

RANCANGAN ALAT PERAGA PEMBELAJARAN SISTEM DISTRIBUSI KELISTRIKAN PESAWAT TERBANG DI POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA

Angga Adi Wijaya¹, Suyatmo², Ajeng Wulansari³

^{1,2,3}Politeknik Penerbangan Surabaya Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236
Email: anggaadiwijaya24@gmail.com

Abstrak

Pesawat memerlukan daya listrik untuk mengoperasikan *instrument, navigation light* dan komponen lainnya pada pesawat. Sumber daya listrik pesawat berasal dari mesin generator yang diputar oleh *engine 1, engine 2, APU, dan GPU*. Sistem kelistrikan pesawat menggunakan 115VAC/400Hz dan 28 volt DC. Metode rancang bangun alat peraga pembelajaran sistem distribusi kelistrikan pesawat berpedoman pada *Module Boeing 737 Electrical Power, 1982*. Untuk menghasilkan daya 115V AC/ 400Hz dan 28 V DC, digunakan converter yang mempunyai input power 220V AC. Tegangan 115V AC/400Hz ini digunakan untuk sumber daya listrik dari generator 1, generator 2, dan GPU dan APU. Sedangkan tegangan 28V DC digunakan untuk sumber daya listrik dari baterai. Tampilan depan alat peraga berupa gambar blok diagram distribusi kelistrikan pesawat Boeing 737-200 yang masing-masing blok diberikan indikator berupa lampu pilot. Alat peraga ini dilengkapi dengan *Manual Book* yang berisi procedure pengoperasian sumber kelistrikan dari GPU, APU, GEN 1, GEN 2 dan Baterai. Terdapat trouble switch yang digunakan untuk mensimulasikan kegagalan sumber kelistrikan yang dihasilkan dari GEN 1, GEN 2, dan APU. Seluruh simulasi dapat berjalan sesuai dengan rancangan.

Kata kunci : APU, GPU, Generator, converter, indikator, Module Boeing 737 Electrical Power

Abstract

Aircraft require electrical power to operate instruments, navigation lights and other components of the aircraft. The aircraft's power source comes from the generator engine which is rotated by engine 1, engine 2, AP), and GPU. Aircraft electrical systems use 115VAC/400Hz and 28 volts DC. The design method for trainer kit for aircraft electrical distribution systems is guided by the Boeing 737 Electrical Power Module, 1982. To produce 115V AC/ 400Hz and 28 V DC power, a converter with 220V AC input power is used. This 115V AC/400Hz connection is used for power supply from generator 1, generator 2, and GPU and APU. While the 28V DC voltage is used for power supply from the battery. The front view of the trainer kit is in the form of a block diagram of the electrical distribution of the Boeing 737-200 aircraft, each of which is given an indicator in the form of a pilot light. . This trainer kit is equipped with a Manual Book which contains the operating procedures for the power source from GPU, APU, GEN 1, GEN 2 and Batteries. There is a trouble switch that is used to simulate the failure of the power source generated from GEN 1, GEN 2, and APU. All simulations can run according to design.

Keywords: APU, GPU, Generator, converter, indicator, Boeing 737 . Electrical Power Module.

PENDAHULUAN

Berdasarkan pentingnya alat peraga pembelajaran sistem distribusi kelistrikan pesawat untuk menambah pengetahuan dan keterampilan taruna dalam memahami materi tentang *aircraft electrical power system*, diperlukan sebuah alat peraga sebagai sarana penunjang praktikum di AMTO 147D/10 Politeknik Penebangan Surabaya.

Permasalahan yang dapat di muat berdasarkan latar belakang antara lain :

1. Bagaimanakah merancang alat peraga sistem distribusi kelistrikan pesawat yang dapat memudahkan pembelajaran Taruna di Politeknik Penebangan Surabaya.?
2. Bagaimana alat peraga yang dapat mensimulasikan trouble pada sistem distribusi kelistrikan pesawat terbang.?

