacat permanen
7		Dirawat lebih dari 12 jam, dengan luka pecah pembuluh darah, hilang ingatan hebat, kerugian besar.
6	Berdampak besar pada individu sehingga tidak ikut lagi dalam aktivitas	Dirawat lebih dari 12 jam, patah tulang, tulang bergeser, radang dingin, luka bakar, susah bernafas dan lupa ingatan sementara, jatuh/terpeleset
5		Keseleo/terkilir, retak/patah ringan, kram atau kejang
4	Dampak yang diterima sedang (tindak bisa beraktivitas 1 sampai 2 hari)	Luka bakar ringan, luka gores/tersayat, frosnip (radang dingin/panas)
3		Melepuh, tersengat panas, keseleo ringan, tergelincir atau terpeleset ringan
2	Dampak diterima kecil (individu masih dapat ikut dalam aktivitas)	Tersengat matahari, memar, teriris ringan, tergores
1	Tidak berdampak	Terkena potongan, tersengat dan tergigit serangga.

Sumber : (Wang, Chin, Poon, & Yang, 2009)

Tabel 2. Peringkat *Occurrence*

Probabilitas Kejadian	Tingkat kejadian	Nilai
Sangat tinggi dan tidak bisa dihindari	>1 in 2 1 in 3	10 9
Tinggi dan sering terjadi	1 in 8 1 in 20	8 7
Sedang dan kadang terjadi	1 in 80 1 in 400	6 5
Rendah dan relatif jarang terjadi	1 in 2.000 1 in 15.000	4 3
Sangat rendah dan hampir tidak pernah terjadi	1 in 150.000 1 in 1.500.000	2 1

Sumber : (Wang et al., 2009)

Tabel 3. Peringkat *Detection*

Deteksi	Kemungkinan Terdeteksi	Rangking
Hampir tidak mungkin	Tidak ada alat pengontrol yang mampu mendeteksi	10
Sangat jarang	Alat pengontrol saat ini sangat sulit mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan	9
Jarang	Alat pengontrol saat ini sangat sulit mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan	8
Sangat Rendah	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab sangat rendah	7
Rendah	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab rendah	6
Sedang	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab sedang	5
Agak Tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab sedang sampai tinggi	4
Tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab tinggi	3
Sangat Tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab sangat tinggi	2
Hampir Pasti	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab hampir pasti	1

Sumber : (Wang et al., 2009)

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil identifikasi terhadap aktivitas pekerjaan dapat diperoleh maka ditetapkan aktivitas yang akan diidentifikasi adalah kegiatan *Offshore CPP - Upper Compression Module* (tabel 4).

Tabel 4. Kegiatan *Offshore CPP-Upper Compression Module*

No.	Aktivitas	Bahaya
1	Bongkar 18" Spool Line	Jari tangan terjepit <i>Torque Wrench</i>
2	Mobilize 18" Spool dari CPP ke Welding Shop di AUP	Kaki kejatuhan dari CPP ke Welding 18" spool line
3	Instal Weldolet Injection Quill	Terkena percikan api saat proses welding
4	Uji NDT dan Hidrostatik	Terkena bocoran material
5	Mobilize 18 "Spool dari Welding Shop di AUP ke CPP	Kaki kejatuhan dari Welding Shop di 18" spool line
6	Instal Ulang Spool 18 "	Tangan tergores dan kaki terjepit
7	Mengencangkan Nuts 18" Menggunakan Alat Pneumatik	Tangan terjepit alat pneumatik
8	Pasang injeksi Quill 2 "& Heading IP ke Welding Shop untuk Memotong Baut	Terkena percikan api dan terjepit alat enerpac
9	Melakukan pengencangan mur dan baut	Jari telunjuk kiri terjepit di antara Kunci Pas Enerpac dan mur

Kegiatan pekerjaan *Offshore CPP - Upper Compression Module*. t ke dalam 9 aktivitas kerja.. Selanjutnya menentukan nilai *Severity*, *Occurance* dan *Detection* digunakan data hasil kuesioner, maka diperoleh nilai S,O,D dan RPN (Tabel 5). Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan data FMEA maka diperoleh nilai RPN tertinggi yaitu pada aktivitas melakukan pengencangan mur dan baut dengan nilai 576 yang artinya mempunyai risiko tinggi terhadap potensial terjadinya kecelakaan kerja dan efek yang ditimbulkan. Untuk itu aktivitas ini mempunyai risiko kecelakaan kerja tertinggi pada pekerjaan yang dilakukan di *Offshore Facilities*. Tahap selanjutnya yaitu melakukan mitigasi risiko terhadap aktivitas yang mempunyai nilai RPN tertinggi, hasil mitigasi risiko untuk mengurangi terjadinya risiko (Tabel 6) dengan temuan utama operator tidak pernah menangani pekerjaan semacam ini sebelumnya, tidak ada verifikasi paket kerja, tidak ada metode pernyataan dan / atau tidak ada prosedur kerja dalam paket kerja, pemanfaatan kunci *torsi enerpac* tidak disebutkan dalam izin kerja (PTW) dan penilaian risiko tugas (TRA) dan juga dalam daftar peralatan

tidak cukup istirahat (+/- 3 jam)

