

Analisis risiko bahaya pada proyek penggantian pipa bawah laut dengan metode HIRADC dan FTA

Mochamad Saidiman^{1,*}, Agus Jumara¹

¹Teknik Industri Universitas Teknologi Bandung

*aturihza@yahoo.com

Abstract

During the first semester of 2023, there were 359 accidents (incidents) consisting of 251 Near misses (almost loss), 77 First Aid, 20 Medical Treatment, 9 Restricted Work Cases, and two Lost Time Incidents. Project activities contributed to more than 50% of the incidents. Based on this, management is needed to minimize the risks, from human factors to operational processes, using the HIRADC method. One of the project activities currently underway and has a high risk is the submarine pipeline replacement project between offshore oil and gas production projects, which calculated the risk value level using the HIRADC method. The initial results obtained were four jobs at the extreme risk level with a percentage value of 44.4%, three jobs entered the high-risk level with a percentage value of 33.3%, two jobs entered the moderate risk level with a percentage value of 22.2%, and no jobs entered the low-risk level. After analysis using the HIRADC method, a decrease in the final risk value was obtained as many as zero jobs entered the extreme risk level, three jobs entered the high-risk level with a percentage value of 33.3%, four jobs entered the moderate risk level with a percentage value of 44.4%, and two jobs entered the moderate risk level with a percentage value of 22.2%. Control efforts include building scaffolding for working at heights, unique placement for hazardous materials, cleaning the work area from sources of danger, checking equipment, complying with procedures, job supervision, and strict regulations regarding the use of PPE.

Keywords: Subsea Pipeline Replacement, Project OHS Risk Management, HIRADC, Risk Matrix, Risk Mitigation.

Abstrak

Bekerja di sektor Minyak dan Gas bumi adalah tugas yang memiliki risiko kecelakaan yang sangat tinggi. Data yang didapatkan dari konsolidasi Sub Holding selama semester 1 tahun 2023, terdapat 359 kecelakaan (incident) yang terdiri atas 251 Near Miss (hampir terjadi kerugian), 77 First Aid, 20 Medical Treatment, 9 Restricted Work Case dan 2 Lost Time Incident. Dari jumlah Incident tersebut, aktivitas proyek menyumbang lebih dari 50% kejadian secara total. Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan suatu manajemen untuk meminimalisir risiko yang akan terjadi mulai dari faktor manusia hingga proses operasional dengan menggunakan metode HIRADC. Salah satu aktifitas proyek yang saat ini sedang berjalan dan memiliki risiko tinggi adalah proyek penggantian pipa alir bawah laut antara anjungan produksi Migas lepas pantai yang didapatkan hasil perhitungan tingkat nilai risiko menggunakan metode HIRADC diperoleh hasil awal sebanyak empat pekerjaan masuk pada tingkat risiko ekstrim (extreme risk) dengan nilai persentase sebesar 44,4%, tiga pekerjaan masuk pada tingkat risiko tinggi (high risk) dengan nilai persentase sebesar 33,3%, dua pekerjaan masuk pada tingkat risiko sedang (moderate risk) dengan nilai persentase sebesar 22,2%, dan tidak terdapat pekerjaan yang masuk pada tingkat risiko rendah (low risk). Setelah dilakukan analisa dengan metode HIRADC didapatkan penurunan nilai risiko akhir sebanyak nol pekerjaan masuk pada tingkat risiko ekstrim (extreme risk), tiga pekerjaan masuk pada tingkat risiko tinggi (high risk) dengan nilai persentase sebesar 33,3%, empat pekerjaan masuk pada tingkat risiko sedang (moderate risk) dengan nilai persentase sebesar 44,4% dan dua pekerjaan masuk pada tingkat risiko rendah (low risk) dengan nilai persentase sebesar 22,2%. Upaya pengendalian yang dilakukan diantaranya seperti membangun scaffolding untuk bekerja diketinggian, penempatan khusus untuk bahan-bahan berbahaya, pembersihan area kerja dari sumber bahaya, pemeriksaan peralatan, pematuhan terhadap prosedur, pengawasan pekerjaan dan tata tertib tegas terkait penggunaan APD.

Kata kunci: Penggantian Pipa bawah laut, Manajemen Risiko K3 Proyek, HIRADC, Risk Matrik, Mitigasi Risiko..

PENDAHULUAN

Kata risiko menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah akibat kurang menyenangkan (merugikan, membahayakan) membahayakan dari suatu perbuatan atau tindakan. Berdasarkan OHSAS 18001, risiko adalah kombinasi dari probabilitas terjadinya kejadian berbahaya dan keparahan paparan dengan cedera atau gangguan kesehatan yang ditimbulkan oleh paparan tersebut [1]. Risiko merupakan suatu hal yang mengarah pada ketidakpastian atas terjadinya peristiwa selama selang waktu tertentu yang mana peristiwa tersebut menyebabkan kerugian, baik kerugian kecil yang tidak berdampak apapun maupun kerugian besar yang dapat berdampak pada kelangsungan hidup dari suatu perusahaan. Pada umumnya risiko dipandang sebagai suatu yang negatif seperti kehilangan, bahaya dan konsekuensi lainnya. Kerugian tersebut merupakan bentuk ketidakpastian yang seharusnya dipahami dan dikelola secara baik dan benar sehingga dapat mendukung tujuan organisasi [2].

Peraturan menteri Nomor 21/PRT/M/2019 pasal 3 ayat 1 menyebutkan bahwa “Setiap pengguna jasa dan penyedia jasa dalam penyelenggaraan jasa konstruksi harus menerapkan SMKK”. Mengidentifikasi suatu potensi risiko bahaya, melakukan penilaian tingkat risiko, dan memberikan upaya pengendalian risiko merupakan persyaratan yang penting pada penerapan SMKK [3]. HIRADC (Hazard Identification, Risk Assessment, and Determine Control) adalah suatu metode atau teknik untuk mengidentifikasi kejadian atau kondisi yang berpotensi memiliki risiko bahaya dengan melihat karakteristik bahaya yang mungkin terjadi dan mengevaluasi risiko yang terjadi melalui penilaian risiko dengan menggunakan matriks penilaian risiko [3].

