

Penerapan Diagram Fishbone dalam Analisis Sistem Perawatan Engine TPE331 pada Pesawat CASA 212 di PT. NTP

**Lalu Aan Sasaka Akbar¹ Gita Amperiawan² Imanuel Dindin³ Erzi Agson Gani⁴
Sumaryadi⁵ Muhammad Fajar Indra Afrianta⁶**

Faculty of Engineering & Technology Defence, Indonesia Defence University, Indonesia^{1,2,3,4,5,6}
National Research and Innovation Agency¹

Email: луу001@brin.go.id¹ gitaamperiawan66@gmail.com² dindin201463@gmail.com³
erzi.agsongani@gmail.com⁴ sumaryadi@idu.ac.id⁵ muhammad.afrianta@idu.ac.id⁶

Abstract

Aircraft engine maintenance is a very important process to ensure safety, reliability, and operational efficiency. PT. Nusantara Turbin and Propulsi (NTP) as one of the national strategic companies in the field of aircraft maintenance, repair, and overhaul (MRO) services must ensure that maintenance activities are carried out safely, effectively, and efficiently. This study aims to analyse the TPE331 turboprop engine maintenance system on the CASA 212 aircraft at PT. NTP using a Fishbone Diagram (Ishikawa Method) as a tool for analysing the root causes of problems. The research focused on identifying the main factors causing problems in the maintenance of the TPE331 engine, including the aspects of Man, Machine, Method, Material, Environment, and Management. Research data was obtained through literature studies, direct observation, and interviews with maintenance personnel. The analysis results showed that the dominant factors causing long maintenance times were the limited availability of materials and spare parts, which were still highly dependent on imports, as well as the technical complexity of the engine, which required special expertise and training. This research shows that the application of the Fishbone Diagram provides a systematic analytical framework for tracing the source of problems and formulating appropriate corrective actions to support improvements in the effectiveness and efficiency of maintenance at PT. NTP.

Keywords: Fishbone Diagram, Maintenance System, TPE331 Engine, CASA 212, PT. NTP, Root Cause Analysis, Aircraft Reliability

Abstrak

Perawatan mesin pesawat merupakan proses yang sangat penting untuk menjamin keselamatan, keandalan, dan efisiensi operasional. PT. Nusantara Turbin dan Propulsi (NTP) sebagai salah satu perusahaan strategis nasional di bidang jasa *maintenance, repair, and overhaul* (MRO) pesawat terbang harus memastikan kegiatan perawatan dilaksanakan dengan aman, efektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem perawatan mesin turboprop TPE331 pada pesawat CASA 212 di PT. NTP dengan menggunakan Diagram Fishbone (Metode Ishikawa) sebagai alat analisis akar permasalahan. Penelitian difokuskan pada identifikasi faktor utama permasalahan dalam perawatan engine TPE331, meliputi aspek Manusia (*Man*), Mesin (*Machine*), Metode (*Method*), Material, Lingkungan (*Environment*) dan manajemen (*Management*). Data penelitian diperoleh melalui studi literatur, observasi langsung, serta wawancara dengan personel pemeliharaan. Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor dominan penyebab lamanya waktu perawatan adalah keterbatasan ketersediaan suku cadang baik itu material dan spare part yang masih sangat bergantung pada impor serta kompleksitas teknis mesin yang memerlukan keahlian dan pelatihan khusus. Penelitian ini menunjukkan penerapan Diagram Fishbone memberikan kerangka analisis yang sistematis untuk menelusuri sumber permasalahan serta merumuskan tindakan korektif yang tepat sehingga dapat mendukung peningkatan efektivitas dan efisiensi perawatan di PT. NTP.