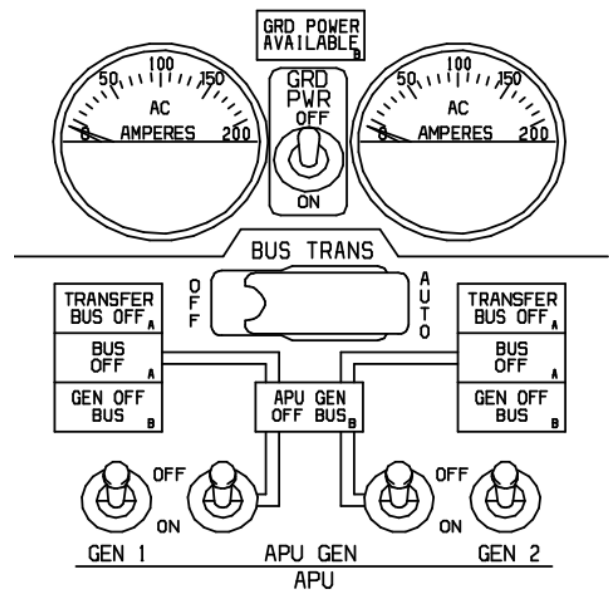
Penyusunan penulisan Penelitian ini, penulis mempunyai maksud dan tujuan antara lain sebagai berikut :

1. Mempermudah taruna dalam belajar dan memahami sistem distribusi kelistrikan pesawat terbang.
2. Menambah sarana atau alat praktik di hangar AMTO 147D-010 Politeknik Penebangan Surabaya.

Manfaat dari Penelitian ini adalah sebagai berikut :

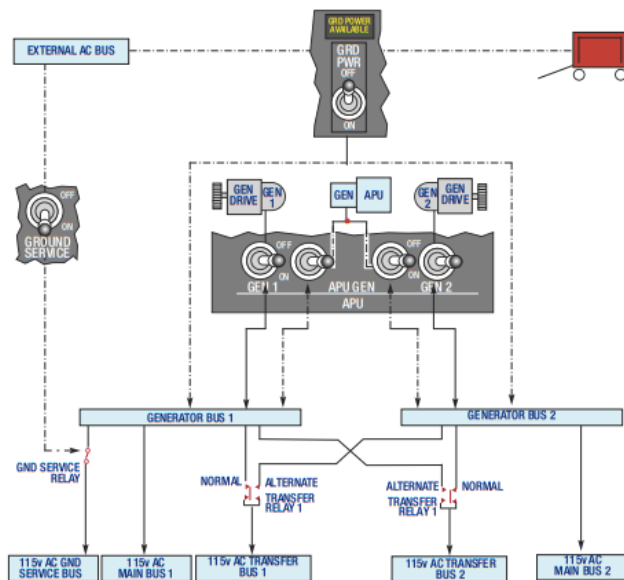
1. Mempermudah pemahaman pengetahuan dan keterampilan tentang sistem distribusi kelistrikan pesawat.
2. Mempermudah dalam memahami dan menyelesaikan *troubleshooting* tentang sistem distribusi kelistrikan pesawat.
3. Memberikan efisiensi dan efektifitas dalam belajar sistem distribusi kelistrikan pesawat

Panel *electrical* pesawat atau yang sering disebut P5 merupakan tempat pengoperasian sumber listrik utama didalam pesawat, semua yang berhubungan dengan listrik pesawat diatur dipanel ini. Letak panel P5 ini berada di *overhead* panel didekat kapten pilot. Panel P5 tedapat *switch* yang digunakan sebagai sumber tenaga listrik AC di pesawat yang dihasilkan oleh Generator, APU (*Auxiliary Power Unit*), dan GPU (*Ground Power Unit*), kemudian menuju *load* dan disebarkan di *E-compartment*. Sumber tenaga *avionic* pesawat menggunakan, sistem listrik DC beroperasi pada 28 volt DC dan sistem listrik AC beroperasi pada 115 volt AC 400 Hz.



Dalam panel P5 ini terdapat empat *switch* utama yang digunakan sebagai sumber tegangan listrik pesawat, empat *switch* ini yaitu: Generator 1, Generator 2, APU dan, GPU. Dan juga dilengkapi dengan *dua switch Transfer Bus* yang dapat di operasikan *auto* dan *manual*.

