

TUGAS AKHIR

SISTEM KINERJA PENGENDALI GENERATOR KONTROL TIPE BE 124 PADA GROUND POWER UNIT (GPU) DI BANDARA KUALANAMU

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun oleh:

KHAIRUL ANWAR HARAHAH
2107220059



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : KHAIRULANWAR HARAHAP
NPM : 2107220059
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : SISTEM KINERJA PENGENDALI GENERATOR KONTROL TIPE BE 124 PADA GROUND POWER UNIT (GPU) DI BANDARA KUALANAMU

Bidang ilmu : Sistem Kontrol

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, April 2026

Mengetahui dan menyetujui:
Dosen Pembimbing I / Penguji

Muhammad Adam, S.T., M.T

Dosen Pembimbing I / Penguji

Noorly Evalina, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II / Penguji

Benny Oktrialdi, S.T., M.T

Program Studi Teknik Elektro



Dr. Eky Sahnur Nasution, S.T., M.Pd

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertnda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : KHAIRUL ANWAR HARAHAP
Tempat /Tanggal Lahir : Medan/05 November 2003
NPM : 2107220059
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“SISTEM KINERJA PENGENDALI GENERATOR KONTROL TIPE BE 124 PADA GROUND POWER UNIT (GPU) DI BANDARA KUALANAMU”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada tidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, April 2026

Saya yang menyatakan,



KHAIRUL ANWAR HARAHAP

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memahami sistem kerja kontrol BE 124 Centurion pada Ground Power Unit (GPU) yang digunakan untuk menyediakan daya listrik bagi pesawat udara saat di darat. GPU menggunakan mesin diesel untuk menggerakkan generator dan menyediakan daya listrik 115 V/200 VAC 400 Hz. Kontrol BE 124 Centurion digunakan untuk mengatur dan memantau kinerja GPU. Penelitian ini dilakukan dengan metode studi literatur dan pengamatan langsung pada GPU di salah satu maskapai penerbangan sipil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kontrol BE 124 Centurion berfungsi dengan baik dalam mengatur dan memantau kinerja generator. Rugi-rugi daya pada kabel konektor GPU dapat dihitung menggunakan rumus yang tepat. Respon sensor pengontrol generator BE 124 sangat cepat dalam memutuskan tegangan saat terjadi gangguan suplai arus. Kesimpulan dari penelitian ini adalah sistem kerja GPU dengan kontrol BE 124 Centurion sangat efektif dalam memenuhi kebutuhan daya listrik pesawat udara. Saran yang diberikan adalah melakukan perawatan rutin pada GPU, menggunakan kabel konektor yang sesuai dengan standar, dan memantau kecepatan RPM GPU secara teratur.

Kata kunci: Ground Power Unit (GPU), Kontrol BE 124 Centurion, Daya Listrik, Pesawat Udara.

ABSTRAK

This study aims to understand the working system of the BE 124 Centurion control on the Ground Power Unit (GPU) which is used to provide electrical power for aircraft on the ground. The GPU uses a diesel engine to drive a generator and provides 115 V/200 VAC 400 Hz electrical power. The BE 124 Centurion control is used to regulate and monitor GPU performance. This study was conducted using a literature study method and direct observation on the GPU in one of the civil airlines. The results of the study show that the BE 124 Centurion control functions well in regulating and monitoring generator performance. Power losses in the GPU connector cable can be calculated using the right formula. The BE 124 generator controller sensor response is very fast in disconnecting the voltage when a current supply interruption occurs. The conclusion of this study is that the GPU working system with the BE 124 Centurion control is very effective in meeting the electrical power needs of aircraft. The suggestions given are to perform routine maintenance on the GPU, use connector cables that comply with standards, and monitor the GPU RPM speed regularly

Keywords: Ground Power Unit (GPU), BE 124 CenturionControl, Electrical Power, Aircraft

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, Puji syukur kita ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya kepada kita semua sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "**SISTEM KINERJA PENGENDALI GENERATOR KONTROL TIPE BE 124 PADA GROUND POWER UNIT (GPU) DI BANDARA KUALANAMU**". Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam kesempatan yang berbahagia ini, dengan segenap hati. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah banyak memberikan motivasi kepada kami di dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, terutama kepada:

1. Kedua orang tua penulis Ibunda Nurhayani pos-pos dan Ayahanda Syamsul Bahri Harahap yang selalu mendo'akan, memberikan motivasi dan memberikan kasih sayang yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
2. Bapak Prof Dr. H Agussani, M.A.P, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, ST., M.Sc., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Ibu Dr. Elvy Sahnur Nasution S.T., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Benny Oktrialdi S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. dan pembanding II atau penguji yang telah banyak memberikan masukan dan koreksi kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Bapak Muhammad Adam S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa membimbing Penulis dalam penulisan laporan Tugas Akhir.

7. Ibu Noorly Evalina S.T.,M.T., selaku dosen pembanding I dan penguji yang telah banyak memberikan masukan dan koreksi kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
8. Seluruh Bapa/Ibuk Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik listrikan kepada penulis.
9. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Staff dan pihak-pihak terkait dari PT. Lion Mentari Air Lines yang telah memberi izin untuk penelitian dan pengambilan data.
11. Untuk Sahabat penulis : Rizky dwiyana rajaguguk, suci laila dan yahya Wahyudi pulungan yang selalu menyemangati penulis dan memberikan dukungan ke penulis. Dan Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro Stambuk 2021 dan 2022
12. Untuk Kakak, Abang dan saudara penulis terimakasih yang selalu mendukung dan mendoakan ke penulis.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa yang akan datang. Akhirnya kami mengharapakan semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi diri pribadi dan para pembaca terkhusus bagi dunia kontruksi Teknik Elektro serta kepada Allah SWT, kami serahkan segalanya demi tercapainya keberhasilan yang sepenuhnya. Wassalamu`alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, April, 2026

Penulis



KHAIRUL ANWAR HARAHAP

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR.....	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Ruang Lingkup.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.2.1 landasan teori	7
2.2.1 Ground Power Unit	7
2.2.2 Spesifikasi Kemampuan Umum.....	8
2.2.3 Komponen Utama Ground Power Unit.....	8
2.2.4 Sistem Pesawat Udara Saat Penggunaan Gpu.....	10
2.2.5 Mesin Diesel	11
2.2.6 Spesifikasi Engin Gpu.....	12
2.2.7 Langkah Kerja Mesin Diesel	13
2.2.8 komponen engine	14
2.2.9 daya listrik.....	17
2.2.10 daya aktif.....	17
2.2.11 daya reaktif.....	19
2.2.12 daya semu.....	20

2.2.13 generator.....	22
2.2.14 spesifikasi generator GPU.....	26
2.2.15 inspeksi sebelum penggunaan GPU.....	27
2.2.16 panel kontrol.....	27
2.2.17 komponen elektrikal ground power unit	28
BAB III METODOLOGI	42
3.1 waktu dan tempat	42
3.2 waktu.....	42
3.2.1 surve data	42
3.2.2 tempat.....	43
3.3 alat dan bahan.....	43
3.4 alat perancang.....	43
3.5 bagan alir.....	44
3.6 proses penggunaan GPU	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1 proteksi GPU.....	46
4.2 data pada kabel GPU.....	46
4.3 pengambilan data	46
4.3.1 data tegangan tanpa beban	47
4.3.2 data tegangan dengan beban.....	48
4.4 perhitungan	49
4.4.1 menentukan rugi daya pada kabel GPU	49
4.4.2 menentukan kecepatan putaran mesin.....	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran.....	57

DAFTAR PUSTAKA..... 55

LAMPIRAN

LEMBAR ASISTENSI

DAFTAR GAMBAR

1.1 Be 124 Centurion.....	2
2.2.8 Kepala Silinder.....	14
2.2.8 Camsaft (Poros Nok).....	14
2.2.8 Piston (Torak).....	15
2.2.8 Cranksaft (Kruk As).....	15
2.2.8 Blok Silinder.....	16
2.2.10 Daya Aktif.....	18
2.2.11 Daya Reaktif.....	20
2.2.12 Segitiga Daya.....	21
2.2.13 Generator.....	22
2.2.13 Komponen Generator.....	24
2.2.16 panel kontrol.....	27
2.2.17. Sensor temperatur.....	28
2.2.17. Selenoid Injektion Pump.....	29
2.2.17 Speed Sensor (Sensor Kecepatan).....	30
2.2.17 Speed Sensor.....	30
2.2.17 Fuse Holder.....	31
2.2.17 Automatic Voltage Regulator (AVR).....	32
2.2.17 Relay Omron.....	34
2.2.17 Cylinder Current Transformer (CT).....	35
2.2.17 Kontaktor.....	36
2.2.17 Terminal Block Wiring.....	37
2.2.17 Kabel Ground Power Unit.....	38
2.2.17 Togle Switch dan Push Button.....	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada bagian ini dilakukan sebuah pembuatan sistem terkait tentang sebuah alat GSE (ground support equipment) dalam hal daya output pada pesawat. Yang mana pada saat ini teknologi perindustrian kedirgantaraan adalah cabang industri yang berkembang dan maju dari sektor nasional dan internasional seiring dengan berakhirnya virus corona. Pada alat percobaan dengan menggunakan mesin DORYZ-95 yang mengacu pada mesin turbojet, terdapat pada rangkaian sistem eksternal power dalam tenaga perindustrian daya serta peran terhadap penggunaan GPU pada pesawat saat ground servicing yang dibuat sebagai mana cara memudahkan saat GPU bekerja. Yang mana telah disederhanakan baik bentuk maupun rangkaian yang menjadi alasan pembuatan sebagai bagian alat percobaan yang dibuat untuk sistem GPU.

Ground power unit (GPU) adalah perangkat bergerak atau stasioner, terkadang juga disebut Aircraft Ground power, yang digunakan untuk menyediakan daya listrik bagi pesawat saat berada di darat. Saat pesawat berada di darat, pesawat membutuhkan listrik untuk menjalankan berbagai sistem, seperti lampu, avionik, dan AC. Daya ini dapat berasal dari unit daya tambahan (APU) di dalam pesawat atau GPU. GPU dihubungkan melalui kabel ke pesawat dan menyediakan daya listrik yang di perlukan untuk menggerakkan setiap komponen yang ada di pesawat. Secara umum GPU menyediakan arus bolak-balik atau AC 115 volt pada 400 Hz, hanya pesawat kecil yang beroperasi menggunakan arus searah (DC) 28 Volt. GPU biasa terdiri dari generator tenaga disel atau baterai listrik besar dan dapat dipasang pada trailer yang dapat ditarik atau dipasang pada truk.

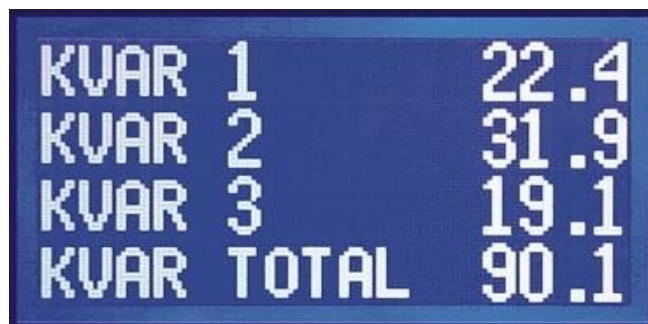
Pengontrol generator pada GPU mengintegrasikan suatu modul elektronik, unit kontrol mesin, modul pemantau alternator pengisian daya, dan relai yang dapat di program yang ditujukan untuk melindungi semua sistem generator tenaga disel. Pengontrol generator adalah komponen utama dari PANEL KONTROL GENERATOR. Pengontrol generator canggih mengintegrasikan satu modul

elektronik, unit kontrol mesin, modul pemantauan pengisian daya alternator, dan relai yang dapat diprogram yang berkomitmen untuk melindungi semua sistem generator tenaga diesel.



Gambar 1.1 Be 124 Centurion

Kontrol generator Be 124 dengan OSCILLOSCOPE dan data LOGGER pengendali generator Be 124 yang cukup canggih dalam pencatatan data seperti, data osiloskop lama waktu penggunaan ground power unit (GPU), dan jadwal services, setidaknya 150 pengaturan yang dapat di sesuaikan. Be 124 adalah pengontrol generator terkuat di pasaran. Pengontrol ini memiliki pengukuran yang sangat akurat untuk Vac- Aac – Hz – PF- Vac – Vdc – RPM – KW – KVA- KVAR -kWh – BAR – PSI.



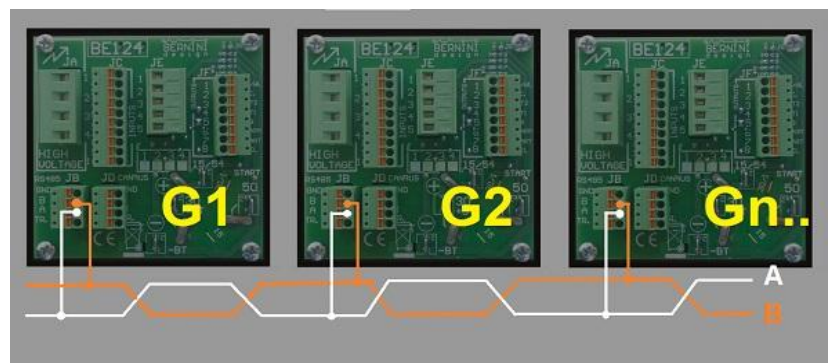
Gambar.1.1 Be 124 centurion

Anda dapat menampilkan bentuk gelombang (osiloskop) tentang tegangan dan arus di layar kontrol Be 124 centurion terutama ketika generator bekerja sekitar

batasnya, kontrol Be 124 centurion juga dilengkapi keamanan yang baik seperti kunci otomatis atau manual di mana menyalakan kontrol Be 124 centurion dengan memutar kunci sama seperti menghidupkan sebuah mobil.

Maka dari itu dalam penelitian ini pembahasan tentang Kontrol Be 124 centurion dengan pengontrolan engine generator dikendalikan secara otomatis yang sanggup untuk mengawasi dan memulihkan suplai arus yang dapat di berikan ke pesawat udara melali kabel yang di hubungkan menggunakan kepala konektor ke pesawat, sehingga hal ini memudahkan operator GPU dan pilot pesawat udara agar tidak terus memonitor suplai arus yang sedang dialirkan untuk memenuhi kebutuhan pesawat udara, hal ini dilakukan untuk membantu suplai arus yang dibutuhkan pesawat udara saat didarat.

Pemantauan anda dapat mengembangkan pemantauan kendali jarak jauh menggunakan protokol komunikasi MODBUS. Be124 dapat langsung menggerakkan hingga 1000 meter kabel twisted pair. Anda dapat menghubungkan hingga 24 generator pada kabel komunikasi yang sama.



Gambar 1.1 Be 124 centurion

1.2 Rumusan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini untuk mendukung kebutuhan pesawat udara saat didarat menggunakan GPU (ground power unit) sebagai suplai arus ke pesawat udara, alat ini bekerja menggunakan mesin disel di mana bahan bakar sangat berpengaruh terhadap kinerja GPU, maka sesuai judul yang di ambil oleh peneliti di atas berdasarkan dari sumber data dan pengalaman kerja dan penelitian yang dialami selama bekerja di maskapai penerbangan lio air group

sebagai acuan untuk membuat skripsi/tugas akhir ini, maka pembahasan ini dapat di tentukan beberapa indikator dalam rumusan masalah ini yaitu :

1. Bagai mana cara menghitung rugi-rugi pada kabel konektor Ground power unit ?
2. Seberapa cepat respon sensor pengontrol generator be 124 memutuskan tegangan saat terjadi gangguan suplai arus pada pesawat udara?
3. Bagai mana cara mengetahui batas maksimum kecepatan RPM Ground Power Unit (GPU)

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang didapat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menghitung rugi-rugi daya pada kabel konektor Ground power unit (GPU) dengan menggunakan data pengukur arus beban, spesifikasi kabel, dengan menggunakan rumus rugi-rugi daya
2. Untuk menganalisis kecepatan respon sensor pengontrol generator kontrol Be 124 centurion dalam memutuskan tegangan ketika terjadi gangguan suplai arus pada pesawat udara
3. Untuk menentukan batas maksimum kecepatan RPM Ground power unit (GPU) agar generator dapat menghasilkan frekuensi 400 Hz yang stabil sesuai kebutuhan pada pesawat udara

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah di paparkan di atas, maka penelitian ini memfokuskan dari pokok permasalahan yang terjadi dalam rangka untuk mengoptimalkan kinerja generator arus searah pada ground power unit guna menunjang performa mesin disel memenuhi kebutuhan suplai arus ke pesawat udara saat didarat. Maka dilakukan pembahasan ruang lingkup sebagai berikut:

1. Memahami sistem kerja kontrol Be 124 centurion, untuk arus searah dan agar lebih terkontrol saat suplai arus yang menjadi kebutuhan pesawat udara.

