

Analisis Gangguan Dan Penanganan Flap Stuck Pada Pesawat Latih Cessna 172s

Iswahyudi¹⁾, Muhammad Akbar Ansor²⁾, Ajeng Wulansari^{2)*}

¹Batam Aero Technic (Lion Air Group)

²Program Studi Diploma III Teknik Pesawat Udara, Politeknik Penerbangan Surabaya

Correspondence author: ajeng.wulansari@poltekbangsby.ac.id

Abstrak

Flap merupakan komponen secondary flight control yang berfungsi membantu kinerja primary flight control dengan meningkatkan gaya angkat pesawat pada kecepatan rendah, sehingga keandalannya perlu dijaga agar tidak mengganggu keselamatan operasional penerbangan latih. Pada periode kajian, pesawat latih Cessna 172S dengan registrasi PK-BYJ dilaporkan mengalami malfunction pada kedua flap yang tidak dapat bergerak saat pelaksanaan ground run up, sehingga berpotensi memengaruhi kinerja flight control surfaces pesawat. Artikel ini bertujuan menganalisis penyebab gangguan tersebut dan mendokumentasikan proses penanganannya. Metode yang digunakan adalah observasi lapangan dan troubleshooting sistematis mengacu pada Aircraft Maintenance Manual (AMM) Cessna 172S Chapter 27, meliputi tahapan disassembly, inspection, servicing, reassembly, dan functional test. Hasil disassembly dan inspection pada motor flap menunjukkan bahwa komponen tersebut mengalami malfunction sehingga tidak lagi mampu menggerakkan kedua flap meskipun menerima suplai kelistrikan yang sesuai. Penanganan dilakukan dengan mengganti (replace) motor flap sesuai prosedur AMM Chapter 27, dilanjutkan dengan reassembly dan pengujian fungsional yang menunjukkan kedua flap dapat bergerak kembali secara normal, sehingga pesawat dinyatakan laik untuk dioperasikan pada kegiatan latihan penerbangan. Studi kasus ini menegaskan pentingnya kepatuhan terhadap prosedur AMM serta kompetensi teknisi dalam mendiagnosis kegagalan komponen elektromekanis pada sistem flight control guna menjaga keandalan dan keselamatan operasional pesawat latih.

Keywords: flap stuck, motor flap, secondary flight control, Aircraft Maintenance Manual, Cessna 172S

Abstract

The flap is a secondary flight control component that assists the primary flight control by increasing the aircraft's lift at low speed, so its reliability must be maintained to avoid compromising flight training safety. During the study period, a Cessna 172S trainer aircraft registered PK-BYJ was reported to experience a malfunction on both flaps, which failed to move during ground run up, potentially affecting the performance of the flight control surfaces. This article aims to analyze the cause of the malfunction and document the repair process. The method used was field observation and systematic troubleshooting referring to the Cessna 172S Aircraft Maintenance Manual (AMM) Chapter 27, consisting of disassembly, inspection, servicing, reassembly, and functional test stages. The disassembly and inspection results on the flap motor showed that the component had malfunctioned and could no longer drive both flaps despite receiving an appropriate electrical supply. The repair was carried out by replacing the flap motor in accordance with AMM Chapter 27 procedures, followed by reassembly and a functional test that showed both flaps could move normally again, so the aircraft was declared airworthy for flight training operations. This case study emphasizes the importance of compliance with AMM procedures and technician competence in diagnosing electromechanical component failures in flight control systems to maintain the reliability and operational safety of trainer aircraft.

Keywords: flap stuck, flap motor, secondary flight control, Aircraft Maintenance Manual, Cessna 172S

Article History:

Received: February 17, 2026 ; Revised: February 20, 2026 ; Accepted: February 27, 2026

DOI : 10.46491/jptc.v6i1.2804



© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution Share A like (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

Pendahuluan

Keselamatan operasional pesawat udara merupakan aspek utama yang wajib dijaga oleh setiap organisasi perawatan pesawat (Approved Maintenance Organization/AMO), sebagaimana diatur dalam regulasi International Civil Aviation Organization (ICAO) yang diadopsi ke dalam sistem kelaikudaraan nasional (Candra Susanto & Keke, 2019). Salah satu sistem yang menentukan keselamatan penerbangan adalah flight control system, yaitu sistem yang berfungsi mengendalikan pesawat selama fase terbang. Sistem ini terbagi atas tiga kelompok, yaitu primary flight control yang meliputi aileron, elevator, dan rudder; secondary flight control yang meliputi flap, spoiler, dan tab yang berfungsi membantu kinerja primary flight control; serta auxiliary flight control yang meliputi speed brake dan slat.

