

ANALISIS DAN MITIGASI RISIKO INSTALASI LISTRIK MENGGUNAKAN METODE FMEA DAN FTA PADA DEPARTEMEN FASILITAS TERMINAL DI PERUSAHAAN PENYEDIA JASA TERMINAL DAN BONGKAR MUAT SURABAYA

Stella Aurellia Levina Mokoginta¹⁾, Aditya Maharani, S.Si., M.T.²⁾, dan Devina Puspita Sari, S.T., M.T.³⁾

^{1,2,3} Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
E-mail: stelaaurelia@gmail.com

Abstract

Free trade and technological advancements have increased global cargo flows, positioning container terminals as vital nodes in the supply chain. The Surabaya Terminal and Stevedoring Service Company plays a strategic role, yet the risk of electrical installation failures threatens business sustainability. This study aims to identify, evaluate, and propose mitigation measures for electrical installation risks in the Terminal Facilities Department, employing the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method for risk prioritization and Fault Tree Analysis (FTA) for mitigation planning. The results reveal four highest-priority risks: electric shock (RPN 342.00), cable wear on crane and reefer yard lines (RPN 274.44), aging electrical infrastructure (RPN 263.89), and non-compliance with SOPs (RPN 211.11), all of which fall within the red zone (high risk) of the risk map. FTA calculations rank electric shock as the top risk with a probability of 25.6%. Recommended mitigation measures include inspecting and replacing exposed cables, improving PPE compliance, managing PPE stock, enforcing work procedures, and conducting regular occupational safety training to foster a strong safety culture.

Keyword: *Electrical Installation, FMEA, FTA, Risk Management, Operational Risk*

Abstrak

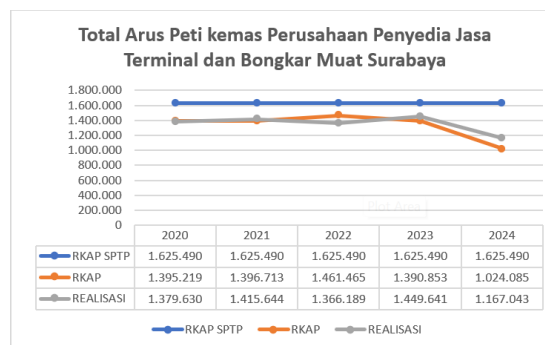
Perdagangan bebas dan kemajuan teknologi meningkatkan arus barang global, menjadikan terminal peti kemas sebagai simpul vital rantai pasok. Perusahaan Penyedia Jasa Terminal dan Bongkar Muat Surabaya berperan strategis, namun risiko kegagalan instalasi listrik dapat mengganggu keberlanjutan bisnis. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi, mengevaluasi, dan memberikan mitigasi risiko instalasi listrik pada Departemen Fasilitas Terminal menggunakan metode FMEA untuk penentuan prioritas dan FTA untuk mitigasi. Hasilnya, empat risiko dengan RPN tertinggi adalah tersengat listrik (RPN 342,00), keausan kabel jalur crane dan reefer yard (RPN 274,44), infrastruktur listrik tua (RPN 263,89), dan ketidakpatuhan SOP (RPN 211,11), yang seluruhnya berada pada zona merah peta risiko. Perhitungan FTA menempatkan risiko tersengat listrik di peringkat pertama dengan probabilitas 25,6%. Mitigasi yang direkomendasikan meliputi pemeriksaan dan penggantian kabel terbuka, peningkatan kepatuhan APD, pengelolaan stok APD, penegakan prosedur kerja, serta pelatihan K3 rutin untuk membangun budaya keselamatan.

Kata Kunci: FMEA, FTA, Instalasi Listrik, Manajemen Risiko, Risiko Operasional

1. Pendahuluan

Perdagangan bebas yang didukung pertumbuhan teknologi memudahkan pertukaran informasi, pembayaran, dan pengiriman barang, sehingga arus produk domestik meningkat. Perdagangan bebas sendiri diartikan sebagai sistem tanpa hambatan antarnegara (Keynes, et al., 1891). Moda transportasi berperan penting dalam perpindahan barang (Salim, 2000). Menurut BPS (Emo & Mira, 2024), ekspor Indonesia 2023 mencapai US\$258,77 miliar, dengan 94,86% menggunakan moda laut, menjadikan terminal peti kemas vital sebagai penghubung laut-darat. Pertumbuhan arus peti kemas memicu persaingan ketat antar perusahaan, sehingga pelayanan berkualitas menjadi tuntutan (Yunus, et al., 2022).

