

STUDI GANGGUAN DAN KINERJA SISTEM PROTEKSI TRAFU
TENAGA PADA GIS DAN GARDU INDUK KONVENSIONAL 150 KV
BONTOALA



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan diploma tiga (D-3) Program Studi Teknik Listrik
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Ujung Pandang

MURSALIM BURHAN
321 15 041

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2018

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “Studi Gangguan Dan Kinerja Sistem Proteksi Trafo Tenaga Pada GIS Dan Gardu Induk Konvensional 150 kV Bontoala” oleh Mursalim Burhan 321 15 041. Telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Tiga (D-3) pada Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Juli 2018

Mengesahkan,

Pembimbing I,

Pembimbing II



Kurniawati Naim, S.T., M.T.
19820715 201012 2 003



Ahmad Rosvid Idris, ST., M.T.
19860404 201504 1 001

Mengetahui
Ketua Program Studi,






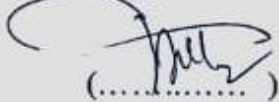


Purwito, S.T., M.T.
19660719 199003 1 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, tepatnya hari Kamis tanggal 19 Juli 2018, Tim Penguji Seminar Laporan Tugas Akhir telah menerima dengan baik hasil Seminar Laporan Tugas Akhir oleh mahasiswa : Mursalim Burhan NIM 321 15 041 dengan judul **Studi Gangguan Dan Kinerja Sistem Proteksi Trafo Tenaga Pada GIS Dan Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala.**

Makassar, Juli 2018

Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir

- | | | |
|---|---------------|---|
| 1. Ir. Syarifuddin, M.T. | Ketua | () |
| 2. Ahmad Rizal Sultan, S.T., M.T., Ph.D | Sekretaris | () |
| 3. Ir. Tadjuddin, M.T. | Anggota | () |
| 4. Agussalim, S.T., M.T. | Anggota | () |
| 5. Kurniawati Naim, S.T., M.T. | Pembimbing I | () |
| 6. Ahmad Rosyid Idris, S.T., M.T. | Pembimbing II | () |

ABSTRAK

STUDI GANGGUAN DAN KINERJA SISTEM PROTEKSI TRAFU TENAGA PADA GIS DAN GARDU INDUK KONVENSIONAL 150 KV BONTOALA

Oleh:
Mursalim Burhan
321 15 041

Gardu induk merupakan salah satu sub sistem dari penyaluran tenaga listrik dari pembangkit ke beban-beban. Berdasarkan konstruksi dan jenis isolasi yang digunakan ada 2 jenis gardu induk yang ada di Indonesia yaitu Gardu Induk Konvensional dan GIS (*Gas Insulated Substation*). Trafo tenaga merupakan salah satu peralatan utama dan vital yang harus dilindungi dari gangguan disetiap gardu induk. Jumlah jenis gangguan pada GIS dan Gardu Induk Konvensional tentu memiliki perbedaan termasuk pada GIS dan Gardu Induk Konvensional Bontoala. Selain itu, keandalan/keberhasilan suatu sistem proteksi trafo tenaga suatu gardu induk untuk mengamankan gangguan harus selalu dijaga diatas 90 % agar tidak terjadi kerusakan pada alat demi tersalurkannya listrik yang berkualitas ke konsumen. Laporan ini ditujukan untuk mengetahui jumlah gangguan dan kinerja sistem proteksi pada trafo tenaga GIS dan Gardu Induk Konvensional 150 kV Bontoala dari tahun 2012-2017 menggunakan metode observasi atau pengamatan secara langsung serta metode wawancara dengan berkomunikasi dan berkonsultasi dengan pegawai yang berkaitan dengan alat tersebut. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu jumlah gangguan yang terjadi pada trafo tenaga GIS sebanyak 4 gangguan sedangkan pada trafo tenaga Gardu Induk Konvensional sebanyak 7 gangguan. Adapun untuk sistem proteksi trafo tenaga GIS dan Gardu Induk Konvensional, keduanya memiliki tingkat keberhasilan mengamankan gangguan sebesar 100%.

KATA KUNCI : *Gangguan trafo tenaga, Keberhasilan sistem proteksi, GIS, GI Konvensional.*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Puji dan Syukur penulis panjatkan akan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir dengan judul "STUDI GANGGUAN DAN KINERJA SISTEM PROTEKSI TRAFU TENAGA PADA GIS DAN GI KONVENSIONAL 150 KV BONTOALA" dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian yang dilaksanakan mulai tanggal 1 Februari sampai dengan tanggal 30 April 2018 bertempat di Tragi Panakukang Makassar.

Terwujudnya Laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dorongan berbagai pihak yang sangat besar, artinya dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan rasa terima kasih yang sebesar - besarnya kepada yang terhormat :

- 1) Dr. Ir. Hamzah Yusuf, M.S. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- 2) Dr. Ir. Hafsah Nirwana, S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- 3) Purwito S.T.,M.,T. selaku Ketua Program Studi D3 Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- 4) Ibu Kurniawati Naim, S.T.,M.T sebagai Pembimbing 1 dan Bapak Ahmad Rosyid Idris, S.T.,M,T sebagai Pembimbing 2 yang telah mencurahkan

waktu dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.

- 5) PT. PLN (Persero) Tragi Panakukang.
- 6) Dosen dan tenaga kependidikan Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Ucapan terima kasih dan penghargaan berkat doa, bantuan dan dukungan dari pihak keluarga dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, hal ini mengingat kemampuan dan pengalaman dalam penyusunan tugas akhir ini yang sangat terbatas. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk perbaikan dan pengembangan penelitian selanjutnya. Tidak ada yang dapat penulis berikan selain ucapan terima kasih atas seluruh bantuan dan semangat yang telah diberikan.

Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan memberi tambahan ilmu bagi para pembaca. Semoga Allah SWT meridhoi kita semua, aamiin.

Makassar, 19 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.4.1 Tujuan Penelitian	3
1.4.2 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gardu Induk Secara Umum.....	5
2.1.1 Pengertian Gardu Induk.....	5
2.1.2 Jenis dan Fungsi Gardu Induk	6

2.2 Gardu Induk Konvensional	9
2.3 Gardu Induk GIS (<i>Gas Insulated Substation</i>)	22
2.4 Persyaratan Sistem Proteksi	27
2.5 Proteksi Trafo Tenaga Pada Gardu Induk	31
2.6 Proteksi Cadangan Trafo Tenaga	38
2.7 Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik	41
2.8 Teknik Deskripsi Persentase	45
BAB III METODE PENELITIAN	48
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	48
3.2 Prosedur Analisis	48
3.3 Teknik Pengumpulan Data	48
3.4 Teknik Analisis Data	49
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	54
4.1 Hasil Penelitian	54
4.2 Pembahasan	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	1

DAFTAR TABEL

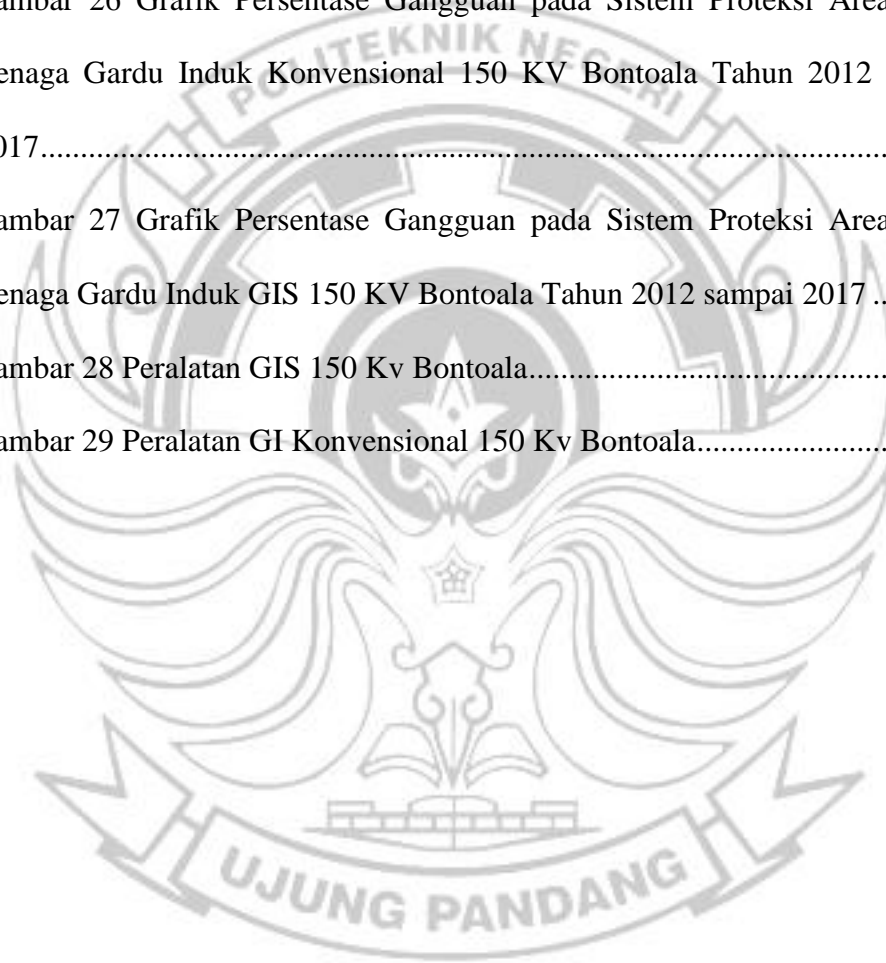
Tabel 1 Kebutuhan Fungsi Rele Proteksi Terhadap Berbagai Gangguan	35
Tabel 2 Kriteria Sistem Proteksi Sesuai SPLN 52-1	35
Tabel 3 Gangguan pada Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017.....	55
Tabel 4 Gangguan pada Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk GIS 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017.....	55
Tabel 5 Kinerja Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017.....	56
Tabel 6 Kinerja Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk GIS 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017.....	56
Tabel 7 Persentase Gangguan pada Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017	58
Tabel 8 Pesentase Keandalan Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017.....	61
Tabel 9 Persentase Gangguan pada Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk GIS 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017	63
Tabel 10 Pesentase Keandalan Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk GIS 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017	66
Tabel 11 Perbandingan gangguan pada Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga GIS dan GI Konvensional 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017	69

Tabel 12 Perbandingan kinerja Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk Konvensional dan GIS 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017 .. 71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Sistem Tenaga Listrik.....	5
Gambar 2 Gardu Induk 150 kV	9
Gambar 3 Trafo Tenaga.....	10
Gambar 4 Trafo Tegangan.....	11
Gambar 5 Trafo Arus.....	13
Gambar 6 Saklar Pemisah (PMS).....	15
Gambar 7 Pemutus Tenaga (PMT).....	16
Gambar 8 Lightning Arrester (LA)	17
Gambar 9 Panel Kontrol.....	18
Gambar 10 Panel Kontrol Rele.....	19
Gambar 11 Baterai.....	20
Gambar 12 Kubikel	21
Gambar 13 Rel Daya (<i>Busbar</i>)	21
Gambar 14 <i>Netral Ground Resistant</i> (NGR).....	22
Gambar 15 Pemutus Tenaga Pada GIS Dengan Penggerak Motor	24
Gambar 16 Saklar Pemisah Pada GIS	24
Gambar 17 Saklar Pembumian Pada GIS.....	25
Gambar 18 Trafo Tenaga GIS	25
Gambar 19 Trafo Arus Pada GIS	26
Gambar 20 Trafo Tegangan Pada GIS	26

Gambar 21 Rel Daya (<i>Busbar</i>) Pada GIS.....	27
Gambar 22 Diagram Sistem Proteksi Terhadap Gangguan.....	28
Gambar 23 Contoh Gangguan	30
Gambar 24 Wiring Rele Diferensial Vektor Group Trafo Tenaga.....	37
Gambar 25. Flow Chart Analisis Prosedur Penelitian.....	53
Gambar 26 Grafik Persentase Gangguan pada Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017.....	58
Gambar 27 Grafik Persentase Gangguan pada Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk GIS 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017	63
Gambar 28 Peralatan GIS 150 Kv Bontoala.....	68
Gambar 29 Peralatan GI Konvensional 150 Kv Bontoala.....	68



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem tenaga listrik adalah sistem yang terdiri dari pembangkitan, transmisi, distribusi dan beban/konsumen. Proses penyaluran tenaga listrik melalui jaringan transmisi dan distribusi dari pembangkit ke beban/konsumen tidak terpisahkan dari gardu induk. Ada beberapa jenis gardu induk di Indonesia, diantaranya adalah berdasarkan konstruksinya terdiri dari gardu induk pasang luar, gardu induk pasang dalam, gardu induk setengah pasang luar, gardu induk pasang bawah tanah dan gardu induk jenis mobil. Pemilihan jenis gardu induk yang akan digunakan tergantung dari kondisi wilayah yang akan dilayani. Untuk area perkotaan gardu induk yang digunakan adalah jenis gardu induk pasang dalam atau setengah pasang luar. Sedangkan untuk wilayah tidak padat penduduk dan memiliki lahan yang cukup luas menggunakan jenis gardu induk pasang luar. Daerah Makassar merupakan daerah yang menggunakan kedua jenis gardu induk tersebut yaitu salah satu contohnya adalah GI Konvensional Bontoala dan GIS Bontoala.

Dalam sistem penyaluran tenaga listrik tidak menutup kemungkinan untuk terjadi gangguan, terutama gangguan yang disebabkan oleh alam. Gangguan yang sering terjadi antara lain kawat penghantar putus, kerusakan pada pembangkit, gangguan pada saluran transmisi akibat petir serta gangguan hubung singkat, dan lainnya. Dengan adanya gangguan yang tidak dapat diprediksi maka diperlukan suatu peralatan pengaman (sistem proteksi) yang tepat dan dapat diandalkan.

Pengamanan tersebut dilakukan untuk menghindari terjadinya kerusakan pada peralatan- peralatan gardu induk yang nantinya akan menyebabkan terhambatnya penyaluran tenaga listrik ke beban (konsumen).

Salah satu komponen utama pada gardu induk yaitu trafo tenaga yang merupakan peralatan penting dalam penyaluran tenaga listrik, karena trafo merupakan peralatan yang menyalurkan energi listrik langsung ke konsumen baik konsumen tegangan tinggi, tegangan menengah, maupun tegangan rendah. Untuk melindungi trafo tenaga dari kerusakan, telah dilakukan pemasangan rele-rele proteksi yang dapat mengenal kondisi abnormal pada sistem tenaga listrik dan melakukan langkah-langkah yang dianggap perlu untuk menjamin pemisahan gangguan dengan kemungkinan gangguan terkecil terhadap operasi normal.

Hal-hal yang dilakukan untuk mengatasi gangguan-gangguan tersebut adalah inspeksi melakukan perhitungan dan analisis untuk menentukan *setting* rele, sehingga sistem proteksi akan bekerja sesuai dengan fungsinya sebagai pengaman agar stabilitas tenaga listrik akan berlangsung dengan baik. Untuk mengetahui perbedaan jenis dan kuantitas gangguan serta kinerja sistem proteksi trafo tenaga di GIS (*Gas Insulated Substation*) dan GI Konvensional, maka penelitian akan disusun dalam sebuah skripsi dengan judul “STUDI GANGGUAN DAN KINERJA SISTEM PROTEKSI TRAFU TENAGA PADA GIS DAN GI KONVENSIONAL 150 KV BONTOALA”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, dapat diketahui rumusan masalah yang timbul pada penelitian ini sebagai berikut yaitu :

- 1) Berapa jumlah gangguan yang terjadi pada trafo tenaga GIS dan GI Konvensional 150 KV Bontoala dari tahun 2012 sampai 2017 ?
- 2) Bagaimana perbedaan jenis gangguan yang terjadi pada trafo tenaga GIS dan GI Konvensional 150 KV Bontoala dari tahun 2012 sampai 2017 ?
- 3) Bagaimana kinerja dan persentase keberhasilan dari sistem proteksi trafo tenaga GIS dan GI Konvensional 150 KV Bontoala dari tahun 2012 sampai 2017 ?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penulisan tugas akhir ini lebih di fokuskan pada perbandingan antara Trafo Tenaga Gardu Induk Pemasangan Dalam (GIS) dan Trafo Tenaga Gardu Induk pemasangan Luar (Konvensional) 150 KV Bontoala, maka permasalahan penelitian ini dapat dibatasi pada masalah jumlah dan jenis gangguan yang mempengaruhi kerja sistem proteksi trafo tenaga GIS dan GI Konvensional 150 KV Bontoala dari tahun 2012 sampai 2017 serta kinerja sistem proteksi trafo tenaga GIS dan GI Konvensional 150 KV Bontoala dari tahun 2012 sampai 2017.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini yaitu :

- 1) Untuk menentukan jumlah gangguan yang terjadi pada trafo tenaga GIS dan GI Konvensional 150 KV Bontoala dari tahun 2012 sampai 2017.
- 2) Untuk menentukan jenis gangguan yang terjadi pada trafo tenaga GIS dan GI Konvensional 150 KV Bontoala dari tahun 2012 sampai 2017.

- 3) Untuk menganalisis kinerja dan mengetahui persentase keberhasilan dari sistem proteksi trafo tenaga GIS dan GI Konvensional 150 KV Bontoala dari tahun 2012 sampai 2017.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat:

- 1) Menambah pengetahuan dan wawasan penulis tentang transmisi khususnya pada gangguan dan kinerja dari sistem proteksi yang terdapat pada trafo tenaga gardu induk sehingga dapat menjadi sumber informasi bagi mahasiswa Politeknik Negeri Ujung Pandang khususnya Jurusan Teknik Elektro Program Study Teknik Listrik tentang upaya menurunkan gangguan transmisi 150 KV akibat gangguan yang bersifat teknis, nonteknis dan gangguan yang tidak diketahui
- 2) Menjadi bahan evaluasi untuk PT. PLN (Persero) Unit Transmisi dan Gardu Induk mengenai gangguan transmisi akibat gangguan yang bersifat teknis, nonteknis dan gangguan yang tidak diketahui.
- 3) Bagi peneliti lain dapat memberikan informasi baru sebagai bahan pertimbangan bagi peneliti selanjutnya dalam skala yang lebih luas dan kompleks yang berkaitan dengan judul ini.

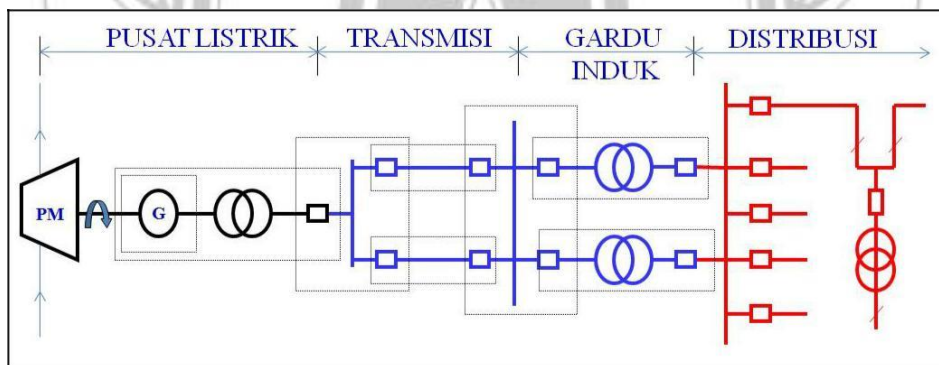
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gardu Induk Secara Umum

2.1.1 Pengertian Gardu Induk

Pembangkitan mempunyai tugas membangkitkan tenaga listrik melalui generator kemudian diubah ke tegangan tinggi melalui step up transformer. Tenaga listrik dengan tegangan tinggi tersebut kemudian disalurkan atau ditransmisikan melalui kawat-kawat transmisi ke gardu induk. Sistem penyaluran tenaga listrik dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini :



Gambar 1 Sistem Tenaga Listrik

Gardu induk adalah bagian dari suatu sistem tenaga yang dipusatkan pada suatu tempat berisi saluran transmisi atau distribusi, perlengkapan hubung bagi, trafo tenaga, trafo ukur (trafo arus dan trafo tegangan), peralatan pengaman, peralatan kontrol, dan merupakan komponen utama dalam suatu proses penyaluran tenaga listrik dari pembangkit kepada konsumen (beban). Fungsi utama dari gardu induk adalah sebagai pentransformasi tenaga listrik tegangan

tinggi yang satu ke tegangan tinggi yang lainnya atau ke tegangan menengah dan sebagai pengukuran, pengawasan operasi serta pengaturan pengamanan dari sistem tenaga listrik.

