

ANALISIS PROSES TRANSFER LOAD UNTUK MENCAPAI TEGANGAN GENERATOR SAMA DENGAN TEGANGAN PADA BUSBAR

Muh Sultan Agung Hidayat¹, Muh. Arsyil Wawandi², Rizal A Duyo³, Zulfajri Basri Hasanuddin⁴

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Politeknik Makassar

³Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

E-mail : agunghidayat425@gmail.com¹, arsyilarsyl@gmail.com², rizalduyo@poliupg.ac.id³, zulfajri@unhas.ac.id⁴

Proses pencapaian putaran nominal yang diharapkan dari generator yaitu 1500 rpm untuk mensuplai tegangan nominal

ABSTRAC

The purpose of this study is to be able to analyze the parts of the power supply switching system automatically. Can know the workings of the electric power supply switching system. Can know the reliability

power supply switching system to support smooth and safe flight.

The method used on

Diesel at Hasanuddin Airport in Makassar. The results obtained in this study are. The load transfer process consists of several parts, namely: The engine start process which can be carried out with manual and automatic operating types The process of achieving the expected nominal rotation of the generator, namely 1500 rpm to supply a nominal voltage of 220/380 V to the load.

ACB PLN off. on type

the automatic operation of the opening and closing of the ACB uses a stored energy mechanism device which guarantees a quick and safe closing action. The PLN ACB will stop working and the generator ACB will be on when the start process is complete and the voltage to be reached by the generator is the same as the voltage on the busbar. Switching of power supply or load service occurs when the main PLN power supply is interrupted where the control system instructs the start motor to rotate diesel engine fly wheel until the generator reaches its nominal rotation. After the nominal voltage is reached, the circuit breaker at PLN is off and the circuit breaker is off. PL TD on, electric current through the busbar will supply the load.

ABSTRAK

Adapun tujuan dari pada penelitian ini adalah Dapat menganalisa bagian-bagian dari sistem peralihan catu daya secara otomatis. Dapat mengetahui cara kerja dari sistem peralihan catu daya listrik. Dapat mengetahui keandalan sistem peralihan catu daya dalam mendukung kelancaran dan keselamatan penerbangan. Metode yang dipergunakan pada penelitiann ini adalah mengadakan penelitian dan pengambilan data di PT. PLN (Persero) dan Pembangkit Listrik Tenaga

Diesel pada Bandar Udara Hasanuddin di Makassar. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah. Proses transfer load terdiri dari beberapa bagian yaitu : Proses engine start yang dapat dilakukan dengan tipe operasi manual dan otomatis

220/380 V ke beban. ACB PLN off. pada tipeoperasi otomatis pembukaan dan penutupan ACB menggunakan alat mekanisme energi tersimpan yang menjamin aksi penutupan yang cepat dan aman. ACB PLN akan berhenti bekerja dan ACB genset on pada saat proses start selesai dan tegangan yang akan dicapai generator telah sama dengan tegangan pada busbar. Peralihan catu daya atau pelayanan beban terjadi pada saat suplay daya utama PLN mengalami gangguan dimana sistem kontrol memerintahkan motor start untuk memutar fly wheel mesin diesel sampai generator mencapai putaran nominainya. Setelah tegangan nominal tercapai *Circuit breaker* pada PLN off dan *circuit breaker*. PL TD on, arus listrik melalui busbar akan menyuplai beban.

Kata kunci ; Load, Tegangan, Generator dan Busbar,

I. PENDAHULUAN

Negara Indonesia yang terdiri dari gugusan pulau dari Sabang sampai Merauke memerlukan sarana perhubungan yang memadai. Penyediaan sarana perhubungan yang baik dapat menunjang proses pembangunan bangsa Indonesia dalam segala bidang. Kelancaran arus informasi menyebabkan tuntutan masyarakat akan kebutuhan terhadap sarana perhubungan yang cepat dan aman semakin mendesak.

Bandara Hasanuddin merupakan solusi bagi fasilitas penerbangan yang selain pintu ke kawasan timur Indonesia juga menghubungkan Makassar ke dunia Internasional mengingat letaknya yang strategis pada posisi silang diantara benua Asia dan Australia serta dikelilingi lautan Hindia dan lautan Pasifik. Hal ini menyebabkan frekwensi penerbangan terbilang cukup padat.

Sektor perhubungan dalam hal ini penerbangan sangat mempengaruhi kualitas kehidupan manusia secara teknis maupun non teknis seperti kondisi ekonomi, politik, sosial, dan budaya. Oleh karena itu dibutuhkan sarana bandar udara yang memadai dan memenuhi standar pelabuhan udara internasional, yang dapat melayani jadwal penerbangan yang padat sehingga menuntut operasional bandara udara selama 24 jam[1].

Untuk kelancaran proses penerbangan diperlukan suplay listrik secara kontinyu pada peralatan-peralatan yang dioperasikan oleh listrik, dengan kata lain keandalan operasional membutuhkan kontinuitas penyaluran daya listrik dari sumber ke beban. Energi listrik disuplay oleh catu daya PLN sebagai sumber daya utama dan

pembangkit listrik tenaga diesel sebagai cadangan untuk mengantisipasi interupsi daya dari cadangan utama [2].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Peralihan Cadu Daya

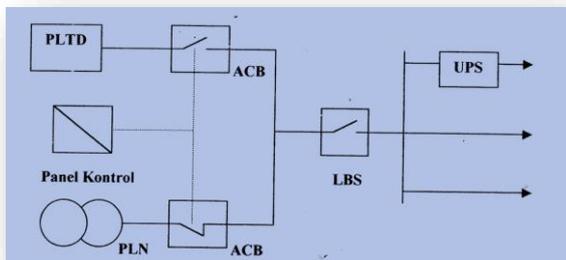
Pada proses peralihan cadu daya utama dari PLN ke cadangan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (transfer load) memerlukan pemutusan cadu daya dengan tegangan waktu tertentu (break system) [3]. Jika kondisi normal kembali maka alih beban akan dilayani bagi oleh PLN (retransfer load). Pusat Listrik Tenaga Diesel harus tetap dalam keadaan siaga karena jika sewaktu-waktu terjadi gangguan pada cadu daya PLN yang menyebabkan terputusnya suplai daya, maka secara otomatis Pembangkit Listrik Tenaga Diesel akan bekerja untuk mensuplai daya melayani beban.

Pusat Listrik Tenaga Diesel adalah jenis pusat pembangkit listrik konvensional yang digunakan pada sistem yang kecil dengan daya relatif kecil. Untuk mendukung kinerja yang efisien pada proses peralihan dibutuhkan peralatan pendukung yang mengatur dan mengawasi jalannya operasi [4].

