

Analisis Dampak Kegagalan Sistem Kelistrikan Pada Penerbangan Pesawat Udara Tipe Boeing 737-800/900

Rahmat Hidayat¹, Andi Dwi Purnama Soswaty², Farhan Rezki Arifin³

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Cokroaminoto Makassar¹²³

farhan403@gmail.com¹, andipipi77@gmail.com²

Informasi Artikel

E-ISSN : 3026-6874

Vol: 2 No: 9 September 2024

Halaman : 187-192

Abstract

Airplanes are the fastest mode of transportation, with a range that extends across continents, making them the top choice for long-distance travel. Although the chance of an airplane accident is very small, averaging 4 times per 1 million flight hours (ICAO, 2017), the impact on passengers can be fatal, with a survival rate of only 24% (Aigbe, 2013). The main causes of airplane accidents generally stem from three factors: technical issues, weather conditions, and human error. Aircraft maintenance is conducted on a scheduled (scheduled maintenance) and non-scheduled (non-scheduled maintenance) basis according to predetermined time intervals. There are various power sources used for the aircraft's electrical systems, including engine-driven generators, auxiliary power units (APU), external power, and ram air turbines. This study aims to assess the level of hazard during flight conditions when there is a failure in the electrical power system, evaluate the impact of aircraft performance on the reliability of the power generation system, and assess the role of technological advancements in power generation for flight safety. The research was conducted at Hanggar Batam Aero Teknik, Nongsa District, Batam City, using qualitative data analysis methods. The results show that electrical system failures in aircraft include failures in the power generation and distribution systems. There are components within the distribution system that, if damaged, can cause significant electrical failure. The aircraft's power generation systems back each other up, so electrical component maintenance must be performed promptly and effectively.

Keywords:

Boeing 737-800/900

Electrical System

Power Generation System

Distribution System

Abstrak

Pesawat terbang adalah moda transportasi tercepat dengan jangkauan hingga antar benua, menjadikannya pilihan utama untuk perjalanan jarak jauh. Meskipun peluang kecelakaan pesawat sangat kecil, yaitu rata-rata 4 kali dalam 1 juta jam terbang dampaknya sangat fatal bagi penumpang, dengan peluang selamat hanya 24%. Penyebab utama kecelakaan pesawat umumnya berasal dari tiga faktor: teknis, cuaca, dan kesalahan manusia (human error). Perawatan pesawat dilakukan secara rutin (scheduled maintenance) dan non-rutin (non-scheduled maintenance) berdasarkan interval waktu yang telah ditentukan. Ada berbagai sumber daya yang digunakan untuk sistem kelistrikan pesawat, termasuk generator mesin, unit daya tambahan (APU), daya eksternal, dan udara ram turbin. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat bahaya dalam kondisi penerbangan saat terjadi gangguan pada sistem kelistrikan, mengevaluasi pengaruh performa pesawat terhadap keandalan sistem kelistrikan, serta menilai peran kemajuan teknologi pembangkit listrik terhadap keselamatan penerbangan. Penelitian dilakukan di Hanggar Batam Aero Teknik, Kecamatan Nongsa, Kota Batam, dengan menggunakan metode analisis data kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kegagalan sistem kelistrikan pada pesawat meliputi kegagalan pada sistem pembangkit dan distribusi. Terdapat komponen dalam sistem distribusi yang, jika rusak, dapat menyebabkan kegagalan kelistrikan yang signifikan. Sistem pembangkit listrik pada pesawat saling mendukung, sehingga perawatan komponen kelistrikan harus dilakukan tepat waktu dan sebaik mungkin.

Kata Kunci: Boeing 737-800/900, Sistem Kelistrikan, Sistem Pembangkit, Sistem Distribusi

PENDAHULUAN

Pada tahun 2013, di tahun kedua pengoperasian Boeing 787 Dreamliner, sebuah pesawat jet berbadan lebar, beberapa pesawat mengalami masalah pada sistem kelistrikannya yang disebabkan oleh baterai lithium-ion. Insiden yang terjadi antara lain kebakaran listrik di pesawat All Nippon Airways 787 dan kebakaran serupa yang ditemukan oleh teknisi di pesawat Japan Airlines 787 yang sedang diparkir di Bandara Internasional Logan Boston. Administrasi Penerbangan Federal Amerika Serikat (FAA) kemudian memerintahkan peninjauan ulang terhadap desain dan pembuatan Boeing 787 Dreamliner,

diikuti dengan pelarangan penuh terhadap seluruh armada Boeing 787, yang merupakan penangguhan pertama sejak insiden McDonnell Douglas DC-10 pada tahun 1979.

