

IMPLEMENTASI METODE *FAULT TREE ANALYSIS* DALAM MEMINIMALKAN RISIKO KECELAKAAN KERJA PADA PERAWATAN *RUBBER TYRED GANTRY* DI TERMINAL PETI KEMAS PT.PELINDO IV BITUNG

Zet Kadang, Tritiya A. R. Arungpadang, Johan S. C. Neyland

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado

ABSTRAK

Alat *Rubber Tyred Gantry* (RTG) merupakan salah satu alat vital yang selalu membutuhkan perawatan untuk menjamin kesiapan operasional. Penyebab dari kecelakaan kerja bisa datang kapan, di mana dan kepada siapa saja. Untuk meminimalisir angka kecelakaan kerja perlu dilakukan langkah antisipasi baik dari pihak pekerja maupun pihak manajemen perusahaan. Penelitian ini berfokus untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja menggunakan metode *failure mode and effect analysis* (FMEA) untuk menentukan jenis risiko kecelakaan yang berpotensi tinggi terjadi berdasarkan hasil penilaian RPN, kemudian menganalisis akar-akar penyebab risiko kecelakaan kerja tersebut menggunakan metode *fault tree analysis* (FTA), dan selanjutnya memberikan usulan mitigasi risiko menggunakan metode 5W+1H.

Dari hasil penerapan metode FMEA diketahui bahwa dalam proses pemeliharaan alat RTG terdapat enam potensi risiko kecelakaan kerja yang paling kritis ditinjau dari *Risk priority Number* (RPN) yaitu; Pengelasan dengan RPN sebesar 80, Pengecekan kelistrikan dengan RPN sebesar 80, Potong besi dengan RPN sebesar 80, mengganti V-belt dengan RPN sebesar 64, Pengecekan air radiator dengan RPN sebesar 60, Penggantian oli, oil filter dan fuel filter mesin dengan RPN sebesar 60.

Berdasarkan hasil analisis metode FTA dan 5W+1H, alternatif solusi untuk risiko kecelakaan kerja antara lain; melakukan pelatihan mengenai kegiatan perawatan alat dengan prosedur yang benar dan tepat, memberikan prosedur penggunaan APD dan melakukan pengawasan yang ketat, dilakukan perawatan secara berkala dan pengecekan mesin setelah dipakai dalam jangka waktu tertentu serta dilakukan pergantian mesin atau *tools* jika sudah terlalu tua, memilih material berdasarkan kualitas dan keamanannya, dan menciptakan lingkungan kerja yang nyaman dan aman dengan *safety* yang memadai.

Kata Kunci: FTA, FMEA, *Risk Priority Number*, 5W+1H.

ABSTRACT

The Rubber Tyred Gantry (RTG) tool is one of the vital tools that always requires Perawatan to ensure operational readiness. The causes of work accidents can come anytime, anywhere and to anyone. To minimize the number of work accidents, it is necessary to take anticipatory steps from both the workers and company management. This research focuses on minimizing the occurrence of work accidents using the failure mode and effect analysis (FMEA) method to determine the types of accidents that have a high potential to occur based on the RPN assessment, then analyzing the root causes of the risk of work accidents using the fault tree analysis (FTA) method, and then provide risk loan advice using the 5W+1H (what,who,when,where,why + how) method.

From the results of the application of the FMEA method it is known that in the process of maintaining RTG equipment there are six potential risks of work accidents that are the most critical in terms of Risk Priority Number (RPN), namely; Welding with an RPN of 80, Checking electricity with an RPN of 80, Cutting iron with an RPN of 80, replacing the V-belt with an RPN of 64, Checking radiator water with an RPN of 60, Changing oil, oil filter and engine fuel filter with an RPN of 60.

Based on the results of the analysis of the FTA and 5W+1H methods, alternative solutions for work accident risks include; conduct training on equipment Perawatan activities with correct and proper procedures, provide procedures for using PPE and carry out strict supervision, carry out periodic Perawatan and check machines after they are used for a certain period of time and replace machines or tools if they are too old, choose materials based on quality and safety, as well as creating a comfortable and safe work environment with adequate security.

Keywords: FTA, FMEA, *Risk Priority Number*, 5W+1H.

I. PENDAHULUAN

1. 1 Latar Belakang

Dengan intensitas penggunaan *Rubber Tyred Gantry* (RTG) dapat dikatakan tidak ada hentinya maka untuk menjaga alat selalu dalam kondisi operasional perlu dilakukan perawatan secara berkala. Perawatan peralatan pelabuhan

ditangani langsung oleh PT Equiport Inti Indonesia yang merupakan anak perusahaan PT Pelindo IV Bitung.

Kecelakaan kerja merupakan suatu kejadian di tempat kerja yang tidak dikehendaki dan tidak terduga yang dapat mengakibatkan kerugian fisik, harta benda bahkan kematian. Setiap tempat kerja

selalu mengandung berbagai potensi bahaya yang dapat menyebabkan timbulnya penyakit akibat kerja maupun kecelakaan kerja. Menurut Undang-Undang No.1 Tahun 1970 Tentang Keselamatan Kerja, dikatakan bahwa setiap tenaga kerja berhak mendapat perlindungan atau keselamatan dalam melakukan pekerjaan di tempat kerja, sehingga kewajiban dalam menerapkan K3 dalam sebuah instansi ataupun perusahaan hukumnya wajib.

Berdasarkan data yang dikeluarkan Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Ketenagakerjaan telah terjadi kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja di tahun 2019 sebanyak 15.486 kasus dengan jumlah korban 13.519 orang, tahun 2020 jumlah kasus 6.037 dengan jumlah korban 4.287 orang pekerja, dan tahun 2021 jumlah kasus 7.298 dengan jumlah korban 9.224 orang pekerja (Profil Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Nasional di Indonesia, 2022).