PT XYZ merupakan anak perusahaan Migas yang beroperasi di lepas pantai laut Jawa mulai dilakukan eksplorasi pada tahun 1969 dan pertama produksi keluar pada tahun 1971. Selanjutnya mulai dibangun fasilitas anjungan lepas pantai untuk penunjang operasi baik anjungan sumur produksi, fasilitas pengumpul, pemisah, stasiun pompa dan stasiun kompresi gas. Kondisi alam yang berada di laut lepas mengharuskan adanya jalur pipa alir yang terpasang di dasar laut sebagai urat nadi untuk mengalirkan produksi gas kepada pelanggan di darat dan produksi minyak ke fasilitas pengumpul berupa Floating Storage Offloading (FSO) sebelum

dipompakan ke kapal tanker untuk didistribusikan pada unit kilang pengolahan.

Permasalahan utama yang muncul saat ini erat kaitannya dengan usia fasilitas yang sudah tua diantaranya adalah biaya perawatan yang tinggi, kerusakan fasilitas secara struktur serta integritas fasilitas produksi di atas air (top side) dan di bawah air (subsea). Usaha yang dilakukan untuk meminimalisir dampak yang timbul sebagian besar untuk fasilitas top side dapat dilakukan secara swakelola oleh regu pemeliharaan lokal, tetapi untuk kasus perbaikan atau penggantian pipa alir bawah laut memerlukan keahlian, peralatan dan teknologi lanjut yang pada prosesnya dipilih dengan perlakuan proyek EPCI (Engineering Procurement Construction & Installation).

Aspek Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) merupakan hal yang krusial harus ditangani pada saat ada pekerjaan yang massive ditambah lingkungan kerja di perairan lepas pantai dan area produksi migas termasuk kategori berisiko tinggi. Dari data-data yang di-release oleh perusahaan holding secara statistik yang diambil dari bulan Januari sampai bulan Desember 2022 secara keseluruhan didapatkan angka kecelakaan secara umum masih cukup tinggi.

Sistem manajemen yang dijalankan dalam divisi operasional diantaranya ISO-14001 untuk pengelolaan lingkungan hidup, SMK3 dan ISO-45001 untuk program Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3). Identifikasi bahaya dan pengendalian risiko untuk aktifitas regular sudah dijalankan dengan metode (HIRADC-Hazard Identification, Risk Assessment, Dan Determination Control), tetapi untuk divisi proyek selama ini masih sebatas program HAZOP dan HAZID untuk persyaratan pada saat studi kelayakan proyek.

TINJAUAN PUSTAKA

Proyek adalah sebuah kumpulan aktivitas yang bersifat sementara (temporary) yang dirancang untuk mencapai suatu hasil yang unik (tidak bersifat operasional dan terus menerus). Karena proyek bersifat sementara, maka proyek memiliki batasan ruang lingkup dan sumber daya. Untuk itu diperlukan suatu pengaturan atau manajemen terhadap batasan-batasan proyek tersebut dengan tetap berusaha mencapai tujuan proyek [4]. Proyek adalah Upaya yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sarana dan harapan-harapan penting dengan menggunakan anggaran dana serta sumber daya yang tersedia, yang harus

diselesaikan dalam jangka waktu tertentu [5]. Kegiatan proyek dapat diartikan sebagai satu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk melaksanakan tugas yang sarannya sudah digariskan dengan jelas (PMBOK).

Dari definisi risiko menurut OHSAS 18001:2004 di atas terdapat dua unsur yang menjadi perhitungan dalam menilai risiko yaitu peluang (probabilitas) terjadinya yang merupakan penilaian dari konsensus jumlah kejadian sejenis dan keparahan paparan (hazard effect). Sementara hazard effect sendiri timbul sebagai paparan dari suatu bahaya yang merujuk kepada penempatan objek relatif terhadap area bahaya (hazard's danger zone). Jika sebuah objek berada pada danger zone maka objek tersebut terpapar [1].

Hazard (potensi Bahaya)

Kata bahaya menurut OHSAS 18001:2007 adalah semua sumber situasi ataupun aktivitas yang berpotensi menimbulkan cedera (kecelakaan kerja) dan atau penyakit akibat kerja (PAK) [12].

Menurut Colling (1990), bahaya juga dapat diartikan sebagai suatu kondisi di tempat kerja yang ada atau dapat disebabkan oleh berbagai variabel yang memiliki potensi kerusakan, bahaya kesehatan, penyakit dan kerusakan properti. Definisi lainnya menurut AS/NZS 4360:2004, hazard diartikan sebagai suatu sumber yang menimbulkan bahaya (13). Sedangkan hazard menurut Kurniawidjaja merupakan segala sesuatu yang menimbulkan kerugian, baik dalam bentuk cedera atau gangguan kesehatan pada pekerja maupun kerusakan harta benda antara lain berupa kerusakan mesin, alat, properti, termasuk proses produksi dan lingkungan serta terganggunya citra perusahaan [14].

Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya merupakan suatu proses untuk mendeteksi ancaman bahaya yang berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. Identifikasi bahaya (hazard identification) dilakukan terhadap lingkungan kerja, alat atau mesin, bahan dan proses untuk menemukan bahaya-bahaya yang nantinya mungkin dapat menimbulkan suatu bahaya. Selain itu, identifikasi bahaya juga mencakup

item-item yang dapat membantu dalam mengidentifikasi bahaya di tempat kerja dan menentukan tindakan korektif yang diperlukan untuk mengendalikannya [16]. Ini termasuk inspeksi keselamatan di tempat kerja, investigasi kecelakaan, komite keselamatan dan kesehatan, dan program keselamatan proyek kerja [17]

Risiko

Secara kualitatif risiko dapat dilakukan penilaian dengan mengalikan antara hazard effect atau dampak keparahan dengan probabilitas terjadinya. Secara lengkap pembahasan mengenai nilai dari suatu risiko akan disampaikan pada penjelasan mengenai HIRADC dan matriks risiko.

Pengendalian Risiko

Berdasarkan OHSAS 18002:2008, setelah melakukan penilaian risiko dan telah memperhitungkan pengendalian yang ada, organisasi harus menentukan pengendalian yang tepat, apakah pengendalian sudah memadai atau perlu ditingkatkan, serta melakukan pengendalian baru jika dibutuhkan. Jika membutuhkan pengendalian baru, maka pengendalian harus diprioritaskan serta ditentukan sesuai dengan prinsip menghapuskan bahaya yang praktis, dilanjutkan dengan pengurangan risiko (baik dilakukan dengan mengurangi kemungkinan potensi bahaya ataupun cedera) dengan mengadopsi alat pelindung diri (APD) sebagai upaya yang terakhir (hierarki kontrol) [21].