Kata Kunci: Diagram Tulang Ikan, Sistem Pemeliharaan, Mesin TPE331, CASA 212, PT. NTP, Analisis Penyebab Utama, Keandalan Pesawat Terbang



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

INTRODUCTION

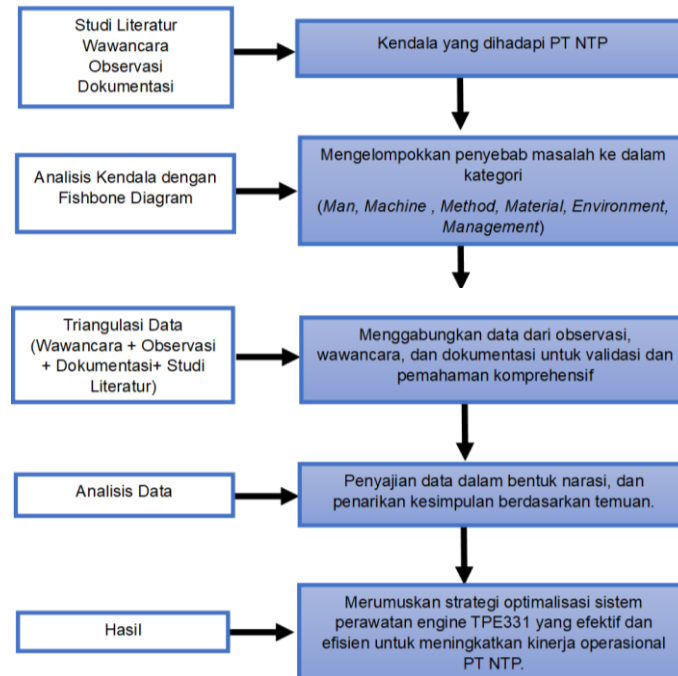
PT. Nusantara Turbin Propulsi (NTP) merupakan salah satu perusahaan strategis nasional yang bergerak di bidang jasa MRO (*maintenance, repair, and overhaul*) mesin pesawat terbang dan *industrial turbines services* (Julianto et al., 2023). PT NTP memiliki peran vital dalam mendukung ketersediaan dan kesiapan operasional armada udara terutama dalam pemeliharaan mesin pesawat sipil dan militer di Indonesia. (Witonohadi, A et al., 2011). Salah satu tipe engine yang secara rutin ditangani oleh NTP adalah Honeywell TPE331, yang digunakan secara luas pada pesawat Casa 212 (Julianto et al., 2023). Permasalahan pada mesin TPE331 adalah kompleksitas inspeksi dan perawatan yang harus dilakukan secara berkala sesuai interval waktu dan jam terbang tertentu, seperti A-check, C-check, dan overhaul (C6-check), yang membutuhkan waktu lama dan biaya tinggi selain itu terdapat faktor permasalahan keterbatasan suku cadang material dan spare parts yang kadang menyebabkan delay atau penundaan perbaikan, sehingga mempengaruhi ketersediaan pesawat untuk operasi. (Nurhadi et al., 2013). Tidak hanya itu terdapat Keterbatasan fasilitas dan tenaga kerja bersertifikat AMO (*Aircraft Maintenance Organization*) yang *approved* untuk melaksanakan perawatan tertentu pada CASA 212 (Julianto et al., 2023).

