

EVALUASI SISTEM MANAJEMEN K3 DAN MAINTENANCE MENGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* (FTA)

Sri Haryono¹, Darsini^{2*},

Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik

Universitas Veteran Bangun Nusantara Sukoharjo

Alamat email : haryonosaja46@gmail.com¹ darsini.ti@gmail.com^{2*},

ABSTRACT

This study focuses on three main problems that often occur in V-Bunkers Tanker PTE LTD, namely Main Engine Overheat, Auxiliary Engine Fuel Pump Failure, and Clogged or dirty Lube Oil Filter. The aim is to provide an occupational safety and health (K3) management system and minimize the risk of damage to the machine through the application of the Fault Tree Analysis (FTA) method. Data were collected through interviews with maintenance operators and direct observation of the ship's operational process. The analysis results showed that Main Engine Overheat was caused by cooling system failure, fuel contamination, and lack of routine maintenance. Auxiliary Engine Fuel Pump Failure occurred due to poor fuel quality, unstable fuel pressure, and component wear. Meanwhile, Clogged or Dirty Lubricating Oil Filters were caused by the use of low-quality lubricants and lack of routine inspections. The impacts of these damages include decreased ship operational efficiency, increased risk of workplace accidents, and impaired crew safety. The application of FTA helps identify the root cause of the damage and provides recommended solutions, such as preventive maintenance, regular replacement of spare parts, and safety training for crew.

Keywords: *Fault Tree Analysis, Occupational Safety and Health, Machine Maintenance*

ABSTRAK

Penelitian ini berfokus pada tiga masalah utama yang sering terjadi di V-Bunkers Tanker PTE LTD, yaitu *Main Engine Overheat*, *Auxiliary Engine Fuel Pump Failure*, dan *Lube Oil Filter* tersumbat atau kotor. Tujuannya adalah mengevaluasi sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dan meminimalisir risiko kerusakan pada mesin melalui penerapan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Data dikumpulkan melalui wawancara dengan operator perawatan dan pengamatan langsung terhadap proses operasional kapal. Hasil analisis menunjukkan bahwa *Main Engine Overheat* disebabkan oleh kegagalan sistem pendingin, kontaminasi bahan bakar, dan kurangnya perawatan rutin. Kegagalan Pompa Bahan Bakar Mesin Bantu terjadi karena kualitas bahan bakar yang buruk, tekanan bahan bakar yang tidak stabil, dan keausan komponen. Sementara itu, Filter Oli Pelumas Tersumbat atau Kotor disebabkan oleh penggunaan pelumas berkualitas rendah dan kurangnya pemeriksaan rutin. Dampak dari kerusakan ini termasuk penurunan efisiensi operasional kapal, peningkatan risiko kecelakaan di tempat kerja, dan gangguan keselamatan awak kapal. Penerapan FTA membantu mengidentifikasi akar penyebab kerusakan dan memberikan solusi yang direkomendasikan, seperti pemeliharaan preventif, penggantian suku cadang secara teratur, dan pelatihan keselamatan untuk awak kapal.

Kata Kunci: *Fault Tree Analysis, Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Pemeliharaan Mesin*

Diterima Redaksi: 16-03-2025 | Selesai Revisi: 16-03-2025 | Diterbitkan Online: 01-08-2023

1. Pendahuluan

Kapal merupakan sarana angkutan laut yang sangat penting dalam kegiatan transportasi laut. Kapal dapat mengangkut suatu muatan yang lebih besar, dibandingkan alat transportasi lainnya. Oleh sebab itu pelayaran yang aman dan nyaman serta tepat waktu sangat dibutuhkan. Keselamatan pelayaran dan kelancaran pengoperasian kapal, maupun pengoperasian

merupakan salah satu faktor yang harus dipenuhi agar kapal dapat beroperasi dengan baik. Kecelakaan bukan suatu kejadian tunggal, tetapi merupakan hasil dari serangkaian penyebab yang saling terkait yang disebabkan oleh kelemahan pemimpin, pekerja, prosedur kerja yang tidak memadai, dan tindakan awak kapal. disebabkan oleh kelemahan para pemimpin, pekerja, prosedur kerja yang tidak memadai, dan

tindakan pekerja yang tidak aman, yang berakibat pada menurunnya keselamatan awak kapal. Tindakan tidak aman para pekerja mengakibatkan menurunnya tingkat produktivitas kerja (Tarwaka & Bakri, 2016). Tindakan tidak aman tersebut bisa saja terjadi di berbagai tempat di dalam kapal.