Adapun hierarki pengurangan risiko terdiri atas:

- a. Eliminasi, yaitu menghilangkan potensi bahaya, bahan/tahapan proses berbahaya di dalam suatu aktifitas. Sebagai contoh kondisi lanatai di suatu area kerja terdapat genangan air yang berpotensi licin, langkah membersihkan genangan air merupakan bentuk eliminasi sumber potensi bahaya. Langkah eliminasi akan secara efektif menurunkan risiko dari sisi hazard effect maupun probabilitas sehingga hirarki pengendalian yang paling disarankan terlebih dahulu adalah eliminasi sebelum pengendalian lain diterapkan.
- b. Substitusi, yaitu mengganti suatu bahan/tahapan proses berbahaya seperti bahan cat berbasis dasar minyak menjadi berbasis dasar air, cat spray menjadi pencelupan, dan sebagainya. Contoh langkah substitusi di atas akan secara efektif

- menurunkan hazard effect tetapi tidak dengan probabilitas.
- c. Rekayasa Teknik, yaitu melakukan upaya rekayasa dengan pendekatan teknik/engineering seperti memasang alat pelindung mesin, peredam suara, memasang ventilasi ruangan/mesin, memasang alat sensor otomatis, dan sebagainya. Langkah rekayasa teknik dapat menurunkan risiko baik dari hazard effect atau probability tergantung jenis rekayasa teknik yang diterapkan.
 - d. Pengendalian Administratif, yaitu rekayasa dengan pendekatan administrasi seperti pemisahan lokasi, pemasangan tanda peringatan, pergantian shift kerja, pelatihan karyawan, penerapan SOP dan sebagainya. Dengan penerapan pengendalian administratif hanya akan menurunkan probabilitas karena sebagian besar penerapannya adalah sebagai pengaturan kepada pekerja.
 - e. Alat Pelindung Diri (APD) seperti sepatu safety, sarung tangan, helm, kacamata dan APD spesifik lainnya. Penggunaan APD yang tepat dan konsisten dapat menurunkan hazard effect walaupun tidak se-efektif penurunan

dengan eliminasi dan rekayasa teknik. Langkah penggunaan APD merupakan hirarki terakhir dalam pengendalian risiko.

Hazard Identification, Risk Assessment, and Determine Control (HIRADC)

Peraturan menteri Nomor 21/PRT/M/2019 pasal 3 ayat 1 menyebutkan bahwa “Setiap pengguna jasa dan penyedia jasa dalam penyelenggaraan jasa konstruksi harus menerapkan SMKK”. Mengidentifikasi suatu potensi risiko bahaya, melakukan penilaian tingkat risiko, dan memberikan upaya pengendalian risiko merupakan persyaratan yang penting pada penerapan SMKK [3].

HIRADC (Hazard Identification, Risk Assessment, and Determine Control) adalah suatu metode atau teknik untuk mengidentifikasi kejadian atau kondisi yang berpotensi memiliki risiko bahaya dengan melihat karakteristik bahaya yang mungkin terjadi dan mengevaluasi risiko yang terjadi melalui penilaian risiko dengan menggunakan matriks penilaian risiko [3]. Tabel HIRADC yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 1. Tabel Lembar Kerja HIRADC

Category of Activity:				Rev.			Issued Date:			Page:			
No	Task Description	Effect x Probability = Risk (E x P = R)						Action to be Taken					
		Hazard	Effect	Initian Risk			Additional Control Measures & Mitigation	Residual Risk			Legal		
				S	L	R		S	L	R			
1													

Penilaian risiko dilakukan berdasarkan AS/NZS 4360:1999. Pengukuran penilaian risiko terdiri dari dua parameter yaitu effect/konsekuensi (consequences) dan probability/kemungkinan (likelihood) [6]. Berikut adalah skala penilaian risiko dan keterangannya disajikan pada tabel 2.

Setelah mengidentifikasi terkait peluang dan tingkat keparahan suatu potensi bahaya, maka dilakukan penilaian tingkat risiko berdasarkan

matriks penilaian risiko yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan peraturan AS/NZS 4360:1999 nilai tingkat risiko diperoleh dari persamaan berikut ini:

$$R = E \times P$$

R = Risk Rating (tingkat risiko)
 E = Effect/Consequences (dampak)
 P = Probability/Likelihood (kemungkinan)

Tabel 2. Qualitative Measures of Consequences or Impact

Level	Descriptor	Detail description
1	Insignificant	No injuries, low financial loss
2	Minor	First aid treatment, on-site release immediately contained, medium financial loss
3	Moderate	Medical treatment required, on-site release contained with outside assistance, high financial loss
4	Major	Extensive injuries, loss of production capability, off-site release with no detrimental effect, major financial loss
5	Catastrophic	Death, toxic release off-site with detrimental effect, huge financial loss

(Sumber: Appendix E1 AS/NZS 4360 (1999) [24])

Tabel 3. Qualitative Measure of Likelihood

Level	Descriptor	Description
A	Almost certain	Is expected to occur in most circumstances
B	Likely	Will probably occur in most circumstances
C	Possible	Might occur at some time
D	Unlikely	Could occur at some time
E	Rare	May occur only in exceptional circumstances

(Sumber: Appendix E1 AS/NZS 4360 (1999)[24])

Tabel 4. Matriks Risiko dan Tingkat Keparahan

SKALA		CONSEQUENCES (KEPARAHAN)					Keterangan Warna
		1	2	3	4	5	
LIKELIHOOD (PROBABILITY)	5	5	10	15	20	25	EKSTRIM
	4	4	8	12	16	20	RESIKO TINGGI
	3	3	6	9	12	15	RESIKO SEDANG
	2	2	4	6	8	10	RESIKO RENDAH
	1	1	2	3	4	5	

(Sumber: Ramli, 2010) [15]

Konsep Dasar Fault Tree Analysis

Fault tree analysis merupakan analisis kegagalan deduktif yang berfokus pada salah satu kejadian yang tidak dikehendaki dan yang menyediakan metode untuk menentukan penyebab dari suatu kejadian. Pemilihan top event menjadi kunci sukses dari analisis yang dilakukan. Apabila top event terlalu umum, maka analisis akan menjadi tidak teratur, namun apabila top event terlalu spesifik maka analisis tidak dapat menyediakan

sistem yang luas [7]. Penentuan top event terlebih dahulu harus dilakukan dalam analisis pohon kegagalan. Selanjutnya semua kejadian yang dapat menimbulkan akibat dari top event tersebut diidentifikasi dalam bentuk pohon logika ke arah bawah. Lalu dengan mengetahui kemungkinan penyebab kejadian, probabilitas dari top event dapat dihitung [8].