Untuk menguraikan lebih rinci akar permasalahan pada proses preventive maintenance digunakan pendekatan analisis akar masalah seperti Fishbone Diagram atau metode Ishikawa dalam memetakan penyebab utama permasalahan pada enam aspek utama yaitu *Man* (personel), *Machine* (mesin), *Method* (prosedur), *Material* (komponen), *Environment* (lingkungan) dan *management* (manajemen) (Ishikawa, 1986). Metode fishbone ini telah terbukti efektif dalam mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan irregularitas operasional dan ketidakcapaian target kinerja pada berbagai konteks, termasuk perawatan pesawat dan sistem produksi (Imaroh & Soleh, 2020). Pendekatan ini juga memungkinkan visualisasi hubungan sebab-akibat yang kompleks, sehingga mempermudah untuk merancang tindakan perbaikan yang terarah dan berkelanjutan (Sufriyani Tanuwijaya et al., 2021). Penelitian ini berfokus pada implementasi atau penerapan diagram fishbone untuk menganalisis akar permasalahan dalam sistem perawatan engine TPE331 guna meningkatkan kapabilitas PT NTP dalam menjalankan pemeliharaan yang aman, efektif dan efisien. Pendekatan ini dipilih untuk mengidentifikasi secara sistematis faktor-faktor penyebab kendala perawatan yang mungkin terjadi, seperti keterlambatan proses perbaikan, sehingga dapat dirumuskan solusi yang tepat guna meningkatkan kualitas dan efektivitas perawatan (Mauluddin et al., 2022) (Muzakki et al., 2025). Sistem perawatan mesin pesawat terbang yang efektif sangat krusial untuk menjamin keamanan, keandalan, dan efisiensi biaya operasional penerbangan (Dagal et al., 2025). Oleh karena itu, analisis mendalam terhadap sistem perawatan, seperti yang akan dilakukan melalui diagram fishbone, menjadi esensial untuk mengidentifikasi area perbaikan dan mengoptimalkan proses perawatan yang ada (Hazhiyah et al., 2022).

RESEARCH METHODS

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan menggabungkan berbagai teknik pengumpulan data untuk menggali informasi yang lebih komprehensif mengenai topik yang diteliti melalui studi literatur, wawancara, observasi lapangan dan dokumentasi objek penelitian. Setelah data terkumpul selanjutnya dilakukan penyusunan diagram fishbone yang secara khusus membantu dalam mengungkap faktor-faktor penyebab akar penyebab masalah melalui pembagian kategori manusia, mesin, material, metode, lingkungan, dan manajemen. Data yang diperoleh kemudian ditriangulasikan dan dianalisis untuk mengidentifikasi faktor didapatkan penyebab utama yang mempengaruhi kinerja perawatan engine TPE331. Dari hasil

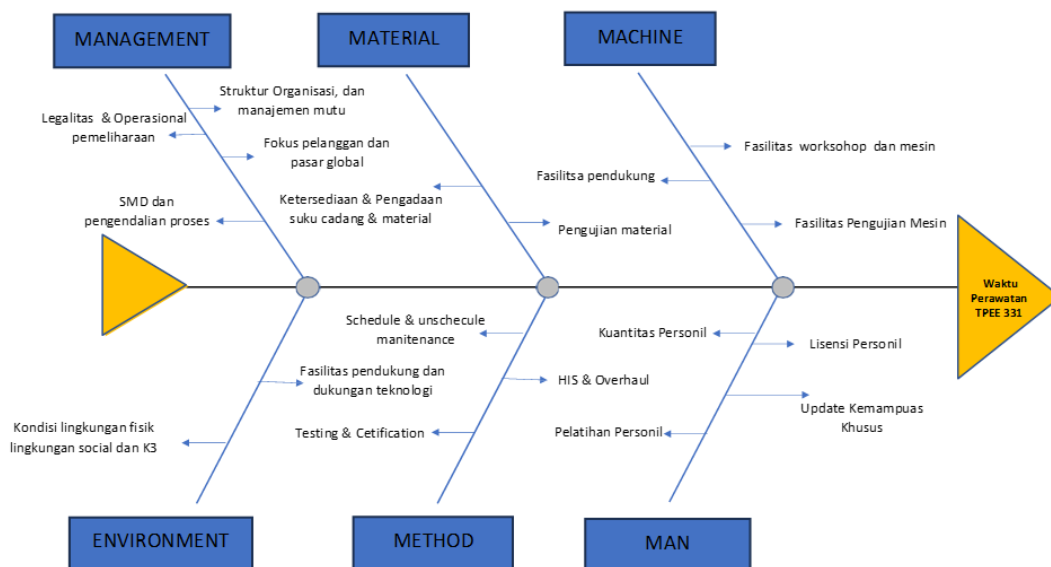
analisis ini, didapatkan hasil faktor-faktor kritis berupa tingkatan skala prioritas optimasi sistem perawatan mesin TPE331 dengan skala 1 (rendah), 2 (sedang) dan 3 (tinggi) sehingga dengan skala prioritas ini dapat dilaksanakan optimalisasi system perawatan agar lebih efektif dan efisien. Diagram alir dari proses pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

