

Sistem Kerja Kelistrikan pada Engine Pesawat Terbang Tipe CRJ-1000

Author:

Muhammad Nur
Abdullah¹
Intan Maulina²

Affiliation:

Universitas
Cokroaminoto
Makassar¹
Universitas Deli
Sumater²

Corresponding email

*1 muh.nurabdullah26@gmail.com

Histori Naskah:

Submit: 2024-03-28

Accepted: 2024-03-31

Published: 2024-04-01



This is an Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Abstrak:

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui sistem pendistribusian listrik dari engine ke pesawat dan untuk mengetahui cara kerja mesin (engine) dapat membangkitkan listrik pada pesawat terbang. Sumber data yang digunakan pada penelitian ini dibedakan menjadi dua yaitu data primer diperoleh melalui observasi dan wawancara berkaitan tentang informasi dan kegiatan yang berhubungan dengan aktivitas proses sistem tenaga listrik pesawat terbang tipe CRJ-1000. Data sekunder adalah data yang diperoleh melalui media perantara atau secara tidak langsung yang berupa buku catatan bukti yang telah ada atau arsip baik yang dipublikasikan maupun yang tidak dipublikasikan secara umum. Adapun populasi pada penelitian ini adalah pesawat terbang dan maintenance team pada PT. GMF AeroAsia Makassar dan sample pada penelitian ini adalah pesawat terbang tipe CRJ-1000, staff engineer dan staff mechanic pada PT. GMF AeroAsia Makassar.

Berdasarkan hasil dari penelitian ini dapat diketahui bahwa prinsip kerja engine sehingga dapat membangkitkan tenaga listrik pada pesawat terbang CRJ 1000 meliputi 4 langkah, menghisap udara, menekan udara, ledakan, dan menghembuskan. Udara dari depan mesin turbojet masuk melalui inlet, dengan dibantu menggunakan kipas yang ada pada inlet, sehingga engine dapat menghasilkan daya (power), yaitu thrust power (tenaga dorong), hydraulic power, pneumatic power dan electrical power.

Kata kunci: Mesin (Engine), Generator, Tenaga Listrik (Electrical Power), Turbine, CSD (Constant Speed Drive)

Pendahuluan

Pesawat merupakan suatu kemajuan teknologi yang sangat luar biasa bagi dunia. Sejak manusia mulai menemukan cara untuk dapat terbang maka kemajuan teknologi dunia semakin pesat pula, hal ini disebabkan dengan adanya pesawat terbang sehingga koneksi/hubungan antara negara-negara di dunia semakin mudah. Pesawat terbang merupakan alat transportasi yang paling efektif dan efisien. Hal ini dikarenakan mampu menempuh jarak yang sangat jauh dalam waktu yang relatif singkat. Selain itu, pesawat terbang mampu mengangkut banyak penumpang dan barang dalam sekali terbang.

Ada beberapa sistem didalam pesawat terbang yang menunjang jalannya suatu penerbangan, khususnya pesawat terbang yang melakukan penerbangan jarak jauh. Perkembangan dunia penerbangan yang sangat pesat membuat teknologi pesawat terbang dituntut untuk meningkatkan keselamatan penerbangan, hal tersebut menyangkut masalah efisiensi, kenyamanan, dan tujuan komersial. Untuk itu pesawat terbang dilengkapi dengan peralatan listrik.

Listrik dipesawat berfungsi sebagai salah satu sumber tenaga yang digunakan pesawat terbang untuk sistem penerangan, sistem navigasi dan sistem anti ice pada pesawat terbang. Salah satu sumber pembangkit listrik pada pesawat adalah generator dimana generator tersebut digerakkan oleh putaran dari engine. Engine merupakan mesin pesawat yang mampu menghasilkan empat power untuk mendukung

pesawat terbang dapat mengudara, empat power tersebut yaitu: thrust power, hydraulic power, pneumatic power, dan electrical power.

Engine merupakan salah satu bagian yang berperan penting dalam pengoperasian pesawat terbang, apabila terjadi malfungsi pada engine maka akan dapat membahayakan keselamatan penerbangan. Prestasi atau performa suatu engine dapat ditentukan dengan mengetahui kerja pada masing-masing komponen, energi masuk, energi keluar, efisiensi termal dan gaya dorong engine tersebut Berdasarkan hal tersebut peneliti tertarik untuk meneliti tentang “Studi Sistem Kelistrikan Pada Engine Pesawat CRJ 1000”.