Tabel 5. Nilai SOD dan RPN

No.	Aktivitas	S	O	D	RPN	Rating
1	Bongkar 18" Spool Line	6	5	7	210	4
2	Mobilize 18" Spool dari CPP ke Welding Shop di AUP	7	4	5	140	7
3	Instal Weldolet Injection Quill	4	7	6	168	6
4	Uji NDT dan Hidrostatik	6	5	6	180	5
5	Mobilize 18 "Spool dari Welding Shop di AUP ke CPP	7	4	4	112	8
6	Instal Ulang Spool 18 "	4	6	3	72	9
7	Mengencangkan Nuts 18" Menggunakan Alat Pneumatik	6	7	7	294	3
8	Pasang injeksi Quill 2 "& Heading IP ke Welding Shop untuk Memotong Baut	7	6	8	336	2
9	Melakukan pengencangan mur dan baut	8	8	9	576	1

Berdasarkan hasil mitigasi yang dilakukan maka dapat diketahui bahwa kegiatan di *offshore facilities* harus dilakukan dengan mengutamakan standart operasional prosedur yang telah ditetapkan perusahaan, hal ini dikarenakan *offshore facilities* merupakan area eksplorasi yang dibangun dengan konstruksi khusus dengan bentuk dan luas yang terbatas serta lokasi yang jauh dari daratan, sehingga dibutuhkan keahlian khusus dalam melakukan pekerjaan. faktor risiko proyek di industri migas benar-benar kompleks sehingga analisis risiko harus dilakukan untuk mengatasi berbagai aspek proyek, lingkungan, serta kejadian bencana serta diintegrasikan dengan aspek pembangunan berkelanjutan (Rodhi, Anwar, & Wiguna, 2017)

Tabel 6. Mitigasi Risiko

No.	Temuan	Mitigasi
1	Operator tidak pernah menangani pekerjaan semacam ini sebelumnya	Mengembangkan sistem (misal Instruksi Kerja, Daftar Periksa) Untuk menilai atau menugaskan personel sebelum melaksanakan pekerjaan
2	Tidak ada verifikasi Paket Kerja	Tetapkan personel khusus (mis. <i>Coordinator Workpack</i> ) untuk memverifikasi semua dokumen pendukung yang tercantum dalam daftar <i>Workpack</i> telah selesai.
3	Tidak Ada Metode Pernyataan dan / atau Tidak Ada Prosedur Kerja dalam Paket Kerja	Tetapkan personel khusus (mis. <i>Coordinator Workpack</i> ) untuk memastikan Prosedur Kerja tersedia dalam Paket Kerja.
4	Pemanfaatan Kunci Torsi <i>Enerpac</i> tidak disebutkan dalam Izin Kerja (PTW) dan Penilaian Risiko Tugas (TRA) dan juga dalam daftar peralatan	Melakukan Sosialisasi pengarahan singkat kepada semua Supervisor untuk peningkatan lebih lanjut dan menyiapkan Paket Kerja, PTW dan TRA, seperti: a. Peralatan yang diidentifikasi harus diverifikasi dalam daftar periksa workpack b. Bahaya peralatan terperinci harus disebutkan dalam PTW dan TRA.
5	Tidak Cukup Istirahat (+/- 3 jam)	Melakukan Sosialisasi untuk memberi pengarahan singkat kepada semua Supervisor untuk peningkatan lebih lanjut dalam mengelola pekerjaan, seperti: a. Perencanaan dan penjadwalan tenaga kerja b. Pengaturan kerja harus diidentifikasi, diverifikasi, dan dikelola dengan baik.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat 9 aktivitas dalam pekerjaan di *Offshore CPP-Upper Compression Module* yang mempunyai potensial risiko yang dapat terjadi disebabkan oleh kurangnya keterampilan yang

