

Analisis Kerusakan *Retract Actuator Nose Landing Gear* Pada Pesawat Boeing 737-800 Next Generation

**Arif Pambekti^{1*}, Yudha Misi Okia², Riski Kurniawan², Luqman Al Huda¹, Bah Evan¹,
Amrisal Kamal Fajri¹, Erwan Tri Efendi¹**

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang, Kota Semarang, Indonesia

²Program Studi Aeronautika, Institut Teknologi Adisutjipto Yogyakarta, Bantul, Indonesia

Email: ^{1*}arif.pambekti@polines.ac.id, ²yudhamisiokia@gmail.com, ²riski.kurniawan@itda.ac.id,

¹luqman.alhuda@polines.ac.id, ¹bah.evan@polines.ac.id, ¹amrisal.kamalfajri@polines.ac.id,

¹erwan.triefendi@polines.ac.id

(* : coresponding author)

Abstrak – *Retract actuator* adalah merupakan salah satu dari bagian utama pada *landing gear*, yang berfungsi untuk melakukan *retract* atau *extend*. *Retract actuator* dalam operasionalnya harus bebas dan pergerakannya juga harus *smooth*. Apabila pesawat mengalami kegagalan fungsi *retract actuator* yaitu *retract actuator* dalam kondisi *slow to retract*. Dimana terjadi perlambatan saat saat *retract* dan *extend*. Diperlukan penanganan yang cermat dan sesuai dengan prosedur penanganan perawatan pesawat yang berlaku khususnya menyangkut kondisi *slow to retract*. Penelitian ini menggunakan metode observasi langsung terhadap analisis proses *troubleshooting* pada B737-800 NG di hanggar Merpati Maintenance Facility. Selain itu dalam penelitian ini juga menggunakan metode *Fault Tree Analysis* untuk mendapatkan penyebab kegagalan pada *standby reservoir*. Setelah dilakukannya analisis hasilnya penyebab kemungkinan terjadinya kegagalan pada *retract actuator* adalah dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), didapatkan hasil *minimum cut set* dengan perhitungan terdiri dari 18 *basic event*.

Kata Kunci: *Retract Actuator, Slow To Retract, Troubleshooting, Fault Tree Analysis*

Abstract – *The retract actuator is one of the main parts of the landing gear, which functions to retract or extend. The retract actuator must be free in its operation and its movement must also be smooth. If the aircraft experiences a failure of the retract actuator function, namely the retract actuator in a slow to retract condition. Where there is a slowdown during retract and extend. Careful handling is required and in accordance with applicable aircraft maintenance procedures, especially regarding slow to retract conditions. This study uses a direct observation method for the analysis of the troubleshooting process on the B737-800 NG in the Merpati Maintenance Facility hangar. In addition, this study also uses the Fault Tree Analysis method to obtain the cause of the failure of the standby reservoir. After analyzing the results, the possible causes of failure in the Retract Actuator are by using the Fault Tree Analysis (FTA) method, the minimum cut set results are obtained with calculations consisting of 18 basic events.*

Keywords: *Retract Actuator, Slow To Retract, Troubleshooting, Fault Tree Analysis*

1. PENDAHULUAN

Pesawat terbang adalah salah satu transportasi yang sangat diminati oleh setiap orang di muka bumi ini, selain itu menjadi transportasi yang memiliki teknologi tinggi dari transportasi lain, seperti mobil, kereta api, kapal laut, dan transportasi lainnya. Manfaat penerbangan dirasakan terus meningkat oleh masyarakat dunia setiap tahunnya, pertumbuhan dari segi finansial, terutama perkembangan pasar dunia dan prosesnya yang semakin mudah (Nugroho & Setijono, 2018; Rifa'i & Riadi, 2023). Dari segi manfaat individu, negara dan daerah juga menguntungkan. Untuk mendukung agar pesawat terbang ini tetap ada pada tingkat transportasi yang paling tinggi, salah satunya diperlukan suatu proses perawatan yang terbaik dan terkordinir (Booyse et al., 2020; Chao et al., 2021; da Costa et al., 2020; Hu et al., 2012; Lei et al., 2018; Zhang et al., 2017). Tujuan dilaksanakannya perawatan pesawat terbang adalah agar suatu pesawat terbang tetap dalam keadaan *airworthy, safety, dan reliability*. Dengan adanya perawatan diharapkan menghasilkan kenyamanan baik saat masih di darat maupun di udara bagi customer atau penumpang pesawat sehingga meningkatkan produktifitas perusahaan terkait (Nurdin et al., 2023).