Flap merupakan salah satu komponen secondary flight control yang dipasang pada trailing edge sayap, berfungsi meningkatkan gaya angkat (lift) pesawat pada kecepatan rendah, khususnya saat fase lepas landas dan pendaratan. Pada pesawat latih seperti Cessna 172S, flap digerakkan secara elektromekanis oleh sebuah motor flap yang terhubung dengan mekanisme transmisi menuju kedua sayap. Keandalan motor flap sebagai aktuator elektromekanis (electromechanical actuator/EMA) menjadi krusial, mengingat kegagalan pada komponen EMA dapat berdampak langsung terhadap kinerja flight control surfaces, sehingga penerapan fault diagnosis, prognosis, dan health management menjadi kunci dalam pemeliharaan berbasis kondisi (condition-based maintenance) pada sistem tersebut (Yin et al., 2022). Selain itu, kegagalan aktuator pada sistem flap juga dapat berdampak pada dinamika struktural mekanisme flap secara keseluruhan apabila tidak ditangani sesuai prosedur (Zhou et al., 2022).

Pada periode pelaksanaan pembelajaran praktik di Akademi Penerbang Indonesia (API) Banyuwangi, teknisi Unit Aircraft Maintenance menerima laporan bahwa pesawat latih Cessna 172S dengan registrasi PK-BYJ mengalami malfunction pada kedua flap yang tidak dapat bergerak saat pelaksanaan ground run up. Kondisi ini berpotensi mengganggu kinerja flight control surfaces pesawat apabila tidak segera ditangani sesuai prosedur Aircraft Maintenance Manual (AMM) yang berlaku, mengingat kepatuhan terhadap AMM serta kompetensi teknisi dalam mendiagnosis

kegagalan komponen merupakan faktor utama dalam mencegah kesalahan perawatan (maintenance error) pada industri penerbangan (Olaganathan, 2024). Kompetensi tersebut turut dibentuk melalui keterlibatan langsung dalam penanganan permasalahan di lapangan, yang terbukti berkontribusi terhadap kesiapan kerja teknisi vokasi penerbangan (Lubis, 2021) serta keselarasan pemahaman teknis dengan sistem kerja industri (Darni et al., 2025).

Artikel ini bertujuan untuk (1) menganalisis penyebab gangguan flap stuck pada pesawat latih Cessna 172S PK-BYJ secara sistematis, (2) mendokumentasikan langkah penanganan dan verifikasi perbaikan yang dilakukan sesuai AMM, serta (3) mengaitkan temuan lapangan dengan kajian literatur mengenai keandalan aktuator elektromekanis pada sistem flight control, sehingga dapat menjadi referensi praktik troubleshooting flap stuck sejenis pada pesawat latih di masa mendatang.

Metode Pelaksanaan

Kajian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi kasus (case study) sebagaimana dikemukakan oleh Baxter dan Jack (2008), yaitu menggambarkan secara sistematis proses identifikasi penyebab dan penanganan gangguan pada satu unit motor flap yang menjadi bagian dari sistem secondary flight control pesawat latih, sebagaimana lazim digunakan pada penelitian terapan berbasis praktik lapangan di bidang perawatan pesawat udara. Pendekatan ini dipilih karena permasalahan yang dikaji bersifat spesifik pada satu kejadian (single case) dan menuntut penelusuran akar masalah secara naratif-teknis mengacu pada manual perawatan resmi, bukan pengujian hipotesis pada sampel besar. Pendekatan serupa telah digunakan pada investigasi akar masalah suatu insiden tunggal di bidang layanan teknis (Kirchhoff, 2023), yang menunjukkan bahwa studi kasus deskriptif efektif untuk mengungkap penyebab dan proses penanganan suatu permasalahan secara mendalam pada satu unit objek kajian. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui tiga cara, yaitu observasi langsung di lokasi kejadian, pemeriksaan teknis mengacu pada Aircraft Maintenance Manual (AMM) Cessna 172S, dan dokumentasi setiap tahapan penelusuran serta perbaikan dalam bentuk foto dan catatan lapangan.