Sumber tegangan utama pada pesawat ketika pesawat dioperasikan untuk terbang yaitu berasal dari Generator 1 yang di putar oleh Engine 1 dan Generator 2 yang di putar oleh Engine 2 untuk menghasilkan listrik. Ketika Generator mengalami kerusakan atau *fail* maka Generator yang menghasilkan tegangan listrik akan mengisi menuju sistem yang diisi oleh Generator yang mengalami kerusakan sehingga sistem yang tidak mendapatkan tegangan listrik dari Generator yang mengalami kerusakan dapat hidup dengan tegangan listrik dari Generator yang menghasilkan tegangan listrik.



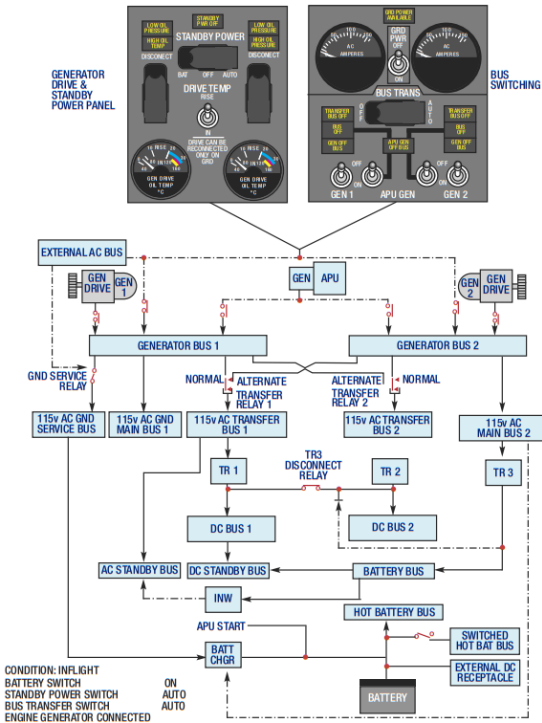
Dalam keadaan *emergency* atau terdapat salah satu generator utama mengalami kerusakan atau *fail*, maka terdapat dua cara agar *system transfer bus* dapat tetap beroperasi, yaitu dengan mengaktifkan *system auto* dan *system manual*.

- a) *System auto* yaitu apa bila terdapat salah satu generator yang mengalami *fail* maka pilot tidak perlu mengoperasikan *switch*, tetapi relay akan berkerja secara otomatis untuk mengalirkan tegangan listrik menuju

salah satu *system* yang diisi oleh tegangan listrik dari generator yang mengalami kerusakan atau *fail*.

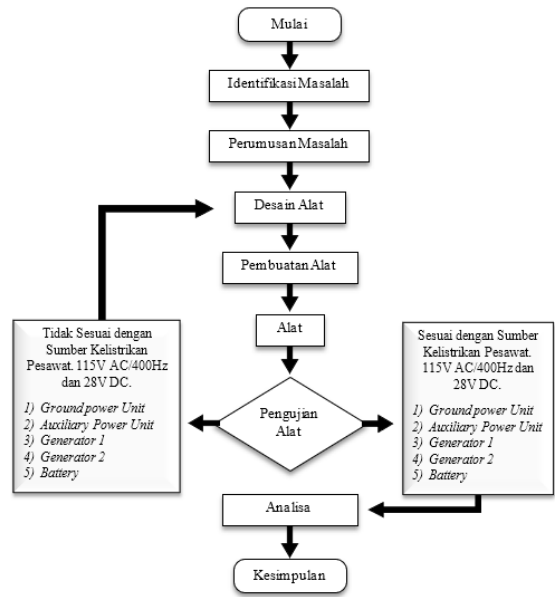
- b) *System manual* yaitu apa bila terdapat salah satu generator yang mengalami *fail* maka pilot perlu mengoperasikan *switch* secara manual untuk mengalirkan tegangan listrik menuju salah satu generator yang mengalami kerusakan atau *fail*.

Saat keadaan pesawat di udara atau *flight* dan *fail indicator* menyala maka pilot akan mengoperasikan *switch* APU (*Auxiliary Power Unit*) untuk mengisi kelistrikan pada generator yang rusak atau *fail*. APU juga dapat digunakan ketika pesawat berada di *ground* dan di bandara yang tidak terdapat GPU untuk memenuhi kebutuhan tegangan listrik atau untuk *strat engine* pesawat. Dalam keadaan pesawat di *ground* pilot dapat mengoperasikan GPU, untuk memenuhi kebutuhan tegangan listrik atau untuk *strat engine* pesawat.

