

SKRIPSI

**STUDI SISTEM PROTEKSI GENERATOR PADA
PLTU JENEPONTO**



OLEH :

ANSYAR WAHYUDI BAHAR

105 82 1096 12

MOHD.RAZLAN BIN MOHD ANAS

105 82 1009 12

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2018**

**STUDI SISTEM PROTEKSI GENERATOR PADA PLTU
JENEPONTO**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat

Untuk memperoleh gelar sarjana

Program studi Teknik Elektro

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik

Disusun dan diajukan oleh

ANSYAR WAHYUDI BAHAR

105 82 1096 12

MOHD.RAZLAN BIN MOHD ANAS

105 82 1009 12

PADA

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

MAKASSAR

2018



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **STUDI SISTEM PROTEKSI GENERATOR PADA PLTU JENEPONTO.**

Nama : 1. Ansyar Wahyudi Bahar
2. Mohd Razlan Bin Mohd Anas

Stambuk : 1. 10582 1096 12
2. 105821009 12

Makassar, 22 Januari 2018

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

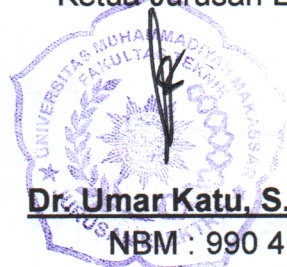
Dr. Ir. Hj. Hafsah Nirwana, M.T

Pembimbing II

Ir. Abd Hafid, M.T

Mengetahui,

Ketua Jurusan Elektro



Dr. Umar Katu, S.T., M.T.

NBM : 990 410



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Ansyar Wahyudi Bahar dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1096 12 dan Mohd Razlan Bin Mohd Anas dengan nomor induk Mahasiswa 105821009 12, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0001/SK-Y/20201/091004/2018, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 20 Januari 2018.

Panitia Ujian :

Makassar, 06 Jumadil Awal 1439 H

22 Januari 2018 M

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. -Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME.

2. Penguji

a. Ketua: Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng:

b. Sekretaris : Adriani, S.T.,M.T

3. Anggota

: 1. Andi Abd Halik Lateko Tj, S.T.,M.T

2. Dr. Umar Katu, S.T.,M.T

3. Suriyani, S.T.,M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

Dr. Ir. Hj. Hafsah Nirwana, M.T

Pembimbing II

Ir. Abd Hafid, M.T

Dekan

Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.

NBM : 855 500

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena Rahmat dan HidayahNya sehingga penulis dapat menyusun tugas akhir ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka penyelesaian program studi pada Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir adalah :

“STUDI SISTEM PROTEKSI GENERATOR PADA PLTU JENEPONTO”

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulis maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Tugas akhir ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segalan ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Hamzah Al Imran, ST, MT. Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Dr. Umar Katu, ST, MT., sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

3. Ibu. Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M.T, Selaku Pembimbing I dan Bapak Ir. Abd Hafid, MT, selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya dalam membimbing kami.
4. Bapak dan ibu dosen serta staf pegawai pada fakultas teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terimah kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dan menyelesaikan kuliah.
6. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa fakultas teknik terkhusus angkatan 2012 yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Kepada kedua Orang tua saya cintai yang jauh disana, terimah kasih banyak atas doanya dan dana yang di berikan kepada saya.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapatkan pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan Negara. Amin.

Makassar,06 September 2017

PENULIS

Ansyar Wahyudi Bahar¹, Mohd Razlan Bin Mohd Anas²

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email : ansyarwahyudibahar654@gmail.com

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email : allanvan53@gmail.com

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jeneponto 2x125 MW nilai keluaran yang di hasilkan 2x156.25 MVA terletak di desa Punagaya, Kecamatan Bangkala, Kabupaten Jeneponto, Sulawesi selatan sekitar 71,2 KM dari kota Makassar. Dimana Jenis generator yang digunakan dengan tipe QF a - 125 - 2 berjumlah 2 unit kapasitas 2x125 MW dengan tegangan 13,8 KV, arus 6537 A, frekuensi 50 Hz, power factor 0,8 langging dan putaran 5000 Rpm. Gangguan yang pernah terjadi di system proteksinya adalah *Loss Excitation* generator disebut eksitasi/kehilangan medan penguat akan membuat putaran mesin naik dan berfungsi sebagai generator induksi, kondisi ini berakibat pemanasan pada rator dan slot wedges akibat arus induksi yang bersirkulasi pada rator. Sistem eksitasinya di rotor dia menggunakan listrik DC tapi awalnya menggunakan listrik AC menyearahkan AC >DC dinamakan SCR. Hasil perhitungan yang diperoleh dari penelitian ini adalah, Arus rele differensial adalah sebesar 1,3 A, arus restrain sebesar 5,6 A dan hasil perhitungan slope sebesar 23% dan slope sebesar 46%, rele OCR 5 A sebesar 6,61 A rele trip, untuk hubung singkat 3 fasa sebesar 0,021 A rele dapat bekerja, untuk hubun singkat 2 fasa sebesar 0,018 Ampere rele dapat bekerja, untuk hubung singkat 2 fasa ke tanah sebesar 0,019 A rele dapat bekerja.

Kata Kunci : *system proteksi, generator induksi, medan penguat*

Ansyar Wahyudi Bahar¹, Mohd Razlan Bin Mohd Anas²

¹Jurusan TeknikElektro, Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email : ansyarwahyudibahar654@gmail.com

²Jurusan TeknikElektro, Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email : allanvan53@gmail.com

ABSTRACK

Jeneponto 2x125 MW Steam Power Plant (PLTU) 2x156.25 MV output value is located in Punagaya village, Kangkatan Bangkala, Jeneponto Regency, South Sulawesi about 71.2 KM from Makassar city. Where the type of generator used with type QF a - 125 - 2 is 2 units capacity 2x125 MW with voltage 13.8 KV, current 6537 A, frequency 50 Hz, power factor 0.8 langging and round 5000 Rpm. The disturbance that has occurred in the protection system is the Loss Excitation generator called excitation/loss of reinforcement field will make the engine speed up and function as an induction generator, this condition resulted in heating of rator and slot wedges due to circulating induced currents on the rator. His excitation system in his rotor uses DC power but initially uses AC power rectifying AC> DC is called SCR. The results of the calculation obtained from this research are, the rele differential current is 1.3 A, the restrain current is 5.6 A and the slope calculation is 23% and the slope is 46%, the OCR 5 A release is 6,61 A rele trip , for a 3-phase short circuit of 0.021 A rele can work, for a 2-phase short phase of 0.018 Ampere rele can work, for a 2-phase short circuit to the ground of 0.019 A working relation.

Keywords: *protection system, induction generator, amplifier field*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR PERSETUJUAN	
KATA PENGANTAR.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACK	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR SINGKATAN.....	ix
DAFTAR ISTILAH.	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 TINJUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Generator..	5
2.2 Prinsip Kerja Generator..	6

2.2.1 Bagian Diam Disebut Stator Atau Jangkar.....	6
2.2.3 Bagian Berputar Disebut Rotor..	7
2.3 Proteksi Generator..	8
2.3.1 Jenis Gangguan Yang Umum Terjadi Pada Generator.....	9
2.4 Komponen Utama Sistem Proteksi.....	13
2.4.1 Karakteristik Umum Rele Proteksi.....	17
2.4.2 Karakteristik Fungsional Rele Proteksi..	17
2.5 Prinsip Kerja Rele Proteksi.....	18
2.6 Sistem Proteksi Generator..	22
2.6.1 Relay..	22
BAB 3 METODELOGI PENELITIAN..	30
3.1 Jenis Penelitian..	30
3.2 Lokasi Dan Waktu Penelitian..	30
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	30
3.3.1 Penelitian Pustaka.....	30
3.3.2 Penelitian Lapangan.....	30
3.4 Peralatan..	31
3.4.1 Perangkat Keras..	31
3.4.2 Perangkat Lunak..	31
4.5 Cara Kerja.....	31
3.6 Flowchart Alir Penelitian.....	32
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN..	34
4.1 PLTU Jeneponto 2x125MW..	34

4.2 Tinjauan Sistem Generator pada PLTU Jenepono.....	35
4.2.1 Data-Data Generator Pada PLTU Jenepono	35
4.2.2 Data-Data Relai Proteksi Pada PLTU Jenepono.....	35
4.3 Gangguan yang Pernah Terjadi pada Generator PLTU Jenepono	38
4.3.1 Loss Excitation	38
4.4 Perhitungan Setting Rele Proteksi Generator pada PLTU Jenepono.....	39
4.5 Menghitung Arus Hubung Singkat Pada Generator PLTU Jenepono.....	42
BAB 5 PENUTUP.....	44
5.1 Kesimpulan.....	44
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....	46
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kontruksi sederhana sebuah generator.....	5
Gambar 2.2. Kontruksi generator arus bolak-balik.....	8
Gambar 2.3. Elemen pokok sistem tenaga.....	9
Gambar 2.4. Diagram satu garis yang menunjukkan arus saluran transmisi dan komponen proteksi untuk saluran transmisi	14
Gambar 2.5. Prinsip overlap di sekitar pemutus daya.....	15
Gambar 2.6. Contoh pembagian daerah proteksi pada sistem tenaga.....	16
Gambar 2.7. Rele jenis plunger.....	20
Gambar 2.8. Rele jenis induksi	21
Gambar 2.9. Penempatan peralatan pengaman elektris pada generator.....	22
Gambar 2.10. Single line diagram relegangguan rotor hubung tanah	25
Gambar 2.11. Single line diagram rele arus lebih.....	26
Gambar 2.12. Single line diagram rele daya balik	28
Gambar 4.1 Gangguan yang terjadi muncul di layar monitor.....	38
Gambar 4.2 Gangguan yang terjadi muncul di layar monitor.....	38

DAFTAR SINGKATAN

S	=	Sensor/detector
R	=	Rele proteksi
e	=	Tegangan induksi
N	=	Jumlah lilitan
\mathcal{C}	=	Harga fluks yang berubah-ubah terhadap waktu
t	=	Waktu
CB	=	Pemutus daya
G	=	generator
P	=	pemutus daya
T	=	transformator
St	=	saluran transmisi
Tc	=	trip coil cb
Ir	=	arus yang mengalir pada rele
Ip	=	arus pick-up dari rele
GGL	=	Gaya gerak listrik
Mmf	=	Magnetotif force
AVR	=	Pengatur tegangan otomatis
RC	=	Restaining coil
OC	=	Operating coil
SCR	=	Silicon Controlled Rectifier

DAFTAR ISTILAH

Setting	=	Penyetelan
Slot	=	Alur
Motoring of generator	=	Generator berkerja sebagai motor
Over current relay	=	Rele Arus Lebih
Differensial relay	=	Rele diferensial
Voltage relay	=	Rele tegangan
Reverse power relay	=	Rele daya balik
Magnetomotiv force	=	kekuatan magnet otomotif
Primer mover	=	pengerak utama
Double frekuensi current	=	arus frekuensi ganda
Overlap	=	Saling menutupi sebagian
Speed	=	Kecepatan
Sencitiviti	=	Sensivitas
Selectivity	=	Selektivitas
Reabilty	=	Keandalan
Energized	=	berenergi
Instantaneous	=	Sesaat/segera
Definite time delay	=	Waktu tunda
Inverse time	=	Waktu kebalikan
Plunger	=	penyelam
Pick-up value	=	nilai pick-up

Thershold value	=	nilai ambang batas
Dop-out	=	keluar
Keeper	=	penjaga
Split phase	=	fasa split
Over voltage relay	=	rele tegangan lebih
Lost of rotor excitation relay	=	Rele kehilangan medan penguat rotor
Rotor earth fault relay	=	Rele gangguan rotor hubung tanah
Out of synchronism relay	=	Rele kehilangan sinkronisasi

DAFTAR LAMPIRAN

Surat Lampiran Persetujuan Pengambilan Data Di PLTU.....	43
Single Line Diagram PLTU Jenepono.....	43
Data Sistem Proteksi Yang Digunakan Di PLTU.....	43
A. Gangguan yang terjadi di PLTU.. ..	44
B. Lokasi Penelitian.. ..	45

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Alam beserta isinya adalah nikmat yang sangat besar dan berharga oleh Tuhan kepada manusia dan juga sudah menjadi fitrah manusia untuk memakmurkan dan memanfaatkannya dengan sebaik-baiknya untuk memenuhi segala kebutuhan di muka bumi ini.