Data diambil secara langsung di lokasi kerja, bertempat di Hangar Perawatan Pesawat Latih, Akademi Penerbang Indonesia (API) Banyuwangi, selama periode 1 April–28 Juni 2024. Objek kajian adalah satu unit motor flap pada pesawat latih Cessna 172S dengan registrasi PK-BYJ, berdasarkan laporan bahwa kedua flap tidak dapat bergerak saat pelaksanaan ground run up.

Alat dan referensi yang digunakan dalam proses troubleshooting meliputi: Aircraft Maintenance Manual (AMM) Cessna 172S Chapter 27 Flight Controls sebagai acuan prosedur disassembly, inspection, servicing, dan reassembly; peralatan tangan (hand tools) untuk membuka panel wing dan melepas motor flap; serta instrumen kelistrikan untuk memeriksa suplai daya menuju motor flap. Pemilihan AMM sebagai acuan utama didasarkan pada ketentuan bahwa setiap tindakan perawatan, perbaikan, maupun penggantian komponen pesawat wajib merujuk pada manual resmi yang diterbitkan oleh pabrikan, guna menjamin kelaikudaraan (airworthiness) pesawat setelah perbaikan dilakukan.

Tahapan troubleshooting yang dilakukan adalah sebagai berikut: (1) menerima laporan bahwa kedua flap pesawat Cessna 172S PK-BYJ tidak dapat bergerak saat ground run up, yang mengindikasikan malfunction pada flight control surfaces; (2) melakukan disassembly dengan membuka panel pada wing, melepas screw, memutus sumber kelistrikan, dan melepas motor flap sesuai AMM Chapter 27 halaman 201; (3) melakukan inspection secara visual maupun fisik terhadap motor flap yang telah dilepas; (4) berdasarkan hasil inspection, menentukan tindakan servicing berupa penggantian (replace) motor flap sesuai AMM Chapter 27 halaman 101, mengingat tidak tersedianya tool untuk melakukan bench test pada komponen tersebut; (5) melakukan reassembly dengan memasang motor flap baru pada wing panel, menyambungkan connector dan sumber kelistrikan, memberi grease, memasang screw, dan menutup kembali panel wing; dan (6) melakukan functional test dengan menguji pergerakan kedua flap dari cockpit untuk memastikan komponen berfungsi normal sebelum pesawat dinyatakan return to service.

Hasil Dan Pembahasan

Profil Objek dan Lingkup Kajian

Objek kajian dalam artikel ini adalah satu unit motor flap pada pesawat latih Cessna 172S dengan registrasi PK-BYJ, yang dioperasikan sebagai pesawat latih di bawah pengelolaan Unit Aircraft Maintenance, Akademi Penerbang Indonesia (API) Banyuwangi, Approved Maintenance Organization (AMO) 141 di bawah lingkungan Kementerian Perhubungan. Sebagai lembaga pendidikan vokasi penerbangan yang mengoperasikan armada pesawat latih secara intensif untuk kegiatan praktik terbang taruna, keandalan setiap komponen flight control—termasuk sistem flap—menjadi faktor penting dalam menjaga kelancaran dan keselamatan kegiatan latihan penerbangan sehari-hari.

Prinsip Kerja Secondary Flight Control (Flap)

Secara fungsional, flight control system pada pesawat terbang terbagi atas tiga kelompok. Primary flight control meliputi aileron, elevator, dan rudder yang berfungsi mengendalikan gerakan rolling, pitching, dan yawing pesawat pada tiga sumbu utama. Secondary flight control meliputi flap, spoiler, dan tab kecil yang dipasang pada trailing edge dari primary flight control, berfungsi membantu kinerja primary flight control, terutama dalam meningkatkan gaya angkat pesawat pada kecepatan rendah. Auxiliary flight control meliputi speed brake, slat, dan leading edge slot. Pada Cessna 172S, flap digerakkan secara elektromekanis oleh sebuah motor flap yang terhubung dengan mekanisme transmisi menuju kedua sayap; ketika pilot mengaktifkan switch flap dari cockpit, motor tersebut memutar poros transmisi yang menggerakkan kedua flap secara simetris. Sebagai electromechanical actuator (EMA), keandalan motor flap sangat menentukan kinerja keseluruhan sistem secondary flight control, sehingga kegagalan pada komponen ini—baik akibat keausan mekanis, kegagalan lilitan motor, maupun gangguan kelistrikan—dapat menyebabkan flap tidak responsif terhadap perintah pilot (Yin et al., 2022).