Lazimnya sistem kontrol menggunakan instrumen sebagai alat pengendali. Ditinjau berdasarkan fungsinya ..maka instrumen dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

- Instrumen sebagai alat pengatur (controler)
- Instrumen sebagai alat ukur (measurement)
- Instrumen sebagai alat pengaman (protection)

Sistem pengontrolan digunakan untuk mengontrol rangkaian daya, sehingga kondisi peralihan cadu daya dapat beroperasi dengan baik dan kondisi abnormalitas dapat senantiasa terpantau. Aplikasi sistem kontrol pada sistem kelistrikan bandara udara Hasanuddin pada saat terjadinya gangguan dimulai dari proses start prime mover [5]. Secara garis besar dapat dilihat pada gambar single line diagram garis di bawah ini.



Gbr. 1 Diagram Garis Peralihan Cadu Daya

B. LBS (Load Breaker Switch)

Jenis-jenis breaker dikategorikan kedalam 2 type yaitu :

1. Type pemisah (PMS) yaitu jenis breaker yang dapat di On/Off kan bila tidak berbeban (bertegangan).
2. Type pemulus (PMT) yaitu jenis breaker yang dapat di On/Off kan bila berbeban (bertegangan).

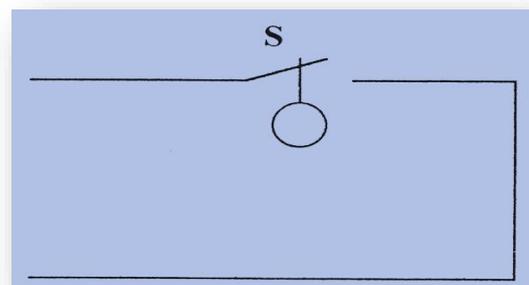
Load Breaker Switch dapat dikategorikan kedalam PMS (pemisah) karena tidak dapat mengamankan beban jika terjadi gangguan (trouble), tetapi dapat memutuskan rangkaian walaupun dalam keadaan berbeban (bertegangan) [6].

C. Mesin Diesel (Prime Mover)

Mesin diesel adalah motor bakar tolak yang proses penyalannya dengan cara kompresi, bukan dengan cara penyalan loncatan bunga api. Untuk proses start, mesin diesel dilengkapi motor starter yang disuplai dari cadu daya 24 Vdc yang akan memutar flywheel.

D. Generator (Alternator)

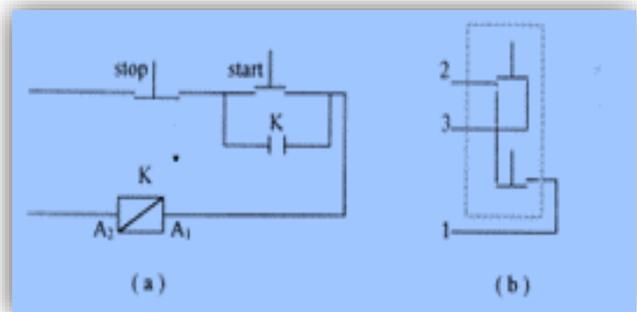
Generator mengubah energi mekanis yang dihasilkan pada poros turbin menjadi energi listrik. Prinsip kerja mesin ini berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik seperti halnya pada transformator. Generator dibahas sesuai generator pada di bandara Hasanuddin yaitu generator tiga fasa dengan kecepatan medium 1500 rpm. Generator arus bolak balik ini dikopel langsung ke mesin diesel sebagai penggerak mula (prime mover)



Gbr 2 Saklar apung pada pensaklaran system dua kawat

E. Sistem Kontrol Tiga Kawat

Kontrol tiga kawat menggunakan peralatan momentary contact pushbutton dan double-acting thermostat. Umumnya sistem kontrol tiga kawat ini terhubung seperti pada gambar dibawah ini.



Gbr 3 Hubungan pensaklaran pada kontrol tiga kawat

F. Pemisahan Rangkaian Kontrol

Jika rangkaian kontrol dipisahkan dari rangkaian daya, hubungan kontrol tidak disambung pada line suplay yang sama. Pemisahan sumber ini bila dibutuhkan tegangan pengontrolan yang terpisah dari rangkaian daya melalui transformator sistem kontrol mempunyai nominal tegangan rendah. Sistem pengontrolan tegangan rendah ini dapat menghemat dengan penggunaan komponen-komponen berukuran kecil dan isolasi yang berkapasitas rendah [7].

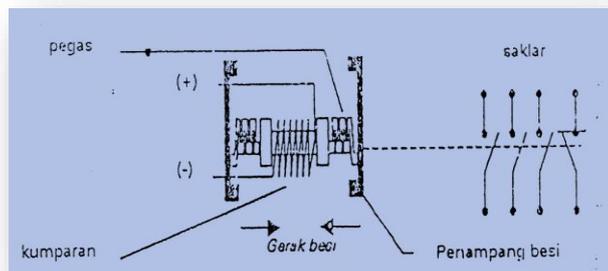
G. Relai Kontrol

Relai kontrol magnetik dipakai sebagai alat bantu untuk pensaklaran rangkaian kontrol dan lilitan atau kumparan starter dan untuk kontrol lampu indicator seperti pada motor kecil, pemanas listrik, lampu-lampu pilot, dan peralatan signal audio.

Relai sering digunakan untuk hubungan pada rangkaian kontrol dan rangkaian daya yaitu penerapan yang meliputi kontrol pada starter motor dan koil kontaktor, saklar solenoid dan kontrol dari relay lain. Relay kontrol pada industri/pabrik dalam penempatan dapat saling dipertukarkan dalam system pengawatan bila spesifikasinya memenuhi persyaratan system tersebut.

1. Kontaktor Magnetik

Kontaktor magnetik dioperasikan dengan saklar elektromagnetis yang membuka oleh tarikan magnetis, cara yang mudah dan aman untuk menghubungkan dan memutuskan cabang-cabang rangkaian. Perbedaan prinsip antara kontaktor dan motor starter adalah bahwa kontaktor tidak memiliki relai arus lebih (Over Current Relay).



Gbr 4 Konstruksi kontaktor magnetik

2. Relai Waktu (Timing Relay)

Aplikasi sistem kontrol pada industri dan pelayanan beban besar, menggunakan relay waktu (Timing Relays). Pemilihan relay waktu harus mempertimbangkan beberapa faktor yaitu :

- Lama waktu delay yang diinginkan. Ditentukan oleh tipe mesin atau proses dimana perlu pengontrolan waktu, Penundaan waktu ini dimulai dari hitungan detik, menit sampai dengan jam.
- Jarak waktu yang diinginkan/dianjurkan. Interval waktu yang bervariasi dapat disesuaikan. Dapat diset dari 1- 100 detik.
- Putaran operasi yang diinginkan dan reset waktu. Secara umum terdapat dua tipe time relay. Tipe pertama adalah relai tunda waktu 'delay on' bila diberi sumber daya listrik maka setelah beberapa saat/detik kontak relay bekerja dari timer open (TO) menjadi timer close (TC) atau sebaliknya. Tipe kedua tunda waktu 'delay off' bila diberi sumber listrik maka kontak TO dan TC langsung menutup dan membuka, tanpa adanya penundaan waktu. Sebaiknya bila sumber daya listrik diputuskan, barulah terjadi penundaan waktu dari TO menjadi TC dan dari TC menjadi TO.