2. Memudahkan oprator dan pilot untuk memahami sistem kerja ground power unit (GPU) pada saat suplai tegangan ke pesawat udara.
3. Memahami sistem kerja graund power unit menggunakan kontrol Be 124 centurion untuk mengetahui sensitifitas pada saat proses suplai tegangan ke pesawat udara.
4. Upaya untuk optimalkan tegangan arus searah (AC) sesuai dengan kebutuhan pesawat udara.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang ingin dicapai penulis dalam pembuatan skripsi/tugas akhir ini adalah:

1. Bagi Pembaca

- a. Memberikan informasi baru dan meningkatkan pengetahuan-pengetahuan tentang sistem kerja generator menggunakan kontrol Be124 centurion
- b. Meningkatkan keterampilan penelitian, penelitian dapat membantu pembaca untuk memahami dan menganalisa sistem kerja kontrol Be 124 centurion

2. Bagi Institusi

Manfaat yang ingin dicapai oleh penulis dalam pembuatan skripsi ini adalah : menambahnya pengetahuan dasar dari jurusan kuliah umum, sehingga bukan hanya di bagian pengontrolan generator yang dapat di ketahui melaikan dari kuliah umum juga mengetahui setiap kegiatan yang dilakukan sehingga penulis dapat pemahaman dan menambah wawasan baru di setiap mata kuliah umum.

3. Bagi Perusahaan

Penelitian dapat membantu perusahaan meningkatkan ke unggulan dalam bidang kompetitif, di bidang jasa dan dapat menjalin hubungan baik dengan lembaga pendidikan, sehingga mahasiswa dapat membantu permasalahan dalam perbaikan alat, khususnya pada GPU.

4. Bagi Peneliti

Manfaat yang ingin di capai adalah untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.2 Landasn Teori

2.2.1 Ground Power Unit (GPU)

Trailer mounted ground power unit C-GPU-120-D AC adalah Ground suport equipment yang di desain memfasilitasi kebutuhan listrik pesawat 115 V/200 Vac 400 Hz selama didarat, dengan kapasitas maksimum 120 KVA menggunakan 3 phase 4 wire.

Seiring dengan pertumbuhan industri dirgantara, kebutuhan untuk menyediakan daya bagi pesawat udara saat di darat menjadi sangat dibutuhkan, Houchin mulai memproduksi Ground power *unit* (GPU), bertenaga disel sebagai penunjang kebutuhan pesawat udara saat didarat sekitar tahun 1950-an dan Hobart mengembangkan Ground power unit (GPU), yang menyediakan daya AC dan daya DC untuk sebagai platform pesawat komersial dan platform pesawat militer. Ground power unit (GPU), yang lebih modern yang statis atau bergerak, dirancang untuk dapat menghasilkan daya yang stabil dan hemat biaya untuk pesawat udara saat didarat, menggantikan kebutuhan penggunaan Auxiliary power unit (APU) pada pesawat itu sendiri pada saat di darat.

(Houchin) dimulai pada 1921 dilondon perusahaan ini terlibat dalam dukungan pesawat udara saat di darat pada masa perang dunia dua (2), dan menjadi terkenal pada peralatan pendukung saat didarat dan ditenagai dengan mesin disel.

(Hobart) sejak 1942, Hobart fokus pada pengembangan produk untuk memenuhi kebutuhan industri kedirgantaraan yang berubah, dengan penekanan dengan teknologi mesin stater bertenaga disel.

Menurut [1]Agar didapat kegiatan perawatan pada pesawat udara saat didarat yang efisien/ hemat diperlukan unit Ground Power Unit (GPU) yang baik, Suatu mesin dikatakan bagus maka nilai probabilitasnya harus di kisaran angka 0-1 jika nilai ini telah tercapai maka mesin tersebut dinyatakan mampu melakukan tugasnya dengan sangat baik.

Menurut [2] Tegangan listrik AC yang dibutuhkan oleh pesawat udara adalah tegangan 115 Vac, 400 Hz 3 fasa dan tegangan 28 volt DC pembangkit tegangan AC yang utama pada sistem kelistrikan pesawat udara ada tiga sumber dari tiga buah generator, yang mana ada dua buah generator di gerakkan oleh mesin yang terletak di masing-masing sayap pesawat. Yang mana di gerakan hanya saat pesawat melakukan penerbangan dan yang satu di gerakan oleh Auxilliary power unit (APU) yang dapat digunakan dalam dua kondisi, sebelum mesin utama dinyalakan, dan pada saat dilakukan penerbangan.

Generator yang digunakan pada pesawat adalah generator sinkron atau sering disebut dengan generator AC, tiga fasa, generator sinkron menghasilkan arus bolak balik AC, generator 3 fasa berarti generator memiliki tiga buah setator atau tiga fasa.

2.2.2 Spesifikasi Dan Kemampuan Umum

Spesifikasi umum	
Recondition	PT. Isatech Artha Jaya
Type	C-Gpu-120-D
Output Voltage	115 / 200 VAC
Frequency	400 Hz
Max Current	347 A
Power Factor	0.8
Power Output	120 KVA
Weight	1850 Kg
Max Towing Speed	25 Km

2.2.3 Komponen Utama Ground Powe Unit

1. Accu/Batteray

24 Vdc yang digunakan untuk keperluan setarting disel engine dan kebutuhan sistem kontrol GPU

2. Bonet / Cover

Melindungi GPU terhadap cuaca dan kontak langsung terbuat dari mildsteel dan bagian dalam telah di lengkapi dengan peredam untuk mengurangi

kebisingan. Juga dilengkapi dengan kunci kepada ke 4 pintu pada sisi sampingnya dan di lengkapi mur dan baut pada bagian atas dan depan.

3. Trailer

GPU terpasang dengan trailer 4 roda dan dengan kabel berpintu yang dapat ditutup agar kabel terlindungi.

4. System Bahan Bakar

Tangki bahan bakar solar dengan kapasitas 100 liter di lengkapi sensor level indikator secara elektrik yang dapat dibaca pada panel

5. Engine Diesel

Mesin diesel yang digunakan adalah Cummins 6BT5.9,6 Cylinder in line dengan sistem pendingin radiator, turbocharge. Volume mesin 5.9 liter dengan daya 180 Hp / 2000 RPM dengan sistem kelistrikan 24 VDC

6. Alternator

Menggunakan leroysoner/marathon alternator, 120 KVA, 115/200 V, 400 Hz putaran 1846 / 2000 RPM regulator / Automatic voltage *Regulator* (AVR) secara otomatis akan meregulasi tegangan output GPU menjadi stabil pada 115Vac

7. Electrical Panel System

Engine dan AC system menggunakan sistem kontrol BE 124 centurion di lengkapi dengan Hour meter dan fuel meter secara terpisah untuk melihat waktu pemakaian, dan jumlah bahan bakar dalam tangki secara langsung. DC system menggunakan digital meter untuk membaca voltage dan ampere, serta di lengkapi dengan indikator over voltage dan over load. Otomatis interlock AC syistem tidak akan bekerja

8. System Proteksi

Special Control Unit Be Centurion melakukan proteksi:

- a. Pada engine melalui presure sensor dan temperatur sensor selama sistem bekerja akan melakukan pemeriksaan, jika terjadi presur pada engine turun mendekati 0 psi dan atau temperatur pada engine mendekati 100° C maka secara otomatis engine akan berhenti bekerja.

- b. Untuk Proteksi pada Alternator 400Hz:
Jika tegangan L-N melebihi 124 V, tegangan L-N kurang dari 105 V dan Frekuensi lebih dari 120 Hz atau Frekuensi kurang dari 380 Hz maka kontaktor output akan ngetrip, engine akan shutdown.
9. AC system juga dilengkapi dengan interlock kontaktor output yaitu jika tidak terdapat input E-F 28 VDC dari pesawat udara maka kontaktor tidak akan terlok
10. Daya sistem juga di lengkapi proteksi over voltage dan over load

2.2.4 Sistem Pesawat Udara Saat Penggunaan Ground Power Unit (GPU)

Pada saat penggunaan ground power unit (GPU), sistem kelistrikan pesawat udara saat didarat beralih dari sumber daya internal Auxilliary Power Unit (APU) ke sumber daya dari Ground Power Unit di gunakan untuk menjalankan sistem kelistrikan pesawat udara seperti, avionik, pencahayaan, pendingin udara (AC), dan yang lainnya di gunakan untuk memeriksa kondisi pesawat sebelum dilakukannya lepas landas (penerbangan yang aman). Dengan cara sebagai berikut:

1. Ground Power Unit (GPU) terhubung melalui kabel daya standar internasional yang ditetapkan oleh International Electrotechnical Commission (IEC) yang ada di GPU.
2. Ground Power Unit (GPU) menyuplai daya listrik yang di butuh kan pesawat udara (biasanya daya 115 Vac pada 400 Hz)
3. dengan sumber daya dari Ground Power Unit (GPU) sistem pesawat udara saat didarat dapat dinyalakan atau di fungsikan sebaik pemeriksaan pesawat udara saat didarat.

Manfaat penggunaan Ground Power Unit (GPU) pada pesawat udara saat didarat adalah untuk mengurangi polusi suara (kebisingan) di bandar udara dari penggunaan Auxilliary Power Unit (APU). Juga dapat memungkinkan pilot dan Engineering untuk melakukan pemeriksaan/perbaikan dengan baik sebelum dilakukan penerbangan dan penggunaan GPU dapat menghemat penggunaan bahan bakar Avtur sehingga perusahaan dapat melakukan penghemat biaya operasional

2.2.5 Mesin Diesel

Menurut [3] Motor disel adalah pembakaran dalam yang beroperasi dengan menggunakan minyak gas atau minyak berat sebagai bahan bakar dengan suatu prinsip bahan bakar tersebut di semprotkan melalui injektor ke dalam ruang bakar yang di dalamnya terdapat udara bertekanan dengan suhu yang tinggi sebagai bahan bakar tersebut secara spontan terbakar.

Motor disel merupakan motor jenis pembakaran dalam di mana bahan bakar menyala diakibatkan kompresi tinggi di dalam ruang bakar (*compression ignition engine*) dan bukan dengan alat bantu berenergi lain seperti busi (*spark plug*). Untuk mendapatkan unjuk kerja yang optimal, sebuah motor disel sangat di pengaruhi oleh beberapa aspek oprasional, di antaranya:

1. perbandingan dengan campuran udara dengan bahan bakar (air fuel ratio), dalam faktor ini mempengaruhi kesempurnaan pembakaran dalam ruang bakar.
2. waktu penyemprotan bahan bakar (timing injektion), hal ini sangat berpengaruh dengan kualitas pembakaran.
3. Ketersediaan oksigen banyaknya energi hasil pembakaran tergantung dengan jumlah oksigen.

Menurut[4] Ground power unit atau GPU ditenagai dengan mesin bertenaga disel, mesin disel itu sendiri sebagai mesin penggerak pertama sekali dirancang pada tahun 1860-an sebelumnya mesin yang digunakan sebagai penggerak adalah mesin uap, motor bakar buatan J.J.E. Leonor tersebut dengan bahan bakar campuran batu bara dan gas serta udara bebas, pada tahun 1867 Necolas A. Otto dan Eugen Langen berhasil mengembangkan suatu motor bakar tersebut. Mengembangkan suatu motor bakar bertekanan udara. Kemudian Otto memperbaiki rancangan motor bakar tersebut, mengembangkan lebih lanjut menjadi motor 4 langkah kerja dengan mencampurkan bahan bakar dan udara yang dinyalakan dengan busi dan berhasil mendapatkan hak paten pada tahun 1876 selanjutnya motor 4 langkah tersebut sebagai motor Otto.

Dalam pengoperasian Ground Power Unit (GPU) membutuhkan sebuah mesin sebagai penggerak untuk memutar generator yang menghasilkan tegangan arus 115 Vac. Mesin penggerak yang digunakan penulis saat melakukan penelitian

mesin berjenis motor disel. Pengertian motor disel adalah mesin pembakaran dalam yang mengubah energi panas menjadi energi mekanik. Di mana energi panas didapat dari proses pembakaran di ruang bakar (silinder head) motor disel, melalui kompresi udara dan pengabutan bahan bakar oleh injektor disel. Yang menggerakkan piston secara naik turun dan menghasilkan gaya pura ke poros engkol (crankshaft) dan di teruskan melalui gear flywheel ke plat converter yang terhubung langsung ke generator DC ke AC.

Menurut [6]Mesin merupakan komponen utama dan memiliki peran yang sangat penting. Mesin merupakan sumber energi input mekanis untuk memutar sebuah generator beberapa bahan bakar yang digunakan pada mesin yakni bensin, gas, dan disel (solar). Bensin bisa digunakan generator pada kapasitas yang lebih kecil, sedangkan gas dan disel biasa digunakan pada mesin besar. Berdasarkan data yang didapat mesin genset yang digunakan menggunakan pabrikan dari MITSUBISHI dengan model SI2R-PTAA2 yang memiliki mesin disel berjenis v 12 atau memiliki piston sebesar 60° dengan displacement 49,03 L dan menggunakan sistem pembakaran injeksi elektronik.

2.2.6 Spesifikasi Engine Ground Power Unit

ENGINE	
Manu fakturer	Cummins
Type	68T5.9
Combustion system	Direct injektion
Cylinders	6 inline
Primeat 1846 rpm	127 KW
Primeat 2000 rpm	132 kw
Speed	1846/2000rpm
Total displacement	5.9 liters
Compesion rasio	17,5:1
Electrical system	24 VDC
Net weight	443 kg
Speed control	Cummins
Protection	Low oli presur (0,4 bar)

High water temperatur	113°C
Oil capacity	16 liters
Coolant capacity	10 ITERS

2.2.7 Langkah kerja mesin diesel

Menurut [7] Pada mesin diesel ada empat langkah sistem kerjanya untuk menyelesaikan satu siklus atau suatu langkah kerja sehingga menghasilkan suatu pembakaran, dalam satu langkah menghasilkan empat langkah kerja piston untuk menghasilkan suatu tenaga putar.

1. Langkah hisap
 - Piston bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB)
 - Katup isap (intek valve) terbuka, memungkinkan udara masuk ke ruang bakar
 - Katup buang (exhaust valve) tertutup

2. Langkah kompres (compression stroke)
 - Piston naik berkerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA)
 - Katup hisap dan buang keduanya tertutup rapat
 - Udara di dalam ruang pembakaran dikompres sehingga tekanan dan suhu meningkat sangat tinggi, sehingga bahan bakar terbakar dengan sendirinya

3. Langkah tenaga/usaha (power/combustion stroke)
 - ketika piston mencapai titik mati atas (TMA), injektor menyemprotkan bahan bakar ke ruang bakar
 - karna suhu udara di dalam ruang bakar sangat panas (diakibatkan oleh kompresi) bahan bakar akan terbakar dengan sendirinya.
 - Pembakaran ini menghasilkan gas bertekanan tinggi sehingga piston terdorong ke bawah, dan menghasilkan putaran di *cranksaft*

4. Langkah buang (*exhaust stroke*)
 - Piston naik dari TMB ke TMA
 - Katup buang terbuka

- Gerakan piston ke atas membuang sisa pembakaran melalui katup buang
- Setelah ini siklus kembali ke langkah hisap untuk melakukan proses berikutnya

-

2.2.8 Komponen Engine

1. kepala silinder (*silinder head*)



Gambar 2.2.8 Kepala Silinder

Menurut [8] Deksel atau silinder head adalah salah satu komponen utama pada mesin yang berfungsi sebagai penutup ruang bakar pada *crsng shaft* dan menampung berbagai komponen penting seperti katup (*valve*), dudukan besi dan saluran udara serta gas buang.

2. Camshaft (poros nok)



Gambar 2.2.8 Camsaft (Poros Nok)

Camshaft, atau dikenal sebagai poros nok atau noken AS, adalah komponen penting pada mesin pembakaran dalam berfungsi untuk mengubah gerak putar

menjadi gerak linier untuk mengatur buka-tutup katup (klep) mesin. Komponen ini memiliki tonjolan khusus (*cam lobe*) untuk mendorong katup pada waktu yang tepat sehingga memungkinkan masuknya udara dan bahan bakar.