Studi Literatur

Sistem Tenaga Mesin (Engine)

Engine merupakan mesin pesawat yang mampu menghasilkan empat power untuk mendukung pesawat terbang dapat mengudara, empat power tersebut yaitu: thrust power, hydraulic power, pneumatic power, dan electrical power. Engine merupakan salah satu bagian yang berperan penting dalam pengoperasian pesawat terbang, apabila terjadi malfungsi pada engine maka akan dapat membahayakan keselamatan penerbangan. Empat power yang dihasilkan oleh engine yaitu:

Thrust Power

Thrust Power adalah tenaga dorong yang dihasilkan oleh engine pesawat yang mampu mendorong pesawat untuk dapat bergerak maju dan lepas landas.

Hydraulic Power

Engine pesawat mampu memberikan tekanan udara hingga 3000 PSI untuk menggerakkan komponen sistem hydraulic pada pesawat terbang.

Pneumatic Power

Pneumatic Power adalah udara panas bertekanan yang dihasilkan oleh bagian turbine engine dengan suhu $390^{\circ} - 440^{\circ} \text{ F}$ dan tekanan 45 PSI untuk mendistribusikan udara panas ke bagian pesawat yang kemungkinan besar dapat terjadi icing.

Electrical Power

Electrical Power adalah tenaga listrik yang dibangkitkan melalui generator yang terdapat pada engine pesawat untuk disalurkan ke komponen navigasi dan komponen lainnya.

Sistem Tenaga Listrik (Electrical Power)

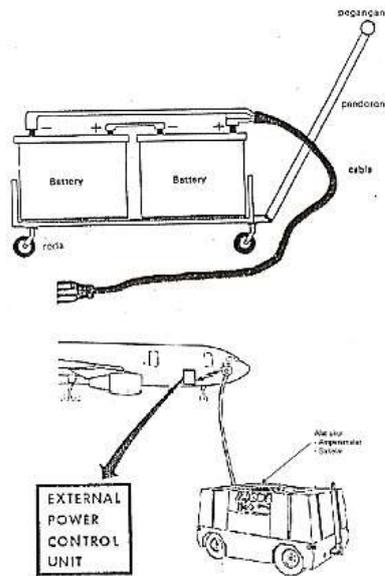
Berbagai macam sistem pada pesawat memerlukan tenaga listrik untuk dapat dioperasikan saat pesawat di darat ataupun saat sedang dalam penerbangan. Sistem kelistrikan pada pesawat terdiri dari dua sistem yang terpisah (sistem 1 dan 2). Secara normal tegangan listrik sistem satu (sebelah kiri) didapatkan dari generator satu dan sistem dua dari generator dua (sebelah kanan). Setiap generator menyediakan tegangan listrik 3 phase, 115volt 400 Hz dengan beban maksimal 50 KVA. Sumber tegangan listrik yang digunakan oleh pesawat selain generator juga bisa didapatkan dari battery dan ground power unit (GPU). Dalam sistem kelistrikannya, pesawat juga memerlukan tegangan listrik 28volt AC dan 28volt DC yang didapat dari hasil pendistribusian ataupun langsung dari pembangkit tegangannya. Sistem kelistrikan pada pesawat terbang yang digunakan untuk menyuplai tenaga listrik biasanya terdiri dari dua sumber, yaitu: AC power supply dan DC power supply (Priyono, Sugeng. 2009).

Sumber-Sumber Listrik

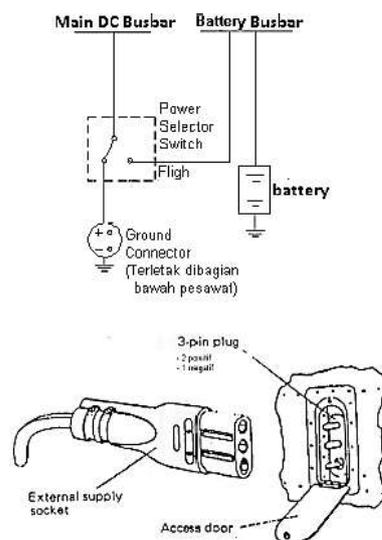
Tenaga atau daya dihasilkan oleh:

GPU (Ground Power Unit)

Ground Power Unit merupakan tenaga listrik yang khusus digunakan pada pesawat saat berada di darat. Fungsinya adalah sebagai sumber tenaga listrik pada saat engine tidak dioperasikan sehingga kemungkinan untuk melakukan tes atau perbaikan tidak sulit. Sistem dapat juga dengan menghidupkan dulu engine atau sebelum pesawat tersebut terbang. Daya/tegangan listrik yang dihasilkan adalah 115 V AC, 400 Hz, 3 pasa dan 28 V DC yang dihubungkan dengan menggunakan external power receptacle yang terdapat di depan nose wheel well sebelah kanan. Selain sumber-sumber yang disebutkan diatas, pada pesawat dipakai pula battery power supply yang berfungsi sebagai back-up tenaga listrik untuk keperluan darurat (emergency) seperti untuk instrument, instrument light dan emergency light.



