

PREDIKSI UMUR KOMPONEN HIDROLIK A330 BERBASIS MSG-3 DAN RELIABILITY DATA PADA MASKAPAI XYZ

Oleh:

Adhitya Anugrah Putra 231020200092

Dosen pembimbing: Dr. Eng. Rachmat Firdaus, S.T., M.T.

Progam Studi Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Februari, 2026



Pendahuluan

Sistem hidrolik Airbus A330 (ATA 29) memiliki peran kritis terhadap keselamatan dan keandalan operasi pesawat, sehingga kegagalan komponen dapat berdampak langsung pada terjadinya *aircraft on ground* (AOG), keterlambatan penerbangan, dan peningkatan biaya pemeliharaan. Penetapan umur komponen selama ini mengacu pada dokumen pabrikan dan regulator yang bersifat konservatif dan belum sepenuhnya mempertimbangkan profil operasi serta kondisi lingkungan tropis. Meskipun data historis keandalan tersedia di tingkat operator, pemanfaatannya untuk optimasi interval masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengoptimalkan penentuan umur komponen hidrolik A330 dengan mengintegrasikan kerangka MSG-3 dan analitik keandalan berbasis data operasi aktual untuk estimasi *Remaining Useful Life* (RUL) dengan batas FH, FC, dan kalender, sehingga tetap memenuhi persyaratan kelaikudaraan sekaligus meningkatkan dispatch reliability dan efisiensi biaya pemeliharaan.

Rumusan Masalah

“Bagaimana optimasi penentuan umur komponen Hidrolik A330 berbasis MSG-3 dan reliability data pada Maskapai XYZ?”

Batasan Masalah

1. Penelitian dibatasi pada sistem hidrolik (ATA 29) pesawat Airbus A330 yang dioperasikan oleh maskapai XYZ, dengan fokus pada kejadian kebocoran hidrolik eksternal yang berdampak pada keandalan operasi; tipe pesawat lain dan fenomena non-leak tidak dikaji.
2. Analisis hanya menggunakan data internal operator dan rujukan teknis pabrikan yang tersedia dalam rentang waktu terkini yang terdokumentasi.
3. Estimasi umur komponen dan RUL dilakukan dalam kerangka MSG-3 menggunakan analisis keandalan konvensional (Weibull) dengan batas multi-kendala (FH/FC/kalender) sebagaimana tercantum pada dokumen pemeliharaan yang berlaku; penelitian tidak merancang prosedur baru, tidak mengusulkan perubahan desain di luar rekomendasi pabrikan, dan seluruh usulan berada dalam koridor kelaikudaraan.
4. Keberhasilan dievaluasi melalui indikator keandalan terkait kebocoran hidrolik termasuk penurunan kejadian *delay*/AOG, tren MTBUR/unscheduled removal, dan ketepatan pemenuhan interval preventif; dampak di luar domain keandalan.

.....

Tujuan Penelitian

Bertujuan untuk mengetahui optimasi penentuan umur komponen Hidrolik A330 berbasis MSG-3 dan reliability data pada Maskapai XYZ.

