

# Jurnal Ilmiah

## ENERGI & KELISTRIKAN



SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN

STUDI ANALISIS PENGARUH PARTIAL DISCHARGE PADA SKTM TERHADAP KEHANDALAN PENYULANG

*Supriadi Legino; Firman Jurjani*

PENGUJIAN KONDISI ISOLASI MAIN TRANSFORMATOR GTG 1.1 DENGAN METODE DIELECTRIC RESPONSE ANALYSIS (DIRANA)

*Erlina; Muhlas*

PEMODELAN KONTROL FREKUENSI BEBAN DAN STRATEGI PEMUTUSAN BEBAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS

*Erick Sutjiadi; Soetjipto Soewono*

STUDI ANALISIS SISTEM MONITORING TEMPERATUR RUANG BEARING

*Tri Joko Pramono; Adang Maksus*

PERANCANGAN SOLAR CELL SYSTEM OFFGRID PADA DAERAH RAWAN GEMPA YANG TERDAPAT SITUS BERSEJARAH (Studi Kasus : Kawasan Candi Prambanan)

*Kukuh Aris Santoso; Tri Wahyu Kuningsih*

PEMANFAATAN SAMPAH MENJADI SUMBER ENERGI

*Isworo Pujotomo*

KAJIAN POTENSI ENERGI SURYA DI PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT (NTB)

*Heri Suyanto*

ANALISIS SISTEM DISTRIBUSI KABEL BERCABANG DENGAN KABEL KONVENSIIONAL DI APARTEMEN ANCOL MANSION

*Eko Sawiji; Juara Mangapul Tambunan*

SISTEM PROTEKSI PADA PESAWAT BOEING 737 – CLASSIC

*Retno Aita Diantari; Shulli Alifiannisa Putri*

STUDI EVALUASI PEMADAMAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK 20 kV

*Tony Koerniawan*

ISSN 1979-0783



9 771979 078352

SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN (STT-PLN)

ENERGI & KELISTRIKAN

VOL. 8

NO. 2

HAL.67 - 136

JUNI - DESEMBER 2016

ISSN 1979-0783

# SISTEM PROTEKSI PADA PESAWAT BOEING 737 – CLASSIC

Retno Aita Diantari, ST., MT<sup>1)</sup>, Shulli Alifiannisa Putri<sup>2)</sup>

Teknik Elektro, STT-PLN

<sup>1</sup>[retno\\_aita@yahoo.co.id](mailto:retno_aita@yahoo.co.id),

<sup>2</sup>[shulliputribagus@gmail.com](mailto:shulliputribagus@gmail.com)

**Abstract :** Boeing 737 requires a mains voltage of 115 volts AC, 28 volt AC and 28 volts DC to operate. The voltage obtained from various sources of electrical energy. The main source of electrical energy are two generator that produces AC voltage of 115 volts, 400 Hz. Electrical protection system on the aircraft is made to the security system of electrical equipment installed in the power system in the aircraft. The purpose of the protection system is to prevent damage to electrical equipment due to disturbances such as over current, under-voltage, high voltage, over frequency, under frequency, and differential current. In addition, to reduce the number of accidents due to aircraft electrical equipment always gated. For the control and safety on aircraft electrical system own Generator Control Unit (GCU) and Bus Protection Panel (BPP) with different functions. Electrical installation on aircraft designed for air still have power even though in a state of emergency, in order to keep operating safely and comfortably.