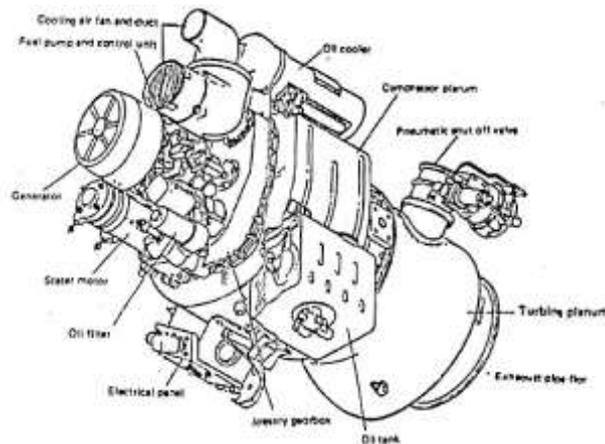
Gambar *Battery* GPU untuk pesawat kecil



Gambar Rangkaian Dasar GPU

APU (Auxiliary Power Unit)

Ketika di darat APU menyediakan listrik dan udara untuk air conditioning, engine starting, dan penerangan. Jika pesawat sedang terbang, APU digunakan sebagai cadangan tenaga/daya listrik jika salah satu generator rusak dan lebih dari dua generator pesawat rusak, maka APU dapat digunakan sebagai pengganti generator yang rusak tersebut.



Gambar Konstruksi *Auxiliary Power Unit* (APU)

Selain menghasilkan tenaga listrik APU juga dilengkapi dengan kompresor yang menghasilkan udara bertekanan tinggi, yang digunakan untuk start mesin pesawat. Karena itu pada mesin pesawat yang besar biasanya untuk start tidak menggunakan motor listrik melainkan memakai mesin turbin tersendiri yang diputar oleh udara yang bertekanan, yang berasal dari kompresor yang berada di APU.

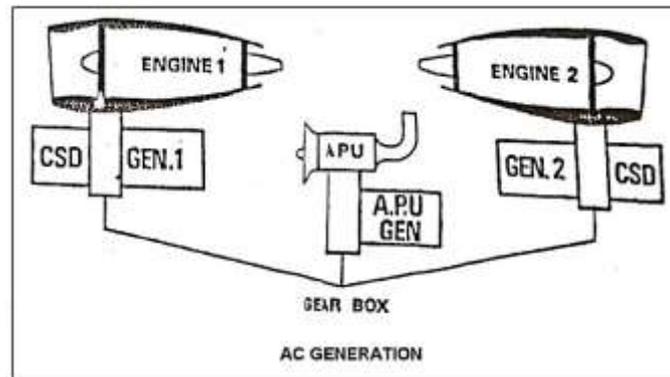
Battery

Baterai yang terdapat di pesawat berfungsi untuk menghasilkan listrik DC dengan tegangan sebesar 28V DC. Baterai yang dipakai adalah tipe Nikel Cadmium (NiCd) sehingga dapat diisi ulang (rechargeable). Saat baterai tidak digunakan, baterai akan di-charge oleh baterai charger yang terpasang. Dalam pemakaiannya, baterai pesawat dipakai dalam beberapa keadaan:

- a. Sebagai sumber eksitasi untuk starting APU.
- b. Saat konsidi darurat sebagai sumber listrik DC.