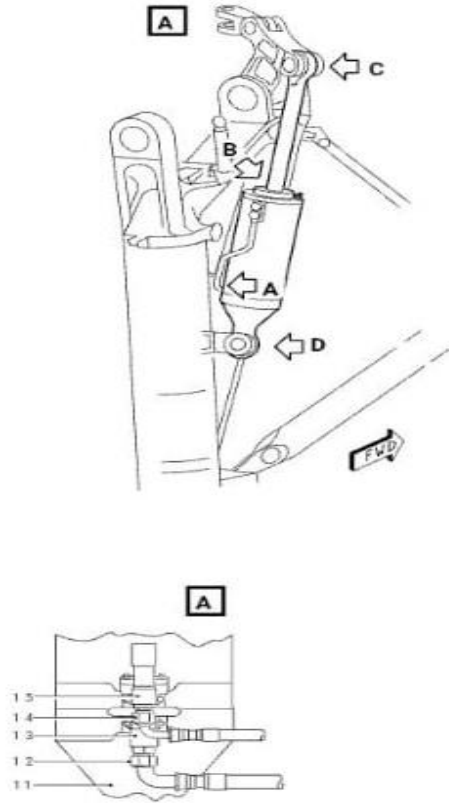
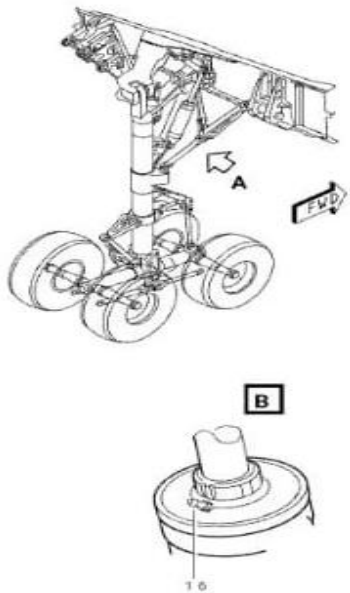
Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya. Secara praktis, hasil penelitian dapat mengurangi kejadian kebocoran hidrolik, delay/AOG, dan meningkatkan dispatch reliability A330 melalui penetapan interval penggantian komponen yang lebih akurat, mengoptimalkan total biaya pemeliharaan tanpa menurunkan tingkat keselamatan, serta menyediakan kerangka analitik terukur untuk penyempurnaan AMP yang tetap berada dalam koridor regulasi dan mendukung proses pengambilan keputusan teknis.

Metode MSG-3 dan *reliability* data

Metode MSG-3 dan reliability data digunakan karena MSG-3 menyediakan kerangka resmi industri penerbangan untuk menetapkan kebijakan pemeliharaan yang aman dan patuh regulasi berdasarkan konsekuensi kegagalan, sedangkan reliability data memungkinkan penentuan umur komponen yang lebih akurat dan kontekstual berdasarkan kondisi operasi aktual. Kombinasi keduanya memastikan estimasi *Remaining Useful Life* (RUL) dan interval penggantian komponen hidrolik A330 tetap memenuhi persyaratan kelaikudaraan, sekaligus lebih optimal terhadap profil operasi dan lingkungan maskapai XYZ.

Obyek Penelitian



F_MM_323146_4_ACM0_01_00



Tabel Kurva Weibull

Rentang β	Pola Kegagalan	Karakteristik Failure Rate	Interpretasi Maintenance	Reliability (%)
$\beta < 1$	Infant Mortality	Failure rate menurun	Perlu improvement kualitas / burn-in	100
$\beta = 1$	Random Failure	Failure rate konstan	Time-based maintenance kurang efektif	90
$1 < \beta < 3$	Wear-out bertahap	Failure rate meningkat perlahan	Cocok preventive replacement	80
$3 \leq \beta < 5$	Wear-out cepat	Failure rate naik tajam	Perlu interval penggantian lebih pendek	70
$\beta \geq 5$	Wear-out sangat cepat	Failure rate sangat tajam	Sangat kritis, harus strict replacement	50