3. Katub Solenoida

Solenoida merupakan katub yang menghubungkan rangkaian listrik yang bekerja pada prinsip electromagnet untuk pengoperasian saklar. Katub solenoida merupakan kombinasi antara dua unit dasar yaitu solenoid (electromagnet) dan kumparan inti. Katub terbuka atau menutup oleh gerakan dari gaya tarik magnet yang akan menarik solenoid ketika koil/kumparan teraliri arus.

Katub akan digerakkan oleh arus listrik yang masuk pada solenoid dan secara otomatis kembali dalam posisi semula (reset) ketika arus terhenti.

H. Pengaman Lebur (Fuse)

Pengaman lebur (fuse) adalah suatu peralatan pengaman yang berfungsi untuk melindungi system instalasi listrik terhadap arus beban lebih. Fuse memiliki fasilitas pemadaman busur api yang ditimbulkan pada saat pemutusan rangkaian.

Pada pemakaian tegangan saluran didistribusi pada bandar udara digunakan fuse berkapasitas 630 A - 1750 A jenis expulsion fuses.

Untuk mengoptimalkan kerja peralatan pengaman dalam suatu system, memilih pengaman fuse perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut;

- Tegangan nominal sistem
- Arus nominal beban
- Daya pemutusan
- Arus pengasutan
- Waktu pengasutan

I. Pemutus Rangkaian (Circuit Breaker)

Circuit Breaker merupakan peralatan saklar mekanik yang mampu mengalirkan dan memutuskan arus pada rangkaian listrik dalam kondisi tidak nominal seperti terjadinya hubung singkat atau arus lebih yang melebihi setting arus nominal circuit breaker tersebut.

Circuit breaker memiliki operasi kerja pada tegangan dan arus tertentu serta kemampuan tahanan isolasi dan pemutusan. Konstruksi dasar sebuah Circuit Breaker adalah :

1. Kontak utama
 - a. Kontak bergerak (moving contact)
 - b. Kontak Tetap (stationary contact)
2. Kontak Bantu
3. Motor (store energy mechanism)
4. Ruang pemutusan (interrupting chamber)
5. Isolasi antara kontak utama dengan pentanahan atau netral.

Media isolasi dapat berupa porselen, minyak, gas, dll.

Pada circuit breaker terdapat dua komponen penggerak mekanisme tripping yaitu :

- Komponen Bimetal yaitu komponen yang bereaksi terhadap efek kenaikan temperatur (thermal) karena arus yang lebih besar dari kapasitas nominal CB tersebut.
- Komponen elektromagnetik yaitu komponen yang bereaksi terhadap pengaliran arus yang sangat besar.

a. Air Circuit Breaker (ACB)

Pada Bandar Udara Hasanuddin digunakan pemutus Air Circuit Breaker dengan pertimbangan perawatan yang lebih mudah dan ekonomis. Air Circuit Breaker atau pemutus rangkaian udara dalam ukuran yang besar digunakan dalam industri dan system distribusi komersial, karena pemutus-pemutus ini biasanya tersedia dalam nilai arus kontinyu 4000 A dan nilai pemutusan setinggi 130.000 A. pemutusan oleh ACB dapat dilakukan secara manual atau otomatis

J. Rangkaian Kontrol

Rangkaian kontrol digunakan untuk mengontrol rangkaian daya. Rangkaian kontrol digunakan didalam system peralihan catudaya dari PLN dan PLTD dan diklasifikasikan menurut jenis tegangan kerjanya, yaitu [8]:

1. Rangkaian Kontrol DC 12 -24 Volt)

Rangkaian kontrol yang menggunakan tegangan scarab 12-24 Volt sebagai tegangan kerja, berfungsi untuk ;

- a. Proses mesin star! dan slop secara manual dan otomatis

- b. Proses operasi Circuit Breaker PLN dan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel off secara manual dan otomatis.

Memantau/mengawasi dan mengamankan kerja mesin secara otomatis.

2. Rangkaian Kontrol AC (220 Volt)

Rangkaian kontrol yang menggunakan tegangan bolak-balik 220 Volt sebagai tegangan kerja, berfungsi untuk :

a. Pada catu daya PLN (220 Volt)

- Proses Circuit Breaker PLN On secara manual dan otomatis
- Proses interlock antara Circuit Breaker PLN dengan Circuit Breaker Pembangkit Listrik Tenaga Diesel.
- Proses Mesin start dan stop secara otomatis
- Memantau kinerja pada kondisi normal dan abnormal catu daya PLN secara optical (lampu indicator)
- Mensuplai alat-alat ukur yakni:
 - Voltmeter
 - Amperemeter
 - Freqwencymeter
 - KWhmeter
 - Cos ϕ meter

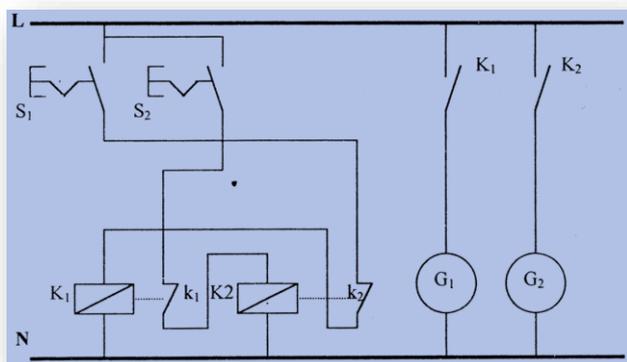
b. Pada catu daya cadangan (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel)

- Proses Circuit Breaker Pembangkit Listrik Tenaga Diesel On secara manual dan otomatis
- Proses interlock antara Circuit Breaker Pembangkit Listrik Tenaga Diesel dengan Circuit Breaker PLN
- Proses reset motor starter dan bahan bakar melalui selenoid start
- Mensuplai alat-alat ukur yakni :
 - Voltmeter
 - Amperemeter
 - Freqwencymeter
 - Cos ϕ meter

K. Interlock

Interlock kerap digunakan dalam pengontrolan motor yaitu bila dua motor akan bekerja dengan arah putaran yang berbeda. Untuk peralihan catu daya dari PLN ke PLTD maupun sebaliknya prinsip inipun digunakan. Interlock disini merupakan suatu proses penghubungan rangkaian catu daya ke bus. Rangkaian interlock terdapat dalam kotak panel mengatur Air Circuit Breaker.