Penjangnya waktu kerja, kondisi lingkungan yang tidak stabil di V-Bunkers Tankers PTE LTD menimbulkan rawannya terjadi kecelakaan kerja. Terlebih lagi, operasional ini didominasi aktivitas di kapal, sehingga memerlukan perhatian khusus untuk Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Kondisi laut yang tidak stabil dialami oleh pekerja di V-Bunkers Tankers PTE LTD juga memerlukan perhatian. Ini semakin menjadi urgensi bahwa Kesehatan dan Keselamatan Kerja di bidang pelayaran sangat penting.

Kecelakaan kerja yang dimungkinkan terjadi di kapal didasari oleh beberapa faktor, yaitu faktor yang paling dominan adalah sebab langsung (*direct cause*) yaitu faktor yang diakibatkan oleh perbuatan manusia yang salah (*unsafe human act*), misalnya tidak mengikuti SOP yang ada, kurang hati-hati dalam melaksanakan pekerjaan, tidak tahu menggunakan alat keselamatan, dan tidak mampu melaksanakan suatu pekerjaan sehingga bisa berakibat kesalahan yang fatal (Arifianti, 2021).

Konsep utama Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah melindungi keselamatan dan kesehatan para pekerja dalam menjalankan pekerjaannya, melalui upaya-upaya mengendalikan semua bentuk potensi bahaya yang ada di lingkungan tempat kerjanya (Nur & Ariwibowo, 2018). Bila semua potensi bahaya telah dikendalikan dan memenuhi batas standar aman, maka akan memberikan kontribusi terciptanya kondisi lingkungan kerja yang aman, sehat, dan proses produksi menjadi lancar, yang pada akhirnya akan dapat menekan risiko kerugian dan berdampak pada peningkatan produktivitas (Slamet et al., 2014).

Berdasarkan uraian pada permasalahan umum di atas, maka analisis yang akan dilakukan adalah pada *Main Engine Overheat*, di mana hal ini dapat menyebabkan matinya mesin, yang dapat mengakibatkan kegagalan sistem penggerak utama kapal. *Overheat* dapat menyebabkan kerusakan serius pada mesin jika tidak ditangani

segera, dan ini dapat mempengaruhi keamanan kapal dan kelangsungan pelayaran.

Elemen-elemen yang perlu dipertimbangkan dalam mengembangkan dan mengimplementasikan program Sistem Manajemen keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3):

1. Komitmen pimpinan perusahaan untuk mengembangkan program yang mudah dilaksanakan.
2. Kebijakan pimpinan tentang keselamatan dan kesehatan kerja.
3. Ketentuan penciptaan lingkungan kerja yang menjamin terciptanya keselamatan dan kesehatan dalam bekerja.
4. Ketentuan pengawasan selama operasional.
5. Pendelegasian wewenang yang cukup selama operasional.
6. Ketentuan penyelenggaraan pelatihan dan pendidikan.
7. Pemeriksaan pencegahan terjadinya kecelakaan kerja.
8. Melakukan penelusuran penyebab utama terjadinya kecelakaankerja.
9. Mengukur kinerja program keselamatan dan kesehatan kerja.
10. Pendokumentasian yang memadai dan pencatatan kecelakaan kerja secara kontinu.
11. Sebagai suatu kesisteman, semua elemen tersebut saling terkait dan berhubungan sehingga harus dijalankan secara terpadu agar kinerja K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) yang diinginkan dapat tercapai.

Yang ke dua adalah *Auxiliary Engine Fuel Pump*, di mana hal ini juga dapat menimbulkan gangguan pada sistem bahan bakar dapat menyebabkan fluktuasi RPM dan berpotensi mengakibatkan matinya mesin tambahan. Ini dapat mempengaruhi kinerja keseluruhan kapal dan keandalan sistem kelistrikan tambahan.