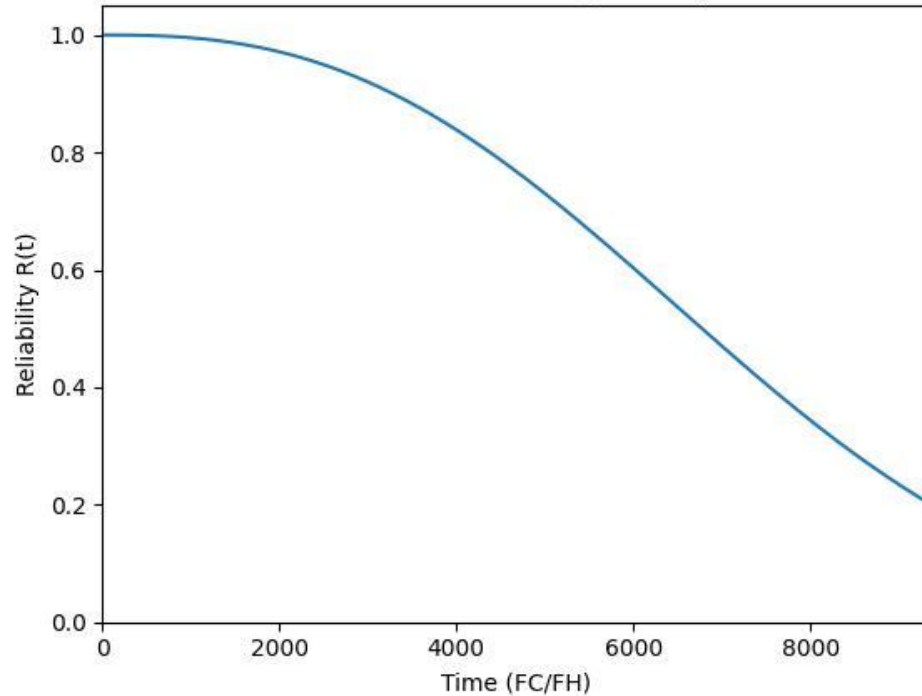
Hasil dan Pembahasan

a. Hasil Analisis Keandalan dan Estimasi Umur Sisa Komponen Hidrolik ATA 29

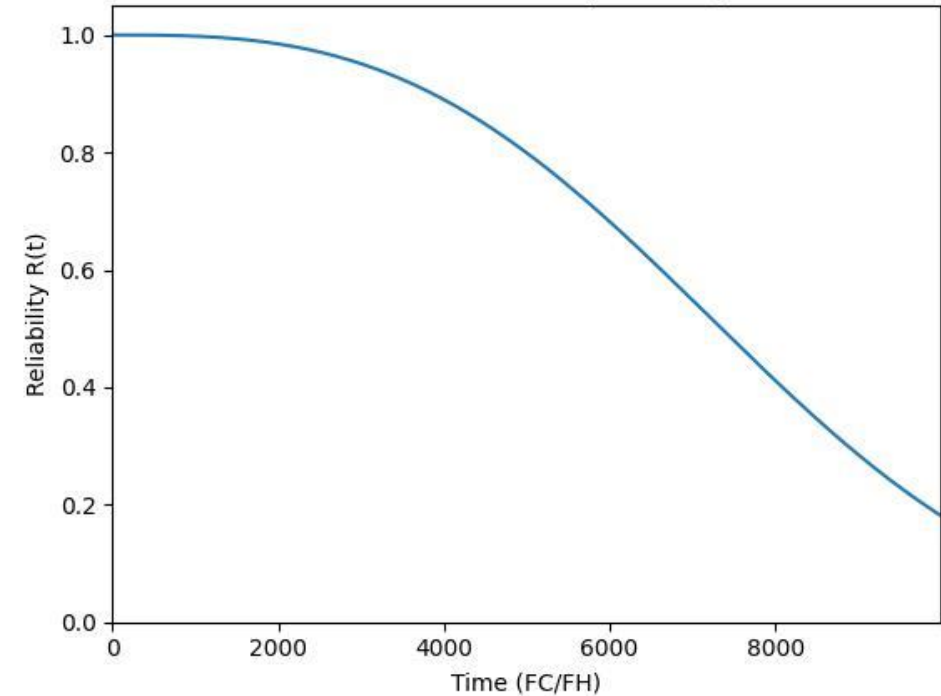
No	Nama Komponen	P/N	Instalasi (FH/FC/Tgl)	Removal (FH/FC/Tgl)	β	η	MTTF	RUL saat ini	Interval Optimal (t)
1	Flexible Hose Pitch Trimmer	201042197/201042198	01-01-2021 FH 0 FC 0	01-05-2024 FH 12.500 FC 2.950	2,60	7.800 FC	6.900 FC	X=2.000 FC → 1.200 FC	3.200 FC
2	Flexible Hose Normal Brake	201042322	05-08-2021 FH 0 FC 0	14-05-2024 FC 3270, 2483, 6350, 2792, 5246 FH 13966,6; 10798,6; 26387,0; 12179,4; 19302,7	2,93	8.330 FC	7.430 FC	X=3.000 FC → 181 FC	3.181 FC
3	Actuating Cylinder	114095004-010	10-03-2020 FH 0 FC 0	12-08-2025 FH 18.200 FC 3.600	3,10	5.500 FC	4.950 FC	X=2.500 FC → 900 FC	3.400 FC
4	Engine Driven Pump (EDP)	3022053-001	05-06-2022 FH 0 FC 0	15-05-2024 FH 6.800 FC 1.150	2,20	40.000 FH	≈32.000 FH	X=20.000 FH → 12.000 FH	32.000 FH