2.1.2 Jenis dan Fungsi Gardu Induk

Gardu Induk yang terpasang di Indonesia bisa dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu :

- 1) Berdasarkan besaran tegangannya, terdiri dari :
 - a) Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 275 KV, 500 KV
 - b) Gardu Induk Tegangan Tinggi (GI) 150 KV dan 70 KV

Dilihat dari jenis komponen yang digunakan, secara umum antara GITET dan GI mempunyai banyak kesamaan. Perbedaan mendasar adalah pada GITET trafo daya yang digunakan berupa 3 buah trafo daya masing-masing 1 fasa (*bank transformer*) dan dilengkapi peralatan reaktor yang berfungsi mengkompensasikan daya reaktif jaringan. Sedangkan pada GI menggunakan trafo daya 3 fasa dan tidak ada peralatan reaktor.

- 2) Berdasarkan pemasangan peralatan
 - a) Gardu induk pasangan dalam (*In Door Substation*).

GIPD adalah gardu induk yang hampir semua komponennya (*switchgear, busbar, isolator*, komponen kontrol, komponen kendali, *cubicle*, dan lain-lain) dipasang di dalam gedung. Kecuali trafo daya, pada umumnya dipasang di luar gedung, namun sering juga dijumpai trafo daya yang terpasang di

dalam ruangan tertutup. Gardu Induk semacam ini biasa disebut *Gas Insulated Substation (GIS)*. *Gas Insulated Substation (GIS)* merupakan bentuk pengembangan Gardu Induk, yang pada umumnya dibangun di daerah perkotaan atau padat pemukiman yang sulit untuk mendapatkan lahan.

b) Gardu induk pasangan luar (*Out Door Substation*).

GIPL adalah gardu induk yang terdiri dari peralatan tegangan tinggi pasang luar, misalnya trafo, peralatan penghubung (*switch gear*) yang mempunyai peralatan kontrol pasang dalam seperti meja penghubung (*switch board*). Pada umumnya, gardu induk untuk transmisi yang mempunyai kondensator pasangan dalam dan sisi tersier trafo utama dan trafo pasangan dalam disebut juga sebagai pasangan luar. Jenis gardu ini memerlukan tanah yang luas akan tetapi biaya konstruksinya murah dan pendinginnya mudah. Oleh karena itu biasanya gardu induk jenis ini dipasang dipinggiran kota.

c) Gardu induk sebagian pasangan luar (*Combined Out Door Substation*).

GISPL adalah gardu induk yang sebagian dari peralatan tegangan tingginya terpasang dalam gedung. Namun komponen yang paling sering dipasang di luar gedung pada jenis gardu induk ini adalah transformator daya. Gardu ini juga dapat dikatakan sebagai jenis setengah pasang dalam. Biasanya jenis gardu ini

bermacam-macam bentuknya dengan berbagai pertimbangan yang sangat ekonomis serta pencegahan kontaminasi garam.

d) Gardu induk pasangan bawah tanah (*Under Ground Substation*).

GIPBT adalah gardu induk jenis pasang bawah tanah dimana hampir semua peralatan terpasang dalam bangunan bawah tanah. Biasanya alat pendinginnya terletak diatas tanah terletak dipusat kota seperti dijalan-jalan kota yang ramai dimana kebanyakan gardu induk ini dibangun dibawah jalan raya.

e) Gardu induk mobil (*Mobile Substation*).

GIM adalah gardu induk jenis mobil yang dilengkapi dengan peralatan diatas kereta hela (*trailer*). Gardu ini biasa digunakan jika ada gangguan disuatu gardu lain maka digunakan gardu jenis ini guna pencegahan beban lebih yang terjadi secara berkala dan juga biasa digunakan pada pemakaian sementara dilokasi pembangunan tenaga listrik. Maka dapat dikatakan bahwa gardu ini dijadikan sebagai sebagai gardu induk cadangan (sebagai penghubung yang dapat berpindah-pindah

3) Berdasarkan isolasi yang digunakan

a) Gardu induk isolasi udara (*Konvensional*).

Konvensional adalah gardu induk yang peralatan instalasinya berisolasikan udara bebas, karena sebagian besar peralatannya terpasang diluar gedung (*switch yard*) dan sebagian

kecil di dalam gedung, sehingga memerlukan area tanah yang relative luas.

b) Gardu induk isolasi gas (*Gas Insulated Substation*).

GIS adalah suatu gardu induk yang semua peralatan switchgearnya berisolasikan gas SF-6 , karena sebagian besar peralatannya terpasang di dalam gedung dan dikemas dalam tabung.

2.2 Gardu Induk Konvensional

Gardu induk konvensional adalah gardu induk yang peralatan instalasinya berisolasikan udara bebas karena sebagian besar peralatannya terpasang diluar gedung (*switch yard*) dan memerlukan area tanah yang cukup luas. Peralatan-peralatan yang dipasang diluar ruang diantaranya seperti trafo tenaga, LA, CT, PT, CB, PMS, peralatan SCADA dan lain-lain. Bentuk dari Gardu Induk dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini :



Gambar 2 Gardu Induk 150 KV

Gardu induk ini dilengkapi komponen utama sebagai fasilitas yang diperlukan sesuai dengan tujuannya serta mempunyai fasilitas untuk operasi dan pemeliharaan, komponen-komponen tersebut antara lain :

1) Trafo Tenaga.

Trafo tenaga adalah suatu peralatan listrik yang termasuk dalam klasifikasi mesin listrik statis yang berfungsi sebagai pentransformasi harga arus dan tegangan pada harga daya dan frekuensi tetap (sama). Berikut ini gambar dari trafo tenaga :



Gambar 3 Trafo Tenaga

2) Trafo Ukur (Trafo Instrument).

Trafo ukur didisain secara khusus untuk pengukuran dalam sistem daya. Trafo ini banyak digunakan dalam sistem daya karena mempunyai keuntungan dalam memberikan isolasi elektrik bagi sistem daya, tahan terhadap beban untuk berbagai tingkatan, tingkat keandalan yang tinggi, secara fisik lebih sederhana bentuknya, dan secara ekonomi lebih murah. Trafo Pengukuran terdiri dari :

a) Trafo Tegangan (*Voltage Transformers*).

Trafo tegangan disebut juga potensial trafo adalah trafo yang berfungsi menurunkan tegangan tinggi menjadi tegangan

menengah dan tegangan rendah, untuk sumber tegangan alat-alat ukur dan alat-alat proteksi. Bentuk dari trafo tegangan dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini :



Gambar 4 Trafo Tegangan

- Fungsi trafo tegangan (*Potensial Transformer*) :
 - Memperkecil besaran tegangan pada sistem tenaga listrik menjadi besaran tegangan untuk sistem pengukuran atau proteksi.
 - Mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer.
 - Memungkinkan standarisasi rating tegangan untuk peralatan sisi sekunder.
- Penggunaan atau pemakaian tegangan sekunder *potensial transformer* antara lain :

➤ Metering atau pengukuran : KV meter, MW meter, MVar meter, dan KWH meter.

➤ Proteksi atau pengaman :

- Rele jarak (*distance relay*).
- Rele sinkron (*synchron relay*).
- Rele berarah (*directional relay*).
- Rele frekuensi (*frequency relay*).

• Prinsip kerja trafo tegangan

Hampir sama dengan trafo-trafo pada umumnya memiliki kumparan yang dialiri arus bolak-balik kemudian mengalir mengelilingi suatu inti besi, maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet dan apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu belitan maka kedua ujung tersebut akan terjadi beda tegangan yang membedakan hanya dalam trafo tegangan, arus, dan daya nya kecil.

b) Trafo Arus (*Current Transformers*).

Trafo arus berfungsi untuk menurunkan arus besar pada tegangan tinggi menjadi arus kecil pada tegangan rendah untuk keperluan pengukuran dan pengaman.

Menurut konstruksinya terbagi atas :

- Tipe Cincin (*ring/window type*).
- Tipe Tangki Minyak.
- Tipe cor- coran *cast resin (mounded cast resin type)*.

Berikut ini adalah gambar dari trafo arus:



Gambar 5 Trafo Arus

c) Trafo Bantu (*Auxiliary Transformers*).

Trafo bantu adalah trafo yang digunakan untuk membantu beroperasinya secara keseluruhan gardu induk tersebut. Jadi merupakan pasokan utama untuk alat- alat bantu seperti motor 3 fasa untuk motor pompa sirkulasi minyak trafo beserta motor-motor kipas pendingin. Yang paling penting adalah sebagai pasokan sumber tenaga cadangan seperti sumber DC yang merupakan sumber utama jika terjadi gangguan dan sebagai pasokan tenaga untuk proteksi sehingga proteksi tetap bekerja walaupun tidak ada pasokan arus AC.

Trafo bantu sering disebut sebagai trafo pemakaian sendiri sebab selain fungsi utama sebagai pemasuk alat-alat bantu dan sumber/ penyimpan arus DC juga digunakan untuk penerangan, sumber untuk sistim sirkulasi pada ruang baterai, sumber

penggerak mesin pendingin. Beberapa proteksi yang menggunakan elektronika/ digital diperlukan temperatur ruangan dengan temperatur antara 20°C sampai 28°C.

Untuk mengoptimalkan pembagian sumber tenaga dari trafo bantu adalah pembagian beban yang masing- masing mempunyai proteksi sesuai dengan kapasitasnya. Diperlukan juga pembagi sumber DC untuk kesetiap fungsi dan bay yang menggunakan sumber DC sebagai penggerak utamanya. Untuk itu disetiap gardu induk tersedia panel distribusi AC dan DC.

3) Saklar pemisah (PMS).

Saklar pemisah adalah alat yang dipergunakan untuk menyatakan secara visual bahwa suatu peralatan listrik sudah bebas dari tegangan kerja. Oleh karena itu pemisah tidak boleh dihubungkan atau dikeluarkan dari rangkaian listrik dalam keadaan berbeban.

Adapun fungsi pemisah adalah menghubungkan atau memutuskan rangkaian dalam keadaan tidak berbeban. Cara pemasangan PMS dibedakan atas pasangan dalam dan pasangan luar. Untuk gambar dari saklar pemisah dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini :



Gambar 6 Saklar Pemisah (PMS)

Tenaga penggerak dari PMS adalah secara manual, motor, pneumatic atau angin dan hidrolis. Sesuai dengan fungsi dan kegunaannya maka pemisah dapat dibagi menjadi :

a) Pemisah peralatan

Pemisah peralatan berfungsi sebagai pengamanan peralatan atau instalasi yang bertegangan saat dihubungkan dan melepaskan pemutus arus dalam keadaan tanpa beban.

b) Pemisah tanah

Pemisah tanah berfungsi sebagai pengamanan peralatan dari sisa tegangan yang timbul sesudah SUTT / SUTM diputuskan.

4) Pemutus tenaga (PMT).

Pemutus tenaga adalah peralatan atau saklar untuk menghubungkan atau memutuskan suatu rangkaian/ jaringan listrik sesuai dengan ratingnya. PMT memutuskan hubungan daya listrik bila terjadi gangguan, baik dalam keadaan berbeban maupun tidak berbeban dan proses ini di lakukan dengan cepat. Pada saat PMT dalam keadaan gangguan menimbulkan arus yang relatif besar.

Pemutus tenaga (PMT) dibedakan menjadi tiga, yaitu :

- a) PMT dengan menggunakan udara sebagai pemadam busur api.
- b) PMT dengan menggunakan minyak sebagai pemadam busur api.
- c) PMT dengan menggunakan gas sebagai pemadam busur api.

Bentuk dari pemutus tenaga dapat dilihat pada gambar 7 berikut ini :



Gambar 7 Pemutus Tenaga (PMT)

5) *Lightning Arrester (LA)*.

Berfungsi sebagai pengamanan peralatan listrik di gardu induk dari tegangan lebih akibat terjadinya sambaran petir (*lightning surge*) pada kawat transmisi, maupun disebabkan oleh surya hubung (*switching surge*). Dalam keadaan normal (tidak terjadi gangguan), LA bersifat isolatif atau tidak bisa menyalurkan arus listrik. Dalam keadaan terjadi gangguan LA bersifat konduktif yang bekerja atau menyalurkan arus listrik ke bumi. Bentuk dari *lightning arrester (LA)* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 8 *Lightning Arrester (LA)*

6) Panel kontrol

Jenis-jenis panel kontrol yang ada dalam suatu gardu induk terdiri dari panel kontrol utama, panel *relay*.

a) Panel kontrol utama

Panel control utama terdiri dari panel *instrument* dan panel operasi. Pada panel *instrument* terpasang alat-alat ukur dan indikator gangguan, dari panel ini alatalat tersebut dapat diawasi dalam keadaan sedang beroperasi. Indikator-indikator yang ada pada rel kontrol antara lain:

- 400 V AC *fault*.
- 24 V DC *charger*.
- 110 V DC *charger*.
- *Low pressure*.
- *Distance protective trip*.
- *Isolating switch on load control*.
- *Auto recloser*.

- *PLC equipment fault.*
 - *Breaker failure protection trip.*
 - *Motor over run.*
 - *150 KV apparatus motor fault.*
 - *Busbar protection fault.*
 - *Busbar VT secondary MCB fault.*
 - *Busbar breaker failure protection trip.*
- Pada panel operasi terpasang saklar operasi pemutus tenaga, pemisah serta lampu indikator posisi saklar dan diagram ril. Diagram ril (*mimic bus*), saklar dan lampu indikator diatur letak dan hubungannya sesuai dengan rangkaian yang sesungguhnya sehingga keadaan dapat dilihat dengan mudah. Berikut ini gambar dari panel kontrol :



Gambar 9 Panel Kontrol

b) Panel rele

Pada panel ini terdapat rele pengaman untuk trafo dan sebagainya. Rele pengaman differensial trafo dan sebagainya.

Bekerjanya rele dapat diketahui dari penunjukkan pada rele itu sendiri dan pada indikator gangguan dipanel kontrol utama. Pada gardu induk ada yang memanfaatkan sisi depan dari panel dipakai sebagai panel utama dengan *instrument* dan saklar, kemudian sisi belakangnya dipakai sebagai panel rele. Pada gardu induk yang rangkaiannya rumit, maka panel rele terpasang pada panel tersendiri. Berikut ini gambar dari panel kontrol rele:



Gambar 10 Panel Kontrol Rele

7) Baterai

Sumber tenaga untuk sistem kontrol dan proteksi selalu mempunyai keandalan dan stabilitas yang tinggi, maka baterai dipakai sebagai sumber tenaga kontrol dan proteksi pada gardu induk. Peranan dari baterai sangat penting karena pada saat gangguan terjadi, baterai sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan alat-alat kontrol dan proteksi. Dibawah ini adalah contoh gambar dari baterai:



Gambar 11 Baterai

8) Kubikel

Kubikel adalah sistem *substation* untuk tegangan menengah (20KV) yang berasal dari output trafo daya, yang selanjutnya diteruskan ke konsumen melalui penyulang yang tersambung dengan *cubicle* tersebut. Dari penyulang inilah listrik disalurkan ke pusat-pusat beban. Komponen dan rangkaian *cubicle*, antara lain :

- a) Panel penghubung (*couple*).
- b) *Incoming cubicle*.
- c) *Circuit Breaker* (CB) dan *Current Transformer* (CB).
- d) Komponen proteksi dan pengukuran.
- e) *Bus sections*.
- f) *Feeder* atau penyulang.

Bentuk dari kubikel dapat dilihat pada gambar 12 berikut ini :



Gambar 12 Kubikel

9) Rel daya (*Busbar*)

Rel daya adalah titik pertemuan trafo-trafo tenaga, SUTT, SKTT dan peralatan listrik lainnya untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik/ daya listrik. Bentuk busbar dapat dilihat pada gambar 13 dibawah ini:



Gambar 13 Rel Daya (*Busbar*)

10) Sistem pentanahan titik netral

Pentanahan titik netral atau disebut juga *Netral Ground Resistant* (NGR) adalah suatu sistem yang melalui kumparan petersen, tahanan (resistor) atau langsung (*solldy*) yang berfungsi untuk menyalurkan arus gangguan fasa pada

sistem. Arus yang melalui pentanahan merupakan besaran ukur alat proteksi. Pada trafo yang sisi primernya ditanahkan dan sisi sekundernya juga ditanahkan, maka gangguan fasa ketanah disisi primer selalu dirasakan pada sisi sekunder dan sebaliknya. Bentuknya dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 14 *Netral Ground Resistant (NGR)*

Saklar ini berfungsi menghubungkan kawat konduktor dengan tanah/ bumi yang berfungsi untuk menghilangkan/mentanahkan tegangan induksi pada konduktor pada saat akan dilakukan perawatan atau pengisolasian suatu sistem. Sakelar Pentanahan ini dibuka dan ditutup hanya apabila sistem dalam keadaan tidak bertegangan (PMS dan PMT sudah membuka).

2.3 Gardu Induk GIS (*Gas Insulated Substation*)

GIS merupakan jenis gardu induk yang semua peralatan *switchgear*-nya berisolasikan gas SF-6 (*Sulfur Heaxafluorida*), karena sebagian besar peralatannya terpasang di dalam gedung dan dikemas dalam tabung. Pada GIS terdapat bermacam-macam jenis peralatan seperti pemutus tenaga, busbar, pemisah tanah, trafo arus dan trafo tegangan yang di tempatkan di dalam konpartemen yang terpisah-pisah dan diisi gas SF-6. Beberapa keunggulan dari

gardu induk GIS dibandingkan dengan gardu induk konvensional adalah sebagai berikut :

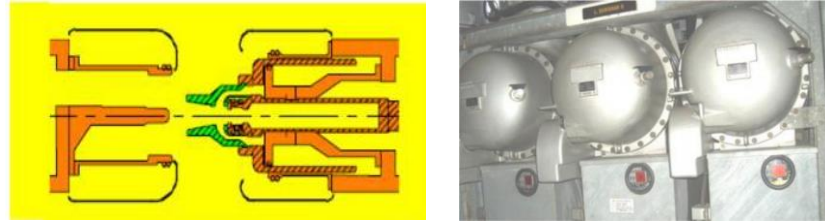
- 1) Lahan yang dibutuhkan sedikit, hanya 6% dari luas lahan GI konvensional
- 2) Mampu menghasilkan kapasitas daya sebesar 3 x 60 MVA bahkan bisa ditingkatkan sampai 3 x 100 MVA.
- 3) Jumlah penyulang keluaran sebanyak 24 penyulang dengan tegangan masing-masing 20 KV.
- 4) Bisa dipasang di tengah kota yang padat pemukiman.
- 5) Keunggulan dari segi estetika dan arsitektural, karena bangunan bisa didesain sesuai kondisi sekitarnya.
- 6) Memiliki keandalan yang lebih baik dibandingkan dengan gardu induk konvensional.

