

Analisis Kegagalan Unit Pemisahan Larutan Menggunakan Metode FMEA (*Failure Mode Effect and Analysis*)

Dibyantoro^{1*}, Khairunnisa Salsabila²

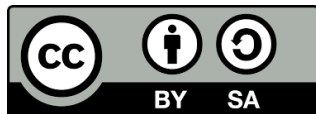
Universitas Setia Budhi, Indonesia¹

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia²

Email : dibyantoro02@gmail.com^{1*}, 3333230042@untirta.ac.id²

Keywords:

Solution Separation Unit; Failure Mode and Effect Analysis; Operational Risk; Risk Priority Number.



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2026 by Author. Published by
Riviera Publishing

Kata Kunci:

Unit Pemisahan Larutan; *Failure Mode and Effect Analysis*; Risiko Operasional; *Risk Priority Number*.

Abstract

Current developments in the manufacturing industry have utilized technology and production machinery that have significantly improved productivity and operational efficiency. In the production process, the reuse of manufactured solutions is crucial for production efficiency. Operational complexity often triggers component failures in the solution separation unit, which can disrupt production stability. This study aims to analyze the risk of these failures using the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) method to formulate mitigation priorities. Through field observations and assessments of severity, occurrence, and detection parameters, a Risk Priority Number (RPN) was obtained as the basis for evaluation. The study identified the heat exchanger and vacuum pump as the most critical components with RPN values of 192 and 175, respectively, indicating a high urgency for handling. As a repair strategy, re-engineering of the heat exchanger supply system, provision of backup pumps, and intensification of preventive maintenance schedules are recommended. The application of FMEA in this study has proven effective in providing a strategic foundation for improving machine reliability, minimizing operational disruptions, and supporting the sustainability of the production system.

Abstrak

Perkembangan pada dunia industri manufaktur saat ini sudah menggunakan teknologi dan mesin-mesin produksi yang membawa peningkatan signifikan terhadap produktivitas dan efisiensi operasional perusahaan. Dalam proses produksi, penggunaan kembali larutan hasil produksi sangat penting untuk efisiensi produksi. Kompleksitas operasional sering memicu terjadinya kegagalan komponen unit pemisahan larutan yang dapat mengganggu stabilitas produksi. Penelitian ini bertujuan menganalisis risiko kegagalan tersebut menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk merumuskan prioritas mitigasi. Melalui observasi lapangan dan penilaian parameter *severity*, *occurrence*, dan *detection*, diperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebagai dasar evaluasi. Hasil penelitian mengidentifikasi heat exchanger dan vacuum pump sebagai komponen paling kritis dengan nilai RPN masing-masing sebesar 192 dan 175, yang mengindikasikan urgensi penanganan tinggi. Sebagai strategi perbaikan, direkomendasikan langkah *re-engineering* pada sistem *supply heat exchanger*, penyediaan pompa cadangan, dan intensifikasi jadwal perawatan preventif. Penerapan FMEA dalam studi ini terbukti efektif menyediakan landasan strategis untuk meningkatkan keandalan mesin, meminimalisasi gangguan operasional, dan mendukung keberlanjutan sistem produksi.

PENDAHULUAN

Perkembangan pada dunia industri manufaktur saat ini sudah menggunakan teknologi dan mesin-mesin produksi yang membawa peningkatan signifikan terhadap produktivitas dan efisiensi operasional perusahaan. Semakin tinggi kompleksitas sistem industri dapat memunculkan berbagai potensi risiko operasional yang tidak dapat dihindari. Risiko operasional merupakan risiko yang timbul akibat ketidakefektifan prosedur kerja, kegagalan proses internal, kesalahan sumber daya manusia, maupun gangguan pada sistem dan peralatan produksi. Jika risiko tersebut tidak dikelola dengan baik, maka dapat menimbulkan dampak berupa penurunan keandalan proses, meningkatkan *downtime*, hingga kerugian finansial yang dapat mempengaruhi keberlanjutan perusahaan (Judijanto, Sudarmanto, & Zulfikri, 2024).