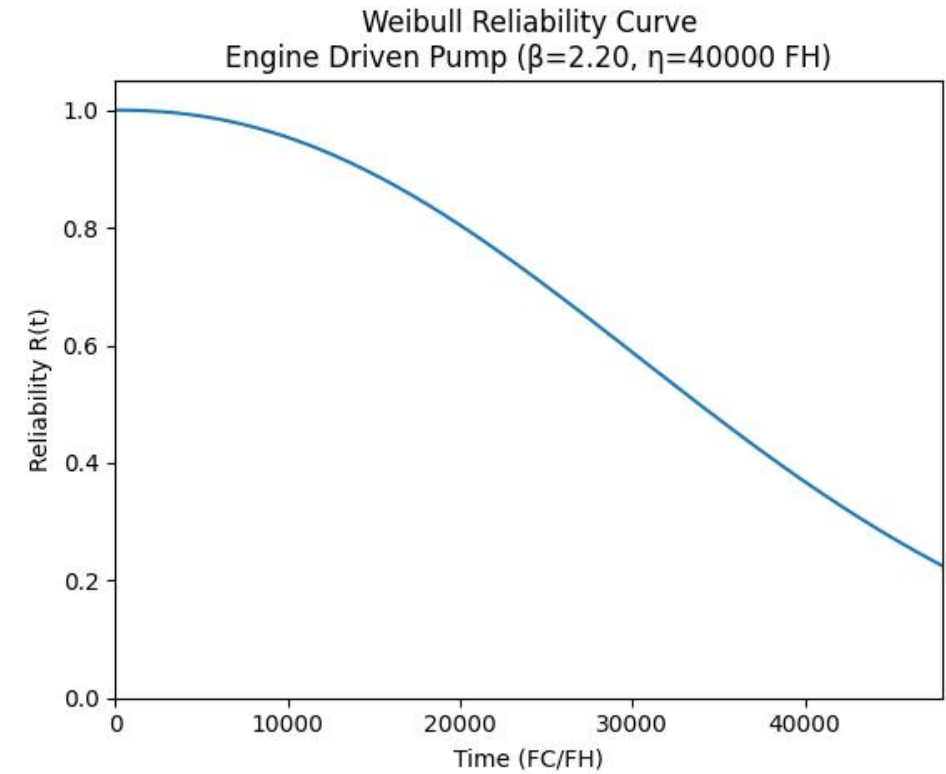
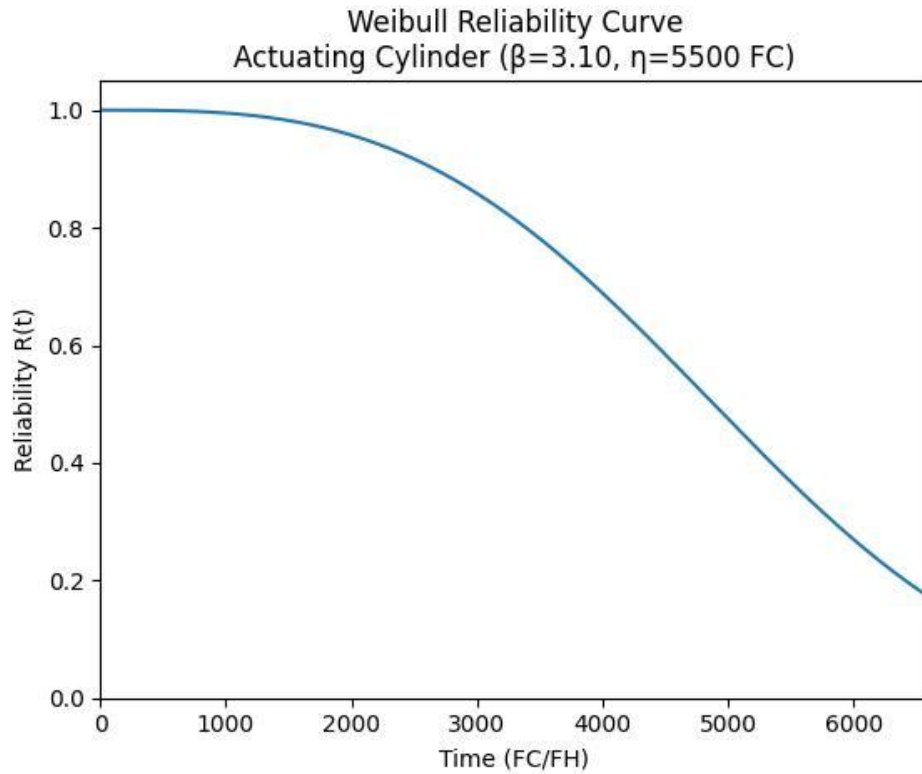
Kurva Reliability