GIS memiliki berbagai macam komponen dimana komponen – komponen tersebut memiliki fungsi dan tugas masing – masing dalam kerja GIS . Beberapa komponen umum yang ada pada GIS antara lain adalah :

- a) Pemutus tenaga (PMT).

Pemutus tenaga adalah alat pemutus arus listrik pada rangkaian yang dibuat untuk melindungi sistem dari kerusakan akibat beban lebih ataupun hubung singkat. Tidak seperti sekering, pemutus tenaga dapat di-set ulang baik secara manual ataupun otomatis untuk mengalirkan arus listrik. Pemutus tenaga dapat digerakkan dengan cara manual ataupun dengan mekanisme penggerak seperti motor, spring, pneumatik dan hidrolis.

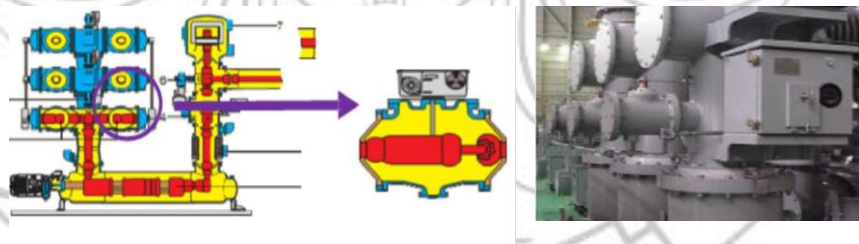
Bentuk dari pemutus tenaga GIS dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 15 Pemutus Tenaga Pada GIS Dengan Penggerak Motor

b) Saklar pemisah (PMS).

Saklar pemisah adalah alat pengamanan yang digunakan untuk memisahkan peralatan yang ada di gardu dari arus dan tegangan yang ada pada jaringan listrik, sehingga dapat dilakukan pemeriksaan atau perawatan pada gardu oleh operator dalam keadaan aman, dimana saklar pemisah baru dapat dioperasikan setelah pemutus tenaga pada kondisi terbuka. Saklar pemisah GIS dapat dilihat pada gambar berikut :

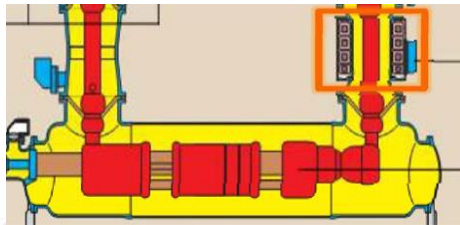


Gambar 16 Saklar Pemisah Pada GIS

c) Saklar pembumian.

Saklar pembumian adalah alat pengaman yang digunakan untuk membumikan peralatan - peralatan gardu induk selama proses perbaikan atau perawatan sehingga arus sisa yang masih ada di dalam peralatan gardu disalurkan ke bumi untuk menjaga keselamatan operator. Saklar pembumian hanya dapat

dioperasikan apabila saklar pemisah sudah dalam kondisi terbuka.
Untuk bentuk dari saklar pembumian GIS dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 17 Saklar Pembumian Pada GIS

d) Trafo tenaga.

Trafo tenaga adalah suatu peralatan listrik yang termasuk dalam klasifikasi mesin listrik statis yang berfungsi sebagai pentransformasi harga arus dan tegangan pada harga daya dan frekuensi tetap (sama). Trafo tenaga GIS dapat dilihat pada gambar di bawah ini :

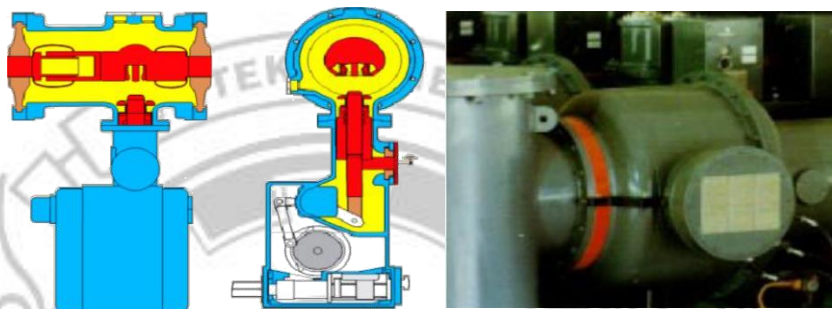


Gambar 18 Trafo Tenaga GIS

e) Trafo arus.

Trafo arus adalah peralatan yang digunakan untuk mengukur arus pada jaringan listrik gardu dimana Trafo Arus dapat digunakan sebagai peralatan pengukuran maupun proteksi.

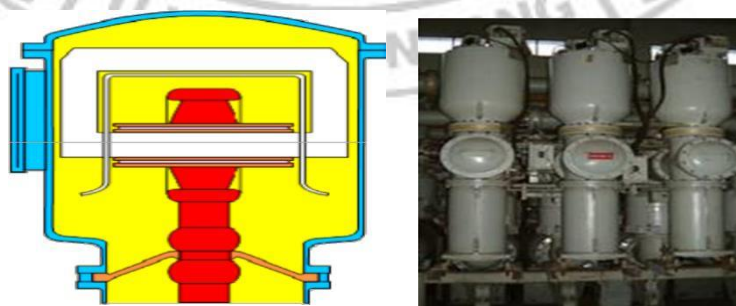
Trafo arus pada Gis dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 19 Trafo Arus Pada GIS

f) Trafo tegangan.

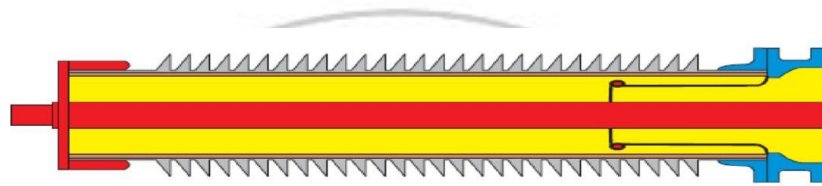
Trafo tegangan merupakan peralatan yang digunakan untuk mengukur tegangan pada jaringan listrik gardu dimana Trafo Tegangan dapat digunakan untuk pengukuran dan proteksi serta digunakan sebagai penyuplai tegangan pada peralatan *relay* proteksi yang ada pada gardu induk. Bentuk dari trafo tenaga GIS dapat dilihat pada gambar 20 berikut ini :



Gambar 20 Trafo Tegangan Pada GIS

g) Rel daya (*Busbar*).

Rel daya (*Busbar*) merupakan bagian dari GIS sebagai titik pertemuan atau penghubung seluruh komponen-komponen dengan transformator – transformator tenaga. Busbar pada GIS dapat dilihat pada gambar di bawah ini :

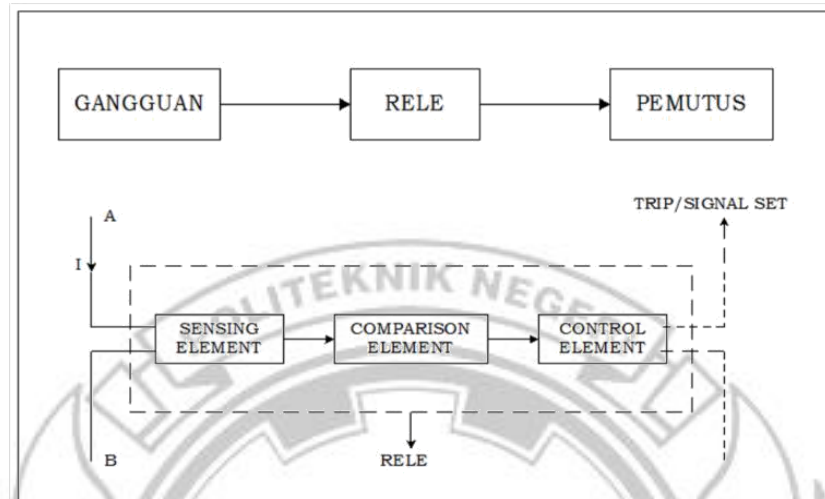


Gambar 21 Rel Daya (*Busbar*) Pada GIS

2.4 Persyaratan Sistem Proteksi

Pada sistem tenaga listrik, sistem proteksi adalah perlindungan atau isolasi pada bagian yang memungkinkan akan terjadi gangguan atau bahaya. Tujuan utama proteksi adalah untuk mencegah terjadinya gangguan atau memadamkan gangguan yang telah terjadi dan melokalisirnya, dan membatasi pengaruhpengaruhnya, biasanya dengan mengisolir bagian-bagian yang terganggu tanpa mengganggu bagian- bagian yang lain (Hutauruk, 1991). Sistem proteksi ini mendeteksi kondisi abnormal dalam suatu rangkaian listrik dengan mengukur besaran- besaran listrik yang berbeda antara kondisi normal dengan

kondisi abnormal. Berikut ini gambar dari diagram sistem proteksi terhadap gangguan:



Gambar 22 Diagram Sistem Proteksi Terhadap Gangguan

Ada beberapa kriteria yang perlu diketahui pada pemasangan suatu sistem proteksi dalam suatu rangkaian sistem tenaga listrik yaitu :

1) Kepekaan (*sensitifitas*)

Sensitifitas adalah kepekaan rele proteksi terhadap segala macam gangguan dengan tepat yakni gangguan yang terjadi di daerah perlindungannya. Kepekaan suatu sistem proteksi ditentukan oleh nilai terkecil dari besaran penggerak saat peralatan proteksi mulai beroperasi. Nilai terkecil besaran penggerak berhubungan dengan nilai *minimum* arus gangguan dalam daerah yang dilindunginya.

2) Kecepatan

Sistem proteksi perlu memiliki tingkat kecepatan sebagaimana ditentukan sehingga meningkatkan mutu pelayanan, keamanan manusia, peralatan dan stabilitas operasi. Mengingat suatu sistem tenaga mempunyai batas-batas stabilitas serta kadang- kadang gangguan sistem bersifat sementara, maka rele yang

semestinya bereaksi dengan cepat kerjanya perlu diperlambat (*time delay*), seperti yang ditunjukkan persamaan :

$$t_{op} = t_p + t_{cb}$$

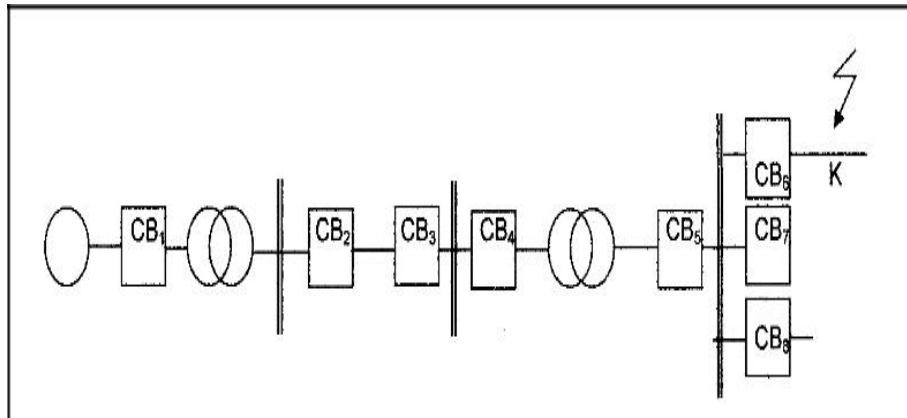
Keterangan :

- a) t_{op} = total waktu yang dipergunakan untuk memutuskan hubungan (detik).
- b) t_p = waktu bereaksinya unit rele (detik).
- c) t_{cb} = waktu yang dipergunakan untuk pelepasan C.B (detik).

Pada umumnya untuk t_{op} sekitar 0,1 detik kerja peralatan proteksi sudah dianggap bekerja cukup baik.

3) Selektifitas dan diskriminatif

Selektif berarti suatu sistem proteksi harus dapat memilih bagian sistem yang harus diisolir apabila rele proteksi mendeteksi gangguan. Bagian yang dipisahkan dari sistem yang sehat sebisanya adalah bagian yang terganggu saja. Diskriminatif berarti suatu sistem proteksi harus mampu membedakan antara kondisi normal dan kondisi abnormal. Atau pun membedakan apakah kondisi abnormal tersebut terjadi di dalam atau di luar daerah proteksinya. Dengan demikian, segala tindakan menjadi tepat dan gangguan dapat dikurangi menjadi sekecil mungkin. Berikut ini adalah gambar contoh gangguan :



Gambar 23 Contoh Gangguan

apabila terjadi gangguan pada titik K, maka hanya C.B.6 saja yang boleh bekerja sedangkan untuk C.B.1, C.B.2 dan C.B. - C.B. yang lain tidak boleh bekerja.

4) Keandalan (*reliability*)

Suatu sistem proteksi dapat dikatakan andal jika selalu berfungsi sebagaimana yang diharapkan. Sistem proteksi disebut tidak andal bila gagal bekerja pada saat dibutuhkan dan bekerja pada saat proteksi itu tidak seharusnya bekerja. Keandalan rele dikatakan cukup baik bila mempunyai harga 90-100 %.

Keandalan dapat di bagi 2 macam, yaitu :

- a) *Dependability* : relay harus dapat diandalkan setiap saat.
- b) *Security* : tidak boleh salah kerja / tidak boleh bekerja yang bukan seharusnya bekerja.

5) Ekonomis.

Suatu perencanaan teknik yang baik tidak terlepas tentunya dari pertimbangan nilai ekonomisnya. Suatu rele proteksi yang digunakan hendaknya ekonomis mungkin dengan tidak mengesampingkan fungsi dan keandalannya. Tipe Proteksi

Ada dua kategori proteksi yang dikenal yaitu proteksi utama (*main protection*) dan proteksi pembantu (*back up protection*).

Proteksi utama adalah pertahanan utama dan akan membebaskan gangguan pada bagian yang akan diproteksi secepat mungkin. Mengingat keandalan 100 % tidak hanya dari perlindungan tetapi juga dari trafo arus, trafo tegangan dan pemutus rangkaian yang tidak dapat dijamin, untuk itu diperlukan perlindungan pembantu (*auxiliary protection*) pada alat proteksi tersebut. Proteksi pembantu bekerja bila rele utama gagal dan tidak hanya melindungi daerah berikutnya dengan perlambatan waktu yang lebih lama dari pada rele utamanya.

2.5 Proteksi Trafo Tenaga Pada Gardu Induk

Sistem proteksi merupakan bagian yang sangat penting dalam suatu instalasi tenaga listrik, selain untuk melindungi peralatan utama bila terjadi gangguan hubung singkat, sistem proteksi juga harus dapat mengeliminir daerah yang terganggu dan memisahkan daerah yang tidak terganggu, sehingga gangguan tidak meluas dan kerugian yang timbul akibat gangguan tersebut dapat di minimalisasi. Peralatan proteksi trafo tenaga terdiri dari rele proteksi, trafo arus (CT), trafo tegangan (PT/ CVT), PMT, catu daya AC/ DC yang terintegrasi dalam suatu rangkaian, sehingga satu sama lainnya saling keterkaitan. Fungsi peralatan proteksi adalah untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian jaringan yang terganggu dari bagian lain yang masih sehat serta sekaligus mengamankan bagian yang masih sehat dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar.

2.5.1 Jenis gangguan pada trafo tenaga

1) Gangguan internal

Gangguan yang terjadi di daerah proteksi trafo, baik didalam trafo maupun diluar trafo sebatas lokasi CT. Penyebab gangguan internal biasanya akibat :

- a) Kebocoran minyak.
- b) Gangguan pada *tap changer*.
- c) Ketidaktahanan terhadap arus gangguan.
- d) Gangguan pada *bushing*.
- e) Gangguan pada sistem pendingin.
- f) Kegagalan isolasi pada belitan, lempengan inti atau baut pengikat inti atau Penurunan nilai isolasi minyak yang dapat disebabkan oleh kualitas minyak buruk, tercemar uap air dan adanya dekomposisi karena overheating, oksidasi akibat sambungan listrik yang buruk.

Gangguan internal dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu:

a) *Incipient fault*.

Gangguan terbentuk lambat, dan akan berkembang menjadi gangguan besar jika tidak terdeteksi dan tidak diatasi. Yang termasuk kedalam gangguan *incipient fault*, yaitu :

- *Overheating*.

Penyebab *Over heating* adalah sebagai berikut :

- Ketidaksempurnaan sambungan baik elektrik maupun *magnetic*.

- Kebocoran minyak.
- Aliran sistem pendingin tersumbat.
- Kegagalan kipas atau pompa sistem pendingin.
- *Overfluxing.*

Penyebab *over fluxing* adalah sebagai berikut :

Terjadi saat *overvoltage* dan *underfrequency*, dapat menyebabkan bertambahnya rugi-rugi besi sehingga terjadi pemanasan yang dapat menyebabkan kerusakan isolasi lempeng inti dan bahkan isolasi belitan.

- *Over pressure.*

Penyebab *Over pressure* adalah sebagai berikut :

- Pelepasan gas akibat *over heating*.
- Hubung singkat belitan-belitan sefasa.
- Pelepasan gas akibat proses kimia.

b) *Active fault.*

Disebabkan oleh kegagalan isolasi atau komponen lainnya yang terjadi secara cepat dan biasanya dapat menyebabkan kerusakan yang parah.

Penyebab dari gangguan *active fault* adalah sebagai berikut :

- Hubung singkat fasa-fasa atau fasa dengan ground.
- Hubung singkat antar lilitan sefasa (*intern turn*).
- *Core fault.*
- *Tank faults.*

- *Bushing flashovers.*

2) Gangguan *External*.

Gangguan yang terjadi diluar daerah proteksi trafo. Umumnya gangguan ini terjadi pada jaringan yang akan dirasakan dan berdampak terhadap ketahanan kumparan primer maupun sekunder/ tersier trafo. Fenomena gangguan *ekternal* seperti :

- a) Pembebanan lebih { *Over load (OL)* }.
- b) *Over voltage (OV)* akibat surja hubung atau surja petir.
- c) *Under* atau *over frequency (OF)* akibat gangguan sistem.
- d) *External system short circuit (SC)*.
- e) Hubung singkat pada jaringan sekunder atau tersier (penyulang) yang menimbulkan *through fault current*. Frekuensi dan besaran arus gangguan diprediksi akan mengurangi umur operasi trafo (SCF).

2.5.2 Fungsi Proteksi Trafo Tenaga Terhadap Gangguan

Untuk memperoleh efektifitas dan efisien yang sangat penting atau berpengaruh dalam hal menentukan sistem proteksi trafo tenaga, maka setiap peralatan proteksi yang dipasang harus disesuaikan dengan kebutuhan dan prediksi gangguan yang akan terjadi yang mengancam ketahanan trafo itu sendiri. Jenis rele proteksi yang dibutuhkan seperti tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1 Kebutuhan Fungsi Rele Proteksi Terhadap Berbagai Gangguan

No	Jenis Gangguan	Proteksi		Akibat
		Utama	Back Up	
1.	Hubung singkat di trafo daerah pengaman trafo	<ul style="list-style-type: none"> • Differensial REF • Bucholz • Tek. Lebih 	<ul style="list-style-type: none"> ○ OCR ○ GFR 	Kerusakan pada isolasi atau inti Tangki mengembang
2.	Hubung singkat diluar daerah pengaman trafo	<ul style="list-style-type: none"> • OCR • GFR • SBEF 	<ul style="list-style-type: none"> ○ OCR ○ GFR 	Kerusakan pada isolasi, kumparan, dan NGR
3.	Beban lebih	Rele suhu	OCR	Kerusakan isolasi
4.	Gangguan sistem Pendingin	Rele suhu	-	Kerusakan isolasi
5.	Gangguan pada OLTC	<ul style="list-style-type: none"> • Jansen • Tek. Lebih 	-	Kerusakan OLTC
6.	Tegangan Lebih	<ul style="list-style-type: none"> • OVR • LA 	-	Kerusakan isolasi

Kebutuhan peralatan proteksi trafo berdasarkan kapasitas trafo sesuai SPLN adalah seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 2 Kriteria Sistem Proteksi Sesuai SPLN 52-1

No	Jenis proteksi	Kapasitas (MVA)		
		≤ 10	$10 < \div < 30$	≥ 30
1.	Rele suhu	+	+	+
2.	Rele bulcholz	+	+	+

No	Jenis proteksi	Kapasitas (MVA)		
		≤ 10	$10 < \div < 30$	≥ 30
3.	Rele jansen	+	+	+
4.	Rele tekanan lebih	+	+	+
5.	Rele differensial	-	-	+
6.	Rele tangki tanah	-	+	-
7.	Rele hubung tanah terbatas (REF)	-	-	+
8.	Rele beban lebih (OLR)	-	+	+
9.	Rele arus lebih (OCR)	+	+	+
10.	Rele hubung tanah (GFR)	+	+	+
11.	Pelebur (fuse)	+	-	-

2.5.3 Proteksi Utama Trafo Tenaga

Proteksi utama adalah suatu sistem proteksi yang diharapkan sebagai prioritas untuk mengamankan gangguan atau menghilangkan kondisi tidak normal pada trafo tenaga. Proteksi tersebut biasanya dimaksudkan untuk memprakarsainya saat terjadinya gangguan dalam kawasan yang harus dilindungi (IEC 15-05-025).