Dalam industri manufaktur modern, pengelolaan hasil dari sisa produksi yang efektif menjadi tantangan terpenting dikarenakan mempunyai dampak langsung terhadap efisiensi operasional. Unit pemisahan larutan merupakan salah satu teknologi yang digunakan untuk memisahkan larutan utama dari air dalam suatu larutan. Hal ini berfungsi untuk mendapatkan larutan utama yang lebih pekat kembali dan mengurangi volume dari air yang terkandung untuk dipergunakan kembali. Efisiensi unit pemisahan larutan dapat menurun secara signifikan seiring berjalannya waktu yang diakibatkan oleh korosi dan pembentukan kerak pada permukaan perpindahan panas. Hal tersebut dapat menimbulkan dampak yang mempengaruhi kinerja pengolahan sisa produksi secara keseluruhan (Ariesmayana & Zaman, 2018). Sementara itu, metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) telah banyak diterapkan dalam industri Indonesia untuk menganalisis risiko kegagalan pada mesin dan sistem produksi. Namun, hingga saat ini masih terbatas terkait penelitian yang secara khusus mengintegrasikan FMEA untuk menganalisis kegagalan dan pengendalian risiko pada unit pemisahan larutan, terutama dalam konteks pengolahan larutan hasil produksi yang masih dapat dipergunakan kembali seperti pada industri, sehingga menunjukkan adanya kesenjangan penelitian yang perlu untuk dikaji lebih lanjut (Aprianto, Setiawan, & Purba, 2021).

Sebagai upaya menjaga keandalan pada proses produksinya di PT. ABC, kinerja unit pemisahan larutan dalam memisahkan larutan agar dapat dipergunakan kembali menjadi hal yang penting, meskipun observasi menunjukkan adanya risiko kegagalan komponen yang dapat menurunkan kinerja. Dalam mengatasi masalah tersebut, penelitian ini menerapkan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk memetakan mode kegagalan, menganalisis dampaknya, serta memprioritaskan mitigasi risiko berdasarkan *Risk Priority Number* (RPN) (Nirwana, Rizqi, & Jufryanto, 2022). Hasil analisis ini ditujukan untuk memberikan kontribusi teoritis dalam pengembangan manajemen risiko pada unit utilitas sekaligus menawarkan solusi praktis bagi industri untuk meningkatkan efektivitas pemeliharaan mesin. Implementasi strategi ini diharapkan berdampak langsung pada penurunan frekuensi kerusakan, optimalisasi pemulihan larutan, dan perwujudan operasional industri yang lebih berkelanjutan.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), risiko merupakan akibat yang kurang menyenangkan (merugikan, membahayakan) dari suatu tindakan atau perbuatan. Risiko didefinisikan sebagai potensi terjadinya peristiwa tidak terduga yang dapat mengakibatkan dampak negatif. Keberadaan risiko dapat menyebabkan dampak negatif baik secara langsung maupun tidak langsung. Karakteristik utama pada risiko, yaitu adanya unsur ketidakpastian serta potensi terjadinya kerugian (Pangestuti, Nastiti, & Husniaty, 2022). Dampak yang diakibatkan oleh risiko dapat mempengaruhi produktifitas, prestasi (*performance*), kualitas, dan anggaran biaya proyek. Manajemen risiko merupakan kegiatan yang dilakukan untuk

menanggapi risiko yang telah diketahui, untuk meminimalisasi risiko yang mungkin terjadi. Selanjutnya dapat diketahui akibat buruknya yang tidak diharapkan dan dapat dikembangkan rencana respon yang sesuai untuk mengatasi risiko-risiko potensial tersebut (Hamonangan, Maelisa, & Serang, 2022).

Perawatan (maintenance) merupakan serangkaian tindakan yang dilakukan untuk menjaga, memelihara, dan memperbaiki mesin agar tetap berada pada kondisi operasi yang dapat diterima serta sesuai dengan rencana produksi (Rachman, Garside, & Kholik, 2017). Aktivitas perawatan meliputi inspeksi, pengecekan, pelumasan, perbaikan, dan penggantian komponen secara berkala guna memastikan keandalan mesin dan kelangsungan proses produksi. Kegiatan perawatan mencakup inspeksi untuk mengetahui kondisi fasilitas, perbaikan ringan (*repair*), perbaikan menyeluruh (*overhaul*), serta penggantian komponen yang mengalami kerusakan (Siregar & Munthe, 2019).