Adapun fungsi Fault Tree Analysis (FTA) ialah diagram yang digunakan untuk mendeteksi

adanya gejala supaya mengetahui akar penyebab suatu masalah, dimulai dari kejadian puncak [9]. Secara singkat fault tree analysis dapat dideskripsikan sebagai teknik analisis dimana bagian dari suatu sistem yang tidak dikehendaki akan ditentukan, kemudian sistem tersebut akan dianalisis sesuai dengan konteks lingkungan dan operasionalnya untuk mencari penyebab paling kredibel dari terjadinya suatu kejadian tidak dikehendaki.

Simbol-simbol dalam pohon kegagalan ada empat tipe, yaitu sebagai berikut: a. Primary

events symbols, b. Intermediate event symbols, c. Gate symbols, d. Transfer symbols

ANALISIS DAN PERANCANGAN

Berdasarkan hasil pengumpulan data primer dan sekunder berupa observasi lapangan, wawancara dengan key point dalam aktifitas proyek, studi literatur dan menelaah dokument proyek didapatkan kategorisasi hazard, hazard effect berdasarkan aktifitas dalam tahapan proyek.

Tabel 5. Hazard dan hazard Effect

No	Jenis Bahaya/Hazard	Hazard Effect
Aktivitas: Pre-lay Survey		
1	Cuaca buruk	Kapal hanyut terbawa arus
2	Pergerakan kapal	Olah gerak kapal tidak terkendali
3	Pengoperasian alat survei	Kegagalan dalam pengoperasian dapat mencederai operator dan crew kapal lainnya
4	Kabel & tali sensor putus	Tegangan tali/kabel yang putus mengenai pekerja di deck kapal
Aktivitas: Modifikasi Fasilitas Permukaan		
1	Bekeja di ketinggian	Fatality karena jatuh dari ketinggian
2	Kegagalan alat angkat & rigging	Fatality karena benda jatuh
3	Tekanan tinggi pada penggunaan hydraulic torque wrench	Cedera serius terkena cairan bertekanan tinggi
4	Benda tajam dari perkakas tangan	Cedera serius karena tergores benda tajam
5	Area kerja licin	Keseleo atau terkilir akibat jatuh
Aktivitas: Pengelasan & Peletakan Pipa Bawah Laut		
1	Cuaca buruk	Barge hanyut
2	Pergerakan barge & stringer	Tali kawat winch putus karena kelebihan tegangan/beban
3	Permukaan panas pada pengelasan menyambung pipa	Luka bakar
4	Uap pengelasan	Gangguan pernafasan
5	Radiasi cahaya pengelasan	Kerusakan penglihatan
6	Tabung gas bertekanan tinggi	Ledakan karena kebocoran atau kelebihan tekanan
7	Radiasi sinar gamma pada inspeksi sambungan las	Gangguan kesehatan jangka Panjang akibat radioactive
8	Kegagalan stopper pada stringer	Cedera karena pergerakan liar pipa atau stinger
Aktivitas: Pengangkatan Riser (ujung pipa) dan Penyambungan Pipa dengan Fasilitas Existing		
1	Cuaca buruk	Barge hanyut
2	Pergerakan barge	Tali kawat winch putus karena kelebihan tegangan/beban
3	Kegagalan alat angkat dan rigging	Fatality karena benda jatuh
4	Bekerja di ketinggian	Fatality karena jatuh dari ketinggian
5	Tekanan tinggi pada penggunaan hydraulic torque wrench	Cedera serius terkena cairan bertekanan tinggi
6	Benda tajam dari perkakas tangan	Cedera serius karena tergores benda tajam
7	Area kerja licin	Keseleo atau terkilir akibat jatuh
Aktivitas: Hydrotest		
1	Tekanan tinggi dari pompa	Cedera serius karena semburan cairan bertekanan tinggi
2	Suhu tinggi dari mesin pompa air	Luka bakar
3	Kegagalan pompa air	Ledakan atau semburan air
4	Kegagalan selang dan sambungan	Pergerakan liar sambungan selang yang lepas
5	Benda tajam dari perkakas tangan	Cedera serius karena tergores benda tajam
6	Area kerja licin	Keseleo atau terkilir akibat jatuh
Aktivitas: Commissioning Pipa Baru		
1	Tekanan tinggi dari proses	Cedera serius karena semburan cairan bertekanan tinggi
2	Kebocoran material B3	Gangguan kesehatan akibat material B3

No	Jenis Bahaya/Hazard	Hazard Effect
3	Pengoperasian katup <i>switching</i> proses	Terkilir atau keseleo karena pengoperasian yang salah
4	Proses upset	Ledakan akibat kelebihan tekan pada proses
Aktifitas: Preservasi Pipa Lama		
1	Tekanan tinggi dari pompa	Cedera serius karena semburan cairan bertekanan tinggi
2	Suhu tinggi dari mesin pompa air	Luka bakar
3	Kegagalan pompa air	Ledakan atau semburan air
4	Kegagalan selang dan sambungan	Pergerakan liar sambungan selang yang lepas
5	Benda tajam dari perkakas tangan	Cedera serius karena tergores benda tajam
6	Bahan kimia	Keracunan, kerusakan mata, iritasi, gangguan pernafasan dan lainnya karena paparan bahan kimia
7	Area kerja licin	Keseleo atau terkilir akibat jatuh
No	Jenis Bahaya/Hazard	Hazard Effect
Aktifitas: Post Lay Survey		
1	Cuaca buruk	Kapal hanyut terbawa arus
2	Pergerakan kapal	Olah gerak kapal tidak terkendali
3	Pengoperasian alat survei	Kegagalan dalam pengoperasian dapat mencederai operator dan crew kapal lainnya
4	Kabel & tali sensor putus	Tegangan tali/kabel yang putus mengenai personnel di deck kapal

Penilaian risiko ini bertujuan untuk menentukan tingkat risiko yang ditinjau dari dua parameter yaitu Effect/konsekuensi/severity dan Probability (likelihood). Penentuan nilai konsekuensi dengan simbol (E) dan kemungkinan (P) menjadi nilai risiko dalam perhitungan matriks risiko berdasarkan standar AS/NZS 4360:1999. Hasil dari penilaian tingkat risiko dalam matriks risiko dituangkan dalam lembar kerja HIRADC, pengambilan tingkat risiko tiap aktifitas diambil dari risiko awal tertinggi dari tiap sub aktifitas sebagai evaluasi untuk menentukan kriteria risiko.