2. Metode Penelitian

Obyek penelitian ini adalah karyawan di di V-Bunkers Tanker PTE LTD, yaitu *Main Engine Overheat, Auxiliary Engine Fuel Pump Failure*. Data yang digunakan yaitu data kecelakaan kerja, data penyebab kecelakaan kerja dan data jam kerja karyawan. FTA adalah teknik yang banyak dipakai untuk studi yang berkaitan dengan resiko dari keandalan dari suatu sistem *engineering* (Sefiani Adella & Yuamita, 2023). *Event* potensial yang menyebabkan kegagalan dari suatu sistem *engineering* dan probabilitas terjadinya event tersebut dapat ditentukan dengan FTA (Al Fattah & Nugroho, 2024).

Sebuah TOP event yang merupakan definisi dari kegagalan suatu sistem (*system failure*), harus ditentukan terlebih dahulu dalam mengkonstruksikan FTA (Situmorang, 2019). Sistem kemudian dianalisa untuk menemukan semua kemungkinan yang didefinisikan pada *top event*. *Fault Tree* adalah sebuah model grafis yang terdiri beberapa kombinasi kesalahan (*faults*) secara paralel dan secara berurutan yang mungkin menyebabkan awal dari *failure event* yang sudah ditetapkan. Analisa deduktif ini menunjukkan analisa kualitatif dan kuantitatif dari sistem *engineering* yang dianalisa. FTA secara umum dilakukan dalam 5 tahapan, yaitu (Suliantoro et al., 2018):

1. Mendefinisikan problem dan kondisi batas (*boundary condition*) dari system.
2. Pengkontruksian *fault tree*
3. Mengidentifikasi minimal cut set atau minimal *path set*
4. Analisa kualitatif dari *fault tree*
5. Analisa kuantitatif *fault tree*.

Fault Tree Analysis (FTA) mengilustrasikan keadaan komponen-komponen sistem (*basic event*) dan hubungan antara *basic event* dan *top event* menyatakan keterhubungan dalam gerbang logika. Adapun langkah-langkah FTA sebagai berikut (Rohmat & Hidayat, 2022):

1. Identifikasi Top Level Event. Pada tahap ini diidentifikasi jenis kerusakan yang terjadi (*undesired event*) untuk mengidentifikasi kesalahan sistem. Pemahaman tentang system dilakukan dengan mempelajari semua informasi tentang sistem dan ruang lingkungannya.
2. Membuat Diagram Pohon Kesalahan. Diagram pohon kesalahan menunjukan bagaimana suatu *top level events* bisa muncul pada jaringan.
3. Menganalisis Pohon Kesalahan. Analisa pohon kesalahan digunakan untuk memperoleh informasi yang jelas dari suatu sistem dan perbaikan yang diperlukan.

Dalam membangun model pohon kesalahan (*fault tree analysis*) dapat dilakukan dengan cara wawancara dan melakukan pengamatan langsung terhadap proses kegiatan praktikum di bengkel. Selanjutnya sumber-sumber kecelakaan kerja tersebut digambarkan dalam bentuk model pohon kesalahan.

Setelah mendefinisikan kerusakan kemudian mengembangkan pohon kesalahan

yang nantinya dapat ditemukan penyebab dari kerusakan dapat terjadi. Dan kemudian mencari solusi bagaimana kerusakan yang terjadi dapat diantisipasi. Data yang digunakan dalam membangun FTA adalah jenis kerusakan mesin yang terjadi di lingkungan kerja. Analisis FTA ini menggunakan simbol-simbol pada table 1.

Tabel 1. Simbol-simbol FTA

No	Simbol	Keterangan
1		Peristiwa pengaruh keadaan
2		Peristiwa dasar
3		Peristiwa belum berkembang
4		Peristiwa eksternal
5		Kotak kesalahan
6		Dan
7		Eksklusif atau

Tahapan *Fault Tree Analysis (FTA)*

Manfaat penggunaan FTA antara lain (Nursantoso, 2018):

1. Menginvestigasi suatu kegagalan.
2. Menganalisa kemungkinan sumber-sumber resiko sebelum kegagalan timbul.
3. Menemukan tahapan kejadian yang kemungkinan besar sebagai penyebab kegagalan.
4. Dapat menentukan faktor-faktor penyebab kegagalan.