Identifikasi Permasalahan

Pada saat pelaksanaan ground run up, pesawat latih Cessna 172S dengan registrasi PK-BYJ mengalami malfunction pada kedua flap yang menandakan flap tidak dapat bergerak, sehingga memengaruhi kinerja flight control surfaces dengan keadaan tidak normal. Kondisi ini berpotensi mengganggu keselamatan kegiatan latihan penerbangan apabila tidak segera ditangani, mengingat flap berperan penting dalam meningkatkan gaya angkat pesawat pada fase lepas landas dan pendaratan yang merupakan fase kritis penerbangan.

Diagnosis dan Analisis Kerusakan

Diagnosis dilakukan secara bertahap sesuai metode yang telah diuraikan, mengacu pada Aircraft Maintenance Manual (AMM) Cessna 172S Chapter 27. Tahap disassembly dilakukan dengan membuka panel pada wing, melepas screw, memutus sumber kelistrikan, kemudian melepas motor flap dari wing panel. Setelah motor flap berhasil dilepas, dilakukan inspection secara visual maupun fisik secara menyeluruh, dan ditemukan bahwa motor flap tidak lagi mampu menghasilkan pergerakan meskipun menerima suplai arus listrik yang sesuai. Pola kegagalan pada motor arus searah (DC motor) semacam ini—di mana motor tidak lagi responsif terhadap suplai daya normal—umumnya dapat ditelusuri melalui analisis pola konsumsi daya untuk mengidentifikasi cacat mekanis pada bagian dalam motor, seperti pada kumparan

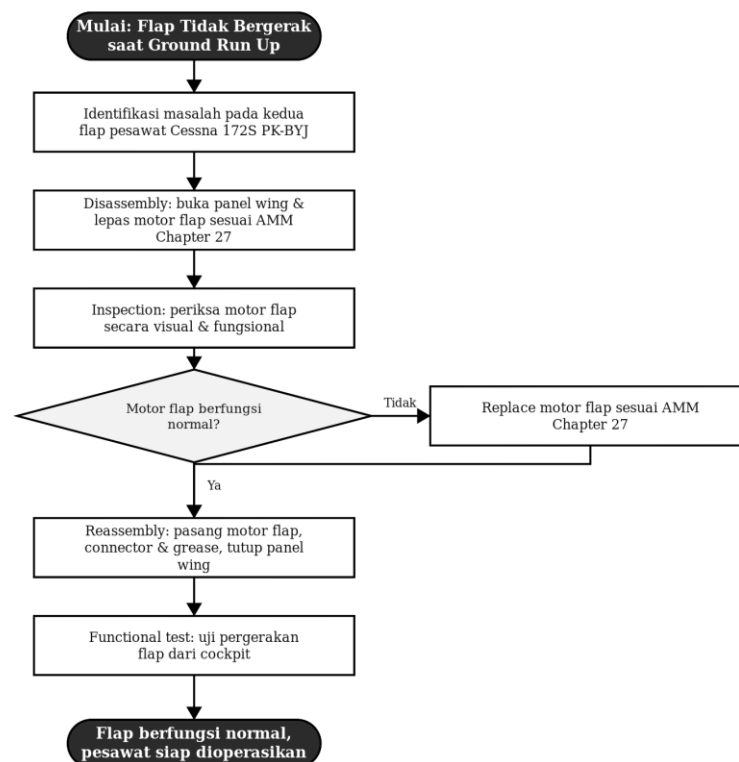
maupun mekanisme gear transmisinya (Majdi et al., 2021). Ringkasan tahapan pemeriksaan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahapan Diagnosis dan Hasil Pemeriksaan Flap Stuck

No	Tahapan Pemeriksaan	Hasil	Keterangan
1	Identifikasi masalah saat ground run up	Kedua flap tidak dapat bergerak	Bermasalah
2	Disassembly panel wing & motor flap	Motor flap berhasil dilepas sesuai AMM Ch. 27	Selesai
3	Inspection visual & fungsional motor flap	Motor flap tidak menghasilkan pergerakan	Rusak
4	Servicing (replace motor flap)	Motor flap diganti sesuai AMM Ch. 27	Diganti
5	Reassembly motor flap & panel wing	Motor, connector, dan panel terpasang baik	Selesai
6	Functional test pergerakan flap	Kedua flap bergerak normal dari cockpit	Normal
7	Return to service	Pesawat dinyatakan laik untuk latihan terbang	Normal