Dalam menulis skripsi ini peneliti berpedoman pada beberapa referensi peneliti terdahulu yang relevan dengan penelitian ini. Penelitian terdahulu yang kurang lebih sama dengan penelitian ini yaitu penelitian yang dilakukan oleh Rumondor dkk (2023), yang mana penelitian terkait tentang dampak terjadinya kecelakaan kerja dengan menganalisis risiko bahaya yang dapat terjadi di setiap perkerjaan bongkar muat menggunakan alat *container crane* di PT Equiport Inti Indonesia Pelabuhan Peti kemas Bitung menggunakan metode HIRARC. Ada juga penelitian dari Supardi dkk (2019), yang mana penelitian tersebut untuk melakukan analisis dan menemukan solusi atas terjadinya gagal antar surat dan paket dengan metode *Failure Mode End Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) studi kasus di PT Pos Indonesia Jakarta Pusat. Kemudian penelitian dari Ferdiana dkk (2015), Dimana penelitian tersebut untuk mengetahui faktor-faktor penyebab cacat berdasarkan data dari *Ground Finding Sheet* (GFS) menggunakan pendekatan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) studi kasus di PT. GMF Aeroasia. Dengan menggunakan metode FTA diperoleh 15 *basic event* yang dapat menyebabkan *defect* di part kabin pesawat. Penelitian ini lebih berfokus untuk meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja dengan menganalisis akar-akar penyebab dasar atau basic event pada kecelakaan kerja berdasarkan tingkat kekritisannya. penelitian disini menggunakan metode *Fault Tree Analysis* untuk mencari penyebab dasar terjadinya kecelakaan kerja sehingga mitigasi risiko kecelakaan kerja dapat lebih berfokus dan terarah.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Kecelakaan merupakan suatu kejadian yang bersifat tidak pasti, karena tidak dapat diprediksi kapan terjadinya, dimana tempatnya serta besar kecil kerugian yang ditimbulkan. Menurut Heinrich dalam Alvernia (2018),

penyebab kecelakaan kerja yang sering ditemui adalah tindakan yang tidak aman sebesar 88 %, kondisi lingkungan yang tidak aman sebesar 10%, dan takdir dari yang Maha Kuasa sebesar 2% atau ketiga hal tersebut terjadi secara bersamaan.

2.2 Rubber Tyred Gantry

RTG merupakan alat yang dapat di gunakan untuk mengangkat dan sekaligus memindahkan muatan (peti kemas) dari suatu tempat yang diinginkan dalam jarak yang relatif dekat.



Gambar 2.1 Rubber Tyred Gantry

2.3 Metode Fault Tree Analysis

FTA adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu risiko yang berperan langsung terhadap terjadinya kegagalan. Menurut Priyanta dalam Indah (2019), FTA merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengenali risiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top down*, yang diawali dengan kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*Top Event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *Top Event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*).

Menurut Blachard dalam Indah (2019), langkah-langkah metode FTA :

1. Mengidentifikasi kejadian/peristiwa terpenting dalam sistem (*top level event*).
2. Membuat pohon kesalahan
3. Menganalisa pohon kesalahan.

2.3.1 Mengidentifikasi pohon kesalahan (*fault tree*)

Identifikasi pohon kesalahan dilakukan dengan mencari minimal *Cut Set* dan *basic event*. Minimal *cut set* adalah himpunan kombinasi terkecil dari basic event dimana jika *basic event* tersebut terjadi akan menyebabkan *top event* terjadi. Sedangkan *Basic Event* adalah suatu kejadian awal yang dianggap sebagai penyebab dasar permasalahan yang tidak perlu dilakukan analisa lebih lanjut. Sebuah *cut set* dikatakan sebagai minimal *cut set* jika *cut set* tersebut tidak dapat direduksi tanpa menghilangkan statusnya sebagai *cut set* (Pandey dalam Andika, R.D, 2018).

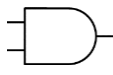






2.3.2 Simbol dan istilah dalam metode *fault tree analysis*

Simbol-simbol dalam FTA dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Simbol-simbol gerbang (*gate*).

Simbol *gate* digunakan untuk menunjukkan hubungan antar kejadian dalam sistem.

Tabel 2.1 Simbol-Simbol Gerbang (*gate*)





No	Simbol <i>gate</i>	Nama Dan Keterangan
1		<i>And gate</i> . <i>Output event</i> terjadi jika semua <i>input event</i> terjadi secara bersamaan.
2		<i>Or gate</i> . <i>Output event</i> terjadi jika paling tidak satu <i>input event</i> terjadi.
3		<i>k out of n gate</i> . <i>Output event</i> terjadi jika paling sedikit <i>k output</i> dari <i>n input event</i> terjadi.
4		<i>Exclusive OR gate</i> . <i>Output event</i> terjadi jika satu <i>input event</i> , tetapi tidak terjadi.
5		<i>Inhibit gate</i> . <i>Input</i> menghasilkan <i>output</i> jika <i>conditional event</i> ada.
6		<i>Priority AND gate</i> . <i>Output event</i> terjadi jika semua <i>input event</i> terjadi baik dari kanan maupun kiri.
7		<i>Not gate</i> . <i>Output event</i> terjadi jika <i>input event</i> tidak terjadi.

Sumber : Blanchard, 2004 (Dikutip dari Djamal dan Rifki , 2015)

2. Simbol-simbol kejadian (*event*)

Simbol kejadian digunakan untuk menunjukkan sifat dari setiap kejadian dalam sistem.

Tabel 2.2 Simbol-Simbol Kejadian (*Event*)

No	Simbol <i>Gate</i>	Nama Dan Keterangan
1		Gambar <i>ellipse</i> menunjukkan kejadian pada level paling atas (<i>top level event</i>) dalam pohon kesalahan
2		Gambar <i>rectangle</i> menunjukkan kejadian pada level menengah (<i>intermediate fault event</i>) dalam pohon kesalahan
3		Gambar <i>circle</i> menunjukkan kejadian pada level paling bawah (<i>lowest level failure event</i>) atau disebut kejadian paling dasar (<i>basic event</i>)
4		Gambar <i>diamond</i> menunjukkan kejadian yang tidak terduga (<i>undeveloped event</i>). Kejadian - kejadian tak terduga dapat dilihat pada pohon kesalahan dan

		dianggap sebagai kejadian paling awal yang menyebabkan kerusakan.
5		Gambar <i>house</i> menunjukkan kejadian input (<i>input event</i>) dan merupakan kegiatan terkendali (<i>signal</i>). Kegiatan ini dapat menyebabkan kerusakan

Sumber : Blanchard, 2004 (Dikutip dari Djamal dan Rifki , 2015)

2.4 Failure Mode Effect Analysis

FMEA adalah suatu metode untuk menganalisis kegagalan apa saja yang dapat berpotensi untuk membuat kesalahan pada suatu proses produksi atau desain. FMEA merupakan teknik rekayasa yang digunakan untuk menetapkan, mengidentifikasi, dan untuk menghilangkan kegagalan yang diketahui, permasalahan, error, dan sejenisnya dari sebuah sistem, desain, proses, dan atau jasa sebelum mencapai konsumen (Stamatis, 1999).