Seiring dengan perkembangan dan peningkatan taraf hidup masyarakat, maka kebutuhan tenaga listrik dengan sendirinya makin meningkat pula, dimana telah diketahui bersama bahwa pada tahun-tahun terakhir ini merupakan era industrialisasi. Kebutuhan tenaga listrik menjadi penting sehingga tidak dapat dipisahkan dari gerak pembangunan itu sendiri.

Kebutuhan dengan perkembangan dan peningkatan pemakaian tenaga listrik maka PLN selaku pemasok listrik nasional mengusahakan suatu Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) untuk memenuhi kebutuhan konsumen listrik yang semakin bertambah. Hal yang perlu diperhatikan semakin meningkatkan penyediaan tenaga listrik adalah bagaimana menanggulangi gangguan pada suatu bagian sistem tenaga listrik termasuk gangguan pada pusat pembangkit, dalam hal ini dibutuhkan sistem proteksi yang handal sehingga gangguan dapat diisolir dari sistem kelistrikan.

Sistem proteksi yang dimaksud adalah sistem perlindungan atau pengamanan yang bertujuan untuk mencegah kerusakan pada peralatan sistem tenaga listrik akibat adanya gangguan pada PLTU Jeneponto.

Generator adalah suatu mesin listrik yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik melalui medan magnet. Dalam pergerakan generator memerlukan penggerak mula berupa turbin dan eksitasi. Pembangkit yang digerakkan oleh uap disebut Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Untuk operasi PLTU memerlukan alat proteksi untuk menjaga kontinuitas pembangkit daya dan pelayanan ke pusat-pusat beban pada penelitian ini dipilih judul : “*Studi Sistem Proteksi Generator Pada PLTU Jeneponto*”.

Mengingat pentingnya fungsi dari generator, maka disini dicoba untuk membahas sistem proteksi generator pembangkit listrik tenaga uap pada PLTU Jeneponto. Untuk mengatasi keadaan abnormal yang terjadi diperlukan suatu sistem proteksi yang dapat mengamankan generator dari kerusakan akibat kondisi abnormal tersebut. Keadaan abnormal akibat gangguan pada salah satu bagian dari generator sedapat mungkin diperbaiki tanpa melepaskan generator dari sistem (jaringan) tetapi keadaan tertentu yang secara cepat dapat menimbulkan kerusakan pada generator, maka generator tersebut harus dilepaskan dari sistem.

Pusat listrik tenaga uap pada PLTU Jeneponto, merupakan bagian satu daya yang sangat penting bagi kelangsungan produksi listrik nasional khususnya Sulawesi Selatan maka proteksi perlu diadakan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang disebutkan diatas maka rumusan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah:

1. Sistem proteksi apa yang digunakan pada generator PLTU Jeneponto?
2. Gangguan apa yang biasa terjadi pada generator PLTU Jeneponto ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

- 1) Untuk mengetahui data relay proteksi yang digunakan pada generator PLTU Jenepono.
- 2) Untuk mengetahui gangguan yang sering terjadi pada generator dengan cara menghitung arus hubung singkat pada generator PLTU Jenepono.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yakni meningkatkan pengetahuan tentang sistem proteksi dan macam-macam gangguan pada PLTU. Begitupun menjadi sebuah, sarana untuk mengimplementasikan ilmu pengetahuan dan teknologi yang diperoleh selama mengikuti proses perkuliahan serta memberikan manfaat untuk perusahaan dan industri-industri besar.

1.5 Batasan Masalah

Membahas sistem proteksi pembangkit mempunyai ruang lingkup yang sangat luas. Penulis merasa perlu mengemukakan batasan masalah yaitu:

1. Jenis proteksi utama yang digunakan pada PLTU Jenepono. Gangguan yang terjadi pada generator di PLTU Jenepono.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metode penelitian dan penlisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Merupakan bagian yang berisi materi-materi menyangkut pembahasan tugas akhir yang nantinya dapat menjadi landasan dalam perhitungan dan pembahasan masalah.

BAB III METODEOLOGI PENELITIAN

Merupakan bagian yang berisi tentang waktu dan tempat, fokus penelitian, metode penelitian, analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini dibahas tentang hasil penelitian dari lokasi penelitian yang di dapatkan.

BAB V PENUTUP

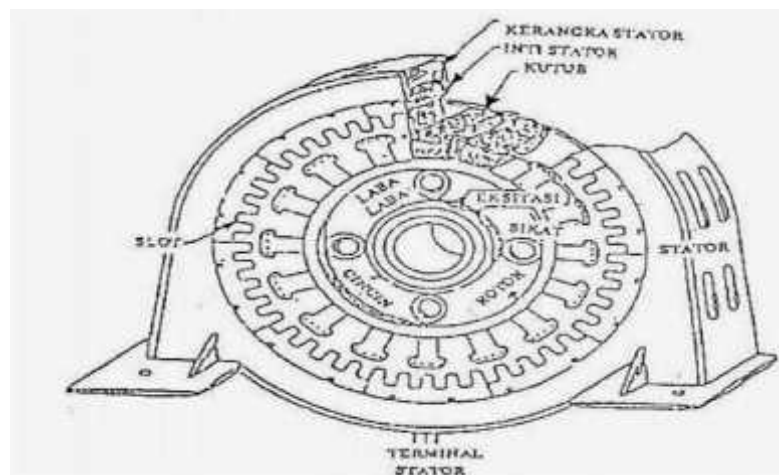
Dalam bagian ini akan dibahas penjelasan atau kesimpulan dan saran akhir dari penelitian tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Generator

Generator arus bolak balik yang disebut generator sinkron atau alternator, memberikan hubungan penting dalam proses yang lama dari perubahan energi dari batu bara, minyak, gas, serta uranium ke dalam bentuk yang bermanfaat untuk digunakan dalam industri maupun rumah tangga. Generator adalah salah satu komponen tenaga listrik yang berfungsi sebagai alat yang mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Generator sebagai komponen yang penting dari sistem tenaga listrik perlu mendapat perlindungan dan pemeliharaan dalam pengoperasiannya, karena apabila generator mengalami gangguan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik maka kebutuhan tenaga listrik tidak akan terpenuhi dengan baik pula.



Gambar 2.1. Konstruksi Sederhana Sebuah Generator

Dalam bentuknya yang sederhana sebuah generator listrik terdiri atas magnet dan kumparan. Bila mana terdapat suatu gerakan relatif antara kedua komponen diatas, garis-garis gaya magnet memotong belitan-belitan kumparan dan suatu gaya gerak listrik (ggl) akan dibangkitkan sebuah generator listrik atau alternator modern terdiri atas sejumlah kumparan dari konduktor berisolasi yang diletakkan dalam alur / slot inti besi berlaminasi.

Menurut Kadir (1996) secara umum terdapat dua tipe konstruksi, pada salah satu tipe sistem magnet berada dalam keadaan stasioner yaitu tidak bergerak sedangkan armature kumparan yang tidak bergerak sedangkan magnet yang terpasang pada suatu roda yang bergerak mengelilingi kumparan kedua tipe mesin menghasilkan listrik arus searah dengan menggunakan kontak-kontak berputar dan sikat berupa komulotor yang terpasang pada poros generator listrik.

2.2 Prinsip Kerja Generator

Generator sinkron adalah suatu mesin ac yang dapat mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Prinsip kerjanya berdasarkan hukum faraday tentang induksi elektromagnetik, yaitu bila suatu konduktor digerakkan dalam suatu medan magnet maka akan dibangkitkan gaya gerak listrik.

Konstruksi generator sinkron merupakan susunan *ferromagnetic* yang terdiri dari dua bagian utama yaitu :

1. Bagian diam disebut stator atau jangkar

Yakni bagian diam yang mengeluarkan tegangan bolak balik. Stator terdiri dari badan generator yang terbuat dari baja yang berfungsi melindungi bagian dalam generator, kotak terminal dan *name plate* pada generator inti stator yang

terbuat dari bahan *ferromagnetik* yang berlapis-lapis dan terdapat alur-alur tempat meletakkan lilitan stator. Lilitan stator tempat untuk menghasilkan tegangan, mempunyai alur-alur yang memanjang dan didalamnya terdapat lilitan kumparan stator antara lain : *rumah stator, inti stator, lilitan stator, alur stator, kontak hubung dan sikat.*

2. Bagian berputar disebut rotor

Yakni bagian bergerak yang menghasilkan medan magnet yang Menginduksikan ke stator. Rotor berbentuk kutub sepatu (*salient*) atau kutub dengan celah udara sama rata (rotor silinder) yaitu tempat melilitnya lilitan medan yang dicatu dengan arus dc. Bagian-bagian rotor antara lain : *kutub magnet, lilitan penguat magnet, cincin seret (sli ring) dan poros.*

Mmf (*magnetomotif force*) yang sangat tinggi dihasilkan oleh arus dalam lilitan medan yang menyatu dengan mmf (*magnetomotif force*) yang dihasilkan oleh arus dalam lilitan stator, sehingga fluks resultan pada celah udara antara stator dan rotor membangkitkan tegangan dalam kumaparan stator dan menyebabkan terjadinya perubahan magnetic antara medan stator dan rotor.

$$e = N^a \frac{\phi}{d} \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana :

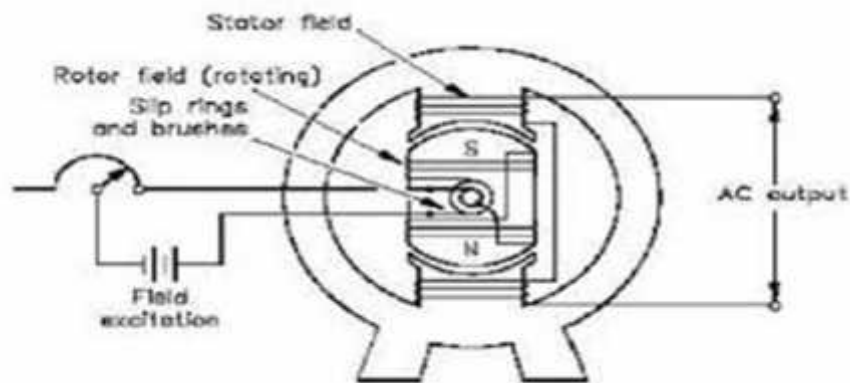
e = tegangan induksi

N = jumlah lilitan

ϕ = harga fluks yang berubah-ubah terhadap waktu

t = waktu

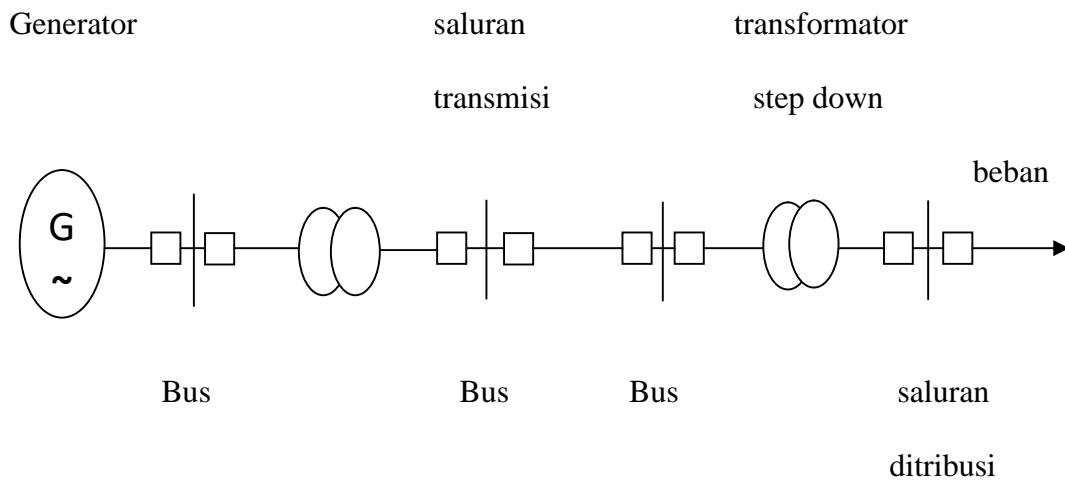
Lilitan stator mengalirkan arus dari generator ke beban listrik atau sistem. Suatu generator sebagai sumber tegangan yang menyatu daya ke beban, besar frekuensinya ditentukan oleh kecepatan penggerak mulanya (*primer mover*) dan banyaknya kutub.



Gambar : 2.2. Konstruksi Generator Arus Bolak-Balik

2.3 Proteksi Generator

Suatu sistem tenaga listrik pada prinsipnya terdiri dari tiga bagian utama yaitu: pusat pembangkit tenaga listrik, saluran transmisi dan sistem distribusi. Pada pusat pembangkit energi primer misalnya : minyak bumi, gas alam, dan air dikonfersi ke energi listrik oleh generator. Tegangan energi listrik ini dinaikkan oleh transformator penaik tegangan untuk disalurkan melalui transmisi ke pusat beban. Di pusat beban, di turunkan kembali oleh transformator penurun tegangan kemudian di salurkan ke beban. Gambar sederhana sebuah sitem tenaga listrik di perhatikan pada gambar (2.3).



Gambar 2.3. Elemen Pokok Sistem Tenaga

Dengan pengoperasiannya sistem tenaga listrik, disamping kondisi operasi normal, terdapat kondisi lain yang tidak mungkin bisa di tidak adakan sama sekali, yaitu kondisi operasi abnormal. Kondisi abnormal ini biasanya disebut gangguan.

Pada sistem tenaga listrik, proses menghilangkan gangguan hubungan singkat dan sistem dilakukan secara otomatis dengan cara tanpa camur tangan, yaitu melakukan elemen sistem tenaga terhadap gangguan yang terjadi dalam sistem agar tidak sampai mengalami kerusakan dan melokalisir gangguan agar tidak meluas didalam sistem.

3. Jenis Gangguan Yang Umum Terjadi Pada Generator

Generator merupakan komponen sistem tenaga listrik yang terpenting. Gangguan yang terjadi pada generator tidak sering terjadi pada saluran transmisi, tetapi kerusakan yang disebabkan oleh gangguan yang terjadi memerlukan waktu yang lama dan memerlukan biaya yang lebih mahal untuk perbaikan kerusakan akibat gangguan pada saluran transmisi.

Gangguan-gangguan atau kondisi abnormal yang sering terjadi pada generator antara lain :

- a) Gangguan hubung singkat
- b) Hilangnya penguatan medan
- c) Terbebani lebih
- d) Kenaikan Temperatur
- e) Putaran lebih
- f) Beroperasi dalam keadaan beban tidak seimbang
- g) Arus lebih

Disamping gangguan-gangguan yang telah disebutkan di atas generator juga dipengaruhi oleh kondisi hubungan singkat diluar generator. Beberapa kondisi di atas dapat diperbaiki dalam keadaan sistem beroperasi. Oleh karena itu perlu ada tanda alarm atau signal. Tetapi hubungan singkat pada umumnya harus segera dapat dibebaskan dari sistem.

a. Gangguan Hubungan Singkat

Arus hubungan singkat yang mengalir dalam belitan generator dapat menyebabkan perubahan tegangan. Menimbulkan pengaruh panas yang berlebihan dalam belitan generator, yang menyebabkan pemburukan dan penurunan kekuatan isolasi dan akhirnya sampai pada suatu keadaan yang dapat menyebabkan kegagalan isolasi antar lilitan sehingga dapat menyebabkan kerusakan yang lebih besar. Beberapa kondisi hubungan singkat yang dapat terjadi pada generator yaitu :

- a. Hubungan singkat antara fasa
 - b. Hubung singkat antar lilin
 - c. Hubung singkat ke tanah pada belitan stator
 - d. Hubung singkat ke tanah pada belitan rotor
 - e. Hubung singkat antar lilitan rotor
- b. Hilangnya penguatan medan

Hilangnya penguatan medan dapat di sebabkan oleh pemutus rangkaian medan terbuka atau belitan rotor putus. Hal ini akan menyebabkan kopling magnetik antara stator dan rotor akan melemah, sehingga putaran rotor akan bertambah cepat yang dapat menyebabkan kehilangan keserempakan atau kehilangan sinkronisasi antara medan putar stator dengan rotor, ini menyebabkan generator akan bekerja sebagai generator induksi sehingga dapat terjadi :

1. Pengaliran daya reaktif dari sistem ke generator untuk keperluan penguatan yang dapat menimbulkan ketidakstabilan sistem.
2. Naiknya temperature rotor yang disebabkan karena pengaliran atau induksi yang besar, sehingga menyebabkan perubahan mekanis peralatan-peralatan pada rotor.
3. Penurunan tegangan terminal generator dengan cepat.
4. Kenaikan temperature pada stator yang disebabkan kenaikan arus stator.

c. Pengaliran Daya Balik

Pengaliran daya balik pada generator dapat disebut sebagai kondisi “*motoring of generator*” (generator bekerja sebagai motor). Hal ini disebabkan oleh input penggerak mula berkurang sehingga rugi-rugi generator tidak tersuplai lagi, maka kekurangan tersebut diberikan oleh daya nyata yang diserap dari sistem (sistem juga mendapat suplai dari sistem lain), sehingga terjadilah pengaliran daya dari sistem ke generator, akibat adanya pengaliran daya balik pada generator, menimbulkan efek pada kecepatan putar dari penggerak mula (menjadi lambat).

d. Temperatur Lebih

Timbulnya panas yang lebih dalam stator pada umumnya disebabkan oleh beban lebih atau terjadinya hubungan singkat diluar atau didalam generator, dapat pula disebabkan oleh gangguan pada sistem pendingin.

e. Arus Lebih

Arus lebih dari belitan stator dapat menyebabkan kenaikan temperatur, dan kenaikan ini dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan isolasi belitan stator arus lebih dalam belitan generator dapat disebabkan oleh hubungan singkat yang berlangsung lama dalam sistem.

f. Terbebani Lebih

Bila generator dibebani lebih dari kapasitasnya maka akan menyebabkan arus bebannya bertambah.

g. Beroperasi Dalam Keadaan Beban Tidak Seimbang

Kondisi beban tidak seimbang dapat disebabkan karena adanya hubungan singkat dua fase ke tanah atau hilangnya salah satu fase kondisi-kondisi ini akan

menimbulkan arus urutan negatif yang akan menginduksikan arus frekuensi ganda (*double frekuensi current*) pada rotor. Arus induksi ini bila berada cukup lama pada rotor akan menimbulkan kenaikan temperatur pada bagian-bagian yang dilewatinya dan mengubah sifat mekanis menjadi sifat listrik.

h. Putaran Lebih

Bila suatu generator bekerja sendiri menanggung beban penuh tiba-tiba melepas bebannya karena suatu gangguan karena suatu gangguan atau bila generator yang sedang bekerja terlepas dan sistem, maka akan terjadi putaran lebih yang dapat menyebabkan kenaikan frekuensi, bila generator tidak dilengkapi dengan pengatur tegangan otomatis (AVR) maka putaran lebih dapat menaikkan tegangan generator, kenaikan tegangan mendadak ini dapat menyebabkan isolasi belitan generator.

2.3 Komponen Utama Sistem Proteksi

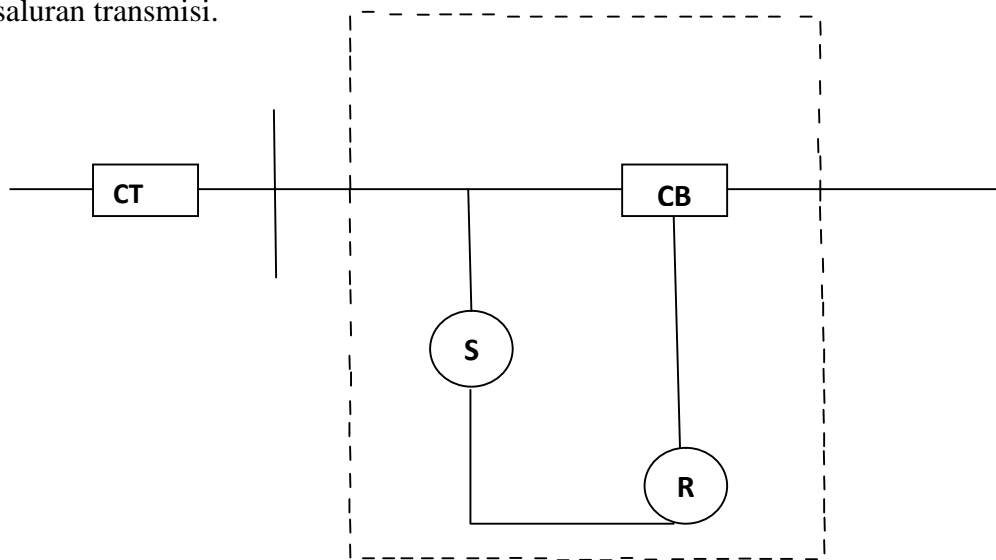
Pada prinsipnya suatu sistem proteksi terdiri atas tiga komponen sistem proteksi. Ketiga komponen sistem proteksi tersebut adalah :

- a) *Detector* / sensor
- b) Rele proteksi
- c) Pemutus daya

Dalam proses perlindungan sistem terhadap sebuah gangguan maka ketiga komponen tersebut harus bekerja dengan benar dan saling mendukung sesuai dengan fungsinya masing-masing. Untuk memperjelas kaitan antara ketiga komponen tersebut. Pada saluran transmisi diperlihatkan sistem proteksi yang identik dikelilingi oleh garis putus-putus. Transformator arus/tegangan

mentransformasikan besaran arus atau tegangan sistem menjadi besaran yang sesuai untuk rele. Rele proteksi mendeteksi besaran tersebut, apakah termasuk besaran gangguan atau normal. Selanjutnya, bila ternyata besaran tersebut merupakan besaran gangguan, maka rele akan mengirimkan informasi ke pemutus daya, untuk terbuka (*trip*).