**Keywords:** Boeing 737, Protection, Generator Control Unit (GCU) and Bus Protection Panel (BPP)

**Abstrak :** Pesawat Boeing 737 memerlukan tegangan listrik sebesar 115 volt AC, 28 volt AC, dan 28 volt DC untuk dapat beroperasi. Tegangan tersebut didapat dari berbagai macam sumber energi listrik. Sumber energi listrik yang utama adalah dua buah generator yang menghasilkan tegangan 115 volt AC, 400 Hz. Sistem proteksi kelistrikan pada pesawat adalah sistem pengamanan yang dilakukan terhadap peralatan-peralatan listrik yang terpasang pada sistem tenaga listrik dalam pesawat. Tujuan dari sistem proteksi adalah mencegah terjadinya kerusakan pada peralatan listrik akibat adanya gangguan-gangguan seperti over current, under voltage, high voltage, over frequency, under frequency, dan differential current. Selain itu juga untuk mengurangi angka kecelakaan pesawat karena peralatan-peralatan listriknya selalu terjaga keamanannya. Untuk pengendalian dan pengamanan pada sistem kelistrikannya pesawat sudah memiliki Generator Control Unit (GCU) dan Bus Protection Panel (BPP) dengan fungsinya yang berbeda-beda. Instalasi pada kelistrikan pesawat dirancang untuk pesawat tetap mendapatkan pasokan listrik meskipun dalam keadaan sangat darurat, agar dapat tetap beroperasi dengan aman dan nyaman.

**Kata Kunci :** Pesawat Boeing 737, Proteksi, Generator Control Unit (GCU) dan Bus Protection Panel (BPP)

## 1. PENDAHULUAN

Pesawat terbang merupakan alat transportasi udara yang sangat membantu mobilitas. karena fungsinya yang dapat mengantarkan konsumen ke tempat dengan jarak tempuh yang jauh dalam waktu yang relatif cepat. Pesawat juga memiliki tingkat keamanan yang paling baik, bila dibandingkan dengan transportasi lain. Yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian pesawat agar selalu aman salah satunya adalah sistem kelistrikan di dalamnya. Karena seluruh komponen yang digunakan saat penerbangan memerlukan arus listrik yang stabil.

Sistem kelistrikan pada pesawat terbang pada dasarnya sama seperti sistem kelistrikan PLN, yang terdiri dari dari sumber listrik, sistem distribusi, beban, dan sistem proteksi. Saat beroperasi pesawat terbang memerlukan tegangan listrik sebesar 115 volt dengan frekuensi 400 Hz yang selanjutnya akan didistribusikan ke beban-beban yang memerlukan tegangan listrik. Meskipun tegangan yang dibutuhkan cukup kecil, demi menjaga keamanan saat pesawat sedang terbang pesawat memerlukan lebih dari satu jenis sumber listrik.

Tujuan dan manfaat dari penelitian ini adalah

untuk mengetahui, memahami, dan menguasai tentang sistem proteksi pada kelistrikan pesawat boeing 737- Classic.

## 2. LANDASAN TEORI

Sistem proteksi merupakan sistem paling penting di setiap pesawat. Hal ini dikarenakan seluruh instrument penting di dalam pesawat yang merupakan alat pengendali dan indikasi semua harus aman dari gangguan. Beberapa penelitian yang berhubungan dengan sistem kelistrikan pesawat dan proteksinya yang telah dilakukan salah satunya adalah Andika Agung Ramadhan, 2008, melakukan studi tentang sistem tenaga listrik pada pesawat penumpang komersial khususnya boeing 737-300. Studi ini membahas tentang sumber daya dan instalasi pesawat terbang yang dijelaskan mulai dari sumber listrik utama cadangan, dan sumber *external*. Penulis juga membahas tentang sistem proteksi pada pesawat untuk melindungi dari *overvoltage*, *undervoltage*, *overcurrent*, *overfrequency*, dan *underfrequency* juga fungsi-fungsi sistem pengendalinya. Selain itu juga dibahas tentang pendistribusian sistem serta penggunaan-penggunaan tenaga listrik pada pesawat boeing 737-300.

## 2.1. Sistem Kelistrikan Pesawat Boeing 737-Classic

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, 115 volt 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 28 volt AC dan 28 volt DC yang didapat dari hasil pendistribusian ataupun langsung dari pembangkit tegangannya.

## 2.2 Sumber Tegangan Listrik AC

Tegangan listrik AC yang dibutuhkan oleh pesawat adalah tegangan 115 volt AC, 400 Hz, 3 phase dan 28 volt AC. Pembangkit tegangan AC yang utama pada sistem kelistrikan dalam pesawat adalah tiga buah generator. Yang mana dua buah generator digerakkan oleh mesin dan digunakan hanya pada saat penerbangan. Dan satu generator digerakkan oleh *auxiliary power unit* (APU) yang dapat digunakan dalam dua kondisi yaitu saat pesawat berada di darat dan saat penerbangan.