Berikut dapat dilihat kriteria penentuan tingkat risiko dalam metode FMEA (Blanchard dalam Andika, R.D, 2018):

Tabel 2.3 Kriteria Penentuan Tingkat Risiko Dalam Metode FMEA

Kriteria	Keterangan
<i>Occurrence</i>	Kriteria ini dapat ditentukan dengan melihat seberapa banyak gangguan yang terjadi dalam selang waktu yang di tentukan agar kita dapat mengetahui apa yang menyebabkan sebuah kerusakan.
<i>Detection</i>	Kriteria ini dapat ditentukan bagaimana kegagalan tersebut dapat diketahui sebelum terjadi. Tingkat deteksi dipengaruhi dari banyaknya kontrol yang mengatur jalannya proses, semakin banyak kontrol dan prosedur maka diharapkan tingkat deteksi dari kegagalan dapat semakin tinggi.
<i>Severity</i>	Kriteria ini dapat ditentukan dengan melihat seberapa serius kerusakan yang dihasilkan dengan terjadinya kegagalan proses.

2.4.4 Risk Priority Number (RPN)

Nilai RPN yang didapatkan dari hasil perkalian S, O, dan D akan menghasilkan tingkatan risiko dari pekerjaan. . Pekerjaan dengan nilai RPN tertinggi memiliki tingkat risiko yang tinggi, untuk selanjutnya akan mendapatkan prioritas utama dalam tindakan pencegahan (Andika, R.D 2018).

$$RPN = S*O*D$$

Adapun notasi S,O dan D dijelaskan sebagai berikut:
 S = *Severity* (tingkat keparahan)
 O = *Occurrence* (tingkat kejadian)
 D = *Detection* (deteksi).

2.5 Diagram Pareto

Diagram pareto membantu untuk memusatkan perhatian pada persoalan utama yang harus ditangani dalam upaya perbaikan. Joseph M. Juran mempopulerkan pekerjaan pareto dengan menyatakan bahwa 80% permasalahan perusahaan merupakan hasil dari penyebab yang hanya 20% (Sunarto dan Santoso Heru, 2020).

2.6 Usulan perbaikan Potensi Kecelakaan Kerja Dengan Metode 5W+1H

Setelah mengetahui akar-akar penyebab terjadinya kecelakaan kerja, maka perlu dilakukan mitigasi resiko kecelakan kerja untuk meminimalkan atau mencegah suatu risiko kecelakaan itu terjadi lagi. Usulan mitigasi resiko dengan landasan 5W+1H.

Tabel 2.4 Usulan perbaikan Potensi Kecelakaan Kerja Dengan 5W+1H

Pontensi cause	What	Why	Where	When	Who	How
	Apa saja rencana perbaikan yang akan dilakukan ?	Menyampaikan rencana perbaikan ?	Dimana tindakan perbaikan perlu dilakukan ?	Kapan perbaikan harus dilakukan ?	Siapa yang perlu melakukan tindakan perbaikan ?	Bagaimana rencana untuk melakukan perbaikan ?

Sumber : (Adaptasi dari Edi Supardi,Wais Alkhorni, 2019)

III. Metode Penelitian

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT Equiport Inti Indonesia Cabang Bitung Sulawesi Utara. Dan waktu pelaksanaan penelitian dimulai awal bulan februari 2023.

3.2 Studi pustaka

Studi pustaka dilakuakan dengan membaca buku, jurnal, ataupun diskusi dengan dosen dan mahasiswa terkait tentang konsep FTA serta manajemen risiko dalam Kesehatan dan

Keselamatan Kerja (K3) khususnya pada kegiatan proses bongkar muat petikemas.

3.3 Tahap Pengumpulan Data

Peneliti menggunakan metode pengumpulan data berupa wawancara dan penyebaran kuesioner yang akan diisi oleh karyawan di PT Equiport Inti Indonesia.

3.3.1 Identifikasi masalah

Dalam penelitian ini dilakukan analisis tentang kecelakaan kerja yang dapat terjadi serta dampak apa yang ditimbulkan selama proses perawatan RTG di PT Equiport Inti Indonesia.

3.3.2 Teknik pengambilan data

Pengumpulan data dilakukan dengan pendekatan wawancara dan kuesioner sebagai alat pengumpul data utama serta observasi secara langsung di PT.Equiport Inti Indonesia dan komunikasi via whatsapp untuk melengkapi data yang kurang.

3.3.3 Sumber data

Data Primer diperoleh dengan wawancara dan memberikan kuesioner kepada responden di lapangan serta Data sekunder diperoleh dengan mencari informasi dari berbagai literatur dan artikel.

3.3.4 Penentuan kriteria Responden penelitian untuk pengambilan data

Pada penelitian ini, responden yang di pilih dalam pengambilan data adalah karyawan atau mekanik di bidang perawatan atau yang memiliki wewenang dalam pemeliharaan RTG di perusahaan peti kemas Bitung. Menurut Firdaus (2020), Pakar atau ahli ialah seseorang yang dianggap sebagai sumber tepercaya atas teknik atau keahlian tertentu yang dimilikinya serta kemampuannya untuk menilai dan memberikan pandangan atau pendapat serta merumuskan sesuatu isu atau masalah dengan benar, dengan baik dan tepercaya sesuai dengan aturan atau kaidah dalam bidang tertentu.

3.3.5 Perancangan kuesioner

Pada tahapan ini dilakukan perancangan kuesioner untuk memperoleh informasi yang akurat dari responden. Penyebaran kuesioner untuk penilaian Risiko. Penilaian risiko dilakukan untuk menentukan risiko yang dihasilkan dari 3 macam parameter yaitu frekuensi kejadian (Occurence) dampak risiko (severity) dan tingkat deteksi (Detection) yang ditimbulkan.