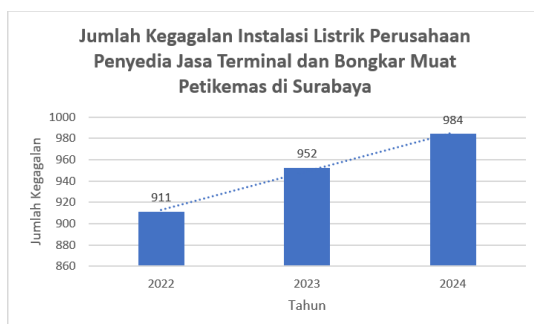
Perusahaan Penyedia Jasa Terminal dan Bongkar Muat Surabaya, anak perusahaan SPTP, berkomitmen menciptakan terminal ramah lingkungan melalui elektrifikasi RTG dan sistem bisnis efisien. Target arus peti kemas mengacu pada RKAP SPTP (1.625.490 TEUs/tahun) dan RKAP internal. Namun, lima tahun terakhir target SPTP belum tercapai, bahkan 2020 dan 2022 tidak mencapai target internal. Hingga September 2024, arus tercatat 1.167.043 TEUs, sudah melebihi RKAP internal (1.024.085 TEUs).



Gambar 1. 1 Total Arus Peti Kemas (Data Perusahaan, 2020 – 2024)

Ketidakmampuan mencapai target arus peti kemas dapat mempengaruhi keberlanjutan perusahaan, sehingga diperlukan pemantauan kinerja dan inovasi layanan. Bagi Perusahaan Penyedia Jasa Terminal dan Bongkar Muat Surabaya, Departemen Fasilitas Terminal berperan penting dalam memastikan panel Listrik sumber daya bagi peralatan utama—tetap optimal. Namun, kondisi lingkungan pelabuhan mempercepat kerusakan panel, dan gangguan listrik dapat menghentikan operasional, menimbulkan

keterlambatan, kerugian finansial sekitar Rp12 juta per jam, serta menurunkan kepercayaan pelanggan.



Gambar 1. Jumlah Kegagalan Instalasi Listrik (Data Perusahaan, 2022 – 2024)

Kegagalan instalasi listrik di Departemen Fasilitas Terminal terus meningkat dengan pemulihan 4–5 jam, berdampak pada potensi kerugian besar meski laba harian optimal dapat mencapai $\pm$ Rp120 juta. Pada 2024, departemen ini menempati peringkat keempat tertinggi dalam investigasi kecelakaan, sehingga mitigasi risiko menjadi sangat penting. Dengan pendekatan FMEA untuk menentukan prioritas risiko dan FTA untuk menelusuri penyebab kegagalan, perusahaan diharapkan mampu mengendalikan risiko instalasi listrik, menjaga kualitas layanan, dan mendukung pertumbuhan bisnis.

Rumusan masalah dalam penelitian ini difokuskan pada tiga hal utama. Pertama, bagaimana prioritas risiko instalasi listrik di Departemen Fasilitas Terminal ditentukan menggunakan metode FMEA. Kedua, bagaimana cara menetapkan *basic event* dalam analisis risiko instalasi listrik dengan metode FTA. Ketiga, bagaimana strategi mitigasi yang tepat untuk menangani risiko prioritas instalasi listrik pada Departemen Fasilitas Terminal di Perusahaan Jasa Penyedia Terminal dan Bongkar Muat Surabaya.

Tujuan dari penelitian ini adalah Menentukan prioritas risiko instalasi listrik departemen fasilitas terminal dengan metode FMEA, Menentukan *basic event* risiko instalasi listrik departemen fasilitas terminal dengan metode FTA, Menentukan langkah mitigasi untuk risiko instalasi listrik prioritas di Departemen Fasilitas Terminal.