dimiliki oleh pekerja yang tidak mempunyai sertifikasi keahlian. Sedangkan hasil perhitungan terhadap nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi yaitu pada aktivitas melakukan pengencangan mur dan baut dengan nilai RPN sebesar 576. Mitigasi yang dilakukan untuk mengurangi terjadinya risiko adalah memperbaiki sistem kerja dengan memperbaiki standar operasional prosedur khusus di area *offshore facilities*, menetapkan personel khusus untuk verifikasi seluruh dokumen kerja, melakukan sosialisasi kepada supervisor untuk peningkatan pengelolaan pekerjaan melalui perencanaan jadwal tenaga kerja yang dapat diverifikasi oleh sistem. Setelah dilakukan perbaikan melalui pengukuran risiko, maka penelitian selanjutnya dapat dilakukan *assessment* terhadap tingkat kompetensi yang dimiliki oleh pekerja dan peralatan yang digunakan harus dilakukan pengecekan dan kalibrasi alat lebih lanjut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adiguna, P., Juniani, A. I., & Nugroho, A. (2017). Teknik Identifikasi Bahaya Dan Pengendalian Resiko Pada Panggung Gas Osigen PT Aneka Gas Industri V. *Seminar K3*, 1(1), 77–81.
- Bolado-Lavin, R., Gracceva, F., Zeniewski, P., Zastera, P., Vanhoorn, E., & Menqulini, A. (2012). *Best practices and methodological guidelines for conducting gas risk assessments*. Luxembourg.
- Dwi Septalita, E. (2018). Kecelakaan Kerja Di Area Pengeboran Minyak Dan Gas Tahun 2012 - 2016. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 7(1), 52.
- Gaspersz, V. (2002). *Pedoman implementasi program six sigma terintegrasi dengan ISO 9001: 2000, MBNQA, dan HACCP*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Ihsan, T., Edwin, T., & Octavianus Irawan, R. (2017). Analisis Risiko K3 Dengan Metode Hirarc Pada Area Produksi Pt Cahaya Murni Andalas Permai. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, 10(2), 179–185. <https://doi.org/10.24893/jkma.v10i2.204>
- Irawan, J. P., Santoso, I., & Mustaniroh, S. A. (2017). Model Analisis dan Strategi Mitigasi Risiko Produksi Keripik Tempe Model Analysis and Mitigation Strategy of Risk in Tempe Chips Production. *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 6(2), 88–96.
- Novianto, F. (2010). Analisis Kecelakaan dan Kesehatan Kerja dan Upaya Pencegahannya di Bagian Flooring dengan Pendekatan Risk Assesment PT. Dharma Satya Nusantara Surabaya. *Skripsi*. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran":.
- Ririh, K. R., Sundari, A. S., & Wulandari, P. (2018). Analisis Risiko Pada Area Finishing Menggunakan Metode Failure Mode Effect And Analysis (FMEA) Di PT. Indokarlo Perkasa. *SEMRESTEK 2018 Proceedings*, 1(1), 631–640.
- Rodhi, N. N., Anwar, N., & Wiguna, I. P. A. (2017). A Review on Risk Factors in the Project of Oil and Gas Industry. *IPTEK The Journal for Technology and Science*, 28(3), 63-67.
- Rosyid, D. M., & Jamil, M. Y. (2017). Risk Assessment of Onshore Pipeline in Area Gresik. *International Journal of Offshore and Coastal Engineering*, 1(1), 29–34.
- Rusba, K., Hardiyono, H., AL, J. E., Siboro, I., Pongky, P., & Tobarasi, I. (2019). Implementasi Keselamatan Kerja Pada Pembuatan Area Drilling Rig Dengan Pendekatan Task Risk Assesment (Studi Kasus: Pada XYZ Indonesia Di Kalimantan Timur). *Jurnal Public Policy*, 5(2), 123–133.
- Siregar, K. N., Wahyuni, W., & Nasution, R. M. (2019). Penetapan Kebijakan K3 serta Perencanaan K3 Dan Implikasinya terhadap Kejadian Kecelakaan Kerja di PKS Kebun Rambutan PTPN-III Tebing Tinggi. *Jurnal Kesehatan Global*, 2(1), 1–7.
- Stamatis, D. H. (2003). *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. ASQ Quality press.
- Suda, K. A., Rani, N. S. A., Rahman, H. A., & Chen, W. (2015). A Review on Risks and Project Risks Management: Oil and Gas Industry. *International Journal of Scientific Engineering*, 6(8), 938–943.
- Van Thuyet, N., Ogunlana, S. O., & Dey, P. K. (2007). Risk management in oil and gas construction projects in Vietnam. *International Journal of Energy Sector Management*, 1(2), 175–194.
- Wang, Y.-M., Chin, K.-S., Poon, G. K. K., & Yang, J.-B. (2009). Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 1195–1207.