Tujuan pada tahapan ini yaitu untuk menentukan skala tingkat risiko pada tabel HIRADC sebelum pengendalian dan sesudah dilakukan pengendalian dari bahaya. pada tahapan ini penilaian risiko dan metode pelaksanaan pekerjaan pipa bawah laut dari perusahaan penelitian ini. Contoh hasil penilaian risiko dari salah satu tahapan pekerjaan dapat dilihat pada tabel 6.

Dengan setiap aktifitas dalam proyek dimasukkan ke dalam lembar kerja HIRADC, kemudian dilakukan penilaian risiko awal serta ditetapkan pengendalian sebagai usaha untuk menurunkan nilai risiko maka didapatkan risiko awal untuk setiap aktifitas seperti disajikan pada tabel 7.

Berdasarkan hasil dari tabel HIRADC penilaian tingkat risiko pada pekerjaan penggantian pipa bawah laut sebelum dilakukan pengendalian maka didapatkan data seperti berikut ini:

- a. Pekerjaan dengan tingkat ekstreme risk yaitu sebanyak empat pekerjaan diantaranya modifikasi fasilitas permukaan, hydrotest, commissioning pipa baru dan preservasi pipa lama.
- b. Pekerjaan dengan tingkat high risk yaitu sebanyak tiga pekerjaan yang diantaranya yaitu pemasangan concrete mattress crossing pipeline, Pengelasan & Peletakan Pipa Bawah Laut, pengangkatan riser (ujung pipa) dan penyambungan pipa dengan fasilitas existing.
- c. Pekerjaan dengan tingkat medium risk didapatkan sebanyak dua pekerjaan yaitu pre-lay survey dan post-lay survey.
- d. Tidak ada pekerjaan dengan risiko low risk.
- e. Berdasarkan hasil dari tabel HIRADC penilaian tingkat risiko pada pekerjaan penggantian pipa bawah laut sebelum dilakukan pengendalian maka didapatkan data seperti berikut ini:
- f. Pekerjaan dengan tingkat ekstreme risk yaitu sebanyak empat pekerjaan diantaranya modifikasi fasilitas permukaan, hydrotest, commissioning pipa baru dan preservasi pipa lama.
- g. Pekerjaan dengan tingkat high risk yaitu sebanyak tiga pekerjaan yang diantaranya yaitu pemasangan concrete mattress crossing pipeline, Pengelasan & Peletakan Pipa Bawah Laut, pengangkatan riser (ujung pipa) dan penyambungan pipa dengan fasilitas existing.

- h. Pekerjaan dengan tingkat medium risk didapatkan sebanyak dua pekerjaan yaitu pre-lay survey dan post-lay survey.
- i. Tidak ada pekerjaan dengan risiko low risk.

Tabel 6. Hazard Identification, Risk Assessment and Determining Control pekerjaan Pre-lay Survey

No.	Task Description	Effect x Probability = Risk (E x P = R)				Action to be Taken			Legal	
		Hazard	Effect	Initial Risk		Additional Control Measures & Mitigation	Residual Risk			
				E	P		R	E		P
1	Pre-lay Survei	Cuaca buruk	Kapal hanyut terbawa arus	3	2	6	ENG: Gunakan <i>Bow Truster</i> ketika cuaca berombak ADM: Kapal hanya dioperasikan oleh kapten ADM: Update prakiraan cuaca terbaru ADM: lakukan komunikasi dengan kapal dan Station lain untuk informasi cuaca ADM: <i>Deck watcher</i> selalu mengawasi kondisi cuaca sekitar perairan	2	1	2
		Pergerakan kapal	Olah gerak kapal tidak terkendali	3	2	6	ENG: Gunakan <i>Bow Truster</i> ketika cuaca berombak ADM: Kapal hanya dioperasikan oleh kapten ADM: Ikuti rute koordinat survey ADM: Lakukan komunikasi dengan kapal di haluan agar tidak menghalangi rute survei	2	1	2
		Pengoperasian alat survei	Kegagalan dalam pengoperasian dapat mencederai operator dan crew kapal lainnya	3	3	9	ENG: Gunakan minimal dua alat sensor dan <i>transmitter</i> secara bersamaan ADM: Alat hanya dioperasikan oleh operator berpengalaman dan diawasi langsung oleh supervisor ADM: Siapkan peralatan cadangan yang siap digunakan APD: Gunakan APD standar bekerja di ruang kontrol	2	2	4
		Kabel & tali sensor putus	Tegangan tali/kabel yang putus mengenai personel di deck kapal	3	2	6	ENG: Gunakan tali dan kabel redundant ADM: Periksa sertifikasi dan kelayakan tali/kabel sebelum digunakan ADM: Alat hanya dioperasikan oleh operator berpengalaman dan diawasi langsung oleh supervisor APD: Gunakan APD standar untuk pekerja di <i>deck</i>	2	1	2

Tabel 7. Tingkat Risiko Awal pada Penggantian Pipa Bawah Laut

No	Jenis Pekerjaan	Tingkat Risiko
1	Pre-lay Survey	Medium risk
2	Modifikasi Fasilitas Permukaan	Extreme risk
3	Pemasangan <i>Concrete Mattress Crossing Pipeline</i>	High risk
4	Pengelasan & Peletakan Pipa Bawah Laut	High risk
5	Pengangkatan <i>Riser</i> (ujung pipa) dan Penyambungan Pipa dengan Fasilitas <i>Existing</i>	High risk
6	<i>Hydrotest</i>	Extreme risk
7	<i>Commissioning</i> Pipa Baru	Extreme risk
8	Preservasi Pipa Lama	Extreme risk
9	Post-lay Survey	Medium risk

Berdasarkan hasil di atas maka menunjukkan bahwa mayoritas pekerjaan berada di tingkat risiko extreme risk dengan empat jumlah pekerjaan dari sembilan pekerjaan. Maka dari sembilan pekerjaan yang sudah dianalisis menggunakan metode HIRADC jika dijadikan ke dalam satuan persen ditampilkan dalam gambar 1.