Generator yang digunakan pada pesawat adalah generator AC atau yang biasa disebut generator sinkron, 3 phase. Generator sinkron menghasilkan tegangan bolak-balik atau tegangan AC. Generator tiga *phase* berarti generator memiliki jumlah kumparan stator ada tiga kelompok atau tiga *phase*.

## 2.3 Sumber Tegangan Listrik DC

Pesawat menggunakan *battery* untuk menghasilkan tegangan listrik 28 volt DC. *Battery* digunakan untuk sistem kritis pada saat pesawat tidak mendapatkan tegangan DC dari *transformator rectifier* secara normal. Ini juga digunakan sebagai cadangan untuk sistem AC dan proteksi dan untuk menyalakan APU. *Batter* ini memiliki ketahanan sebesar 36 AH dan dengan jenisnya yang dapat diisi ulang (*rechargeable*), maka sudah dilengkapi oleh *battery charger*.

## 2.4 External Power

Sistem *external power* adalah sumber energi listrik yang memberikan tegangan listrik kepada seluruh sistem hanya saat pesawat berada di darat. *External power* didapatkan dari *ground power unit* (GPU) melalui *external power receptacle*. Sistem ini akan memberikan tegangan listrik AC juga DC dalam waktu bersamaan. Pembagian tegangan ini diatur oleh *bus protection panel* (BPP). *External Power* dapat memasok listrik ke seluruh sistem dengan kapasitas 96 KVA.

## 3. METODE PENELITIAN

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan di PT. Sriwijaya Air. Sriwijaya Air adalah sebuah maskapai penerbangan di Indonesia. Sriwijaya Air didirikan oleh keluarga Lie (Hendry Lie dan Chandra Lie) dengan Johannes Bundjamin dan Andy Halim. Saat ini Sriwijaya Air adalah Maskapai Penerbangan terbesar ketiga di Indonesia, dan sejak tahun 2007 hingga saat ini tercatat sebagai salah satu Maskapai Penerbangan Nasional yang memiliki standar keamanan kategori 1 di Indonesia.

Boeing 737 Classic adalah sebuah nama yang diberikan kepada seri-300/400/500 dari Boeing 737 mengikuti perkenalan dari seri -600/-700/-800/-900. Pesawat ini adalah penumpang sipil (airliner) berjangkauan pendek hingga medium dan berbadan sempit yang diproduksi oleh Boeing Commercial Airplanes.

Tabel 2.1. Spesifikasi Pesawat 737-Classic

Measurement	737-300	737-400	737-500
Kru kokpit	Dua		
Kapasitas kursi <sup>161</sup>	149 (1 kelas, dense) 140 (1 kelas, typical) 128 (2 kelas, typical)	168 (1 kelas, dense) 159 (1 kelas, typical) 146 (2 kelas, typical)	132 (1 kelas, dense) 122 (1 kelas, typical) 108 (2 kelas, typical)
Seat pitch	30 in (76 cm) (1 kelas, dense) 32 in (81 cm) (1 kelas, typical) 36 in (91 cm) & 32 in (81 cm) (2 kelas, typical)		
Seat width	17.2" (1-class, 6 abreast seating)		
Panjang	33.4 m (109 ft 7 in)	36.5 m (119 ft 6 in)	31.1 m (101 ft 8 in)
Lebar sayap	28.88 m (94 ft 8 in)	28.9 m (94 ft 9 in)	
Tinggi	11.13 m (36 ft 6 in)	11.1 m (36 ft 5 in)	
Wing sweepback	25°		
Aspect ratio	9.11	9.16	
Fuselage width	3.76 m (12 ft 4 in)		
Fuselage height	4.11 m (13' 6")		
Lebar kabin	3.54 m (11 ft 7 in)		
Tinggi kabin	2.20 m (7 ft 3 in)		
Operating empty weight, typical	32,700 kg (72,100 lb)	33,200 kg (73,040 lb)	31,300 kg (68,860 lb)
<a href="#">Maximum Takeoff Weight</a>	62,820 kg (138,500 lb)	68,050 kg (149,710 lb)	60,550 kg (133,210 lb)
Maximum landing weight	51,700 kg (114,000 lb)	56,200 kg (124,000 lb)	50,000 kg (110,000 lb)
Maximum zero-fuel weight	48,410 kg (106,500 lb)	53,100 kg (117,000 lb)	46,700 kg (103,000 lb)
Kapasitas kargo	23.3 m <sup>3</sup> (822 ft <sup>3</sup> )	38.9 m <sup>3</sup> (1,373 ft <sup>3</sup> )	23.3 m <sup>3</sup> (822 ft <sup>3</sup> )
Takeoff field length (MITOW, SL, ISA)	2,300 m (7,546 ft)	2,540 m (8,483 ft)	2,470 m (8,249 ft)
Service ceiling	37,000 ft		
Kecepatan jelajah ( <a href="#">Mach</a> )	0.74	0.74	
Kecepatan maksimal (Mach)	0.82		