Kecelakaan pesawat umumnya disebabkan oleh tiga faktor utama, yaitu faktor teknis, faktor cuaca, dan faktor kesalahan manusia (human error). Pemerintah, sebagai regulator, telah mengatur aspek keamanan dan keselamatan penerbangan melalui PP Nomor 3 Tahun 2001. Pesawat harus memiliki sertifikat dari perusahaan perawatan pesawat udara, yang menjadi bukti bahwa standar dan prosedur perawatan untuk pesawat, mesin, baling-baling, dan komponen elektrik telah dipenuhi oleh perusahaan perawatan terkait. Komponen pesawat tidak dapat langsung digunakan tanpa memastikan kesesuaiannya dengan desain tipe pesawat tersebut. Aturan mengenai desain tipe menyatakan bahwa komponen tidak boleh diganti dengan komponen yang tidak sesuai dengan desain tipe aslinya, baik dari segi pabrikan maupun part number-nya. Pelanggaran terhadap aturan ini dapat membahayakan keselamatan dan keamanan penerbangan.

Terdapat beberapa sumber daya berbeda yang digunakan pesawat untuk mendukung sistem kelistrikannya, seperti generator AC yang digerakkan oleh mesin, unit daya tambahan (APU), daya eksternal, dan turbin udara ram. Komponen kelistrikan pesawat beroperasi pada tegangan yang berbeda-beda, baik AC maupun DC. Namun, mayoritas sistem pesawat menggunakan 115 volt (V) AC pada 400 hertz (Hz) atau 28 volt DC. Tegangan 26 volt AC juga digunakan di beberapa pesawat untuk keperluan pencahayaan. Listrik DC umumnya dihasilkan oleh generator "self-exciting" yang mengandung elektromagnetik, di mana daya yang dihasilkan diatur oleh komutator sehingga menghasilkan tegangan output 28 volt DC. Listrik AC, umumnya bertegangan 115 V, dihasilkan oleh alternator dalam sistem tiga fase dengan frekuensi 400 Hz.

Generator merupakan sumber utama tenaga listrik pada pesawat. Generator ini dipasang di bagian bawah setiap mesin pesawat dan menghasilkan tegangan listrik 115V/400Hz, 3 fase, yang kemudian disalurkan ke bus bar dan TRU (Transformer Rectifier Unit) yang mengubah 115V AC menjadi 28V DC. Generator digerakkan oleh putaran mesin, sehingga mampu menghasilkan energi listrik. Jika generator pesawat gagal menyuplai listrik, hal ini dapat menimbulkan kecelakaan yang berpotensi menyebabkan banyak korban jiwa.

Urgensi penelitian ini sangat penting mengingat kegagalan pada sistem kelistrikan, baik pada sistem pembangkit maupun distribusi, dapat berakibat fatal, terutama dalam industri yang sangat bergantung pada keandalan sistem kelistrikan seperti penerbangan. Kerusakan pada sistem distribusi listrik memiliki dampak yang signifikan terhadap kelancaran operasi sistem kelistrikan secara keseluruhan. Sistem kelistrikan pada pesawat, misalnya, terdiri dari komponen pembangkit yang saling mendukung satu sama lain, sehingga kegagalan pada salah satu bagian dapat memicu gangguan pada bagian lain dan mengakibatkan kerugian besar, baik dari sisi operasional maupun keselamatan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara mendalam faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan pada sistem distribusi kelistrikan serta memberikan rekomendasi untuk strategi perawatan yang optimal. Perawatan komponen kelistrikan yang dilakukan secara berkala dan tepat waktu menjadi kunci untuk mencegah terjadinya kegagalan sistem. Dengan memahami penyebab kerusakan dan dampaknya terhadap sistem secara keseluruhan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem kelistrikan, khususnya dalam konteks penerbangan.

METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di pesawat yang berada di Hanggar Batam Aero Teknik, Kecamatan Nongsa, Kota Batam, Provinsi Kepulauan Riau.



Gambar 5. Batam Aero Technic

Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tahun 2021.

Metode Pengambilan Data

Data dikumpulkan melalui diskusi atau wawancara langsung dengan teknisi di Batam Aero Teknik.

Metode Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan metode kualitatif.

Langkah-langkah Penelitian

Penelitian ini merupakan survei analitik-deskriptif yang berfokus pada pengumpulan data mengenai penyebab dan dampak kegagalan sistem kelistrikan pesawat. Langkah-langkah penelitian meliputi:

1. Mengumpulkan data terkait dampak kegagalan kelistrikan pesawat selama penerbangan.
2. Mengidentifikasi penyebab kegagalan sistem kelistrikan pada pesawat.
3. Melakukan input data untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan.
4. Setelah data dimasukkan, dilakukan analisis untuk menjelaskan dampak pada sistem tersebut.