Generator

Generator merupakan sumber tenaga listrik yang utama dalam pesawat. Generator dipasang pada bagian bawah setiap *engine* pesawat. Generator sendiri terdapat 3 macam, yaitu 2 yang terpasang pada *engine* dan 1 yang berada di APU. Generator pesawat yang terpasang pada *engine* pesawat kinerjanya sangatlah tergantung dengan perputaran *engine* itu sendiri, sedangkan perputaran *engine* itu sendiripun pasti tidak selamanya konstan, maka dari itu dalam sebuah generator sangat dibutuhkannya CSD (*Constan Speed Drive*) untuk menstabilkan perputaran dari generator tersebut agar listrik yang dihasilkan tetap terjaga dalam tegangan 115 Volt 400Hz. CSD (*Constan Speed Drive*) pada pesawat model lawas masih terpisah dari generator, sedangkan untuk pesawat terbaru generator dan CSD sudah diintegrasikan menjadi IDG (*Intergrated Drive Generator*), sehingga CSD sudah berada didalam generator itu sendiri. Untuk APU sendiri tidak memerlukan CSD dikarenakan perputaran generatornya tidak tergantung oleh perputaran *engine*, sehingga perputaran dari generator APU sendiri sudah stabil.



Gambar Skema Posisi APU dan Generator

Metode Penelitian

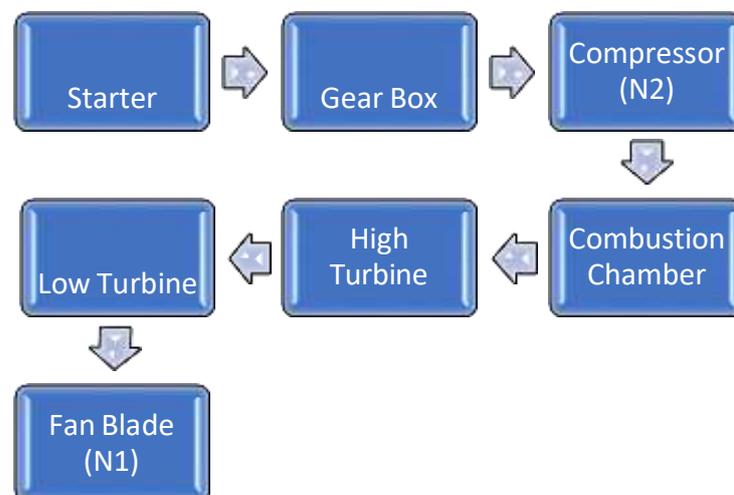
Penelitian ini dimulai pada bulan Januari 2020. Lokasi penelitian dilaksanakan di Kantor PT. GMF AeroAsia Makassar, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan.

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif yaitu penelitian yang menggambarkan, mendeskripsikan dan jelaskan fenomena yang menjadi objek penelitian. Tujuan penelitian deskriptif ini adalah mendeskripsikan sistem kerja mesin (engine) sehingga dapat membangkitkan listrik pada pesawat terbang tipe CRJ-1000.

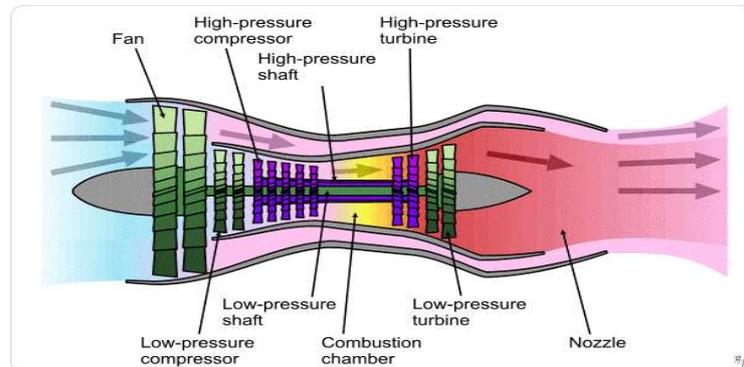
Hasil

Cara Kerja Engine pada Pesawat Terbang Tipe CRJ 1000

Engine merupakan mesin pesawat yang mampu menghasilkan empat power untuk mendukung pesawat terbang dapat mengudara, empat power tersebut yaitu: thrust power, hydraulic power, pneumatic power, dan electrical power. Engine merupakan salah satu bagian yang berperan penting dalam pengoperasian pesawat terbang, apabila terjadi malfungsi pada engine maka akan dapat membahayakan keselamatan penerbangan. Cara kerja engine sehingga dapat menghasilkan empat daya (power) tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar Alur Kerja Mesin (*Engine*) Pesawat CRJ-1000



Gambar Bagian – Bagian Mesin (*Engine*) Pesawat CRJ-1000

Prinsip kerja engine meliputi 4 langkah, menghisap udara, menekan udara, ledakan, dan menghembuskan. Udara dari depan mesin turbojet masuk melalui inlet, dengan dibantu menggunakan kipas yang ada pada inlet. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa cara kerja engine dimulai dari komponen starter, dimana dengan mengaktifkan komponen starter tersebut dapat menghasilkan power yang dapat menggerakkan gear box. Gear box yang telah mendapat power dari starter akan berputar dan menggerakkan radial drive shaft yang terhubung ke compressor (N2).