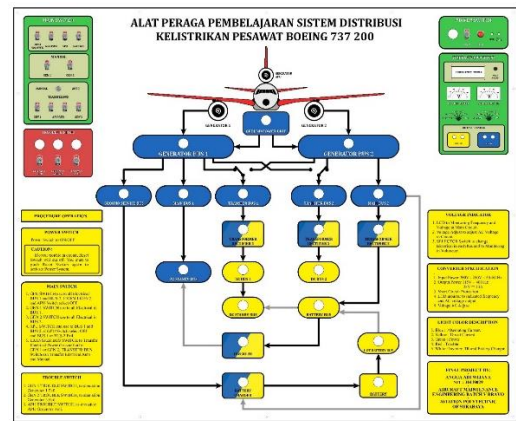


METODE






Perencanaan merupakan proses yang akan dilakukan terhadap alat peraga, berawal dari rancangan kerja rangkaian hingga hasil jadi yang akan difungsikan. Perencanaan dan pembuatan alat merupakan bagian terpenting. Pada prinsipnya perancangan dan sistematika yang baik akan memberikan kemudahan dalam proses pembuatan alat.



Alat yang akan dibuat mempunyai *input* 220V AC. *Output* yang dihasilkan adalah 115V AC / 400Hz dan 28V DC. Alat peraga ini juga dilengkapi dengan spesifikasi dan *procedure* penggunaan alat yang terdapat di sisi bagian kanan dan kiri alat peraga pembelajaran.

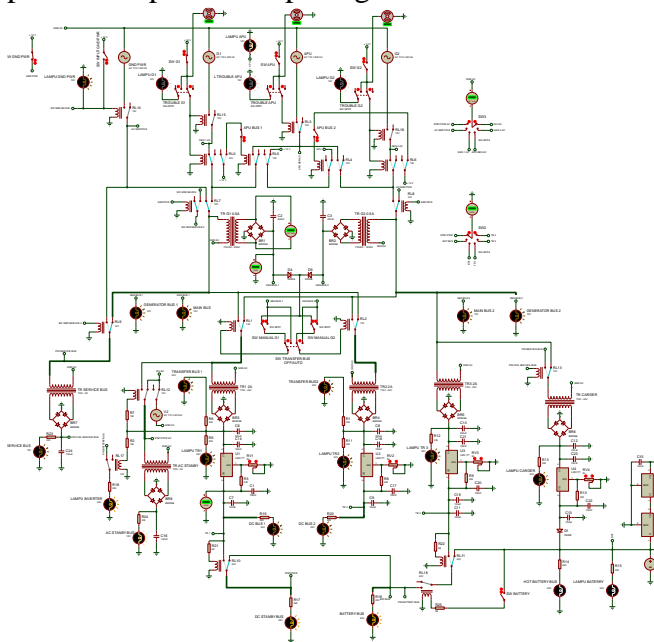


Perbandingan komponen asli pada pesawat dan komponen yang digunakan pada alat peraga tercantum pada Tabel 1. pada table ini juga menjelaskan tentang spesifikasi yang dihasilkan pada komponen alar peraga.

No	Komponen Asli	Komponen Peraga	Input	Output	Simulasi Alat
1	Ground Power Unit (GPU)	Power Supply Converter <i>Transformer</i>	220V AC	115V AC/400Hz 28V DC	 Pilot lamp
2	Generator 1	Power Supply Converter <i>Transformer</i>	220V AC	115V AC/400Hz	 Kipas (Fan)
3	Generator 2	Power Supply Converter <i>Transformer</i>	220V AC	115V AC/400Hz	 Kipas (Fan)
4	Auxiliary Power Unit (APU)	Power Supply Converter <i>Transformer</i>	220V AC	115V AC/400Hz	 Kipas (Fan)
5	Battery	Power Supply	220V AC	28V DC	 Pilot lamp

Tabel 1. Perbandingan komponen asli pada pesawat dan komponen peraga

Wiring diagram pada alat peraga pembelajaran sistem distribusi kelistrikan pesawat dapat dilihat pada gambar berikut :



Alat peraga pembelajaran sistem distribusi kelistrikan pesawat yang akan dibuat nantinya mensimulasikan prinsip kerja dari panel *electrical* pesawat. dengan mengoperasikan 4 *switch* utama yaitu *generator 1*, *generator 2*, *APU* dan, *GPU*.