Ciri-ciri pengaman utama sebagai berikut :

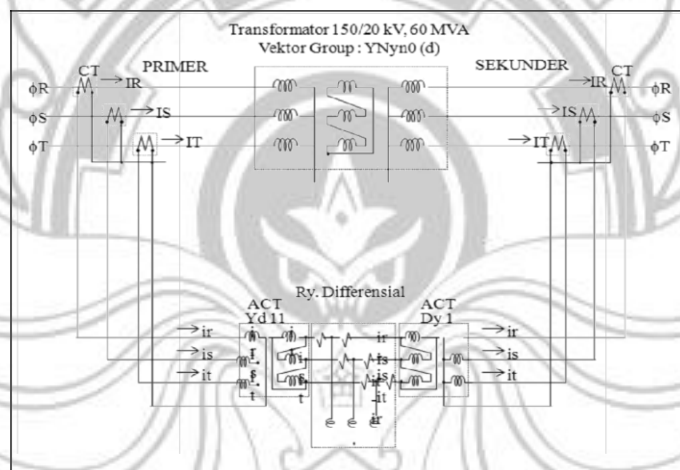
- 1) Waktu kerjanya sangat cepat seketika (*instantaneous*).
- 2) Tidak bisa dikoordinasikan dengan rele proteksi lainnya.
- 3) Tidak tergantung dari proteksi lainnya.

- 4) Daerah pengamanannya dibatasi oleh pasangan trafo arus, dimana rele differensial dipasang.

Rele Proteksi Utama Trafo Tenaga terdiri dari beberapa bagian, antara lain :

- 1) *Differential relay (87T).*

Rele differensial arus berdasarkan H. Kirchoff, dimana arus yang masuk pada suatu titik, sama dengan arus yang keluar dari titik tersebut. Rele differensial arus membandingkan arus yang melalui daerah pengamanan. Wiring rele differential vektor grup trafo tenaga dapat dilihat pada gambar 24 berikut ini ;



Gambar 24 *Wiring* Rele Diferensial Vektor Grup Trafo Tenaga

Fungsi rele differensial pada trafo tenaga adalah mengamankan trafo dari gangguan hubung singkat yang terjadi di dalam trafo, antara lain hubung singkat antara kumparan dengan kumparan atau antara kumparan dengan tangki. Rele ini harus bekerja kalau terjadi gangguan di daerah pengamanan, dan tidak boleh bekerja dalam keadaan normal atau gangguan di luar daerah pengamanan.

- 2) *Restricted Earth Fault (REF).*

Prinsip kerja rele REF sama dengan dengan rele differensial, yaitu membandingkan besarnya arus sekunder kedua trafo arus yang digunakan, akan tetapi batasan daerah kerjanya hanya antara CT fasa dengan CT titik netralnya. REF ditujukan untuk memproteksi gangguan 1-fasa ketanah.

Pada waktu tidak terjadi gangguan/ keadaan normal atau gangguan di luar daerah pengaman, maka ke dua arus sekunder tersebut di atas besarnya sama, sehingga tidak ada arus yang mengalir pada rele, akibatnya rele tidak bekerja. Pada waktu terjadi gangguan di daerah pengamanannya, maka kedua arus sekunder trafo arus besarnya tidak sama oleh karena itu, akan ada arus yang mengalir pada rele, selanjutnya rele bekerja.

2.6 Proteksi Cadangan Trafo Tenaga

Proteksi cadangan adalah suatu sistem proteksi yang dirancang untuk bekerja ketika terjadi gangguan pada sistem tetapi tidak dapat diamankan atau tidak terdeteksinya dalam kurun waktu tertentu karena kerusakan atau ketidakmampuan proteksi yang lain (proteksi utama) untuk mengerjakan pemutus tenaga yang tepat. Proteksi cadangan dipasang untuk bekerja sebagai pengganti bagi proteksi utama pada waktu proteksi utama gagal atau tidak dapat bekerja sebagaimana mestinya. (IEC 16-05-030).

Ciri-ciri pengaman cadangan sebagai berikut :

- 1) Waktu kerjanya lebih lambat atau ada waktu tunda (*time delay*), untuk memberi kesempatan kepada pengaman utama supaya dapat memproteksi gangguan lebih dahulu.
- 2) Secara sistem, proteksi cadangan terpisah dari proteksi utama.

3) Rele pengaman cadangan harus dikoordinasikan dengan rele proteksi pengamanan cadangan lainnya di sisi lain.

Pola Proteksi cadangan pada trafo tenaga umumnya terdiri dari OCR untuk gangguan fasa-fasa atau 3 fasa dan GFR untuk gangguan 1 fasa ketanah. Rele proteksi cadangan trafo tenaga meliputi :

1) Rele Arus Lebih (50/51).

Prinsip kerja rele arus lebih adalah berdasarkan pengukuran arus, yaitu rele akan bekerja apabila merasakan arus diatas nilai settingnya. OCR dirancang sebagai pengaman cadangan trafo jika terjadi gangguan hubung singkat baik dalam trafo (*internal fault*) maupun gangguan eksternal (*external fault*). Oleh karena itu, setting arus OCR harus lebih besar dari kemampuan arus nominal *trafo* yang diamankan (110 – 120% dari *nominal*), sehingga tidak bekerja pada saat trafo dibebani *nominal*, akan tetapi harus dipastikan bahwa setting arus rele masih tetap bekerja pada arus hubung singkat fasa- fasa *minimum*.

Karakteristik waktu kerja terdiri dari :

- a) *Long time inverse*
- b) *Very inverse*
- c) *Normal/Standar inverse*
- d) *Definite*

Rele ini digunakan untuk mendeteksi gangguan fasa-fasa, mempunyai karakteristik inverse (waktu kerja rele akan semakin cepat apabila arus gangguan yang dirasakannya semakin besar) atau *definite* (waktu kerja tetap untuk setiap besaran gangguan). Selain itu pada rele arus lebih tersedia fungsi *highset* yang

bekerja seketika (*moment/ instantaneous*). Untuk karakteristik *inverse* mengacu standar IEC atau ANSI/ IEEE. Rele ini digunakan sebagai proteksi cadangan karena tidak dapat menentukan titik gangguan secara tepat, dan juga ditujukan untuk keamanan peralatan apabila proteksi utama gagal kerja. Agar dapat dikoordinasikan dengan baik terhadap rele arus lebih disisi yang lain (bukan rele arus lebih yang terpasang di penghantar), maka karakteristik untuk proteksi penghantar yang dipilih adalah kurva yang sama yaitu *standard inverse* (IEC) / *normal inverse* (ANSI/IEEE).

2) *Ground Fault Rele* (50N/51N).

Prinsip kerja GFR sama dengan OCR yaitu berdasarkan pengukuran arus, dimana rele akan bekerja apabila merasakan arus diatas nilai settingnya. GFR dirancang sebagai pengaman cadangan Trafo jika terjadi gangguan hubung singkat fasa terhadap tanah, baik dalam trafo (*internal fault*) maupun gangguan eksternal (*external fault*). Setting arus GFR lebih kecil daripada OCR, karena nilai arus hubung singkatnya pun lebih kecil dari pada arus hubung singkat fasa-fasa.

Karakteristik waktu kerja terdiri dari :

- a) *Long time inverse*
- b) *Very inverse*
- c) *Normal/ Standar inverse*
- d) *Definite*

Rele ini digunakan untuk mendeteksi gangguan fasa–tanah, sehingga karakteristik waktu yang dipilihpun cenderung lebih lambat daripada waktu OCR. GFR *settinghighset* diblok, kecuali untuk tahanan 500Ω di sisi sekunder trafo.

3) *Stand By Earth Fault* (SBEF).

Di Indonesia ada tiga jenis pentanahan netral yaitu dengan tahanan rendah (12Ω , 40Ω), langsung (*solid*) dan pentanahan dengan tahanan tinggi (500Ω). *Stand By Earth Fault* adalah rele pengamanan untuk sistem pentanahan dengan *Neutral Grounding Resistance* (NGR) pada trafo.

4) *Over/ Under Voltage Relay* (59/27).

Over Voltage Relay (OVR) dan *Under Voltage Relay* (UVR) adalah rele yang mengamankan peralatan instalasi dari pengaruh perubahan tegangan lebih atau tegangan kurang. Peralatan instalasi mempunyai nilai batas *maximum* dan *minimum* dalam pengoperasiannya. Jika melebihi nilai *maximum* atau *minimum* batas kerja operasinya, peralatan tersebut dapat rusak. Sehingga untuk menjaga peralatan dari kerusakan akibat perubahan tegangan yang signifikan tersebut dibutuhkan OVR dan UVR. Prinsip dasar OVR dan UVR adalah bekerja apabila dia mencapai titik *setingannya*. OVR akan bekerja jika tegangan naik, melebihi dari setingannya, sedangkan UVR bekerja jika tegangan turun, kurang dari nilai setingannya.

2.7 Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem yang melibatkan banyak komponen dan sangat kompleks. Gangguan yang terjadi pada suatu sistem tenaga listrik sangat beragam besaran dan jenisnya. Gangguan dalam sistem tenaga listrik ini mengakibatkan terganggunya kontinuitas pelayanan tenaga listrik. Oleh karena itu, ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya gangguan pada sistem tenaga listrik, antara lain sebagai berikut :

1) Faktor manusia.

Faktor ini terutama menyangkut kesalahan atau kelalaian dalam memberikan perlakuan sistem. Misalnya salah menyambung rangkaian, keliru dalam mengkalibrasi pengaman, dan lain-lain.

2) Faktor *eksternal*.

Faktor ini meliputi gangguan- gangguan yang bersal dari lingkungan di sekitar sistem. Misalnya cuaca, gempa bumi, banjir, dan sambaran petir. Di samping itu ada kemungkinan gangguan dari binatang, misalnya gigitan tikus, burung, kelelawar, ular, dan sebagainya.

3) Faktor *internal*.

Jika ditinjau dari sifat dan penyebabnya, jenis gangguan dapat dikelompokkan sebagai berikut :

a) Tegangan Lebih (*Over Voltage*).

Tegangan lebih merupakan suatu gangguan akibat tegangan pada sistem tenaga listrik lebih besar dari seharusnya.

b) Hubung Singkat.

Hubung singkat adalah terjadinya hubungan penghantar bertegangan atau penghantar tidak bertegangan secara langsung tidak melalui media (*resistor*/ beban) yang semestinya sehingga terjadi aliran arus yang tidak normal (sangat besar). Hubung singkat merupakan jenis gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik, terutama pada saluran udara 3 fasa.

Meskipun semua komponen peralatan listrik selalu diisolasi dengan isolasi padat, cair (minyak), udara, gas, dan sebagainya. Namun karena usia pemakaian, keausan, tekanan mekanis, dan sebab-sebab lainnya, maka kekuatan isolasi pada peralatan listrik bisa berkurang atau bahkan hilang sama sekali. Hal ini akan mudah menimbulkan hubung singkat.

Pada beban isolasi padat atau cair, gangguan hubung singkat biasanya mengakibatkan busur api sehingga menimbulkan kerusakan yang tetap dan gangguan ini disebut gangguan *permanent* (tetap). Pada isolasi udara yang biasanya terjadi pada saluran udara tegangan menengah atau tinggi, jika terjadi busur api dan setelah padam tidak menimbulkan kerusakan, maka gangguan ini disebut gangguan *temporer* (sementara). Arus hubung singkat yang begitu besar sangat membahayakan peralatan, sehingga untuk mengamankan peralatan dari kerusakan akibat arus hubung singkat maka hubungan kelistrikan pada seksi yang terganggu perlu diputuskan dengan peralatan pemutus tenaga atau *circuit breaker* (CB).

Gangguan hubung singkat yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik 3 fasa sebagai berikut :

- Satu fasa dengan tanah.
- Fasa dengan fasa.
- 2 fasa dengan tanah.

- Fasa dengan fasa dan pada waktu bersamaan dari fasa ke 3 dengan tanah.
- 3 fasa dengan tanah.
- Hubung singkat 3 fasa.

Empat jenis gangguan pertama menimbulkan arus gangguan tidak simetris (*unsymmetrical short-circuit*). Sedangkan dua jenis gangguan terakhir menimbulkan arus gangguan hubung singkat simetris (*symtrical short-circuit*). Perhitungan arus hubung singkat sangat penting untuk menentukan kemampuan pemutus tenaga dan untuk koordinasi pemasangan rele pengaman dalam memproteksi gangguan.

c) Beban Lebih (*Over Load*).

Beban lebih merupakan gangguan yang terjadi akibat konsumsi energi listrik melebihi energi listrik yang dihasilkan pada pembangkit. Gangguan beban lebih sering terjadi terutama pada generator dan transformator daya. Ciri dari beban lebih adalah terjadinya arus lebih pada komponen.

Arus lebih ini dapat menimbulkan pemanasan yang berlebihan sehingga bisa menimbulkan kerusakan pada isolasi. Pada transformator distribusi sekunder yang menyalurkan energi listrik pada konsumen akan memutuskan aliran melalui rele beban lebih jika konsumsi tenaga listrik oleh konsumen melebihi kemampuan trafo tersebut.

d) Daya Balik (*Reserve Power*).

Daya balik merupakan suatu gangguan berubahnya fungsi generator menjadi motor (beban) pada sistem pembangkit tenaga listrik. Gangguan ini terjadi pada sistem tenaga listrik yang terintegrasi (*interconnected system*). Hal ini menyebabkan sebagian generator menjadi motor dan sebagian berbeban lebih. Cara untuk mengatasi gangguan ini adalah dengan melepas generator yang terganggu atau melepas daerah yang terjadi hubung singkat secepat mungkin. Untuk mengamankan gangguan di atas biasanya pada penyerentakan generator telah dilengkapi dengan rele daya balik (*reverse power relay*).

2.8 Teknik Deskripsi Persentase

Teknik deskriptif persentase adalah suatu teknik yang digunakan untuk memberi deskripsi atau pembahasan hasil penelitian yang masih bersifat data kuantitatif sehingga diperoleh gambaran kualitatif dari hasil penelitian. Misalnya perbandingan data jumlah gangguan pada komponen kelistrikan. Rumus yang digunakan dalam teknik deskripsi persentase ini adalah sebagai berikut :

Deskripsi persentase gangguan pada sistem proteksi trafo tenaga di gardu induk :

$$DPG = n/N \times 100\% \dots\dots\dots 1)$$

Keterangan :

DPG = Deskripsi persentase gangguan (%)

n = Fekkuensi gangguan pertahun (kali)

N= Jumlah gangguan selama 6 tahun (kali)

Deskripsi persentase kenadalan/keberhasilan sistem proteksi trafo tenaga dalam menangani gangguan di gardu induk :

$$DPK = m/M \times 100\% \dots\dots\dots 2)$$

Keterangan :

DPK = Deskripsi persentase keandalan rele (%)

m = Kinerja rele pertahun (kali)

M = Jumlah gangguan rele selama 6 tahun (kali)

Keandalan rele dikatakan cukup baik bila mempunyai hari dari 90 % sampai dengan 99 %.

PT. PLN (Persero) dalam menyikapi gangguan melakukan usaha penanganan gangguan sesuai dengan pedoman pemeliharaan gardu induk yaitu dengan cara :

1) *In service inspection*

In service inspection adalah kegiatan inspeksi yang dilakukan pada saat transformator dalam kondisi bertegangan/operasi. Tujuan dilakukannya *In service inspection* adalah untuk mendeteksi secara dini ketidaknormalan yang mungkin terjadi didalam trafo tanpa melakukan pemadaman.

2) *In service measurement*

In service measurement adalah kegiatan pengukuran/pengujian yang dilakukan pada saat transformtor bertegangan/beroperasi. Tujuan dilakukannya *in service measurement* adalah untuk mengetahui kondisi trafo lebih dalam tanpa melakukan pemadaman.

3) *Shutdown testing/measurement*

Shutdown testing/measurement adalah pekerjaan pengujian yang dilakukan pada saat transformator dalam keadaan padam. Pekerjaan ini dilakukan pada saat pemeliharaan rutin maupun pada saat investigasi ketidaknormalan.

4) *Shutdown function check*

Shutdown function check adalah pekerjaan yang bertujuan menguji fungsi dari rele-rele proteksi maupun indikator yang ada pada transformator.

5) *Treatment*

Treatment merupakan tindakan korektif yang dilakukan berdasarkan hasil *in service inspection, in service measurement, shutdown measurement* dan *shutdown function check*.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Objek kajian pada Tugas Akhir ini adalah bagaimana kuantitas gangguan dan kinerja sistem proteksi trafo tenaga GIS dan GI Konvensional 150 KV Bontoala, berlokasi di Jalan Masjid Raya, Kota Makassar, Sulawesi Selatan dan dilaksanakan dari bulan Februari sampai April 2018.

3.2 Prosedur Analisis

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahapan untuk menyelesaikannya. Secara umum tahapan yang dilakukan adalah melakukan pengumpulan data mengenai jumlah gangguan pada trafo tenaga GIS dan GI Konvensional Bontoala dari tahun 2012 sampai 2017 dan kemudian menganalisa data tersebut. Adapun praktikum-praktikum tersebut memiliki tahapan secara khusus yang perlu dilakukan demi mendapatkan data yang dibutuhkan. Langkah dan metode pada penelitian ini digambarkan sesuai diagram alir berikut, terdapat pada gambar 3.1. Halaman 53.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1) Metode Literatur

Metode literatur yaitu metode dimana dilakukan pengumpulan data dari berbagai referensi-referensi buku yang berhubungan dengan judul Tugas Akhir ini untuk mendapatkan dan mengetahui dasar-dasar teori yang ada hingga dapat menunjang dalam penulisan ini.

2) Metode Observasi

Metode Observasi yaitu metode dimana dilakukan pengumpulan data dan keterangan serta mengamati peralatan atau system yang ada secara langsung di Gardu Induk 150 KV Bontoala.

3) Metode Wawancara

Metode wawancara yaitu metode dimana dilakukan tanya jawab secara langsung dengan pihak-pihak dan staf yang bertanggung jawab dari pengelola Gardu Induk 150 KV Bontoala.