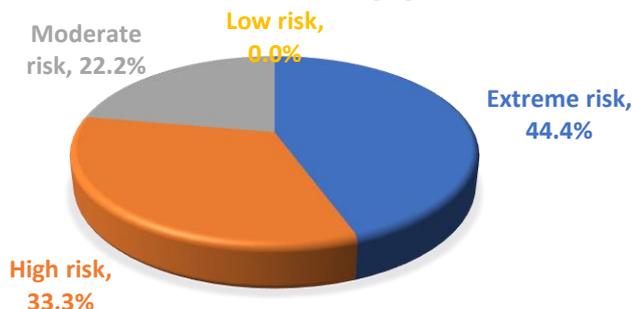
Penilaian Risiko Setelah Pengendalian

Pada tahapan ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar penurunan risiko yang terjadi terhadap bahaya setelah dilakukannya pengendalian risiko menggunakan HIRADC. Adapun pengendalian yang dilakukan pada penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

1. Eliminasi (elimination)
2. Substitusi (substitution)
3. Rekayasa teknik (engineering control)

4. Administrasi (administration)

5. Alat pelindung diri (personal protective equipment)



Gambar 1. Sebaran Nilai Risiko Awal

Hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Tabel 8. Tingkat Risiko Akhir pada Penggantian Pipa Bawah Laut

No	Jenis Pekerjaan	Tingkat Risiko
1	<i>Pre-lay Survey</i>	<i>Low risk</i>
2	Modifikasi Fasilitas Permukaan	<i>High risk</i>
3	Pemasangan <i>Concrete Mattress Crossing Pipeline</i>	<i>High risk</i>
4	Pengelasan & Peletakan Pipa Bawah Laut	<i>Medium risk</i>
5	Pengangkatan <i>Riser</i> (ujung pipa) dan Penyambungan Pipa dengan Fasilitas <i>Existing</i>	<i>High risk</i>
6	<i>Hydrotest</i>	<i>Medium risk</i>
7	<i>Commissioning</i> Pipa Baru	<i>Medium risk</i>
8	Preservasi Pipa Lama	<i>Medium risk</i>
9	<i>Post-lay Survey</i>	<i>Low risk</i>

Berdasarkan tabel 8 yang merupakan Tingkat resiko setelah dilakukan pengendalian dan juga pencegahan terhadap risiko bahaya, maka terjadi penurunan tingkat risiko bahaya pada setiap jenis pekerjaan. Didapatkan hasil setelah dilakukan pengendalian diantaranya sebagai berikut ini:

1. Tidak ada lagi pekerjaan dengan risiko extreme risk.
2. Pekerjaan dengan tingkat high risk yaitu sebanyak empat pekerjaan diantaranya modifikasi fasilitas permukaan, pemasangan concrete mattress crossing pipeline dan pengangkatan riser (ujung pipa) & penyambungan pipa dengan fasilitas existing.

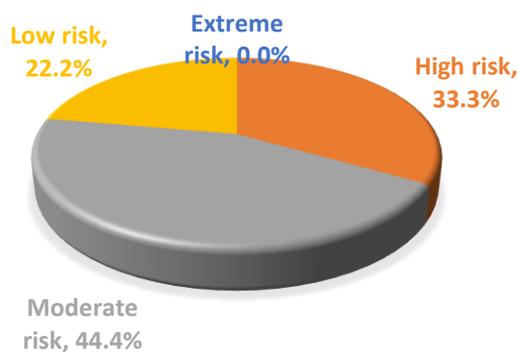
3. Terdapat dua tahapan pekerjaan yang memiliki nilai risiko awal tingkat high risk dan nilai risiko akhir setelah pengendalian masih berada di tingkat high risk yakni tahapan Pemasangan *Concrete Mattress Crossing Pipeline* dan Pengangkatan *Riser* (ujung pipa) dan Penyambungan Pipa dengan Fasilitas *Existing*. Dari kedua aktifitas tersebut jika dilihat lebih mendalam di lembar kerja HIRADC sebenarnya terdapat penurunan nilai risiko pada setiap hazard, sebagai contoh untuk hazard kegagalan alat angkat & rigging dan kegagalan peralatan penyelaman dari sebelumnya bernilai 15 menjadi 12. Memang pada dasarnya masih dalam kategori high risk dimana masih terdapat peluang untuk

menambahkan kontrol mitigasi yang tepat agar dapat diturunkan lagi nilai risikonya minimal satu tingkat menjadi medium. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Purnama et al. [8] dimana dalam penelitiannya dengan metode HIRARC di lapangan memiliki tingkat risiko yang tinggi sehingga semua pihak yang terlibat dalam pekerjaan konstruksi yaitu pekerjaan erection girder memiliki kesadaran untuk mengikuti kaidah K3 yang ada sehingga kecelakaan dapat dikurangi atau bahkan zero accident dan HIRARC di lapangan dibuat atas kesepakatan bersama antara HSE dan inspektur. Menurut para ahli K3 di lapangan (HSSE Coach), hasil penelitian tersebut sesuai dengan kondisi di lapangan dimana akan menjadi prioritas bagi perusahaan dengan istilah Opportunity For Improvement (OFI) dalam proyek selanjutnya untuk mencari dan menemukan metode, teknologi atau ahli yang dapat menurunkan nilai risiko. Untuk nilai risiko dengan kategori high dan extreme yang memang tetap harus

6.

dikerjakan selanjutnya akan menentukan tingkat persetujuan (approval) pada saat pengajuan izin kerja. Jika residual risk nilai risiko low & medium approval cukup hanya sampai site controller setingkat assistant manager, untuk high risk harus dengan persetujuan line manager, sedangkan kategori extreme risk harus disetujui oleh senior manager dan general manager. Persetujuan tersebut sesuai dengan prosedur Izin Kerja dan sebagai bentuk awareness kepada atasan bahwa akan dilakukan pekerjaan dengan risiko high atau extreme.