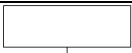
Perawatan pada pesawat Boeing 737-800 NG dilakukan secara berkala karena batasan waktu (umur) pada setiap komponen yang ada di pesawat terbang tersebut berbeda, sehingga ketika pesawat sudah memasuki jadwal untuk maintenance maka pemeriksaan lebih ditekankan pada

komponen yang sudah mencapai atau mendekati batas waktunya (Lukito et al., 2022; Pambekti, Kurniawan, et al., 2022; Pambekti, Lukito, et al., 2022). Salah satu sistem yang ada di pesawat Boeing 737-800 NG adalah *nose landing gear* yang berperan cukup besar pada pengoperasian pesawat. *Landing gear* terdiri dari dua *main landing gear* dan satu *nose landing gear*. *main landing gear* lokasinya berada pada inboard dari masing – masing *nacelle* dan di belakang *rear wing spar*, sedangkan *nose landing gear* terletak dibawah *aft bulk head* dari *control cabin*. Digunakan untuk membantu bagian depan daripada badan pesawat. ini juga digunakan mengarahkan pesawat pada saat di *ground*. Pada *nose landing gear* terpasang *steering system* sedangkan *main landing gear* terpasang *brakes system*. Apabila terjadi kerusakan pada salah satu komponen yang ada di *nose landing gear* itu akan mempengaruhi kerja dari sistem tersebut, seperti terjadinya kerusakan atau kebocoran pada komponen *nose landing gear* yang akan berpengaruh pada saat melakukan *take off* dan *landing*. Pada bagian *nose landing gear* terpasang salah satu komponen yaitu *retract actuator*. *Retract* adalah dimana saat *landing gear* melipat atau masuk kedalam *fuselage*, sedangkan *extend* adalah *landing gear* untuk membuka atau keluar kembali. Untuk mempersingkat waktu perbaikan dilakukan analisis penyebab kerusakan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). FTA bersifat deduktif artinya analisis dimulai dari puncak peristiwa (kegagalan sistem) dan bekerja mundur dari puncak pohon menuju daun pohon untuk menentukan akar penyebab peristiwa puncak. Hasil analisis menunjukkan betapa berbedanya komponen-komponen yang mengalami kegagalan atau kegagalan tertentu kondisi lingkungan dapat bergabung bersama untuk menyebabkan kegagalan sistem. Setelah pembangunan pohon patahan, analisis dilakukan dalam dua tingkat: tingkat kualitatif dan tingkat kuantitatif. Analisis kualitatif biasanya dilakukan dengan mereduksi pohon kesalahan menjadi *Minimal Cut Set* (MCS), yang merupakan jumlah produk yang terpisah-pisah yang terdiri dari kombinasi terkecil dari peristiwa-peristiwa dasar yang diperlukan dan cukup untuk menimbulkan peristiwa puncak (Adler et al., 2011; Anand & Somani, 1998; Beccuti et al., 2008; Bobbio, A. Portinale, L. Minichino, M. Ciancamerla, 2001; Kabir, 2017).

2. METODE

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan suatu metode atau teknik yang digunakan untuk mencari akar permasalahan. FTA sendiri merupakan salah satu metode manajemen risiko, metode yang digunakan adalah dengan mencari suatu masalah yang terjadi untuk mengatasi kegagalan. *Metode Fault Tree Analysis* ini efektif dalam menemukan inti permasalahan karena memastikan bahwa suatu kejadian yang tidak diinginkan atau kerugian yang ditimbulkan tidak berasal pada satu titik kegagalan. *Fault Tree Analysis* mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana (Beccuti et al., 2008). Menurut metode FTA yang berbasis pada diagram logika, maka dapat mengungkap hubungan kejadian esensial dan kejadian puncak melalui gerbang logika. Hal ini dapat memberikan analisis kuantitatif dan kualitatif. Simbol-simbol pada *Fault Tree Analysis* dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Fault Tree Analysis