Pelaksanaan perawatan yang tidak teratur dapat menimbulkan dampak negatif, seperti kegagalan pencapaian target produksi, meningkatnya *downtime* akibat kerusakan mendadak, serta pembengkakan biaya perbaikan. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat menurunkan kualitas produk, produktivitas tenaga kerja, dan meningkatkan risiko keselamatan kerja. Berdasarkan pendekatannya, perawatan dibedakan menjadi *reactive maintenance* yang dilakukan setelah terjadi kerusakan, *preventive maintenance* yang dilaksanakan secara terjadwal untuk mencegah kegagalan, *predictive maintenance* yang berbasis pemantauan kondisi mesin untuk memprediksi kerusakan, serta *proactive maintenance* yang berfokus pada identifikasi dan penanganan dini terhadap potensi kegagalan guna menjaga keandalan mesin secara berkelanjutan (Islam, Lestari, Fitriani, & Wardani, 2020).

Root Cause Analysis (RCA) merupakan proses pemecahan asal yang di rancang untuk menyelidiki insiden, masalah, kekhawatiran, atau ketidaksesuaian yang teridentifikasi. Metode RCA digunakan untuk menemukan solusi untuk masalah yang mendesak dengan memahami akar dari penyebab pada situasi tersebut, serta cara menanganinya agar masalah tersebut tidak terulang kembali (Huda and Apsari 2024). Pada proses identifikasi akan melibatkan pengelolaan proses, prosedur, aktivitas perilaku atau kondisi. Metode *Root Cause Analysis* (RCA) dapat dilakukan dari tiga fase, yaitu fase investigasi, fase pemeriksaan, dan fase pengambilan keputusan (Afma, Merjani, and Ayu 2023). Pada RCA terdapat 5 tools dan teknik yang digunakan untuk mengetahui akar dari suatu permasalahan, yaitu Fishbone Diagram, 5 Whys, *Diagram Pareto*, *Fault Tree Analysis* (FTA), dan *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA).

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) merupakan metode analisis sistematis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan beserta dampaknya terhadap sistem guna meningkatkan keandalan dan keselamatan proses maupun produk (Ariyanti & Widharto, 2019). Metode ini digunakan untuk mengurangi risiko kegagalan melalui penentuan prioritas risiko dan penerapan tindakan korektif secara preventif sebelum kegagalan terjadi. FMEA mengevaluasi tingkat kemungkinan kejadian, tingkat keparahan dampak, serta kemampuan deteksi dari setiap potensi kegagalan sehingga mendukung pengambilan keputusan berbasis data (Yuamita & Fatkhurohman, 2023). Secara keseluruhan, FMEA berperan penting dalam manajemen risiko, pencegahan kecelakaan, pengendalian biaya operasional, dan peningkatan keandalan sistem industri. Terdapat tiga faktor yang digunakan untuk menghitung nilai Risk Priority Number (RPN), yaitu (Widhianingsih & Wahyuni, 2024).

Severity merupakan sebuah tingkatan yang digunakan untuk menunjukkan konsekuensi parah dari tren yang mengalami kegagalan proses potensial. Tingkatan ini berisi keparahan yang diterapkan pada sebuah effect biasanya gagal.

Tabel 1. *Severity*

Nilai	Severity	Deskripsi
1	Jika masalah yang ditimbulkan	Kegagalan tidak memberi efek
2	tidak berpengaruh	Kegagalan memberi efek yang dapat diabaikan
3	Jika masalah yang ditimbulkan	Kegagalan memberi efek minor pada sistem
4	memberikan sedikit pengaruh dan	Kegagalan mempengaruhi kerja sistem
5	tidak terlalu kritis (<i>low</i>)	Kegagalan mengganggu 10% kerja sistem
6	Jika masalah yang ditimbulkan	Kegagalan mengganggu 25% kerja sistem
7	cukup berpengaruh dan pengaruhnya cukup kritis (<i>moderato</i>)	Kegagalan mengganggu 50% kerja sistem
8	Jika masalah yang ditimbulkan sangat berpengaruh dan kritis (<i>high</i>)	Kegagalan mengganggu sistem kerja secara total
9	Jika masalah yang ditimbulkan benar-benar	Dapat membahayakan operator dan sistem dengan ada peringatan terlebih dahulu
10	berpengaruh dan sangat kritis (<i>very high</i>)	Dapat membahayakan operator dan sistem tanpa ada peringatan terlebih dahulu