Analisis Data

Analisis data meliputi faktor-faktor kegagalan kelistrikan, dampak yang ditimbulkan, dan cara penanggulangannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gasturbin Engine

Siklus Brayton menjadi dasar konsep dari setiap mesin turbin gas. Siklus termodinamika ini pertama kali dikembangkan oleh John Barber pada tahun 1791, dan disempurnakan lebih lanjut oleh George Brayton. Pada penerapan awal siklus ini, Brayton bersama ilmuwan lainnya sedang mengembangkan mesin turbin yang dikombinasikan dengan kompresor. Di waktu yang sama, ada juga pengembangan mesin Otto yang digunakan untuk kendaraan roda empat. Namun, mesin Brayton kalah popularitas dengan mesin Otto empat silinder yang dikembangkan oleh Henry Ford. Seiring perkembangan, siklus Brayton lebih banyak diterapkan pada mesin-mesin pesawat terbang dan pembangkit listrik. Dalam siklus Brayton ini, terdapat empat komponen utama, yaitu: kompresor, ruang pembakaran (combustion chamber), turbin, dan nozzle.

Prinsip Kerja Turbin Gas

Prinsip kerja turbin gas tidak terlalu berbeda dengan turbin lainnya. Putaran rotor turbin dihasilkan dari energi panas bertekanan yang melewati sudu-sudu turbin. Energi panas ini diperoleh dari pembakaran gas alam (natural gas) dengan udara, sesaat sebelum memasuki turbin.

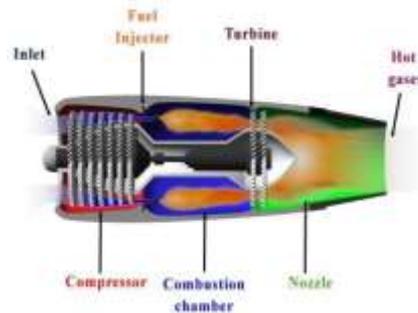
Turbin gas menggunakan udara atmosfer sebagai media kerjanya. Udara masuk melalui sisi inlet karena dihisap oleh kompresor, yang kemudian memampatkan udara hingga mencapai tekanan tertentu. Udara bertekanan ini kemudian memasuki ruang bakar (combustion chamber), di mana bahan bakar diinjeksi dan terjadi pembakaran dengan udara, menghasilkan ledakan. Semakin tinggi tekanan yang dihasilkan oleh kompresor, semakin kuat pula ledakan hasil pembakaran. Dari ledakan ini, volume fluida meningkat karena proses pemanasan yang sangat cepat, yang menyebabkan fluida berekspansi ke sisi turbin. Pada tahap ini, turbin akan menyerap sebagian energi fluida yang digunakan untuk menggerakkan kompresor. Tahap terakhir adalah di mana fluida dengan energi tinggi diperluas di bagian nozzle untuk menghasilkan semburan jet berkecepatan tinggi.

Jenis-jenis mesin turbin gas mesin turbin gas diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, di antaranya:

Turbo Prop

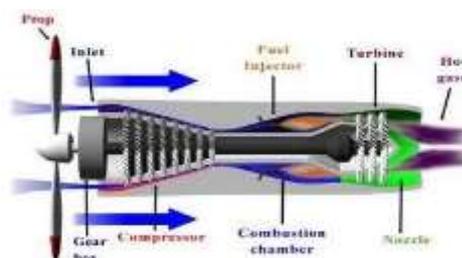
Turbo prop memiliki baling-baling (propeller) yang berfungsi untuk menghisap udara dan menghasilkan gaya dorong. Mesin turboprop adalah mesin turbojet dengan tambahan turbin yang dirancang untuk menyerap sisa semburan bahan bakar yang sebelumnya digunakan untuk menggerakkan kompresor. Pada prakteknya, selalu ada sisa semburan gas, dan sisa inilah yang digunakan untuk menggerakkan turbin yang terhubung ke reduction gear (roda gigi pengurang), yang biasanya terletak di bagian depan mesin untuk memutar baling-baling. Sistem pada mesin turboprop ini tidak terlalu berbeda dengan turbojet, namun energi yang dihasilkan lebih difokuskan untuk memutar baling-baling.

Thrust dihasilkan oleh putaran baling-baling sebesar 85%, yang digerakkan oleh turbin yang menerima energi dari hasil pembakaran, sementara sisanya 15% menjadi thrust dari gas buang.