Prinsip dasar kerja proses interlocking dapat dilihat pada gambar diagram garis berikut ini.



Gbr 5 Single line diagram interlock

Saat saklar S_1 ditekan maka kontaktor K_1 "Energize" dan membuka saklar K_1 sehingga jika S_2 ditekan maka K_2 tidak akan bekerja karena arus terhenti dikontak K_1 (K_1 membuka). Demikian pula sebaliknya, jika saklar S_2 ditekan (S_1 dalam keadaan off) maka arus tersuplai ke kontaktor K_1 sehingga kontak K_2 akan membuka dan suplai SI terputus.

L. Relay Proteksi

Nilai investasi peralatan listrik pada suatu pembangkit listrik sedemikian besarnya sehingga perhatian yang khusus harus diutamakan agar setiap peralatan listrik tidak hanya dapat beroperasi dengan efisien dan optimal tetapi juga harus aman dari kerusakan yang fatal sehingga dapat menimbulkan [9] :

- Kerugian biaya
- Kerugian operasi
- Terganggunya kontinuitas pelayanan

Hampir semua peralatan listrik tidak diperkenankan beroperasi tanpa adanya proteksi. Secara umum pemilihan system proteksi dipengaruhi oleh kapasitas pembangkit, sistem operasi, tingkat kepentingan, faktor teknis dan ekonomis. Adapun syarat-syarat suatu relay proteksi adalah :

- Andal
- Cepat (speed)
- Peka (sensitive)
- Selektif (selective)
- Stabil (stabt)

III METODOLOGI PENELITIAN

A. Prosedur Penelitian

Dalam menyelesaikan laporan penelitian tugas akhir ini, tentu harus mengikuti langkah-langkah yang terstruktur dan sistematis agar dalam menganalisis penambahan gardu sisipan pada sistem distribusi dapat di kerjakan dengan baik dan benar, adapun gambar *flow chart* penelitian bisa dilihat pada gambar 3.1 dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Penelitian di mulai dengan mengumpulkan data dengan cara melakukan studi literatur, wawancara, observasi dan dokumentasi.
2. Melakukan pengolahan data penelitian yang telah diperoleh dengan mengacu pada tinjauan pustaka.
3. Melakukan analisis terhadap data-data yang telah diolah, salah satunya dengan membandingkan hasil pengolahan data terhadap teori sesuai standar dan ketentuan yang ada, dan menjadikan rumusan masalah serta tinjauan pustaka sebagai acuan analisa dan pembahasan

B. Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data ialah cara yang ditempuh untuk mengambil data dari variabel penelitian tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah wawancara, observasi secara langsung, pengumpulan data (dokumentasi) [10]. Metode di atas akan di jelaskan lebih rinci sebagai berikut:

1 Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan menggunakan berbagai referensi, baik melalui buku, tugas akhir ataupun jurnal penelitian, hingga melalui internet berbentuk dokumen a taupun *digital library*.

2 Wawancara

Wawancara dilakukan dengan mewawancarai narasumber yang berkompeten dengan bidang yang terkait terhadap topik dari tugas akhir yang diangkat. Teknik wawancara yang penulis

lakukan adalah menanyakan segala sesuatu yang tidak diketahui atau tidak jelas.

3 Observasi

Observasi yaitu peneliti melakukan pengamatan secara jelas terhadap penyebab permasalahan dan nyata serta pencatatan secara sistematis terhadap gejala atau fenomena yang diselidiki.

4 Dokumentasi

Dokumentasi adalah metode yang dilakukan untuk mengumpulkan seluruh data yang terkait dengan hal hal penelitian. Ke semua data tersebut diperoleh dari *softcopy database* PLN

IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Data hasil Penelitian

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel pada Bandar Udara Hasanuddin terdiri dari tiga buah generator tiga fasa, dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Generator I

Merk	: Siemens
Produksi	: Germany
Type	: 1 FC 5 404
B5/B20 IF 23	
Tegangan maksimum	: 400 Volt
Kapasitas terpasang	: 500 kVA
Arus maksimum	: 720 Ampere
Frekwensi	: 50 Hz
Factor kerja (cos ϕ)	: 0,8
Putaran	: 1500 rpm
Tegangan eksitasi	: 75 Volt DC

- Generator II

Merk	: Siemens
Produksi	: Germany
(Jerman)	
Type	: 1 FC 5 406
B5/B20 IF 23	
Tegangan maksimum	: 450 Volt
Kapasitas terpasang	: 550 kVA
Arus maksimum	: 830 Ampere
Frekwensi	: 50 Hz
Factor kerja (cos ϕ)	: 0,8
Putaran	: 1500rpm
Tegangan eksitasi	: 68 Volt

- Generator III

Merk	: Stamford BS
5000	
Produksi	: Amerika Serikat
Type	: HC634K1
Tegangan maksimum	: 380 Volt
Kapasitas terpasang	: 1000 kVA
Frekwensi	: 50 Hz / 3 phase
Factor kerja (cos ϕ)	: 0,8
Putaran	: 1500rpm
Tegangan eksitasi	: 56 Volt
Stator contact	: Star
Stator WDG	: 12

Pusat Listrik Tenaga Diesel merupakan pembangkit listrik konvensional yang mempunyai daya relatif kecil. Sebagai pembangkit listrik cadangan, PLTD mengantisipasi terputusnya suplai daya ke beban. Pusat Listrik Tenaga Diesel yang digunakan pada Bandar Udara Hasanuddin terdiri dari 3 (tiga) buah alternator tiga fasa yang dikopel langsung dengan prime mover. Komponen

utama sebuah PLTD terdiri atas generator, sistem bahan bakar, sistem udara masuk, sistem pelumasan, dan sistem pendingin.

Operasi pelayanan penerbangan pada bandar udara Hasanuddin menuntut suplay energi listrik yang dapat menjamin kontinuitas distribusi energi listrik. Suplay listrik diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN), sebuah BUMN pusat pelayanan energi listrik bagi masyarakat.

Oleh karena perkembangan kebutuhan yang pesat bagi fasilitas penerbangan, dibutuhkan penanggulangan yang efektif guna mengantisipasi terputusnya suplay listrik publik karena gangguan pada pembangkit, saluran transmisi maupun gangguan pada saluran distribusi, maka Bandar udara Hasanuddin memiliki power plant sendiri yang dilengkapi dengan unit pembangkit listrik cadangan.