Setelah data dikumpulkan melalui studi literatur, observasi langsung, dan wawancara personal pemeliharaan di PT. NTP. Selanjutnya dilaksanakan analisis kendala menggunakan fishbone diagram, dengan membagi katagori dan berbagai variabel yang mempengaruhi waktu perawatan engine TPE331 di PT. NTP, seperti yang terlihat dalam gambar 2 berikut:



Gambar 2. Fishbone Diagram

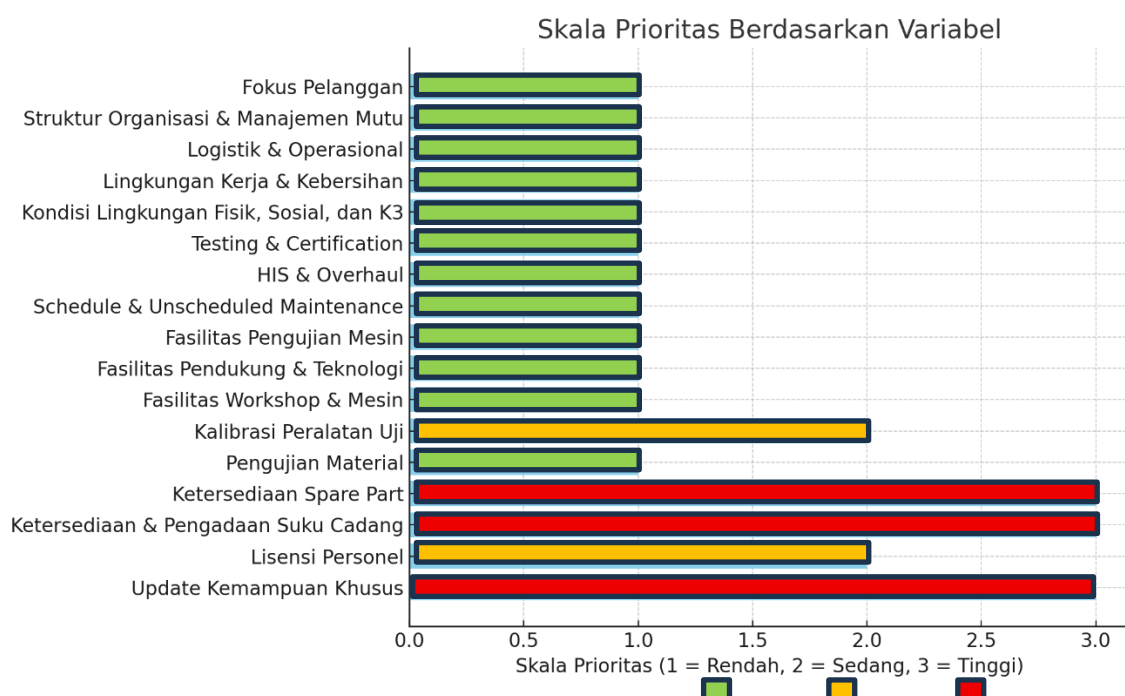
Dari katagori dan variabel dalam fishbone diagram, dibuat turunan tabel hasil triangulasi berupa skala prioritas dengan pembacaan 1 (rendah), 2 (sedang), dan 3 (tinggi) seperti terlihat dalam table 1 dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Triangulasi Sistem Perawatan Engine TPE331 Di PT NTP Berdasarkan Fishbone

