



Analisis Keandalan *Fire Shut Off Valve* pada Pesawat Airbus A330 di PT GMF AeroAsia

Dimas Tamyiz Apit¹ Andri Kurniawan² Mileniawan Januar R³

Program Studi Teknik Pesawat Udara, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang, Banten, Indonesia^{1,2,3}

Email: dimastamyisapit2204@gmail.com¹ andri.kurniawan@ppicurug.ac.id²
mjramadhani11@ppicurug.ac.id³

Abstrak

Fire Shut Off Valve (FSOV) merupakan komponen kritis pada sistem fire protection pesawat Airbus A330 yang berfungsi menghentikan aliran bahan bakar dan hydraulic fluid menuju mesin apabila terjadi indikasi kebakaran. Tingginya frekuensi unscheduled removal pada komponen ini berpotensi menurunkan keandalan operasional pesawat dan menimbulkan biaya perawatan tidak terjadwal yang besar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat keandalan (reliability) FSOV serta mengidentifikasi akar penyebab utama kegagalannya. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan data unscheduled removal FSOV periode 2021–2025 yang diperoleh dari PT GMF AeroAsia, Tbk, diolah menggunakan Distribusi Weibull dua parameter untuk memperoleh nilai reliability, Mean Time To Failure (MTTF), dan failure rate, dilanjutkan dengan diagram Pareto dan diagram Fishbone untuk root cause analysis (RCA). Hasil penelitian menunjukkan nilai shape parameter (β) sebesar 1,80 dan scale parameter (η) sebesar 9.244,41 flight hours, dengan MTTF sebesar 8.220,92 flight hours. Pada interval waktu tersebut, nilai reliability FSOV sebesar 44,50%, CDF (unreliability) sebesar 55,50%, dan failure rate sebesar 0,000177 kegagalan per flight hours. Analisis Pareto mengidentifikasi valve stuck (54,41%) dan leak from body (26,47%) sebagai dua penyebab dominan unscheduled removal, sedangkan diagram fishbone mengungkap faktor manusia (installation error, complacency), metode kerja (ketiadaan dokumen kerja standar), material (korosi dan minimnya corrosion inhibiting compound protection), dan lingkungan (debu dan minimnya cleaning) sebagai akar penyebab valve stuck. Temuan ini menjadi dasar penyusunan usulan perbaikan guna meningkatkan keandalan FSOV pada pesawat Airbus A330.

Kata Kunci: *Distribusi Weibull; Fire Shut Off Valve; Keandalan; Mean Time To Failure; Root Cause Analysis*



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

PENDAHULUAN

Fire Shut Off Valve (FSOV) adalah komponen pada sistem fire protection pesawat yang berfungsi menutup aliran bahan bakar dan hydraulic fluid menuju mesin secara otomatis maupun manual ketika terjadi indikasi kebakaran, sehingga keandalannya menjadi salah satu faktor penentu keselamatan penerbangan (Airbus, 2014). Berdasarkan data unscheduled removal pada pesawat Airbus A330 series di PT GMF AeroAsia, Tbk periode 2021–2025, FSOV part number E03A00 tercatat mengalami 68 kali pelepasan tidak terjadwal, jumlah yang relatif tinggi untuk komponen yang berperan sebagai safety device dan berpotensi menimbulkan gangguan pada jadwal operasi pesawat serta pembengkakan biaya perawatan tidak terjadwal. Kajian mengenai keandalan komponen pesawat menggunakan Distribusi Weibull telah banyak dilakukan pada dekade terakhir. Fidanoglu, Ungor, Ozkol, dan Komurgoz (2017) menunjukkan bahwa Distribusi Weibull dua parameter efektif digunakan untuk mengestimasi umur pakai komponen pesawat pada sektor penerbangan sipil. Setiawan, Sofyan, dan Putra (2020) menganalisis reliability sistem starter valve pesawat Boeing 737 Next Generation di PT GMF AeroAsia untuk merencanakan aktivitas maintenance, sementara Achmad, Rahmawati, dan Hartini (2023) mengevaluasi Rate of Occurrence of Failure dan lifetime prediction pada