Radial drive shaft yang terhubung ke compressor (N2) membuat compressor mampu berputar dan menarik udara dari luar engine untuk masuk ke dalam combustion chamber (ruang pembakaran). Udara yang masuk akan dikompres sehingga udara di dalam combustion chamber menjadi padat setelah itu fuel nozzle akan menyemprotkan fuel (bahan bakar) di dalam combustion chamber. Igniter Plug (busi) dalam combustion chamber akan memberikan percikan api sehingga terjadilah proses ledakan atau pembakaran di dalam combustion chamber. Ledakan yang dihasilkan mampu menggerakkan high turbine dan low turbine sehingga fan blade (N1) dapat berputar. Fan Blade yang telah berputar tersebut membuat engine mulai aktif beroperasi dengan baik sehingga dapat menghasilkan 4 daya (power) yaitu: thrust power, pressure hydraulic, pneumatic dan electrical power.

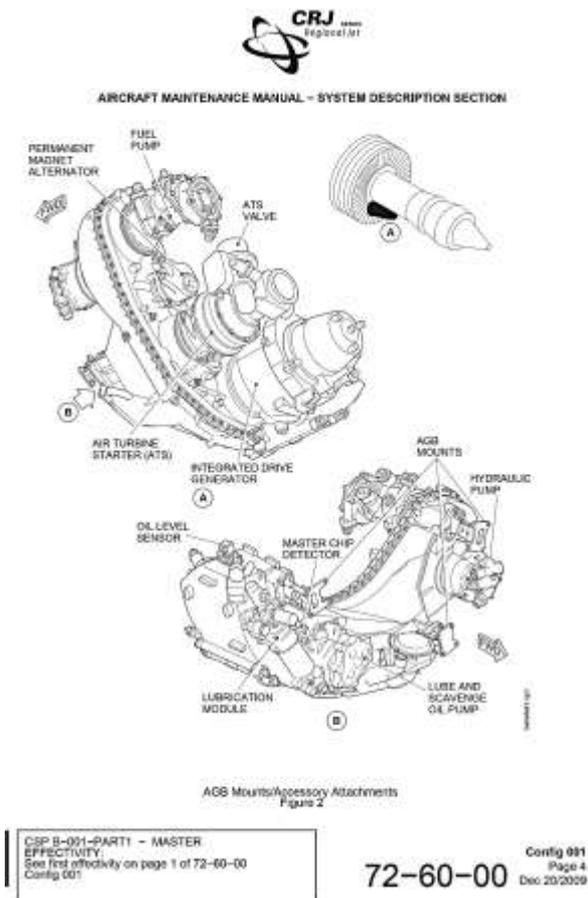
Daya (*Power*) yang Dihasilkan *Engine*

Thrust Power

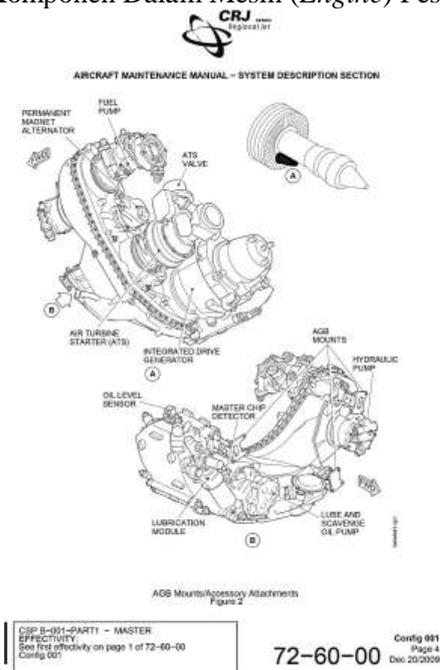
Thrust Power adalah tenaga dorong yang dihasilkan oleh engine pesawat yang mampu mendorong pesawat untuk dapat bergerak maju dan lepas landas. Thrust power didapatkan dari air flow (Aliran udara) yang masuk ke dalam Engine melalui fan blade (N1), dimana udara yang masuk terbagi menjadi dua. Pembagian yang pertama yaitu, 20% udara yang masuk ke dalam engine yang diteruskan untuk proses pembakaran di dalam combustion chamber, sedangkan 80% sisanya udara menjadi bypass yang tidak melalui proses pembakaran inilah yang disebut dengan High bypass Ratio. Udara bypass inilah yang akan menghasilkan thrust power agar pesawat dapat bergerak maju.