Range fully loaded	4,204 km (2,270 NM)	4,204 km (2,270 NM)	4,444 km (2,402 NM)
Kapasitas maksimal bensin	23,170 L 6,130 USG	23,800 L 6,296 USG	23,800 L 6,296 USG
Pabrik pembuat mesin	CFM International		
Tipe mesin (x2)	CFM56-3B-1	CFM56-3B-2	CFM56-3B-1
Takeoff thrust	90 kN (20,000 lbf)	98 kN (22,000 lbf)	90 kN (20,000 lbf)
Cruising thrust	21,810 N (4,902 lbf)	21,900 N (4,930 lbf)	21,810 N (4,902 lbf)
Fan tip diameter	1.52 m (60 in)		
Engine bypass ratio	5.0:1	4.9:1	5.0:1
Panjang mesin	2.36 m (93 in)		
Berat mesin (kering)	1,950 kg (4,301 lb)		
Engine ground clearance	46 cm (18 in)		

### 3.1 Jenis-Jenis Gangguan Pada Pesawat

Gangguan-gangguan yang terjadi dapat dilihat dari lampu indikator pada modul *Annuciator Panel M238*.

#### 3.1.1 Overvoltage dan Undervoltage

Pendeteksi *over voltage* (HV) dan *under voltage* (LV) mendeteksi ketiga *phase* pada terminal generator *breaker*. Pada saat kondisi yang lebih besar dari  $130 \pm 3$  volt, pendeteksi *over voltage* akan memutus GCR. Dalam waktu yang bersamaan, lampu indikasi HV K101 pada GCU berenergi dan lampu HV menyala pada *Annuciator Panel M238*.

Pada kondisi tegangan kurang dari  $100 \pm 3$  volt, pendeteksi *under voltage* akan memutus GCR dengan waktu *delay*  $7 \pm 2$  detik dan menghambat *power ready circuit* terlibat dalam menutup GB.

*Fire handles* menggunakan waktu delay yang sama sebagai pendeteksi LV. Tujuan dari waktu delay  $7 \pm 2$  detik pada kasus *fire handle* adalah mengizinkan waktu untuk *AC motor driven bleed air valve* menutup sebelum melepaskan tegangan AC dengan memutus GCR. Pada waktu yang bersamaan, indikator relay LV pada GCU berenergi dan lampu LV menyala pada *annuciator panel M238*.

#### 3.1.2 Over Frequency dan Under Frequency

Pendeteksi *over frequency* dan *under frequency* mendeteksi frequency *phase A* pada terminal *generator breaker*. Pada frekuensi lebih besar dari  $430 \pm 5$  Hz, pendeteksi *over frequency* (OF) akan memutus GB. Pada saat frekuensi kurang dari  $365 \pm 5$  Hz, pendeteksi *under frequency* (UF) akan memutus GB, menghambat keterlibatan *power ready circuit* menutup GB, dan mencegah sinyal *under voltage* memutuskan GCR.

Jika beban yang sangat berat ditempatkan pada generator, ini memungkinkan untuk terjadi 3 gangguan seperti *over current* (OC), *under frequency* (UF), dan *under voltage* (LV). Jika terjadi *over current*, ini karena tegangannya *drop* dan memungkinkan memperlambat putaran generator. Pada kasus ini, pendeteksi *over current* mengirim

sinyal *OC lockout* untuk menghambat UF memutus GB atau LV memutus GCR.