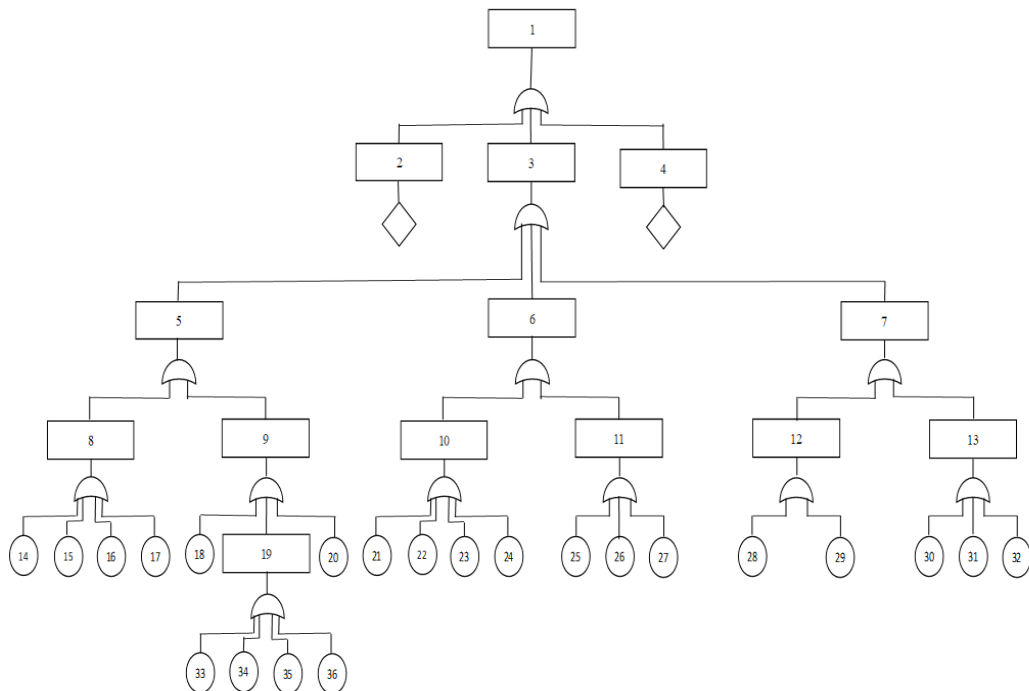
Simbol	Keterangan
	<i>Top Event</i>
	<i>Intermediete Event</i>
	<i>Undeveloped Event</i>
	<i>Basic Event</i>
	<i>Logic Event AND</i>

Simbol	Keterangan
	Logic Event OR

Penjelasan simbol-simbol pada FTA diatas sebagai berikut:

- Rectangle
Gambar rectangle menunjukkan kejadian pada level paling atas (*top event event*).
- Rectangle
Gambar rectangle menunjukkan kejadian pada level menengah (*intermediate fault event*) dalam pohon kesalahan.
- Diamond
Gambar diamond menunjukkan kejadian yang tidak terduga (*undeveloped event*). Kejadian-kejadian tak terduga dapat dilihat pada pohon kesalahan dan dianggap sebagai kejadian paling awal yang menyebabkan kerusakan.
- Circle
Gambar circle menunjukkan kejadian pada level paling bawah (*basic event*).
- AND Gate
Output event terjadi jika semua input event terjadi secara bersamaan.
- OR Gate
Output event terjadi jika paling tidak satu input event terjadi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Hasil *Fault Tree Analysis*

Pada FTA terdapat penomoran yang berfungsi untuk memberikan penamaan sesuai dengan permasalahan yang terjadi, untuk penomoran pada FTA pesawat Boeing 737-800 NG terdapat 36 nomer. Pada Tabel 2 merupakan penjelasan dari FTA :

Tabel 2. Hasil *Fault Tree Analysis*

No.	Analisis	No.	Analisis
1.	Kehilangan kemampuan NGL ketika retract	19.	Kebocoran pada hydraulic up hose
2.	Tidak ada daya hydraulic	20.	Damage FOD
3.	Kegagalan fungsi mekanikal	21.	Terjadinya damage pada pin
4.	Tidak ada daya electrical	22.	Kekurangan grease
5.	Kegagalan retract actuator	23.	Damage FOD
6.	Kegagalan lock actuator	24.	Wear limits pada washer
7.	Kegagalan lock mechanism	25.	Karena kotoran
8.	Kerusakan internal	26.	Damage FOD
9.	Kerusakan external	27.	Konektor hydraulic line corrosion
10.	Terjadinya damage pada top pin	28.	Wear limit
11.	Terjadinya damage pada battom pin	29.	Kesalahan pemasangan
12.	Bushing mengalami damage	30.	Corrosion pada spring assembly
13.	Corrosion pada lock actuator	31.	Corrosion pada lock link assembly
14.	Damage attachment bolt	32.	Kekuarangan grease
15.	Scratches pada piston chrome	33.	Damage bolt
16.	Terjadinya damage pada seal dalam tabung actuator	34.	Damage clamp
17.	Damage FOD dan corrosion	35.	Over pressure
18.	Terjadinya kebocoran hydraulic connections	36.	Damage pada reducer karena wear limit