3. Piston (torak)



Gambar 2.2.8 Piston (Torak)

Piston adalah komponen mesin berbentuk silinder yang bergerak naik turun sehingga menghasilkan tenaga berputar ke crankshaft di dalam block silinder (silinder heat) melalui sistem pembakaran yang mengubah energi pembakaran menjadi energi mekanik atau energi putar

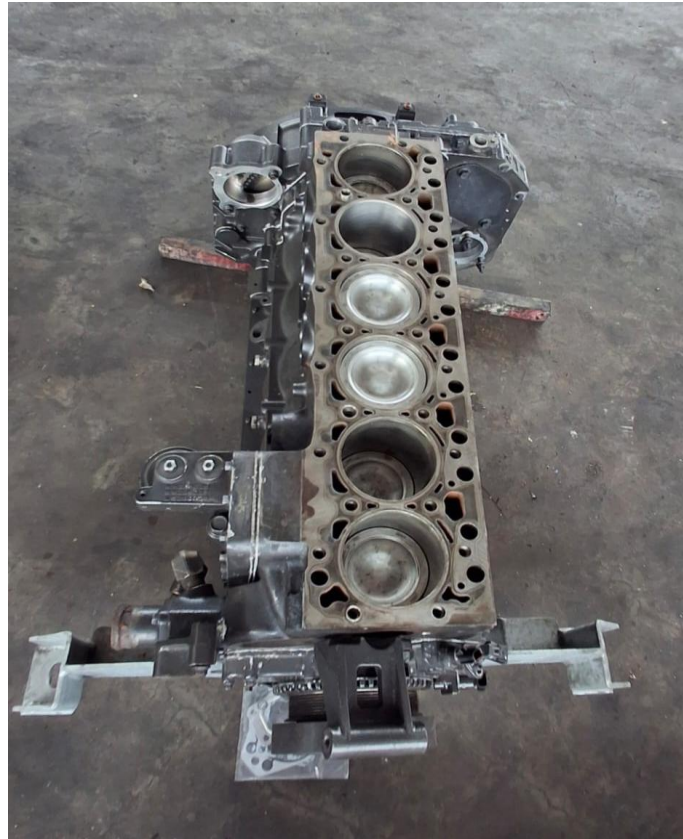
4. Crankshaft (kruk as)



Gambar 2.2.8 Cranksaft (Kruk As)

Crankshaft tahu yang sering disebut kruk as adalah sebuah bagian mesin yang mengubah gerak naik turun menjadi gerak berputar gerak putar ini lalu di teruskan ke Gear faiwell yang terhubung ke plat converter dan di teruskan untuk memutar sebuah generator 3 fasa yang berada di ground power unit

5. Blok silinder



Gambar 2.2.8 Blok Silinder

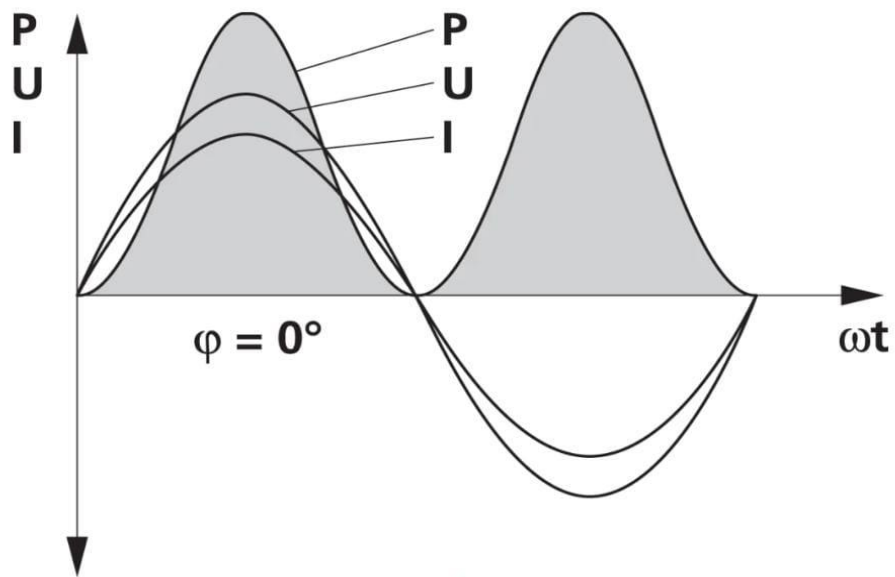
Menurut [9] Silinder adalah tempat di mana terjadinya bahan bakar dibakar dan daya didapat dari hasil pembakaran. Blok silinder sebuah komponen mesin yang menjadi wadah tempat piston bergerak naik turun, dan tempat kruk as bekerja, dan juga tempat pendingin saluran pelumas, serta menjaga kekuatan dan kestabilan sebuah mesin, bagian dalam silinder terdapat beberapa komponen seperti, selongsong (sleeve) dia meter dalam silinder disebut dengan lubang (bore).

2.2.9 Daya Listrik

Menurut [10] Daya listrik adalah besaran yang menunjukkan seberapa cepat energi listrik dikonsumsi atau disalurkan dalam suatu sistem. Dalam konteks kelistrikan rumah tangga, daya listrik sering dikaitkan dengan besaran seperti watt (W) atau kilowatt (kW) yang mencerminkan kapasitas beban yang dapat dilayani oleh instalasi listrik tertentu. Faktor seperti jumlah peralatan elektronik, jenis beban (misalnya beban aktif vs. beban induktif), serta efisiensi penggunaan sangat memengaruhi total konsumsi daya dalam sebuah bangunan. Daya listrik ialah banyaknya perubahan energi terhadap waktu dalam besaran tegangan dan arus. Satuannya adalah Watt. Daya dalam watt yang diserap oleh suatu beban pada setiap saat adalah hasil kali jatuh tegangan sesaat di antara beban dalam volt dengan arus sesaat yang mengalir dalam beban tersebut adalah ampere. Daya listrik dapat dibagi menjadi 3 yaitu daya aktif (P), daya reaktif (Q), dan daya semu (S).

2.2.10 Daya Aktif

Daya Aktif adalah daya listrik yang dibutuhkan oleh peralatan listrik untuk mengoperasikan yang berbaur kelistrikan di PT. Arista Auto Lestari tersebut. Atau dengan kata lain daya daya aktif mempunyai nilai besaran dan arah. Besaran daya aktif dapat dicari dengan rumus . Daya aktif merupakan komponen daya listrik yang benar-benar digunakan untuk melakukan pekerjaan nyata di dalam suatu rangkaian listrik AC, seperti menghasilkan panas, cahaya, atau energi mekanik. Nilai daya aktif ini biasanya diukur dalam satuan watt (W) dan bergantung pada besarnya arus yang sejalan dengan tegangan serta faktor daya $\cos \phi$ yang mencerminkan sudut fase antara tegangan dan arus. Daya ini adalah yang dibayar oleh konsumen dalam tagihan listrik karena menunjukkan energi yang benar-benar terpakai dalam pemakaian peralatan listrik.



Gambar 2.2.10 Daya Aktif

Menurut [11] Daya aktif adalah besar nilai suatu daya rata-rata yang sesuai dengan kekuatan tenaga yang dikonsumsi oleh beban. Daya aktif dapat diperoleh setelah mengetahui tegangan operasional dan arus listrik serta faktor daya yang dimiliki oleh beban listrik.

Menurut [12] Beban listrik yang bersifat resistif memiliki factor daya sehingga daya aktifnya dapat di cari dengan hanya mengetahui tegangan dan arus listrik. $\cos \phi$ adalah sudut daya aktif dan daya semu sehingga $\cos \phi$ didefinisikan adalah faktor daya (*power factor*). Untuk beban yang bersifat induktif, dan untuk beban yang bersifat kapasitif, P_{leading} di mana arusnya mendahului tegangannya [12]. Daya Aktif adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah Watt. Adapun Persamaan Daya Aktif adalah sebagai berikut :

Daya Aktif

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi \text{ (untuk 1 fasa) } \dots\dots\dots(1)$$

$$P = V \times I \times \sqrt{3} \times \cos \phi \text{ (untuk 3 fasa) } \dots\dots\dots(2)$$

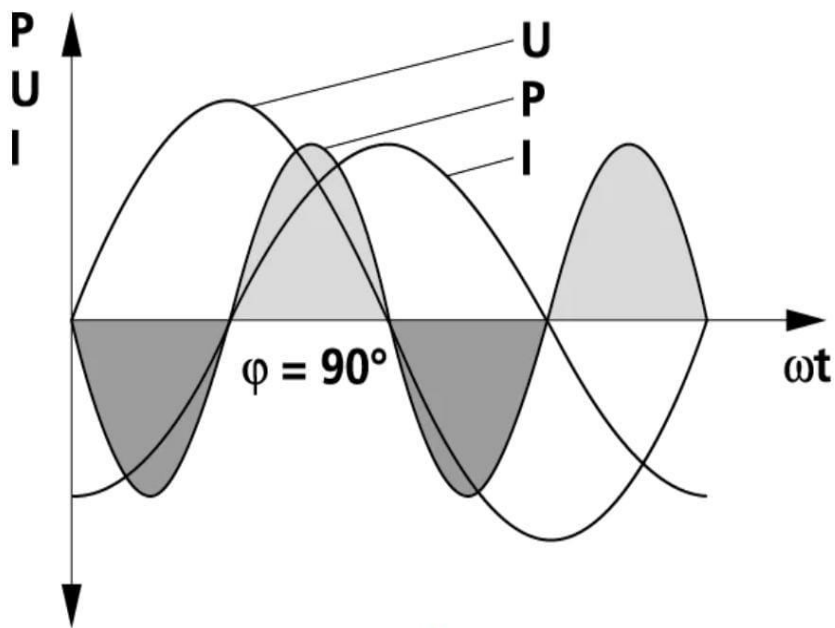
Dimana :

1. P adalah daya aktif (Watt)
2. V adalah Tegangan Listrik (Volt)
3. I adalah Arus Listrik (Ampere)
4. $\cos \phi$ adalah Faktor Daya

2.2.11 Daya Reaktif

Daya Reaktif merupakan komponen tenaga yang berosilasi maju mundur melalui garis-garis, wujud dipertukarkan antara beban medan listrik dan magnet dan tidak hilang dan dilambangkan dengan simbol Q. Jika kurva tegangan dan keluar 90 derajat fasa, separuh kurva daya terletak di daerah positif dan separuhnya lagi ada di area negatif. Daya aktifnya ada nol karena positif dan negatif saling membatalkan. Daya reaktif adalah komponen daya yang tidak menghasilkan kerja nyata, melainkan berosilasi bolak-balik antara sumber dan beban akibat adanya komponen induktif atau kapasitif dalam sistem AC, seperti pada motor atau kapasitor. Daya ini diperlukan untuk pembentukan medan magnet di dalam peralatan listrik tetapi tidak berkontribusi langsung terhadap kerja yang dihasilkan. Satuan daya reaktif adalah volt-ampere reactive (VAR), dan besarnya dipengaruhi oleh perbedaan sudut fase antara arus dan tegangan.

Daya Reaktif merupakan suatu daya rugi-rugi dengan kata lain merupakan suatu yang tidak di inginkan dan semaksimal mungkin dapat di hindari. Daya ini bersumber dari komponen reaktif dan memiliki satuan VAR. Dalam perhitungan fasa, daya reaktif ini merupakan perkalian antara tegangan efektif dengan arus efektif senilai $\sin \phi$ [13]. Daya Reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet.



Gambar 2.2.11 Daya Reaktif

Adapun Persamaan Daya Reaktif adalah sebagai berikut :

Daya Reaktif

$$Q = V \times I \times \sin\phi \text{ (untuk 1 fasa) (3)}$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin\phi \text{ (untuk 3 fasa) (4)}$$

Dimana :

Q adalah Daya Reaktif (Volt Ampere Reaktif)

V adalah Tegangan Listrik (Volt)

I adalah Arus Listrik (Ampere)

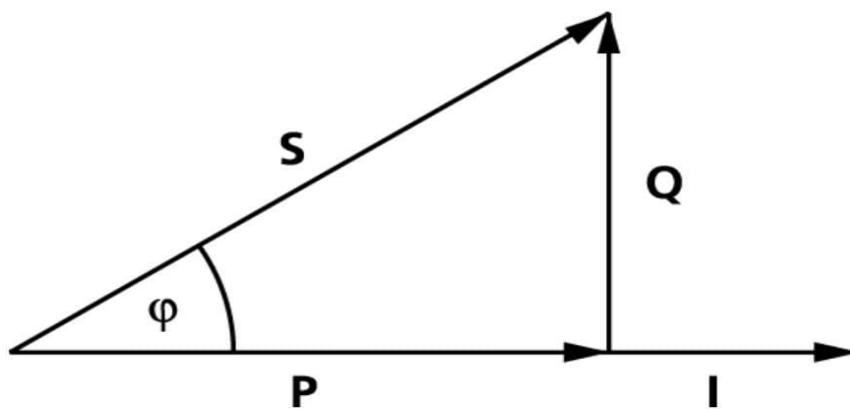
Sinφ adalah Faktor Reaktif

2.2.12 Daya Semu

Daya Semu adalah yang diperoleh dengan mengalikan tegangan dengan arus tanpa dengan mempertimbangkan perpindahan fasa. Daya semu merupakan daya yang sangat penting untuk menentukan rating dari peralatan dan jaringan tenaga listrik. Generator, trafo, sekering, pemutus sirkuit dan penampang konduktor harus memiliki dimensi yang memadai untuk daya semu. Daya Semu merupakan resultan antara daya nyata dan daya reaktif. Satuan dari daya semua adalah volt

ampere (VA). Daya semu untuk sistem fasa tunggal, sirkuit dua kawat adalah perkalian sacalar arus efektif dan beda tegangan efektifnya.

Daya semu merupakan daya yang dihasilkan dari perhitungan-perhitungan listrik sebelum dibebani dengan beban-beban listrik. Beban yang bersifat daya semua adalah beban yang bersifat resintansi memiliki satuan VA. Peralatan listrik atau beban pada rangkaian listrik yang bersifa tresintansi tidak dapat dihemat karena tegangan dan arus listrik memiliki nilai factor daya adalah 1 [14]. Daya semua aadalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan.



Gambar 2.2.12 Segitiga Daya

Segitiga Daya merupakan segitiga yang menggambarkan hubungan matematika antara tipe-tipe daya yang berbeda antara daya semu, daya aktif dan daya reaktif berdasarkan prinsip trigonometri[15].

Adapun Persamaan Daya Semu adalah sebagai berikut :

Daya Semu

$$S = V \times I \times \cos \varphi \text{ (untuk 1 fasa)} \dots\dots\dots(5)$$

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \text{ (untuk 3 fasa)} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

S adalah Daya Semu (Volt Ampere)

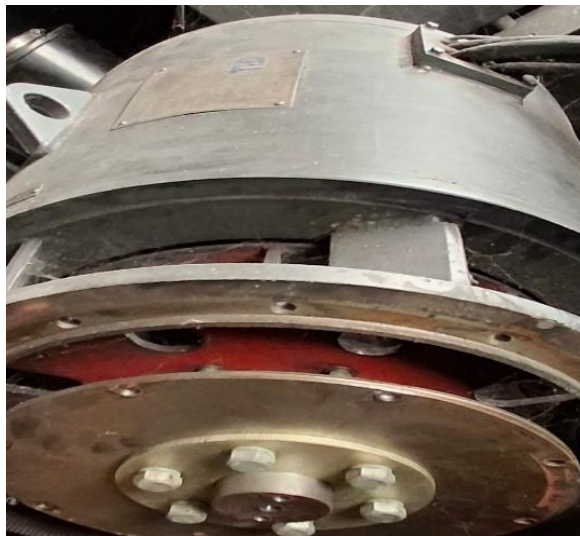
V adalah Tegangan Listrik (Volt)

I adalah Arus Listrik (Ampere)

cos φ adalah Faktor Daya

2.2.13 Generator

Menurut [11] Generator / alternator adalah komponen yang berfungsi sebagai pembangkit listrik untuk semua kendaraan, termasuk mobil. Peran generator berkaitan sangat erat dengan aliran listrik dalam sebuah kendaraan, yang berdampak pada kinerjanya.