3.3.6 Uji validitas dan reabilitas

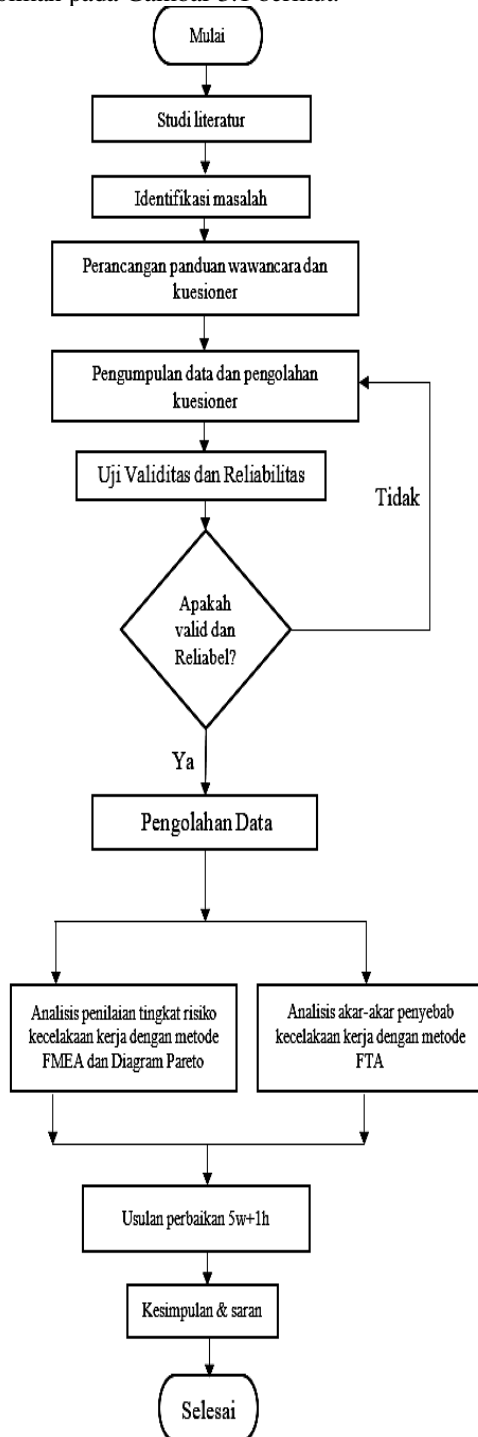
Uji validitas dan reabilitas perlu dilakukan pada kuesioner yang akan digunakan dalam penelitian agar instrument yang digunakan dapat dikatakan layak pakai dan memperoleh hasil penelitian yang tepercaya.

3.4 Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini akan diolah data-data yang terkumpul untuk melakukan identifikasi terkait akar-akar penyebab terjadinya kecelakaan kerja.

3.5 Diagram Alir

Adapun diagram alir dari tahap penelitian ini ditampilkan pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Jenis-Jenis Resiko Kecelakaan Kerja

Hasil wawancara dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Jenis Risiko Kerja Pada Proses Perawatan

No	Operasi kerja	Risiko kecelakaan kerja	Dampak risiko kecelakaan kerja
1	Pengecekan air radiator	Terpeleset dan terkena suhu panas	Luka ringan dan luka bakar
2	Pengecekan kelistrikan	Tersengat listrik	Cedera
3	Penggantian oli, <i>oil filter</i> dan <i>fuel filter</i> mesin	Luka bakar akibat suhu panas	Luka bakar
4	Mengganti ban	Terjepit atau tertindih alat	Luka sobek atau patah tulang
5	Pengelasan	Terkena paparan cahaya api las dan gangguan pernapasan akibat debu dan gas	Iritasi mata, luka bakar dan gangguan pernapasan
6	Penggantian tali kawat (<i>wire Rope</i>)	Terjatuh dari ketinggian	Patah tulang
7	Pengecekan system pendinginan ruangan cabin dan kelistrikan	Terjatuh dari ketinggian	Patah tulang
8	Potong besi	Terkena percikan api dan gangguan pernapasan akibat debu dan gas	Luka bakar dan gangguan pernapasan
9	Grease alat	Terjatuh dari ketinggian	Patah tulang
10	Pengecekan sistem <i>spreader</i>	Terjepit atau tertindih <i>spreader</i>	Luka sobek/patah tulang
11	Pengecekana <i>system trolley</i>	Terjatuh dari ketinggian	Patah tulang

12	Mengganti V-belt	Terjepit alat	Luka sobek
----	------------------	---------------	------------

4.2 Hasil Uji Validitas

Berikut tabel hasil perhitungan dari uji validitas pada angket *occurrence*, angket *severity*, dan angket *detection* yang masing-masing terdapat 12 butir pertanyaan dengan taraf signifikan disini 5% atau 0,05 menggunakan bantuan *software statistical product and service solution* (spss).

Tabel 4. 2 Hasil Uji Validitas Angket Occurrence (X)

Butir	rhitung	Rtabel	Kesimpulan
X1	0,912	0,632	Valid
X2	0,758		Valid
X3	0,912		Valid
X4	0,652		Valid
X5	0,697		Valid
X6	0,852		Valid
X7	0,852		Valid
X8	0,696		Valid
X9	0,715		Valid
X10	0,765		Valid
X11	0,803		Valid
X12	0,738		Valid

Tabel 4.3 Hasil Uji Validitas Angket Severity (Y)

Butir	rhitung	Rtabel	Kesimpulan
Y1	0,784	0,632	Valid
Y2	0,662		Valid
Y3	0,841		Valid
Y4	0,727		Valid
Y5	0,649		Valid
Y6	0,848		Valid
Y7	0,739		Valid
Y8	0,645		Valid
Y9	0,844		Valid
Y10	0,832		Valid
Y11	0,832		Valid
Y12	0,826		Valid

Tabel 4. 4 Hasil Uji Validitas Angket Detection (Z)

Butir	rhitung	Rtabel	Kesimpulan
Z1	0,942	0,632	Valid
Z2	0,942		Valid
Z3	0,942		Valid
Z4	0,785		Valid
Z5	0,942		Valid
Z6	0,701		Valid
Z7	0,785		Valid
Z8	0,917		Valid
Z9	0,685		Valid
Z10	0,804		Valid
Z11	0,717		Valid
Z12	0,735		Valid

4.3 Hasil Uji Reliabilitas

Variabel dikatakan reliabel jika memberikan nilai *Cronbach's Alpha* > 0,6. uji reliabilitas ini peneliti akan menghitung nilai output atau nilai reliabilitas dengan bantuan *software statistical product and service solution* (spss).

Tabel 4. 5 Nilai Dan Tingkat Reliabilitas

Nilai	Tingkat
0 - 0,2	Sangat Rendah
0,2 - 0,4	Rendah
0,4 - 0,6	Cukup
0,6 - 0,8	Tinggi
0,8 - 1,00	Sangat Tinggi

Sumber : (Slamet, dkk., 2022)

Berikut hasil perhitungan dari uji reliabilitas pada angket *Occurrence*, angket *Severity* dan angket *Detection*.