Integrated Drive Generator Air/Oil Cooler pesawat Boeing 737-800 di lokasi yang sama. Pada sisi root cause analysis, Hayatussalam, Riyanti, dan Kurniawan (2025) menggunakan pendekatan RCA untuk menganalisis keterlambatan turnaround time C-Check pesawat Airbus A330, dan Nissa serta Iriani (2024) memanfaatkan diagram Pareto dan diagram fishbone untuk menelusuri penyebab gangguan penyulang. Penelitian-penelitian tersebut memperkuat relevansi kombinasi Distribusi Weibull dan RCA sebagai pendekatan yang telah teruji untuk menganalisis keandalan komponen kritis pada industri penerbangan.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada komponen mesin (engine), sistem starter, atau sistem kelistrikan pesawat Boeing, sedangkan kajian keandalan yang secara khusus membahas Fire Shut Off Valve sebagai komponen fire protection pada pesawat Airbus A330 dengan pendekatan gabungan Distribusi Weibull dan Root Cause Analysis berbasis diagram Pareto-Fishbone masih sangat terbatas. Kesenjangan (gap) inilah yang menjadi orisinalitas penelitian ini, yaitu memadukan analisis kuantitatif keandalan (reliability, MTTF, failure rate) dengan penelusuran akar penyebab kegagalan secara kualitatif pada satu objek penelitian yang sama, sehingga hasilnya dapat langsung diterjemahkan menjadi usulan perbaikan yang aplikatif bagi operator perawatan pesawat. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk (1) menganalisis tingkat keandalan Fire Shut Off Valve pada pesawat Airbus A330 menggunakan Distribusi Weibull, dan (2) mengidentifikasi akar penyebab utama kegagalan FSOV menggunakan diagram Pareto dan diagram Fishbone sebagai dasar penyusunan usulan perbaikan.

Penelitian Terdahulu yang Relevan

Tabel 1. Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Penulis/ Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Hasil	Kontribusi dan Relevansi
1	Setiawan, Sofyan, & Putra (2020)	Analisis Reliability Sistem Starter Valve untuk Merencanakan Aktivitas Maintenance pada Pesawat Boeing 737 NG di PT GMF AeroAsia	Menentukan keandalan starter valve dan interval maintenance	Distribusi Weibull dua parameter	Diperoleh nilai reliability dan rekomendasi interval perawatan starter valve	Menunjukkan kesesuaian metode Weibull untuk komponen valve pesawat di lokasi penelitian yang sama
2	Achmad, Rahmawati, & Hartini (2023)	Evaluasi ROCOF dan Lifetime Prediction pada IDG Air/Oil Cooler Pesawat Boeing 737-800 di PT GMF AeroAsia	Mengevaluasi laju kegagalan dan prediksi umur pakai komponen	ROCOF dan analisis keandalan	Teridentifikasi tren laju kegagalan meningkat dan estimasi umur pakai komponen	Memperkuat pentingnya analisis keandalan berkala pada komponen kritis pesawat
3	Hayatussalam, Riyanti, & Kurniawan (2025)	Analysis of Turnaround Time Delays in C-Check of Airbus A330 Aircraft Using Root Cause Analysis	Menganalisis penyebab keterlambatan turnaround time C-Check	Root Cause Analysis (fishbone)	Faktor manusia dan metode kerja menjadi penyebab dominan keterlambatan	Menjadi rujukan penerapan RCA pada objek pesawat Airbus A330 yang sama
4	Nissa & Iriani (2024)	Analisis Gangguan Penyulang dengan Menggunakan Diagram Pareto dan Diagram Fishbone di UP3 Bojonegoro	Mengidentifikasi penyebab dominan gangguan dan akar penyebabnya	Diagram Pareto dan diagram Fishbone	Diperoleh penyebab dominan gangguan berdasarkan prinsip 80/20	Menjadi dasar kombinasi Pareto-Fishbone yang diadopsi pada penelitian ini
5	Wijaya (2025)	Analisis Keandalan Ignition Leads P/N 9043185-16 pada Engine CFM56-3	Menganalisis keandalan komponen	Distribusi Weibull dua parameter	Diperoleh nilai MTTF dan reliability komponen pada	Memperkuat justifikasi penggunaan Weibull dua

		Pesawat Boeing 737-300	ignition lead engine		rentang flight hours tertentu	parameter pada komponen pesawat berumur pakai
--	--	------------------------	----------------------	--	-------------------------------	---