Tabel 1 menunjukkan bahwa akar permasalahan (root cause) flap stuck pada kasus ini terletak pada motor flap yang mengalami malfunction, bukan pada jalur kelistrikan maupun mekanisme transmisi lainnya, sehingga penanganan dapat difokuskan pada penggantian komponen motor flap sesuai prosedur AMM.

Diagram Alir Penanganan Flap Stuck Cessna 172S



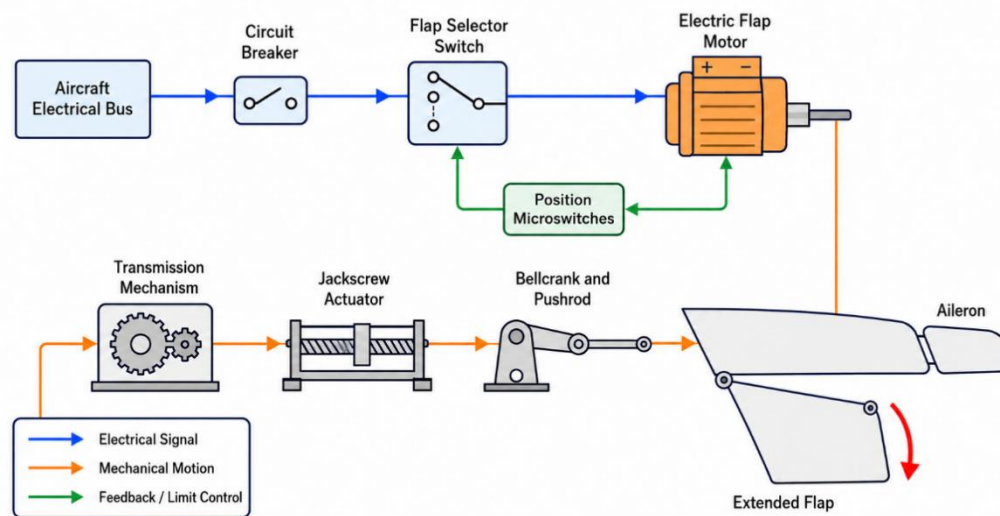
Gambar 1. Diagram alir proses diagnosis dan penanganan Flap Stuck pada pesawat latih Cessna 172S
(Sumber: Diolah oleh Penulis, 2025)

Gambar 1 menyajikan diagram alir yang merangkum keseluruhan proses diagnosis dan penanganan tersebut, mulai dari identifikasi masalah, disassembly, inspection, hingga pengambilan keputusan servicing berupa penggantian motor flap, dilanjutkan dengan reassembly dan functional test sampai dengan pesawat dinyatakan return to service.

Temuan ini mengindikasikan bahwa kegagalan komponen elektromekanis seperti motor flap dapat terjadi meskipun jalur kelistrikan dan mekanisme transmisi dalam kondisi baik, sejalan dengan kajian yang menunjukkan bahwa reliabilitas electromechanical actuator (EMA) pada pesawat belum sepenuhnya memenuhi tuntutan aplikasi praktis, sehingga fault diagnosis, prognosis, dan health management menjadi kunci dalam penerapan condition-based maintenance pada komponen tersebut (Yin et al., 2022). Selain itu, kegagalan aktuator pada sistem flap turut memengaruhi dinamika struktural mekanisme flap secara keseluruhan, sehingga diperlukan penanganan yang tepat guna mencegah dampak lanjutan pada komponen flight control lain yang saling terhubung (Zhou et al., 2022).