4. Pekerjaan dengan tingkat medium risk yaitu sebanyak tiga pekerjaan yang diantaranya yaitu pengelasan dan peletakan pipa bawah laut, hydrotest, commissioning pipa baru dan preservasi pipa lama.
5. Pekerjaan dengan tingkat low risk didapatkan sebanyak dua pekerjaan yaitu pre-lay survey dan post-lay survey. Jika dijadikan dalam satuan persen maka hasilnya seperti disajikan pada gambar 2.



Gambar 2. Sebaran Nilai Risiko Akhir

Analisis Penyebab Bahaya Dengan Metode Fault Tree Analysis

Setelah mengetahui identifikasi bahaya, penilaian risiko dan menentukan pengendalian yang dilakukan, maka selanjutnya mencari akar penyebab terjadinya bahaya tersebut dengan menggunakan metode Fault tree Analysis (FTA).

Pada table 8 di atas merupakan beberapa jenis bahaya yang dipandang perlu untuk dilakukan analisis dicari akar penyebab masalahnya

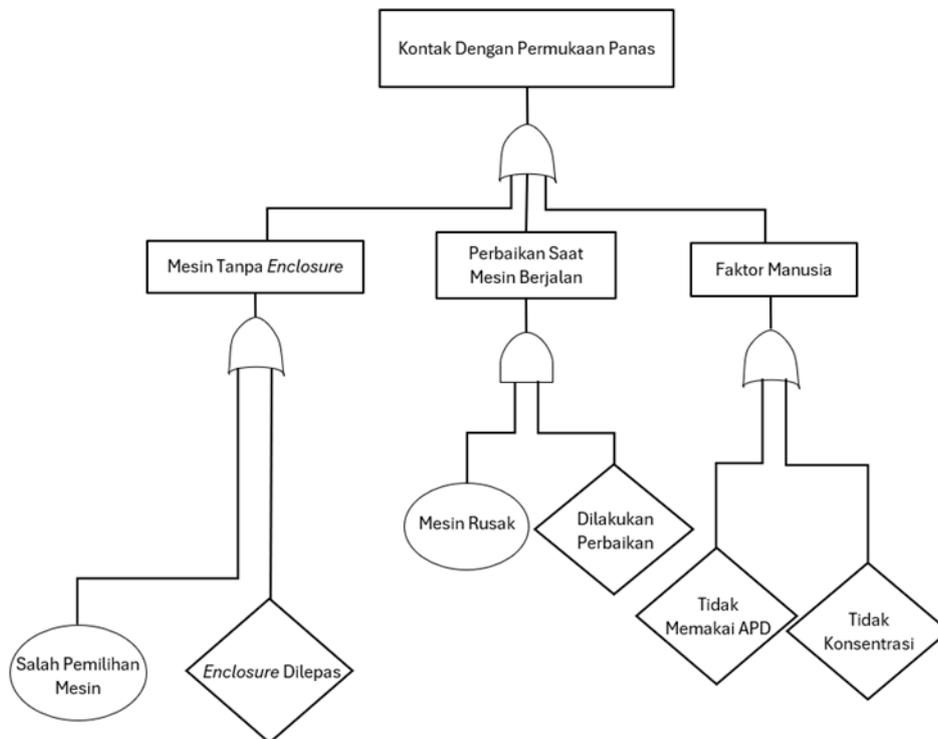
menggunakan metode FTA. Sebagai contoh diambil salah satu jenis bahaya yakni kontak dengan permukaan panas untuk dilakukan analisis dengan penggambaran pada gambar 2

Berdasarkan gambar 3 bagan FTA dengan top event kontak pada permukaan panas yang pada dasarnya diesel engine paling umum digunakan sebagai penggerak pompa dalam menghasilkan sejumlah tekanan dan aliran air yang digunakan demi kebutuhan operasional. Panas yang

ditimbulkan dari pembakaran diesel seringkali menjadi hazard tersendiri yang dapat menyebabkan luka bakar serius.

Tabel 9. Top Event Fault Tree Analysis

No	Jenis Bahaya	Deskripsi Effect
1	Cuaca buruk	Kapal/barge hanyut terbawa arus, beban kejut pada operasi pengangkatan dan pergerakan beban menjadi liar.
2	Jatuh dari ketinggian	<i>Fatality</i> karena jatuh dari ketinggian
3	Kegagalan alat angkat & rigging	<i>Fatality</i> karena benda jatuh
4	Kegagalan mesin, selang, pipa dan sambungan bertekanan tinggi	Cedera serius akibat semburan bertekanan tinggi
5	Kegagalan aktifitas penyelaman	Pingsan dan meninggal karena kehabisan nafas dan dekompresi
6	Kebocoran bahan <i>radioactive</i>	Gangguan Kesehatan jangka panjang akibat <i>radioactive</i>
7	Kontak dengan permukaan panas	Luka bakar
8	Paparan bahan kimia	Keracunan, kerusakan mata, iritasi, gangguan pernafasan dan lainnya



Gambar 3. Bagan FTA Kontak Dengan Permukaan Panas

Kegagalan dalam pencegahan kontak dengan panas paling sering diakibatkan karena tidak tersedianya rumah pelindung (*enclosure*) yang memadai sebagai pemisah antara bagian mesin

yang panas dengan bagian pompa dan sistem kontrol untuk operator. Dalam kondisi tertentu ketika perlu penyetelan atau perbaikan kecil, teknisi melakukan perbaikan ketika mesin masih berjalan atau mesin masih panas setelah selesai digunakan.

Berdasarkan beberapa bagan dan pemaparan berdasarkan analisis FTA mengenai beberapa jenis bahaya yang dipandang perlu untuk dilakukan analisis dicari akar penyebab masalahnya, maka dapat dilakukan kategorisasi faktor yang dapat dijelaskan berdasarkan machine, method, man, management, dan material sebagai berikut:

Machine

Ditinjau dari sisi machine, kegagalan penggantian pipa alir bawah laut minyak dan gas bumi dapat terjadi karena penyebab sebagai berikut: Kerusakan mesin, kerusakan peralatan pendukung, pelindung mesin tidak terpasang, kelebihan beban, alat pengaman tidak terpasang, kebocoran seal sambungan

Method

Ditinjau dari sisi method, kegagalan penggantian pipa alir bawah laut minyak dan gas bumi dapat terjadi karena penyebab sebagai berikut: Kesalahan Pengawasan, kesalahan mengikuti prosedur, salah pemilihan mesin, man.