Komponen-komponen di bawah ini membentuk sistem proteksi untuk saluran transmisi.



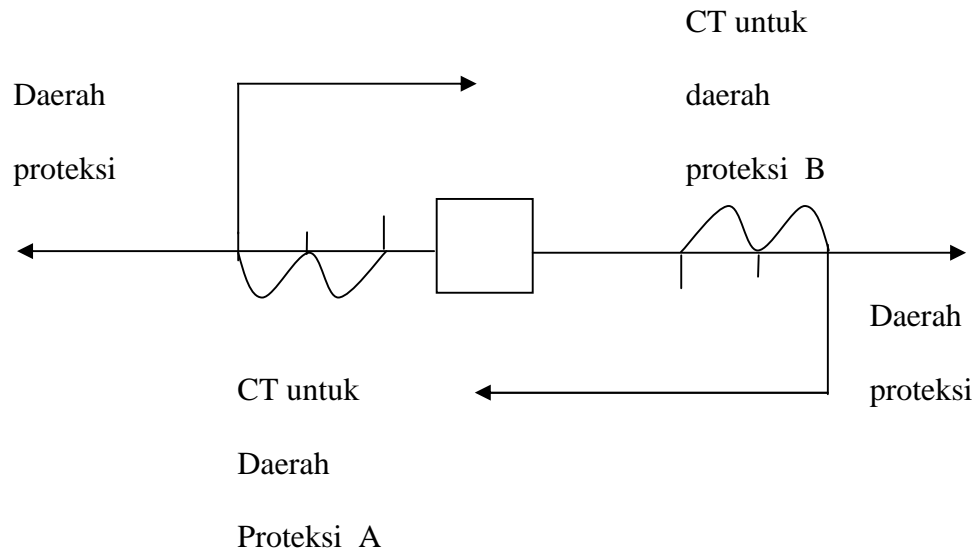
Gambar 2.4. Diagram Satu Garis Yang Menunjukkan Arus Saluran Transmisi Dan Komponen Proteksi Untuk Saluran Transmisi

Keterangan : CT = Transformator arus R = Rele Proteksi

S = Sensor / detector CB = Pemutus Daya

--- = Batas area sistem proteksi

Daerah proteksi adalah bagian dari sistem tenaga yang dijaga oleh sistem proteksi, dimana pada umumnya daerah tersebut berisi satu atau maksimum dan elemen sistem tenaga.

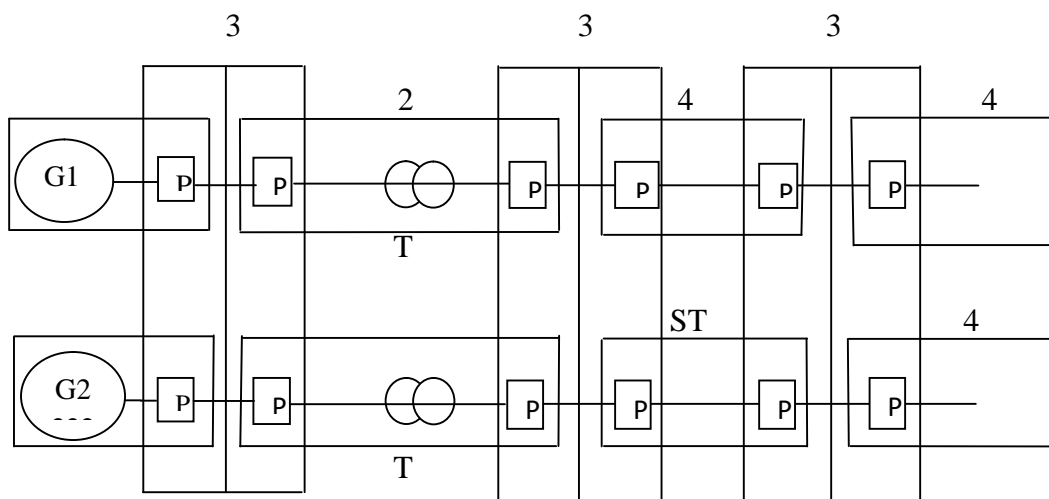


Gambar 2.5. Prinsip *Overlap* Di Sekitar Pemutus Daya

Prinsip penting dan pembagian daerah proteksi ini adalah keharusan adanya *overlap* (saling menutupi sebagian) antara dua daerah proteksi yang berdampingan. *Overlap* ini terjadi disekitar pemutusan daya oleh masing-masing transformator oleh arus pada daerah yang berdampingan tersebut. Hal ini dimaksudkan agar tidak sedikitpun bagian sistem yang dijaga oleh sistem proteksi. Agar lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar (2.5.) di atas.

Konsep daerah proteksi ini berhubungan erat dengan fungsi sistem proteksi seperti yang terdapat di bagian sebelumnya yakni meminalisir gangguan

sehingga tidak meluas dalam sistem. Dengan adanya pembagian daerah proteksi, maka setiap gangguan yang terjadi di dalam suatu daerah proteksi akan “ditangani” oleh sistem proteksi yang seharusnya “bertanggung jawab” (proteksi utama) pada daerah ini bila mana “penanganan” ini gagal maka diharapkan sistem proteksi pada daerah yang berdekatan (proteksi cadangan) akan menjadi penyanggah kegagalan ini. Satu contoh pembagian daerah proteksi V ada sebuah bagian sistem tenaga diperlihatkan pada gambar (2.6.).



Gambar 2.6. Contoh Pembagian Daerah Proteksi Pada Sistem Tenaga

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Keterangan :G1 = Generator unit 1 | 1= daerah proteksi generator |
| G2 = Generator unit 2 | 2= Daerah proteksi transformator |
| P = Pemutus daya | 3= Daerah proteksi sel |
| T = Tansformator | 4=Daerah proteksi saluran transmisi |
| ST = Saluran transmisi | |

1. Karakteristik Umum Rele Proteksi

Rele proteksi adalah susunan peralatan yang direncanakan untuk dapat merasakan atau mendeteksi adanya gangguan atau mulai merasakan adanya keadaan abnormal pada peralatan atau bagian sistem tenaga listrik dan segera secara otomatis membuka pemutus daya untuk memisahkan peralatan atau bagian dan memberi syarat berupa lampu atau alarm. Rele pengaman dapat merasakan atau melihat adanya gangguan pada peralatan yang di amankan dengan mengukur atau membandingkan besar-besaran yang diterimanya, misalnya : arus, tegangan, daya, sudut frasa, impedansi dan temperature dengan besaran yang telah di tentukan, kemudian mengambil keputusan untuk seketika ataupun dengan perlambatan waktu membuka pemutus daya.

Pemutus daya umumnya di pasang di generator transformator daya, saluran transmisi, saluran distribusi supaya masing-masing bagian sistem dapat dipisahkan sedemikian rupa sehingga sistem lainnya tetap dapat beroperasi secara normal.

2. Karakteristik Fungsional Rele Proteksi

Agar dapat memenuhi fungsinya dengan baik, rele proteksi harus memenuhi kriteria-kriteria sebagai berikut :

1. Kecepatan (*speed*)

Sebuah rele proteksi harus mampu bereaksi secepat mungkin ketika “merasakan” adanya gangguan yang berada dalam daerah di jaganya.

2. Sensivitas (*sencitiviti*)

Sebuah rele harus peka sehingga dapat “merasakan” dan bereaksi untuk gangguan yang sekecil apapun selama diinginkan.

3. Selektivitas (*selectivity*)

Sebuah rele proteksi harus efektif sehingga mampu ”membedakan” kondisi dimana rele tersebut harus segera bereaksi, memperlambat reaksinya atau tidak bereaksi sama sekali.

4. Keandalan (*reability*)

Sifat dimana pada saat rele proteksi diharapkan bereaksi dengan cepat, peka dan sensitive.

2.4 Prinsip Kerja Rele Proteksi

Rele proteksi pada dasarnya terdiri dari 3 elemen yaitu :

- 1) Elemen penggerak
- 2) Elemen-elemen yang dapat digerakkan
- 3) Seperangkat kontak-kontak

Rele proteksi juga dapat diklarifikasikan dalam 3 (tiga) jenis yaitu :

- 1) Menurut waktu kerja
- 2) Menurut cara kerja atau detail mekanis
- 3) Menurut alikasinya (besaran perangkat)
- 4) Menurut Waktu Kerja

Waktu kerja diartikan sebagai lamanya waktu yang dibutuhkan mulai dari saat elemen penggerak diaktifkan (*energized*) sampai pada saat kontak-kontak rele menutup. Waktu kerja dapat merupakan salah satu dari yang tersebut di bawah ini.

a) Sesaat / segera (*instantaneous*)

Dalam hal ini kontak-kontak rele tertutup dengan segera setelah besaran penggerak melebihi nilai yang ditentukan.

b) Waktu tunda (*definite time delay*)

Dalam hal ini ada *interval* waktu tertentu antara saat besaran penggerak dalam kumparan penggerak melebihi nilai yang sudah ditentukan dan saat kontak-kontak rele bekerja. Waktu kerja tersebut tidak tergantung pada Jumlah gerakan penggerak tersebut tidak tergantung pada jumlah besaran penggerak, tetapi sama untuk semua nilai besaran penggerak yang lebih besar dari nilai yang telah ditentukan (*setting*).

c) Waktu kebalikan (*inverse time*)

Dalam hal ini penundaan waktu yang berbanding terbalik dengan besarnya besaran penggerak. Makin besar besaran penggerak maka penundaan waktu kerja makin kecil.

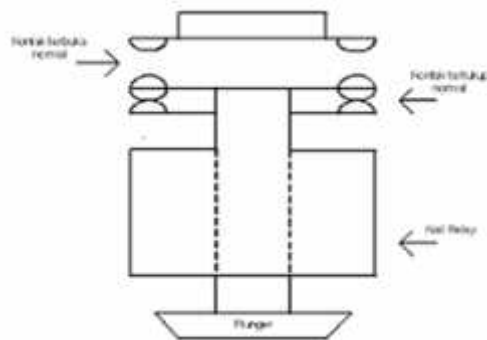
1) Detail Mekanik Atau Prinsip Kerja

Jenis rele yang paling penting dapat di bagi berdasarkan detail mekanis atau prinsip kerjanya :

a. Jenis *plunger*

Jenis ini mempunyai kumparan berbentuk silinder yang dilengkapi dengan rangkaian magnetis liar dan sebuah "*plunger*" di tengah kumparan silinder tersebut, bila arus atau tegangan yang dikenakan pada kumparan melebihi suatu harga tertentu (*pick-up value*) maka *plunger* ditengahnya akan bergerak ke atas dan menghubungkan kedua kontak yang diam. Gaya F yang dibutuhkan untuk

menggerakkan *plunger* adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir melalui kumparan. Karakteristik kerja dari *plunger* sangat tergantung dari bentuk *plunger*, inti kumparan, struktur magnetik, desain kumparan dan shunt-shunt magnetis yang di pakai *plunger* bekerja secara *instantaneous* (tanpa perlambatan waktu). Waktu kerjanya berkisar 5 sampai 10 mil / detik, dimana waktu kerja yang lebih lama terjadi di sekitar nilai ambang (*thershold value*) dari *pick-upvalue* unit rele yang di perlihatkan pada gambar (2.7.) digunakan sebagai unit *overcurrent intantenous* dengan harga *dop-out* (penutupan kembali kontak *normally open*).