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk menggambarkan tingkat keandalan Fire Shut Off Valve berdasarkan data historis unscheduled removal, kemudian dilanjutkan dengan pendekatan kualitatif berupa root cause analysis untuk menelusuri faktor penyebab kegagalan (Sugiyono, 2013; Waruwu, Pu'at, Utami, Yanti, & Rusydiana, 2025). Objek penelitian adalah komponen Fire Shut Off Valve part number E03A00 yang terpasang pada pesawat Airbus A330 series yang dirawat oleh PT GMF AeroAsia, Tbk. Data yang digunakan adalah data sekunder berupa laporan unscheduled removal FSOV periode Januari 2021 hingga Desember 2025 sebanyak 68 data kejadian, yang diperoleh melalui studi dokumentasi pada sistem data perawatan perusahaan, dilengkapi dengan studi literatur terhadap Aircraft Maintenance Manual, Component Maintenance Manual, dan referensi ilmiah terkait, serta wawancara terbatas dengan personel teknisi dan engineer yang menangani perawatan FSOV.

Data time to failure yang diperoleh diolah menggunakan Distribusi Weibull dua parameter untuk mendapatkan nilai shape parameter (β) dan scale parameter (η) melalui regresi linier metode Median Rank (Abernethy, 2015; Ota, 2016). Kedua parameter tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai reliability $R(t)$, cumulative distribution function/unreliability $F(t)$, failure rate $\lambda(t)$, dan Mean Time To Failure (MTTF) pada interval flight hours tertentu. Tahap berikutnya adalah penyusunan diagram Pareto untuk mengurutkan penyebab unscheduled removal berdasarkan frekuensi kejadian dan menentukan penyebab dominan sesuai prinsip 80/20, dilanjutkan dengan diagram Fishbone untuk menguraikan akar penyebab dari penyebab dominan tersebut ke dalam kategori man, method, material, dan environment (Nissa & Iriani, 2024). Hasil root cause analysis kemudian menjadi dasar penyusunan usulan perbaikan untuk meningkatkan keandalan FSOV.

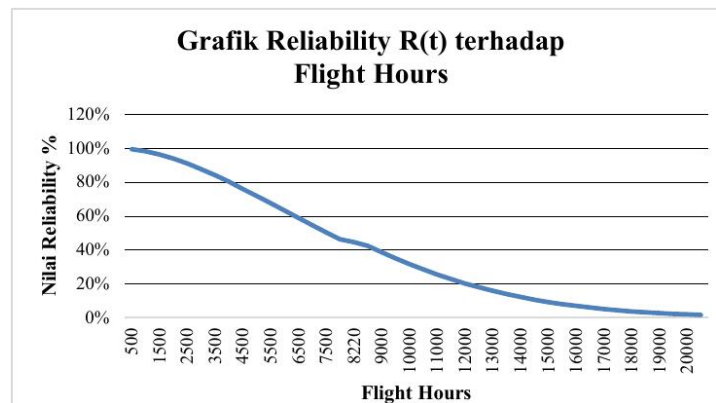
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil pengolahan data unscheduled removal FSOV periode 2021–2025 menggunakan regresi linier Distribusi Weibull, diperoleh nilai shape parameter (β) sebesar 1,80 dan scale parameter (η) sebesar 9.244,41 flight hours. Nilai β lebih besar dari 1 menunjukkan bahwa laju kegagalan FSOV meningkat seiring bertambahnya jam terbang, yang mengindikasikan pola kegagalan wear-out akibat keausan komponen.

Tabel 2. Rekapitulasi Parameter Weibull dan Nilai Keandalan FSOV

Parameter	Nilai	Satuan
Shape parameter (β)	1,80	–
Scale parameter (η)	9.244,41	flight hours
Mean Time To Failure (MTTF)	8.220,92	flight hours
Reliability $R(t)$ pada MTTF	44,50	%
CDF/Unreliability $F(t)$ pada MTTF	55,50	%
Failure rate $\lambda(t)$ pada MTTF	0,000177	kegagalan/flight hours