Alat peraga ini dilengkapi dengan *system auto* dan *manual* yang digunakan untuk mensimulasikan apabila terdapat *generator* yang mengalami kerusakan atau *fail*. Alat peraga ini juga dilengkapi dengan *switch* untuk baterai 28 volt dan dilengkapi juga dengan *selector switch* yang di hubungkan ke voltmeter untuk memperlihatkan voltase pada setiap *wiring*.

Alat peraga pembelajaran sistem distribusi kelistrikan pesawat ini, menggunakan *input power 220V AC, 50-60 Hz*, yang kemudian dirubah menjadi *115V AC, 400Hz* dengan menggunakan *converter dan transformer*. Untuk sumber arus DC 28V, digunakan *power supply* yang langsung merubah tegangan listrik 220V AC menjadi 28V DC. Alat peraga pembelajaran sistem distribusi kelistrikan pesawat ini juga dilengkapi dengan simulasi *troubleshoot* di setiap rangkaian. Mulai dari simulasi *generator 1 fail*, *generator 2 fail*, dan sistem auto manual saat engine *fail* serta dilengkapi dengan simulasi kelistrikan dari baterai apabila semua sumber utama dari *generator 1, generator 2, APU*, terjadi *fails*.

Teknik uji performa alat dilakukan dengan melakukan pengukuran tegangan *output* di setiap titik pada rangkaian serta melakukan pengamatan pada lampu indikator saat kondisi normal dan kondisi *Troubleshooting*.

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan voltmeter untuk mengetahui *voltage* di setiap titik pada rangkaian serta menggunakan frekuensi meter untuk mengetahui frekuensi pada tegangan 115V AC.

Pengamatan Lampu Indicator Pada Kondisi Kelistrikan Normal untuk mengetahui

lampu indikator yang menyala dan lampu indikator yang padam saat dilakukan simulasi pada GPU,APU,GEN 1,GEN 2 dan Battery.

Alat peraga ini dilengkapi dengan sistem proteksi *Short Circuit*. Dengan adanya proteksi *Short Circuit* , dapat membuat alat peraga menjadi lebih aman jika terjadi konslet pada rangkaian. Selanjutnya, pengamatan *troubleshooting* dilakukan dengan mengaktifkan *trouble switch* pada alat peraga. *Trouble switch* ini terdiri dari 3 simulasi, yaitu *Gen 1 fail*, *Gen 2 fail*, dan *APU fail*. Masing masing simulasi *trouble* akan ditampilkan dalam lampu indikator yang ada pada alat peraga. Lampu ini akan menampilkan kelistrikan yang *ON* atau yang *OFF* saat disimulasikan *trouble*.

Waktu yang dibutuhkan untuk merancang alat peraga pembelajaran sistem distribusi kelistrikan pesawat adalah 3 bulan. Dikerjakan mulai dari awal bulan April 2022 sampai dengan awal bulan Juli 2022. Penulis merancang alat peraga pembelajaran sistem distribusi kelistrikan pesawat Boeing 737 200 di hanggar AMTO 147 0/1000.

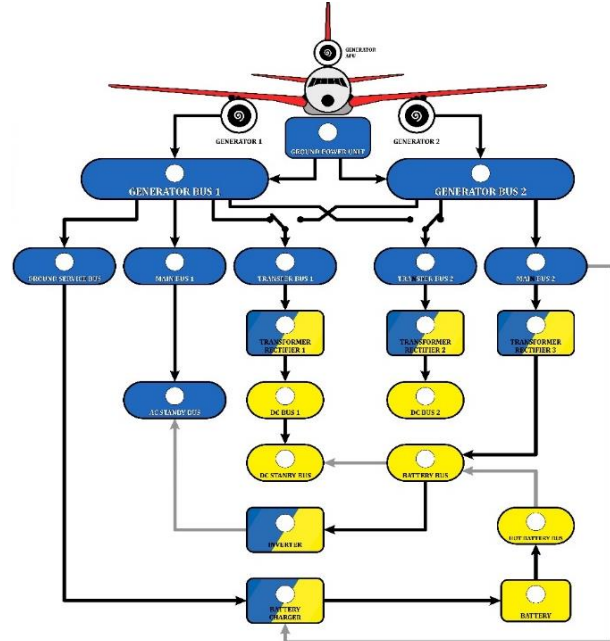
HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat peraga pembelajaran sistem distribusi kelistrikan pesawat mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- *Input Power* : 220V – 250V ~ 50-60 Hz
- *Output Power* : 115V AC. 400 Hz
: 28V DC. 10A
- *Pilot Lamp*
- *Voltage AC Adjust*
- *Circuit Protection*
- LCD monitor
- *Voltmeter AC*
- *Voltmeter DC*