Occurance adalah sebuah frekuensi dari kejadian yang berhubungan dengan frekuensi yang diharapkan. Frekuensi tersebut dapat terjadi karena terdapat penyebab tertentu yang didapatkan dari sejumlah komponen yang diproduksi pada suatu tingkat pengendalian tertentu. *Occurance* digunakan untuk mengetahui kemungkinan bahwa penyebab dari kejadian tersebut akan terjadi, dan menghasilkan sebuah bentuk kegagalan selama proses penggunaan mesin.

Tabel 2. *Occurance*

Nilai	Occurance	Deskripsi
1	1 kali dari 150 hari	Jika masalah hampir tidak pernah terjadi
2	2 kali dari 150 hari	
3	1 kali dalam 100 hari	Jika masalah sangat jarang terjadi, <i>relative</i>
4	2 kali dalam 100 hari	sedikit (<i>low</i>)
5	3 kali dalam 100 hari	
6	1 kali dalam 75 hari	Jika masalah kadang-kadang terjadi
7	2 kali dalam 75 hari	(<i>moderatto</i>)
9	1 kali dalam seminggu	Jika masalah sulit
10	> 1 kali dalam seminggu	dihindari (<i>very high</i>)

Detection merupakan sebuah angka yang memiliki keterkaitan dengan pengolahan proses *root* yang gagal. *Detection* cenderung didapatkan sebelum sebuah produk meninggalkan area proses produksi, yang *biasanya* dapat menyebabkan adanya proses *bottleneck* atau macet. Pada dasarnya *detection* juga dapat didefinisikan sebagai sebuah pengukuran terhadap kemampuan dalam pengendalian dan pengontrolan kegagalan yang mungkin terjadi.

Tabel 3. Detection

Nilai	<i>Likelihood of Detection</i>	<i>Detection</i>
1	<i>Almost certain</i>	Pengecekan selalu bisa mendeteksi kegagalan
2	<i>Very high</i>	Pengecekan hampir selalu bisa mendeteksi kegagalan
3	<i>High</i>	Pengecekan bisa mendeteksi kegagalan
4	<i>Moderate high</i>	Pengecekan berpeluang sangat besar bisa mendeteksi kegagalan
5	<i>Medium</i>	Pengecekan berpeluang besar bisa mendeteksi kegagalan
6	<i>Low</i>	Pengecekan kemungkinan bisa mendeteksi kegagalan
7	<i>Very low</i>	Pengecekan berpeluang kecil bisa mendeteksi kegagalan
8	<i>Remote</i>	Pengecekan berpeluang sangat kecil bisa mendeteksi kegagalan
9	<i>Very remote</i>	Pengecekan gagal sehingga tidak mampu mendeteksi kegagalan
10	<i>Almost impossible</i>	Kegagalan tidak mungkin terdeteksi melalui pengecekan

Dalam metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) terdapat beberapa faktor yang digunakan untuk menilai tingkat risiko kegagalannya, salah satunya adalah *Risk Priority Number* (RPN). *Risk Priority Number* (RPN) merupakan sebuah nilai yang didapatkan dari tingkat keparahan, frekuensi dan deteksi. RPN membatasi prioritas dari sebuah kegagalan, memberikan urutan peringkat, dan nilai kesalahan atau metode kegagalan yang telah terjadi. Penggunaan RPN untuk menentukan prioritas perbaikan yang akan dilakukan, semakin bertambah tinggi nilai RPN dari kegagalan tersebut, maka semakin tinggi juga urgensi untuk dilakukan perbaikan (Rachman, Adiarto, & Liansari, 2016). Perhitungan RPN dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