Generator tersebut dihubungkan dengan busbar pada rating 220/380 volt. Sistem busbar pada Power House menggunakan sistem busbar rangkap menggunakan sebuah bus coupler. Keadaan suplay PLN normal busbar utama dihubungkan dengan sumber daya utama (PLN), sedangkan busbar Bantu dihubungkan ke busbar utama oleh bus coupler bila keadaan abnormal.

B. Beban Pada Bandar Udara Hasanuddin

Pada bandar udara, catu daya listrik digunakan untuk mensuplai daya listrik bagi alat pemakai listrik guna menunjang kenyamanan dan keselamatan penerbangan secara langsung maupun tidak langsung. Kebutuhan akan daya listrik pada bandar udara Hasanuddin umumnya diperuntukkan bagi fasilitas-fasilitas yang vital, yaitu :

- Bangunan-bangunan Air Traffic Control (ATC)
- Penerangan lapangan udara
- Peralatan elektronik pembantu navigasi

Beban pada bandar udara Hasanuddin secara umum terbagi atas dua bagian utama yaitu :

1. Beban penerangan
2. Beban peralatan

1. Beban Penerangan (Airport Lighting)

Yaitu beban yang digunakan untuk penerangan pada airport lighting. Airpon lighting merupakan bagian terpenting dari lighting visual aid yang dapat memberikan informasi dan tuntunan visual kepada pilot pada saat pesawat udara mendekati bandar udara, melakukan pendaratan (landing), lepas landas (take off) dan sebagainya. Airport lighting ini terbagi atas beberapa bagian utama yaitu :

- Approach Lighting

Merupakan satu-satunya alat sebagai penunjuk kepada pilot pada saat pesawat mendekati runway dan biasanya digunakan pada keadaan penglihatan kurang baik (cuaca buruk) atau malam hari.

- Runway Threshold Light

Runway threshold merupakan lahap terakhir dan pendekatan guna pendaratan.

Suatu terminating bar dari lampu merah ditempatkan 60 meter di depan threshold untuk menandakan berakhirnya approach light dan mulainya runway threshold. Wing bar yang panjangnya 4,5 meter di depan threshold pada sisi runway. Threshold diterangi lampu berwarna hijau yang melintang sepanjang keseluruhan runway atau lebih.

- Runway Light

Runway light merupakan salah satu bagian terpenting dari landasan bandar udara, karena dipergunakan untuk memandu visual pendaratan dan lepas landas.

- Taxiway Light

NO	BEBAN	BEBAN TERPASANG (KVA)
1	Lampu runway dan threshold	16,3
2	PAPI	3,73
	Approach light	41,259
	T/W Alfa	1,733
	T/W Bravo	3,833
	T/W Charlie	0,315
4.	T/W Delta	0,473
5.	Rotating Beacon	2,3529
6.	Landing Tee	0,6
7.	Windcone Light	0,8
8.	Obstruction Light	0,4
9.	Apron Flood Light	24
Total beban		95,7959

Taxiway light merupakan penerangan untuk menandai jalan yang menghubungkan runway dengan taxiway sampai ke apron, guna memungkinkan pendaratan di malam hari atau pada kondisi cuaca buruk. Unit-unit lampu ini ditempatkan tidak lebih 3 meter dari taxiway dan ditempatkan tidak melebihi 0,75 meter diatas permukaan landasan. Lampu-lampu yang digunakan adalah lampu dengan intensitas rendah (low intensity) yaitu 15 watt sampai 30 watt.

- Obstruction Light

Lampu ini berfungsi untuk menerangi suatu bangunan yang merupakan suatu rintangan bagi penerbangan, sehingga dapat memperingati pilot. Obstruction light dipasang pada puncak tepi bangunan yang letaknya paling tinggi.

- Rotating Beacon

Tujuan utama pemasangan rotating beacon adalah untuk menunjukkan lokasi bandar udara dari jarak jauh. Rotating beacon ditempatkan pada menara pengawas (Air Traffic Control Tower) dan menghasilkan suatu berkas cahaya yang sempit dengan intensitas yang tinggi dalam dua arah berbeda yang berputar pada sumbu vertikal.

- Windcone Light

Kegunaan lampu ini adalah untuk menunjukkan arah angin dan diletakkan pada tempat yang dapat dilihat baik sewaktu berada di udara maupun di darat. Penerangan windcone light terdiri atas enam lampu 200 watt beserta reflektornya dan sebuah obstruction light 100 watt.

- Precision Approach Path Indicator (PAPI)

Sistem ini memberikan pedoman sudut pendekatan. Sinyal-sinyal lampu ini membantu pilot dalam menentukan sudut yang tepat pada saat akan mendarat.

- Landing Tee

Kegunaan dari landing tee adalah untuk menunjukkan arah pendaratan (landing) dan lepas landas (take off) pesawat udara. Biasanya arah Landing Tee diatur melalui tower berdasarkan pengamatan arah angin oleh pengawas tower.

- Apron Flood Lighting

Apron adalah suatu daerah tertentu pada lapangan terbang yang digunakan sebagai tempat pemuatan dan penurunan penumpang serta pengisian bahan bakar.

Besarnya daya yang digunakan untuk beban-beban penerangan airport pada Bandar Udara Hasanuddin dapat dilihat pada label berikut ini.

Tabel.1 Beban Airport Light Bandar Udara Hasanuddin

C. Beban Peralatan

Untuk menghindari kebisingan dari pesawat terbang dan menciptakan temperatur kondusif bagi peralatan elektronik maka pada ruang perkantoran serta ruang operasi dirancang kedap suara yang dilengkapi dengan Air Conditioner (AC). Selain Air Conditioner diatas beban daya lainnya adalah sebuah sirine yang ditempatkan pada landasan (runway).

Suatu bandar udara selalu dilengkapi dengan alat navigasi dan telekomunikasi yang berfungsi sebagai alat pengontrol lalu lintas udara.

Untuk memudahkan mengontrol penerbangan maka sistem air traffic control dibagi menjadi tiga bagian yaitu :

- a. Airport Traffic Control Tower adalah fasilitas yang digunakan untuk mengawasi, mengatur dan memonitor lalu lintas udara di dalam daerah bandar udara.
- b. Air Route Control Center adalah fasilitas yang mengatur pesawat udara sepanjang airway. Sebelum berangkat pilot terlebih dahulu memberitahukan Air Route Control Center mengenai rencana terbangnya berupa tujuan airway dan ketinggian yang dikehendaki serta waktu keberangkatan.
- c. Komunikasi jalur udara, ini biasanya dilakukan oleh stasiun-stasiun pelayanan. Stasiun ini berlokasi pada airport dan juga pada tern pat-tern pat jalur penerbangan. Tugas dari stasiun ini adalah :
 - Memberi informasi cuaca pada pilot dan peralatan pembantu navigasi.
 - Untuk merelay dan menerima pesan-pesan pengatur lalu lintas udara antara pesawat udara dengan Air Route Control Center.
 - Memonitor peralatan-peralatan pembantu navigasi.