Hydraulic Power

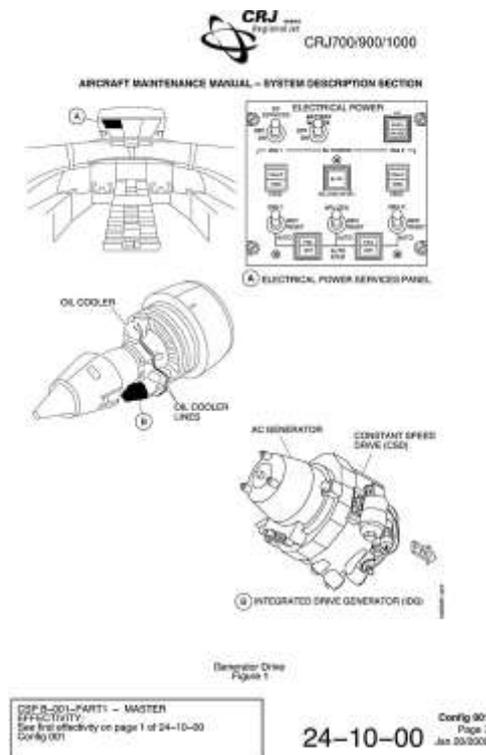
Engine pesawat mampu memberikan tekanan udara hingga 3000 PSI untuk menggerakkan komponen sistem hydraulic pada pesawat terbang. Komponen pada pesawat yang digerakkan oleh sistem hydraulic antara lain, Landing gear system dan flight control. Landing gear system adalah sistem roda pendaratan, dimana untuk mengangkat dan menurunkan roda pesawat yang memiliki beban berat. Hal tersebut akan membutuhkan tenaga yang besar, sehingga peran sistem hydraulic mampu memberikan tekanan sebesar 3000 psi yang mampu menaikkan dan menurunkan roda pesawat untuk mendarat dan lepas landas.



Gambar 4.4 Komponen Dalam Mesin (*Engine*) Pesawat CRJ-1000



Gambar *Accessory Gearbox*



Gambar *Electrical Power Service Panel* dan IDG

Gambar 4.4 merupakan gambar komponen bagian dalam engine dimana pada gambar tersebut posisi generator terletak pada bagian bawah dari masing- masing engine pesawat, yaitu di dalam accessory gear box. Letak generator di dalam gearbox ditunjukkan pada gambar 4.5 posisi A. Generator tersebut mampu membangkitkan energi listrik sebesar 115V AC / 400Hz saat engine pesawat mencapai idle speed atau engine telah mencapai putaran tertentu.

Pembahasan

Pendistribusian AC Electrical pada Pesawat Terbang Tipe CRJ 1000

Secara umum sistem kelistrikan di pesawat sama dengan sistem kelistrikan pada umumnya. Terdiri atas 3 hal yaitu: sumber listrik (electrical power source), sistem distribusi dan beban (load).

Sumber listrik pesawat

Berdasarkan jenisnya, sumber listrik dapat dibedakan menjadi 2, yaitu sumber listrik AC dan sumber listrik DC. Sumber listrik AC (AC power source) untuk pesawat CRJ 1000, terdapat 3 sumber listrik AC. Yaitu 2 generator yang terpasang di Engine dan 1 generator yang terpasang di APU. Generator ini digerakkan oleh putaran dari Engine atau APU, sehingga dapat menghasilkan listrik. Khusus untuk generator di engine, agar tetap berputar dalam kecepatan yang tetap, tidak mengikuti putaran engine yang berubah-ubah perlu dipasang sistem yang disebut CSD (constant speed drive). Pada pesawat CRJ-1000 antara CSD dan generator sudah digabungkan menjadi satu sistem yang disebut dengan IDG (integrated drive generator). Sedangkan untuk pesawat B737 Classic, masih terpisah antara CSD dan generator.

Generator di APU tidak memerlukan CSD, karena putaran APU konstan. Listrik AC yang dihasilkan oleh generator pesawat adalah 115 VAC 400 Hz. Selain dari generator, ada satu lagi sumber listrik AC di pesawat, yaitu static inverter. Static inverter berfungsi merubah listrik DC dari baterai menjadi listrik AC. Static inverter hanya digunakan saat kondisi darurat. Saat semua generator yang ada tidak mampu untuk

menyediakan sumber listrik AC. Dengan demikian, saat kondisi darurat, sistem pesawat yang memerlukan sumber listrik AC tetap dapat berkerja.