Penanganan dan Verifikasi Perbaikan

Penanganan dilakukan dengan melakukan servicing berupa penggantian (replace) motor flap yang mengalami malfunction menggunakan komponen baru, sesuai dengan Aircraft Maintenance Manual Cessna 172S Chapter 27 halaman 101, mengingat tidak tersedianya tool khusus untuk melakukan bench test pada komponen tersebut. Tahap reassembly dilakukan dengan memasang motor flap baru pada wing panel, menyambungkan connector menuju cockpit, menyambungkan kembali sumber kelistrikan, memberi grease pada bagian mekanis, memasang screw, dan menutup kembali panel pada wing pesawat, dengan memastikan seluruh komponen bersih dari foreign object debris (FOD) yang dapat memicu kerusakan pada motor flap di kemudian hari. Functional test kemudian dilakukan dengan menguji pergerakan kedua flap dari cockpit, dan hasil pengujian menunjukkan kedua flap dapat bergerak secara normal dan simetris, sehingga pesawat dinyatakan return to service dan laik digunakan untuk kegiatan latihan penerbangan.



Gambar 2. Ilustrasi konseptual sistem secondary flight control (flap) pada pesawat latih Cessna 172S

Gambar 2 menyajikan ilustrasi konseptual sistem secondary flight control (flap) pada pesawat latih Cessna 172S, yang menggambarkan posisi flap pada trailing edge sayap beserta keterkaitannya dengan motor flap dan mekanisme transmisi, sebagai pelengkap visual atas penjelasan prinsip kerja sistem yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya.

Perbandingan dengan Pendekatan Pemeliharaan Aktuator Lain

Penggantian motor flap dalam kasus ini merupakan pendekatan reaktif (corrective maintenance) yang dilakukan setelah kegagalan komponen teridentifikasi melalui inspection. Pendekatan ini berbeda dengan strategi condition-based maintenance yang memanfaatkan pemantauan kondisi kesehatan (health monitoring) aktuator secara berkelanjutan melalui analisis getaran, arus, maupun parameter operasional lain untuk memprediksi kegagalan sebelum benar-benar terjadi (Yin et al., 2022). Pada sistem flap pesawat transport berukuran besar, pendekatan lain juga dikembangkan berupa mekanisme pemulihan (recovery mechanism) seperti inter connection strut yang dirancang untuk mengurangi dampak kegagalan aktuator terhadap dinamika mekanisme flap secara keseluruhan, meskipun penerapannya pada pesawat latih berukuran kecil seperti Cessna 172S masih terbatas pada tindakan penggantian komponen secara langsung sesuai AMM (Zhou et al., 2022). Perbedaan skala dan kompleksitas pesawat ini menunjukkan bahwa strategi pemeliharaan aktuator perlu disesuaikan dengan jenis dan fungsi operasional pesawat yang bersangkutan.

Pentingnya Kepatuhan terhadap AMM dan Kompetensi Teknisi

Studi kasus ini menegaskan bahwa setiap tindakan disassembly, servicing, maupun reassembly pada komponen flight control wajib mengacu secara ketat pada Aircraft Maintenance Manual yang diterbitkan pabrikan, mengingat penyimpangan dari prosedur resmi merupakan salah satu faktor human error yang paling sering berkontribusi terhadap insiden perawatan pesawat (Olaganathan, 2024). Kepatuhan terhadap AMM perlu diiringi dengan penguatan kompetensi teknisi dalam mendiagnosis kegagalan komponen secara cepat dan akurat, karena kompetensi tersebut turut menentukan waktu pemulihan (downtime) pesawat serta kualitas perbaikan yang dilakukan. Kompetensi ini dibentuk antara lain melalui keterlibatan langsung dalam penanganan permasalahan di lapangan, yang terbukti berkontribusi terhadap kesiapan kerja teknisi vokasi penerbangan (Lubis, 2021) dan terhadap keselarasan pemahaman teknis dengan sistem kerja industri (Darni et al., 2025).

Pembahasan

Kasus ini menunjukkan bahwa kegagalan pada sistem secondary flight control dapat bersumber dari komponen elektromekanis tunggal, yaitu motor flap, meskipun jalur kelistrikan dan mekanisme transmisi lain dalam kondisi baik, sehingga diagnosis bertahap sesuai AMM tetap diperlukan untuk memastikan akurasi identifikasi akar permasalahan sebelum tindakan servicing dilakukan. Pendekatan sistematis—disassembly, inspection, servicing, reassembly, hingga functional test—terbukti efektif mengisolasi akar masalah pada kasus ini, dan berpotensi menjadi pola diagnosis standar untuk kasus flap stuck sejenis pada pesawat latih Cessna 172S di lapangan. Mengingat flap merupakan bagian dari sistem flight control yang wajib memenuhi standar kelaikudaraan sesuai regulasi ICAO (Candra Susanto & Keke, 2019), keandalan komponen ini perlu dijaga melalui kepatuhan ketat terhadap AMM, penguatan kompetensi teknis petugas perawatan, serta pertimbangan strategi pemeliharaan berbasis kondisi pada komponen elektromekanis kritis di masa mendatang.