Gambar. 2.2.13 Generator

Menurut [16] Efisiensi generator adalah perbandingan antara daya output generator yang berbanding lurus dengan daya input mekanis generator. Di mana persamaan efisiensi generator adalah:

Menurut [17] Generator set merupakan seperangkat yang terdiri dari Engine dan Generator. Genset memiliki fungsi sebagai alat untuk menghasilkan tegangan listrik, Engine menggunakan sebuah mesin disel yang digunakan untuk memutar poros, sedangkan generator atau alternator adalah alat pembangkit tenaga listrik. Yang termasuk ke dalam komponen dari engine di antaranya blok mesin disel, bahan bakar sedangkan komponen dari generator atau alternator adalah sebuah kumparan tembaga atau kumparan yang terdiri dari stator (kumparan setatis) dan rotor (kumparan berputar).

Menurut [18] Energi listrik merupakan bentuk energi yang sangat umum merupakan bagi masyarakat secara luas, penggunaan energi listrik tidak sekedar

terbatas pada daerah atau konsumen kelas atas, namun energi listrik juga di konsumsi oleh masyarakat menengah dan masyarakat kalangan bawah. Generator 3 fasa merupakan sumber utama pembangkit tenaga listrik yang tidak asing lagi di dunia kelistrikan, hampir seluruh sistem pembangkit listrik di dunia menggunakan generator sinkron sebagai sumber energi listrik, terkecuali pada kondisi dan suatu tujuan tertentu.

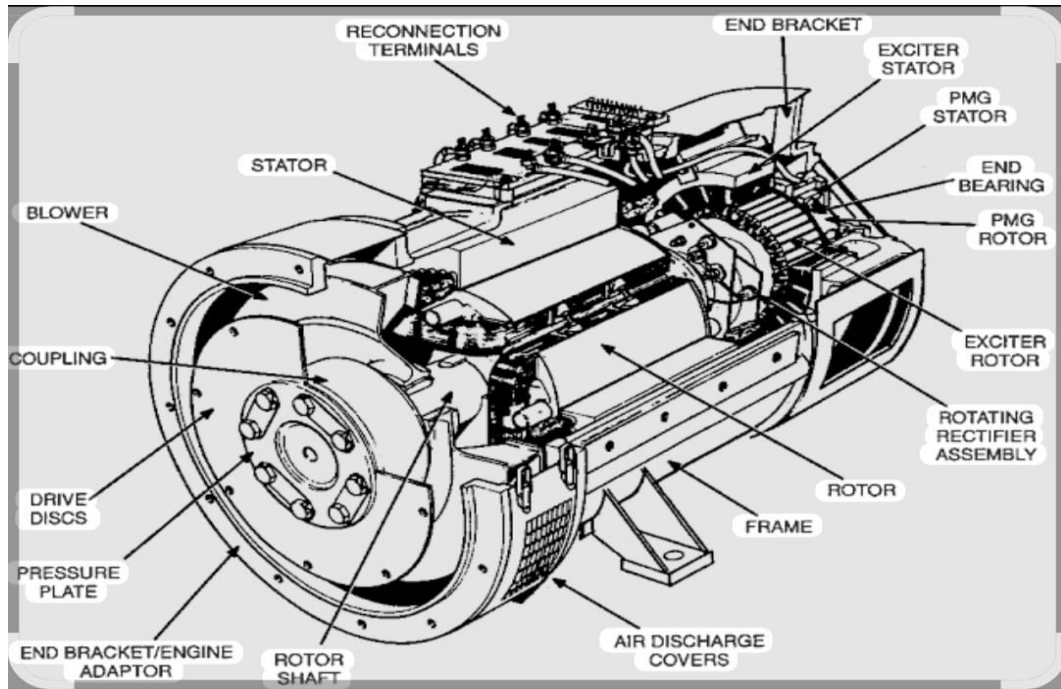
Generator tiga fasa adalah jenis generator listrik yang menghasilkan tiga arus bolak balik (AC) terpisah, dengan setiap fasa tertinggal 120° sehingga menghasilkan daya yang lebih efisien, stabil dan berkelanjutan untuk berskala besar seperti industri komersial, dan pabrik. Prinsip kerjanya pada putaran rotor (*medan magnet*) di dalam kumparan stator yang menginduksi tiga arus AC yang terpisah. Adapun rumus untuk menghitung rugi-rugi daya sebagai berikut:

$$R_{total} = R_R + R_S + R_T \dots\dots\dots (7)$$

$$P_{loss} = 3 \times I^2 \times R \dots\dots\dots (8)$$

Dimana

1. I = Arus yang mengalir
2. R = Hambatan kabel perfasa
3. Angka 3 menunjukan bahwa rugi-rugi daya terjadi kepada tiga fasa penghantar



Gambar .2.2.13 Komponen Generator

Menurut [19] Generator sinkron yang pada umumnya merupakan prinsip mesin sinkron yang digunakan sebagai generator arus bolak balik (alternating current generators), generator sinkron biasa dioperasikan secara bersamaan atau (paralel), membentuk sebuah power sistem untuk mengalirkan tegangan ke suatu beban atau konsumen. Seperti : ke sebuah pesawat udara yang sedang membutuhkan suplai tegangan. Mesin sinkron memiliki dua tipe di antaranya adalah:

- Rotating armatur type seperti sebuah kumparan/belitan armatur berada di rotor dan medan gaya magnet berada di setator
- Rotating fieldtype seperti kumparan/belitan armatur atau terminal ada di stator dan medan gaya magnet di rotor.

Adapun rumus jatuh tegangan iyalah :

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times R \times L \dots\dots\dots(9)$$

Dimana

ΔV = Jatuh tegangan (volt) ini adalah selisih antar tegangan di pangkal dengan tegangan di ujung beban

$\sqrt{3}$ = Konstanta untuk sistem 3 fasa

- I = Arus listrik yang mengalir (A)
- R = Hambatan atau resistansi kabel (ohm)
- L = Panjang kabel (meter)

Menurut [20] Penggerak utama pada generator adalah terdapat sebuah stator yang berfungsi sebagai penerima induksi magnet melalui rotor, cara kerjanya adalah tegangan dialirkan melalui armatur ke beban. Bentuk stator sendiri memiliki bentuk seperti rangka silinder dengan jumlah lilitan kawat penghantar dengan jumlah lilitan yang banyak, stator sendiri terbuat dari bahan feromagnetik kemudian di laminasi untuk mengurangi kehilangan arus di pusar.

Dalam tiga fase generator sinkron terdapat stator yang terdiri dari berbagai lapisan belitan. iyalah belitan ganda atau belitan satu lapis. Rotor berfungsi untuk menghasilkan tegangan yang di hasilkan dari medan magnet yang sama dan kemudian di induksi menuju stator.

Menurut [21]Generator merupakan yang mengubah energi mekanik atau energi gerak menjadi energi listrik dengan memanfaatkan proses induksi elektromagnetik dengan menggunakan mesin pembakaran internal seperti mesin bensin atau disel untuk menggerakkan generator prinsip kerja generator didasarkan pada hukum faraday, yaitu arus listrik akan di induksikan pada suatu penghantar apabila terjadi perubahan fluks magnetik terhadap penghantar tersebut. Gejala induksi elektromagnetik terjadi dikarenakan adanya beda tegangan antara kedua ujung kumparan yang berada di dalam medan magnet selalu berubah-ubah seperti dijelaskan oleh kirkland, medan magnet yang berubah akan menciptakan medan listrik pada konduktor di sekitarnya, yang mendorong elektron bebas dalam konduktor. Kondisi ini menyebabkan timbulnya gaya gerak listrik atau GGL. Yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Besar GGL di pengaruhi oleh jumlah lilitan pada kumparan serta kecepatan pada perubahan fluks magnet terhadap waktu. Secara matematis hubungan ini dirumuskan dengan:

$$e = N \frac{dQ}{dt} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

- e = gaya gerak listrik (Volt)
- N = jumlah lilitan pada kawat kumparan

$$\frac{dQ}{dt} = \text{laju perubahan fluks magnetik (weber per detik)}$$

Prinsip ini menjadi dasar utama dalam pembangkitan energi listrik pada sistem generator pesawat terbang baik untuk arus searah (DC), maupun arus bolak-balik AC.

Menurut [22] Perubahan beban akan mempengaruhi temperatur lilitan stator. Besar temperatur lilitan berbanding lurus dengan beban generator. Namun peran dari sistem pendingin generator akan mempengaruhi temperatur lilitan stator apabila beban generator berubah. Besar temperatur lilitan stator tidak boleh melebihi batas yang ditetapkan oleh Perbedaan suhu lilitan stator mempengaruhi rugi tembaga lilitan stator. Rugi daya lilitan stator besarnya bervariasi tergantung dari besaran suhu lilitan stator. Besar rugi lilitan stator berbanding lurus dengan temperatur lilitan.

2.2.14 SPESIFIKASI GENERATOR GROUND POWER UNIT

GENERATOR	
Manu facturer	Leroy Somer
Power	120 KVA
Current	347 Ampare
Power Factor	0,8
Voltage	115/200 VAC
Frequency	400Hz
Speed	1846 rpm
Isolation Class	F1
Ambient Temp	40°C
Rise by Res	105° C
Frame Type	430
Weight	870 kg
Service duty	Continue

2.2.15 INSPEKSI SEBELUM PENGOPRASIAN GROUND POWER UNIT



- Oli mesin cukup
- Air radiator cukup
- Air baterai cukup
- Bahan bakar indikator minimal 50 %

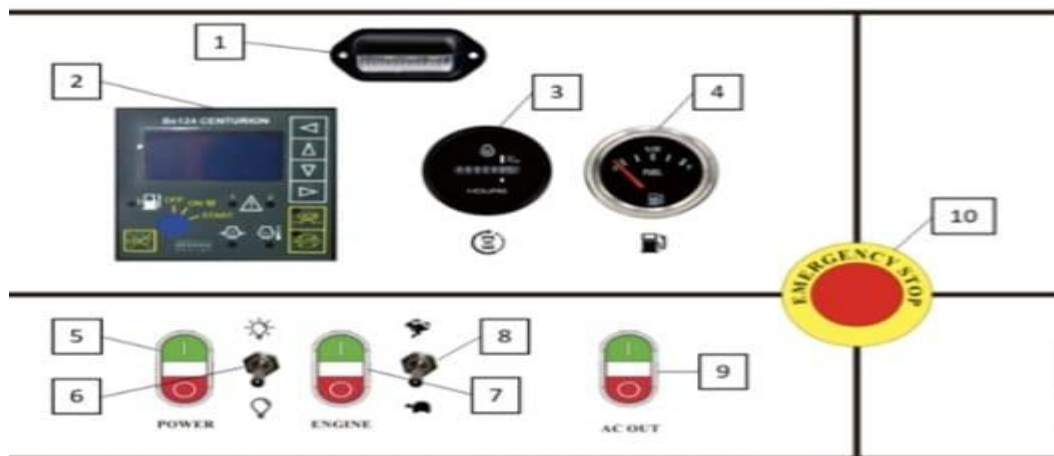


- tidak boleh mengoperasikan GPU lebih dari 80 % dalam jangka waktu yang lama



- jika salah satu lampu LED warning menyala segera matikan mesin dan informasi ke teknisi GPU

2.2.16 PANEL KONTROL



Gambar 2.2.16 panel kontrol

Panel kontrol adalah pusat pengoprasian Ground power unit (GPU). Pada GPU di Kualanamu, panel kontrol menggunakan Be 124 dari bernini desain sebagai otak utamanya, semua komponen panel ini terhubung ke kontrol Be 124 centurion. Jika sensor mendeteksi gangguan yang lebih atau kurang dari batas yang di tentukan, akan memerintahkan kontaktor AC out nomor 9 untuk ngetrip dan seketika enggine akan berhenti, juga kita bisa mematikan enggine dengan menekan

tombil pada angka 7 jadi panel ini dirancang sehingga oprator dapat mudah mengoprasikan henya dengan 4 langkah dengan cara tekan tombol powe nomor 5 seluruh sistem panel akan menyala, lalu tekan tombol angka 7 untuk enggine start, lalu naikan togel switch nomor 8 untuk menaikkan RPM, lalu tekan AC out nomor 9 maka tegangan 115 Vac 400 Hz akan di alirkan untuk penggunaan pesawat udara.

No.	Nama komponen	Tipe	Merek
1	Lampu panel	24 v	General
2	GPU Controller	BE 124	Berninin Design
3	DC Hourmeter	V3-4N-3700	Veethree
4	Fuel meter 24 VDC	101584	Datconl
5	Double Pushbutton on/of	S2tr-p3wabl	Autonics
6	Togle switc forlamp	Switch on/of	General
7	Double pusbutton enggine	S2tr-p3wabl	Autonocs
8	Toggle switch idl rpm	Toggle switch on/of	General
9	Double pushbutton AC on/of	S2tr-p3wabl	Autonics
10	Emergency switch	S2er-e3rb	Autonics

Gambar 2.2.16 tabel komponen panel kontrol

2.2.17 KOMPONE ELEKTIKAL GROUND POWER UNIT

1. Switch temperatur



Gambar 2.2.17. Sensor temperatur

Menurut [23] pendinginan mesin disel terjadi ketika mesin bekerja, mesin disel dari hasil pembakaran dapat meningkatkan suhu temperatur lebih dari 200° C. Kemudian suhu diturunkan melalui sistem pendinginan dalam (radiator), dengan

menggunakan cairan (*air coolant*) yang menyerap panas dan membuangnya melalui sistem radiator.

Switch temperatur adalah komponen elektronis yang mendeteksi suhu dan mengirimkan sinyal ke kontrol BE 124 Centurion. Sehingga dapat diketahui temperatur suhu pada mesin disel saat sedang bekerja, jika temperatur mencapai 100° C maka kontrol BE 124 Centurion akan memberi sinyal lampu merah di layar monitar, dan sistem kontrol secara otomatis menghentikan tegangan yang mengalir ke speed control sehingga mesin langsung berhenti bekerja.

2. Solenoid Injeksi Pump



Gambar 2.2.17 Solenoid Injeksi Pump

Menurut [24] Bosch pump / Injeksi pump adalah suatu pompa yang tugasnya menekan bahan bakar dari tangki ke Nozzel untuk di kabutkan di ruang bakar dengan tekanan tinggi (max 300 kg/cm²). Bahan bakar yang di injeksikan dengan tekanan tinggi akan membentuk kabut dengan partikel-partikel kecil sehingga bahan bakar dapat mudah bercampur dengan udara dan mudah terbakar.

Solenoid pompa bahan bakar Cummins adalah komponen elektomagnetis yang berfungsi untuk mengontrol bahan bakar kedalam mesin disel. Solenoid ini berfungsi sebagai katup buka dan tutup bahan bakar sesuai dari yang di perintahkan oleh speed control, Sehingga RPM pada mesin tetap terjaga dan setabil. Dengan spesifikasi :

Tiype	: solenoid pompa bahan bakar
Nomor bagian	: 3935430
Tegangan	: 24 VDC
Penggunaan pada mesin	: cummins 6BT. 5,9

3. Speed Sensor

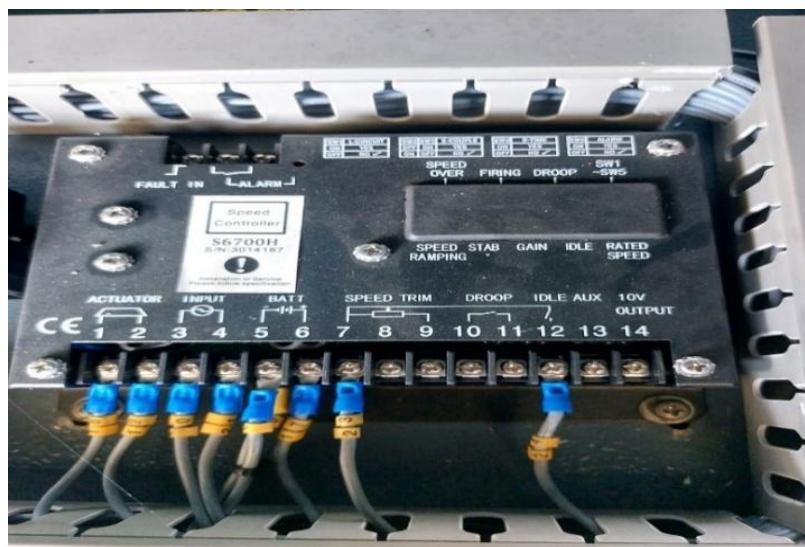


Gambar 2.2.17 Speed Sensor (Sensor Kecepatan)

Menurut (Alfano Rega Putra Darmi 1910911035) Sensor kecepatan atau velocity sensor merupakan sebuah sensor yang di gunakan untuk mendeteksi kecepatan gerak benda untuk selanjutnya di ubah ke dalam bentuk sinyal elektik. Salah satunya adalah komponen elektronika yang disebut sensor sebagai mendeteksi besaran listrik sehingga dapat di baca oleh kontrol BE 124 Centurion.