3.4 Teknik Analisis Data

Pembahasan penelitian Tugas Akhir ini dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

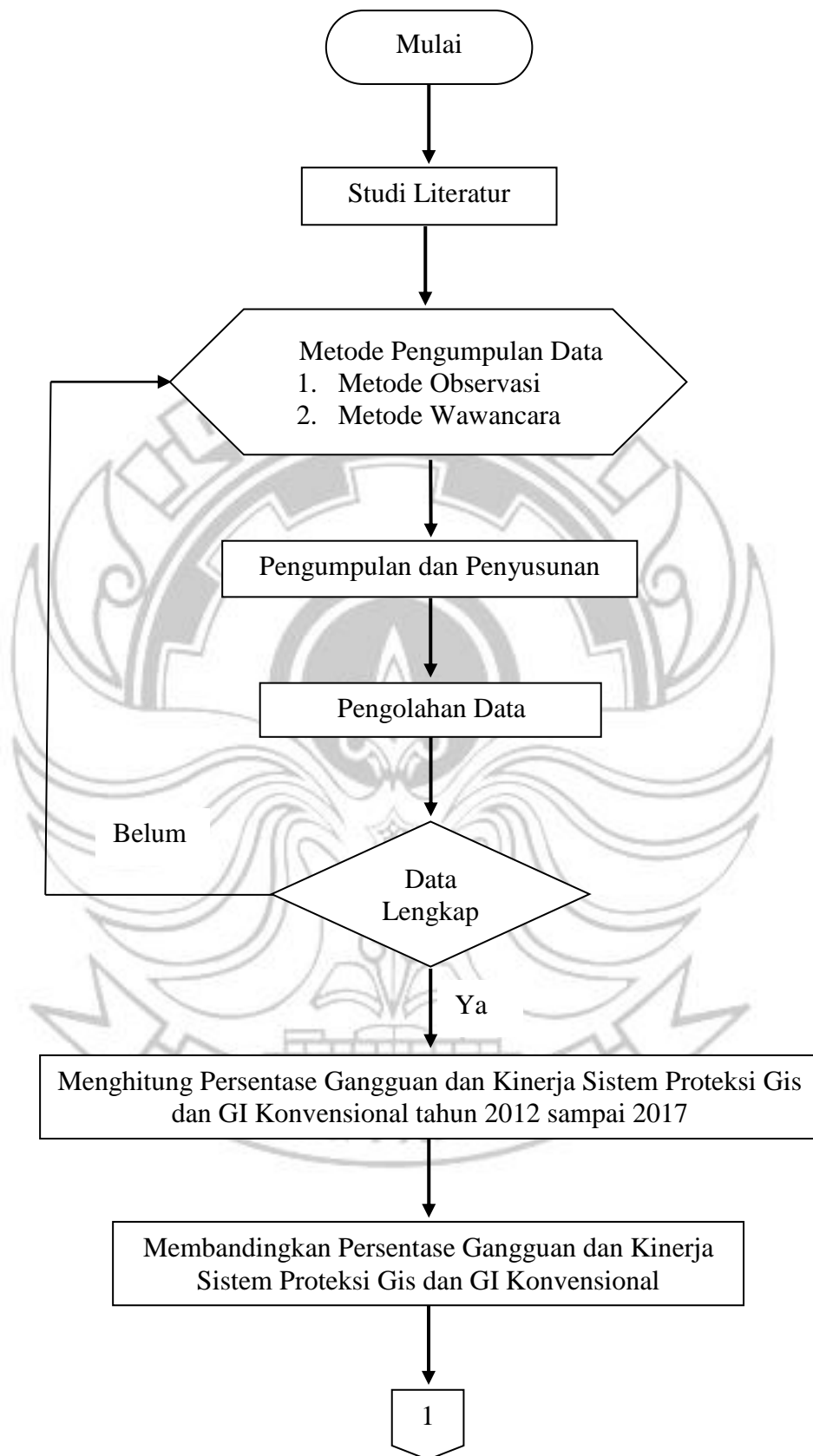
- 1) Memahami konsep dan teori yang berkaitan dengan permasalahan yang diteliti, melalui sumber buku-buku dan jurnal yang berkaitan dengan topik Tugas Akhir ini.
- 2) Melakukan pengumpulan data gardu induk 150 KV Bontoala, ini perlu dilakukan untuk mengetahui keadaan atau kondisi yang sesungguhnya, Misalnya : Kondisi gardu induk atau Kondisi Luas gardu induk dan jenis sistem proteksi yang terdapat pada gardu induk.

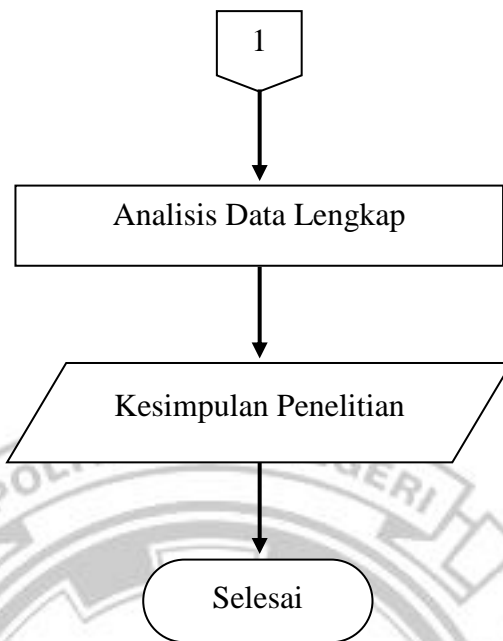
- 3) Kajian awal :
 - a) Melakukan pengamatan untuk mengetahui jumlah gangguan yang terjadi pada trafo tenaga dari tahun 2012 sampai 2017.
 - b) Mengamati secara tidak langsung kondisi gangguan yang ada di gardu induk GIS dan GI Konvensional tersebut, khususnya kuantitas gangguan pada trafo tenaga.
- 4) Melakukan pengumpulan dan penyusunan data *historis* kuantitas gangguan dari tahun 2012 sampai 2017. Kemudian melakukan analisis dengan teknik deskriptif persentase.
- 5) Menghitung Besarnya Nilai Persentase gangguan pada sistem proteksi trafo tenaga di GIS dan Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala dari tahun 2012 sampai 2017, hal ini dilakukan untuk mengetahui profil persentase gangguan dari 5 tahun terakhir, sehingga dapat diketahui peralatan yang paling sering terjadi gangguan.
- 6) Menghitung Besarnya Nilai Persentase keandalan dalam memproteksi gangguan yang terjadi pada trafo tenaga GIS dan GI Konvensional 150 KV Bontoala dari tahun 2012 sampai 2017. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem proteksi bekerja sesuai dengan yang diharapkan oleh pihak PLN dari 5 tahun terakhir.
- 7) Membandingkan kuantitas gangguan dan kinerja sistem proteksi trafo tenaga antara GIS dan Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala. Hasil yang diperoleh dari perbandingan ini merupakan sesuatu yang sangat penting untuk diketahui. Karena apabila perbandingan kuantitas gangguan dan kinerja

sistem proteksi trafo menunjukkan peningkatan keandalan dalam memproteksi gangguan maka pihak yang bersangkutan perlu untuk mempertahankan atau bahkan meningkatkan keandalan tersebut, namun apabila menunjukkan penurunan keandalan maka hal tersebut harus menjadi pekerjaan rumah bagi pihak PT PLN (Persero) untuk lebih memperhatikan kondisi komponen-komponen yang terdapat pada GIS dan GI Konvensional, agar gangguan pada peralatan, khususnya Trafo tenaga dapat untuk dihindari.

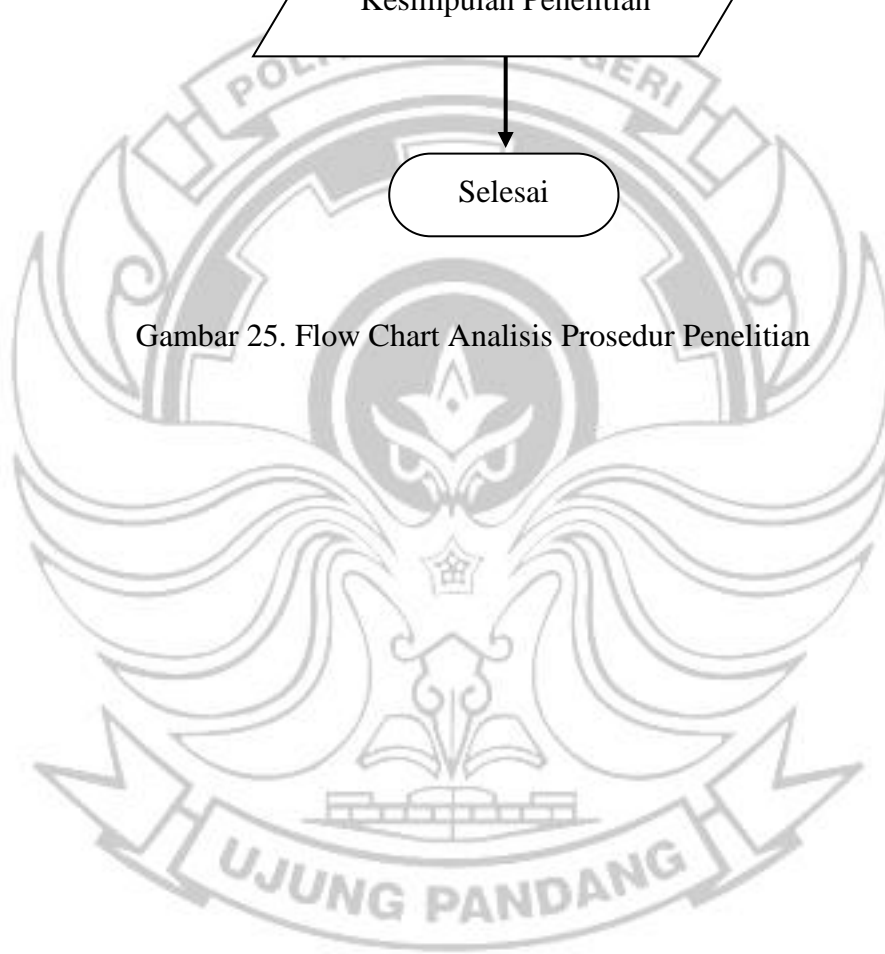
8) Analisis perbandingan kuantitas gangguan dan kinerja sistem proteksi trafo tenaga GIS dan GI Konvensional 150 KV Bontoala. Apabila perbandingan tersebut telah dikenali sebelumnya, maka perlu ditindak lanjuti dengan analisis perbandingan gangguan dan kinerja sistem proteksi, yaitu dengan cara membandingkan potensi gangguan yang terjadi pada trafo GIS dan GI Konvensional. Setelah itu penulis dapat mengambil kesimpulan dan memberikan solusi terhadap gangguan-gangguan tersebut. Berikut ini terdapat beberapa tujuan dilakukannya analisis perbandingan kuantitas gangguan dan kinerja sistem proteksi antara lain:

- a) Mengurangi sekecil mungkin gangguan yang terjadi pada trafo tenaga GIS dan GI Konvensional.
- b) Memperbaiki kinerja sistem proteksi trafo tenaga GIS dan GI Konvensional dengan cara melakukan pemeliharaan yang rutin.
- c) Menjaga kesehatan dan keselamatan pekerja .
- d) Tersalurkannya listrik yang berkualitas ke pelanggan.





Gambar 25. Flow Chart Analisis Prosedur Penelitian



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian yang dilakukan di PT PLN (Persero) Tragi Panakukang, Gardu Induk Konvensional dan GIS 150 KV Bontoala, didapatkan data-data yang berkaitan dengan permasalahan dan tujuan penelitian yaitu tentang analisis perbandingan kuantitas gangguan dan kinerja sistem proteksi transformator tenaga. Data yang diperoleh tersebut akan dipresentasikan dan dideskripsikan untuk memperoleh jawaban dari permasalahan dalam penelitian ini.

Hasil observasi tentang gangguan yang terjadi diklarifikasikan menjadi 3 jenis gangguan yaitu gangguan teknis (kerusakan pada alat), gangguan nonteknis (gangguan dari alam seperti petir, angin, tertimpa pohon dan lain-lain), dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya. Berikut ini adalah banyaknya gangguan yang terjadi dan kinerja sistem proteksi trafo tenaga Gardu Induk Konvensional dan GIS 150 KV Bontoala dari tahun 2012 sampai 2017 :

4.1.1 Jumlah Gangguan

Banyaknya gangguan yang terjadi pada trafo tenaga Gardu Induk Konvensional dan Gardu Induk GIS 150 KV Bontoala dari Tahun 2012 sampai 2017 yang menyebabkan sistem proteksi bekerja dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4 berikut ini :

Tabel 3 Gangguan pada Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017

No.	Tahun	Penyebab Gangguan			Frekuensi Gangguan
		Teknis	Non Teknis	Tidak Diketahui	
1.	2012	2	-	-	2
2.	2013	-	-	1	1
3.	2014	-	-	-	-
4.	2015	2	-	-	2
5.	2016	1	-	-	1
6.	2017	1	-	-	1
Jumlah Gangguan					7

Tabel 4 Gangguan pada Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk GIS 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017

No.	Tahun	Penyebab Gangguan			Frekuensi Gangguan
		Teknis	Non Teknis	Tidak Diketahui	
1.	2012	1	-	-	1
2.	2013	1	-	-	1
3.	2014	-	-	-	-
4.	2015	1	-	-	1
5.	2016	-	-	-	-
6.	2017	1	-	-	1
Jumlah Gangguan					4

4.1.2 Kinerja Sistem Proteksi

Banyaknya sistem proteksi yang bekerja saat terjadi gangguan pada trafo tenaga Gardu Induk Konvensional dan Gardu Induk GIS 150 KV Bontoala dari Tahun 2012 sampai 2017 dapat dilihat pada tabel 5 dan tabel 6 berikut ini :

Tabel 5 Kinerja Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017

No.	Proteksi Trafo Tenaga	Kinerja Rele Proteksi		Frekuensi Gangguan
		Mampu Mengamankan Gangguan	Tidak Mampu Mengamankan Gangguan	
1.	DR	1	-	1
2.	OCR/GFR	4	-	4
3.	REF	2	-	2
4.	PMT 150 KV	5	-	5
5.	PMT INCOMING 20 KV	7	-	7

Tabel 6 Kinerja Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk GIS 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017

No.	Proteksi Trafo Tenaga	Kinerja Rele Proteksi		Frekuensi Gangguan
		Mampu Mengamankan Gangguan	Tidak Mampu Mengamankan Gangguan	
1.	DR	-	-	-
2.	OCR/GFR	2	-	2
3.	PMT 150 KV	2	-	2
4.	PMT INCOMING 20 KV	4	-	4
5.	SEF/SBEF	1	-	1

4.2 Pembahasan

Berdasarkan data-data yang didapatkan dari penelitian, kemudian dilakukan analisis data menggunakan metode analisis deskriptif persentase seperti yang telah dikemukakan. Adapun penjelasan mengenai tingkat frekuensi gangguan yang mempengaruhi kinerja sistem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk Konvensional dan Gardu Induk GIS 150 KV Bontoala dari tahun 2012 sampai 2017 adalah sebagai berikut :

4.2.1 Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala

4.2.1.1 Jumlah gangguan

Gangguan yang terjadi diklarifikasikan menjadi 3 jenis gangguan yaitu gangguan teknis, gangguan nonteknis dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya. Setelah melakukan perhitungan menggunakan rumus analisis deskripsi persentase. Contoh perhitungan dengan menggunakan persamaan 1 pada teori dasar :

Tahun 2012 terjadi gangguan sebanyak 2 kali dan total gangguan selama 6 tahun adalah sebanyak 7 kali di GI Konvensional. Sehingga untuk mengetahui nilai persentase gangguan pada tahun 2012 di Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala adalah sebagai berikut:

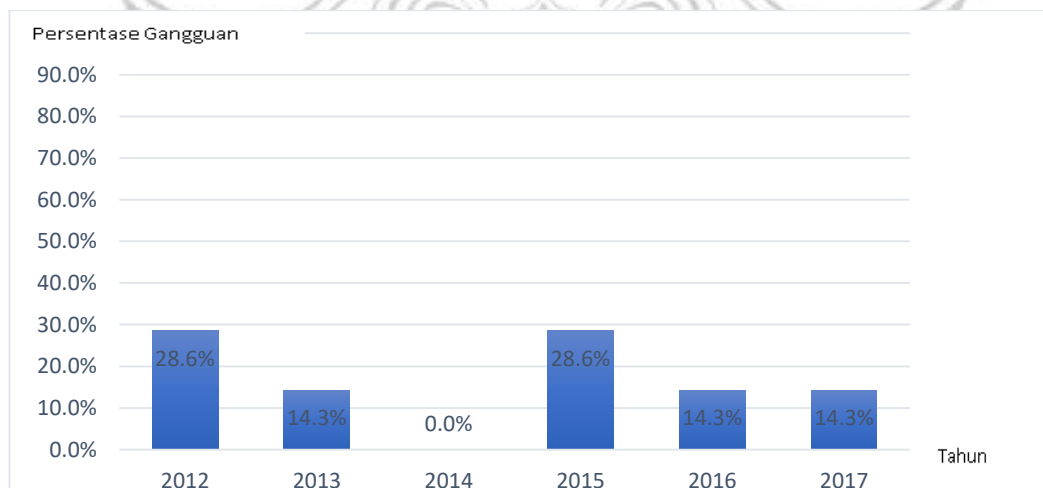
$$\begin{aligned} DPG &= n/N \times 100\% \\ &= 2/7 \times 100\% \\ &= 28.57\% \end{aligned}$$

Persentase gangguan tahun 2012 di GI Konvensional Bontoala adalah 28.57%.

Untuk tahun-tahun yang lain, dilakukan perhitungan dengan rumus yang sama dengan contoh perhitungan di atas. Setelah dilakukan perhitungan, berikut ini hasilnya dapat dilihat pada tabel 7 berikut ini:

Tabel 7 Persentase Gangguan pada Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017

No.	Tahun	Frekuensi gangguan	Persentase gangguan
		Kali	%
1	2012	2	28.57 %
2.	2013	1	14.28 %
3.	2014	-	-
4.	2015	2	28.57 %
5.	2016	1	14.28 %
6.	2017	1	14.28 %
Jumlah Gangguan		7	100 %



Gambar 26 Grafik Persentase Gangguan pada Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017

Berikut adalah penjelasan dari tabel 7 dan gambar 26 mengenai gangguan yang terjadi dari tahun 2012 sampai 2017 pada Gardu Induk 150 KV Bontoala.

1) Gangguan teknis

Gangguan teknis terjadi karena adanya kerusakan pada peralatan. Gangguan teknis di Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala terjadi pada 12 Juni 2012 pukul 14.25 WITA terjadi hubung singkat akibat kabel jumper putus di pangkal penyulang F. Poldo membuat rele GFR pada trafo 1 Bontoala bekerja.

- a) Pada 11 November 2012 pukul 16.37 WITA terjadi gangguan hubung singkat antara pisau PMT *incoming* dengan plat pengaman PMT *incoming* Trafo 1, yang menyebabkan rele REF (*Restricted Earth Fault*) bekerja. Sehingga, PMT 150 Trafo 1 dan *Incoming* Trafo 1 trip.
- b) Pada tanggal 29 September 2015 pukul 23.05 WITA terjadi gangguan kabel kontrol sekunder PT yang terselubung besi terlepas dari pengikatnya yang hancur akibat penuaan menyentuh sisi Primer PT, yang menyebabkan *incoming* trafo sisi 150/20 KV trip dan rele GFR bekerja.
- c) Pada tanggal 5 September 2015 terjadi gangguan Mekanik penggerak fasa S PMT Feeder Ahmad Yani Patah mengakibatkan PMT tidak terbuka sempurna, sehingga *clearance* arus gangguan masih mengalir di *Incoming* 20 KV mengakibatkan relay bekerja tetapi tidak mentriapkan PMT *Incoming* di sebabkan *Interlock* PMT

bermasalah sehingga di baca SBEF dan mentripkan PMT Trafo sisi 150 KV.