Kesimpulan

Gangguan flap stuck pada pesawat latih Cessna 172S dengan registrasi PK-BYJ di Akademi Penerbang Indonesia Banyuwangi disebabkan oleh malfunction pada motor flap yang tidak lagi mampu menggerakkan kedua flap meskipun menerima suplai kelistrikan yang sesuai, sementara jalur kelistrikan dan mekanisme transmisi lain dalam kondisi baik; diagnosis bertahap mengacu pada Aircraft Maintenance Manual Chapter 27—meliputi disassembly, inspection, servicing, reassembly, dan functional test—terbukti efektif mengisolasi akar permasalahan pada komponen

motor flap sebagai satu-satunya sumber kegagalan fungsi, dan penanganan melalui penggantian motor flap serta pengujian fungsional berhasil mengembalikan kedua flap ke kondisi operasional normal sehingga pesawat dinyatakan laik untuk kegiatan latihan penerbangan. Studi kasus ini menegaskan bahwa keandalan sistem secondary flight control turut ditentukan oleh kondisi komponen elektromekanis yang rentan terhadap kegagalan meskipun tanpa tanda kerusakan pada jalur pendukungnya, sehingga diperlukan kepatuhan ketat terhadap prosedur AMM serta penguatan kompetensi teknis petugas perawatan guna mendukung keandalan dan keselamatan operasional pesawat latih secara berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Baxter, P., & Jack, S. (2008). Qualitative case study methodology: Study design and implementation for novice researchers. *The Qualitative Report*, 13(4), 544–559. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2008.1573>
- Candra Susanto, P., & Keke, Y. (2019). Implementasi regulasi International Civil Aviation Organization (ICAO) pada penerbangan Indonesia. *AVIASI: Jurnal Ilmiah Kedirgantaraan*, 16.
- Darni, R., Harisman, Y., Sukma, D., Fitriana, E., Sulistiobudi, R. A., & Herayono, A. (2025). Work readiness in vocational education: Perception and correlation between measurement level and system integration. *TEM Journal*, 14(2), 1388–1397. <https://doi.org/10.18421/TEM142-39>
- Kirchhoff, R. (2023). Team experiences of the root cause analysis process after a sentinel event: A qualitative case study. *BMC Health Services Research*, 23(1), 1224. <https://doi.org/10.1186/s12913-023-10178-3>
- Lubis, M. R. (2021). Pengaruh On The Job Training (OJT) Flight Operations Officer (FOO) terhadap kesiapan kerja. *SKYHAWK: Jurnal Aviasi Indonesia*, 1(2), 85–91. <https://doi.org/10.52074/SKYHAWK.V1I2.14>
- Majdi, H. S., Shijer, S. S., Hanfesh, A. O., Habeeb, L. J., & Sabry, A. H. (2021). Analysis of fault diagnosis of DC motors by power consumption pattern recognition. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(113), 14–20. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.240262>
- Olaganathan, R. (2024). Human factors in aviation maintenance: Understanding errors, management, and technological trends. *Global Journal of Engineering and Technology Advances*, 18(2), 92–101. <https://doi.org/10.30574/gjeta.2024.18.2.0021>

Akademi Penerbang Indonesia Banyuwangi. (n.d.). Profil dan sejarah singkat. Diakses 28 Agustus 2026, dari <https://icpa-banyuwangi.ac.id/>

Yin, Z., Hu, N., Chen, J., Yang, Y., & Shen, G. (2022). A review of fault diagnosis, prognosis and health management for aircraft electromechanical actuators. *IET Electric Power Applications*, 16(11), 1249–1272. <https://doi.org/10.1049/elp2.12225>

Zhou, X. C., Xue, P., Luo, Y. B., Lu, J. G., & Zhang, C. (2022). A recovery mechanism for flap system of large aircraft with actuator failure. *International Journal of Protective Structures*, 13(3), 539–554. <https://doi.org/10.1177/20414196221087338>