#### 3.1.3 Overcurrent dan Differential Current

Pendeteksi *overcurrent* dan *differential current protection* mendeteksi keluaran dari *current transformer*. Pendeteksi *over current* menggunakan 3 belitan dari *line current transformer* di antara generator dan *generator breaker*. Jika nilainya lebih besar dari 170 Ampere dirasakan pada satu *phase* melalui *line current assembly*, sirkuit *under voltage* (LV) dan *under frequency* (UF) akan memutus GCR.

Pendeteksi *differential protection* menggunakan tiga belitan pada *neutral current transformer assembly*, dan berhubungan dengan tiga belitan dari *load current transformer assembly* dalam panel P6. Dua *differential protection relay* (DPR) pada GCU digunakan untuk menghubungkan masing-masing transformator ke pendeteksi.

Jika ada perbedaan 20 ampere pada satu *phase* dirasakan antara *neutral* dan *load CT*, pendeteksi *differential* akan memutus GCR. Pada waktu yang bersamaan, *relay feeder fault* (FF) pada GCU berenergi dan lampu FF menyala pada *Annuciator Panel M238*.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Sistem Proteksi Kelistrikan Pesawat

Sistem proteksi kelistrikan pada pesawat adalah sistem pengamanan yang dilakukan terhadap peralatan-peralatan listrik yang terpasang pada sistem tenaga listrik dalam pesawat. Tujuan dari sistem proteksi adalah :

1. Mencegah terjadinya kerusakan pada peralatan listrik akibat adanya gangguan-gangguan seperti *over current*, *under voltage*, *high voltage*, *over frequency*, *under frequency*, dan *differential current*.
2. Mengurangi angka kecelakaan pesawat karena peralatan-peralatan listriknya selalu terjaga keamanannya.

### 4.2. Komponen-Komponen Proteksi

#### 4.2.1. Current Transformator

*Current transformator* (CT) adalah alat untuk mengendalikan dan mengamankan sistem dan generator dari gangguan-gangguan seperti *over current*, *power limit*, *generator excitation boost*, *load differential protection*, *neutral differential protection* dan pengukuran yang didapatkan dari sistem pembangkit dan sistem distribusi. CT terdiri dari 12 koil yang mana 9 diantaranya memberikan masukan ke *generator control unit* (GCU) dan 3 lainnya terhubung dengan *ammeter*. *Current transformator* terbagi menjadi tiga bagian dengan fungsinya yang berbeda-beda, diantaranya :

1. *Line Current Transformator Assemblies*  
*Line Current Transformator* adalah suatu unit yang berguna untuk proteksi arus lebih, pengukuran arus, membangkitkan arus, dan membatasi arus pada sistem pembangkit listrik untuk pesawat. Tiga *line current transformator assemblies* yang terdiri dari 1 line untuk per generator terletak di dinding kanan depan dari ruang peralatan elektrikal.

Setiap pemasangan terkandung 12 kumparan. 9 dari kumparan tersebut memberikan masukan ke GCU dan 3 kumparan lainnya terhubung ke ammeters.

2. **Load Current Transformator (Load CT)**  
Load CT ini berguna untuk mendeteksi arus yang mengalir ke sistem operasi juga sebagai pengaman terhadap beban *differential*. *Differential protection load side* terdiri dari dua set CT yang identik dengan *neutral side*. Satu set berfungsi sebagai *differential protection* untuk generator mesin dan yang lainnya untuk generator APU. Kedua set terdiri dari 6 koil pemisah arus. Saklar keluaran dari koil sudah berada didalam GCU oleh *differential protection relays*.
3. **Neutral Current Transformator**  
*Neutral current transformator* pada generator berguna untuk mendeteksi total arus yang mengalir dan melindungi generator dari *differential current*. Penyusunan alat yang terletak pada *feeder ground* ini sama untuk ketiga buah generator.