2. Metode Penelitian

2.1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan tujuan mengidentifikasi dan menganalisis risiko kegagalan instalasi listrik pada Departemen Fasilitas Terminal di Perusahaan Penyedia Jasa Terminal dan Bongkar Muat Surabaya.

2.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Departemen Fasilitas Terminal Perusahaan Penyedia Jasa Terminal dan Bongkar Muat Surabaya pada periode April–September 2024.

2.3. Objek Penelitian

Objek penelitian adalah seluruh aktivitas pemeliharaan dan operasional instalasi listrik yang mendukung peralatan utama seperti container crane, Rubber Tyred Gantry (RTG), reefer container, dan istri pencahayaan dermaga.

2.4. Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan meliputi:

- **Data primer:** hasil wawancara dengan teknisi dan supervisor, serta observasi langsung terhadap kondisi panel listrik.
- **Data sekunder:** dokumen historis kerusakan instalasi listrik, laporan investigasi kecelakaan, dan data arus peti kemas.

Teknik pengumpulan data melalui kuesioner, hasil observasi dan wawancara dengan *expert* Perusahaan.

2.5. Teknik Analisis Data

Analisis dilakukan menggunakan dua metode utama:

1. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan, penyebab, dan dampaknya, kemudian menentukan nilai *Risk Priority Number* (RPN) berdasarkan tingkat keparahan (*Severity*), peluang kejadian (*Occurrence*), dan kemampuan deteksi (*Detection*).

2. Fault Tree Analysis (FTA)

Digunakan untuk menelusuri penyebab dasar (*root cause*) kegagalan secara *top-down*, mulai dari kejadian puncak hingga penyebab paling dasar.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Identifikasi Risiko

Identifikasi risiko dilakukan melalui *brainstorming* dan wawancara langsung dengan tiga *expert judgement* dari PT. Jasa Penyedia Terminal dan Bongkar Muat Surabaya yang memahami manajemen risiko, proses kerja, instalasi listrik, dan operasional perusahaan. Analisis mengacu pada empat kriteria risiko operasional kegagalan internal, eksternal, manusia, dan system yang diuraikan menjadi sub-kriteria untuk gambaran lebih spesifik. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 1.

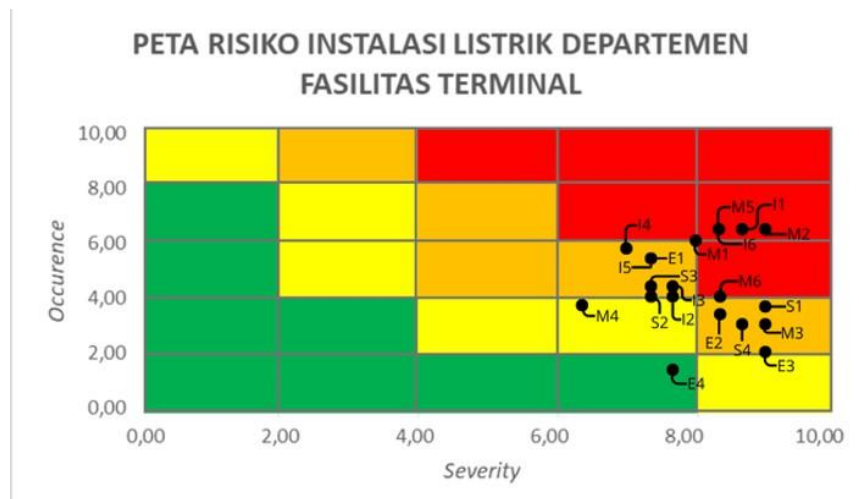
Tabel 1. Identifikasi Risiko		
Kategori Risiko	Kode	Sub Risiko
Risiko Proses Internal	I1	Keausan kabel pada jalur crane dan reefer yard
	I2	Konektor panel yang longgar akibat getaran alat berat
	I3	Overload pada distribusi daya
	I4	Plug petikemas reefer belum terpasang
	I5	Peralatan yang tidak tersertifikasi
	I6	Infrastruktur Listrik terminal sudah tua
Risiko Kegagalan Mengelola Manusia	M1	Kelalaian pekerja operator kabel petikemas reefer belum dilepas dari plug
	M2	Tersengat aliran Listrik
	M3	Pekerja melakukan pemasangan kabel tanpa mematikan panel utama
	M4	Pekerja sakit
	M5	Pekerja tidak mematuhi SOP
	M6	Kelalaian saat mengganti kabel reefer
Risiko Sistem	S1	Konsleting Listrik pada alat kerja yang digunakan
	S2	Step pekerjaan terlewat
	S3	Integrasi buruk antara sistem otomatis crane
	S4	Gagalnya proteksi panel saat lonjakan tegangan pada operasional malam
Risiko Eksternal	E1	Cuaca ekstrem (hujan dan badai)
	E2	Pemadaman mendadak dari PLN
	E3	Sambaran petir
	E4	Banjir pasang yang dapat merendam sebagian instalasi di dekat dermaga