- d) Pada tanggal 19 Juni 2016 pukul 07.29 WITA terjadi gangguan pada Penyulang Bawakaraeng dengan indikasi OCR / GFR *instant* yang menyebabkan Tripnya *Incoming* 20 KV dan Trafo sisi 150 KV.
- e) Pada tanggal 17 Mei 2017 terjadi gangguan *Mopping* Kabel Tanah Trafo ke *Incoming Phasa R* yang menyebabkan PMT Trafo sisi 150 KV trip dan bekerjanya rele Differensial.

2) Gangguan nonteknis

Gangguan nonteknis terjadi karena adanya gangguan yang disebabkan oleh alam terjadi pada. Pada Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala tidak pernah terjadi gangguan nonteknis dari tahun 2012 sampai 2017.

3) Gangguan tidak diketahui penyebabnya

Gangguan yang tidak diketahui penyebabnya terjadi sekali yaitu pada tanggal 29 November 2013 pukul 00.42 WITA terjadi gangguan feeder JBD (Jaringan Batu Distribusi) membuat lampu alarm REF nyala sehingga PMT 20 KV trip. Namun tidak diketahui hal apa yang menyebabkan terjadinya gangguan tersebut.

4.2.1.2 Kinerja Sistem Proteksi

Suatu rele dikatakan memiliki keandalan baik apabila memiliki keandalan dari 90% sampai 100%. Untuk menghitung persentase kinerja atau keandalan dari suatu sistem proteksi trafo tenaga maka digunakan persamaan 2 pada bab teori dasar.

Contoh perhitungan :

Rele Differensial mampu mengamankan gangguan sebanyak 1 kali dari jumlah gangguan yaitu 1 kali. Sehingga keandalan rele REF dapat di hitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{DPK} &= m/M \times 100\% \\ &= 1/1 \times 100\% \\ &= 100\% \end{aligned}$$

Jadi, rele Differensial memiliki keandalan sebesar 100 % dengan predikat baik.

Untuk rele-rele yang lain, dilakukan perhitungan dengan rumus dan langkah yang sama seperti contoh perhitungan di atas. Setelah dilakukan perhitungan, hasil perhitungannya pada table 8 berikut ini:

Tabel 8 Pesentase Keandalan Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017

No	Proteksi Trafo Tenaga	Jumlah Gangguan	Mampu Mengamankan Gangguan	Tidak Mampu Mengamankan Gangguan	Persentase Keberhasilan
1.	DR	1	1	-	100%
2	OCR/GFR	4	4	-	100%
3	REF	2	2	-	100%
4.	PMT 150 KV	5	5	-	100%
5.	PMT INCOMING 20 KV	7	7	-	100%

Berikut ini adalah penjelasan dari tabel 9 :

1) DR (*Differential Relay*)

Rele ini dikategorikan dalam rele proteksi dengan predikat baik karena mampu mengamankan gangguan sebanyak 1 kali dari 1 kali gangguan yang terjadi atau memiliki keandalan 100 %.

2) OCR (*Over Current Relay*) / GFR (*Ground Fault Relay*)

Kedua rele ini mempunyai keandalan 100 % karena mampu mengamankan gangguan yang terjadi sebanyak 4 kali.

3) REF (*Restrictive Earth Fault*)

Rele ini memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja mengamankan gangguan sebanyak 2 kali dari total 2 kali gangguan.

4) PMT 150 KV

PMT 150 KV memiliki keandalan 100 % dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (trip) 5 kali saat terjadi 5 kali gangguan.

5) PMT 20 KV *Incoming*

PMT 20 KV memiliki keandalan 100 % dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (trip) 7 kali saat terjadi 7 kali gangguan.

4.2.2 Gardu Induk GIS 150 KV Bontoala

4.2.2.1 Jumlah Gangguan

Gangguan yang terjadi diklarifikasikan menjadi 3 jenis gangguan yaitu gangguan teknis, gangguan nonteknis dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya.

Setelah melakukan perhitungan menggunakan rumus analisis deskripsi persentase dengan menggunakan persamaan 1 pada teori dasar seperti berikut ini :

Contoh perhitungan :

Tahun 2012 terjadi gangguan sebanyak 1 kali dan total gangguan selama 6 tahun adalah sebanyak 4 kali di GIS Bontoala. Sehingga untuk mengetahui nilai persentase gangguan pada tahun 2012 di GIS Bontoala adalah sebagai berikut:

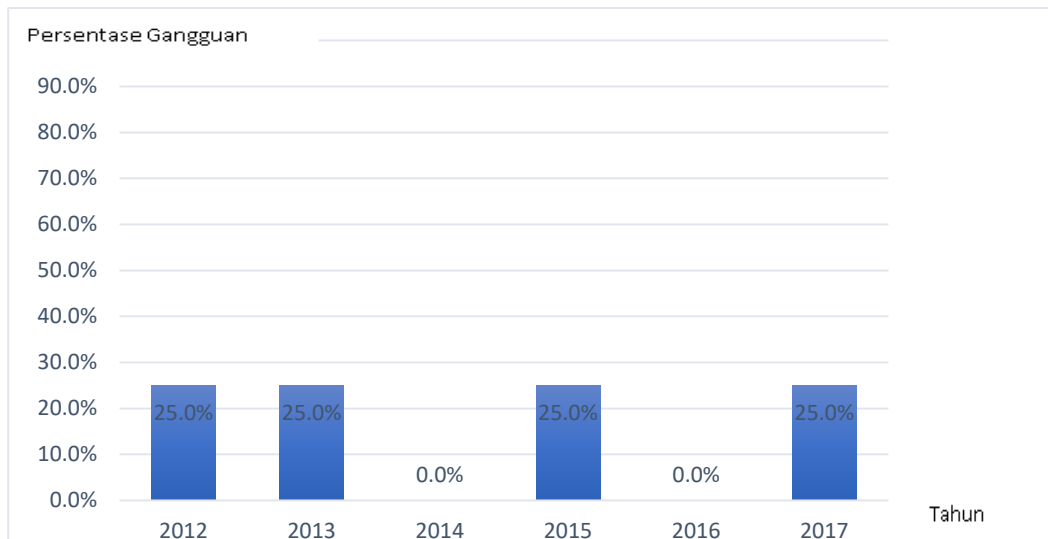
$$\begin{aligned}
 DPG &= n/N \times 100\% \\
 &= 1/4 \times 100\% \\
 &= 25\%
 \end{aligned}$$

Jadi, persentase gangguan tahun 2012 di GIS Bontoala adalah 25%.

Untuk tahun-tahun yang lain, dilakukan perhitungan dengan rumus dan langkah yang sama seperti contoh perhitungan di atas. Setelah dilakukan perhitungan, berikut ini hasilnya dapat dilihat pada tabel 9 berikut ini.

Tabel 9 Persentase Gangguan pada Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk GIS 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017

No.	Tahun	Frekuensi gangguan	Persentase gangguan
		Kali	%
1	2012	1	25 %
2.	2013	1	25 %
3.	2014	-	-
4.	2015	1	25 %
5.	2016	-	-
6.	2017	1	25 %
Jumlah Gangguan		4	100 %



Gambar 27 Grafik Persentase Gangguan pada Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk GIS 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017

Berikut adalah penjelasan dari tabel 9 dan gambar 27 mengenai gangguan yang terjadi dari tahun 2012 sampai 2017 pada Gardu Induk 150 KV Bontoala.

1) Gangguan teknis

Gangguan teknis terjadi karena adanya kerusakan pada peralatan terjadi pada :

- a) Pada tanggal 10 Maret 2012 pukul 23.14 WITA PMT *Feeder* tidak mau trip padahal penyulang Mattoangin ada gangguan hubung singkat sehingga membuat OCR bekerja yang membuat PMT 20 KV *Incoming* trafo 2 GIS Trip.
- b) Pada tanggal 13 September 2013 pukul 04.55 WIB *short link feeder* Sudirman belum dilepas sehingga terjadi hubung singkat membuat OCR/GFR bekerja dan PMT 20 KV *Incoming* trafo 2 GIS Trip .
- c) Pada tanggal 21 Desember 2015 pukul 01.12 WITA terjadi gangguan PMT Trip akibat Arus putar hubungan Nol

akibat gangguan Transmisi Tello – Sungguminasa yang menyebabkan PMT 150 KV trafo 2 GIS trip.

- d) Pada tanggal 26 Januari pukul 19.33 terjadi gangguan PMT Penyulang Mattoangin mengalami *Break Down Vaccum* sehingga tahanan kontak Tinggi sebesar 500 Mikro Ohm, yang menyebabkan PMT trafo 2 GIS trip indikasi SEF/SBEF.

2) Gangguan nonteknis

Gangguan nonteknis terjadi karena adanya gangguan yang disebabkan oleh alam terjadi, namun dari tahun 2012 sampai 2017 tidak ada gangguan nonteknis yang menyebabkan sistem proteksi bekerja.

3) Gangguan tidak diketahui penyebabnya

Gangguan yang tidak diketahui penyebabnya tidak pernah terjadi pada Gardu Induk GIS 150 KV Bontoala dari tahun 2012 sampai 2017.

4.2.2.2 Kinerja Sistem Proteksi

Suatu rele dikatakan memiliki keandalan baik apabila memiliki keandalan dari 90% samapi 100%. Untuk menghitung persentase kinerja atau keandalan dari suatu sistem proteksi trafo tenaga maka digunakan persamaan 2 pada teori dasar.

Contoh perhitungan :

Rele OCR/GFR mampu mengamankan gangguan sebanyak 2 kali dari jumlah gangguan yaitu 2 kali. Sehingga keandalan rele OCR/GFR dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{DPK} &= m/M \times 100\% \\
 &= 2/2 \times 100\% \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

Jadi, rele OCR/GFR memiliki keandalan 100 % dengan predikat baik.

Untuk rele-rele yang lain, dilakukan perhitungan dengan rumus dan langkah yang sama seperti contoh perhitungan di atas. Setelah dilakukan perhitungan, hasil perhitungannya ditunjukkan pada tabel 10.

Tabel 10 Pesentase Keandalan Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk GIS 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017

No	Proteksi Trafo Tenaga	Jumlah Gangguan	Mampu Mengamankan Gangguan	Tidak Mampu Mengamankan Gangguan	Persentase Keberhasilan
1.	OCR/GFR	2	2	-	100%
2	PMT 150 KV	2vb\	2	-	100%
3	PMT INCOMING 20 KV	4	4	-	100%
4.	SEF/SBEF	1	1	-	100%

Berikut ini penjelasan dari tabel 10 :

1) OCR/GFR (*Over Current Relay/Ground Fault Relay*)

Rele OCR/GFR memiliki kenadalan 100 % dengan predikat baik karena mampu bekerja sebanyak 2 kali saat terjadi 2 kali gangguan yaitu pada saat hubung singkat di *feeder* Mattoanging dan hubung singkat antara *socket* dengan *support* pmt dan pms Mattoanging serta terjadi *short link* karena *feeder* Mattoanging belum dilepas.

2) PMT 150 KV

Rele PMT 15 KV memiliki keandalan 100 % dengan predikat baik karena mampu bekerja sebanyak 2 kali saat terjadi gangguan dari 2 total gangguan.

3) PMT 20 KV *Incoming*

Rele PMT 20 KV *Incoming* memiliki keandalan 100 % dengan predikat baik karena mampu bekerja sebanyak 4 kali saat terjadi 4 kali gangguan.

4) REF/SBEF (*Restricted Earth Fault / Stand By Earth Fault*)

Sistem proteksi ini memiliki keandalan 100% karena mampu mengamankan gangguan sebanyak 1 kali dari total gangguan sebanyak 1 kali gangguan yaitu Pada tanggal 26 Januari pukul 19.33 terjadi gangguan PMT Penyulang Mattoangin mengalami *Break Down Vaccum* sehingga tahanan kontak Tinggi sebesar 500 Mikro Ohm, yang menyebabkan rele GFR bekerja dan PMT trafo 2 GIS trip indikasi REF/SBEF.

4.2.3 Perbandingan Kuantitas Gangguan dan Kinerja Sistem Proteksi Tafo Tenaga Konvensional dan GIS 150 KV Bontoala.

Setelah melakukan penelitian di GIS dan GI Konvensional 150 KV Bontoala. Kemudian dilakukan beberapa perbandingan yaitu perbandingan konstruksi, perbandingan kuantitas gangguan dan perbandingan kinerja sistem proteksi trafo tenaganya. Berikut ini akan dipaparkan beberapa perbedaannya tersebut.

1) Perbandingan model penempatan peralatan antara GIS dan GI Konvensional 150 KV Bontoala.



Gambar 28 Peralatan GIS 150 KV Bontoala



Gambar 29 Peralatan GI Konvensional 150 KV Bontoala

Gardu Induk GIS 150 KV Bontoala merupakan gardu induk yang semua peralatan switchgear-nya berisolasikan gas SF-6, karena sebagian besar peralatannya terpasang di dalam gedung dan dikemas dalam tabung. Gardu induk jenis ini biasanya disebut GIS seperti gambar 29. Pada GIS terdapat bermacam-macam jenis peralatan seperti pemutus tenaga, busbar, pemisah tanah, trafo arus dan trafo tegangan yang di tempatkan di dalam konpartemen yang terpisah-pisah dan diisi gas SF-6. Kekuatan di elektrik gas SF-6 yang lebih tinggi dari dari pada udara, menyebabkan jarak konduktor yang diperlukan akan lebih kecil.

Sedangkan Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala adalah gardu induk yang peralatannya berisolasi udara bebas, karena sebagian besar peralatannya terpasang diluar gedung (switch yard) dan sebagian kecil di dalam gedung, sehingga memerlukan tanah yang relatif luas. Gardu jenis ini biasanya disebut gardu induk konvensional seperti gambar 30. Peralatan seperti PMT, busbar, pemisah tanah dan lain-lain ditempatkan di luar ruangan.

- 2) Perbandingan kuantitas gangguan antara GIS dan GI Konvensional 150 KV Bontoala tahun 2012 sampai 2017.

Tabel 11 Perbandingan gangguan pada Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga GIS dan GI Konvensional 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017

No	Tahun	Penyebab Gangguan						Jumlah	
		Teknis		Non teknis		Tidak Diketahui			
		KON	GIS	KON	GIS	KON	GIS	KON	GIS
1.	2012	2	1	-	-	-	-	2	1
2.	2013	-	1	-	-	1	-	1	1
3.	2014	-	-	-	-	-	-	-	-
4.	2015	2	1	-	-	-	-	2	1
5.	2016	1	-	-	-	-	-	1	-
6.	2017	1	1	-	-	-	-	1	1
Jumlah		6	4	-	-	1	-	7	4

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di GI Konvensional dan GI GIS 150 KV Bontoala seperti yang ditunjukkan pada tabel 11. Kuantitas

gangguan yang terjadi pada area trafo tenaga GI Konvensional adalah sebanyak 7 kali dan GI GIS 150 KV Bontoala adalah sebanyak 4 kali. Gangguan yang terjadi diklarifikasikan menjadi 3 jenis gangguan yaitu gangguan teknis (kerusakan pada alat), gangguan nonteknis (gangguan dari alam seperti petir, angin, tertimpa pohon dan lain-lain), dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya.

Setiap gardu induk memiliki jumlah gangguan yang berbeda-beda setiap jenisnya. Berdasarkan tabel 11 bahwa Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala mengalami sebanyak 4 kali gangguan teknis yaitu terjadi pada tanggal 10 Maret 2012 terjadi gangguan *feeder* tidak mau trip padahal Mattoanging ada gangguan hubung singkat, tanggal 13 September 2013 terjadi *short link feeder* Sudirman belum dilepas sehingga terjadi hubung singkat, tanggal 21 Desember 2015 terjadi Arus putar hubungan Nol akibat gangguan Transmisi Tello sampai Sungguminasa, dan terakhir tanggal 26 Januari 2017 terjadi gangguan Penyulang Mattoangin mengalami *Break Down Vaccum* sehingga tahanan kontak tinggi sebesar 500 Mikro Ohm. Gardu Induk GIS 150 KV Bontoala tidak pernah mengalami gangguan nonteknis dan gangguan yang tidak diketahui.

Sedangkan untuk Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala mengalami 6 kali gangguan teknis yaitu tanggal 10 Maret 2012, 12 Oktober 2012, 29 September 2015, 5 September 2015, 19 Juni 2016, dan terakhir tanggal 17 Mei 2017. Gangguan nonteknis tidak pernah terjadi sedangkan gangguan yang tidak diketahui terjadi 1 kali yaitu tanggal 29 November 2013.

Dari data tersebut diketahui bahwa Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala lebih banyak mengalami gangguan yang disebabkan oleh kerusakan alat

(gangguan teknis) dibandingkan dengan Gardu Induk GIS 150 KV Bontoala dari tahun 2012 sampai 2017.

3) Perbandingan kinerja sistem proteksi trafo tenaga antara GIS dan Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala tahun 2012 sampai 2017

Tabel 12 Perbandingan kinerja Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga Gardu Induk Konvensional dan GIS 150 KV Bontoala Tahun 2012 sampai 2017

No	Proteksi Trafo Tenaga	Jumlah Gangguan		Mampu Mengamankan gangguan		Tidak Mampu Mengamankan gangguan		Persentase Keberhasilan	
		KON	GIS	KON	GIS	KON	GIS	KON	GIS
1.	DR	1	-	1	-	-	-	100%	-
2.	OCR/GFR	4	2	4	2	-	-	100%	100%
3.	REF	2	-	2	-	-	-	100%	-
4.	PMT 150 KV	5	2	5	2	-	-	100%	100%
5.	PMT INCOMING 20 KV	7	4	7	4	-	-	100%	100%
6.	SEF/SBEF	-	1	-	1	-	-	-	100%

Tabel 12 merupakan tabel kinerja rele proteksi trafo tenaga GIS dan GI Konvensional 150 KV Bontoala. Berdasarkan tabel 12 sistem proteksi pada GIS Bontoala mampu mengamankan gangguan sebanyak 9 kali dari total gangguan yaitu 9 gangguan. Sedangkan untuk sistem proteksi trafo tenaga GI Konvensional 150 KV Bontoala 19 kali mampu mengamankan gangguan dari 19 kali gangguan. GIS Bontoala mampu mengamankan trafo tenaga dari semua gangguan yang pernah terjadi begitupun pada Gardu Induk Konvensional juga mampu

mengamankan semua gangguan. Sehingga selama 6 tahun rele-rele trafo tenaga GIS dan Konvensional 150 KV Bontoala memiliki kriteria sangat baik.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Gangguan yang terjadi pada area trafo tenaga dari tahun 2012 sampai 2017 di Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala adalah sebanyak 6 kali gangguan teknis dan 1 gangguan yang tidak diketahui penyebabnya sedangkan pada Gardu Induk GIS 150 KV Bontoala adalah sebanyak 4 kali gangguan teknis dan tidak pernah terjadi gangguan non teknis dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya.
- 2) Gangguan yang terjadi pada area trafo tenaga GIS yaitu hubung singkat pisau PMT *Incoming*, kabel kontrol sekunder PT terlepas dari pengikatnya, *clearance* arus gangguan masih mengalir, indikasi OCR/GFR *instant*, *Mopping* kabel tanah trafo ke *incoming phasa R*, feeder JBD membuat alarm menyala namun tidak diketahui penyebabnya. Sedangkan gangguan pada trafo tenaga GI Konvensional yaitu PMT *feeder* tidak mau trip padahal penyulang Mattoangin ada gangguan hubung singkat, *Short link feeder* Sudirman belum dilepas sehingga terjadi hubung singkat, PMT trip akibat arus putar hubungan nol, dan Penyulang Mattoangin *Break Down Vacum* sehingga tahanan kontak tinggi.