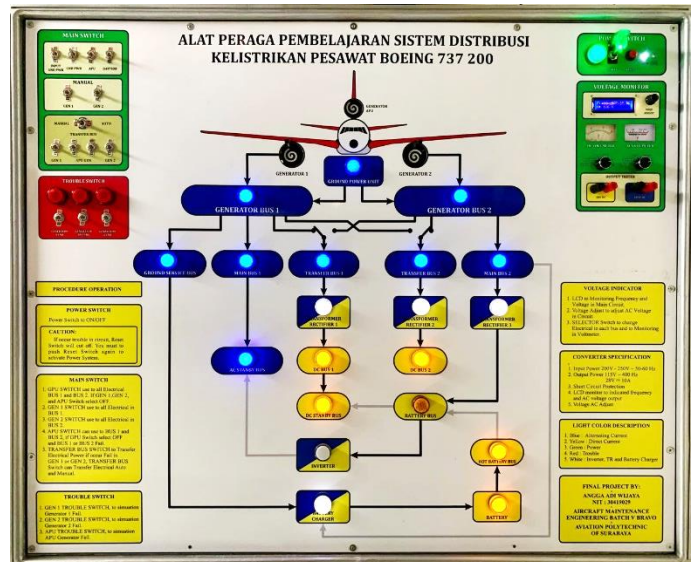
Untuk memperjelas proses kerja sistem distribusi kelistrikan pesawat, pada Gambar 1

Block Diagram terdiri dari 4 sumber utama, yaitu dari *Engine 1*, *Engine 2*, APU, dan GPU. Serta 1 sumber dari baterai yang hanya digunakan saat *emergency*.



Gambar 1. Block Diagram

Bentuk fisik alat peraga pembelajaran sistem distribusi kelistrikan pesawat Boeing 737-200 dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Bentuk fisik alat peraga

Hasil Pengukuran telah dilakukan dengan menggunakan voltmeter dan frekuensi meter.

Hasil dari pengukuran tercantum pada Tabel 2 dan pada Gambar 3. Tabel 3 digunakan untuk hasil pengukuran Tegangan AC dengan toleransi 5% dan Tabel 4 digunakan untuk hasil Pengukuran Tegangan DC dengan batas toleransi 22V.

Tabel 2. Hasil Pengukuran

No	Titik Pengukuran Output power	Standar Rancangan		Hasil Pengukuran		Keterangan
		Voltage	Frequency	Voltage	Frequency	
1	Output power AC	115V AC	400 Hz	115V AC	400 Hz	Sesuai
2	Output power DC	28V DC		27.99V DC		Sesuai

Gambar 3. Hasil Pengukuran



Tabel 3. hasil pengukuran Tegangan AC

No	Titik Pengukuran Tegangan AC	Standar Rancangan		Hasil Pengukuran		Keterangan
		Voltage	Frequency	Voltage	Frequency	
1	Ground Power Unit	115V AC	400 Hz	111,3V AC	400 Hz	Sesuai
2	Generator 1	115V AC	400 Hz	111,4V AC	400 Hz	Sesuai
3	Generator 2	115V AC	400 Hz	111,5V AC	400 Hz	Sesuai
4	Auxiliary Power Unit	115V AC	400 Hz	111,5V AC	400 Hz	Sesuai
5	Inverter	115V AC	400 Hz	115,5V AC	400 Hz	Sesuai
6	AC Standby Power	115V AC	400 Hz	111,6V AC	400 Hz	Sesuai