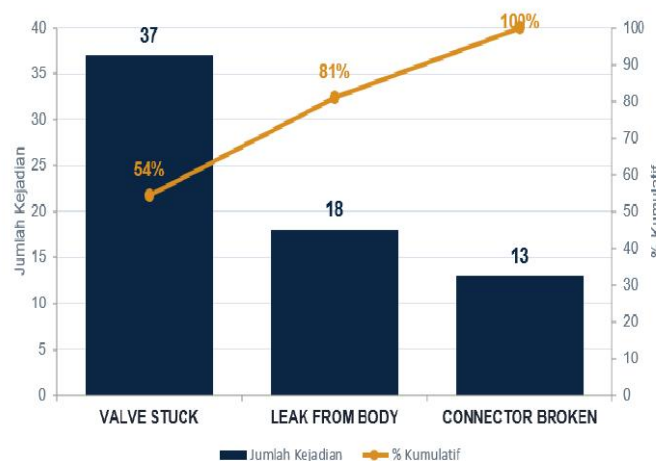


Gambar 1. Grafik Reliability Fire Shut Off Valve terhadap Flight Hours

Grafik pada Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai reliability FSOV menurun secara progresif seiring bertambahnya flight hours, dari 100% pada awal pemakaian menjadi sekitar 44,50% pada 8.220,92 flight hours (MTTF), dan terus menurun hingga mendekati 0% pada 20.000 flight hours. Pola penurunan ini konsisten dengan nilai $\beta > 1$ yang menandakan mekanisme kegagalan akibat keausan (wear-out failure). Hasil rekapitulasi penyebab unscheduled removal FSOV selama periode 2021–2025 dianalisis menggunakan diagram Pareto sebagaimana disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 2.

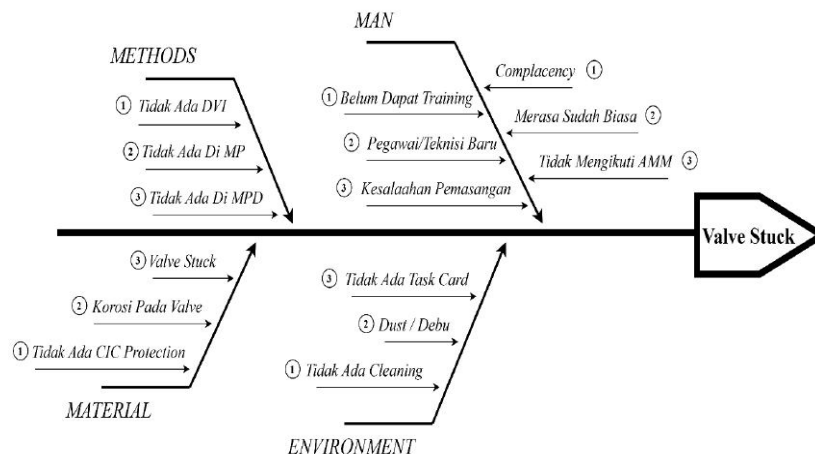
Tabel 3. Rekapitulasi Penyebab Unscheduled Removal Fire Shut Off Valve

No	Penyebab	Jumlah	Persentase	Persen Kumulatif
1	Valve stuck	37	54%	54%
2	Leak from body	18	26%	81%
3	Connector broken	13	19%	100%



Gambar 2. Diagram Pareto Penyebab Unscheduled Removal FSOV

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 2, penyebab yang paling dominan terjadinya unscheduled removal FSOV adalah kondisi valve stuck, yaitu sebanyak 37 kejadian atau setara dengan 54,41% dari total 68 kejadian selama periode 2021–2025. Penyebab valve stuck dan leak from body secara kumulatif menyumbang 80,88% dari keseluruhan kejadian, sehingga sesuai dengan prinsip Pareto (80/20) kedua penyebab tersebut menjadi prioritas utama untuk ditelusuri akar penyebabnya. Penelusuran akar penyebab valve stuck dilakukan menggunakan diagram Fishbone dengan kategori man, method, material, dan environment sebagaimana disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Fishbone Penyebab Valve Stuck FSOV

Faktor manusia berkontribusi terhadap valve stuck melalui kesalahan pemasangan (installation error) yang dipengaruhi minimnya pengalaman teknisi baru, serta sikap complacency yang menyebabkan tahapan pada Aircraft Maintenance Manual (AMM) tidak sepenuhnya diikuti. Faktor metode kerja teridentifikasi dari ketiadaan dokumen kerja standar seperti Detail Work Instruction (DWI), Maintenance Program (MP), dan Maintenance Planning Document (MPD) yang secara khusus mengatur perawatan preventif FSOV. Faktor material meliputi korosi pada valve akibat minimnya penerapan corrosion inhibiting compound (CIC) protection, sedangkan faktor lingkungan meliputi akumulasi debu pada area valve akibat minimnya aktivitas cleaning berkala dan ketiadaan task card khusus untuk pembersihan komponen tersebut.