Peralatan listrik untuk keperluan lainnya pada bandar udara berupa lampu-lampu penerangan dan Air Conditioner (AC) guna menunjang pelayanan, kenyamanan pelayanan penumpang, perumahan karyawan dan kegiatan lain seperti pada ruang bagasi, dan bea cukai.

Besarnya daya yang digunakan untuk beban peralatan adalah sebagai berikut:

NO	BEBAN	JUMLA H	DAYA TERPASANG '
1	Air Conditioner (AC)	8 buah	1492 Watt
2	Sirine	1 buah	4700 Watt

Tabel .2 Beban Peralatan Bandar Udara Hasanuddin

D. Jaringan Distribusi pada Bandar Udara Hasanuddin

Fungsi jaringan distribusi adalah untuk menyalurkan daya listrik dari sumber ke beban-beban pada tingkat tegangan yang dibutuhkan. Pada umumnya jaringan distribusi berbentuk :

1. Sistem Radial
2. Sistem Loop
3. Sistem Jala-jala
4. Sistem Spindel

Jaringan distribusi yang digunakan pada bandar udara Hasanuddin Makassar adalah jaringan dengan tipe Loop. System jaringan ini merupakan suatu jaringan yang berbentuk rangkaian tertutup.

E. Transformator yang Digunakan

Transformator merupakan alat listrik yang memberikan cara sederhana untuk mengubah tegangan bolak-balik dari satu harga ke harga lainnya (step up dan step down).

Penggunaan transformator dalam system distribusi daya memungkinkan terpakainya tegangan yang sesuai untuk tiap keperluan dan memudahkan pengiriman energi listrik. Jenis transformator yang digunakan pada bandar udara Hasanuddin dapat dilihat pada tabel berikut:

NO	MERK	KAPASITAS DAYA (KVA)	JUMLAH (BUAH)	MELAYANI	BEBAN TERPAKAI (KVA)
1.	Unindo	200	1	Radar	195,7
2.	Unindo	200	1	Tower	190,3
3.	Unindo	500	1	Terminal	487,9
4.	Unindo	100	1	Lampu jalan Perkantoran Tek. GIA	20 40,23 30
5.	Unindo	15	1	ILS	14
6.	Unindo	30	1	DVOR & DME	28,9

Tabel 3 Transformator pada Bandar Udara Hasanuddin

F. Standarisasi Sistem Kelistrikan Bandar Udara Hasanuddin

Standarisasi sistem kelistrikan yang dimaksud yaitu tidak adanya suatu selang waktu interupsi daya yang melebihi dari waktu yang diizinkan oleh Internasional Civil Aviation Organization (ICAO) [11].

RUNWAY	LIGHTING	
	Aid Requiring Power	Maximum Switch Over Time
Non Instrumen	PAPI Runway Edge Runway threshold Runway end Obstruction	2 minutes 2 minutes 2 minutes 2 minutes 2 minutes
Instrumen Approach	Approach lighting sistem PAPI Runway edge Runway threshold Runway end Obstruction	15 minutes 15 minutes 15 minutes 15 minutes 15 minutes 15 minutes

Precision Approach Category I	Approach lighting sistem	15 second
	Runway edge	15 second
	Runway threshold	15 second
	Essential taxiway	15 second
	Obstruction	15 second
Precision Approach Category II	Approach lighting sistem	1 second
	Runway edge	15 second
	Runway threshold	1 second
	Runway end	1 second
	Runway centre line	1 second
	Runway touchdown zone	1 second
	Essential taxiway	15 second
	Obstruction	15 second

Tabel 3.4 Standarisasi Pemutusan Rekomendasi ICAO

G. Prioritas Jaringan Listrik Bandar Udara Hasanuddin

Untuk mendapatkan klasifikasi keandalan listrik, maka kebutuhan daya listrik dapat dikelompokkan dalam beberapa tingkat prioritas jaringan antara lain :

1. Jaringan yang tidak diprioritaskan

Jaringan ini meliputi beberapa keperluan yang tidak begitu penting sehingga tidak memerlukan suplai tenaga listrik yang cepat. Fasilitas yang dilayani pada jaringan ini meliputi :

- Penerangan jalan
- Perawatan angkutan
- Sebagian penerangan terminal
- Fasilitas umum lainnya

2. Jaringan yang diprioritaskan

Jaringan ini meliputi keperluan penting, dimana suplai tenaga listrik harus terus menerus dan waktu pemutusan aliran hanya diizinkan selama 15 detik, sehingga dibutuhkan pembangkit cadangan dengan system otomatis. Fasilitas-fasilitas yang disuplai jaringan ini meliputi :

- Air Conditioner dala gedung operasi
- Sebagian peralatan umum dan penerangan di terminal

3. Jaringan teknik

Jaringan ini meliputi keperluan-keperluan tertentu dimana kebutuhan akan daya listrik sangat penting dan digunakan terus menerus.

Pemutusan pada jaringan ini hanya diizinkan selama 15 detik. Fasilitas-fasilitas yang disuplai oleh jaringan ini adalah

- Peralatan teknik yang berhubungan langsung dengan kegiatan penerbangan, seperti lampu-lampu bantuan pendaratan kategori (Runway, Threshold, Obstruction, PAPI, Approach, Landing Tee, Rotating Beacon), bantuan radio navigasi, NDB serta lainnya.
- Penerangan dan peralatan umum di bangunan-bangunan Teknik [12].

4. Jaringan teknik yang dipercaya

Jaringan ini meliputi sejumlah fasilitas teknik yang sangat penting, aliran daya listrik dan tingkat pemutusan hanya diizinkan maksimum 1 detik.

Fasilitas-fasilitas yang dilayani adalah :

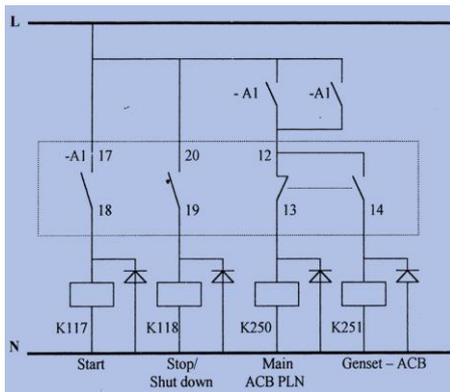
- Peralatan radar
- Beberapa dari peralatan teknik pada bantuan peralatan untuk kategori II dan kategori III.
- Peralatan teknik diruang kontrol yang berada di pusat pengaturan penerbangan [13].