Speed sensor pada ground power unit (GPU) adalah sebuah komponen untuk mengukur kecepatan pada sebuah gear falaiwheel dan mengirimkan informasi ke speed control sehingga dapat dibaca oleh kontrol BE 124 centurion.:

4. Speed Controller Genset S6700H



Gambar 2.2.17 Speed Sensor

Menurut [7] Speed sensor adalah sebuah komponen yang berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur kecepatan putaran pada *gear flywheel*, *speed sensor* akan mengirimkan informasi kecepatan ke sistem kontrol, agar dapat diolah dan digunakan untuk ditampilkan sebuah kecepatan pada *Control Be 124 Centurion*.

Dengan spesifikasi:

Tipe	: s6700H
Merek	: cummins
Rentang suhu	: 40°C - 85°C
Tegangan	: 24 VDC
Sinyal sensor	: 0.5 – 120 V RMS
Rentang arus output	: 50 ma, 0-10A / 2.5-10A
Kelembapan	: kurang dari 95%
Penyesuaian RPM (drop)	: 0 - 5%
Kecepatan halus	: ± 400 Hz

5. Fuse Holder



Gambar 2.2.17 Fuse Holder

Menurut [25] Untuk meningkatkan keandalan sebuah instalasi listrik dengan memperhatikan pengaman hubungan singkat, maka yang dihasilkan seorang teknisi adalah pada saat pemasangan pengaman (FUSE) dengan

menerapkan pada sensitivitas pada pengaman, untuk memutus tegangan pada saat terjadi gangguan instalasi listrik dengan sangat cepat, keandalan pengaman hubungan singkat harus berfungsi dengan baik tanpa adanya kegagalan, dan kemampuan sebuah pengaman harus dapat membedakan antara gangguan suatu rangkaian instalasi listrik dengan rangkaian yang lain. Dengan ketentuan sebagai berikut:

- Sebagai kaki dudukan untuk NT/NH fuse yang akan di pasang
 - Fuse ini sejenis MCB yang memiliki batas ketahanan ampere
 - Fuse ini lebih sensitif, jika terjadi beban lebih fuse ini akan langsung putus.
- dengan spesifikasi :

Arus : 10 Ampere

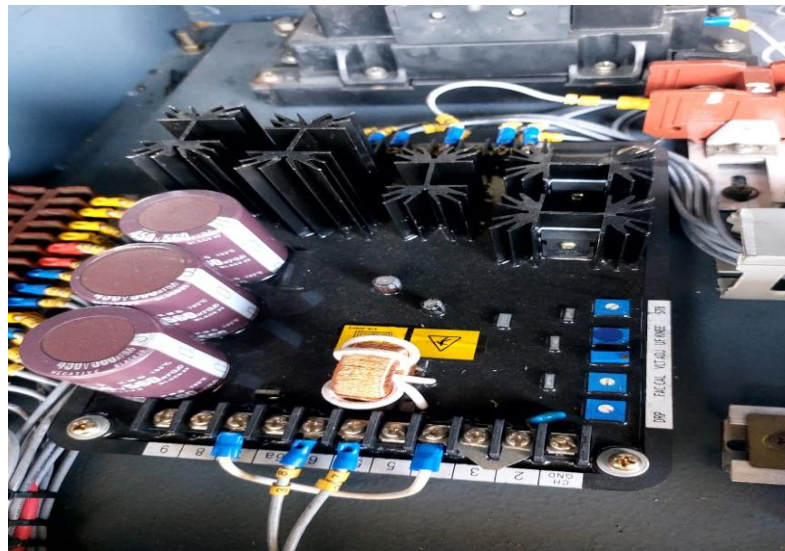
Merek :TAB

Tipe : TAB fuse R015 RT18 TR 14 G1

Tegangan : 500 V – 50 KA

Dimensi : 10 x 38 mm / STD VDE0636 IEC269

6. Automatic Voltage Regulator (AVR)



Gambar 2.2.17 Automatic Voltage Regulator (AVR)

Menurut [26] pada saat perubahan pada beban akan mempengaruhi suatu tegangan keluaran pada generator. Apa bila suatu beban meningkat maka tegangan yang keluar dari satu generator akan menurun, dan apa bila beban menurun maka

tegangan yang keluar dari generator meningkat. Agar Ground power unit (GPU) dapat menjaga kestabilan tegangan keluaran maka di perlukan sebuah AVR (Automatic Voltage Regulator). Arus diatur untuk menjaga kestabilan tegangan keluaran dari sebuah Ground power unit (GPU). Sistem ini di perlukan pada sebuah GPU untuk menjaga kestabilan tegangan. Sehingga sistem yang berada pada pesawat udara dapat bekerja dengan baik saat penggunaan GPU pada saat didarat.

Prinsip kerja dari sebuah AVR adalah untuk mengatur arus pengeluaran, apabila tegangan pada generator dibah normal maka AVR memperbesar arus penguatan dan juga sebaliknya apabila tegangan generator melebihi dari yang dibutuhkan maka AVR akan mengurangi arus penguatan. Maka dari itu apa bila tegangan keluaran dari generator berubah maka di stabilkan oleh AVR secara otomatis.

Menurut [27] Dikarenakan tegangan pada GPU AC sering berubah di sebabkan suatu beban pada pesawat udara maka diperlukan sebuah alat untuk menjaga tegangan tetap konstan (setabil) dengan cara menggunakan alat bantu yang sering disebut pengatur sebuah tegangan atau voltage regulator untuk mengatur besarnya eksistensi medan DC yang terdapat pada generator. Apabila tegangan pada generator yang disebabkan oleh beban pengatur tegangan secara otomatis menaikkan tegangan, sehingga tegangan tetap stabil pada saat penggunaan suplai pada pesawat udara. Dengan spesifikasi:

Merek	: Basler
Fungsi	: Mengatur tegangan generator otomatis
Frekuensi	: 400 Hz / 63 – 200 VAC
Input	: 180 – 264 VAC, 3 FASA, 400 Hz
Input CT	: 1 atau 5 ACC, 400 Hz
Input aksesoris	: ± 3 VDC

7. Relay Omron



Gambar 2.2.17 Relay Omron

Menurut [28] Relay adalah sebuah saklar yang di kendalikan oleh arus, relay memiliki kumparan tegangan rendah yang di kendalikan oleh tombol power dan juga sebuah pengontrol, relay eksekutor rangkaian tunda relai sebagai pemutus dan penghubung tegangan pada rangkaian electrikal, dengan menggunakan prinsip elektromagnetik, relay memungkinkan suatu rangkaian listrik untuk mengontrol rangkaian lain secara otomatis. Fungsi utama pada relay :

- a) Memungkinkan sinyal listrik berdaya rendah untuk mengendalikan beban listrik bertenaga tinggi.
- b) Relay menyediakan isolasi listrik antara sebuah rangkaian elektikal bertegangan rendah bekisar 24 VDC dan rangkaian bertegangan tinggi untuk mengendalikan.
- c) Digunakan dalam sistem kontrol digital untuk menghubungkan tegangan rendah ke sebuah switching.
- d) Relay mengontrol sinyal listrik dari berbagai bagian generator
- e) Kumparan yang terhubung akan menginduksi gaya magnet yang menggerakkan kontaktor listrik.
- f) Membantu menjaga kestabilan listrik untuk mencegah gangguan yang terjadi pada rangkaian electrikal. Dengan spesifikasi:

Merek : Omron

Tegangan : 24 VDC

Arus koil : 36,9mA
Resistansi koil : 650 Ω
Tegangan maksimu : 110%

8. Cylinder Current Transformer (CT)



Gambar 2.2.17 Cylinder Current Transformer (CT)

Menurut [29] Current transformer merupakan sebuah peralatan yang digunakan untuk mengukur besaran arus pada tegangan keluaran dari sebuah generator yang berskala besar dengan melakukan transformasi besaran arus yang besar menjadi besaran arus yang kecil yang di gunakan pada sebuah rangkaian arus bolak balik atau AC. Dengan baik dan akurat.

CT juga merupakan sebuah trafo yang dipergunakan untuk pengambilan input data masuk berupa besaran arus dengan cara sebuah perbandingan belitan pada belitan primer atau sekunder. Trafo ini bisa digunakan sebagai pengukuran tidak langsung beban yang mengalir dan membatasinya. Graound power unit memiliki CT dengan spesifikasi :

- Merek : General (GE)
- Tipe : 500/5 A
- Akurasi : 0,5 %
- Tegangan sirkuit maksimum : 600 V
- Beban terukur : 5 VA
- Frekuensi : 50/60 Hz
- Arus primer : 500 A

- Arus sekunder : 5 A

Current coil ini berfungsi untuk mengukur arus listrik yang tinggi dengan mengubahnya menjadi arus yang lebih rendah yang aman untuk diukur oleh, seperti ammeter atau meter energi, Secara umum tegangan maksimum pada sirkuit untuk transforme arus (CT) tipe 500/ 5 Ampere adalah 600 atau 720 Volt, meskipun rasio arus sama, CT dengan rasio 500/ 5 Ampere bisa memiliki spesifikasi arus yang berbeda model GE untuk aplikasi tegangan rendah dapat digunakan pada sirkuit hingga 600V sementara CT untuk aplikasi tegangan tinggi mencapai hingga 10 kva atau bisa lebih.

9. Kontaktor



Gambar 2.2.17 Kontaktor

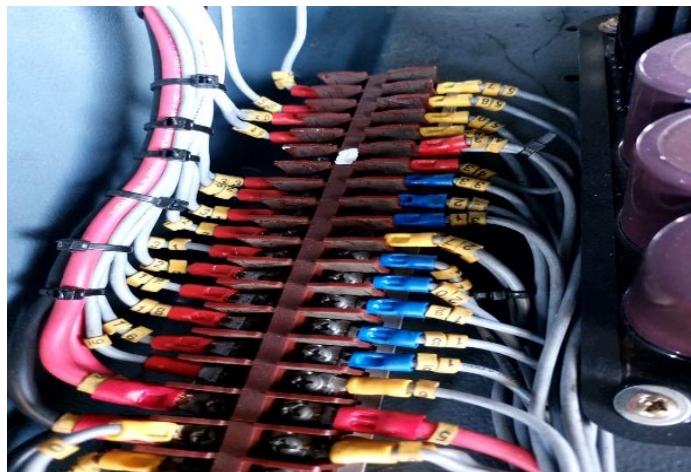
Menurut [30] Kontaktor atau saklar magnet adalah sebuah saklar yang bekerja menggunakan medan magnet. Magnet bekerja sebagai penghubung dan pelepas kontak, kontaktor harus mampu mengalirkan dan memutus arus dalam keadaan kerja normal. Arus bekerja secara normal adalah arus yang mengalir selama pemutus tidak dilakukan, kontaktor dengan kumparan magnet (coil) dapat dirancang untuk arus searah (DC) dan arus bolak balik (AC). Kontaktor AC pada inti magnet dipasang cincin hubung singkat. Agar kontaktor dapat bekerja dengan baik.

Sebuah kontaktor arus bolak balik pada dasarnya sama dengan kontaktor arus searah. dikarenakan arus bolak balik berbentuk seperti sebuah gelombang

sinusoida, maka dalam satu periode terdapat dua kali besar tegangan sama dengan nol. Jika frekuensi arus bolak balik 50 Hz berarti dalam setiap detik terdapat 50 gelombang. Dan satu periode akan memakan waktu $1/50 = 0.02$ detik dan menempuh dua kali titik nol dengan begitu dalam satu detik terjadi 100 kali titik nol atau dalam 1 detik terjadi kehilangan magnet 100 kali. Maka dari itu untuk menutupi kehilangan yang terjadi sehingga dibuat belitan hubungan singkat yang bekerja sebagai pembangkit induksi magnet ketika arus pada kumparan magnet menghilang. Dengan spesifikasi:

Merek	: Fuji Elektrik
Tipe	: SC-N6
Tegangan koil	: DC 200 – 240 V
Arus (AC-1)	: 150 A
Tegangan insulasi	: 1000 v
Tegangan impuls	: 8 KW
Aplikasi	: Dirancang untuk membuka dan menutup sirkuit DC
Coil	: Menggunakan teknologi super magnet di kendalikan IC
Keandalan	: pengoperasian yang tinggi berkat (IC-equipped spur magnet)

10. Terminal Block Wiring



Gambar 2.2.17 Terminal Block Wiring

Block wiring adalah sistem penyambungan kabel menggunakan terminal sebagai komponen utama untuk menghubungkan dua atau lebih kabel secara aman

sebagai penghubung dengan terminal logam dan dikencangkan dengan sekrup, memberikan penyambungan yang rapi, aman, dan mudah untuk melakukan pemeliharaan (pemeriksaan).

Fungsi utama dari terminal blok adalah sebagai penghubung antara kabel listrik dalam sebuah sistem, selain itu terminal blok juga membuat kabel menjadi aman dan dapat menghindari kerusakan dari kabel yang tak beraturan, beberapa jenis terminal blok juga dilengkapi fitur yang dapat memutuskan atau menguji sambungan tanpa harus melepas kabel sehingga membuat perawatan instalasi menjadi lebih mudah.

11. Kabel Ground Power Unit



Gambar 2.2.17 Kabel Ground Power Unit

Kabel Ground power unit adalah kebal penghubung untuk mengalirkan tegangan ACV dari *ground power unit* ke pesawat udara pada saat di darat kabel ini berperan sebagai penyuplai tegangan dari GPU ke pesawat udara yang dilakukan untuk maintenance / perbaikan sistem pesawat udara, tanpa harus menghidupkan mesin utama pada pesawat udara, yang dirancang untuk menyalurkan daya listrik frekuensi tinggi (400 Hz) dari GPU didarat ke pesawat, berbeda dari kabel listrik rumah tangga kabel ini harus memenuhi standar keselamatan dan kinerja yang sangat ketat di karna lingkungan kerja yang ekstrim. Adapun rumus untuk menghitung hambatan penghantar adalah:

$$R = \rho x \frac{L}{A} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana :

1. R = Hambatan kabel
2. $\rho_{(rho)}$ = Hambatan jenis bahan penghantar ($\Omega \cdot mm^2/m$)
3. L = Panjang kabel (meter)
4. A = Luas penampang kabel

Yang berfungsi sebagai menggantikan APU (Auxiliari power unit) dengan menggunakan GPU pesawat dapat menghemat bahan bakar, mengurangi kebisingan, dan meminimalkan emisi di bandar udara, GPU menyediakan daya yang stabil untuk keperluan teknis, seperti pemeriksaan error, perawatan, dan pengujian pesawat udara saat didarat, kabel ini adalah bagian dari sistem kelistrikan GPU yang dihubungkan langsung ke pesawat udara dengan menggunakan kepala kabel penghubung (kepala kabel konektor). Adapun rumus untuk menghitung persentasi rugi daya adalah:

$$\% p_{loss} = \frac{p_{loss}}{p_{beban}} \times 100\% \dots\dots\dots(11)$$

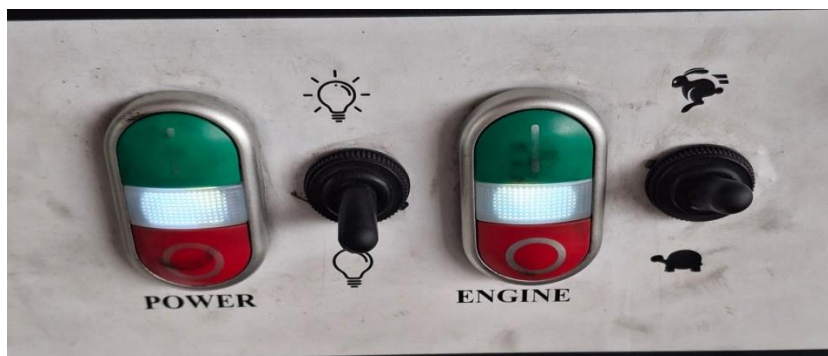
Dimana

P_{loss} = Rugi daya

P_{beban} = Daya yang di alirkan

100 % = Faktor pengalih untuk mengubah nilai desimal menjadi satuan persen

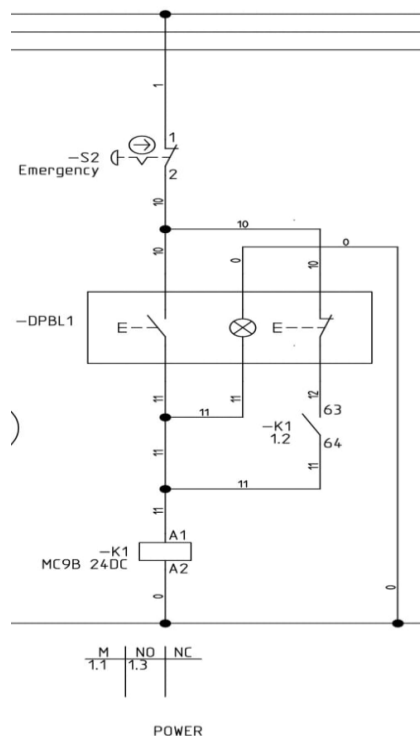
12. Toggle Switch Dan Double Push Button