Tabel 4. hasil pengukuran Tegangan AC

No	Titik Pengukuran Tegangan DC	Standar Rancangan	Hasil Pengukuran		Keterangan
			Voltage	Frequency	
1	Battery	28V DC	28,4V DC		Sesuai
2	Battery Bus	28V DC	28,4V DC		Sesuai
3	TRU 1	28V DC	23,2V DC		Sesuai
4	TRU 2	28V DC	23,4V DC		Sesuai
5	TRU 3	28V DC	23,4V DC		Sesuai
6	DC Standby Power	28V DC	24,1V DC		Sesuai

Kelebihan dari alat peraga pembelajaran sistem distribusi kelistrikan pesawat sebagai berikut :

- 1) Tegangan listrik pada alat peraga pembelajaran sistem distribusi kelistrikan pesawat yaitu 115V AC 400Hz dan 28V DC.
- 2) Terdapat *variable resistor* yang dapat mengatur *output* tegangan AC dari inverter.
- 3) Terdapat LCD yang menampilkan frekuensi dan *voltage* pada rangkaian kelistrikan.

- 4) Terdapat voltmeter DC dan Voltmeter AC yang menunjukkan tegangan listrik pada titik tertentu sesuai dengan voltage indicator AC dan DC yang ada pada *cockpit* pesawat boeing 737 200 series.
- 5) Terdapat *output tester* pada tegangan AC dan DC yang dapat digunakan untuk mengecek tegangan dengan menggunakan voltmeter.
- 6) Terdapat *transfer bus switch* yang dapat dioperasikan *auto* dan *manual*.
- 7) Terdapat 3 switch yang dapat mensimulasikan *troubleshoot* pada generator 1, generator 2, dan APU.
- 8) Dilengkapi dengan *Manual Book*.

Kekurangan dari alat peraga pembelajaran sistem distribusi kelistrikan pesawat sebagai berikut :

- 1) *Voltage adjust* pada tegangan *output inverter* maksimal 125V AC. Jika melebihi 125V AC kelistrikan akan *short*.
- 2) *Voltage* dapat naik dan turun tergantung pembebanan dikarenakan kemampuan *power supply* terbatas.
- 3) *Auto* dan *manual* pada *Transfer Bus Switch* hanya terbatas untuk mengirim daya dari *Bus 1* ke *Transfer Bus 2* dan *Bus 1* ke *Transfer Bus 2*.

KESIMPULAN

Proses perancangan, pembuatan dan pengujian alat peraga pembelajaran sistem distribusi kelistrikan pesawat Boeing 737-200 dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Alat peraga pembelajaran sistem ditribusi kelistrikan pesawat Boeing 737-200 mewakili pengoperasian *switch* pada panel P5 Pesawat Boeing 737-200.

2. Alat peraga ini dilengkapi dengan *Manual Book* yang berisi *procedure* pengoperasian sumber kelistrikan dari *GPU, APU, GEN 1, GEN 2* dan *Battery*.
3. Terdapat *trouble switch* yang digunakan untuk mensimulasikan kegagalan sumber kelistrikan yang dihasilkan dari *GEN 1, GEN 2*, dan *APU*.
4. Pengujian simulasi pada alat peraga telah memberikan gambaran mengenai distribusi kelistrikan pesawat Boeing 737-200. Seluruh simulasi dapat berjalan sesuai dengan rancangan yang berpedoman pada *Aircraft Maintenance Manual* pesawat Boeing 737-200 tentang *electrical power*.
5. Pada saat mengoperasikan alat peraga ini, terdapat kelemahan yaitu *voltage* pada rangkaian AC dan DC dapat *drop* tergantung pembebanan pada indicator yang menyala. Tetapi *drop voltage* tidak berpegaruh kepada fungsi kelistrikan alat selama masih dalam batas toleransi. Ketika semua lampu indicator menyala, tegangan AC drop sampai 111V AC, dan rangkaian DC drop sampai 21V DC. Penurunan tegangan tersebut masih dalam batas toleransi.
6. Alat peraga pembelajaran sistem distribusi kelistrikan pesawat yang telah dibuat sangat bermanfaat untuk pembelajaran tentang *Electrical Wiring Interconnection System*, khususnya pada meteri distribusi kelistrikan pesawat, karena alat ini dibuat berdasarkan *AMM* pesawat Boeing 737-200. Sehingga taruna dapat dengan mudah memahami materi tentang distribusi kelistrikan pesawat.