#### 4.2.2 Generator Control Unit

*Generator control unit (GCU)* adalah suatu unit yang digunakan sebagai pengendali eksitasi dan pengamanan terhadap gangguan-gangguan pada generator. GCU akan mengirimkan sinyal ke *breaker-breaker* untuk menutup atau memutuskan tegangan listrik.

Fungsi kendali otomatis dioperasikan oleh GCU untuk setiap sistem generator dan memberikan sinyal untuk membuka medan magnet generator dengan memutuskan *generator control relay (GCR)* dan *generator breaker (GB)*. GCU melindungi generator dari :

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. <i>Overvoltage</i>                     | (HV $130 \pm 3$ volt)   |
| 2. <i>Under voltage</i>                   | (LV $100 \pm 3$ volt)   |
| 3. <i>Over frequency</i>                  | (OF $430 \pm 5$ Hertz)  |
| 4. <i>Under frequency</i>                 | (UF $365 \pm 5$ Hertz), |
| 5. <i>Over current</i>                    | (OC 170 – 175           |
| 6. <i>Differential Current Protection</i> | (DP 10 – 20 Ampere).    |

Setiap pesawat memiliki tiga buah generator control unit (GCU) yang terletak pada panel P6.

*Generator control unit (GCU)* terdiri dari :

1. **Voltage Regulator (VR)**  
Fungsi dari VR adalah mengatur rata-rata tegangan tiga fasa pada ujung *feeder* generator dan batas *amplitude* dari tegangan fasa saat beban tidak seimbang atau kondisi yang salah. Selain itu VR juga digunakan untuk mengendalikan tegangan DC yang diberikan kepada generator exciter.
2. **Transformator Rectifier Unit (TRU)**  
TRU adalah salah satu unit *power supply* yang berguna untuk merubah tegangan AC, 3 *phase* dari generator menjadi tegangan 28 volt DC, juga sebagai pengendali dan pengaman sirkuit untuk sistem tegangan AC.

#### 3. Generator Control Relay (GCR)

GCR akan menghubungkan keluaran dari sumber tegangan listrik ke eksitasi dari generator. Cara menutup GCR hanya dengan menempatkan switch generator ke ON. GCR akan membuka (terputus) dapat dengan cara :

- a. Manual
  - 1) Saklar generator di OFF – kan.
  - 2) *Fire handle* ditarik dengan waktu *delay*  $7 \pm 2$  detik.
  - 3) Saklar pemutus CSD diaktifkan.
- b. Otomatis
  - 1) *Overvoltage*  $130 \pm 3$  volt.
  - 2) *Undervoltage*  $100 \pm 3$  volt dengan menunggu waktu  $7 \pm$  detik.
  - 3) *Overcurrent* 170 – 175 ampere dengan menunggu waktu beberapa detik.
  - 4) *Differential current protection*, 10 – 20 A dengan waktu tunda 25 ms.

#### 4. Generator Circuit Breaker

*Generator circuit breaker* adalah unit yang digunakan untuk memutus generator pada saat terjadi gangguan seperti *over voltage*, *under voltage*, *over current*, atau *differential current*.

#### 4.2.3 Bus Protection Panel

*Bus protection panel (BPP)* adalah satu alat yang berfungsi sebagai pengendali dan pengaman terhadap tegangan AC dan DC yang diberikan melalui *external power*. Di dalam BPP terdapat TR *external power* yang merubah tegangan 115 volt AC yang didapat dari *ground power unit (GPU)* menjadi 28 volt DC.

BPP melindungi terhadap gangguan seperti *over voltage* ( $130 \pm 3$  volts), *under voltage* ( $100 \pm 3$  volts), dan *negative sequence voltage*. Jika terjadi gangguan maka BPP akan memutus *external power contactor*. *Anti-cycling* yang terdapat pada BPP digunakan untuk mencegah tegangan listrik mengalir pada saat terjadi gangguan dan juga untuk menjaga *manual control device* tetap ON.

#### 4.3 Proteksi Terhadap Sambaran Petir Pada Pesawat Boeing 737

Benda yang terbang di udara akan menimbulkan muatan listrik statis yang terjadi karena gesekan antara benda tersebut dengan udara atau awan. Sama halnya dengan terjadinya petir, yaitu ketika ion bebas yang berada di permukaan awan dan bergerak mengikuti angin yang berhembus, bila awan-awan terkumpul maka awan akan memiliki beda potensial dan mengakibatkan terjadinya petir. Ketika pesawat terbang sedang mengudara, badan pesawat akan memiliki muatan listrik statis ketika bergesekan dengan udara.