Terdapat 5 tahapan untuk melakukan analisis dengan *Fault Tree Analysis (FTA)*, diantaranya (Nursantoso, 2018):

- a. Mengidentifikasi masalah dan kondisi batas dari suatu sistem batas yang ditinjau.
- b. Penggambaran model grafis *fault tree*
- c. Mencari minimal *cut set* dari *analysis fault tree*.
- d. Melakukan analisa kualitatif dari *fault tree*.
- e. Melakukan analisa kuantitatif dari *fault tree*.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengumpulan data dilakukan berdasarkan wawancara yang dilakukan kepada Operator *Maintenance* sebagai bahan analisis *Fault Tree Analysis*. Wawancara ini focus pada permasalahan yang terjadi pada *main engine*, *Auxiliary Engine Fuel Pump*, dan *Lube Oil Filter*.

a. Analisis Faktor Penyebab Terjadinya Main Engine Overheat

Pada wawancara ini membahas mengenai *Main Engine Overheat*. Hasil wawancara menunjukkan bahwa penyebab terjadinya *Main Engine Overheat* ini antara lain:

- 1) Kondisi pendinginan yang buruk:
- 2) Kualitas bahan bakar yang buruk
- 3) Kerusakan pada sistem pelumasan
- 4) Kelebihan beban atau pembebanan yang tidak merata
- 5) Kerusakan pada komponen mesin:
- 6) Perawatan dan pemeliharaan yang tidak tepat:
- 7) Kondisi operasional yang ekstrem:
- 8) Kualitas udara pada penyedotan:
- 9) Pengaturan kontrol mesin yang tidak tepat:
- 10) Umur pakai mesin:
- 11) *Human error*:

b. Analisis Faktor Penyebab Terjadi Auxiliary Engine Fuel Pump

Berdasarkan hasil wawancara, *Auxiliary Engine Fuel Pump* cenderung terjadi apabila terdapat faktor-faktor penyebab seperti di bawah ini:

- 1) Kualitas bahan bakar:
- 2) Tekanan bahan bakar yang tidak stabil:
- 3) Kualitas filter bahan bakar yang buruk:
- 4) Kondisi sistem bahan bakar:
- 5) Kualitas minyak pelumas:
- 6) Kondisi operasional yang tidak tepat:
- 7) Umur pemakaian dan keausan:
- 8) Kualitas konstruksi dan desain pompa:
- 9) Kondisi lingkungan kapal:
- 10) Kemungkinan kesalahan manusia:
- 11) Tidak adanya pelatihan keselamatan dan Kesehatan kerja juga menjadi penyebab terjadinya *Auxiliary Engine Fuel Pump*, sebab operator cenderung tidak memperhatikan peringatan keselamatan yang ada, atau bahkan di area kerja tidak ada peringatan keselamatan.

c. Analisis Faktor Penyebab Terjadi Lube Oil Filter yang Tersumbat atau Kotor

Berdasarkan hasil wawancara, *Lube oil filter* yang tersumbat atau kotor cenderung terjadi apabila terdapat faktor-faktor penyebab seperti di bawah ini:

- 1) Kualitas bahan bakar dan minyak pelumas:
- 2) Kualitas filter yang buruk:
- 3) Kondisi lingkungan:
- 4) Kegagalan komponen mesin:
- 5) Kondisi operasional yang ekstrem:
- 6) Kontaminasi air:
- 7) *Frequent start-stop* atau operasi dalam keadaan *standby*:
- 8) Pemeliharaan preventif yang tidak tepat:
- 9) Kualitas udara pada ventilasi mesin:
- 10) Kesalahan pada sistem pelumasan:
- 11) Operator tidak melakukan filter pada pelumas, ini juga mampu menyebabkan *Lube Oil Filter* tersumbat. Ini berpotensi terjadi karena operator yang kurang memahami Keselamatan dan Kesehatan Kerja, sehingga mengabaikan prosedur.

Analisis K3 pada *Main Engine Overheat*, *Auxiliary Engine Fuel Pump Failure*, dan *Lube Oil Filter* Tersumbat atau Kotor Dampak yang ditimbulkan dari adanya kerusakan pada kapal, seperti *Main Engine Overheat*, *Auxiliary Engine Fuel Pump Failure*, dan *Lube Oil Filter* yang tersumbat atau kotor, diantaranya:

1. Main Engine Overheat

Overheat pada mesin utama dapat menciptakan lingkungan kerja yang tidak aman, meningkatkan risiko kecelakaan atau cedera bagi awak kapal.