SARAN

Dari hasil pengujian masih ditemukan beberapa kelemahan pada alat peraga pembelajaran sistem distribusi kelistrikan pesawat Boeing 737 200. Untuk itu ada beberapa saran yang dapat diberikan :

1. Sebaiknya dibuatkan *Maintenance Manual book* sebagai pedoman untuk memperbaiki komponen kelistrikan pada alat peraga.
2. Tegangan pada rangkaian AC dan DC seharusnya tetap stabil pada 115V AC dan 28V DC meskipun semua lampu indikator menyala. Supaya tegangan tersebut dapat stabil, diberikan *power supply* dengan kapasitas tegangan yang lebih tinggi.
3. Pada alat peraga ini simulasi baterai seharusnya diberikan sumber power dari baterai asli, bukan dari *power supply*. Sehingga dengan adanya baterai yang sesungguhnya dapat membuat alat peraga lebih sesuai dengan keadaan pesawat aslinya.
4. Generator 1, generator 2 dan APU seharusnya diberikan *power supply* yang terpisah. Sehingga dapat mengurangi *voltage drop* pada rangkaian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akriik. (2021). Akriik . Diambil dari <https://cdn-cms.pgimgs.com/static/2020/09/Mengenal-Akriik-Jenis-Kelebihan-dan-Harga-Terbaru-6.png>
- [2] Alrino, Diniswari. (2017). Generator Pesawat . Diambil dari <https://id.scribd.com/document/360629208/Generator-Pada-Pesawat>
- [3] Dioda dan Cara Mengukurnya. (2021). Teknik Electronica. Diambil dari <https://teknikelektronika.com/fungsi-dioda-cara-mengukur-dioda/>
- [4] Erzirabbani. (2020). Teknik Pesawat

- Udara . Diambil dari <https://muhammadidikwijaya.blogspot.com/2020/12/tpu-teknik-pesawat-udara-adalah.html>
- [5] GPU. (2019) Ground Power Unit. Diambil dari https://www.aerospecialties.com/app/uploads/2015/03/TLD_GPU_409-E-CUP_03
- [6] Ilmupenerbangansite. (2017). Engine Auxiliary Power Unit. Diambil dari <https://www.google.com/amp/s/ilmupenerbangansite.wordpress.com/2017/04/04/engine-auxiliary-power-unit/amp/>
- [7] Kabel Listrik. (2021). Teknik Electronica Diambil dari sumber <https://teknikelektronika.com/wp-content/uploads/2017/07/Pengertian-Kabel-dan-Jenis-jenisnya.jpg?x75885>.
- [8] Module 737 Electrical Power Boeing, 1982
- [9] Module Training Manual B 737-300/400/500
- [10] Proteus. (2018). Software Proteus Beserta Fitur-Fiturnya. Diambil dari <https://www.immersa-lab.com/software-proteus-beserta-fitur-fiturnya.htm>
- [11] Pilot Lamp. (2021). Sinar Mandiri Sejahtera. Diambil dari <http://www.sinarmandirisejahtera.co.id/uploads/topics/15711259633828.jpg>
- [12] Panel Listrik. (2021). PANEL LISTRIK KENARI. Diambil dari <http://panellistrikkenari.com/wp-content/uploads/2016/10/6c300959.jpg>
- [13] Pedoman Tugas Akhir. (2021) Diambil dari PEDOMAN PROYEK TUGAS AKHIR PERGURUAN TINGGI PENERBANGAN
- [14] Prasetyo, Agus. (2011). Dokumen Perawatan Pesawat Terbang. Diambil dari <http://www.ilmuterbang.com/artikel-mainmenu-29/pemeliharaan-pesawat-dan-kelaikan-udara-mainmenu-35/581-dokumen-perawatan-pesawat-terbang>
- [15] Profil Poltekbang Surabaya. (2021) <https://poltekbangsby.ac.id/>
- [16] Relay . (2021). Teknik Electronica. Diambil dari <https://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>
- [17] SFS B 737-300/400/500
- [18] Selector Switch (2021). Selectro switch. Diambil dari https://www.static-src.com/wcsstore/Indraprastha/images/catalog/full/94/MTA-7126068/oem_rotary_selector_switch_2_pole_5_posisi_full