Melihat prioritas waktu pemutusan yang diizinkan sangat sempit maka fasilitas tersebut menggunakan sistem UPS (Uninterruptible Power Supply) atau sistem pencatu daya tak terputus.

H. Analisis Prinsip Kerja Sistem Peralihan Catu Daya

Peralihan catu daya atau pelayanan beban terjadi pada saat terjadinya gangguan pada suplai daya utama PLN. Sistem kontrol memerintahkan motor start untuk memuat //y wheel mesin diesel hingga mesin berputar. Ketika mesin mencapai putaran nominal, maka kopel generator juga akan memutar dan pada saat yang bersamaan tegangan nominal tercapai. Circuit breaker pada PLN off dan circuit breaker PLTD on, arus listrik melalui bus bar akan menyuplai beban.

Setelah sistem catu daya utama dapat kembali melayani beban maka proses peralihan beban kembali (retransfer load) dilakukan melalui proses yang sama, kemudian generator sebagai catu daya cadangan dapat dipadamkan. Sirkuit diagram pengalihan catu daya secara otomatis dapat dilihat pada (gambar 6) di bawah ini.



Gbr 6 Diagram Kontrol Pengalihan Catu Daya Secara Automatic Peralihan catu daya dari catu daya PLN ke catu daya cadangan (transfer load) dan mengembalikan beban dan catu daya cadangan (PLTD) ke catu daya utama PLN (transfer load) dapat dipilih dengan menggunakan tiga tipe operasi dan tersedia satu posisi blok untuk perawatan sistem pembangkitan cadangan. Pemilihan tipe operasi dilakukan melalui saklar pilih [14].

Adapun tipe operasi tersebut yaitu :

1. Posisi Blok (Bloked position)
Tipe operasi blok disediakan untuk perawatan. Saat dimana 'start' dari setting siaga (standby) tidak dapat dilakukan karena tanggapan diblokir, maka perintah untuk mesin berputar (start) tidak dapat dilakukan.
2. Tipe operasi manual (Manual Mode of Operation)
Pada tipe operasi manual segala proses yang ada baik proses engine start, engine stop, block, transfer load, re-transfer had, bekerja secara manual.
3. Tipe operasi auto (Automatic Mode of Operation)
Proses engine start, engine stop, block, transfer load, re-transfer load, dan engine re-cooling, bekerja secara otomatis. Ketika generator mencapai tegangan nominal maka ACB PLN terbuka dan ACB generator akan menutup disesuaikan selama 10 detik (transfer load). Peralihan kembali secara otomatis dengan selang waktu 3 detik (retransfer load).
4. Tipe operasi Test (Test Mode of Operation)
Dalam proses ini mesin (engine) start secara otomatis tanpa terjadi proses transfer load selama tidak terjadi gangguan pada catu daya utama. Namun apabila terjadi gangguan pada

catu daya utama, memungkinkan untuk transfer load secara otomatis dan retransfer load secara otomatis pula. Untuk proses engine stop, saklar pilih dipindahkan ke tipe operasi otomatis.

I. Proses Peralihan Beban ke Catu Daya Utama (Retransfer load)

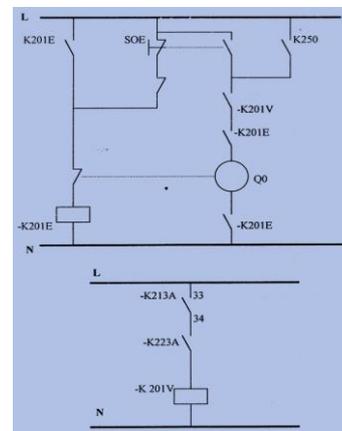
Retransfer load adalah suatu proses peralihan catu daya dari Genset ke PLN sebagai catu daya utama dimana catu daya utama telah berfungsi kembali. Retransfer load merupakan kebalikan dari proses transfer load. Proses retransfer load terjadi setelah catu daya utama (PLN) berfungsi kembali dan mencapai tegangan yang normal.

1. Normalitas Tegangan PLN

Normalitas tegangan adalah kondisi dimana tegangan yang bekerja dengan normal kembali sesuai dengan kondisi semula setelah mengalami gangguan yaitu 220/380 Volt. Apabila normalitas tegangan belum tercapai maka proses transfer load tidak dapat berlangsung.

2. ACB Genset "Off"

Setelah normalitas tegangan PLN telah tercapai maka secara otomatis ACB pada genset akan segera berhenti bekerja dan akan diganti oleh ACB PLN. Pada proses retransfer load terdapat beberapa bagian untuk penghentian bekerjanya ACB genset dapat dilihat pada gambar 7 dibawah ini.



Pada bagian pertama dapat dilihat dari relai pengaman -A1 yang terganggu pada group alarm A. relai ini akan bekerja jikalau tekanan minyak pelumas pada generator rendah maka ACB genset akan langsung berhenti bekerja setelah kontaktor -K 211A mendapat suplai arus.

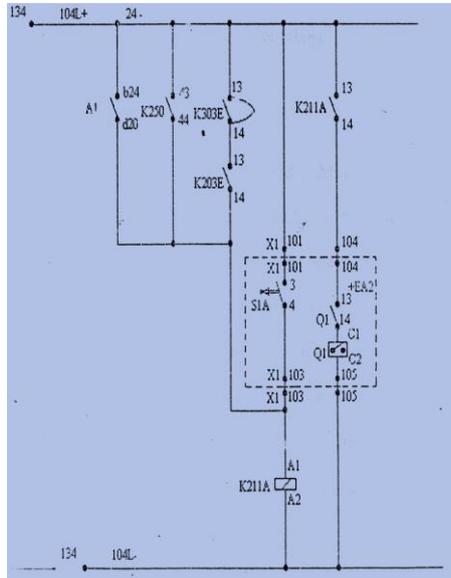
Pada bagian yang kedua dapat dilihat pada kontak point -K 250 dan -K 203E keduanya tertutup maka kontaktor -K 211A akan mendapat suplai arus. Untuk kontaktor -K. 250 dapat dilihat pada gambar 4.1 jika ACB PLN mendapat suplai arus maka kontaktor-K 250 akan dialiri arus. Untuk kontaktor-K 203E dapat dilihat pada gambar 4.8 yaitu jika k'ontaktor -K 203E mendapat suplai arus maka kontak point -K 203E akan menutup.