Tabel 4. 6 Hasil Uji Reliabilitas Angket Occurrence (X)

Atribut	Cronbach's Alpha	Kesimpulan
X1	0,938	Reliabel
X2		Reliabel
X3		Reliabel
X4		Reliabel
X5		Reliabel
X6		Reliabel
X7		Reliabel
X8		Reliabel
X9		Reliabel
X10		Reliabel
X11		Reliabel
X12		Reliabel

Tabel 4. 7 Hasil Uji Reliabilitas Angket Severity (Y)

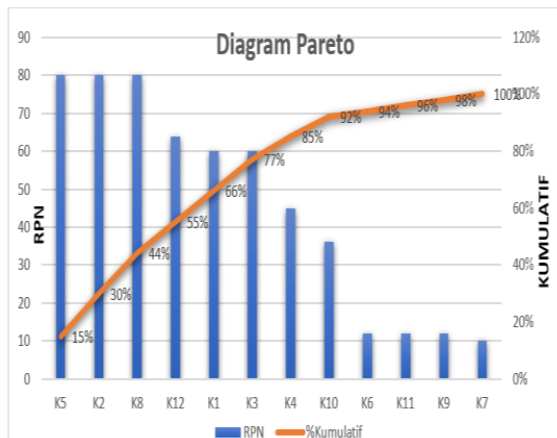
Atribut	Cronbach's Alpha	Kesimpulan
Y1	0,932	Reliabel
Y2		Reliabel
Y3		Reliabel
Y4		Reliabel
Y5		Reliabel
Y6		Reliabel
Y7		Reliabel
Y8		Reliabel
Y9		Reliabel
Y10		Reliabel
Y11		Reliabel
Y12		Reliabel

Tabel 4. 8 Hasil Uji Reliabilitas Angket *Detection* (Z)

Atribut	Cronbach's Alpha	Kesimpulan
Z1	0,955	Reliabel
Z2		Reliabel
Z3		Reliabel
Z4		Reliabel
Z5		Reliabel
Z6		Reliabel
Z7		Reliabel
Z8		Reliabel
Z9		Reliabel
Z10		Reliabel
Z11		Reliabel
Z12		Reliabel

4.4 Hasil Pengolahan Data Menggunakan diagram Pareto

Setelah mendapatkan nilai Risk Priority Number (RPN) untuk masing-masing risiko, langkah selanjutnya ialah menentukan 20% risiko kecelakaan prioritas dengan menggunakan diagram pareto. Hasil dari prinsip Pareto 80/20 ini adalah memperlihatkan risiko kecelakaan yang potensial dimana pada 80% permasalahan yang ada disebabkan oleh 20% penyebab.



Gambar 4.1 Diagram Pareto Risiko Kecelakaan

Berdasarkan gambar diagram Pareto di atas, maka Jenis kecelakaan kerja yang masuk kedalam *potensi cause* dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut ini:

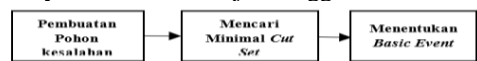
Tabel 4.9 Jenis Risiko Kerja Yang Masuk Kedalam *Potensi Cause*

No	Operasi Kerja	Risiko Kecelakaan kerja	Kode
1	Pengelasan	Terkena paparan cahaya api las dan gangguan pernapasan	K5

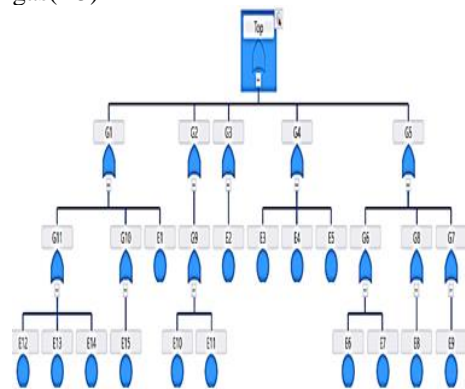
		akibat debu dan gas	
2	Pengecekan kelistrikan	Tersengat listrik	K2
3	Potong besi	Terkena percikan api dan gangguan pernapasan akibat debu dan gas	K8
4	Mengganti <i>V-belt</i>	Terjepit alat	K12
5	Pengecekan air radiator	Terpeleset dan terkena suhu panas	K1
6	Penggantian oli, <i>oil filter</i> dan <i>fuel filter</i> mesin	Luka bakar akibat suhu panas	K3

4.5 Identifikasi Akar-Akar Penyebab Kecelakaan Kerja Menggunakan FTA.

Fault Tree Analysis menguraikan penyebab-penyebab terjadinya *accident* dalam bentuk diagram pohon menggunakan simbol standar logika. Berikut langkah-langkah analisis penyebab terjadinya kecelakaan kerja menggunakan FTA.



1. Terkena paparan cahaya api las dan gangguan pernapasan akibat debu dan gas(K5)



Gambar 4.2 FTA Terkena Paparan Cahaya Api Las Dan Gangguan Pernapasan Akibat Debu Dan Gas (K5)

Adapun kode TOP, G, dan E dijelaskan sebagai berikut :

TOP= Inti permasalahan yang akan diidentifikasi penyebabnya

G= Kejadian pada level menenga

E= Kejadian paling dasar (basic event)

Keterangan lebih lanjut terkait gambar 4.3 diatas diuraikan pada tabel 4.16 berikut ini:

Tabel 4. 10 Keterangan FTA Terkena Paparan Cahaya Api Las Dan Gangguan Pernapasan Akibat Debu Dan Gas (K5)

Kode	Keterangan	Kode	Keterangan
TOP	Terkena paparan cahaya api las dan gangguan pernapasan akibat debu dan gas	E3	Debu
G1	Manusia	E4	Asap pengelasan
G2	Metode	E5	Percikan api las/slag
G3	Mesin	E6	Tidak menjaga kebersihan
G4	Material	E7	Tidak ada petugas kebersihan
G5	Lingkungan	E8	Kurang ventilasi
G6	Lingkungan kurang bersih	E9	Suasana kerja
G7	Bising	E10	Tidak ada APD
G8	Ruang tertutup	E11	APD tidak sesuai standar
G9	Tidak menggunakan APD	E12	Masalah psikologis
G10	Kurang pengetahuan	E13	Kurang Sehat
G11	Tidak fokus	E14	Rasa lapar
E1	Kurang hati-hati	E15	Tidak ada training
E2	Mesin tidak siap digunakan		

Penentuan minimal *cut set* menggunakan Aljabar Boolean untuk simbol OR dihitung dengan penjumlahan (+) dan simbol AND dihitung dengan perkalian (x).