Gambar 2.7. Rele Jenis *Plunger*

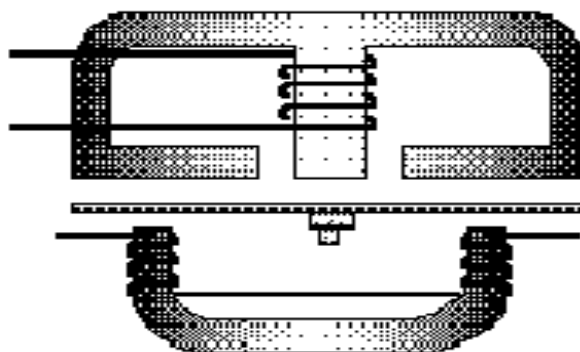
Bila kumparan *energized plunger* yang dilengkapi dengan suatu piringan perak akan bergerak ke atas dan piringan ini akan menutup tiga buah kontak diam. Sebuah pegas ulir akan menyerap getaran ac dari *plunger* sehingga kontak dapat menutup dengan baik.

b. Jenis induksi

Banyak jenis rele yang di rancang dengan prinsip motor induksi tiga fasa, torsi yang menggerakkan rele jenis induksi ini di peroleh dan interaksi fluks suatu elektromagnetik dengan fluks dari arus yang terinduksi pada suatu cakram

(piringan) pada gambar (2.8.) terlihat dua buah kutub pada suatu sisi dari cakram dan sebuah magnet pada sisi lainnya yang bereaksi terhadap ke tiga kutub tadi secara bersamaan, magnetik tersebut dimainkan “keeper” kumparan utama terdapat pada kaki kutub yang di tengah. Arus I dalam kumparan utama menghasilkan fluks (ϕ) yang melewati celah udara dan piringan *keeper*. Fluks ϕ kembali sebagai fluks ϕ melalui kaki sebelah kiri dan sebagian.

ϕ_2 melalui kaki sebelah kanan, dimana $\phi = \phi_1 + \phi_2$ sebuah kumparan pada kaki kiri yang dihubung singkat menyebabkan ϕ_1 tertinggal. Dengan demikian timbullah efek motor *split phase*, yang prinsipnya sama dengan motor induksi satu fasa. Fluks ϕ mengikuti tegangan V_3 dan menyebabkan adanya arus I_3 yang sefasa mengalir dalam kumparan tadi. Fluksi ϕ_I adalah fluks total yang dihasilkan oleh arus kumparan utama I ketika fluks melalui celah udara piringan dan menginduksikan arus kisar pada piringan. Arus-arus kisar menimbulkan fluks-fluks lawan dan interaksi dari kedua set fluks tersebut menimbulkan torsi (tenaga berputar) yang memutar.

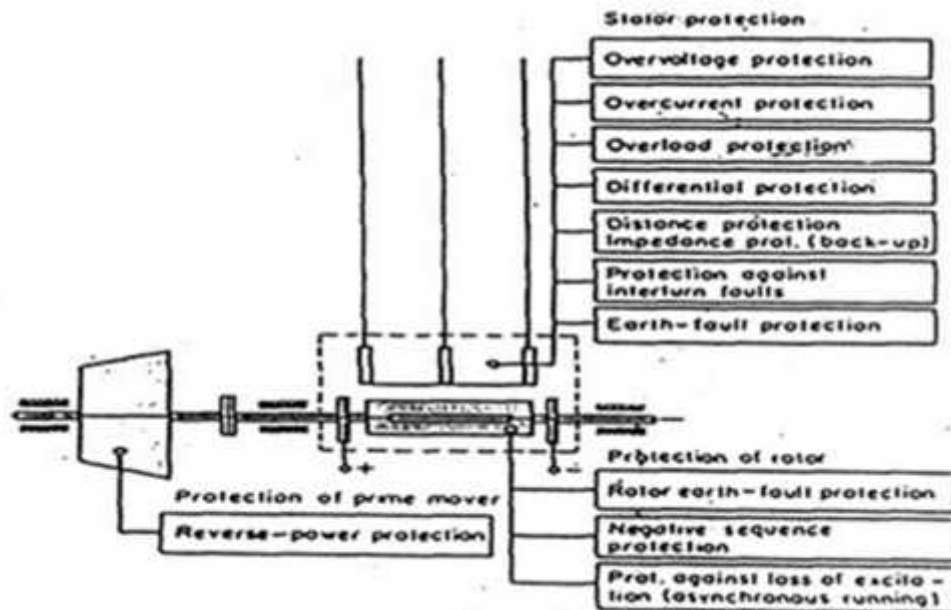


Gambar 2.8. Rele Jenis Induksi

2.5 Sistem Proteksi Generator

1. Relay

Relay proteksi utama yang digunakan pada generator yang ada di pembangkit, antara lain adalah :



Gambar 2.9 Penempatan Peralatan Pengaman *Elektris* Pada Generator

Relay proteksi yang digunakan pada generator adalah :

a. *Differential Relay*

Differential Relay untuk melindungi generator dari gangguan akibat hubung singkat (*short circuit*) antar fasa-fase atau fase ke tanah. Cara kerja relay differensial adalah dengan cara membandingkan arus pada sisi primer dan sisi sekunder, Dalam kondisi normal jumlah arus yang mengalir melalui peralatan listrik yang diproteksi bersirkulasi melalui *loop* pada kedua sisi di daerah kerja. Jika terjadi gangguan didalam daerah kerja relay differensial, maka arus dari kedua sisi akan saling menjumlah dan relay akan memberi

perintah kepada PMT/CB untuk memutuskan arus. Relay proteksi ini menggunakan tipe M – 3425 A dan daerah setting rele ini pada operasi 0 – 5

A. Relay proteksi tersebut disetting.

Arus diperoleh dari persamaan :

$$I_{dif} = I_2 - I_1 \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

I_{dif} = Arus diferensial

I_1 = Arus sekunder CT₁

I_2 = Arus sekunder CT₂

b. Stator *Earth Fault Relay*

Stator Earth Fault Relay untuk mendeteksi gangguan pentanahan atau *grounding* pada generator. *Ground fault* dideteksi dengan mem-*biased* rangkaian medan dengan tegangan DC, yang menyebabkan akan ada arus mengalir melalui relay jika terjadi gangguan tanah.

c. Rele Tegangan Lebih (*Over voltage Relay*)

Pada generator yang besar umumnya menggunakan sistem pentanahan netral melalui transformator dengan tahanan di sisi sekunder. Sistem pentanahan ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai impedansi yang tinggi sehingga dapat membatasi arus hubung singkat agar tidak menimbulkan bahaya kerusakan pada belitan dan saat terjadi gangguan hubung singkat stator ke tanah. Arus hubung singkat yang terjadi di sekitar titik *netral* relatif kecil sehingga sulit untuk dideteksi oleh rele differensial. Dengan dipasang transformator tegangan, arus yang kecil tersebut akan mengalir dan

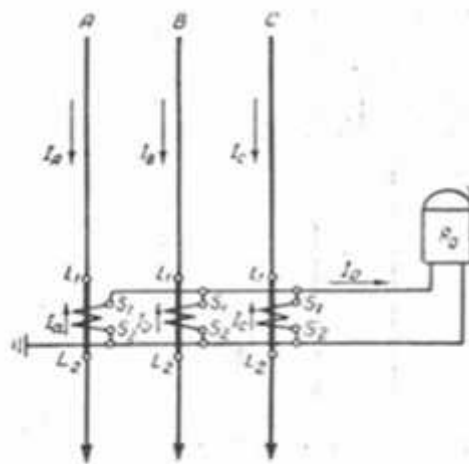
menginduksikan tegangan pada sisi sekunder transformator. Untuk mengatasi hal tersebut digunakan rele pendeteksi tegangan lebih yang dipasang pada sisi sekunder transformator tegangan yang muncul pada sisi sekunder transformator tegangan akan membuat rele tegangan berada pada kondisi mendeteksi apabila perubahan tegangan melebihi nilai *settingnya* dan generator akan trip. Rangkaian ini sangat baik karena dapat membatasi aliran arus nol yang mengalir ke dalam generator ketika terjadi hubung singkat fasa ke tanah di sisi tegangan tinggi transformator tegangan. Akan tetapi karena efek kapasitansi pada kedua belitan transformator dapat menyebabkan adanya arus bocor urutan nol yang dapat mengaktifkan rele tegangan lebih di sisi netral generator. Dengan demikian rele tegangan lebih yang dipasang harus mempunyai waktu tunda yang dapat dikoordinasikan dengan rele di luar generator. Adapun penyebab *over voltage* adalah sebagai berikut:

- a. Kegagalan AVR.
- b. Kesalahan operasi sistem eksitasi.
- c. Pelepasan beban saat eksitasi dikontrol secara *manual*.
- d. Pemisahan generator dari sistem saat *islanding*.

d. Rele Gangguan Rotor Hubung Tanah (*Rotor Earth Fault Relay*)

Hubung tanah dalam sirkuit rotor, yaitu hubung singkat antara konduktor rotor dengan badan rotor dimana dapat menimbulkan distorsi medan magnet yang dihasilkan rotor dan selanjutnya dapat menimbulkan getaran (*vibrasi*) berlebihan dalam generator. Oleh karena itu, hal ini harus dihentikan oleh rele rotor hubung tanah. Karena sirkuit rotor adalah sirkuit arus searah, maka rele

rotor hubung tanah pada prinsipnya merupakan rele arus lebih untuk arus searah. Adapun *single linediagram* rele gangguan rotor hubung tanah adalah sebagai berikut:



Gambar 2.10 Single Line Diagram Rele Gangguan Rotor Hubung Tanah

Pada gambar di atas, ketika tidak ada gangguan maka arus simetri, $\{I_r = I_a + I_b + I_c = 0\}$, namun ketika terjadi gangguan hubung singkat ke tanah, maka arus menjadi tak simetri $\{I_r = I_a + I_b + I_c = 3I_{a0}\}$, sehingga terdapat arus yang mengalir pada rele dan membuat rele mendeteksi gangguan.