Pembahasan

Nilai reliability FSOV sebesar 44,50% pada titik MTTF menunjukkan bahwa keandalan komponen ini berada di bawah nilai referensi keandalan komponen kritis penerbangan yang umumnya ditetapkan minimal di atas 70% (Achmad, Rahmawati, & Hartini, 2023), sehingga mengindikasikan perlunya peninjauan ulang terhadap interval perawatan FSOV yang berlaku saat ini. Nilai $\beta = 1,80$ yang lebih besar dari 1 memperkuat temuan Fidanoglu et al. (2017) bahwa komponen pesawat dengan mekanisme mekanis seperti valve umumnya mengalami pola kegagalan wear-out sehingga strategi hard time atau on-condition maintenance lebih sesuai diterapkan dibandingkan strategi run-to-failure. Dominasi penyebab valve stuck sejalan dengan temuan Nissa dan Iriani (2024) yang menunjukkan bahwa kombinasi diagram Pareto dan Fishbone efektif memisahkan penyebab dominan dari penyebab minor sekaligus menelusuri akar penyebabnya secara sistematis. Keterkaitan faktor manusia (complacency, minimnya training) dan faktor metode (ketiadaan dokumen kerja) juga konsisten dengan hasil Hayatussalam, Riyanti, dan Kurniawan (2025) yang menemukan bahwa faktor manusia dan metode kerja menjadi penyebab dominan permasalahan perawatan pada pesawat Airbus A330 di lini C-Check. Temuan ini menegaskan bahwa peningkatan keandalan FSOV tidak cukup hanya melalui pendekatan teknis pada komponen, tetapi juga memerlukan penguatan pada aspek prosedur kerja dan kompetensi sumber daya manusia. Berdasarkan hasil root cause analysis tersebut, disusun usulan perbaikan yang mencakup penyusunan Detail Work Instruction khusus perawatan FSOV yang mengacu pada AMM, pelaksanaan refresher training dan on-the-job training bagi teknisi terkait prosedur removal/installation FSOV, penerapan corrosion inhibiting compound secara berkala untuk mencegah korosi pada valve, serta penambahan task card cleaning periodik pada area pemasangan FSOV guna mengurangi akumulasi debu. Usulan