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

Keterangan:

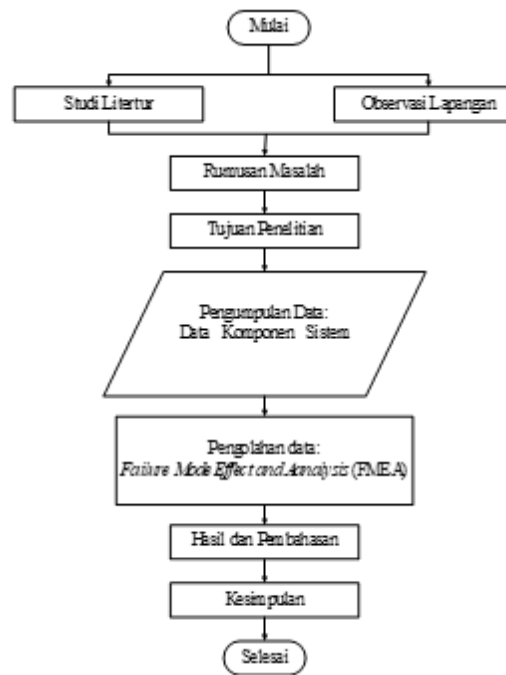
S = *Severity*

O = *Occurance*

D = *Detection*

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Penelitian ini berfokus pada menganalisis kendala yang terjadi pada unit pemisahan larutan yang bertujuan untuk melakukan perbaikan dan mengevaluasi tindakan perawatan pada unit pemisahan larutan di PT. ABC. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kuantitatif yang dikumpulkan berdasarkan observasi lapangan. Dari permasalahan yang terjadi akan dilakukan langkah dalam melakukan mitigasi untuk mencegah terjadinya kegagalan pada unit pemisahan larutan.



Gambar 1. Flow chart pelaksanaan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil observasi pada unit pemisahan larutan di PT. ABC dan dari keempat komponen tersebut mengalami kegagalan. Terdapat kegagalan yang terjadi pada unit pemisahan larutan yang bisa menyebabkan terjadinya kerugian. Hal tersebut, membutuhkan perawatan ataupun perbaikan yang harus dilakukan sehingga kegagalan tersebut tidak terjadi secara berulang di kemudian hari. Analisis dilakukan dengan melakukan perhitungan *severity*, *occurance*, dan *detection* untuk memperoleh *Risk Priority Number* (RPN).

Tabel 4. Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

No	Equipment	Potential Cause of Failure	Potential Effect of Failure	Severity (S) Rating	Occurance (O) Rating	Detection (D) Rating	RPN (Risk Priority Number)	Rating	Corrective Action to Minimize or Eliminate Failure/Effect (Countermeasure)
1	Pompa Supply	Pompa bearing macet	Pompa tidak bisa beroperasi	4	2	2	16	7	Ganti bearing rutin
		Pompa pipa tersumbat	<i>Flowrate</i> berkurang	7	3	3	63	3	Melakukan cleaning pipa rutin
2	Pompa Back Supply	Pompa bearing macet	Pompa tidak bisa beroperasi	4	2	2	16	7	Ganti bearing rutin
		Pompa pipa tersumbat	<i>Flowrate</i> berkurang	7	3	3	63	3	Melakukan cleaning pipa rutin
3	Vacuum Pump	Pompa Tekanan rendah	Air destilate kecil	7	5	5	175	2	Siapkan pompa cadangan siap pakai
4	Heat Exchanger	Heat Exchanger rusak	Pemisahan larutan terganggu	8	3	8	192	1	Melakukan re-engineering ulang supply steam