Ditinjau dari sisi manusia (man), kegagalan penggantian pipa alir bawah laut minyak dan gas bumi dapat terjadi karena penyebab sebagai berikut: Tidak sehat dan fit, tidak konsentrasi, kelelahan, human error, management.

Ditinjau dari sisi management, kegagalan penggantian pipa alir bawah laut minyak dan gas bumi dapat terjadi karena penyebab sebagai berikut: Kegagalan perawatan, kurangnya pengawasan, material.

Ditinjau dari sisi material, kegagalan penggantian pipa alir bawah laut minyak dan gas bumi dapat terjadi karena penyebab sebagai berikut: Kelelahan material, struktur berkarat, kerusakan pelindung radiasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, proses analisis hingga pengolahan data, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Berdasarkan identifikasi risiko pada proyek penggantian pipa alir bawah laut minyak dan gas bumi dengan metode HIRADC didapatkan beberapa risiko bahaya utama yang dapat terjadi, diantaranya yaitu kapal/barge hanyut terbawa arus, beban kejut pada operasi pengangkatan dan pergerakan beban menjadi liar, fatality karena jatuh dari ketinggian, fatality karena benda jatuh pada aktifitas pengangkatan, cedera serius akibat semburan bertekanan tinggi dari tekanan pompa maupun proses, pingsan dan meninggal karena kehabisan nafas dan dekompresi pada aktifitas penyelaman, gangguan Kesehatan jangka panjang akibat paparan bahan radioactive dalam aktifitas inspeksi sambungan las, luka bakar dari mesin diesel, berbagai gangguan akibat paparan bahan kimia, serta beberapa potensi bahaya lainnya.

Berdasarkan analisis perhitungan tingkat nilai risiko menggunakan metode HIRADC yaitu terdapat empat pekerjaan dengan tingkat risiko ekstremitas dengan nilai persentase 44,4%, tiga pekerjaan masuk pada tingkat risiko tinggi dengan nilai persentase sebesar 33,3%, dua pekerjaan masuk pada tingkat risiko sedang dengan nilai persentase sebesar 22,2%, dan tidak terdapat pekerjaan yang masuk pada tingkat risiko rendah.

Upaya pengendalian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan cara mitigasi risiko berdasarkan hierarchy risk reduction yakni eliminasi, substitusi, rekayasa teknik, administrasi dan penggunaan alat pelindung diri didapatkan nilai risiko akhir yaitu tidak terdapat pekerjaan yang masuk pada tingkat risiko extreme, terdapat tiga pekerjaan dengan tingkat risiko tinggi dengan nilai persentase 33,3%, empat pekerjaan masuk pada tingkat risiko sedang dengan nilai persentase sebesar 44,4%, dua pekerjaan masuk pada tingkat risiko rendah dengan nilai persentase sebesar 22,2%. Beberapa langkah mitigasi dalam pengendalian secara umum diantaranya: Pemantauan cuaca sekitar perairan oleh deck watcher, mendirikan bangunan scaffolding untuk bekerja di ketinggian, sertifikasi dan inspeksi pada peralatan angkat, pematuhan terhadap prosedur, menyiapkan area khusus untuk penempatan bahan berbahaya, pemilihan mesin diesel dengan enclosure, pengawasan dari pemimpin pekerjaan dan penggunaan APD umum atau spesifik untuk suatu pekerjaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Ramli, Sistem manajemen keselamatan & kesehatan kerja OHSAS 18001, Dian Rakyat, Jakarta, 2010. <https://lib.fkm.ui.ac.id/detail.jsp?id=73908>.
- [2] G. Soputan, B. Sompie, R. Mandagi, Manajemen Risiko Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3) (Study Kasus Pada Pembangunan Gedung Sma Eben Haezar), J. Ilm. Media Eng. 4 (2014) 229–238. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jime/article/view/7135>.
- [3] W. Susihono, F.A. Rini, Penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dan Identifikasi potensi bahaya kerja: Studi kasus di PT LTX Kota Cilegon- Banten, SPEKTRUM Ind. 11 (2013) 209. <https://doi.org/10.12928/si.v11i2.1663>.
- [4] M.Y. Ina, L. Langga, Proyek Anggaran Sebagai Alat Pengendalian Biaya Pada Kantor Satuan Kerja Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah Iv Provinsi Nusa Tenggara Timur, Analisis 11 (2021) 239–250. <https://doi.org/10.37478/als.v11i2.1263>.
- [5] S.E. Bitty, L.A. Hendratta, A.H. Thambas, G. Malingkas, Manajemen risiko pada sistem penyediaan air minum (SPAM) perpipaan dengan metode failure mode and effect analysis dan fault tree analysis di Kabupaten Minahasa Utara, Paduraksa 13 (2024) 138–147. <https://ejournal.warmadewa.ac.id/index.php/paduraksa/article/download/10108/6232/54597>.
- [6] N. Umami, A. Umyati, R. Rahmawati, Analisis Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode Analisis Semi Kuantitatif AS/NZS 4360:1999 Dan PUSLITBANG Teknologi Mineral dan BatuBara Pada PT XYZ, J. Ind. Serv. 4 (2018) 14–20. <https://doi.org/10.36055/jiss.v4i1.4083>.
- [7] Vesely, Fault Tree Handbook (NUREG-0492), U.S. Nucl. Regul. Com. (1981) 209. <https://www.nrc.gov/docs/ML1007/ML100780465.pdf>.
- [8] D.S. Purnama, Analisa Penerapan Metode HIRARC Dan HAZOPS Dalam Kegiatan Identifikasi Potensi Bahaya dan Resiko pada Proses Unloading Unit Di PT. Toyota Astra Motor, J. PASTI 3 (2015) 103–111. <https://journal.unhas.ac.id/index.php/jrtk/article/view/697/497>.
- [9] B.V. Bagas Prakosa, R. Rochmoeljati, Analisa Pencegahan Reject Pada Produksi Roll Karet dengan Fault Tree Analysis (FTA) dengan Rekomendasi Perbaikan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) di PT. Ustegra (Usaha Teknik Grafika), Juminten 2 (2021) 25–37. <https://doi.org/10.33005/juminten.v2i5.297>.