- 3) Peralatan proteksi pada trafo tenaga GIS Bontoala dari tahun 2012 sampai 2017 mampu mengamankan gangguan sebanyak 9 kali dari total gangguan yang terdeteksi yaitu 9 gangguan. Sedangkan untuk sistem proteksi trafo tenaga GI Konvensional 150 KV Bontoala mampu mengamankan 19 kali gangguan dari 19 gangguan yang terdeteksi oleh sistem proteksinya. Sistem proteksi pada Gardu Induk Konvensional dan GIS keduanya memiliki persentase keberhasilan mengamankan gangguan sebesar 100%.

5.2 Saran

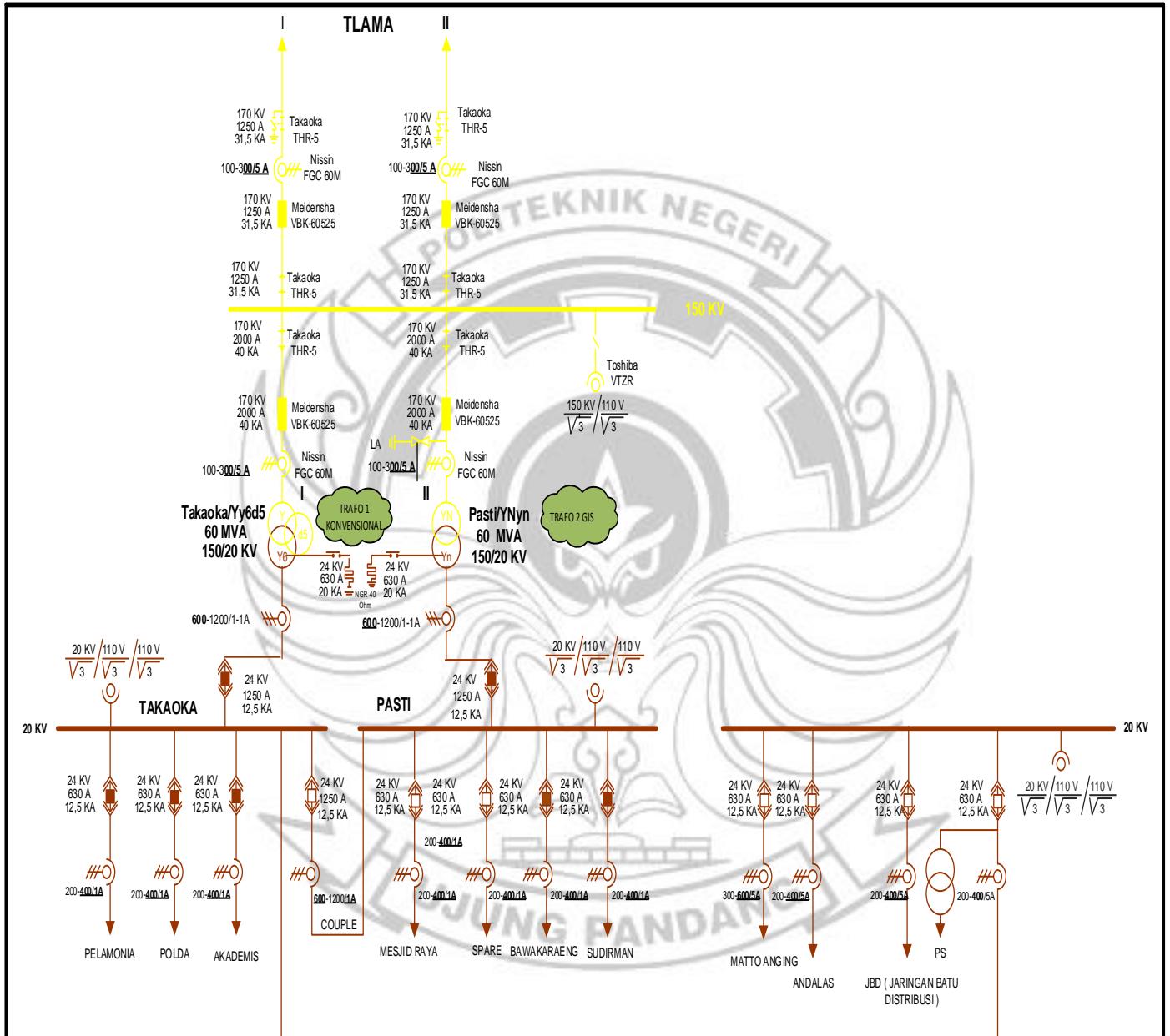
- 1) Pihak PT. PLN (Persero) Tragi Panakukang diharapkan untuk melakukan dokumentasi gangguan yang terjadi lebih detail dan juga menggunakan media komputer sehingga lebih mudah dalam pemeriksaan maupun membuat laporan.
- 2) Pihak PT.PLN (Persero) Tragi Panakukang diharapkan untuk rutin dalam melakukan pemeliharaan ke berbagai gardu induk bawahannya, supaya gangguan yang terjadi dapat untuk di minimalisir sekecil mungkin.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryanto, T. (2013). *Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi Di Gardu Induk 150 kV Jepara*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Dani, D. A. (2012). *Analisis Sistem Proteksi Transformator Daya Pada Gardu Induk 150 kV Tanah Tinggi*. Depok : Universitas Gunadarma.
- PT. PLN (Persero). (2010). *Buku Pedoman Operasi dan Pemeliharaan GIS. SK DIR 113/114.K.DIR.2010*. Jakarta.
- (2014). *Buku Pedoman GIS. Kepdir 0520-2.K.Dir.2014*. Jakarta.
- (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga. Kepdir 0520-2. K.Dir.2014*. Jakarta.
- Syaputra, R. (2016). *Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik*. Yogyakarta: LP3M UMY.
- Yulistiawan, B. H. (2012). *Analisis Penggunaan Gas SF6 Pada Pemutus Tenaga (PMT) Di Gardu Induk Cigereleng Bandung*. Bandung: FPTK UPI.

LAMPIRAN

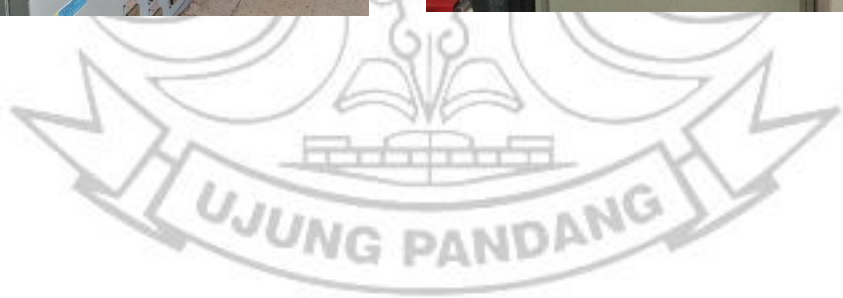
1) Single Line Diagram GI 150 KV Bontoala



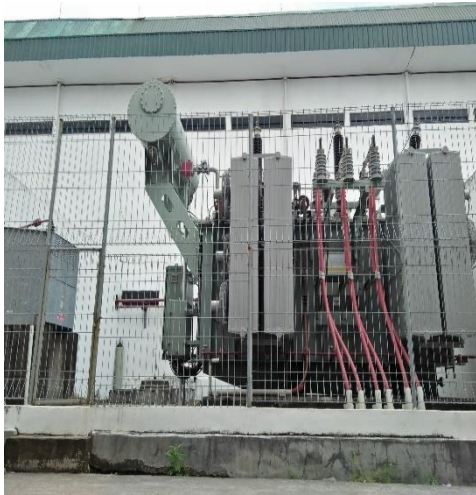
 PT. PLN (Persero) WILAYAH SULSEL, SULTRA DAN SULBAR A P 2 B SISTEM SULSEL			SINGLE LINE DIAGRAM GARDU INDUK BONTOLA			
Nomor	Tanggal	Revisi	File	Dibuat Oleh	Disetujui Oleh	Meayetujui
02/ 2017	NOP 17	NOP 17		JUFRI B	MOCH MUNIP	RAHMAT

2) Komponen Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala






3) Komponen Gardu Induk GIS 150 KV Bontoala






4) Gangguan Trafo Tenaga GIS dan Konvensional 150 KV Bontoala

	PT PLN (PERSERO) WILAYAH SULSELBARAR	LAPORAN GANGGUAN		Nomor : /151/TRAGI/PNK/2012
	AP2B SISTEM SULAWESI SELATAN TRAGI PANAKKUKANG	TRAFO 2 / 60 MVA GIS BONTOALA Selasa , tgl. 10 Maret 2012 Jam 23.14		Kepada Yth : MANAJER AP2B PT PLN (PERSERO) WIL SULSELBARAR
I KONDISI SISTEM SEBELUM GANGGUAN				
Beban Trafo 2 / 60 MVA		12 MW	150 KV	
II KRONOLOGIS GANGGUAN				
Jam 23.14 Incoming trafo 1/60 MVA GIS Bontoala sisi 150/20 KV Incoming Trafo Trip Relay kerja sisi 20 KV : OCR				
DATA GANGGUAN				
Pukul 23:14 PMT 20 KV Penyulang Masjid Raya di Lepas				
Pukul 23:14 PMT 20 KV Penyulang Bawakaraeng di Lepas				
Pukul 23:15 PMT 20 KV Penyulang Sudirman di Lepas				
III AKIBAT GANGGUAN				
Pada saat Gangguan Trafo 2 / 60 MVA GIS Bontoala Beban Penyulang dialihkan sebahagian .				
IV PEMULIHAN GANGGUAN				
Pukul 23:16 PMT Trafo 1 / 60 MVA Sisi 150 / 20 KV Masuk				
Pukul 23:17 PMT 20 KV Penyulang Masjid Raya Masuk				
Pukul 23:17 PMT 20 KV Penyulang Bawakaraeng Masuk				
Pukul 23:17 PMT 20 KV Penyulang Sudirman Masuk				
V PENYEBAB GANGGUAN DAN ANALISA				
Penyebab gangguan Feeder tidak mau trip padahal Mattoangin ada gangguan hubung singkat.				
VI KESIMPULAN/TINDAK LANJUT				
Melakukan pemeriksaan atau pemeliharaan rutin terhadap komponen putus gangguan pada feeder agar apabila terjadi gangguan, tidak berpengaruh terhadap trafo tenaga.				
VII SARAN				
Melakukan pemeriksaan lebih lanjut untuk koordinasi proteksi antara pemutus tenaga pada trafo 150/20 KV dan feeder 20 KV.				
VIII PERKIRAAN PEMADAMAN				
KWH tidak tersalur sebesar = 15.45 MWH				
Ph. MANAJER TRAGI PANAKKUKANG			Makassar, 10 Maret 2012 SUP. OPHAR	
SUFARDIN			SUFARDIN	
Tembusan:				
ASMAN Har				
ASMAN Renev				

	PT PLN (PERSERO) WILAYAH SULSELBARABAR	LAPORAN GANGGUAN		Nomor : /151/TRAGI/PNK/2012
	UPT SISTEM SULAWESI SELATAN	TRAFO 1 / 60 MVA GI. BONTOALA		Kepada Yth : MANAJER UPT
	TRAGI PANAKKUKANG	Selasa , tgl. 12 Juni 2012 Jam 14:25		PT PLN (PERSERO) WIL SULSELBARABAR
I KONDISI SISTEM SEBELUM GANGGUAN				
Beban Trafo 1 / 60 MVA		16,5 MW	150 KV	
II KRONOLOGIS GANGGUAN				
Jam 14:25 PMT Trafo 1/60 MVA Sisi 150 KV GI Bontoala Trip				
Jam 14:25 PMT F. Polda Trip relay GFR				
DATA GANGGUAN				
Pukul 14:27 PMT Incoming 20 KV Trafo 1 / 60 MVA di lepas				
Pukul 14:27 PMT Incoming 20 KV Andalas, Mattoanging dan JBD di lepas				
III AKIBAT GANGGUAN				
Terjadi pemadaman sesaat asuhan Trafo 1 / 60 MVA GI Bontoala.				
IV PEMULIHAN GANGGUAN				
Pukul 14:27 PMT 150 KV Trafo 2 GIS / 60 MVA GIS Bontoala Masuk				
Pukul 14:30 PMT Feeder Andalas Masuk (Padam sesaat, beban di Alihkan DCC)				
Pukul 14:30 PMT Feeder Mattoangin Masuk (Padam sesaat, beban di Alihkan DCC)				
Pukul 14:30 PMT Feeder J B D Masuk (Padam sesaat, beban di Alihkan DCC)				
V PENYEBAB GANGGUAN DAN ANALISA				
Kabel jumper putus di pangkal penyulang F. Polda				
VI KESIMPULAN/TINDAK LANJUT				
Melakukan pengisolasian pada kabel jumper yang putus pada feeder F.Polda.				
VII SARAN				
Sebaiknya melakukan penggantian kabel jumper atau relay proteksi yang sudah tua.				
VIII PERKIRAAN PEMADAMAN				
KWH tidak tersalur sebesar		= 5.44 MWH		
MANAJER TRAGI PANAKKUKANG		Makassar, 12 Juni 2012 SUP. OPHAR		
SUPARDIN		SUPARDIN		
Tembusan:				
ASMAN Har				
ASMAN Renev				

	PT PLN (PERSERO) WILAYAH SULSELBAR	LAPORAN GANGGUAN		Nomor : /151/TRAGI/PNK/2012
	AP2B SISTEM SULAWESI SELATAN	TRAFO 1 / 60 MVA GI. BONTOALA		Kepada Yth : MANAJER AP2B
	TRAGI PANAKKUKANG	Selasa , tgl. 12 Oktober 2012 Jam 20:15		PT PLN (PERSERO) WIL SULSELBAR
I KONDISI SISTEM SEBELUM GANGGUAN				
Beban Trafo 1 / 60 MVA		12 MW	150 KV	
II KRONOLOGIS GANGGUAN				
Jam 20:15 Incoming trafo 1/60 MVA GI Bontoala sisi 150/20 KV Trip Relay kerja sisi 20 KV : REF (Restricted Earth Fault)				
DATA GANGGUAN				
Pukul 20:17 PMT 20 KV Penyulang Plamonia di Lepas				
Pukul 20:17 PMT 20 KV Penyulang Polda di Lepas				
Pukul 20:17 PMT 20 KV Penyulang Akademis di Lepas				
III AKIBAT GANGGUAN				
Pada saat Gangguan Trafo 1 / 60 MVA GI. Bontoala Beban Penyulang dialihkan sebahagian .				
IV PEMULIHAN GANGGUAN				
Pukul 20:19 PMT Trafo 2 GIS / 60 MVA Sisi 150 / 20 KV Masuk				
Pukul 20:19 PMT 20 KV Penyulang Plamonia Masuk				
Pukul 20:19 PMT 20 KV Penyulang Polda Masuk				
Pukul 20:19 PMT 20 KV Penyulang Akademis Masuk				
V PENYEBAB GANGGUAN DAN ANALISA				
Penyebab gangguan hubung singkat antara pisau PMT incoming dengan plat pengaman PMT incoming Trafo 1.				
VI KESIMPULAN/TINDAK LANJUT				
Melakukan pemeriksaan terhadap komponen yang menimbulkan hubung singkat dan mengisolasi trafo dari menyebarnya gangguan.				
VII SARAN				
Memperhatikan pengaturan settingan pada relay proteksi agar selalu cepat dan tepat dalam memproteksi setiap gangguan yang terjadi.				
VIII PERKIRAAN PEMADAMAN				
KWH tidak tersalur sebesar = 10.60 MWH				
Ph. MANAJER TRAGI PANAKKUKANG			Makassar, 20 Oktober 2012 SUFARDIN	
SUFARDIN			SUFARDIN	
Tembusan:				
ASMAN Har				
ASMAN Renev				

	PT PLN (PERSERO) WILAYAH SULSELBAR	LAPORAN GANGGUAN		Nomor : /151/TRAGI/PNK/2013
	AP2B SISTEM SULAWESI SELATAN	TRAFO 2 / 60 MVA GIS BONTOALA		Kepada Yth : MANAJER AP2B
	TRAGI PANAKKUKANG	Selasa , tgl. 13 September 2013 Jam 04.55		PT PLN (PERSERO) WIL SULSELBAR
I KONDISI SISTEM SEBELUM GANGGUAN				
Beban Trafo 2 / 60 MVA		12 MW	150 KV	
II KRONOLOGIS GANGGUAN				
Jam 04.55 Incoming trafo 1/60 MVA GIS Bontoala sisi 150/20 KV Incoming Trafo Trip Relay kerja sisi 20 KV : OCR/EF				
DATA GANGGUAN				
Pukul 04.56 PMT 20 KV Penyulang Mattoanging di Lepas				
Pukul 04.56 PMT 20 KV Penyulang M.Raya di Lepas				
III AKIBAT GANGGUAN				
Pada saat Gangguan Trafo 2 GIS / 60 MVA GIS Bontoala Beban Penyulang dialihkan sebahagian .				
IV PEMULIHAN GANGGUAN				
Pukul 04.57 PMT Trafo 1 / 60 MVA Sisi 150 / 20 KV Masuk				
Pukul 04.58 PMT 20KV Penyulang Mattoanging Masuk				
Pukul 04.58 PMT 20KV Penyulang M.Raya Masuk				
V PENYEBAB GANGGUAN DAN ANALISA				
Penyebab gangguan short link feeder Sudirman belum dilepas sehingga terjadi hubung singkat.				
VI KESIMPULAN/TINDAK LANJUT				
Memperbaiki Short link feeder Sudirman setelah gangguan hubung singkat diputuskan oleh relay OCR/EF				
VII SARAN				
Dilakukan Pemeriksaan fisik & Function Relay di Penyulang Sudirman dengan hasil uji sesuai dengan setting dan juga sangat dibutuhkan koordinasi yang baik antara sesama pegawai PLN dalam mengontrol tenaga listrik.				
VIII PERKIRAAN PEMADAMAN				
KWH tidak tersalur sebesar		= 17,80 MWH		
Ph. MANAJER TRAGI PANAKKUKANG			Makassar, 13 September 2013 SUP. OPHAR	
SUFARDIN			SUFARDIN	
Tembusan:				
ASMAN Har				
ASMAN Renev				

	PT PLN (PERSERO) WILAYAH SULSELBAR	LAPORAN GANGGUAN TRAFO 1 / 60 MVA GI. BONTOALA Selasa , tgl. 29 November 2013 Jam 00.42	Nomor : /151/TRAGI/PNK/2013
	UPT SISTEM SULAWESI SELATAN		Kepada Yth : MANAJER UPT
	TRAGI PANAKKUKANG		PT PLN (PERSERO) WIL SULSELBAR
I KONDISI SISTEM SEBELUM GANGGUAN			
Beban Trafo 1 / 60 MVA		16,5 MW	150 KV
II KRONOLOGIS GANGGUAN			
Jam 00.42 Alarm REF nyala			
DATA GANGGUAN			
Pukul 00.45 PMT Incoming 20 KV Trafo 1 / 60 MVA di lepas			
Pukul 00.45 PMT Feeder Andalas di lepas			
Pukul 00.45 PMT Feeder Mattoangin di lepas			
III AKIBAT GANGGUAN			
Terjadi pemadaman sesaat asuhan Trafo 1 / 60 MVA GI Bontoala			
IV PEMULIHAN GANGGUAN			
Pukul 00.46 PMT Feeder Andalas Masuk (Padam sesaat, beban di Alihkan DCC)			
Pukul 00.46 PMT Feeder Mattoangin Masuk (Padam sesaat, beban di Alihkan DCC)			
V PENYEBAB GANGGUAN DAN ANALISA			
feeder JBD (Jaringan Batu Distribusi) membuat lampu alarm REF nyala sehingga PMT 20 KV trip.			
VI KESIMPULAN/TINDAK LANJUT			
VII SARAN			
Melakukan perbaikan settingan Relay dan komponen proteksi agar mampu sensitif dan membaca setiap gangguan yang terjadi bahkan melakukan penggantian komponen proteksi yang sudah tua.			
VIII PERKIRAAN PEMADAMAN			
KWH tidak tersalur sebesar = 0.1 MWH			
PH MANAJER TRAGI PANAKKUKANG		Makassar, 29 November 2013	
		SUP. OPHAR	
SUPARDIN		SUPARDIN	
Tembusan:			
ASMAN Har			
ASMAN Renev			