Weibull Reliability Curve
Flexible Hose Pitch Trimmer ($\beta=2.6$, $\eta=7800$ FC)



Weibull Reliability Curve
Flexible Hose Normal Brake ($\beta=2.93$, $\eta=8330$ FC)





Hasil Analisis Keandalan dan Estimasi Umur Sisa Komponen Hidrolik ATA 29

- Optimasi interval penggantian dilakukan dengan mengintegrasikan hasil analisis Weibull (β , η , MTTF, dan RUL) ke dalam kerangka MSG-3, dengan AMP tetap sebagai batas kelaikudaraan. Karena seluruh komponen memiliki $\beta > 1$ (pola wear-out), strategi yang diterapkan adalah *Hard Time* atau kombinasi *On-Condition* sesuai karakteristiknya.
- Pada flexible hose, interval penggantian diarahkan berbasis utilisasi (FC) sebelum mencapai batas kalender AMP untuk mengurangi risiko *unscheduled leak*. Actuating Cylinder menggunakan kombinasi pembatasan umur dan monitoring kondisi, sedangkan EDP lebih difokuskan pada *Condition Monitoring* dengan interval umur sebagai batas maksimum.

Kesimpulan

Berdasarkan Analisis keandalan komponen hidrolik ATA 29 pada Airbus A330 menunjukkan bahwa pola kegagalan cenderung age-related ($\beta > 1$), sehingga risiko kebocoran meningkat seiring bertambahnya umur pemakaian baik dalam satuan FC maupun FH. Integrasi kerangka MSG-3 dengan reliability data terbukti relevan untuk mengendalikan risiko kebocoran dan *unscheduled removal* dengan tetap menjadikan AMP/MPD/ALS/CMM sebagai batas kelaikudaraan. Pada kelompok flexible hose, hasil reliability mendukung pengendalian umur yang lebih ketat, di mana P/N 201042322 memiliki MTTF ≈ 7.430 FC ($\pm 3,7$ tahun) dan selaras dengan kebijakan *repetitive replacement* 4 tahun, sementara P/N 201042197/201042198 menguatkan perlunya pengetatan interval dari 6 tahun menjadi 4 tahun untuk menekan kejadian kebocoran. Untuk Actuating Cylinder (P/N 114095004-010), strategi yang paling efektif adalah kombinasi HT + OC melalui penggantian berbasis umur yang disertai monitoring kondisi, sedangkan EDP (P/N 3022053-001) lebih tepat dikelola dengan CM/OC yang diperkaya data reliability karena isu kebocoran *fitting/seepage* bersifat *condition-driven*, dengan batas AMP berfungsi sebagai *backstop*. Secara keseluruhan, rekomendasi interval hasil optimasi tetap memerlukan validasi lanjutan melalui konsistensi klasifikasi *failure/censored*, tren temuan lapangan, serta mekanisme persetujuan formal seperti forum *Reliability Control Board* sebelum diadopsi ke dalam AMP.