Gambar 2.2.17 Togle Switch dan Push Button

- **Push button** adalah komponen yang berfungsi sebagai saklar untuk menghubungkan dan memutuskan rangkaian listrik tombol ini bekerja dengan prinsip sederhana yaitu menutup atau membuka rangkaian listrik ketika di tekan. Disaat push buton power hijau ditekan seluruh panel elektrikal akan setendby dan kontrol be 124 centurion akan membaca dan bersiap untuk enggine start dengan spesifikasi :

- Nama : DOUBLE PUSH BUTTON FOR POWER ON/OFF
- Merek : AUTONICS
- Type : S2TR-P3WABL; LAM 24VDC



Gambar 2.2.17 Diagram Wairing Double Push Button

- **Toggle switch** tidak bedah jauh dari push button iyalah saklar yang mengontrol aliran listrik, hanya saja toggle switch menggunakan tuas yang di tekan ke atas atau ke bawah untuk menyambung dan memutuskan arus listrik secara langsung dengan tuas yang di pindahkan. Dengan memindahkan tuas toggle switch ke atas maka enggine GPU (*ground power unit*) akan run, sehingga SPEED RPM akan naik hingga mencapai 1838 dan dengan tekanan oli mesin mencapai 3.0 psi dengan spesifikasi:

- nama : TOGGLE SWITCH FOT IDLE-RATE RPM

- merek : GENERAL
- type : TOGGLE SWITCH ON/OFF
- wiring code : S6

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu Dan Tempat

Adapun waktu dan tempat pada saat pelaksanaan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

3.2. Waktu

Waktu yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dimulai dari tahun 2025 sampai 2026.

Tabel 3.2 waktu penelitian

NO	KETERANGAN	BULAN KE							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Kajian literatur								
2	Penyesunan proposal penelitian								
3	Penulisan bab 1 sampai bab 3								
4	Analisa data								
5	Seminar proposal								
6	Seminar akhir								
7	Sidang akhir								

3.2.1 Survei Data

Penulis mengumpulkan data – data informasi pada populasi yang besar dengan menggunakan sampel yang relative lebih kecil penulis juga melakukan pengamatan secara langsung terhadap suatu peroses yang sedang berjalan atau berlangsung.

3.2.2. Tempat

Penelitian dilakukan dengan pengambilan data di salah satu maskapai penerbangan sipil **PT. lion mentari air lines** di bandara internasional Kuala Namu yang beralamat di Pasar Enam Kuala Namu, Kecamatan Beringin, Kabupaten Deli Serdang Sumatera Utara.

3.3. Alat Dan Bahan.

Untuk mengetahui sistem kinerja pengendali generator kontrol BE124 Centurion dengan osiloskop, diperlukan alat sebagai bentuk pengujian pada ground power unit sebelum digunakan pada pesawat udara. Alat-alat ini berfungsi untuk memantau performa genset dan semuanya diperlukan untuk mengetahui frekuensi dan tegangan agar sesuai dengan yang dibutuhkan sebagai berikut :

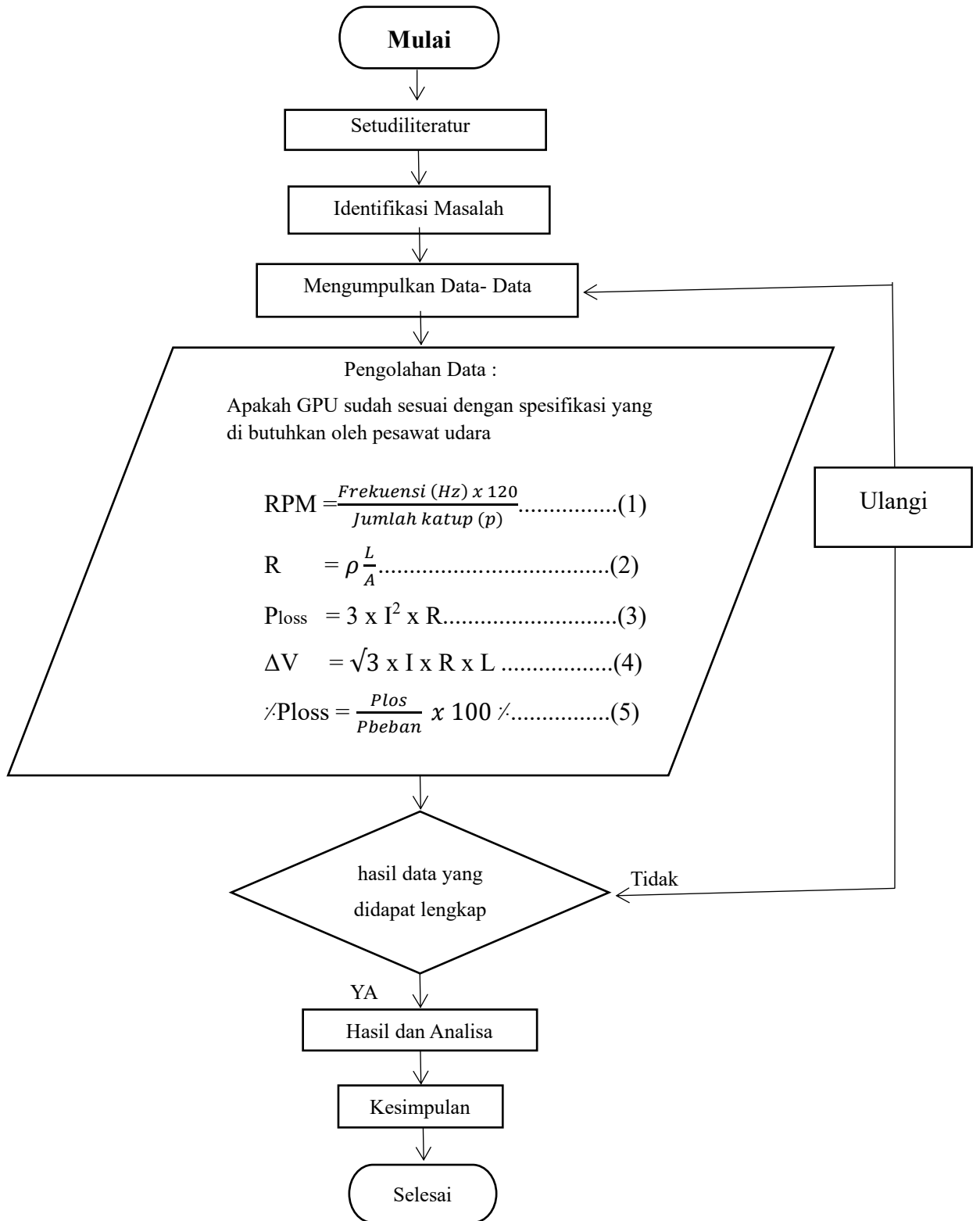
3.4 Alat Perancangan

Untuk mengetahui sistem ini penulis menggunakan beberapa alat yang digunakan untuk menguji dan mengetahui tegangan yang dikeluarkan pada saat penggunaan *ground power unit*. Adapun alat yang digunakan sebagai berikut :

- a) Obeng negatif untuk mengatur RPM pada speed control dan mengatur tegangan keluaran AVR.
- b) Stopwatch untuk mengetahui lama waktu kontaktor ngetrip saat tegangan output lebih dan saat tegangan output berkurang.
- c) Tang amper untuk mengetahui tegangan keluaran dan memeriksa sistem kelistrikan saat ada gangguan.
- d) Load banks tiga fasa berfungsi untuk menguji beban yang terkontrol untuk mengukur dan memastikan akurasi beban, untuk memantau tegangan dan arus secara real time selama pengujian.

3.5. Bagan Alir Penelitian

Pada penelitian yang di lakukan ada beberapa tahap yang perlu di lakukan secara singkat dan dapat digambarkan dalam diagram berikut berikut:



3.6. Proses Penggunaan GPU



GBR. PANEL CONTROL GPU

- a) putar switchbattery ke posisi ON
- b) pastikan posisi EMERGENCY STOP tida dalam posisi off
- c) tekan tombol hijau pusbuttonpower, dan tunggu hingga hingga display be 124 menyala
- d) pastikan lampu LED auto menyala jika tidak tekan tombol auto
- e) tekan tombol hijau pusbutton ENGGINE, enggine akan running dengan RPM idle
- f) pindahkan tggleswitch dari kura-kura ke kelinci RPM enggine akan naik ke ratedspeed.

BAB IV

HASIL PEMBAHASAN

4.1 Sistem Proteksi Ground Power Unit (GPU) Dengan Be 124 Centurion

Dari hasil pengamatan secara langsung di PT. Lion Mentari Air Lines, sistem proteksi pada Ground power unit GPU yang di kendalikan kontrol Be 124 centurion bekerja secara otomatis dan sangat sensitif terdapat tiga kondisi utama proteksi :

1. Proteksi Engine :

Pada saat tekanan oli turun mendekati 0 Psi atau temperatur engine mendekati 100°C, kontrol Be 124 langsung mematikan engine hal ini untuk mencegah kerusakan yang sangat fatal pada mesin disel Cummin 6BT5.9.

2. Proteksi Alternator

Saat tegangan L-N atau <105 V selama 15 detik dan frekuensi >420 Hz atau <380 Hz selama 15 detik maka kontaktor output akan ngetrip dan engine shutdown respon ini cukup cepat untuk melindungi avionik pada pesawat udara.

3. Proteksi Interlok

Kontaktor output AC tidak akan terhubung jika tidak ada sinyal E-F 28 Vdc dari pesawat. Ini mencegah kesalahan koneksi dan memastikan daya hanya mengalir saat kabel benar-benar ter koneksi.

4.2 Data Pada Kabel Ground Power Unit (GPU)

Ground power unit menggunakan kabel konektor setandar SNI dengan spesifikasi berikut:

Merek : SUPRAME
SNI : 04-6629,3
Kode Material : CU/PVC-F & NYAF
Ukuran : 150 MM²
Tegangan : 450/750V
Panjang : 30 Fit
Hambatan : $1,72 \times 10^{-8} \Omega.M$

4.3 Pengambilan Data

4.3.1. Data Tegangan Tanpa Beben Pada Ground Power Unit (GPU)

Data diambil sebelum Ground Power Unit diberi beban atau sebelum di gunakan untuk menyuplai pada pesawat udara saat di darat, data di ambil melalui panel kontrol be 124 centurion yang terdapat Pada Ground Power Unit.

Tabel 4.3.1 Data pengukuran generator

Tanggal	Fasa-Netral	Tegangan (V)	Frequency (Hz)
28-12-2025	L1 – N (R)	115	400
	L2 – N (S)	115	
	L3 – N (T)	115	

Data di ambil sebelum Ground power unit di beri beban ini adalah tegangan antara fasa ke netral pada saat GPU tanpa beban, ketiga fasa menghasilkan arus L1, L2, L3, dengan frekuensi 400 Hz ini suda sesuai standar kelistrikan pada pesawat udara yaitu 115 Vac 400Hz.

Tabel 4.3.2 Data pengukuran generator

Tanggal	Fasa-Fasa	Tegangan (V)	Frequency (Hz)
28-12-2025	L1 – L2	200	400
	L2 – L3	200	
	L1 – L3	200	

Tegangan antar fasa adalah 200V dengan frekuensi 400 Hz ini juga sudah sesuai standar 200 Vac 3 fasa 400 Hz

4.3.2 Data Tegangan Dengan Bebean Pada Ground Power Unit

Data di ambil setelah Ground Power Unit di beri beban menggunakan alat uji **load banks** agar dapat memenuhi syarat untuk digunakan pada pesawat udara saat didarat untuk menunjang kebutuhan oprasional.

TABEL 4.3.1 Data Pengukuran Generator

Beban (KW)	Arus			tegangan		Frequency (Hz)
	Fasa L1 (R)	Fasa L2 (S)	Fasa L3 (T)	L1-L2	L1-N	
0	4,2	4,4	4,1	200	115	400
8	25,5	25,3	24,9	200	115	400
16	47,1	46,8	46,2	200	115	400
24	68,8	68,7	68,0	200	115	400
32	90,5	90,5	90,5	200	115	400
40	112,7	112,8	112,8	200	115	400
48	134,2	134,5	134,3	200	115	400
56	156,2	156,8	157,1	200	115	400
69	178,0	158,6	180,0	200	115	400

Tabel 4.3.1 adalah menampilkan data utama hasil pengujian Ground Power Unit (GPU) dengan kontrol BE 124 Centurion. Data ini diambil langsung dari display BE 124 Centurion dan tang ampere saat GPU diuji menggunakan load banks 3 fasa. Pengujian dengan load banks bertujuan mensimulasikan beban pesawat udara yang sebenarnya, mulai dari 0 kW atau tanpa beban sampai 69 kW.

TABEL 4.3.2 Nilai Rata-Rata Antar Fasa

Beban (kw)	Arus (A)	Tegangan	
		L1-L2	L1-N
0	4,2	200	115
8	25,2	200	115

16	46,7	200	115
24	68,5	200	115
32	90,5	200	115
40	112,7	200	115
48	134,3	200	115
56	156,7	200	115
69	172,2	200	115

Tabel ini adalah penyederhanaan dari Tabel 4.3.1. Isinya adalah data hasil pengujian GPU dengan kontrol BE 124 Centurion menggunakan load banks 3 fasa di PT. Lion Mentari Air Lines.