Setelah kontaktor-K 211A mendapat suplai arus maka kontak point-K 211A akan menutup sehingga ACB Genset akan berhenti bekerja

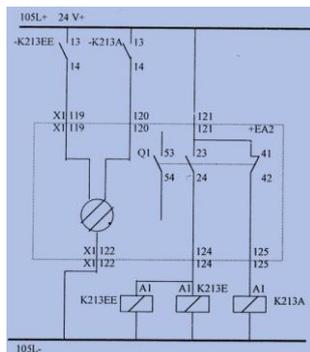
3. ACB PLN "On"

Untuk proses ACB PLN "on" maka terlebih dahulu ACB genset harus berhenti bekerja. Karena pada system interlock berlaku, jika salah satu suplai daya bekerja maka suplai yang lainnya tidak dapat bekerja. Setelah ACB genset berhenti bekerja maka secara otomatis ACB PLN akan mulai bekerja. Proses kerja dimulai dari test point akan mengirimkan sinyal pada motor sehingga motor

akan berputar untuk menarik pegas dan mengunci untuk menyimpan tenaga yang berfungsi untuk menutup kontak utama. Pada putaran motor yang telah ditentukan suplai listrik terputus ke motor dan sisa putaran untuk melepaskan penguunci sehingga kontak utama



Gbr 8 Main ACB On



Gbr 9 ACB Genset 1 Signal

Arus sesaat akan mengalir ke kontaktor -K. 20IE sehingga kontak point -K 20IE akan menutup

Setelah kontak 12 dan 13 menutup maka kontaktor -K 250 yang berada dalam posisi membuka akan menutup dan yang pada posisi menutup akan membuka.

Setelah kontaktor -K 213E dan -K 223E mendapat suplai arus maka kontak point -K 213E dan -K 223E menulup sehingga kontaktor-K. 201V mendapat suplai arus.

Apabila kontak point -K 250, -K 201V dan -K 20IE telah menulup maka arus akan mengalir ke motor ACB dan kemudian berputar untuk menyimpan tenaga. Pada putaran tertentu penguangkit akan membuka kontak suplai ke koil -K 20IE sehingga kontak -K 20IE (NO) membuka memutus suplai ke motor. Sisa putaran motor akan membuka penguangkit sehingga ACB PLN dalam posisi "on".

4. Peralihan Beban ke Catu Daya Utama (Retransfer load)

Proses peralihan kembali dari kondisi ACB generator off sampai ACB PLN on akan membutuhkan waktu 3 detik. Proses ini juga dicatu sementara oleh UPS untuk beban-beban yang membutuhkan suplai daya secara kontinyu.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Setelah melakukan studi tentang peralihan catu daya pada Bandar Udara Internasional Hasanuddin Makassar, maka kami menyimpulkan beberapa hal yaitu :

1. Proses transfer load terdiri dari beberapa bagian yaitu :
 - Proses engine start yang dapat dilakukan dengan tipe operasi manual dan otomatis
 - Proses pencapaian putaran nominal yang diharapkan dari generator yaitu 1500 rpm untuk mensuplai tegangan nominal 220/380 V ke beban.
 - ACB PLN off, pada tipe operasi otomatis pembukaan dan penutupan ACB menggunakan alat mekanisme energi tersimpan yang menjamin aksi penutupan yang cepat dan aman.
 - ACB PLN akan berhenti bekerja dan ACB genset on pada saat proses start selesai dan tegangan yang akan dicapai generator telah sama dengan tegangan pada busbar.
2. Peralihan catu daya atau pelayanan beban terjadi pada saat suplay daya utama PLN mengalami gangguan dimana sistem kontrol memerintahkan motor start untuk memutar fly wheel mesin diesel sampai generator mencapai putaran nominainya. Setelah tegangan nominal tercapai Circuit breaker pada PLN off dan circuit breaker. PL TD on, arus listrik melalui busbar akan mensuplai beban.
3. Keandalan sistem peralihan catu daya dalam mendukung kelancaran dan keselamatan penerbangan yaitu :
 - Pada proses transfer load dan PLN ke catu daya cadangan (genset) memerlukan waktu 10 detik dan retransfer load memerlukan waktu 3 detik.
 - Bila Catu daya PLN mengalami gangguan maka genset 3 dapat berfungsi secara otomatis atau manual untuk mensuplai beban dan genset 1 dan genset 2 dapat difungsikan secara manual bila genset 3 mengalami perbaikan.
 - Generator 3 menggunakan sistem interlock sehingga tidak saline mengganggu jika salah satu sumber mencatu beban.

B. Saran

Setelah melihat dan mempelajari sistem peralihan catu daya pada Bandar Udara Hasanuddin Makassar, maka kami menyarankan bahwa dalam merancang sistem pembangkitan cadangan harus memperhitungkan rencana pengembangan sistem sehingga dapat lebih ekonomis.

REFERENSI

- [1] S. Suparman, M. As'ad, A. Adriani, and R. Ridwang, "RANCANG BANGUN PENETRALISIR KEBOCORAN GAS PADA PERUMAHAN BERBASIS MICROCONTROLLER ARDUINO," *Vertex Elektro*, vol. 15, no. 1, pp. 57–63, 2023.
- [2] K. Abdul, *Pembangkit Tenaga Listrik*. Jakarta: Universitas Indonesia Press, 2020.
- [3] T. H. Carr, *Electric Power Stations*. Princeton: D. Van Nostrand Company, 1941.
- [4] M. A. Adhiem, S. H. Permana, and B. M. Faturahman, *Pembangkit Listrik Tenaga Surya bagi*

- Pembangunan Berkelanjutan*. Jakarta: Publica Indonesia Utama, 2021.
- [5] W. D. Stevenson, *Analisa Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta : Erlangga, 2020.
- [6] M. Burhan, “Studi Gangguan Dan Kinerja Sistem Proteksi Trafo Tenaga Pada Gis Dan Gardu Induk Konvensional 150 Kv Bontoala,” Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2018.
- [7] S. Oman, *Sistem Pengontrolan Motor di Industri*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 2021.
- [8] D. L. B. Taruno, Zamtinah, and A. S. J. Wardhana, *Instalasi Listrik Industri*, 1st ed. Yogyakarta: UNY Press, 2019.
- [9] PT. PLN (Persero) Jasa Pendidikan dan Pelatihan, “Relay Proteksi Peralatan Pembangkit.” Jakarta: PT. PLN (Persero), 2008.
- [10] A. Rukajat, *Pendekatan penelitian kualitatif (Qualitative research approach)*. Sleman: Deepublish, 2018.
- [11] ICAO, *Aerodromes Annex 14*, 4th ed. Montreal: International Civil Aviation Organization (ICAO), 2004.
- [12] Zuhail, *Dasar teknik tenaga listrik dan elektronika daya*, 2nd ed. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 1993.
- [13] S. Budiarjo, *Teknik Tenaga Listrik*, 4th ed. Bandung: Amirco, 2020.
- [14] Realator, “Unit 7 VS 8501 Automatic.” Germany: Siemens West, 2021.