Referensi

- [1] A. Transport Safety Bureau, "Hydraulic system malfunction, return and evacuation, involving Airbus A330, VH-EBC, 94 km west-north-west of Sydney Airport, New South Wales, on 15 December 2019," 2019. [Online]. Available: www.atsb.gov.au
- [2] Z. Li, H. Fu, and J. Guo, "Reliability Assessment of a Series System with Weibull-Distributed Components Based on Zero-Failure Data," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 15, no. 5, Mar. 2025, doi: 10.3390/app15052869.
- [3] MUHAMMAD RAKI AMMARUDIN and BASUKI ARIANTO, "ANALISIS SISTEM PEMELIHARAAN DAN PERSEDIAAN IGNITER PADA PESAWAT AIRBUS A320 DENGAN MEMPERTIMBANGKAN KEANDALAN," 2021.
- [4] C. Riswanto, E. Sofyan, F. Setiawan, E. Noerachman, and I. Nazarullah, "Reliability Control Program Turbo Compressor 2222254-1 Nitrogen Generation System Pesawat Boeing 777-300ER di PT GMF AeroAsia Tbk," *JURNAL AI-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI*, vol. 9, no. 2, p. 175, May 2024, doi: 10.36722/sst.v9i2.2517.
- [5] A. C. Bertolino, A. De Martin, G. Jacazio, and M. Sorli, "A Case Study on the Detection and Prognosis of Internal Leakages in Electro-Hydraulic Flight Control Actuators," pp. 1–18, 2021.
- [6] W. O. L. Vianna and J. P. P. Malere, "Aircraft Hydraulic System Leakage Detection and Servicing Recommendations Method," pp. 1–5, 2008.
- [7] D. F. Hidayat, J. Hardono, and R. Nugroho, "STRATEGI PERAWATAN MENGGUNAKAN RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE PADA ALAT AIRCRAFT WASHING TRUCK DI PT GMF AeroAsia Tbk," vol. 13, no. 2, [Online]. Available: <http://jurnal.umt.ac.id/index.php/jt/index>
- [8] Y. C. Dwiaji and A. Sura, "ANALISIS KEBOCORAN SISTEM HIDROLIK PADA LANDING GEAR PESAWAT AIRBUS A330 SERIES MENGGUNAKAN METODE PDCA," *Indonesian Journal of Mechanical Engineering*, vol. 1, 2021, [Online]. Available: <https://politap.ac.id/journal/index.php/injection>
- [9] MUHAMMAD RAKI AMMARUDIN, "ANALISIS SISTEM PEMELIHARAAN DAN PERSEDIAAN IGNITER PADA PESAWAT AIRBUS A320 DENGAN MEMPERTIMBANGKAN KEANDALAN".
- [10] I. Ilhamsyah and E. Setijono, "ANALISIS PERBANDINGAN MAINTENANCE METODE MSG 2 DAN MSG 3 PADA INSPECTION C CHECK PESAWAT BOEING 737-300," *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP) Tahun*, 2018.
- [11] I. Tseremoglou and B. F. Santos, "Condition-Based Maintenance scheduling of an aircraft fleet under partial observability: A Deep Reinforcement Learning approach," *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 241, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.ress.2023.109582.
- [12] Wang kai, Tian Fei", and ying, "Reliability Analysis on the Hydraulic Power System of the Civil Aircraft".
- [13] F. Wu, J. Tang, Z. Jiang, Y. Sun, Z. Chen, and B. Guo, "The Remaining Useful Life Prediction Method of a Hydraulic Pump under Unknown Degradation Model with Limited Data," pp. 1–15, 2023.
- [14] C. Aircraft and M. Programs, "Basics of Aircraft Maintenance Programs for Financiers".
- [15] J. T. Mesin, F. Teknik, and U. M. Buana, "ANALISIS KEBOCORAN SISTEM HIDROLIK PADA LANDING GEAR," vol. 1, no. 2, pp. 65–74, 2021.