Gambar 1. Turno Probe Turbo Jet

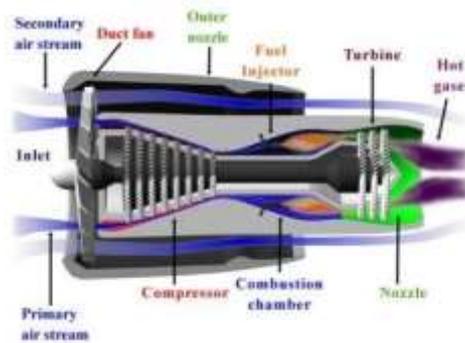
Udara dihisap dan dimampatkan dalam kompresor bertekanan tinggi yang dilindungi oleh casing. Mesin menyatu dengan ruang bakar dan turbin. Seluruh gaya dorong (100%) dihasilkan oleh gas buang.



Gambar 2. Turbo Jet

Turbo Fan

Turbo Fan merupakan penggabungan teknologi Turbo Jet. Mesin ini sebenarnya adalah tipe by-pass, di mana sebagian udara dipadatkan dan disalurkan ke ruang pembakaran, sementara udara dengan kepadatan rendah mengalir di sekitar ruang pembakaran untuk mendinginkan mesin. Sebagian besar thrust dihasilkan oleh kipas Turbo Prop by-pass yang berada di bagian depan mesin, yaitu sebesar 80%, sedangkan 20% sisanya dihasilkan oleh gas buang.



Gambar 3. Turbo Fan APU (Auxiliary Power Unit)

Ketika pesawat berada di darat, APU menyediakan listrik dan udara untuk air conditioning, memulai mesin, serta penerangan. Saat terbang, APU berfungsi sebagai cadangan daya jika salah satu atau lebih generator mengalami kerusakan. Sebelum mesin utama dinyalakan, APU diaktifkan, umumnya menggunakan baterai. APU juga mengoperasikan aksesoris pesawat lainnya ketika mesin utama dimatikan, sehingga kabin tetap nyaman sebelum mesin utama dinyalakan. Listrik yang dihasilkan digunakan untuk pengecekan preflight.



Gambar 4. APU (Auxiliary Power Unit)

Hasil diskusi di Batam Aero Teknik menunjukkan bahwa:

1. Pesawat Boeing 737-800/900 tidak pernah mengalami kegagalan kelistrikan yang menyebabkan kecelakaan atau korban jiwa.
2. Kegagalan yang terjadi pada sistem distribusi kelistrikan disebabkan oleh komponen yang tidak cukup pendinginan, seperti BPCU, GCU, TRU, AGCU, dan Static Inverter di ruang elektronik.
3. Kegagalan sistem pembangkit listrik biasanya disebabkan oleh kurangnya perawatan atau usia komponen.
4. Pesawat Boeing 737-800/900 menggunakan teknologi yang lebih mutakhir dibandingkan tipe Boeing sebelumnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak kegagalan sistem kelistrikan dan penyebabnya. Respon dari kuesioner yang diisi menunjukkan variasi tanggapan yang positif mengenai komponen pembangkit listrik dan sistem kelistrikan pesawat. Setiap komponen kelistrikan memiliki fungsi yang saling terkait. Jika satu komponen mengalami kegagalan, komponen lainnya dapat terpengaruh, yang pada akhirnya bisa menyebabkan kegagalan sistem secara keseluruhan. Dampak kegagalan kelistrikan sangat signifikan, terutama jika terjadi saat penerbangan. Pesawat bisa kehilangan kendali atau bahkan mengalami kecelakaan. Namun, jika sumber kegagalan masih dapat di-backup oleh sistem kelistrikan lain, situasi dapat dikelola.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian, analisis data, dan pembahasan, dapat disimpulkan:

1. Kegagalan sistem kelistrikan meliputi sistem pembangkit dan distribusi.
2. Kerusakan pada sistem distribusi dapat berdampak signifikan pada kegagalan kelistrikan.
3. Sistem pembangkit listrik pada pesawat saling mendukung satu sama lain.
4. Perawatan komponen kelistrikan harus dilakukan secara berkala dan tepat waktu untuk mencegah kegagalan sistem.

REFERENCES

- Aircraft Maintenance Manual Boeing 737 – 600-700-800-900. ATA Chapter 24 – Electrical Power, Norwegia : Boeing.
- Dale Crane, Airframe, Aviation Maintenance Technician Series, ASA, Systems, Volume 2, ISBN 1-56027-340-2
- Harten, Van. Setiawan. 1981. Instalasi Listrik Arus Kuat 1. BinaCipta: Bandung.
- Dale Crane, Aircraft Powerplants, Aviation Maintenance Technician Series, ASA, Systems, Volume 2, ISBN 1-56020-240-2
- Jeppesen, 'A & P Technician Powerplant Textbook', Jeppesen Sanderson, Inc., 2004.
- JAR Conversion B1, Module 5 Digital Technique Electronic Instrument Systems, KLM-UK Engineering, 2007