Sistem distribusi listrik pesawat

Untuk distribusi listrik, pesawat memakai sistem bus yang menghubungkan antara sumber listrik dengan beban. Macam-macam bus yang terdapat di pesawat CRJ-1000 adalah:

AC Transfer bus (XFR)

AC Transfer bus (XFR) terdiri atas *transfer bus 1* dan *transfer bus 2*. Dalam kondisi normal, *transfer bus 1* terhubung dengan *generator 1* dan *transfer bus 2* terhubung dengan *generator 2*. Sedangkan dalam kondisi darurat, semisal *generator 1* tidak berfungsi, maka *transfer bus 1* dapat terhubung dengan APU atau terhubung dengan *generator 2* melalui *transfer bus 2*.

AC Main bus

AC Main bus terdiri dari *AC main bus 1* dan *AC main bus 2*. *Galley bus*, untuk keperluan. Listrik di *galley* pesawat (Dapur pesawat). Jumlah bergantung pada jumlah *galley* yang terpasang di pesawat. *28 VDC Bus*, bus yang terhubung dengan *transformer*. *28 VDC baterai bus*, bus yang terhubung dengan *transformer dalam kondisi normal*, dan *baterai dalam kondisi alternatif*. *Standby (STBY) bus* adalah bus yang tetap akan mempunyai sumber listrik dalam keadaan darurat. *115 VAC STBY* memperoleh sumber listrik dari *static inverter* sedangkan *28 VDC STBY* memperoleh listrik dari *baterai*.

Beban (Load)

Beban di pesawat terhubung dengan sistem distribusi listrik pesawat melalui bus. Bergantung pada sumber listrik yang diperlukan, dan juga peranannya, beban bisa terhubung pada bus yang berbeda-beda. Untuk sistem pesawat yang tetap harus berfungsi dalam keadaan darurat, akan tersambung dengan *standby bus*. Sedangkan sistem pesawat yang “kurang penting” akan terhubung dengan *AC Main Bus*. Satu yang menjadi catatan, beban yang terpasang tidak boleh melebihi kapasitas dari sumber listrik yang ada.

Sistem kendali tenaga listrik agar dapat didistribusikan ke suatu beban pada pesawat terbang dengan menggunakan panel control seperti yang terdapat pada gambar 4.8 Panel electrical controller, pada lokasi gambar A dan gambar C, untuk indikatornya terdapat pada lokasi gambar B. Pada gambar A terdapat switch yang mengontrol penyuplaian tenaga listrik baik dari *Battery arus DC* atau pun dari *generator arus AC*, terdapat 3 switch untuk tenaga listrik yang bersumber pada *generator* yaitu *generator 1* yang terdapat pada *engine bagian kiri*, *generator 2* yang terdapat pada *engine bagian kanan* dan *APU generator* sebagai sumber tenaga listrik cadangan.

Indikasi sistem pendistribusian listrik dari *generator* maupun *battery* dapat dilihat dengan menekan switch yang terdapat pada panel control eicas yang bertuliskan *elec*, sehingga eicas sendiri akan menampilkan alur bagaimana sistem tenaga listrik dari *generator* atau *battery* dapat beroperasi dengan baik, seperti yang terdapat dalam lokasi gambar C. Indikasi yang dapat dilihat antara lain ialah berapa *Voltase*, *Kilo Volt Ampere*, dan *gelombang* atau *HZ* yang dihasilkan dari *generator arus AC* dan *battery arus DC* pada pesawat terbang itu sendiri

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti pada pesawat terbang tipe CRJ 1000 maka peneliti dapat mengambil kesimpulan, yaitu:

1. Sistem pendistribusian listrik dari engine ke pesawat memakai sistem bus yang menghubungkan antara sumber listrik dengan beban. Macam-macam bus yang terdapat di pesawat CRJ-1000 adalah AC Transfer bus (XFR) dan AC Main bus. Untuk sistem pesawat yang tetap harus berfungsi dalam keadaan darurat, akan tersambung dengan standby bus. Sedangkan sistem pesawat yang kurang penting akan terhubung dengan AC Main Bus.
2. Engine merupakan salah satu bagian yang berperan penting dalam pengoperasian pesawat terbang, apabila terjadi malfungsi pada engine maka akan dapat membahayakan keselamatan penerbangan. Prinsip kerja engine pada pesawat terbang CRJ 1000 meliputi 4 langkah, menghisap udara, menekan udara, ledakan, dan menghembuskan. Udara dari depan mesin turbojet masuk melalui inlet, dengan dibantu menggunakan kipas yang ada pada inlet, sehingga engine dapat menghasilkan daya (power), yaitu thrust power (tenaga dorong), hydraulic power, pneumatic power dan electrical power.
Generator pada engine pesawat akan mampu membangkitkan listrik dan menyuplai listrik setelah engine berhasil untuk running atau beroperasi dengan baik. Putaran engine pesawat tidak selalu beroperasi dengan stabil dikarenakan engine digunakan sebagai thrust power atau tenaga dorong bagi pesawat terbang, sehingga putaran engine pun disesuaikan dengan kebutuhan pesawat. Generator mampu membangkitkan listrik melalui proses putaran dari engine pesawat yang dimana putarannya tidak stabil, oleh karena itu Generator membutuhkan accessory/komponen yang disebut sebagai CSD (Constant Speed Drive) yang berfungsi untuk menstabilkan putaran dari generator, agar energi listrik yang dibangkitkan oleh generator bisa stabil dan dapat didistribusikan bagi keperluan kelistrikan pesawat terbang.

Referensi

- Detari, Ganti.S. 1986 Belajar Teori dan Keterampilan Elektronika, Bandung: Armico
- Diantari, Retno, dan Putri, Shulli. 2016. Sistem Proteksi Pada Pesawat Boeing 737Classic. Jurnal Ilmiah Energi dan Kelistrikan. **Volume 8 No.2**. 128-132
- Fathurrohman, Muhammad Nurdin. (2018).Pengertian Amperemeter, <http://blogpenemu.blogspot.com/2018/12/pengertian-amperemeter>, Diakses Pada tanggal 5 Agustus 2019.
- Hamdi, M.Si.2016 Energi Terbarukan, Jakarta : Kencana
- Hardy Syam. 1994. Dasar-Dasar teknik Listrik Aliran Rata. Jakarta: Bineka Cipta.
Jurnal Teknik Mesin. **Volume 8 No.2**. 128-132
- Kustija, Jaja. 2014. Listrik Pesawat. Jurusan Teknik Elektro Universitas PendidikanIndonesia.
- Mainil, Afdhal Kurniawan. 2011. Analisa Kinerja Engine Turbofan CFM56-3.
- Mattau Mustakim, Pakiding Wempie, 2012. Manajemen Ternak Unhas. Makassar.
- Mufaz. <http://archive.kaskus.co.id/thread/13423020/0/sistem-kelistrikan-pada-pesawat-b737ng/>. Diakses tanggal 20 Agustus 2020
- Muklis. (2014). Pengertian Generator, http://masuklis.com_generator_/2014/0/pengertian-, Diakses Diakses Pada Tanggal 3 juli 2019.

- Muttaqin, Agung Muhammad. (2015). Prinsip Kerja Generator, <https://agngmutaqin96.blogspot.com/2017/04/prinsip-kerja-generator>, Diakses Pada Tanggal 4 Agustus 2018.
- PUIL, P. (2000). Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). Yayasan PUIL. Jakarta.
- Rahadian, Dhikka. (2014). Pengertian ACB, <http://trojan2.blogspot.com/2014/04/pengertian-acb-air-circuit-breaker>, Diakses Pada Tanggal 3 Agustus 2018.
- Rohmatullah. (2015). "Mengenal ATS", <http://rohmatullah-student-telkomunivercity.ac.id/mengenal-ATS>. Diakses Pada Tanggal 4 Agustus 2018.
- Sangadji, Sopiah. 2010. Metode Penelitian Pendekatan Praktis Dalam Penelitian. Edisi 1. Yogyakarta. CV Andi Offset.
- Satria, Ridwan. (2013). Alat Pengaman Instalasi Tenaga, <http://ridwansatria.blogspot.com/2013/06/alat-pengaman-instalasi-tenaga>, Diakses pada tanggal 30 Juli 2018.
- Sugiyono, 2009. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D, Bandung: Alfabeta.
- Suryatmo, F. 1995. Teknik Listrik Arus Searah. Jakarta: Bumi Aksara
- Zuhal, Zhanggischan, 2004. Prinsip Dasar Elektromagnetik .Jakarta : Gramedia Pustaka Utama
- Zulhal. 1992. Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya. Jakarta: PT Gramedia