Berikut Perhitungan minimal *cut set* :

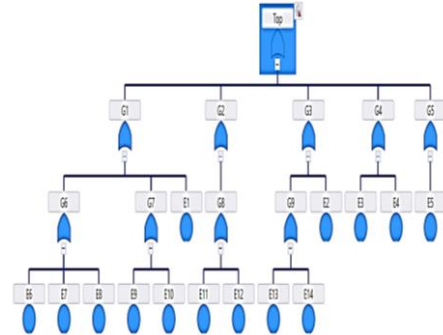
$$\begin{aligned}
 T &= \text{TOP} \\
 &= G1+G2+G3+G4 \\
 &= [G11+G10+E1]+G9+E2+[E3+E4+E5]+[G6+G8+G7] \\
 &= [E1+(E12+E13+E14)+E15]+(E10+E11) \\
 &\quad +E2+(E3+E4+E5)+[E8+E9+(E6+E7)]
 \end{aligned}$$

Dari hasil penentuan *cut set* diperoleh 15 *basic event* yang menjadi penyebab

Terkena paparan cahaya api las dan gangguan pernapasan akibat debu dan gas yaitu:

(E1,E12,E13,E14,E15,E10,E11,E2,E3,E4,E5,E8,E9,E6,E7)

2. Tersengat Listrik



Gambar 4.1 FTA Tersengat Listrik
Keterangan lebih lanjut terkait gambar 4.5 diatas, diuraikan pada tabel 4.11 berikut :

Tabel 4. 11 Keterangan FTA Tersengat Listrik

Kode	Keterangan	Kode	Keterangan
TOP	Tersengat listrik	E3	Kebisingan
G1	Manusia	E4	Ruangan basah
G2	Material	E5	Mesin belum siap digunakan
G3	Metode	E6	Rasa lapar
G4	Lingkungan	E7	Kurang sehat
G5	Mesin	E8	Gangguan psikologi
G6	Kurang fokus	E9	Tidak ada training
G7	Kurang keahlian	E10	Kurang pengalaman
G8	Korsleting	E11	Material tidak sesuai standar
G9	Tidak menggunakan APD	E12	Rangkaian tidak benar
E1	Tidak hati-hati	E13	Tidak ada APD
E2	Tidak ada pelatihan penggunaan APD	E14	APD tidak sesuai standar

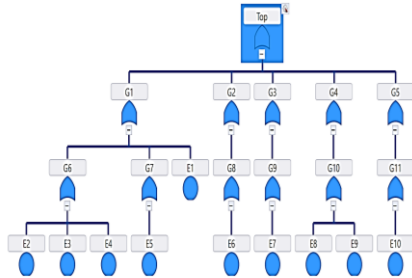
Perhitungan minimal *cut set* :

$$\begin{aligned}
 T &= \text{TOP} \\
 &= G1+G2+G3+G4+G5 \\
 &= [G6+G7+E1]+G8+[G9+E2]+[E3+E4]+E5
 \end{aligned}$$

$$=(E3+E4)+E5+[(E6+E7+E8)+(E9+E10)+E11]+(E11+E12)+[(E2)+(E13)+(E14)]$$

Dari hasil penentuan *cut set* diperoleh 14 *basic event* yang menjadi penyebab tersengat listrik yaitu : (E3,E4, E5,E6,E7,E8,E9,E10,E11,E12,E2,E13, E14)

3. Terkena percikan api dan gangguan pernapasan akibat debu dan gas



Gambar 4. 2 FTA Terkena Percikan Api dan Gangguan Pernapasan

Keterangan lebih lanjut terkait gambar 4.7 diatas, diuraikan pada tabel 4.12 berikut:

Tabel 4. 12 Keterangan *Fault Tree Analysis*

Kode	Keterangan	Kode	Keterangan
TOP	Terkena percikan api dan gangguan pernapasan akibat debu dan gas	G11	Ruang tertutup
G1	Manusia	E1	Kurang hati-hati
G2	Metode	E2	Rasa lapar
G3	Mesin	E3	Gangguan psikologis
G4	Material	E4	Kurang sehat
G5	Lingkungan	E5	Tidak ada training
G6	Tidak fokus	E6	Tidak tersedia APD
G7	Kurang berpengalaman	E7	Mesin bermasalah atau belum disetting
G8	Tidak menggunakan APD	E8	Material terlalu keras
G9	Mesin belum siap digunakan	E9	Material berkarat
G10	Kondisi material	E10	Kurang ventilasi

Berikut Perhitungan minimal cut set :

$$T= TOP$$

$$= G1+G2+G3+G4+G5$$

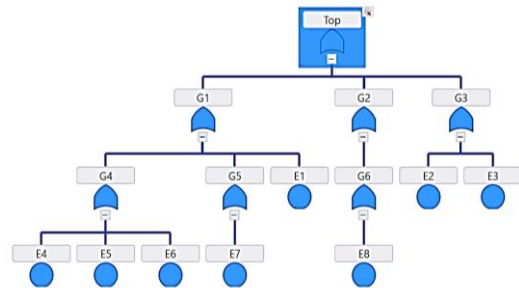
$$= [G6+G7+E1]+G8+G9+G10+G11$$

$$= [E1(E2+E3+E4)+E5]+E6+E7+(E8+E9)+E10$$

Dari hasil penentuan *cut set* diperoleh 10 *basic event* yang menjadi penyebab Terkena percikan api dan gangguan pernapasan akibat debu dan gas yaitu:

(E1,E2,E3,E4,E5,E6,E7,E8,E9,E10)

4. Terjepit Alat



Gambar 4. 3 FTA Terjepit Alat

Keterangan lebih lanjut terkait gambar 4.9 diatas, diuraikan pada tabel 4.13 berikut

Tabel 4. 13Keterangan *Fault Tree Analysis* Terjepit Alat

Kode	Keterangan	Kode	Keterangan
TOP	Terjepit alat	E2	Bising
G1	Manusia	E3	Ruang kerja sempit
G2	Metode	E4	Rasa lapar
G3	Lingkungan	E5	Gangguan Psikologis
G4	Tidak fokus	E6	Kurang sehat
G5	Kurang pengalamn	E7	Tidak ada training
G6	Tidak menggunakan APD	E8	APD tidak ada
E1	Kurang hati-hati		