4.4 Perhitungan

4.4.1 Menentukan Rugi-Rugi Daya Pada Kabel Ground Power Unit

Pada saat beban diberikan dimana *ground power unit* mengalirkan arus maka rugi-rugi daya dapat di hitung melalui persamaan berikut:

Para meter input pada kabel *ground power unit* :

$$L = 30 \text{ Feet (9,144 Meter)}$$

$$A = 150 \text{ mm}^2$$

$$\rho = 1,72 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{M (Pada Suhu } 20^\circ \text{ C)}$$

sebelum menghitung rugi daya kita harus menghitung nilai hambatan pada penghantar dengan rumus

$$R = \rho \times \frac{L}{A}$$

$$L = 9,144 \text{ M}$$

$$A = 150 \text{ mm}^2$$

$$R = 1,172 \times 10^{-8} \times \frac{9,144}{150 \times 10^{-6}}$$

$$R = 1,72 \times 10^{-8} \times 60,960$$

$$R = 0,001048 \Omega \text{ (per fasa)}$$

1. A. Rugi – Rugi daya (P_{loss}) pada beban 8 kw 25,2 Ampere

$$\text{Rumus} \quad = p_{\text{loss}} = 3 \times I^2 \times R$$

$$P_{\text{loss}} = 3 \times (25,2 \text{ A})^2 \times 0,001048 \Omega$$

$$\begin{aligned} P_{\text{loss}} &= 3 \times 635,04 \times 0,001048 \\ &= 1,996 \text{ Watt} \end{aligned}$$

B. Jatu Tegangan Voltase

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times R \times \cos \phi$$

$$\begin{aligned} \Delta V &= 1,732 \times 25,2 \times 0,001048 \\ &= 0,0457 \text{ Volt} \end{aligned}$$

C. Persentasi Rugi Daya

$$P_{\text{loss}} = \frac{P_{\text{loss}}}{P_{\text{beban}}} \times 100\%$$

P_{loss} = total rugi-rugi daya pada kabel

P_{loss} = total daya beban yang di gunakan

$$P_{\text{beban}} = 8 \text{ kw} = 8000 \text{ watt}$$

$$P_{\text{loss}} = 2,246 \text{ watt}$$

$$P_{\text{loss}} = \frac{1,996 \text{ W}}{8000 \text{ W}} \times 100\%$$

$$P_{\text{loss}} = 0,0002495 \times 100\%$$

$$P_{\text{loss}} = 0,02495 \%$$

2. A. Rugi – Rugi daya (P_{loss}) pada beban 16 kw 46,7 Ampere

$$\text{Rumus} \quad = p_{\text{loss}} = 3 \times I^2 \times R$$

$$P_{\text{loss}} = 3 \times (46,7 \text{ A})^2 \times 0,001048 \Omega$$

$$\begin{aligned} P_{\text{loss}} &= 3 \times 2180,89 \times 0,001048 \\ &= 6,85671816 \text{ Watt} \end{aligned}$$

B. Jatu Tegangan Voltase

$$\begin{aligned}\Delta V &= \sqrt{3} \times I \times R \times \cos \phi \\ \Delta V &= 1,732 \times 46,7 \times 0,001048 \\ &= 0,0847668512 \text{ volt}\end{aligned}$$

C. Persentasi Rugi Daya

$$P_{\text{loss}} = \frac{P_{\text{loss}}}{P_{\text{beban}}} \times 100\%$$

P_{loss} = total rugi-rugi daya pada kabel

P_{loss} = total daya beban yang di gunakan

$$P_{\text{beban}} = 16 \text{ kw} = 16000 \text{ watt}$$

$$P_{\text{loss}} = 6,85671816 \text{ watt}$$

$$P_{\text{loss}} = \frac{6,85671816 \text{ W}}{16000 \text{ W}} \times 100 \%$$

$$P_{\text{loss}} = 0,0004285449 \times 100 \%$$

$$P_{\text{loss}} = 0,04285449 \%$$

3. A. Rugi – Rugi daya (P_{loss}) pada beban 24 kw 68,5 Ampere

$$\text{Rumus} = p_{\text{loss}} = 3 \times I^2 \times R$$

$$P_{\text{loss}} = 3 \times (68,5 \text{ A})^2 \times 0,001048 \Omega$$

$$P_{\text{loss}} = 3 \times 4692,25 \times 0,001048$$

$$= 14,752434 \text{ watt}$$

B. Jatu Tegangan Voltase

$$\begin{aligned}\Delta V &= \sqrt{3} \times I \times R \times \cos \phi \\ \Delta V &= 1,732 \times 68,5 \times 0,001048\end{aligned}$$

$$= 0,124336816\text{Volt}$$

C. Persentasi Rugi Daya

$$P_{\text{loss}} = \frac{P_{\text{loss}}}{P_{\text{beban}}} \times 100\%$$

P_{loss} = total rugi-rugi daya pada kabel

P_{loss} = total daya beban yang di gunakan

$$P_{\text{beban}} = 16 \text{ kw} = 16000 \text{ watt}$$

$$P_{\text{loss}} = 14,752434 \text{ watt}$$

$$P_{\text{loss}} = \frac{14,752434 \text{ W}}{24000 \text{ W}} \times 100 \%$$

$$P_{\text{loss}} = 0,0006146848 \times 100 \%$$

$$P_{\text{loss}} = 0,06146848\%$$

4. A. Rugi – Rugi daya (P_{loss}) pada beban 32 kw 90,5 Ampere

$$\text{Rumus} = p_{\text{loss}} = 3 \times I^2 \times R$$

$$P_{\text{loss}} = 3 \times (90,5 \text{ A})^2 \times 0,001048 \ \Omega$$

$$P_{\text{loss}} = 3 \times 8190,25 \times 0,001048$$

$$= 25,750146 \text{ Watt}$$

B. Jatu Tegangan Voltase

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times R \times \cos \phi$$

$$\Delta V = 1,732 \times 90,5 \times 0,001048$$

$$= 0,164269808 \text{ volt}$$

C. Persentasi Rugi Daya

$$P_{\text{loss}} = \frac{P_{\text{loss}}}{P_{\text{beban}}} \times 100\%$$

P_{loss} = total rugi-rugi daya pada kabel

P_{loss} = total daya beban yang di gunakan

$$P_{\text{beban}} = 32 \text{ kw} = 32000 \text{ watt}$$

$$P_{\text{loss}} = 25,750146 \text{ watt}$$

$$P_{\text{loss}} = \frac{25,750146 \text{ W}}{32000 \text{ W}} \times 100 \%$$

$$P_{\text{loss}} = 0,0008046921 \times 100 \%$$

$$P_{\text{loss}} = 0,08046921 \%$$

5. A. Rugi – Rugi daya (P_{loss}) pada beban 40 kw 112,7Ampare

$$\text{Rumus} = p_{\text{loss}} = 3 \times I^2 \times R$$

$$P_{\text{loss}} = 3 \times (112,7 \text{ A})^2 \times 0,001048 \Omega$$

$$P_{\text{loss}} = 3 \times 12701,29 \times 0,001048$$

$$= 39,93285576 \text{ Watt}$$

B. Jatu Tegangan Voltase

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times R \times \cos \phi$$

$$\Delta V = 1,732 \times 112,7 \times 0,001048$$

$$= 0,2045658272 \text{ Volt}$$

C. Persentasi Rugi Daya

$$P_{\text{loss}} = \frac{P_{\text{loss}}}{P_{\text{beban}}} \times 100\%$$

P_{loss} = total rugi-rugi daya pada kabel

P_{loss} = total daya beban yang di gunakan

$$P_{\text{beban}} = 40 \text{ kw} = 40.000 \text{ watt}$$

$$P_{\text{loss}} = 39,93285576 \text{ watt}$$

$$P_{\text{loss}} = \frac{39,93285576 \text{ W}}{40.000 \text{ W}} \times 100 \%$$

$$P_{\text{loss}} = 0,0009983214 \times 100 \%$$

$$P_{\text{loss}} = 0,09983214 \%$$

6. A. Rugi – Rugi daya (P_{loss}) pada beban 48 kw 134,3 Ampere

$$\text{Rumus} = p_{\text{loss}} = 3 \times I^2 \times R$$

$$P_{\text{loss}} = 3 \times (134,3 \text{ A})^2 \times 0,001048 \Omega$$

$$P_{\text{loss}} = 3 \times 18036,49 \times 0,001048$$

$$= 56,70672456 \text{ Watt}$$

B. Jatu Tegangan Voltase

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times R \times \cos \phi$$

$$\Delta V = 1,732 \times 134,3 \times 0,001048$$

$$= 0,2437727648 \text{ volt}$$

C. Persentasi Rugi Daya

$$P_{\text{loss}} = \frac{P_{\text{loss}}}{P_{\text{beban}}} \times 100\%$$

P_{loss} = total rugi-rugi daya pada kabel

P_{loss} = total daya beban yang di gunakan

$$P_{\text{beban}} = 48 \text{ kw} = 48.000 \text{ watt}$$

$$P_{\text{loss}} = 56,70672456 \text{ watt}$$

$$P_{\text{loss}} = \frac{56,70672456 \text{ W}}{48.000 \text{ W}} \times 100 \%$$

$$P_{\text{loss}} = 0,0011813901 \times 100 \%$$

$$P_{\text{loss}} = 0,11813901 \%$$

7. A. Rugi – Rugi daya (P_{loss}) pada beban 56 kw 156,7 Ampere

$$\text{Rumus} \quad = p_{\text{loss}} = 3 \times I^2 \times R$$

$$P_{\text{loss}} = 3 \times (156,7 \text{ A})^2 \times 0,001048 \Omega$$

$$P_{\text{loss}} = 3 \times 24554,89 \times 0,001048$$

$$= 77,20057416 \text{ watt}$$

B. Jatuh Tegangan Voltase

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times R \times \cos \phi$$

$$\Delta V = 1,732 \times 156,7 \times 0,001048$$

$$= 0,2844318112 \text{ Volt}$$

C. Persentasi Rugi Daya

$$P_{\text{loss}} = \frac{P_{\text{loss}}}{P_{\text{beban}}} \times 100\%$$

P_{loss} = total rugi-rugi daya pada kabel

P_{loss} = total daya beban yang di gunakan

$$P_{\text{beban}} = 56 \text{ kw} = 56.000 \text{ watt}$$

$$P_{\text{loss}} = 77,24554,89 \text{ watt}$$

$$P_{\text{loss}} = \frac{77,24554,89 \text{ W}}{56.000 \text{ W}} \times 100 \%$$

$$P_{\text{loss}} = 0,0013793848 \times 100 \%$$

$$P_{\text{loss}} = 0,13793848\%$$

4.4.2 Menentukan Kecepatan Putar Mesin (RPM)

Pesawat udara membutuhkan standar frekuensi listrik sebesar 400 Hz, untuk menghasilkan frekuensi ini mesin harus berputar pada kecepatan yang disebut dengan kecepatan sinkron.

Dengan rumus:

$$\text{RPM} = \frac{120 \times F}{P}$$

Di ketahui:

$$F_{\text{out}} = 400 \text{ Hz}$$

$$P = 24 \text{ valve (jumlah katup)}$$

$$120 = \text{konstanta}$$

$$\text{RPM} = \frac{120 \times 400}{24}$$

$$\text{RPM} = \frac{48.000}{24} = 2000 \text{ RPM}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. Terkait rugi-rugi daya pada kabel konektor GPU berdasarkan data pengujian beban 0–69 kW dan spesifikasi kabel SUPRAME 150 mm² panjang 30 ft, rugi-rugi daya dapat dihitung dengan rumus $P_{loss}=3 \times I^2 \times R$. Dari Tabel 4.3.1 terlihat arus naik linear sesuai beban, sedangkan tegangan L-N tetap stabil 115 V dan frekuensi 400 Hz. Ini menunjukkan kabel 150 mm² mampu mengalirkan arus hingga 180 A dengan rugi daya yang masih dalam batas wajar karena tidak terjadi drop tegangan signifikan saat beban penuh..
2. Terkait kecepatan respon sensor pengontrol BE 124 Centurion Hasil pengamatan langsung dan data proteksi Subbab 4.1 menunjukkan kontrol BE 124 Centurion memiliki respon sangat cepat. Saat tegangan L-N >124 V atau <105 V, serta frekuensi >420 Hz atau <380 Hz, kontaktor output akan ngetrip dalam waktu ≤ 15 detik dan engine langsung shutdown. Respon ini efektif mencegah gangguan suplai arus merusak sistem avionik pesawat udara. Fitur interlock 28 VDC juga memastikan daya hanya mengalir jika konektor terpasang sempurna.
3. Terkait batas maksimum kecepatan RPM GPU untuk frekuensi 400 Hz Dari data Tabel 4.3.1 dan spesifikasi generator, GPU diatur bekerja pada 1846–2000 RPM untuk menghasilkan frekuensi stabil 400 Hz. Pada posisi toggle switch “kelinci”, engine mencapai 1846 RPM dengan tekanan oli 3.0 psi dan frekuensi output 400 Hz tidak berubah meski beban dinaikkan hingga 69 kW. Artinya, batas maksimum RPM operasional GPU yang aman dan stabil untuk kebutuhan pesawat adalah 2000 RPM, sesuai setting dari speed controller S6700H dan AVR Basler.

5.2 Saran:

1. Digitalisasi Monitoring GPU BE 124 Centurion udah punya MODBUS. Semoga dapat dimanfaatkan untuk buat bikin dashboard pemantauan jarak jauh. Jadi teknisi bisa lihat tegangan, frekuensi, RPM, suhu, dan alarm GPU real-time dari HP/laptop tanpa harus ke apron. Hemat waktu & respon gangguan lebih cepat. Gun
2. Pencatatan Data Otomatis Aktifkan fitur data logger & osiloskop di BE 124. Simpan data beban harian, lama pakai, dan bentuk gelombang tegangan. Data ini penting buat audit energi, prediksi maintenance, dan bukti kalau ada klaim kerusakan avionik dari maskapai. Pastikan sensor pengontrol generator BE 124 berfungsi dengan baik untuk menghindari gangguan suplai arus.

3. Uji GPU Listrik/Baterai Solar boros & bising. Ke depan, bandara wajib turunkan emisi. Coba ajukan studi perbandingan GPU diesel vs GPU elektrik 400 Hz. Hitung selisih biaya solar, perawatan, dan emisi CO2 per tahun. Hasilnya bisa jadi proposal pengadaan ke AP I. Lakukan pelatihan bagi operator GPU untuk meningkatkan kemampuan dalam mengoperasikan dan memantau sistem

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Kurniawan, I. Apriliana Sari Wulandari, and T. Sukmono, “Optimalisasi Preventive Maintenance Ground Power Unit pada Perawatan Pesawat Udara di PT. IAA AMO Menggunakan Metode FMEA,” *JATI UNIK J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 8, no. 1, 2024, doi: 10.30737/jatiunik.v8i1.5535.
- [2] Y. Setyaji and B. Rabeta, “Pembuatan Generator Sistem Pada Alat Peraga Engine Doryz – 95,” pp. 1–8.
- [3] D. Tanadi *et al.*, “Jurnal Dinamis,” vol. 10, no. 2, pp. 53–60, 2022.
- [4] D. L. Rahmatillah, “Kami Mengabdikan Kami Mengabdikan,” *J. UTA '45 Jakarta*, vol. 1, no. 2, pp. 1–8, 2022.
- [5] Marcelino R, “Analisis Terjadinya Kegagalan Start Pada Mesin Diesel Generator No. 2 Di Kapal Mt.Falcon 19,” no. 2, 2024.
- [6] R. I. TIRTHANA, “Estimation of 1500 Kva Genset Fuel Consumption To Load Changes At Islam Sultan Agung Hospital Semarang Final Project Proposed To Complete the Requirement To Obtain a,” 2022.
- [7] Ф. Котлер *et al.*, “No Pembaruan Ground Power Unit dengan Generator Kontrol Unit BE124 centurion dan panel multi meter autonics MT4N-DV-E0,” *Accid. Anal. Prev.*, vol. 183, no. 2, pp. 153–164, 2023.
- [8] E. A. Syafly, “Analisis waktu pelaksanaan perawatan mesin diesel utama di atas kapal mv. hl kospo,” 2024.
- [9] A. L. MACNAUGHTON, “No Langkah Kerja Motor DIESEL,” vol. 21, no. 3, pp. 295–316, 1995.
- [10] A. Zuroida, Galuh Prawetri Citra Handani, Hanifiyah Darna Fidya Amaral, Rohmanita Duanaputri, and Bayu Prasetyo, “Evaluasi Kapasitas Genset Sebagai Sistem Back-Up Energi Listrik di Gedung Sekretariat Daerah,” *Elposys J. Sist. Kelistrikan*, vol. 12, no. 1, pp. 37–42, 2025, doi: 10.33795/elposys.v12i1.6837.
- [11] J. R. Material *et al.*, “FT-UMSU FT-UMSU,” vol. 8, no. 2, pp. 248–256, 2025.
- [12] N. Muranto, Atmam, and . Z., “Studi Peralihan Daya Listrik dari PLN ke Generator Set (Genset) Ketika Terjadi Pemadaman dari PLN dengan