No	Kategori	Variabel	Hasil Triangulasi	Skala	Aksi Perbaikan
MAN					
1	Man	Update Kemampuan Khusus	Perlu peningkatan	3	Pelatihan teknis berkala dan sertifikasi sesuai kebutuhan pasar.
2	Man	Lisensi Personel	Perlu maintain & monitoring berkala	2	Audit tahunan lisensi, reminder digital, sistem pelaporan.
MATERIAL					
3	Material	Pengadaan suku cadang bahan material dari produsen	Terkendala OEM, waktu, dan pendanaan	3	Perjanjian dengan OEM, sistem buffer stock, analisis kebutuhan jangka panjang.
4	Material	Ketersediaan Spare Part dari peralatan	Belum tersedia semua	3	Mapping kebutuhan kritis, sistem reorder point dan safety stock.
5	Material	Pengujian Material	Sudah sesuai standar	1	Pemantauan dokumentasi hasil uji dan evaluasi berkala.
MACHINE					
6	Machine	Kalibrasi Peralatan Uji	Tergantung OEM	2	Jadwal kalibrasi mandiri, kerja sama kalibrasi eksternal.
7	Machine	Fasilitas Workshop & Mesin	Sudah ada dan sesuai	1	Pemeliharaan berkala, evaluasi tahunan kebutuhan & upgrade sesuai kebutuhan.
8	Machine	Fasilitas Pendukung & Teknologi	Sudah ada dan sesuai	1	Review tahunan untuk memastikan kesesuaian teknologi dan kebutuhan.
9	Machine	Fasilitas Pengujian Mesin	Sudah ada dan sesuai	1	Pemeriksaan fungsi dan simulasi pengujian berkala.
METHOD					
10	Method	<i>Schedule & Unscheduled Maintenance</i>	Sudah sesuai standar <i>manufacture</i>	1	Evaluasi implementasi jadwal, integrasi dengan sistem pemantauan digital.
11	Method	<i>HIS & Overhaul</i>	Sudah sesuai <i>manufacture</i>	1	Audit dokumen & pelatihan sesuai standar overhaul.
12	Method	<i>Testing & Certification</i>	Sudah sesuai <i>manufacture</i>	1	Audit hasil uji, update bila ada perubahan regulasi.
ENVIRONMENT					
13	Environment	Kondisi Lingkungan Fisik, Sosial & K3	Sudah sesuai namun perlu peningkatan	1	Audit lingkungan rutin, perbaikan ergonomi & ventilasi.
14	Environment	Lingkungan Kerja & Kebersihan	Sudah sesuai namun perlu peningkatan	1	SOP kebersihan area kerja, inspeksi harian dan pelatihan K3.
MANAGEMENT					
15	Management	Logistik & Operasional	Sudah sesuai	1	Monitoring efisiensi logistik dan pelaporan real-time.
16	Management	Struktur Organisasi & Manajemen Mutu	Sudah sesuai	1	Evaluasi berkala struktur organisasi dan audit mutu internal.

No	Kategori	Variabel	Hasil Triangulasi	Skala	Aksi Perbaikan
17	Management	Fokus Pelanggan	Sudah sesuai	1	Survei kepuasan pelanggan berkala dan tindak lanjut hasil survei.

Berdasarkan Gambar 1 dan Tabel 1 diatas terlihat bahwa permasalahan utama dalam sistem perawatan engine TPE331 berasal dari enam faktor utama, yaitu yaitu *Man* (personel), *Machine* (mesin), *Method* (prosedur), *Material* (komponen), *Environment* (lingkungan) dan *management* (manajemen) dengan 17 variabel atau sub katagori. Setiap faktor dari sub katagori memiliki kontribusi berbeda terhadap munculnya hambatan dan ketidakefisienan dalam pelaksanaan perawatan mesin TPE331. terdapat 2 katagori yang memiliki skala prioritas tinggi yaitu man dan material dengan 3 variabel yang perlu diperhatikan yaitu update kemampuan khusus dari personil, pengadaan material dan pengadaan spare part. Seperti yang disimpulkan dalam Gambar 2 dibawah ini:



Gambar 2. Hasil Analisa Diagram Prioritas Berdasarkan Variabel Fishbone

Berdasarkan hasil analisis diagram prioritas berdasarkan variable pada Gambar 2, variabel dengan skala prioritas tertinggi dalam permasalahan yang menghambat perawatan mesin TPE331 adalah ketersediaan suku cadang material, pengadaan spare part dan pembaruan kemampuan khusus atau spesialisasi teknis dari personil. Ketiga variabel ini memiliki dampak paling besar terhadap durasi perawatan karena berhubungan langsung dengan aspek vital pelaksanaan pekerjaan. Ketergantungan terhadap impor suku cadang material dan spare part menyebabkan waktu pengadaan menjadi lebih lama, yang pada akhirnya memperpanjang keseluruhan proses perawatan. Sedangkan pembaharuan kemampuan khusus atau spesialisasi teknis dibutuhkan agar teknisi mengetahui perkembangan metode dan prosedur yang efektif untuk menyelesaikan perawatan mesin TPE331 yang kompleks. Faktor lain dengan prioritas sedang meliputi kalibrasi peralatan uji dan lisensi personil. Kedua variabel ini berperan penting dalam menjaga kualitas hasil perawatan, meskipun dampaknya tidak sebesar faktor utama. Kalibrasi peralatan uji

diperlukan untuk memastikan keakuratan hasil pengukuran dan pengujian, namun proses ini sering memerlukan waktu tambahan dan kadang bergantung pada pihak eksternal. Tidak kalah penting, keterbatasan jumlah personel bersertifikat atau masa berlaku lisensi yang telah melewati ketentuan *airworthiness authority* juga menjadi faktor yang signifikan. Kondisi tersebut mengharuskan penundaan kegiatan perawatan hingga seluruh persyaratan administratif dan kompetensi teknis dapat dipenuhi.

Sementara itu, beberapa variabel lain seperti fasilitas pendukung dan teknologi, lingkungan kerja dan kebersihan, struktur organisasi dan manajemen mutu, serta fokus pelanggan memiliki skala prioritas yang lebih rendah. Walaupun pengaruhnya terhadap lamanya waktu perawatan tidak terlalu signifikan, faktor-faktor tersebut tetap penting dalam mendukung keberlangsungan kegiatan pemeliharaan secara keseluruhan. Peningkatan dalam aspek manajemen mutu, lingkungan kerja yang tertata, serta pemanfaatan teknologi dapat menciptakan efisiensi jangka panjang dan meningkatkan keandalan sistem perawatan. Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa akar permasalahan utama terletak pada aspek logistik pengadaan suku cadang dan kompetensi sumber daya manusia teknis. Oleh karena itu, upaya perbaikan yang dapat dilakukan adalah mengembangkan sistem rantai pasok yang lebih efisien dan tidak bergantung sepenuhnya pada impor, serta memperkuat program pelatihan dan sertifikasi bagi teknisi. Selain itu, diperlukan optimalisasi jadwal kalibrasi peralatan dan pemeliharaan fasilitas pengujian agar proses perawatan dapat berjalan lebih efektif dan tepat waktu. Dengan mengacu pada hasil analisis ini, diharapkan strategi perbaikan yang disusun akan mampu meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan ketepatan waktu dalam kegiatan perawatan Engine TPE331 di PT.NTP pada masa yang akan datang.

CONCLUSION

Hasil penelitian menunjukkan akar penyebab masalah lamanya waktu perawatan mesin TPE331 adalah keterbatasan ketersediaan suku cadang baik itu material/bahan baku dan spare part yang masih sangat bergantung pada impor, sehingga ketergantungan ini berdampak pada lamanya waktu pengadaan sehingga memperpanjang keseluruhan durasi perawatan. Selain itu, tingkat kompleksitas teknis mesin TPE331 yang tinggi menuntut kompetensi dan keahlian khusus dari teknisi serta ketersediaan peralatan khusus yang belum sepenuhnya optimal. Faktor lain yang turut mempengaruhi adalah kesesuaian serta pemeliharaan lisensi personel terhadap regulasi ketat dari *airworthiness authority*, serta kebutuhan akan proses kalibrasi peralatan secara berkala. Kedua aspek ini menambah panjangnya siklus pemeliharaan melalui proses dokumentasi dan verifikasi yang memerlukan waktu tambahan. Dengan teridentifikasinya berbagai penyebab permasalahan secara sistematis, maka langkah-langkah perbaikan dapat dirumuskan secara lebih tepat, komprehensif, dan efektif guna meningkatkan efisiensi serta ketepatan waktu dalam kegiatan perawatan Engine TPE331 di masa mendatang.