Peningkatan suhu mesin dapat menyebabkan pelepasan gas beracun atau panas berlebihan, yang dapat membahayakan kesehatan awak kapal. Dampak yang ditimbulkan antara lain risiko kecelakaan kerja meningkat, potensi kerusakan pada peralatan dan mesin kapal, dan dampak negatif terhadap kesehatan fisik dan mental awak kapal.

2. Auxiliary Engine Fuel Pump Failure

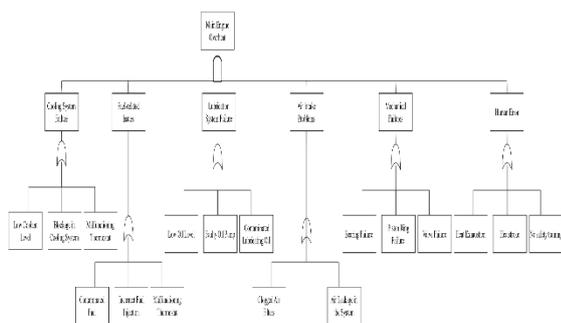
Kegagalan pompa bahan bakar pada mesin bantu dapat mengakibatkan gangguan operasional dan meningkatkan risiko kegagalan sistem. Kesalahan dalam penyimpanan dan penanganan bahan bakar dapat membahayakan kesehatan dan keselamatan awak kapal. Dampak yang ditimbulkan antara lain risiko kegagalan mesin

bantu, yang dapat mempengaruhi operasional kapal, potensi tumpahan bahan bakar yang dapat menyebabkan bahaya kebakaran atau pencemaran lingkungan, dan peningkatan risiko kecelakaan kerja selama perawatan atau perbaikan.

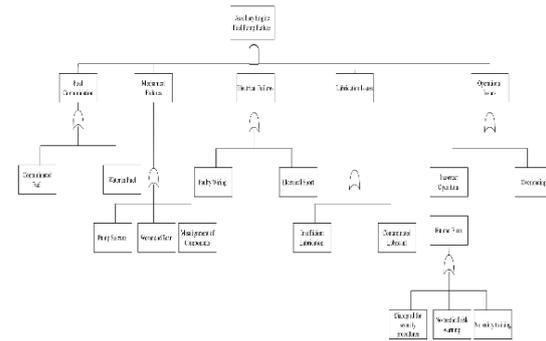
3. **Lube Oil Filter** yang tersumbat atau kotor
 Penyumbatan atau kontaminasi pada filter minyak pelumas dapat mengakibatkan kegagalan sistem pelumasan, meningkatkan risiko kerusakan mesin atau kecelakaan kerja selama perawatan. Dampak yang ditimbulkan antara lain potensi kerusakan mesin akibat kekurangan pelumasan, peningkatan kebutuhan perawatan dan inspeksi filter minyak, dan risiko kecelakaan kerja selama penggantian atau pembersihan filter.

Jika kerusakan tersebut terus dibiarkan, maka potensi kegagalan peralatan dan mesin dapat meningkatkan risiko kecelakaan, cedera, atau bahkan kebakaran. Sehingga perlu dilakukan tindakan pencegahan, pelatihan operator, dan pengaturan peralatan pelindung diri untuk mengurangi risiko terhadap awak kapal. Peningkatan pemeliharaan preventif dan inspeksi rutin untuk mencegah kegagalan sistem dan peralatan yang dapat membahayakan keselamatan. Langkah-langkah K3 dapat diambil untuk meminimalkan potensi bahaya, menjaga keselamatan awak kapal, dan mendukung operasional kapal yang aman dan efisien. Penerapan praktik K3 yang baik menjadi sangat penting dalam industri maritim untuk melindungi kesehatan dan keselamatan awak kapal serta menjaga integritas kapal dan lingkungan maritime.

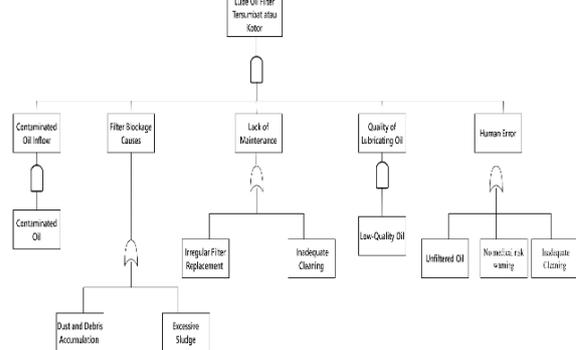
Berikut ini gambar analisis Fault Tree Analysis (FTA) pada kerusakan mesin dapat dilihat pada gambar 1, gambar 2, dan gambar 3.