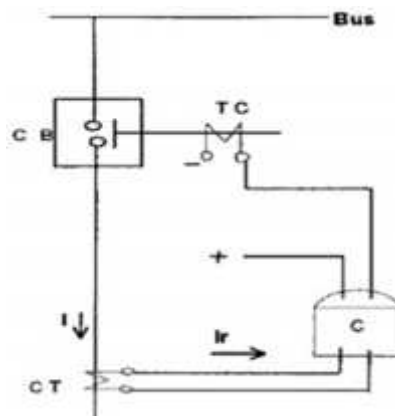
e. Rele Kehilangan Medan Penguat Rotor (*Lost of Rotor Excitation Relay*)

Hilangnya medan penguat pada rotor akan mengakibatkan generator kehilangan sinkronisasi dan berputar di luar kecepatan sinkronnya sehingga generator beroperasi sebagai generator asinkron. Daya reaktif yang diambil dari sistem ini akan dapat melebihi *rating* generator sehingga menimbulkan *overload* pada belitan stator dan menimbulkan *over heat* yang menimbulkan penurunan tegangan generator. Hilangnya medan penguat rotor dapat

dideteksi dengan kumparan yang dipasang paralel dengan *main exciter* dan kumparan rotor generator. Pada kumparan ini akan mengalir arus yang apabila nilainya kurang dari arus *setting* yang diinginkan, maka akan membuat rele mengeluarkan sinyal alarm atau *trip*.

f. Rele Arus Lebih (*Over current Relay*)

Rele ini berfungsi mendeteksi arus lebih yang mengalir dalam kumparan stator generator. Arus yang berlebihan dapat terjadi pada kumparan stator generator atau di dalam kumparan rotor. Arus yang berlebihan pada kumparan stator dapat terjadi karena pembebanan berlebihan terhadap generator. Adapun *single line diagram* rele arus lebih adalah sebagai berikut :



Gambar 2.11 Single Line Diagram Rele Arus Lebih

- Keterangan:
- CB = *Circuit Breaker*
 - TC = *Trip Coil CB*
 - I = Arus yang mengalir pada saluran yang diamankan
 - CT = *Transformator Arus*
 - Ir = Arus yang mengalir pada rele
 - C = *Rele arus lebih*

I_p = Arus *pick-up* dari rele

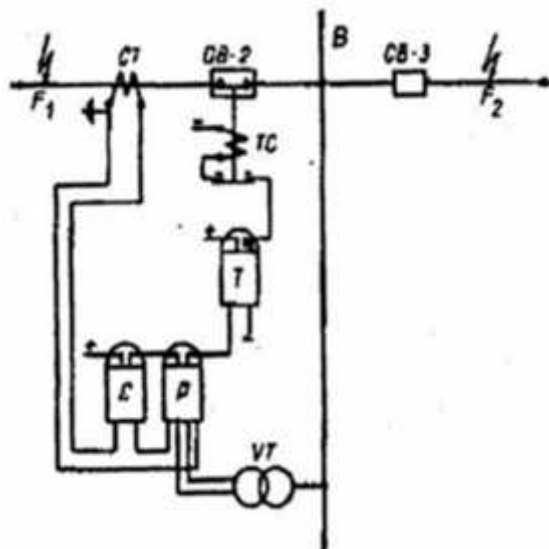
g. Rele Kehilangan Sinkronisasi (*Out of Synchronism Relay*)

Peristiwa lepasnya sinkronisasi pada generator yang sedang beroperasi disebabkan oleh generator yang beroperasi melampaui batas stabilnya. Yang dimaksud dengan stabilitas adalah kemampuan sistem untuk kembali bekerja normal setelah mengalami sesuatu seperti perubahan beban, *switching*, dan gangguan lain. Gangguan tersebut akan berdampak pada tidak sinkronnya tegangan generator dan sistem. Untuk mengamankan generator yang berkapasitas beban besar terhadap peristiwa ayunan beban dari kondisi tak sinkron digunakan rele lepas sinkron. Rele ini mendeteksi besar impedansi (arus dan tegangan sistem). Apabila kondisi sistem akan memasuki impedansi generator maka rele tersebut akan mengaktifkan rele untuk *trip* PMT generator. Rele impedansi merupakan *backup* bagi rele ini.

h. Rele Daya Balik (*Reverse Power Relay*)

Rele daya balik berfungsi untuk mendeteksi aliran daya balik aktif yang masuk pada generator. Berubahnya aliran daya aktif pada arah generator akan membuat generator menjadi motor, dikenal sebagai peristiwa motoring. Pengaruh ini disebabkan oleh pengaruh rendahnya input daya dari *prime mover*. Bila daya input ini tidak dapat mengatasi rugi-rugi daya yang ada maka kekurangan daya dapat diperoleh dengan menyerap daya aktif dari jaringan. Selama penguatan masih ada maka aliran daya aktif generator sama halnya dengan saat generator bekerja sebagai motor, sehingga daya aktif masuk ke generator dan daya *reaktif* dapat masuk atau keluar dari generator.

Peristiwa *motoring* ini dapat juga menimbulkan kerusakan lebih parah pada turbin ketika aliran uap berhenti. Temperatur sudu-sudu akan naik akibat rugi gesekan turbin dengan udara. Untuk itu di dalam turbin gas dan uap dilengkapi sensor aliran dan temperatur yang dapat memberikan pesan pada rele untuk *trip*. Akan tetapi pada generator juga dipasang rele daya balik yang berfungsi sebagai cadangan bila pengaman di turbin gagal bekerja. Adapun *single line diagram* rele daya balik adalah sebagai berikut :



Gambar 2.12 Single Line Diagram Rele Daya Balik

Pada gambar tersebut, apabila terjadi gangguan pada F1, maka rele akan men-*trip* CB2, apabila gangguan terjadi pada F2, maka rele tidak akan men-*trip* CB2 karena arah aliran arus yang terbalik dari kanan ke kiri.

i. Negative Phase Sequence Relay

Negative Phase Sequence Relay untuk melindungi generator dari arus lebih urutan fasa *negative* yang disebabkan oleh beban yang tidak seimbang.

j. *Out of Step Relay*

Out of Step Relay untuk melindungi generator dari *Power Swing* akibat perubahan beban dari sistem transmisi yang dapat menyebabkan operasi generator tidak sinkron.

k. *Over excitation V/H z Relay*

Over excitation V/H z Relay untuk melindungi generator dari kejenuhan inti yang dapat menyebabkan kenaikan tegangan.

l. *Rele Gangguan Frekuensi (Frequency Fault Relay)*

Rele ini berfungsi untuk mendeteksi adanya perubahan frekuensi dalam nilai yang besar secara tiba – tiba. Kisaran frekuensi yang diijinkan adalah $\pm 3\%$ sampai $\pm 7\%$ dari nilai frekuensi nominal. Penurunan frekuensi disebabkan oleh adanya kelebihan permintaan daya aktif di jaringan atau kerusakan regulator frekuensi. Frekuensi yang turun menyebabkan naiknya arus magnetisasi pada generator yang akan menaikkan temperatur. Pada turbin uap, hal tersebut akan mereduksi umur *blade* pada rotor. Kenaikan frekuensi disebabkan oleh adanya penurunan permintaan daya aktif pada jaringan atau kerusakan regulator frekuensi. Frekuensi yang naik akan menyebabkan turunnya nilai arus magnetisasi pada generator yang akan menyebabkan generator kekurangan medan penguat. Sensor rele frekuensi dipasang pada tiap fasa yang keluar dari generator.

m. *Reverse Power Relay*

Reverse Power Relay untuk mendeteksi adanya daya balik/aliran arus dari sistem jaringan yang akan menyebabkan generator bekerja sebagai motor.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian *deskriptif* yang bertujuan untuk mengetahui sistem proteksi dari sebuah generator dan gangguan-gangguan yang terjadi pada sistem proteksi generatornya.

3.2 Lokasi Dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di PLTU Jeneponto, penelitian ini akan dilakukan selama kurang lebih 1 minggu.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Adapun pengumpulan data yang digunakan adalah :

3.3.1 Penelitian pustaka (*Library Reseach*)

penulisan atau pengumpulan data-data dengan cara membaca dan mempelajari berbagai literature-literatur, tulisan-tulisan, dan bahan-bahan perkuliahan yang telah didapatkan selama mengiktui perkuliahan guna memperoleh landasan teori yang berhubungan dengan materi penulisan tugas akhir.

3.3.2 Penelitian lapangan (*field research*)

penelitian yang dilakukan secara langsung terhadap objek penelitian, yaitu sistem proteksi pembangkit listrik pada PLTU Jeneponto dengan cara:

a. *Observasi* (pengamatan langsung)

Penulis mengadakan pengamatan langsung terhadap objek yang diteliti guna mengumpulkan data-data.

b. *Interview* (wawancara)

Penulis mengadakan Tanya jawab secara langsung kepada pihak-pihak yang memahami permasalahan ini.

3.4 Peralatan

Peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak, sebagai berikut:

3.4.1 Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan adalah satu unit komputer (laptop) yang telah dilengkapi dengan *printer*.

3.4.2 Perangkat Lunak

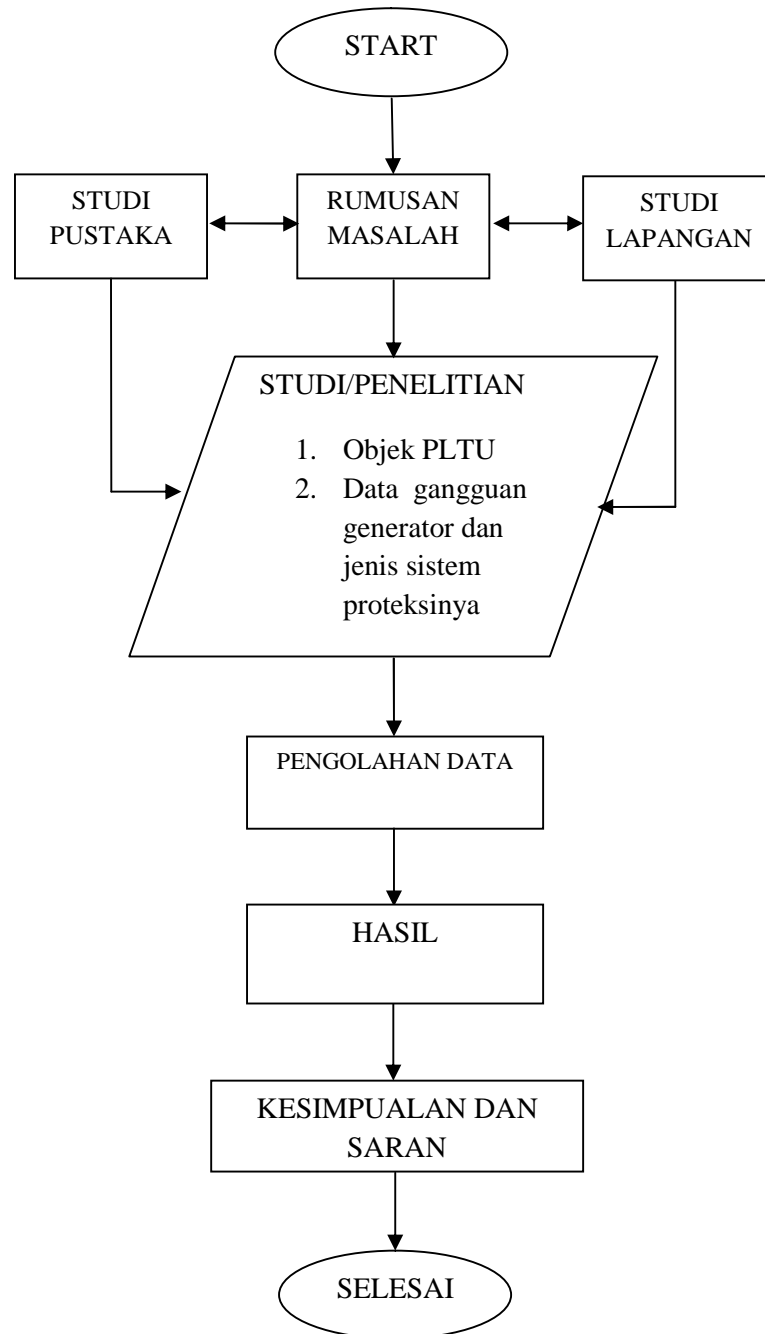
Perangkat lunak yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a) Perangkat lunak sistem yaitu *Microsoft windows 7*.
- b) Perangkat lunak sistem yaitu *power point 2007*

3.5 Cara Kerja

Data-data diperoleh dari hasil *interview* dari pihak terkait yang bertanggung jawab dan bertugas dibagian generator dan sistem proteksi generator di PLTU Jeneponto dan pengamatan langsung pada generator dan sistem proteksinya yang digunakan di PLTU Jeneponto.