4.2. Pengukuran dan Evaluasi Risiko dengan Metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA)

Tabel 2. RPN Prioritas Risiko Instalasi Listrik Departemen Fasilitas Terminal						
Kode Sub Risiko	Sub Risiko	Rata-rat a S	Rata-rat a O	Rata-rat a D	RPN	Ranking
M2	Tersengat aliran Listrik	9,00	6,33	6,00	342,00	1
I1	Keausan kabel pada jalur crane dan reefer yard	8,67	6,33	5	274,44	2
I6	Infrastruktur Listrik terminal sudah tua	8,33	6,33	5	263,89	3

Kode Sub Risiko	Sub Risiko	Rata-rata S	Rata-rata O	Rata-rata D	RPN	Ranking
M5	Pekerja tidak mematuhi SOP	8,33	6,33	4,00	211,11	4

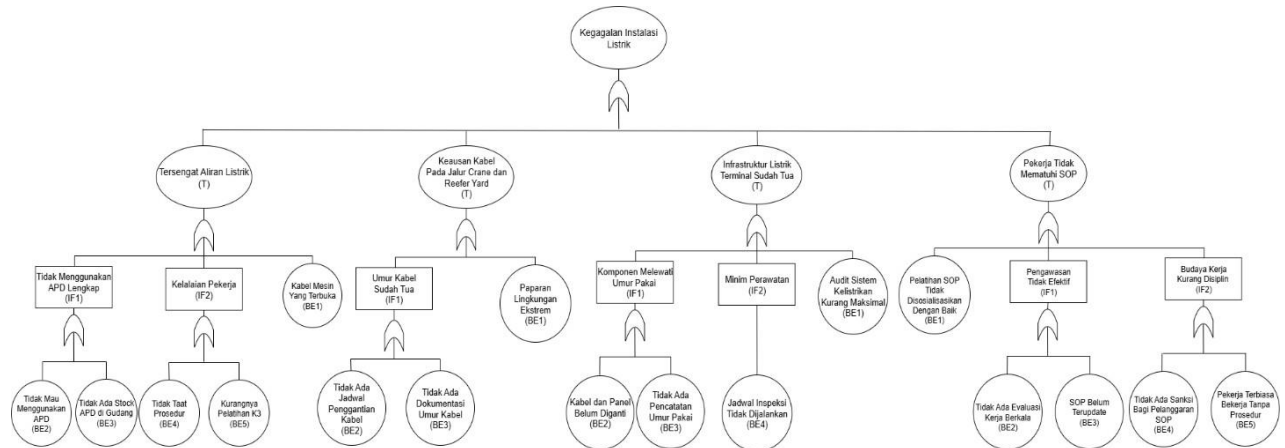
Tabel 2. menunjukkan peringkat sub risiko instalasi listrik di Departemen Fasilitas Terminal berdasarkan nilai RPN. Empat tertinggi adalah tersengat listrik (RPN 342,00), keausan kabel pada jalur crane dan reefer yard (RPN 274,44), infrastruktur listrik terminal sudah tua (RPN 263,89), dan pekerja tidak mematuhi SOP (RPN 211,11). Keempatnya termasuk prioritas mitigasi dan dievaluasi lebih lanjut melalui peta risiko pada Gambar 4.1 untuk menentukan penanganan yang mendesak.