	PT PLN (PERSERO) WILAYAH SULSELBAR	LAPORAN GANGGUAN TRAFO 60 MVA GIS Bontoala 150 KV SENIN , tgl. 21 Desember 2015 Jam 01:12	Nomor : /151/TRAGI/PNK/2015
	UPT SISTEM SULAWESI SELATAN		Kepada Yth : MANAJER UPT
	TRAGI PANAKKUKANG		PT PLN (PERSERO) WIL SULSELBAR
I KONDISI SISTEM SEBELUM GANGGUAN			
Beban Trafo 60 MVA		12 MW , 150 KV	
II KRONOLOGIS GANGGUAN			
Jam 01:13 PMT Trafo 60 MVA Sisi 150 / 20 KV GIS Bontoala Trip			
DATA GANGGUAN			
Pukul 01:17		PMT Penyulang Masjid Raya di Lepas	
Pukul 01:17		PMT Penyulang Ahmad Yani di Lepas	
Pukul 01:17		PMT Couple 20 KV di Lepas	
III AKIBAT GANGGUAN			
Terjadi pemadaman Sesaat asuhan Trafo 60 MVA GIS Bontoala			
IV PEMULIHAN GANGGUAN			
Pukul 01:58		PMT Trafo 1 60 MVA sisi 150 KV Masuk	
Pukul 02:01		PMT Incoming 20 KV Trafo 60 MVA Masuk	
Pukul 02:03		PMT Penyulang Masjid Raya di Lepas	
Pukul 02:02		PMT Penyulang Ahmad Yani di Lepas	
Pukul 02:05		PMT Couple 20 KV di Lepas	
V PENYEBAB GANGGUAN DAN ANALISA			
PMT Trip akibat Arus putar hubungan Nol akibat gangguan Transmisi Tello - Sungguminasa			
VI KESIMPULAN/TINDAK LANJUT			
Melakukan penormalan kembali Trafo 60 MVA GIS Bontoala beserta Penyulang Asuhannya			
VII PERKIRAAN PEMADAMAN			
KWH tidak tersalur sebesar		= 9 MWH	
Pit MANAJER TRAGI PANAKKUKANG		Makassar, 21 Desember 2015 SUP. OPHAR	
MOCH MUNIP		SUFARDIN	
Tembusan: ASMAN Har ASMAN Renev			

	PT PLN (PERSERO) WILAYAH SULSELBARABAR	LAPORAN GANGGUAN		Nomor : /151/TRAGI/PNK/2015
	AP2B SISTEM SULAWESI SELATAN	TRAFO 1 / 60 MVA GI. BONTOALA		Kepada Yth : MANAJER AP2B
	TRAGI PANAKKUKANG	Selasa , tgl. 29 September 2015 Jam 23:05		PT PLN (PERSERO) WIL SULSELBARABAR
I KONDISI SISTEM SEBELUM GANGGUAN				
Beban Trafo 1 / 60 MVA		10,7 MW	150 /20, 5 KV	
II KRONOLOGIS GANGGUAN				
Jam 23:05 Incoming trafo 1/60 MVA GI Bontoala sisi 150/20 KV Trip Relay kerja sisi 20 KV : GFR				
DATA GANGGUAN				
Pukul 23:07	PMT 20 KV Penyulang Mattoanging di Lepas			
Pukul 23:08	PMT 20 KV Penyulang Andalas di Lepas			
Pukul 23:08	PMT 20 KV Penyulang J B D di Lepas			
III AKIBAT GANGGUAN				
Pada saat Gangguan Trafo 1 / 60 MVA GI. Bontoala Beban Penyulang dialihkan sebahagian .				
IV PEMULIHAN GANGGUAN				
Pukul 01:49	PMT Trafo 2 GIS / 60 MVA Sisi 150 / 20 KV Masuk			
Pukul 01:49	PMT 20KV Penyulang Mattoanging Masuk			
Pukul 01:49	PMT 20KV Penyulang Andalas Masuk			
Pukul 01:49	PMT 20KV Penyulang Andalas Masuk			
V PENYEBAB GANGGUAN DAN ANALISA				
Penyebab gangguan kabel kontrol sekunder PT yang terselubung besi terlepas dari pengikatnya yang hancur akibat penuaan menyentuh sisi Primer PT.				
VI KESIMPULAN/TINDAK LANJUT				
Mendisolasi kabel kontrol sekunder PT dan selubungnya serta mengganti pengikat.				
VII SARAN				
Melakukan pemeriksaan lebih lanjut untuk koordinasi proteksi 150 KV dan 20 KV				
VIII PERKIRAAN PEMADAMAN				
KWH tidak tersalur sebesar = 12,3 MWH				
Ph. MANAJER TRAGI PANAKKUKANG			Makassar, 30 September 2015	
SUFARDIN			SUP. OPHAR	
SUFARDIN			SUFARDIN	
Tembusan:				
ASMAN Har				
ASMAN Renev				

	PT PLN (PERSERO) WILAYAH SULSELBAR	LAPORAN GANGGUAN	Nomor : /151/TRAGI PNM/2015
	UPT SISTEM SULAWESI SELATAN	TRAFO 1 / 60 MVA GI. BONTOALA	Kepada Yth : MANAJER UPT
	TRAGI PANAKKUKANG	SABTU , tgl. 05 September 2015 Jam 12:50	PT PLN (PERSERO) WIL SULSELBAR
I KONDISI SISTEM SEBELUM GANGGUAN			
Beban Trafo 1 / 60 MVA		16,5 MW	
II KRONOLOGIS GANGGUAN			
Jam 12:50 PMT Trafo 1/60 MVA Sisi 150 KV GI Bontoala Trip Indikasi SBEP			
Jam 12:50 PMT F. Ahmad Yani Trip relay GFR			
DATA GANGGUAN			
Pukul 12:51	PMT Incoming 20 KV Trafo 1 / 60 MVA di lepas		
Pukul 12:50	PMT Feeder Andalas Trip relay UVR		
Pukul 12:50	PMT Feeder Mattoangin Trip relay UVR		
Pukul 12:50	PMT Feeder J B D Trip relay UVR		
III AKIBAT GANGGUAN			
Terjadi pemadaman sesaat asuhan Trafo 1 / 60 MVA GI Bontoala			
IV PEMULIHAN GANGGUAN			
Pukul 13:04	PMT 150 KV Trafo 2 GIS / 60 MVA GIS Bontoala Masuk		
Pukul 13:06	PMT 20 KV Inc. Trafo 1 / 60 MVA GI Bontoala Masuk		
Pukul 16:28	PMT Feeder Andalas Masuk (Padam sesaat, beban di Alihkan DCC)		
Pukul 16:26	PMT Feeder Mattoangin Masuk (Padam sesaat, beban di Alihkan DCC)		
Pukul 16:30	PMT Feeder J B D Masuk (Padam sesaat, beban di Alihkan DCC)		
Pukul 18:14	PMT Feeder Ahmad Yani Masuk (Padam sesaat, beban di Alihkan DCC)		
V PENYEBAB GANGGUAN DAN ANALISA			
Gangguan Mekanik penggerak fasa S PMT Feeder Ahmad Yani Patah mengakibatkan PMT tidak terbuka sempurna, sehingga clearance arus gangguan masih mengalir di Incoming 20 KV mengakibatkan relay bekerja tetapi tidak mentripan PMT Incoming di sebabkan Interlock PMT bermasalah sehingga di baca SBEP dan mentripan PMT Trafo sisi 150 KV.			
VI KESIMPULAN/TINDAK LANJUT			
Melakukan penggantian tabung PMT Fasa S feeder Ahmad Yani yang patah dan melakukan perbaikan pada Interlock Incoming 20 KV Trafo dan melakukan pengujian fungsi kembali hasil normal .			
VII SARAN			
Minta penggantian PMT feeder yang sudah Tua .			
VIII PERKIRAAN PEMADAMAN			
KWH tidak tersalur sebesar = 3,84 MWH			
PH MANAJER TRAGI PANAKKUKANG		Makassar, 07 September 2015 SUP. OPHAR	
SUPARDIN		SUPARDIN	
Tembusan:			
ASMAN Har			
ASMAN Renev			

	PT PLN (PERSERO) WILAYAH SULSELBARABAR	LAPORAN GANGGUAN TRAFO 1 # 60 MVA GI BONTOALA 150 KV Minggu , tgl. 19 Juni 2016 Jam 07:29	Nomor : /151/TRAGI PNM/2016
	UPT SISTEM SULAWESI SELATAN		Kepada Yth : MANAJER UPT
	TRAGI PANAKKUKANG		PT PLN (PERSERO) WIL SULSELBARABAR
I KONDISI SISTEM SEBELUM GANGGUAN			
Beban Trafo 1 # 60 MVA GI Bontoala 150 KV		12 MW / 2,8 Mvar / 150 KV	
II KRONOLOGIS GANGGUAN			
Jam 07:29 PMT Trafo 1 # 60 MVA sisi 150 / 20 KV GI Bontoala Trip			
Relay kerja : OCRG			
DATA GANGGUAN			
Pukul 07:29 PMT Penyulang Bawakaraeng Trip bersamaan Trafo Dist 1 # 60 MVA			
Pukul 07:30 PMT Penyulang Sudirman Lepas			
III AKIBAT GANGGUAN			
Terjadi pemadaman Sesaat pada Trafo 1 # 60 MVA dan Penyulang Asuhannya			
IV PEMULIHAN GANGGUAN			
Pukul 07:54 PMT 150 KV Trafo 1 # 60 MVA Masuk			
Pukul 07:59 PMT Inc 20 KV Trafo 1 # 150 MVA Masuk			
Pukul 08:00 PMT Penyulang Sudirman Masuk			
Pukul 08:11 PMT Penyulang Bawakaraeng Masuk			
V PENYEBAB GANGGUAN DAN ANALISA			
Terjadi gangguan pada Penyulang Bawakaraeng dengan indikasi OCR / GFR instant yang menyebabkan Tripnya Incoming 20 KV dan Trafo sisi 150 KV			
VI KESIMPULAN/TINDAK LANJUT			
1. Melakukan pemeriksaan dan pengujian Rele pada Penyulang Bawakaraeng serta Incom 20			
2. Menormalkan kembali Trafo 1 # 60 MVA beserta Penyulang Asuhannya			
VII SARAN			
1. Melakukan penggantian Rele dari type Static ke type Numerik pada Penyulang Bawakaraeng			
2. Melakukan kordinasi dengan Area dan APD terkait gangguan yang sifatnya Instant dan mengakibatkan Tripnya Incoming Trafo			
VIII PERKIRAAN PEMADAMAN			
KWH tidak tersalur sebesar		= 3,19 MWH	
MANAJER TRAGI PANAKKUKANG		Makassar, 20 Juni 2016	
		SUV. OPHAR	
MOCH MUNIP		SUFARDIN	
Tembusan: ASMAN Har ASMAN Renev			

	PT PLN (PERSERO) WILAYAH SULSELBAR	LAPORAN GANGGUAN TRF 60 MVA GIS.BONTOALA Kamis, tgl. 26 Januari 2017 Jam 19:33	Nomor : /151/TRAGI/PNK/2015
	UPT SISTEM SULAWESI SELATAN		Kepada Yth : MANAJER UPT
	TRAGI PANAKKUKANG		PT PLN (PERSERO) WIL SULSELBAR
I KONDISI SISTEM SEBELUM GANGGUAN			
Beban TRAF0 60 MVA = 22,9 Mw , 149 KV			
II KRONOLOGIS GANGGUAN			
Jam 19:33 PMT 150 / 20 kV Trafo Trip , Relay : SEF / SBEF			
Jam 19:33 PMT Penyulang Mattoangin Trip , Relay : GFR			
DATA GANGGUAN			
Pukul 19:33 PMT Penyulang Andalas di lepas			
Pukul 19:33 PMT Penyulang J B D di lepas			
Pukul 19:33 PMT Penyulang Mesra di lepas			
Pukul 19:33 PMT Penyulang Ahmad Yani di lepas			
III AKIBAT GANGGUAN			
Trafo Dist 60 MVA Gis Bontoala Hilang Tegangan			
IV PEMULIHAN GANGGUAN			
Pukul 19:40 PMT Trf 1 60 MVA sisi 150 KV Masuk			
Pukul 19:43 PMT Trf 1 60 MVA sisi 20 KV Masuk			
Pukul 20:02 PMT Penyulang Andalas Masuk			
Pukul 20:02 PMT Penyulang J B D Masuk			
Pukul 20:04 PMT Penyulang Mesra Masuk			
Pukul 20:04 PMT Penyulang Ahmad Yani Masuk			
Pukul 20:02 PMT Penyulang Mattoangin Masuk			
V PENYEBAB GANGGUAN DAN ANALISA			
Akibat PMT Penyulang Mattoangin mengalami Break Down Vaccum sehingga tahanan kontak Tinggi sebesar 500 Mikro Ohm.			
VI PERKIRAAN PEMADAMAN			
KWH tidak tersalur sebesar = 3,816 MWH			
MANAJER TRAGI PANAKKUKANG			Makassar, 27 Januari 2017
			SUP. OPHAR
MOCH. MUNIP			SUFARDIN
Tembusan:			
ASMAN Har			
ASMAN Renev			

	PT PLN (PERSERO) WILAYAH SULSELBAR	LAPORAN GANGGUAN	Nomor :
	UPT SISTEM SULAWESI SELATAN	TRF #1,60 MVA GI BONTOALA 150 KV	Kepada Yth : MANAJER UPT
	TRAGI PANAKKUKANG	Rabu , tgl. 17 Mei 2017 Jam 13:14	PT PLN (PERSERO) WIL SULSELBAR
I KONDISI SISTEM SEBELUM GANGGUAN			
Beban TRAF0 #1 60 MVA =		15,7 MW , 149.5 KV	
II KRONOLOGIS GANGGUAN			
Jam 13:14 PMT 150 / 20 kV Trafo Trip , Relay : Differential			
DATA GANGGUAN			
Pukul 13:16	PMT Penyulang Polda di lepas		
Pukul 13:16	PMT Penyulang Pelamonia di lepas		
Pukul 13:16	PMT Penyulang Akademis di lepas		
Pukul 13:42	PMT Penyulang Couple 20 KV Masuk		
III AKIBAT GANGGUAN			
Trafo Dist #1, 60 MVA GI Bontoala 150 KV Hilang Tegangan			
IV PEMULIHAN GANGGUAN			
Pukul 21:13	PMT Trf #2 GIS ,60 MVA sisi 150 KV Masuk		
Pukul 21:24	PMT Trf #2 GIS ,60 MVA Inc 150 KV Masuk		
Pukul 21:26	PMT Penyulang Couple 20 KV Lepas		
Pukul 13:43	PMT Penyulang Polda Masuk		
Pukul 13:43	PMT Penyulang Pelamonia Masuk		
Pukul 13:43	PMT Penyulang Akademis Masuk		
V PENYEBAB GANGGUAN DAN ANALISA			
Gangguan Mopping Kabel Tanah Trafo ke Incoming Fasa R			
VI PERKIRAAN PEMADAMAN			
KWH tidak tersalur sebesar		= 7,32 MWH	
MANAJER TRAGI PANAKKUKANG		Makassar, 17 Mei 2017	
MOCH. MUNIP		SUP. OPHAR	
Tembusan:		T. WISNU WARDHANA	
ASMAN Har			
ASMAN Renev			



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

Jalan Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 90245
Telepon : (0411)-585365, 585367, 585368; Faksimili : (0411)-586043
Website : <http://www.polnppg.ac.id/>
E-Mail : pnppg@polnppg.ac.id

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK

NAMA MAHASISWA : 1. MURSALIM BURHAN 2.		STB : 32115 041 STB :	
JUDUL : ANALISIS PERBANDINGAN KUANTITAS GANGGUAN DAN KINERJA SISTEM PROTEKSI TRAFU TENAGA GIS DAN GI KONVENSIONAL BANTOALA		NAMA PENGARAH PENDAMPING : 1. KURNIAWATI NAIM, S.T., M.T.	
Tanggal Persetujuan Judul :			
Pengarah Pendamping			
No.	Tanggal	Catatan/Komentar	Tanda Tangan
1	2	3	4
1	4/05/2018	Tujuan Rumusan	
2	10/05/2018	Bab 2 Penulisan	
3	24/05/2018	Penulisan Bab 2	
4	30/05/2018	Bab 3	
5	6/06/2018	Bab 4	
6	21/06/2018	- penulisan - Hapus semua penjelasan secara teori	
7	4/07/2018	Bab 4 penulisan	
8	5/07/2018	Bab 4 penulisan	
9	10/07/2018		

Pengarah Pendamping

NIP Kurniawati Naim, S.T., M.T.
19820715 201012 2 003



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

Jalan Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalate, Makassar 90245
Telepon : (0411) 585305, 585307, 585308, Faksimili : (0411) 580043
Website : <http://www.pnug.ac.id>
E-Mail : pnug@pnug.ac.id

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK

NAMA MAHASISWA		1. MURSALEM BURHAN	STB : 32115091
		2.	STB :
JUDUL		ANALISIS PERBANDINGAN KUANTITAS GANGGUAN DAN KINERJA SISTEM PROTEKSI TENAGA GI DAN GI KONVENSIONAL BONTOLA	NAMA PENGARAH PENDAMPING AHMAD ROSYID IDRIS, ST, MT
Tanggal Penulisan Judul			
Pangarah Pendamping			
No.	Tanggal	Catatan/Komentar	Tanda Tangan
1	2	3	4
1	04/05/2018	BAG 1	
2	10/05/2018	1. Akhiran Penulisan	
3	24/05/2018	Perbaiki Bab 3	
4	6/06/2018	Revisi Bab 3 (Penulisan)	
5	21/06/2018	Perbaiki Bab 4	
6	5/07/2018	Revisi Kesimpulan dan Siran	
7	18/07/2018	ACC	

Pengarah Pendamping

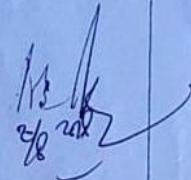
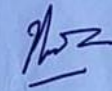
Ahmad Rosyid Idris, ST, MT
NIP 198609042015041001

LAMPIRAN BERITA ACARA PELAKSANAAN
UJIAN SIDANG LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : MURSAHIM BURHAN

NIM : 32115041

Catatan/Daftar Revisi Penguji:

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
	Adjiss	Hal. 66 - Abstrak - Best journaly :	
	ARIZAL S	Penulisan	

Makassar,
Sekretaris Penguji



AHMAD RIZAL S, Ph.D
NIP.

Catatan: Jika ada perubahan Judul Tugas Akhir konfirmasi secepatnya ke bagian Akademik.