Gambar 1. FTA pada Main Engine Overheat



Gambar 2. FTA pada Auxiliary Engine Fuel Pump Failure



Gambar 3. FTA Pada Lube Oil Filter Tersumbat atau Kotor

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari analisis FTA yang telah dilakukan untuk evaluasi system manajemen keselamatan dan kesehatan kerja antara lain:

1. Overheat pada mesin utama dapat membahayakan keselamatan awak kapal dan integritas mesin. Faktor-faktor seperti kegagalan sistem pendinginan, masalah bahan bakar, dan kegagalan pelumasan dapat menjadi penyebab utama. Pencegahan dan pemeliharaan rutin diperlukan untuk menghindari kejadian ini dan menjaga operasional kapal yang aman.
2. Kegagalan pompa bahan bakar pada mesin bantu juga mengakibatkan gangguan operasional dan risiko tumpahan bahan bakar. Kesalahan dalam penyimpanan dan penanganan bahan bakar juga dapat mempengaruhi Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3). Langkah-langkah pencegahan dan pengelolaan bahan bakar yang efektif penting untuk mengurangi risiko ini. Selain itu, penyumbatan atau kontaminasi pada filter minyak pelumas dapat mengakibatkan kegagalan sistem pelumasan, meningkatkan

risiko kerusakan mesin, dan berdampak pada K3.

3. Pemeliharaan preventif dan penggantian filter secara teratur adalah kunci untuk mencegah masalah ini dan menjaga integritas sistem pelumasan. Kejadian yang terkait dengan Main Engine Overheat, Auxiliary Engine Fuel Pump Failure, dan Lube Oil Filter Tersumbat atau Kotor dapat membahayakan kesehatan dan keselamatan awak kapal. Pencegahan dan pemeliharaan rutin diperlukan untuk mengurangi risiko kecelakaan, cedera, dan gangguan kesehatan.

Daftar Pustaka

- Arifianti, A. (2021). *Penerapan Prosedur Memasuki Enclosed Space Guna Mengurangi Kecelakaan Kerja di Atas Km Sabuk Nusantara 115 Guna Mengurangi Kecelakaan Kerja di Atas*.
- Al Fattah, A. A., & Nugroho, A. J. (2024). ANALISIS (K3) Pekerja Mebel Di Ruang Mesin 1 Dan 2 Menggunakan (FTA) Dan (JSA) (Studi Kasus : CV.Kalingga Keling Jati). *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik*, 1(4), 303–313.
- Nur, M., & Ariwibowo, O. (2018). *Analisis kecelakaan Kerja dengan menggunakan Metode FTA dan 5S di PT. Jingga Perkasa Printing*. *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*, 4(1), 55–63. <https://doi.org/10.1002/9780470114735.hawley14577>
- Nursantoso, W. (2018). *Analisis Penyebab Kecacatan Produk Bordir Komputer Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) (Studi Kasus: CV.Batari, Gresik)*. Universitas Muhammadiyah Gresik.
- Rohmat, R., & Hidayat, H. (2022). Analisis Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Di Pekerjaan Fabrikasi Dengan Menggunakan Metode HIRA Dan FTA (Studi Kasus : CV Karya Manunggal Teknik). *JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri)*, 3(1), 118. <https://doi.org/10.30587/justicb.v3i1.4758>
- Sefiani Adella, T., & Yuamita, F. (2023). Analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Pada PT. Surya Karya Setiabudi. *ETNIK: Jurnal Ekonomi Dan Teknik*, 2(7), 650–656. <https://doi.org/10.54543/etnik.v2i7.204>
- Situmorang, F. L. (2019). *Analisa Penerapan K3 dengan Pendekatan Fault Tree Analysis dalam Meningkatkan Produktivitas Kerja di PT. XYZ*. Universitas Mercu Buana.
- Suliantoro, H., Bakhtiar, A., & Sembiring, J. I. (2018). Analisis Penyebab Kecacatan Dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Dan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Di PT . Alam Daya Sakti Semarang. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 6, 95–170.
- Tarwaka, & Bakri, S. H. A. (2016). *Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. <http://shadibakri.uniba.ac.id/wp-content/uploads/2016/03/Buku-Ergonomi.pdf>