Gambar 1. Peta Risiko Instalasi Listrik Departemen Fasilitas Terminal

Berdasarkan Gambar 1. penelitian ini menggunakan skala penilaian risiko 1–10 untuk probabilitas dan dampak. Peta risiko instalasi listrik menunjukkan empat sub risiko di kuadran merah (M2, M5, I1, I6) sebagai *high risk* yang menjadi prioritas mitigasi. Dua sub risiko (M1, M6) berada pada batas *high risk* dan memerlukan pengawasan intensif. Sepuluh sub risiko lain termasuk *medium-high risk*, tiga sub risiko berada pada kategori *medium risk*, dan satu sub risiko pada *low risk*. Hasil peta risiko konsisten dengan evaluasi sebelumnya, menegaskan empat sub risiko tertinggi yang perlu segera dimitigasi.

4.3. Analisa Risiko dengan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)



Gambar 2. Diagram Pohon Kegagalan Instalasi Listrik

Berdasarkan Gambar 2. Analisis Fault Tree terhadap risiko instalasi listrik di Departemen Fasilitas Terminal menunjukkan empat *top event* utama. Pertama, tersengat aliran listrik (TE1) yang disebabkan oleh kebiasaan pekerja bekerja tanpa prosedur (BE1), SOP belum diperbarui (BE2), tidak adanya sanksi bagi pelanggaran SOP (BE3), serta pelatihan SOP yang tidak tersosialisasi dengan baik (BE4). Kedua, keausan kabel pada jalur crane dan reefer yard (TE2) yang dipicu oleh tidak adanya pencatatan umur pakai kabel (BE5), inspeksi yang tidak sesuai jadwal (BE6), audit sistem kelistrikan yang kurang maksimal (BE7), dan kabel serta panel yang belum diganti (BE8). Ketiga, infrastruktur listrik terminal sudah tua (TE3) yang diakibatkan oleh umur peralatan yang melebihi standar (BE9), minimnya penggantian komponen kritis (BE10), perawatan yang tidak rutin (BE11), serta keterbatasan anggaran untuk modernisasi instalasi (BE12). Keempat, pekerja tidak mematuhi SOP (TE4) yang dipengaruhi oleh kebiasaan bekerja tanpa prosedur (BE1), minimnya pengawasan (BE13), lemahnya sanksi (BE3), kurangnya sosialisasi SOP (BE4), dan tidak adanya evaluasi kerja berkala (BE14).

Tabel 3. Nilai *Probabilitas Top Event*

No.	Top Event	Nilai Probabilitas (%)
1.	Tersengat Aliran Listrik	25,6%
2.	Kerusakan Kabel Pada Jalur Crane dan Reefer Yard	24,4%
3.	Infrastruktur Listrik Terminal Sudah Tua	24,8%
4.	Pekerja Tidak Mematuhi SOP	24,9%

Berdasarkan Tabel 4.9, probabilitas seluruh *top event* berkisar 24,4%–25,6%, yang menurut Tabel 2.1 termasuk kategori risiko rendah menuju sedang namun tetap perlu

perhatian. Nilai tertinggi adalah tersengat aliran listrik 25,6% dan terendah keausan kabel jalur crane dan reefer yard 24,4%. *Top event* dengan probabilitas tertinggi perlu segera dimitigasi untuk menurunkan tingkat risiko.

4.4. Upaya Pengendalian Risiko Instalasi Listrik

Upaya pengendalian risiko dilakukan kepada sub risiko prioritas yaitu tersengat aliran listrik dengan nilai probabilitas *top event* sebesar 25,6%. Sub resiko tersengat aliran listrik di Departemen Fasilitas Terminal dilakukan melalui lima strategi:

1. Pemeriksaan dan penggantian kabel terbuka
2. Peningkatan kepatuhan penggunaan APD
3. Pengelolaan stok APD
4. Penegakan prosedur kerja
5. Pelatihan K3 rutin untuk menurunkan potensi kecelakaan dan membangun budaya keselamatan kerja.

5. Kesimpulan

1. Prioritas Risiko dengan FMEA

Analisis FMEA menunjukkan empat risiko prioritas tertinggi di Departemen Fasilitas Terminal, yaitu tersengat aliran listrik (RPN 342,00), keausan kabel pada jalur crane dan reefer yard (RPN 274,44), infrastruktur listrik terminal yang sudah tua (RPN 263,89), dan pekerja tidak mematuhi SOP (RPN 211,11). Keempat risiko ini termasuk kategori *high risk* dan harus menjadi fokus utama mitigasi.