3.6 Prosedur Penelitian (*flow chart*)



Gambar 3.1 *flow chart* prosedur penelitian

Prosedur penelitian ini pertama-tama adalah melakukan *study* pustaka dimana dilakukan dengan mengumpulkan data dari beberapa buku sumber, selanjutnya melakukan *study* lapangan yang dilakukan pada PLTU Jeneponto dimana *studi* dilakukan sesuai dengan rumusan masalah yang terdapat pada BAB I dimana data yang akan diolah adalah data gangguan yang terjadi pada generator PLTU Jeneponto dan jenis sistem proteksinya.

Data yang diperoleh kemudian diolah dan dilampirkan sesuai hasil penelitian pada bab selanjutnya. Data disajikan sesuai dengan hasil yang diperoleh pada PLTU Jeneponto yaitu gangguan generator dan jenis sistem proteksi yang ada di PLTU Jeneponto. Dari hasil penelitian yang diperoleh, ditariklah kesimpulan dan saran yang akan disajikan pada bab akhir dari penelitian ini.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 PLTU JENEPONTO 2x125 MW

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jeneponto 2x125 MW nilai keluaran yang di hasilkan 2x156.25 MVA terletak di desa Punagaya, Kecamatan Bangkala, Kabupaten Jeneponto, Sulawesi selatan sekitar 71,2 KM dari Kota Makassar. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Bentuk utama dari pembangkit listrik jenis ini adalah Generator yang seporos dengan turbin yang digerakkan oleh tenaga kinetik dari uap panas/kering. Pembangkit listrik tenaga uap menggunakan berbagai macam bahan bakar terutama batu bara dan minyak bakar serta MFO untuk start up awal. Salah satu PLTU terbesar di Sulawesi adalah PLTU Jeneponto 2x125 MW.

Proses konversi energi pada PLTU berlangsung melalui 3 tahapan, yaitu :

- a. Pertama, energi kimia dalam bahan bakar diubah menjadi energi panas dalam bentuk uap bertekanan dan temperatur tinggi.
- b. Kedua, energi panas (uap) diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran.
- c. Ketiga, energi mekanik diubah menjadi energi listrik.

4.2 Tinjauan Data Relay Sistem Proteksi Generator Pada PLTU Jeneponto

4.2.1 Data-Data Generator Pada PLTU Jeneponto

- Tipe/jenis = QF a - 125 - 2
- Jumlah = 2 Unit
- Kapasitas = 125 MW
- Tegangan = 13,8 KV
- Arus = 6300 A
- Fr = 50Hz
- Power factor = 0,8 lagging
- Putaran = 5000 Rpm
- Tahanan Pentanahan = 19,5 Ω

4.2.2 Data-Data Relai Proteksi Pada PLTU Jeneponto

1. Untuk gangguan hubungan singkat

- Rele Ratio Differential Relay
- Type M – 3425 A
- Range 3,2 – 8,7 Ampere
- Setting 10% slope
- Frekuensi 50 Hz

2. Untuk gangguan arus lebih

- Rele Over Current Relay
- Type K 10, CP
- Range 2 – 8 Ampere
- Setting 5 Ampere

- Frekuensi 50 Hz

3. Untuk tegangan

- Rele Voltage Relay

- Type KIV –KP

- Range 70 – 100 V

- Setting 90 V

- Frekuensi 50 Hz

4. Untuk Ground Power

- Rele Ground Power Relay

- Type KEG, GFP

- Range 5 – 10 Ampere

- Setting 0,0590 A

- Frekuensi 50 Hz

5. Untuk Voltage Balance

- Rele Voltage Balance Relay

- Type CBV ID – MS 2X

- Range 70 –73,5 V

- Setting 73 V

- Frekuensi 50 Hz

6. Untuk Under Frequency

- Rele Under Frequency Relay

- Type IRF ID – DTG I

- Range 46 – 49,5 V

- Setting 46,50 V
- Frekuensi 50 Hz

7. Untuk Over Voltage

- Rele Over Voltage Relay
- Type KEG – GFP
- Range 80 – 165 V
- Setting 130 V
- Frekuensi 50 Hz

8. Untuk Temperatur

- Rele Temperatur Relay
- Type KEG – GFP
- Range 70 – 140⁰C
- Setting 73,46 Ohm (120⁰C)
- Frekuensi 50 Hz

9. Untuk Loss Of Field

- Rele Loss Of Field Relay
- Type KC2 – 013Z
- Range 1 = Reach 10 – 100% (50 – 5 Ohm)
2 = Ofseff0 – 100% (0 – 4 Ohm)
- Setting Reach = 3%
- Frekuensi 50 Hz

4.3 Gangguan yang pernah terjadi pada generator PLTU Jeneponto

4.3.1 Loss Excitation

Loss Excitation generator disebut eksitasi/kehilangan medan penguat akan membuat putaran mesin naik dan berfungsi sebagai generator induksi, kondisi ini berakibat pemanasan pada rotor dan *slot wedges* akibat arus induksi yang bersirkulasi pada rotor. Sistem eksitasinya di rotor dia menggunakan listrik DC tapi awalnya menggunakan listrik AC menyearahkan AC >DC dinamakan SCR. SCR ini hampir sama fungsinya dengan dioda/menyearahkan dari listrik AC>DC. SCR yang digunakan di PLTU Jeneponto mengalami kerusakan pada tanggal 19 Januari 2016 tepatnya pada pukul 14.00 pm sampai dengan pukul 14.43 pm. Salah satu komponen SCR tersebut mengalami kerusakan pada eksitasinya sehingga tegangan listrik yang dihasilkan tidak stabil. Berikut gambar dan waktu pemadaman pada saat terjadi gangguan.

Date/Time	Point Name	Description	Status	Fail/Ok
01/19/2016 14:00:00	200100100100	GEN OVER EXCITATION TRIP	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	GEN FAILURE TRIP	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	BOILER MASTER TRIP	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	GEN TRIPPED	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	OPN TRIPPED	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	FCPB TRIPPED	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	FCFB TRIPPED	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	GEN TRIPPED	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	GEN TRIPPED	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	BOILER MASTER TRIP	0	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	GEN FAILURE TRIP	0	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	GEN FAILURE TRIP	0	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	GEN OVER EXCITATION PRO 1 RELAY	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	GEN OVER EXCITATION 2 RELAY	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	NO 1 PMSV FULL CLOSED	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	NO 2 PMSV FULL CLOSED	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	NO 3 PMSV FULL CLOSED	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	NO 4 PMSV FULL CLOSED	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	PAR A TRIPPED	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	PAR B TRIPPED	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	GEN FAILURE TRIP	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	GEN FAILURE TRIP	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	ETS (NO 1 RELAY)	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	ETS (NO 2 RELAY)	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	BOILER MASTER TRIP	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	MF (PROXIMITY CABINET)	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	MSM A TRIPPED	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	MSM B TRIPPED	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	MSM C TRIPPED	1	
01/19/2016 14:00:00	200100100100	MSM D TRIPPED	1	

Gambar 4.1 waktu pemadaman pada saat terjadi gangguan

4.4 Perhitungan Rele Proteksi Generator pada PLTU Jeneponto

Pada bagian ini akan di bahas mengenai setting rele proteksi yang terdapat pada PLTU Jeneponto. Rele yang akan di bahas hanya rele yang mendeteksi gangguan hubung singkat dan gangguan arus lebih.

Adapun rele-rele proteksi yang di bahas pada penulisan ini adalah :

1. Percentage Differential Relay
2. Over Current Relay

1) Percentage Differential Relay

Relay percentage differential generator yaitu digunakan untuk mengamankan belitan generator terhadap hubung singkat yang mungkin terjadi. Arus differensial merupakan arus selisih antara arus sekunder CT sisi tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah.

Rumus untuk menentukan arus differensial yaitu:

$$I_{dif} = I_2 - I_1$$

Dimana :

$$I_{dif} = \text{Arus diferensial}$$

$$I_1 = \text{Arus sekunder CT}_1$$

$$I_2 = \text{Arus sekunder CT}_2$$

Perhitungan arus diferensial :

$$I_{dif} = 6,30 \text{ A} - 5,0 \text{ A}$$

$$I_{dif} = 1,3 \text{ A}$$

$$I_{dif} = 1,3 \text{ A}$$

Selisih antara $I_{\text{sek}} CT_1$ dan CT_2 yaitu sebesar 1,3 A. Selisih inilah yang nanti akan dibandingkan dengan arus setting rele differensial

a) Arus *restrain* (penahan)

Arus *restrain* diperoleh dengan cara menjumlahkan arus sekunder CT_1 dan CT_2 kemudian dibagi 2.

Rumus yang digunakan untuk menghitung arus *restrain* yaitu :

$$I_r = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

Dimana :

I_r = Arus penahan (A)

I_1 = Arus sekunder CT_1 (A)

I_2 = Arus sekunder CT_2 (A)

Maka :

$$I_r = \frac{6,3 \text{ A} + 5,0 \text{ A}}{2} = \frac{11,3}{2}$$

$I_r = 5,65 \text{ A}$

Arus *restrain* yang di dapat dari hasil perhitungan adalah 5,65 A. ketika arus diferensial naik akibat perubahan rasio disisi tegangan tinggi dan tegangan rendah yang disebabkan oleh perubahan tap trafo daya maka arus *restrain* ini juga akan naik. Hal ini berguna agar rele diferensial tidak bekerja karena bukan merupakan gangguan.

b) Percent slope (*setting* kecuraman)

slope di dapat dengan cara membagi antara arus diferensial dengan arus *restrain*. Slope I akan menentukan arus diferensial dan arus *restrain* pada saat kondisi normal dan memastikan sensitifitas rele pada saat

gangguan internal dengan arus gangguan yang kecil, sedangkan slope 2 berguna supaya rele diferensial tidak bekerja oleh gangguan eksternal dengan arus gangguan yang besar sehingga salah satu CT mengalami saturasi (fransiscus sihombing , 2012).

Rumus yang digunakan untuk mencari % slope 1 dan % slope 2 yaitu :

$$\text{Slope}_1 = \frac{I_d}{I_r} \times 100\%$$

$$\text{Slope}_2 = \left(\frac{I_d}{I_r} \times 2 \right) \times 100\%$$

Dimana :

Slope_1 = *setting* kecuraman 1

Slope_2 = *setting* kecuraman 2

I_d = Arus diferensial (A)

I_r = Arus *restrain* (A)

Menghitung slope_1 :

$$\text{slope}_1 = \frac{1,3 \text{ A}}{5,6 \text{ A}} \times 100\%$$

$$\text{slope}_1 = 23 \%$$

Menghitung slope_2 :

$$\text{slope}_2 = \left(\frac{1,3}{5,6} \times 2 \right) \times 100\%$$

$$\text{slope}_2 = 46 \%$$

Hasil yang di dapat dari perhitungan yaitu slope_1 sebesar 23% dan slope_2 sebesar 46%.