Berikut Perhitungan minimal *cut set* :

$$T= TOP$$

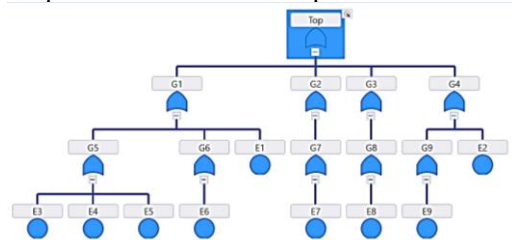
$$= G1+G2+G3$$

$$= [G4+G5+E1]+G6+[E2+E3]$$

$$= [E1+E7+(E4+E5+E6)]+E8+[E2+E3]$$

Dari hasil penentuan *cut set* diperoleh 8 *basic event* yang menjadi penyebab Terjepit alat seperti : (E1,E7,E4,E5,E6,E8,E2,E3)

5. Terpeleset dan terkena suhu panas



Gambar 4. 4 FTA Terpeleset Dan Terkena Suhu Panas

Keterangan lebih lanjut terkait gambar 4.11 diatas, diuraikan pada tabel 4.14 berikut:

Tabel 4. 14 Keterangan FTA Terpeleset Dan Terkena Suhu Panas.

Kode	Keterangan	Kode	Keterangan
TOP	Terpeleset dan terkena suhu panas.	E1	Kurang hati-hati
G1	Manusia	E2	Ruang sempit
G2	Metode	E3	Rasa lapar
G3	Mesin	E4	Kurang sehat
G4	Lingkungan	E5	Gangguan psikologis
G5	Tidak fokus	E6	Tidak ada training
G6	Kurang pengalaman	E7	APD tidak ada
G7	Tidak menggunakan APD	E8	Kebocoran sistem pendingin
G8	Mesin tidak siap digunakan	E9	Kurang ventilasi
G9	Ruang tertutup		

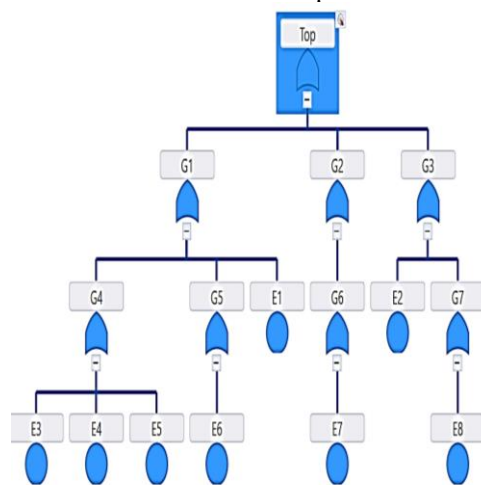
Berikut Perhitungan minimal *cut set* :

$$\begin{aligned}
 T &= \text{TOP} \\
 &= G1+G2+G3+G4 \\
 &= [G5+G6+E1]+G7+G8+[G9+E2] \\
 &= \\
 &= [E6+E1+(E3+E4+E5)]+E7+E8+[E2+E9]
 \end{aligned}$$

Dari hasil penentuan *cut set* diperoleh 4 *basic event* yang menjadi penyebab Terpeleset dan terkena suhu panas seperti:

(E6,E1,E3,E4,E5,E7,E8,E2,E9)

6. Luka bakar akibat suhu panas



Gambar 4.5 FTA Luka Bakar Akibat Suhu Panas

Keterangan lebih lanjut terkait gambar 4.13 diatas, diuraikan pada tabel 4.15 berikut:

Tabel 4. 15 Keterangan Fault Tree Analisis Luka Bakar Akibat Suhu Panas

Kode	Keterangan	Kode	Keterangan
TOP	Luka bakar akibat suhu panas	E1	Tidak hati-hati
G1	Manusia	E2	Ruang sempit
G2	Metode	E3	Kurang sehat
G3	Lingkungan	E4	Gangguan psikologis
G4	Kurang fokus	E5	Rasa lapar
G5	Kurang pengalaman	E6	Tidak ada training
G6	Tidak menggunakan APD	E7	APD tidak ada
G7	Ruang tertutup	E8	Kurang ventilasi

Berikut Perhitungan minimal *cut set*:

$$\begin{aligned}
 T &= \text{TOP} \\
 &= G1+G2+G3 \\
 &= [G4+G5+E1]+G6+[E2+G7] \\
 &= [E1+E6+(E3+E4+E5)]+E7+[E2+E8]
 \end{aligned}$$

Dari hasil penentuan *cut set* diperoleh 8 *basic event* yang menjadi penyebab Luka bakar akibat suhu panas seperti: (E1,E6,E3,E4,E5,E7,E2,E8)

4.6 Usulan Perbaikan Potensi Kecelakaan Kerja Dengan Metode 5W+1H

Untuk perbaikan atau pencegahan suatu permasalahan dapat digunakan metode 5W+1H dengan rencana-rencana tindakan yang akan menerangkan tentang alokasi sumber-sumber daya serta dilakukan penerapan dari suatu rencana.

Potensi cause	Faktor	Why	What	Where	When	Who	How
Kecelakaan kerja akibat kerja	Manusia						
	Bekerja tidak sesuai prosedur	Kesadaran diri yang kurang	Memberikan pelatihan yang sesuai dengan bidangnya dan memotivasi karyawan	Bagian teknis perawatan	Sebulan sekali atau pada saat Apel pagi dan Briefing	Service Engineer dan Supervisor	Dilakukan pelatihan mengenai kegiatan perawatan alat dengan prosedur yang benar dan tepat
	Metode						
	peraturan kurang tegas dan kesalahan sistem kerja	Lemahnya sistem k3 yang sedang berjalan	Memperbaiki k3 dan metode kerja dengan mengevaluasi kecelakaan kerja yang terjadi serta sanksi yang tegas kepada siapa yang melanggar	Bagian Teknis perawatan	Setelah ditemukannya kesalahan dengan tidak menggunakan APD pada saat bekerja dan tidak sesuai standar kerja	site manager Service Engineer	Memberikan penjelasan atau instruksi prosedur penggunaan APD dan melakukan pengawasan yang ketat
	Mesin						
	Error atau tidak siap digunakan	Daya kerja mesin yang kurang maksimal atau mesin sudah terlalu tua	Perawatan dan pengontrolan secara rutin sesuai jadwal yang sudah ditentukan dan memeriksa setiap pergantian shift atau mengganti mesin baru	Bagian Hands tools dan Mesin RTG	Pada saat Daily check	Teknisi perawatan	Dilakukan perawatan secara berkala dan dilakukan pengecekan mesin setelah dipakai dalam jangka waktu tertentu serta dilakukan pergantian mesin atau tools jika sudah terlalu tua
Material							
Kualitas yang buruk	Menghambat kinerja mutu perawatan	Memilih material yang berkualitas dan sesuai kebutuhan		Di Workshop	Secepat mungkin	Bagian penyedia spare part (Admin Gudang)	Pemilihan material berdasarkan kualitas dan keamanannya
Lingkungan							
Ruang kerja kurang mendukung	Ketidaknyamanan lingkungan kerja	Beradaptasi dengan lingkungan kerja dan memakai APD yang lengkap		Bagian alat dan di Whorshop	Setiap hari kerja	Teknisi dan Supervisor	Menciptakan lingkungan kerja yang nyaman dan aman dengan safety yang memadai