2. Penentuan Basic Event dengan FTA

Analisis FTA menelusuri penyebab dasar dari *top event*, seperti pekerja terbiasa tanpa prosedur, SOP belum diperbarui, lemahnya sanksi, pelatihan yang kurang efektif, hingga tidak adanya pencatatan umur pakai maupun penggantian kabel dan panel. Hasil FTA menetapkan risiko tersengat aliran listrik sebagai *top event* dengan probabilitas tertinggi, yaitu 25,6%.

3. Mitigasi Risiko Prioritas

Upaya mitigasi sub risiko prioritas “Tersengat Aliran Listrik” meliputi penggantian kabel dan panel yang aus, pencatatan umur pakai peralatan, pemeriksaan dan

pemeliharaan rutin, penegakan sanksi pelanggaran SOP, peningkatan kepatuhan penggunaan APD, sosialisasi dan pembaruan SOP, pelatihan K3 secara berkala, serta evaluasi kerja rutin. Strategi ini diharapkan mampu menurunkan potensi kecelakaan, menjaga kelancaran operasional bongkar muat, dan meningkatkan profit perusahaan.

Referensi

- Abbas, S., 2000. *Manajemen Transportasi*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Admin, 2024. *Fault Tree Analysis (FTA) - Fungsi, Metode, Simbol dan Langkah Pembuatan*.
[Online] Available at:
<https://www.kajianpustaka.com/2023/06/fault-tree-analysis-fta.html>
- Aprianto, T., Setiawan, I. & Purba, H. H., 2021. Implementasi metode Failure Mode and Effect Analysis pada Industri di Asia - Kajian Literatur. *Jurnal Manajemen & Teknik Industri – Produksi* XXI(2), 165-174.
- Belu, N., Ionescu, L. M. & Rachieru, N., 2019. Risk-cost model for FMEA approach through Genetic algorithms – A case study in automotive industry. s.l., *IOP Publishing*, 1-8.
- Djamal, N., Azizi, Rifki, 2015. Identifikasi Dan Rencana Perbaikan Penyebab Delay Produksi Melting Proses Dengan Konsep Fault Tree Analysis (Fta) Di PT. XYZ. *Jurnal Intech Teknik Industri*, 1(1), 34-45.
- Emo, M. & Mira, R. D. P., 2024. *Ekspor Menurut Moda Transportasi 2022 dan 2023*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Hanafi, M. M., 2016. *Manajemen Risiko*. Yogyakarta: UPP AMP YKPN.
- Hardiansah, 2023. Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) (Studi Kasus. *Jurnal Teknik Industri*, 1(1), 1-9.
- Kadang, Z., Arungradang, T. A. R. & Neyland, J. S. C., 2023. Implementasi Metode Fault Tree Analysis Dalam Meminimalkan Risiko Kecelakaan Kerja Pada Perawatan Rubber Tyred Gantry di Terminal Petikemas PT. Pelindo IV Bitung. *Jurnal Tekno Mesin*, 9(2), 73-84.
- McDermott, R. E., Mikulak, R. J. & Beauregard, M., 2009.. *The Basics of FMEA* New

York: Productivity Press.

Pangestuti, D. C., Nastiti, H. & Husniaty, A. R., 2022. Analisis Risiko Operasional Dengan Metode FMEA. *Jurnal Akuntansi, Ekonomi dan Manajemen Bisnis*, 10(2), 177-186.

Priyanto, E., 2021. *Manajemen Operasional Pelabuhan: Strategi Efisiensi dan Inovasi*. Yogyakarta: Deepublish.

Purnomo, A., Syafrianita & Pratama, M. F., 2024. Analisis Biaya Risiko Proses Produksi Teh : Mitigasi Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis dan Fault Tree Analysis. *Logistics and Accounting Development Journal*, 5(1), 177-185.

Sirait, N. M. & Susanty, A., 2016. Analisis Risiko Operasional Berdasarkan Pendekatan Enterprise Risk Management (ERM) pada Perusahaan Pembuatan Kardus di CV Mitra Dunia Palletindo. *Industrial Engineering Online Journal*, 5(4), 1-10.