FTA ini merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mencari akar penyebab masalah dari macam – macam permasalahan yang ada. dengan menggunakan FTA ini, dapat dicari akar penyebab masalah dari hasil wawancara dengan operator. Dan juga merupakan sebuah *analytical tool* yang menerjemahkan secara grafik kombinasi-kombinasi dari yang menyebabkan kegagalan sistem. Teknik ini berguna mendeskripsikan dan menilai kejadian di dalam sistem tersebut.

FTA kehilangan kemampuan NLG ketika *retract* (TE)

$$TE = 1 = 3$$

$$TE = 3 = 5 + 6 + 7$$

$$TE = 5 = 8 + 9$$

$$TE = 6 = 10 + 11$$

$$TE = 12 + 13$$

$$TE = 8 = 14 + 15 + 16 + 17$$

$$TE = 9 = 18 + 19 + 20$$

$$9 = 18 + 33 + 34 + 35 + 36 + 20$$

$$TE = 10 = 21 + 22 + 23 + 24$$

$$TE = 11 = 25 + 26 + 27$$

$$TE = 12 = 28 + 29$$

$$TE = 13 = 30 + 31 + 32$$

$$TE = 1 = 5 + 6 + 7$$

$$= 8 + 9 + 10 + 11 + 12 + 13$$

$$= 14 + 15 + 17 + 18 + 19 + 20 + 21 + 22 + 23 + 24 + 25 + 26 + 27 + 28 + 29 + 30 + 31 + 32$$

Hasil *Minimum Cut Set* (MCS)

Dengan demikian ada 18 MCS yaitu 14 + 15 + 17 + 18 + 19 + 20 + 21 + 22 + 23 + 24 + 25 + 26 + 27 + 28 + 29 + 30 + 31 + 32. Probabilitas terjadinya TE dapat dihitung dengan menjumlahkan probabilitas kegagalan 18 MCS tersebut. Secara garis besar berikut merupakan beberapa faktor yang kemungkinan menjadi penyebab terjadinya perlambatan *retract actuator nose landing gear* pada pesawat Boeing 737-800 Next Generation.

4. KESIMPULAN

Penyebab kemungkinan terjadinya kegagalan pada *retract actuator* adalah dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), didapatkan hasil *minimum cut set* dengan perhitungan terdiri dari 18 *basic event*: *damage attachmen bolt*, *scratches pada piston chrome*, *terjadinya damage pada seal dalam tabung actuator*, *damage fod dan corrosion*, terjadinya kebocoran *hydraulic connections*, kebocoran pada *hydraulic up hose*, *damage fod*, terjadinya *damage* pada pin, kekurangan *grease*, *damage fod*, *wear limits* pada *washer*, karena kotoran, *damage fod*, konektor *hydraulic line corrosion*, *wear limits*, *wear limits*, kesalahan pemasangan, *corrosion* pada *spring assembly*, *corrosion* pada *lock link assembly*, kekurangan *grease*, *trouble* yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan pada *Top Event* (TE) kehilangan kemampuan NGL ketika *retract*.