Gambar 4.8 Usulan Pengendalian Risiko Dengan Metode 5W+1H

V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- Pada proses pemeliharaan RTG terdapat enam potensi risiko kecelakaan kerja yang paling kritis ditinjau berdasarkan skor risk priority number (RPN) yaitu: Pengelasan dengan RPN 80, Pengecekan kelistrikan dengan RPN 80, Potong besi dengan RPN 80, mengganti V-belt dengan RPN 64, Pengecekan air radiator dengan RPN 60, Penggantian oli, oil filter dan fuel filter mesin dengan RPN 60.
- Berdasarkan hasil analisis kecelakaan kerja menggunakan metode FTA diketahui lima faktor utama penyebab terjadinya risiko kecelakaan kerja pada proses pemeliharaan alat RTG, yaitu faktor manusia, metode, mesin, material dan lingkungan seperti :
 - Faktor manusia yaitu tidak hati-hati, rasa lapar, gangguan psikologis, Kurang sehat, tidak ada training, dan kurang pengalaman.

- Faktor metode yaitu tidak ada APD, tidak ada pelatihan penggunaan APD, dan APD tidak sesuai standar.
 - Faktor mesin yaitu terjadi error atau tidak siap digunakan.
 - Faktor material yaitu material tidak sesuai standar, material terlalu keras, dan material berkarat.
 - Faktor lingkungan yaitu kebisingan, ruang basah, ruang sempit dan ruang tertutup.
- Dengan menggunakan metode 5W+1H usulan perbaikan yang dapat dilakukan oleh perusahaan adalah sebagai berikut :
 - Mengadakan pelatihan prosedur yang benar dan tepat mengenai kegiatan perawatan alat.
 - memberikan penjelasan atau instruksi prosedur penggunaan APD serta melakukan pengawasan yang ketat.
 - Melakukan perawatan secara berkala, pengecekan mesin setelah dipakai dalam jangka waktu tertentu dan dilakukan penggantian mesin atau tools jika sudah terlalu tua.
 - Pemilihan material berdasarkan kualitas dan keamanannya, dan menciptakan lingkungan kerja yang nyaman dan aman dengan safety yang memadai.

5.2 Saran

- Untuk penelitian selanjutnya ada baiknya menggunakan metode lain atau ditambahkan metode lagi untuk mengukur K3 di PT. Equiport Inti Indonesia, Bitung.
- Untuk perusahaan disarankan agar meningkatkan dan menekankan kesehatan dan keselamatan kerja (K3) sehingga risiko kecelakaan kerja pada perawatan alat RTG dapat diantisipasi sebelum terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah, NR, Fitria, L, & Desrianty, A. (2015). Usulan Perbaikan Kualitas Produk Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Di Pabrik Roti Bariton. Reka Integra, ejurnal.
- Adiratna, Fertiadz. Profil keselamatan dan kesehatan kerja nasional Indonesia Tahun 2022. Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, Jakarta Selatan . 978-979-9110-38-1 .
- Andika, rully dwi. (2018) Analisis keandalan instrumentasi pada cooling water system unit 1 dan fuel oil supply unit 3 menggunakan metode fault tree analysis (fta)(studi kasus pt. Pln pltd/g teluk lembu pekanbaru). Diss. Universitas islam negeri sultan syarif kasim riau.
- Djamil, Nugraheni, and Rifki Azizi. (2015). "Identifikasi dan rencana perbaikan

- penyebab delay produksi melting proses dengan konsep Fault Tree Analysis (FTA) di PT. XYZ." *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya* 1.1 : 34-45.
- Ferdiana, Tara, and Ilham Priadythama. (2015). "Analisis Defect Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Berdasarkan Data Ground Finding Sheet (GFS) PT. GMF AEROASIA." *Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret* .
- Firdaus, Ali Firdaus Firdaus. (2020). "Pemetaan Kepakaran Melalui Jurnal yang Telah Dipublikasikan Dengan Metode Association Rules Dan Pendekatan Algoritma Brute-Force." *JUPITER (Jurnal Penelitian Ilmu dan Teknik Komputer)* 12.2 : 47-55.
- Jurni, and Boma Wardhana Hutabarat. (2019) "Analisa Tingkat Risiko Kecelakaan Kerja pada Bagian Foundry di PTPN IV Unit Pabrik Mesin Teneradolok Ilir." *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU*. Vol. 2. No. 1.
- Mentari Dini. (2017). "Analisis Pelaksanaan kegiatan Pemeliharaan (*Perawatan*) Terhadap kualitas". produk pada CV Green Perkasa Pematangsiantar. *Jurnal Maker* ,ISSN : 2502-4434 Vol. 3, No. 1.
- Permatasari, Indah. (2019). Penerapan Metode Fault Tree Analysis Dan Failure Mode And Effect Analysis Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Busana Muslim (Studi Kasus Di Brand X). *Diss. Universitas Pendidikan Indonesia*.
- Putri, S.Y dan, Assidiq, F.M. (2022). Analisis Bahaya dan Risiko kecelakaan Kerja Pada Pemeliharaan Alat Container Crane (CC). *SENSISTEK riset dan teknologi Universitas Hasanuddin .Makassar*.
- Rumondor, Tritiya Arungpadang, Jefferson Mende (2023). Penerapan Metode HIRARC Untuk Analisis Resiko Keselamatan Kerja di PT.Equiport Inti Indonesia Pelabuhan Peti Kemas Bitung.Skripsi Program S1 Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Sunarto, Nugroho, Heru. 2020. "Buku Saku Analisis Pareto" Surabaya: Prodi Kebidanan Magetan Poltekkes Kemenkes Surabaya 366-37