Berdasarkan hasil observasi, terdapat potensi kegagalan yang terjadi pada keempat komponen utama unit pemisahan larutan, yaitu pompa supply, pompa back supply, vacuum pump, dan heat exchanger. Setiap potensi kegagalan akan dianalisis menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan menilai dari tingkat keparahannya (*severity*), tingkat frekuensi kejadian (*occurrence*), dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan tersebut (*detection*). Dari ketiga nilai tersebut akan memperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang akan digunakan sebagai penentuan prioritas risiko yang memerlukan perbaikan atau tindakan dengan segera. Diketahui bahwa dari hasil perhitungan didapatkan nilai RPN tertinggi pada kegagalan heat exchanger dengan nilai RPN sebesar 192, yang selanjutnya diikuti oleh komponen vacuum pump dengan nilai RPN sebesar 175. Tingginya nilai RPN pada kedua kegagalan tersebut menunjukkan bahwa dampak yang ditimbulkan sangat signifikan terhadap operasional unit pemisahan larutan serta memiliki tingkat deteksi yang relatif rendah.

Kegagalan yang terjadi pada komponen heat exchanger dapat mengakibatkan unit pemisahan larutan tidak dapat beroperasi. Kegagalan ini dapat mengganggu berlangsungnya proses pemisahan larutan pada unit pemisahan larutan. Dengan nilai *severity* yang tinggi menunjukkan bahwa kegagalan tersebut dapat menimbulkan dampak yang sangat besar terhadap proses produksi. Sementara pada nilai *detection* yang tinggi mendeteksi bahwa potensi masalah sulit untuk diidentifikasi sejak awal. Maka dilakukan tindakan perbaikan yang disarankan untuk komponen heat exchanger dengan melakukan re-engineering supply steam menuju heat exchanger untuk meningkatkan keandalan peralatan dan mencegah kemungkinan kegagalan tersebut terjadi kembali. Pada komponen vacuum pump terjadi kegagalan berupa tekanan yang rendah sehingga dampak yang ditimbulkan, yaitu berkurangnya jumlah air destilat yang dihasilkan, sehingga efisiensi proses menjadi menurun. Adapun langkah efektif dalam mencegah agar kegagalan tersebut tidak terulang kembali dengan menyediakan pompa cadangan yang siap digunakan untuk mengurangi potensi *downtime* dan kerugian operasional.

Terdapat kegagalan yang terjadi pada komponen lain dengan nilai RPN tidak terlalu tinggi. Nilai RPN yang tidak terlalu tinggi harus juga diperhatikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada unit pemisahan larutan, dapat disimpulkan bahwa seluruh komponen utama pada unit pemisahan larutan mempunyai potensi kegagalan yang dapat mempengaruhi kinerja dan keandalan unit pemisahan larutan. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), pada komponen heat exchanger memiliki tingkat risiko tertinggi dengan nilai RPN sebesar 192 dan komponen selanjutnya yaitu vacuum pump dengan nilai RPN sebesar 175. Kedua komponen tersebut membutuhkan penanganan dan perbaikan dengan segera. Kegagalan yang terjadi pada heat exchanger berpotensi unit pemisahan larutan tidak optimal, sehingga perlu dilakukan re-engineering ulang supply steam. Sementara kegagalan vacuum pump berdampak pada penurunan efisiensi proses akibat berkurangnya air destilat. Secara keseluruhan, penerapan metode FMEA mampu mengidentifikasi kegagalan prioritas secara sistematis dan memberikan rekomendasi perbaikan yang efektif, sehingga diharapkan dapat meningkatkan keandalan unit pemisahan larutan, menurunkan frekuensi kegagalan berulang, dan mendukung efisiensi pemulihan larutan.

PENDANAAN

Penelitian ini tidak menerima pendanaan khusus dari lembaga pemerintah, swasta, maupun organisasi lainnya.

KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam pelaksanaan penelitian, penulisan, maupun publikasi artikel ini.

KONTRIBUSI PENULIS

Seluruh penulis berkontribusi dalam penyusunan artikel ini. Dibyantoro dan Khairunnisa Salsabila, berperan dalam konseptualisasi penelitian, berperan dalam pengumpulan dan analisis data, berperan dalam interpretasi hasil dan penyusunan naskah, sedangkan penulis lainnya berkontribusi dalam peninjauan, penyuntingan, dan persetujuan akhir naskah.

PERNYATAAN PENGGUNAAN KECERDASAN ARTIFISIAL GENERATIF

Penulis menyatakan bahwa tidak menggunakan kecerdasan artifisial generatif dalam penyusunan artikel ini.