REFERENCES

- Adler, R., Domis, D., Höfig, K., Kemmann, S., Kuhn, T., Schwinn, J. P., & Trapp, M. (2011). Integration of component fault trees into the UML. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 6627 LNCS, 312–327. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21210-9_30
- Anand, A., & Somani, A. K. (1998). Hierarchical analysis of fault trees with dependencies, using decomposition. *Proceedings of the Annual Reliability and Maintainability Symposium*, 69–75. <https://doi.org/10.1109/rams.1998.653591>
- Beccuti, M., Codetta-Raiteri, D., Franceschinis, G., & Haddad, S. (2008). Non deterministic repairable fault trees for computing optimal repair strategy. *VALUETOOLS 2008 - 3rd International Conference on Performance Evaluation Methodologies and Tools*. <https://doi.org/10.4108/ICST.VALUETOOLS2008.4411>
- Bobbio, A., Portinale, L., Minichino, M., Ciancamerla, E. (2001). Improving the Analysis of Dependable Systems by Mapping Fault Trees into Bayesian Networks. *Reliability Engineering & System Safety*, 71, 249–260.
- Booyse, W., Wilke, D. N., & Heyns, S. (2020). Deep digital twins for detection, diagnostics and prognostics. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 140, 106612. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2019.106612>
- Chao, M. A., Kulkarni, C., Goebel, K., & Fink, O. (2021). Aircraft engine run-to-failure dataset under real flight conditions for prognostics and diagnostics. *Data*, 6(1), 1–14. <https://doi.org/10.3390/data6010005>

- da Costa, P. R. de O., Akçay, A., Zhang, Y., & Kaymak, U. (2020). Remaining useful lifetime prediction via deep domain adaptation. *Reliability Engineering and System Safety*, 195. <https://doi.org/10.1016/j.res.2019.106682>
- Hu, C., Youn, B. D., Wang, P., & Taek Yoon, J. (2012). Ensemble of data-driven prognostic algorithms for robust prediction of remaining useful life. *Reliability Engineering and System Safety*, 103, 120–135. <https://doi.org/10.1016/j.res.2012.03.008>
- Kabir, S. (2017). An overview of Fault Tree Analysis and its application in model based dependability analysis. *Expert Systems with Applications*, 77, 114–135. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.01.058>
- Lei, Y., Li, N., Guo, L., Li, N., Yan, T., & Lin, J. (2018). Machinery health prognostics: A systematic review from data acquisition to RUL prediction. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 104, 799–834. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2017.11.016>
- Lukito, I., Pambekti, A., Budiono, C. S., Kurniawan, R., Prakoso, A., & Mizan, F. (2022). Analisis Kegagalan Fungsi Traffic Alert and Collision Avoidance System Boeing 737-800 Next Garuda Indonesia dan Identifikasi Penyebab Kegagalan Dengan Metode Fault Tree. *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta*, 7, 27–32. <https://doi.org/10.28989/senatik.v7i0.459>
- Nugroho, A. G., & Setijono, E. (2018). Efisiensi Fasilitas Perawatan Pesawat Udara Terhadap Ruang Slot Di Hangar 4 Gmf Aeroasia (Studi Kasus Untuk Pesawat Boeing 737-800 Ng). *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP) Tahun, September*.
- Nurdin, M. A., Latif, H. L., & Sabur, F. (2023). Penerapan Augmented Reality Pada Procedure Removal dan Installation Engine Pesawat Cessna 152. *JAMETS : Journal of Aircraft Maintenance Engineering & Aviation Technologies*, 2(2), 90–101. <https://doi.org/10.46509/jamets.v2i2.467>
- Pambekti, A., Kurniawan, R., Prakoso, A., Budiono, C. S., Lukito, I., & Arazi, H. M. (2022). Analisis Kerusakan APU Fuel System Pada Pesawat B737-500 Dengan Metode Fault Tree Analysis. VII, 21–26.
- Pambekti, A., Lukito, I., Budiono, C. S., & Kurniawan, R. (2022). Anti-Icing Engine Damage Analysis Boeing 737 - 800 Ng With Fault Tree Analysis Method. *Journal of Business, Social and Technology (Bustechno)*, 3(1), 19–26. <https://doi.org/10.46799/jbt.v3i1.65>
- Rifa'i, M. H., & Riadi, S. (2023). ANALISIS PENGENDALIAN COST OF POOR QUALITY PADA PERAWATAN PESAWAT WIDE BODY DINAS BASE MAINTENANCE MENGGUNAKAN METODE DMAIC DI PT. GMF AEROASIA Tbk. *ISTA Online Teknologi Journal*, 04(01), 69–77. <http://iontech.ista.ac.id/index.php/iontech>
- Zhang, C., Lim, P., Qin, A. K., & Tan, K. C. (2017). Multiobjective Deep Belief Networks Ensemble for Remaining Useful Life Estimation in Prognostics. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 28(10), 2306–2318. <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2016.2582798>