2) Over Current Relay

Berdasarkan waktu operasi over current relay atau relay arus lebih, maka relay jenis ini dapat di jadikan sebagai relay cadangan pada belitan generator. Sedangkan persentase differential relay berfungsi sebagai relay utama. Relay proteksi ini menggunakan tipe K 10 CP. Daerah penyetelan setting relay ini 2 – 6 Ampere dengan setting 5 Ampere.

Arus Setting Over Current Relay adalah :

$$I_{\text{set}} = 1,05 \times I_{\text{beban}}$$

Dimana :

$$I_{\text{set}} = \text{Arus setting relay}$$

$$I_{\text{beban}} = \text{Arus beban}$$

$$1,05 = \text{Ketetapan rumus}$$

$$I_{\text{set}} = 1,05 \times 6,3 \text{ Ampere}$$

$$= 1,05 \times 6,3 \text{ A}$$

$$= 6,61 \text{ Ampere}$$

Jadi, Arus pada OCR adalah seesar 6,61 Ampere.

4.5 Menghitung Arus Hubung Singkat Pada Generator PLTU Jeneponto

a. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Karena relay ini digunakan sebagai relay bantu, maka arus pada hubung singkat tiga fasa sebesar 21,86 Ampere. Untuk menghitung arus hubung singkat tiga fasa cukup digunakan reaktansi sub-peralihan tidak termasuk komponen searah. Arus hubung singkat tiga fasa tersebut adalah :

$$I_r = I_{1\text{fasa}} \times \frac{5}{5}$$

Dimana :

I_r = Arus relay

$I_{1\text{fasa}}$ = Arus hubung singkat satu fasa

5/5000 = CT yang dipakai

$$I_r = I_{1\text{fasa}} \times \frac{5}{5}$$

$$= 21,86 \times \frac{5}{5}$$

$$= 0,021 \text{ Ampere}$$

Untuk gangguan hubung singkat tiga fasa yang mengalir pada kumparan sebesar 0,021 Ampere , sedangkan *setting over current* relay sama dengan 5 Ampere maka relay dapat bekerja.

b. Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa

Besar gangguan hubung singkat dua fasa adalah sebesar 18,43 Ampere, sehingga arus setting yang mengalir dalam kumparan relay adalah :

$$I_r = I_{2f} \times \frac{5}{5000}$$

Dimana :

I_r = Arus relay

I_{2f} = Hubung singkat 2 fasa

5/5000 = CT yang dipakai

$$\begin{aligned}
 I_r &= I_{2f} \times \frac{5}{5} \\
 &= 18,43 \times \frac{5}{5} \\
 &= 0,018 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Untuk gangguan hubung singkat dua fasa yang mengalir alam kumparan rele sebesar 0,018 A. Sedangkan setting over current relay sama dengan 5 Ampere, Jadi rele dapat bekerja.

c. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Besar gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah adalah 19,82 Ampere dan CT yang digunakan untuk rele ini dengan perbandingan 5/5000, arus yang mengalir dalam kumparan rele adalah :

$$I_r = I_{1f} \times \frac{5}{5000}$$

Dimana :

I_r = Arus relay

I_{1f} = Arus hubung singkat 1 fasa

5/5000 = CT yang dipakai

$$\begin{aligned}
 I_r &= I_{1f} \times \frac{5}{5} \\
 &= 19,82 \times \frac{5}{5} \\
 &= 0,019 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah sebesar 19,82 Ampere, maka arus yang mengalir pada kumparan rele

sebesar 0,019 Ampere. Dan setting rele sebesar 5 Ampere maka rele bekerja, jadi hubung singkat dua fasa tidak terdeteksi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian pada studi sistem proteksi generator PLTU Jeneponto dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Arus rele differensial yang digunakan adalah sebesar 1,3 A, arus *restrain* adalah sebesar 5,6 A dan hasil yang di dapat dari perhitungan $slope_1$ sebesar 23% dan $slope_2$ sebesar 46%.
2. Over current relay yang terpasang 5 Ampere, sedangkan hasil perhitungan sebesar 6,61 Ampere , jadi sistem relay trip.
3. Untuk hubung singkat tiga fasa arus yang mengalir dalam kumparan rele sebesar 0,021 Ampere, sedangkan setting yang terpasang 5 Ampere, jadi rele dapat bekerja.
4. Untuk hubung singkat dua fasa arus yang mengalir dalam kumparan rele sebesar 0,018 Ampere, sedangkan setting yang terpasang 5 Ampere, jadi rele dapat bekerja.
5. Untuk hubung singkat satu fasa ke tanah arus yang mengalir dalam kumparan rele sebesar 0,019 Ampere, sedangkan setting yang terpasang 5 Ampere, jadi rele dapat bekerja.

5.2 Saran

Demi penyempurnaan penelitian ini untuk dikembangkan pada penelitian selanjutnya, maka dapat diberikan saran sebagai berikut.

1. Untuk menghindari ataupun untuk mengurangi kerusakan peralatan-peralatan akibat gangguan (kondisi abnormal operasi sistem) maka penting memproteksi peralatan peralatan tersebut dengan memilih jenis rele yang sesuai dengan jenis gangguan yang mungkin timbul.
2. Kestabilan sistem dipengaruhi oleh gangguan kecil seperti perubahan beban yang dinamis atau gangguan besar seperti hubung singkat. Berkaitan dengan itu perlu adanya lanjutan untuk meninjau kembali sistem proteksi yang baik yang dapat mengamankan sistem dari gangguan gangguan pada jaringan.

DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar, M.A.Sc, Dr. Kusuma, Dr. *Teknik Tenaga Listrik*. Jilid I dan II,
Penerbit PT. Paramita Jakarta. 1997.

Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr dan Stephen D-Umnas. *Mesin-mesin Listrik*.
Penerbit Erlangga. Jakarta.

Gec.Alshton. *Mensurements Limited, Protective Relays Aplication Guide,*
ThirdEdition, England, Jakarta. 1987.

Hutahuruk. *Pengetahuan Netral Sistem Tenaga Dan Pengetahuan Peralatan*.
Penerbit Erlangga. Jakarta. 1991.

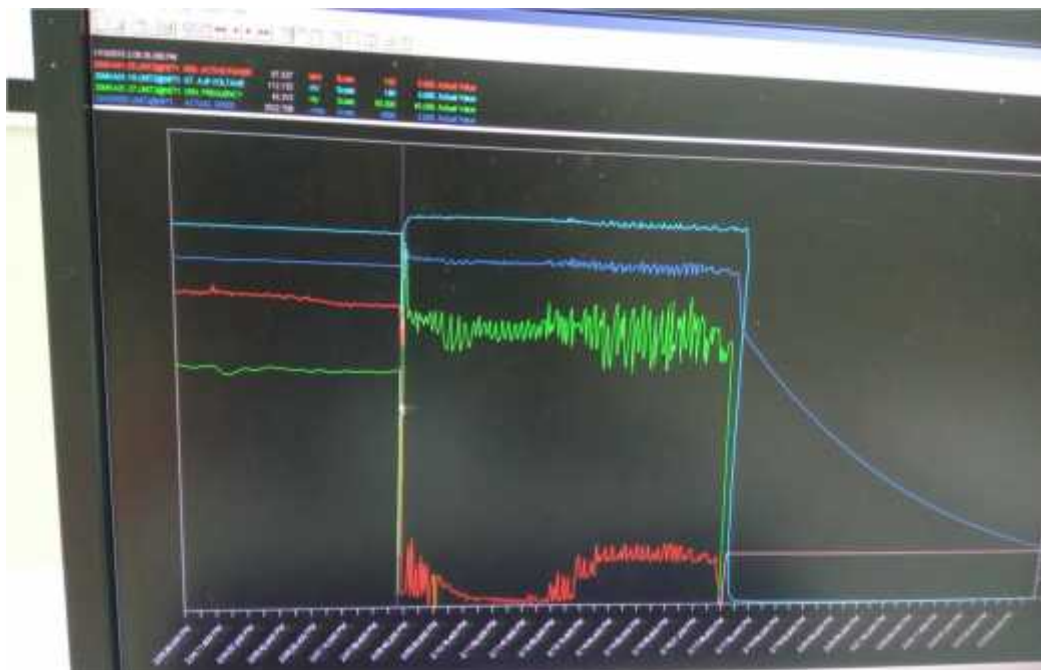
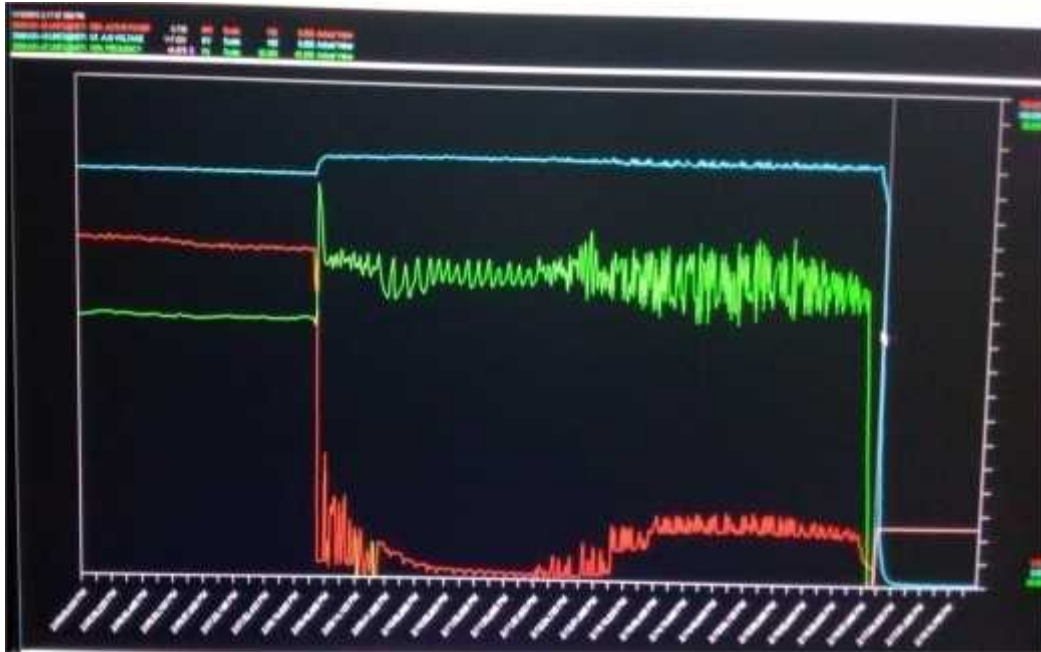
S.L, Bahtia, *Electrical Engineering*, Khana Publishers, Dehlia 0110006, 1089.
William D. Stevevenson, Ir. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Edisi
Keempat, Penerbit Erlangga Jakarta. 1984.

Zuhal. *Dasar Tenaga Listrik*. Penerbit Institut Teknologi Bandung (ITB).1986

L
A
M
P
I
R
A
N

LAMPIRAN

A. GANGGUAN YANG PERNAH TERJADI DI PLTU JENEPONTO



Mendeteksi Gangguan Yang Terjadi pada layar monitor

B. DOKUMENTASI PENELITIAN



Panel Proteksi



Pendamping/Arahan Saat Penelitian Di PLTU



Generator PLTU Jeneponto



Data Name Plate Generator PLTU Jeneponto (Type Generator)



Lokasi Penelitian PLTU Jeneponto