*Static discharge* berfungsi untuk membuang listrik statis yang terjadi sejauh mungkin dari badan pesawat. Selain itu juga untuk mengontrol pelepasan tegangan listrik ke atmosfer agar tidak menimbulkan suara dan memperkecil gangguan pada sistem radio komunikasi pada pesawat saat sedang adanya listrik statis yang mengalir di pesawat.

Saat terjadi sambaran petir, muatan listrik yang berlebih akibat petir akan diteruskan melalui kulit pesawat ke *static discharge* dan segera dibuang kembali ke atmosfer sehingga pesawat tetap dapat beroperasi dengan aman dan nyaman.

## 5. KESIMPULAN

1. Tegangan listrik yang diperlukan pesawat adalah 115 volt AC, 3 phase, 400
2. Hz yang bisa didapatkan dari generator mesin sebagai sumber tegangan utama, dan generator APU sebagai sumber cadangan saat pesawat dalam penerbangan. Untuk tegangan 28 volt DC bisa didapatkan dari TRU dalam kondisi normal dan *battery* dalam kondisi darurat. *External power* adalah sumber tegangan listrik utama yang dipakai saat pesawat berada di darat.
3. Alat-alat proteksi dan pengendali pada sistem kelistrikan dalam pesawat ada *generator control unit (GCU)*, *bus protection panel (BPP)*, dan *current* transformator. Untuk melindungi gangguan-gangguan listrik karena petir digunakan alat proteksi *static discharge*.

## 6. REFERENSI

1. Agung Ramadhan, Andhika.(2008). Studi Sistem Tenaga Listrik Pada Pesawat Penumpang Komersial Khususnya Boeing 737 – 300. Skripsi., Jakarta : STT – PLN
2. Aircraft Maintenance Manual Boeing 737 – 300/400/500.(2015). ATA Chapter 24 – Electrical Power., Norwegian : Boeing
3. Aircraft Maintenance Manual Boeing 737 – 300/400/500.(2015). ATA Chapter 30 – Ice and Rain Protection., Norwegian : Boeing
4. Aircraft Maintenance Manual Boeing 737 – 300/400/500.(2015). ATA Chapter 33 – Lights., Norwegian : Boeing
5. Aircraft Maintenance Manual Boeing 737 – 300/400/500.(2015). ATA Chapter 72 – Engine., Norwegian : Boeing
6. Aircraft Maintenance Manual Boeing 737 – 300/400/500.(2015). ATA Chapter 49 – Auxiliary Power Unit., Norwegian : Boeing
7. Aircraft Maintenance Manual Boeing 737 – 300/400/500.(2015). ATA Chapter 26 – Fire Protection., Norwegian : Boeing
8. Aircraft Maintenance Manual Boeing 737 – 300/400/500.(2015). ATA Chapter 21 – Air Conditioning., Norwegian : Boeing
9. Arismunandar, Wiranto. (2002). Pengantar Turbin Gas dan Motor Propulsi. Bandung : Institut Teknologi Bandung (ITB)
10. Electrical Load Analysis 737 – 524. (1998).
11. Marsudi, Djiteng. (2011). Pembangkit Tenaga Listrik, Jakarta : Airlangga
12. Rachmat Suryadin, Mei.(2014). Sistem Pasokan Daya Pada Pesawat
13. Terbang Boeing 737 – 500. Skripsi., Jakarta : STT – PLN
14. Saleh, Putra. (2001). Sistem Pembangkit dan Distribusi Listrik Pesawat
15. Terbang. Skripsi., Surabaya : Universitas Kristen Petra
16. Training Manual Boeing 737 – 300/400/500.(2015). ATA Chapter 24 – Electrical Power., Norwegian : Boeing
17. Aircraft Maintenance Manual Boeing 737 – 300/400/500.(2015). ATA Chapter 24 – Electrical Power., Norwegian : Boeing