REFERENSI

- Aprianto, T., Setiawan, I., & Purba, H. H. (2021). Implementasi Metode Failure Mode and Effect Analysis Pada Industri di Asia – Kajian Literature . Matrik : Jurnal Manajemen Dan Teknik Industri Produksi, 165-174.
- Ariesmayana, A., & Zaman, A. S. (2018). Efisiensi Sistem
- Ariyanti, R. F., & Widharto, Y. (2019). Identifikasi Penyebab Susut Energi Listrik PT PLN (PERSERO) Area Semarang Menggunakan Metode Failure Mode & Effect Analysis (FMEA). *Industrial Engineering Online Journal*,.
- Hamonangan, N., Maelisa, N., & Serang, R. (2022). Analisa Risiko Pada Proyek Rehabilitasi Gedung Arsip Unit Hidrologi Balai Sungai Wilayah Maluku. *Jurnal MANUTAMA*.
- Hapsari, F., & Sujati, N. M. (2019). Efisiensi Kinerja Evaporator Pada Pengolahan Limbah Radioaktif Cair Pusat Teknologi Limbah Radioaktif Batan . *Jurnal Ilmiah Indonesia*.
- Islam, S. S., Lestari, T., Fitriani, A., & Wardani, D. A. (2020). Analisis Preventive Maintenance Pada Mesin Produksi dengan Metode Fuzzy FMEA. *Jurnal Teknologi Terpadu*.
- Judijanto, L., Sudarmanto, E., & Zulfikri, A. (2024). Analisis Tentang Efek Manajemen Risiko, Struktur Modal, dan Inovasi Produk Terhadap Profitabilitas di Industri Manufaktur Jawa Barat . *Jurnal Multidisiplin West Science*, 785-797.
- Nirwana, I. A., Rizqi, A. W., & Jufryanto, M. (2022). Implementasi Metode Failure Mode Effect and Analisis (FMEA) Pada Siklus Air PLTU. *Jurnal Teknik Industri* .
- Pangestuti, D. C., Nastiti, H., & Husniaty, A. R. (2022). Analisis Risiko Operasional Dengan Metode FMEA. *Jurnal Akuntansi, Ekonomi dan Manajemen Bisnis*, 177-186.
- Rachman, A., Adianto, H., & Liansari, G. P. (2016). Perbaikan Kualitas Produk Ubin Semen Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis dan Failure Tree Analysis di Institusi Keramik. *Reka Integra*.
- Rachman, H., Garside, A. K., & Kholik, H. M. (2017). Usulan Perawatan Sistem Boiler dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM). *Jurnal Teknik Industri* , 86-93.
- Siregar, N., & Munthe, S. (2019). Analisa Perawatan Mesin Digester Dengan Metode Reliability Centered Maintenance Pada PTPN II Pagar Merbau. *Journal of Industrial and Manufacture Engineering*).

- Widhianingsih, W., & Wahyuni, H. C. (2024). Strategi Peningkatan Kualitas Sepatu dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis, Grey Relational Analysis, dan Root Cause Analysis. *Innovative Technologica: Methodical Research Journal*, 1-17.
- Yuamita, F., & Fatkhurohman, A. (2023). Analisis Resiko Keceklakaan Kerja Pada Stasiun Pemotongan Batu Alam Dengan Menggunakan Metode Failure Mode Analysis (FMEA) di PBA Surya Alam. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*.
- Afma, Vera Methalina, Abdulah Merjani, and Fadila Puspita Ayu. 2023. "Pengurangan Cacat Assembly Model M370 Dengan Pendekatan RCA (Root Cause Analysis) Dan FTA (Fault Tree Analysis) (Studi Kasus : PT.Shimano Batam)." *Sigma Teknila* 6(1):60–76.
- Huda, Fahrul, and Ayudyah Eka Apsari. 2024. "Pengukuran Produktivitas Dalam Meningkatkan Hasil Produksi Menggunakan Metode Objective Matrix Dan Pendekatan Root Cause Analysis." 1(4):323–28.)