perbaikan ini sejalan dengan prinsip continuous improvement dalam manajemen perawatan pesawat sebagaimana ditekankan oleh Setiawan, Sofyan, dan Putra (2020) dalam upaya menjaga keandalan komponen kritis pesawat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis keandalan Fire Shut Off Valve pada pesawat Airbus A330 di PT GMF AeroAsia, Tbk menggunakan Distribusi Weibull dua parameter, diperoleh nilai shape parameter (β) sebesar 1,80 dan scale parameter (η) sebesar 9.244,41 flight hours, dengan Mean Time To Failure (MTTF) sebesar 8.220,92 flight hours. Pada interval waktu tersebut, nilai reliability FSOV sebesar 44,50%, CDF (unreliability) sebesar 55,50%, dan failure rate sebesar 0,000177 kegagalan per flight hours, yang mengindikasikan bahwa keandalan FSOV masih berada di bawah nilai referensi keandalan komponen kritis penerbangan sehingga memerlukan peninjauan interval perawatan. Hasil root cause analysis menggunakan diagram Pareto menunjukkan bahwa valve stuck (54,41%) dan leak from body (26,47%) merupakan dua penyebab dominan unscheduled removal FSOV, sedangkan diagram Fishbone mengungkap bahwa penyebab valve stuck bersumber dari faktor manusia berupa kesalahan pemasangan dan sikap complacency, faktor metode berupa ketiadaan dokumen kerja standar, faktor material berupa korosi akibat minimnya proteksi anti korosi, serta faktor lingkungan berupa akumulasi debu akibat minimnya aktivitas pembersihan berkala. Usulan perbaikan yang dapat diterapkan meliputi penyusunan Detail Work Instruction khusus FSOV, pelaksanaan pelatihan berkala bagi teknisi, penerapan corrosion inhibiting compound secara rutin, serta penambahan task card cleaning periodik. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan data pada armada Airbus A330 di operator lain serta mengombinasikan pendekatan Weibull dengan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) guna memperoleh prioritas mitigasi risiko yang lebih komprehensif. Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing tugas akhir, PT GMF AeroAsia, Tbk atas izin dan dukungan data penelitian, serta seluruh pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abernethy, R. B. (2015). *The New Weibull Handbook: Reliability and Statistical Analysis for Predicting Life, Safety, Risk, Support Costs, Failures, and Forecasting Warranty Claims, Substantiation and Accelerated Testing, Using Weibull, Log Normal, Crow-AMSAA, Probit, and Kaplan-Meier Models* (5th ed.). North Palm Beach: R. B. Abernethy.
- Achmad, A., Rahmawati, F. K., & Hartini, D. (2023). Evaluasi Rate of Occurrence of Failure (ROCOF) dan Lifetime Prediction pada Integrated Drive Generator (IDG) Air/Oil Cooler Pesawat Boeing 737-800 Garuda Indonesia di PT GMF AeroAsia. *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 15(1), 55–66. <https://doi.org/10.28989/angkasa.v15i1.1568>
- Airbus. (2014). *A330 Technical Training Manual: Mechanical & Avionics Course B1+B2 (Level 2 & 3) — RR Trent 700*. Blagnac: Airbus S.A.S.
- Federal Aviation Administration. (2023). *Aviation Maintenance Technician Handbook — Powerplant* (FAA-H-8083-32B). Washington, DC: U.S. Department of Transportation.
- Fidanoglu, M., Ungor, U., Ozkol, I., & Komurgoz, G. (2017). Application of Weibull Distribution Method for Aircraft Component Life Estimation in Civil Aviation Sector. *Journal of Traffic and Logistics Engineering*, 5(1), 40–44. <https://doi.org/10.18178/jtle.5.1.40-44>
- Gunawan, W., & Soleh, F. (2020). Analisis Penerapan Total Productive Maintenance Menggunakan Distribusi Weibull pada Mesin Rolling Mill. *Jurnal InTent*, 3(1).
- Hartono, B., Waluyo, R., & Muhammad, B. (2024). Analisa Kebocoran Hydraulic Cylinder Telescopic pada Alat Angkut Kelapa Sawit Tipe High Bin Kapasitas 500 Kilogram. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 10(1), 34–38.



- Hayatussalam, F. I., Riyanti, L. E., & Kurniawan, I. E. (2025). Analysis of Turnaround Time Delays in C-Check of Airbus 330 Aircraft Using Root Cause Analysis Method. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, 48(2), 652–662.
- Napitupulu, J. C., & Tobing, P. S. M. L. (2013). Analisis Keandalan Transformator Daya Menggunakan Metode Distribusi Weibull (Studi Kasus Transformator Daya GI Titi Kuning PT PLN Persero). *Singuda Ensikom*, 3(3).
- Nissa, D. Y. C., & Iriani. (2024). Analisis Gangguan Penyulang dengan Menggunakan Diagram Pareto dan Diagram Fishbone di UP3 Bojonegoro. *Jurnal Sains dan Teknologi (JSIT)*, 4(2), 134–139. <https://doi.org/10.47233/jsit.v4i2.1648>
- Otaya, L. G. (2016). Distribusi Probabilitas Weibull dan Aplikasinya (pada Persoalan Keandalan (Reliability) dan Analisis Rawatan (Maintainability)). *Tadbir: Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 4(2), 44–66. <https://doi.org/10.30603/tjmpi.v4i2.438>
- Setiawan, F., Sofyan, E., & Putra, D. M. C. (2020). Analisis Reliability Sistem Starter Valve untuk Merencanakan Aktivitas Maintenance pada Pesawat Boeing 737 Next Generation di PT GMF AeroAsia. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 6(2), 92–103. <https://doi.org/10.56521/teknika.v6i2.272>
- Sugianto, W. (2021). Analisis Keandalan Pneumatic System pada Pesawat Penumpang di PT ABC. *Jurnal Comasie*, 4(1).
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Waruwu, M., Pu'at, S. N., Utami, P. R., Yanti, E., & Rusydiana, M. (2025). Metode Penelitian Kuantitatif: Konsep, Jenis, Tahapan, dan Kelebihan. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 10(1), 917–932. <https://doi.org/10.29303/jipp.v10i1.3057>
- Wijaya, D. S. (2025). Analisis Keandalan Ignition Leads P/N 9043185-16 pada Engine CFM56-3 Pesawat Boeing 737-300 di Perusahaan XYZ. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3S1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3S1.7964>