BIBLIOGRAPHY

- Dagal, I., Erol, B., Mbasso, W. F., Harrison, A., Demirci, A., & Cali, Ü. (2025). A Data-Driven Approach to Aircraft Engine MRO using Enhanced ANNs based on FMECA. IEEE Access, 1. <https://doi.org/10.1109/access.2025.3587090>
- Hazhiyah, R. R., Pinandhita, L. R., & Mulyani, S. (2022). Analysis Of Maintenance Planning C01 Check In Airbus A320-214 Pk-Lum At Batam Aero Technic (BAT). Vortex, 3(1), 32. <https://doi.org/10.28989/vortex.v3i1.1178>
- Imaroh, T. S., & Soleh, I. A. (2020). Analisis Pencapaian Key Performance Indicator (Kpi) Pada System Application And Product (SAP) (Studi Kasus di PT. GMF AeroAsia Tbk). Deleted Journal, 10(2), 150. <https://doi.org/10.22441/mix.2020.v10i2.001>

- Ishikawa, K. (1976). Guide to quality control : Ishikawa, Kaoru, 1915- : Free Download, Borrow, and Streaming : Internet Archive. Retrieved from <https://archive.org/details/guidetoqualityco00ishi/page/n251/mode/2up>
- Julianto, A., RD, P., & R.FIS, M. (2023). Peningkatan Kapabilitas Turbin Dan Propulsi Dalam Pemeliharaan Engine Makilla Series. Jurnal TNI Angkatan Udara Triwulan Kedua Vol 2 No 2. DOI: <https://doi.org/10.62828/jpb.v2i2.62>
- Mauluddin, Y., Rahmawati, D., & Oktavianti, D. (2022). Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi dengan Menggunakan Total Productive Maintenance untuk Menjamin Kestabilan Proses Produksi. Jurnal Kalibrasi, 20(2), 86. <https://doi.org/10.33364/kalibrasi/v.20-2.1148>
- Muzakki, R. F., Nuralam, N., & Kusumastuti, S. L. (2025). Implementasi Fishbone Diagram Dalam Analisis Breakdown Divisi Maintenance Listrik Pada Produksi Baja Di PT. X. Jurnal Inkofar, 9(1). <https://doi.org/10.46846/jurnalinkofar.v9i1.422>
- Nurhadi, O., & Ikatrinasari, Z. F. (n.d.). Perbaikan program maintenance dengan pendekatan reliability centered maintenance (RCM) untuk mengurangi aircraft on grounded (AOG) di PT. Nusantara Buana Air. Program Magister Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta. <https://ejurnal.esaunggul.ac.id/index.php/inovisi/article/view/968>
- Sufriyani Tanuwijaya, M., & Wayan Sukania, I. (2021). Analisis Sistem Maintenance Mesin Produksi Steel pada PT. XYZ. Fakultas Teknik, Universitas Tarumanegara, Jakarta. https://lantar.untar.ac.id/repository/penelitian/buktipenelitian_10396046_7A2_20222100652.pdf
- Widiyawati, S., Lukodono, R. P., Lustyana, A. T., & Juliawati, L. (2021). Pile defect quality control analysis on construction company in East Java. IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 1034(1), 12118. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1034/1/012118>
- Witonohadi, A., & Timothy, I. (2011). Usulan Perbaikan Sistem Perawatan Mesin dengan Pendekatan Computerized Maintenance Management System (CMMS) di PT. NTP. 6(2), 80. <https://journal.trunojoyo.ac.id/jtmi/article/download/8/17>