- Uninterruptible Power Supply (UPS) Pada Hotel Grand Elite Pekanbaru,” *SainETIn*, vol. 3, no. 1, pp. 9–16, 2018, doi: 10.31849/sainetin.v3i1.3026.
- [13] M. Harahap, “Pengaruh Perubahan Variasi Eksitasi Tegangan Terhadap Daya Reaktif Pada Generator,” *Univ. Prima Indones.*, vol. 3, no. 2, pp. 71–76, 2021.
- [14] N. Setiaji, Sumpena, and A. Sugiharto, “Analisis Konsumsi Daya Dan Distribusi Tenaga Listrik,” *J. Teknologi Ind.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- [15] P. G. Chamdareno and F. Azharuddin, “Sistem Monitoring Energi Listrik Sel Surya Secara Realtime dengan Sistem Scada,” vol. 14, no. 2, pp. 35–42, 1979.
- [16] P. R. N. 24/Menkes/2022, “ANALISA UTILISASI GENSET KAPASITAS 275 kVA DI RSUD KEBAYORAN BARU,” *Nurhabibah Naibaho, Ridwan Syah*, vol. 10, no. 8.5.2017, pp. 2003–2005, 2022.
- [17] P. Aisyah, I. Abdi Bangsa, and Sumanto, “Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering ANALISIS KINERJA DAN SISTEM PEMELIHARAAN GENERATOR SET (GENSET) PADA APARTEMEN GREEN CENTRAL CITY,” *Aisyah J. Informatics Electr. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–10, [Online]. Available: <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>
- [18] R. Tandioaga, T. Tri, R. Payung, and H. Khatimah, “GENERATOR SINKRON TIGA FASA HUBUNGAN BINTANG AKIBAT PEMBEBANAN,” no. 2, pp. 170–180, 2014.
- [19] Shahl Suad Ibrahim, “E-book Synchronus Generators,” *Sumber Elektron.*, vol. VI, no. 7, p. 7, 2015, [Online]. Available: <http://electrozone94.blogspot.co.id/2013/10/panel-surya->
- [20] S. I. Yuniza, I. N. Septiandi, and A. T. Nugraha, “Penyearah Setengah Gelombang 3 Fasa Tak Terkendali dari Generator AC 3 Fasa,” *Semin. Nas. Marit. Sains Teknol. Terap.*, p. 2023, 2023.
- [21] J. T. Elektro, F. Sains, U. Pembangunan, and P. Budi, “Analisis Output Ground Power Unit Dalam Menyuplai Listrik Pesawat ATR 72-600,” *yudita ayu permata sari*, vol. 14, no. 2, pp. 74–78, 2025.
- [22] K. Y. Taufik, “Analisis Pengaruh Temperatur Stator terhadap Rugi-Rugi

- Daya Generator Unit 2 PLTP Kamojang,” 2021.
- [23] D. W. Sroyer, M. Z. L. Abrori, and S. D. P. Sidhi, “Perawatan Fresh Water Cooler Pada Sistem Pendinginan Mesin Diesel Penggerak Generator Listrik Di Kapal Navigasi Milik Distrik Navigasi Kelas I Ambon,” *Aurelia J.*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2019, doi: 10.15578/aj.v1i1.8845.
- [24] A. Y. A. Saputro, “Turunnya Tekanan Bahan Bakar Pompa Injeksi Merk Bosch Pump Pada Silinder No.8 Dan 2 Berpengaruh Terhadap Kerja Mesin Induk Di MV. LAGUN MAS,” *J. Tek. Pelayaran*, no. 8, 2020.
- [25] T. Taryana, C. Kuntadi, Y. Suprihartini, and R. Sadiatmi, “Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Keandalan Instalasi Listrik,” *J. Manaj. Pendidik. Dan Ilmu Sos.*, vol. 4, no. 1, pp. 531–537, 2023, doi: 10.38035/jmpis.v4i1.1457.
- [26] satyo prihutomo, *SISTEM EKSITASI AVR (AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR) GENERATOR 3 PHASE PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO BERBASIS PID ARDUINO NANO TUGAS*, vol. 3, no. 5. 2021.
- [27] A. Nurdin, A. Azis, and R. A. Rozal, “Peranan Automatic Voltage Regulator Sebagai Pengendali Tegangan Generator Sinkron,” *J. Ampere*, vol. 3, no. 1, pp. 163–176, 2018, doi: 10.31851/ampere.v3i1.2144.
- [28] D. Alexander and O. Turang, “Pengembangan Sisrem Relay Penganadalian Dan Penghematan Pemakaian Lampu,” *Semin. Nas. Inform.*, vol. 2015, no. November, pp. 75–85, 2015.
- [29] Minhaz Tolibin and Mohammad Fatkhurrokhman, “Pemeliharaan CT(Current Transformer) sebagai Konversi Arus pada Gardu Induk Rangkas Kota 70 KV,” *J. Tek. Mesin, Ind. Elektro dan Inform.*, vol. 4, no. 1, pp. 332–342, 2025, doi: 10.55606/jtmei.v4i1.4871.
- [30] Mahoni, “Sistem Kontrol Elektro Mekanik,” *Politek. Negeri Sriwij.*, pp. 5–30, 2013.

- [1] M. R. Swastika, I. Susanto, and G. G. R. Gunadi, "Manajemen Perawatan Generator Set 6BT5.9-G2 Cummins Di Workshop Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta," *Pros. Semin. Nas. Tek. Mesin Politek. Negeri Jakarta*, pp. 1088–1092, 2022.
- [2] I. B. Muji, "Pengaruh Bahan Kumparan terhadap Kinerja Generator 1000 Watt," *J. Prot.*, vol. 11, no. 2, pp. 43–52, 2019.
- [3] A. Deani, E. Roselina, and A. Nurfikri, "Pemeliharaan Berkala Generator Set Rumah Sakit," *J. Vokasi Indones.*, vol. 11, no. 1, 2023, doi: 10.7454/jvi.v11i1.1189.
- [4] A. Zuroida, Galuh Prawetri Citra Handani, Hanifiyah Darna Fidya Amaral, Rohmanita Duanaputri, and Bayu Prasetyo, "Evaluasi Kapasitas Genset Sebagai Sistem Back-Up Energi Listrik di Gedung Sekretariat Daerah," *Elposys J. Sist. Kelistrikan*, vol. 12, no. 1, pp. 37–42, 2025, doi: 10.33795/elposys.v12i1.6837.
- [5] N. Naibaho, M. Yoverly, A. Mustika, and G. Residence, "Analisa Perhitungan Kebutuhan Genset Stamford 670 Kva Pada Apartemen Mustika Golf Residence," *J. Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 11–19, 2022.
- [6] J. R. Material *et al.*, "FT-UMSU FT-UMSU," vol. 8, no. 2, pp. 248–256, 2025.
- [7] B. SAPUTRO, "Analisis Keandalan Generator Set Sebagai Power Supply Darurat Apabila Power Supply Dari Pln Mendadak Padam Di Morodadi Poultry Shop Blitar," *J. Qua Tek.*, vol. 7, no. 2, pp. 17–25, 2017, doi: 10.35457/quateknika.v7i2.239.
- [8] T. F. Yannita, M. E. Dalimunthe, and Rahmaniar, "Analisis Utilisasi Generator Set (GENSET) Dengan Kapasitas 65 kVA Di Klinik Adisma Husada Medan," *J. Orang Elektro*, vol. 14, no. 2, pp. 85–88, 2025.
- [9] G. Beban and R. Tangga, "No Title".
- [10] D. Supriyatna, "Analisis Efisiensi Daya Yang Dihasilkan Sistem Kerja Generator PadaDinamo AC Dan DC: Sebuah Tinjauan Literatur," *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 261–268, 2023.
- [11] kue tradisional khas Aceh, "SISTEM PERAWATAN MESIN GENSET DI PT (PERSERO) PELABUHAN INDONESIA II Didik," in *proseding*

seminar nasional, 2020, pp. 1–9.

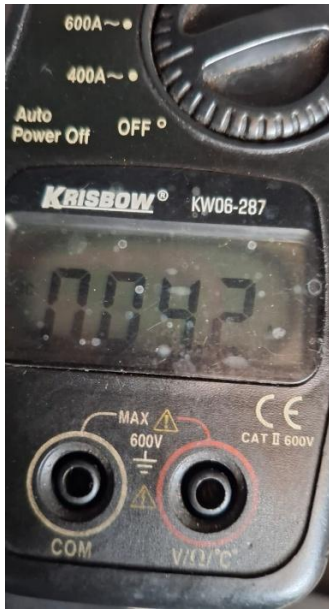
- [12] P. R. N. 24/Menkes/2022, “ANALISA UTILISASI GENSET KAPASITAS 275 kVA DI RSUD KEBAYORAN BARU,” *Nurhabibah Naibaho, Ridwan Syah*, vol. 10, no. 8.5.2017, pp. 2003–2005, 2022.
- [13] N. R. A.S, F. I. Prakoso, and E. Supriyadi, “Analisa Panel Ats Dan Amf Genset Secara Otomatis Pada Industri,” *Sinusoida*, vol. 24, no. 2, pp. 1–8, 2022, doi: 10.37277/s.v24i2.1461.
- [14] B. Y. RICO, “Pengoperasian Dan Perawatan Generator Set Yuchai Type Spi 100D Di Kapal Kmn. Mina Makmur Di Kantor Unit Penyelenggara Pelabuhan Juwana,” *Aisyah J. Informatics Electr. Eng.*, p. 5, 2021.
- [15] P. Aisyah, I. Abdi Bangsa, and Sumanto, “Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering ANALISIS KINERJA DAN SISTEM PEMELIHARAAN GENERATOR SET (GENSET) PADA APARTEMEN GREEN CENTRAL CITY,” *Aisyah J. Informatics Electr. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–10, [Online]. Available: <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>
- [16] F. H. Badaruddin, “142512-ID-perhitungan-optimasi-bahan-bakar-solar-p,” *Elektro, J. Teknol. Buana, Univ. Mercu*, pp. 61–79, 2015.
- [17] B. A. B. Ii and T. Pustaka, “Politeknik Negeri Sriwijaya,” no. V, pp. 6–36.
- [18] C. A. Putra, Y. Ridal, and others, “Analisa Utilisasi Generator Set Kapasitas 200 kVA di RSUD M. Natsir Kota Solok,” *J. MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, vol. 5, no. 2, pp. 139–146, 2024.
- [19] D. A. N. Tegangan, L. Menggunakan, A. Matlab, and M. Simulink, “No Title,” vol. 4, no. 3, 2018.
- [20] S. P. Collins *et al.*, “BAB II PENELITIAN TERDAHULU DAN LANDASAN TEORI,” pp. 167–186, 2021.
- [21] R. Listrik, “PENGUNAAN ARUS SEARAH / DIRECT CURRENT (DC) PADA RANGKAIAN LISTRIK Masringgit Marwiyah Nst Program Studi Teknika , Politeknik Adiguna Maritim Indonesia (POLTEK AMI) Medan,” vol. 6, no. 2, pp. 676–680, 2024.
- [22] Q. F. Irawan, S. D. Prasetyo, and B. Kusharjanta, “PENGUKURAN HAMBATAN DAN MENGUBAH BATAS UKUR AMPEREMETER

- DAN VOLTMETER PADA ARUS SEARAH (DC),” *J. Tek. MESIN*, vol. 1, no. Dc, pp. 1–8, 2020.
- [23] M. FADILLAH, *ANALISA PERBANDINGAN EFISIENSI ENERGI LISTRIK ANTARA SUPPLAI LISTRIK PLN DAN GENSET DI CV. SUMBER MAKMUR JAYA*. 2023.
- [24] A. Rugi *et al.*, “Analysis of Power Loss and Drop Voltage in the Distribution Network at PT . PLN (Persero) ULP PANIKI,” pp. 1–7.
- [25] W. N. Agustianingsih, F. Kurniawan, and P. Setiawan, “Analisis Ketepatan Pengukur Daya dan Faktor Daya Listrik Berbasis Arduino Uno R3 328P,” *Avitec*, vol. 3, no. 1, pp. 15–27, 2020, doi: 10.28989/avitec.v3i1.794.
- [26] A. Fiaauzh Primadiba, “BAB IIPdf,” 2019.
- [27] N. Muranto, Atmam, and . Z., “Studi Peralihan Daya Listrik dari PLN ke Generator Set (Genset) Ketika Terjadi Pemadaman dari PLN dengan Uninterruptible Power Supply (UPS) Pada Hotel Grand Elite Pekanbaru,” *SainETIn*, vol. 3, no. 1, pp. 9–16, 2018, doi: 10.31849/sainetin.v3i1.3026.
- [28] M. Harahap, “Pengaruh Perubahan Variasi Eksitasi Tegangan Terhadap Daya Reaktif Pada Generator,” *Univ. Prima Indones.*, vol. 3, no. 2, pp. 71–76, 2021.
- [29] N. Setiaji, Sumpena, and A. Sugiharto, “Analisis Konsumsi Daya Dan Distribusi Tenaga Listrik,” *J. Teknologi Ind.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- [30] P. G. Chamdareno and F. Azharuddin, “Sistem Monitoring Energi Listrik Sel Surya Secara Realtime dengan Sistem Scada,” vol. 14, no. 2, pp. 35–42, 1979.
- [31] A. Ateng, Kadir, “Asas dan Landasan Pendidikan Jasmani. Dirjen Dikti, Jakarta.,” pp. 1–13, 2002.
- [32] R. I. TIRTHANA, “Estimation of 1500 Kva Genset Fuel Consumption To Load Changes At Islam Sultan Agung Hospital Semarang Final Project Proposed To Complete the Requirement To Obtain a,” 2022.
- [33] Elvy Sahnur Nasution, Faisal Irsan Pasaribu, Dimas Ramadhan, and Indra Roza, “Perencanaan Instalasi Listrik di PT. Arga Citra Kharisma pada Down Sizing Lottemart,” *Semnastek Uisu*, pp. 147–152, 2023.
- [34] T. Sutrisno, S. Dinata, and W. A. Nurdiyanto, “PERANCANGAN PANEL

DISTRIBUSI DAYA LISTRIK (SDP) UNTUK GEDUNG KAMPUS UNIVERSITAS SUTOMO,” vol. 5, no. 2, 2022, doi: 10.32493/epic.v5i2.27538.

- [35] M. N. Akhir and K. Kunci, “Rancang Bangun Alat Praktikum Proteksi Tegangan Rendah terhadap Arus Lebih Menggunakan MCB dan TOLR,” pp. 109–115, 2023.
- [36] K. A. Kodoati, I. F. Lisi, and I. M. Pakiding, “Analisa Perkiraan Umur Transformator,” vol. 1, pp. 35–43, 2015.

LAMPIRAN







UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

UMSU
Majalah Kontes | Sumatera

Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi).

Nama : Khairul Anwar Harahap
NPM : 2107220059
Judul Tugas Akhir : **"SISTEM KINERJA PENGENDALI
GENERATOR KONTROL TIPE BE124 PADA
GRAUND POWER UNIT (GPU) DI BANDARA
KUALANAMU"**

No.	Tanggal	Catatan	Paraf
1.	09/25 /11	Ikuti penulisan sesuai buku pedoman Penulisan	
2.	15/25 /12	Pematerian gambar harus kerucut Lanjutkan.	
3.	22/25 /12	Print daftar pustaka / statata yg materi dipakai dlm penulisan	
4.	09/25 /14	Perbanyak Referensi judul	
5.	08/26 /1	Lampirkan turunan kerucut per Rancangan	
6.	10/26 /1	Rapikan dan urutkan daftar pustaka	
7.	14/26 /1	Acc. Sempurnakan dgn Prati	

Dosen Pembimbing :

Muhammad Adam, S.T., M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKLUTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

UMSU
Maju, Keadilan, Berprestasi

Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi).

Nama : Khairul Anwar Harahap

NPM : 2107220059

Judul Tugas Akhir : **“SISTEM KINERJA PENGENDALI
GENERATOR KONTROL TIPE BE124 PADA
GRAUND POWER UNIT (GPU) DI BANDARA
KUALANAMU”**

No.	Tanggal	Catatan	Paraf
1.	09/25 /11	Ikuti penulisan sesuai buku pedoman Penulisan	f
2.	12/25 /12	Pematerian gambar harus lanjutan.	f
3.	22/25 /12	Print daftar pustaka / sistata dg materi dipakai dan penulisan	f
4.	09/25 /14	Perbanyak Referensi judul	f
5.	01/26 /1	Lampirkan tulisan kerangka Pocotof	f
6.	10/26 /1	Rapikan dan urutkan daftar pustaka	f
7.	14/26 /1	Acc. Sampul dan isi dgn Prodi	f

Dosen Pembimbing :


Muhammad Adam, S.T., M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

FAKLUTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

UMSU

1996

Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : Khairul Anwar Harahap
NPM : 2107220059
Judul Tugas Akhir : "SISTEM KINERJA PENGENDALI GENERATOR
KONTROL TIPE BE124 PADA GROUND POWER
UNIT (GPU) DI BANDARA KUALANAMU"

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1.	Senin 13/26/14	Perbaiki Perurusan tugas Akhir.	
2.	Selasa 14/26/14	Perbaiki tulisan Judul	
3.		Acc. to Siatang Koordinator	
4.		dgn Prodi Teknik Elektro	
5.			
6.			
7.			

Dosen Pembimbing

Muhammad Adam, S.T., M.T