



**FREKUENSI GANGGUAN TERHADAP KINERJA
SISTEM PROTEKSI DI GARDU INDUK 150 KV JEPARA**

SKRIPSI

Diajukan dalam rangka menyelesaikan Studi Strata 1
Untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan

Oleh

Tofan Aryanto
5301406024

**PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2013**

ABSTRAK

Tofan Aryanto. 2013. *Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi di Gardu Induk 150 KV Jepara*. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang. Drs. Sutarno, M.T dan Drs. Said Sunardiyo, M.T.

PT PLN (Persero) P3B JB APP Semarang, Gardu Induk 150 KV Jepara merupakan pusat pengatur kebutuhan beban tenaga listrik dan berfungsi sebagai pusat pengamanan peralatan-peralatan sistem tenaga listrik dan sebagai pusat proses penormalan terhadap gangguan-gangguan yang ada di wilayah Jepara. Sistem penyaluran tenaga listrik tersebut tidak menutup kemungkinan terjadi gangguan, terutama gangguan yang disebabkan oleh alam. Adanya gangguan yang tidak dapat diprediksi maka diperlukan suatu peralatan pengaman (sistem proteksi) yang tepat dan dapat diandalkan agar mampu meningkatkan penyaluran tenaga listrik ke beban (konsumen).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuantitas gangguan dan keandalan sistem proteksi area trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara dari tahun 2007 sampai 2012. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi ilmiah sebagai bahan pertimbangan untuk menyikapi kuantitas gangguan dan kinerja sistem proteksi area trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara.

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif kualitatif yang sifatnya eksploratif untuk mengetahui pengaruh gangguan terhadap kinerja sistem proteksi area trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara dari tahun 2007 sampai 2012.

Hasil penelitian diketahui, persentase gangguan yang mempengaruhi sistem proteksi area trafo tenaga 1 di Gardu Induk 150 KV Jepara adalah gangguan nonteknis sebesar 50% dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya sebesar 50%. Sistem proteksi area trafo tenaga 1 di Gardu Induk 150 KV Jepara memiliki persentase keandalan rele sebesar 91,67%. Persentase gangguan yang mempengaruhi sistem proteksi area trafo tenaga 2 di Gardu Induk 150 KV Jepara adalah gangguan teknis sebesar 50% dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya sebesar 50%. Sistem proteksi area trafo tenaga 2 di Gardu Induk 150 KV Jepara memiliki persentase keandalan rele sebesar 91,67%.

Berdasarkan hasil penelitian, gangguan yang sering mempengaruhi sistem proteksi area trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara dari tahun 2007 sampai 2012 adalah gangguan nonteknis dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya, yang mengakibatkan *Short Circuit Feeder* (SCF) pada Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) tertimpa pohon. Sistem proteksi area trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara dari tahun 2007 sampai 2012 memiliki keandalan dengan predikat cukup baik dalam mengatasi kuantitas gangguan.

Kata Kunci : Gangguan Gardu Induk, Sistem Proteksi Gardu Induk, dan PLN

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis dirujuk dalam skripsi ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, September 2013

Tofan Aryanto
NIM : 5301406024

HALAMAN PERSETUJUAN

Dengan ini menerangkan skripsi dengan judul “Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi di Gardu Induk 150 KV Jepara”, telah diajukan kepada Panitia Ujian Skripsi Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang yang diselenggarakan pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 28 Agustus 2013

Mengetahui,
Pembimbing I,

Pembimbing II.

Drs. Sutarno, M.T.
NIP. 19551005 198403 1 001

Drs. Said Sunardiyo, M.T.
NIP. 19650512 199103 1 003

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

Drs. Muhammad Harlanu, M.Pd.
NIP. 19660215 199102 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang yang diselenggarakan pada tanggal 28 Agustus 2013.

Panitia,

Ketua

Sekretaris

Drs. Suryono, M.T.

NIP. 19550316 198503 1 001

Drs. Agus Suryanto, M.T.

NIP. 19670818 199203 1 004

Penguji,

Penguji I

Drs. Agus Murnomo, M.T.

NIP. 19550606 198603 1 002

Penguji III/ Pembimbing II

Penguji II/ Pembimbing I

Drs. Sutarno, M.T.

NIP. 19551005 198403 1 001

Drs. Said Sunardiyo, M.T.

NIP. 19650512 199103 1 003

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

Drs. Muhammad Harlanu, M.Pd.

NIP. 19660215 199102 1 001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Peluang ada disekitar kita namun untuk mendapatkan kesuksesan tersebut dibutuhkan langkah-langkah untuk menuju kesempurnaan, karena dengan kesempurnaan kita dapat menguasai dan menggapai kesuksesan”.

PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan Kepada Yth. :

1. Bapak, Ibu, adik- adik, dan saudara-saudariku yang memberikan dukungan serta semangatnya.
2. Teman- teman di Semarang yang sudah banyak membantu.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmatnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi di Gardu Induk 150 KV Jepara*”.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini, penulis mendapat banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih Kepada Yth. :

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Drs. M. Harlanu, M.Pd. Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Drs. Suryono, M.T. Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
4. Drs. Sutarno, M.T. dosen pembimbing utama yang banyak memberi petunjuk, bimbingan dan motivasi dalam penulisan skripsi.
5. Drs. Said Sunardiyo, M.T. dosen pembimbing pendamping yang banyak memberi petunjuk, bimbingan dan motivasi dalam penulisan skripsi.
6. Bapak Murtoyo Supervisor P3JB APP Semarang Gardu Induk 150 KV Jepara.

7. Keluarga besar dan teman-teman penulis yang telah memeberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi.
8. Berbagai pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah SWT senantiasa memberukan rahmat, hidayah, dan pahala yang setimpal atas kebaikan yang telah diberikan selama ini.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca, amin.

Semarang, September 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Pembatasan Masalah.....	3
D. Penegasan Istilah	3
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	4
G. Sistematika Penulisan Laporan Skripsi.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	
A. Pengertian Umum Gardu Induk.....	7
B. Jenis dan Fungsi Gardu Induk	8
1. Berdasarkan besaran tegangannya	8
2. Berdasarkan pemasangan peralatan	8
3. Berdasarkan isolasi yang digunakan	10
4. Berdasarkan fungsinya	10
C. Komponen Utama Gardu Induk	11
D. Persyaratan sistem proteksi	26

E. Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik	30
1. Faktor-faktor penyebab gangguan.....	30
2. Jenis Gangguan	30
F. Proteksi Trafo Tenaga Pada Gardu Induk.....	34
1. Gangguan pada trafo tenaga	35
2. Fungsi proteksi trafo tenaga terhadap gangguan.....	38
3. Pola proteksi trafo tenaga berdasarkan SPLN 52-1	39
4. Proteksi utama trafo tenaga.....	39
5. Proteksi cadangan trafo tenaga	43
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Tempat dan Waktu Penelitian	50
B. Populasi dan Sampel Penelitian.....	50
C. Variabel Penelitian.....	51
D. Metode Pengumpulan Data	51
E. Instrumen Penelitian	52
F. Metode Analisis Data.....	53
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian.....	55
B. Pembahasan	60
BAB VPENUTUP	
A. Kesimpulan.....	68
B. Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	70

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1. Kebutuhan Fungsi Rele Proteksi Terhadap Berbagai Gangguan	38
Tabel 2.2. Kriteria Sistem Proteksi Sesuai SPLN 52-1.....	39
Tabel 4.1. Gangguan pada Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga 1 Tahun 2007 Sampai 2012.....	56
Tabel 4.2 Persentase Keandalan Kinerja Rele Proteksi Pada Area Trafo Tenaga 1 Tahun 2007 Sampai 2012	57
Tabel 4.3. Gangguan pada Sistem Proteksi Trafo Area Tenaga 2 Tahun 2007 sampai 2012.....	58
Tabel 4.4. Persentase Keandalan Kinerja Rele Proteksi Pada Area Trafo Tenaga 2 Tahun 2007 sampai 2012.....	59

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Jaringan Sistem Tenaga Listrik	7
Gambar 2.2 Trafo Tenaga.....	11
Gambar 2.3 Trafo Tegangan.....	12
Gambar 2.4 Trafo Arus {Current Transformer (CT)}	14
Gambar 2.5 Sakelar Pemisah (PMS) {Disconnecting Switch (DS)}	15
Gambar 2.6 Pemutus Tenaga (PMT) {Circuit Breaker (CB)}	17
Gambar 2.6 Lightning Arrester (LA)	17
Gambar 2.7 Panel Kontrol	19
Gambar 2.8 Panel Kontrol Rele	19
Gambar 2.9 Baterai	20
Gambar 2.10 Cubicle	21
Gambar 2.11 Rel Daya (Busbar).....	21
Gambar 2.12 Sistem Cincin (Ring).....	22
Gambar 2.13 Sistem Busbar Tunggal (Single Busbar)	22
Gambar 2.14 Sistem Busbar Ganda (Double Busbar)	23
Gambar 2.15 Sistem Busbar Satu Setengah (One Half Busbar).....	23
Gambar 2.16 Netral Ground Resistant (NGR)	24
Gambar 2.17 Diagram Sistem Proteksi Terhadap Gangguan.....	26
Gambar 2.18 Contoh Gangguan	28

Gambar 2.19	Peralatan Sistem Proteksi Trafo Tenaga 150/20 KV	35
Gambar 2.20	Wiring Sistem Proteksi Trafo Tenaga 150/ 20 KV.....	40
Gambar 2.21	Prinsip Kerja Rele Differensial.....	41
Gambar 2.22	Wiring Rele Diferensial Vektor Group Trafo Tenaga	41
Gambar 2.23	Karakteristik Kerja Rele Differensial.....	42
Gambar 2.24	Rangkaian Arus Rele REF Saat Terjadi Gangguan External	43
Gambar 2.25	Kurva/ Karakteristik Rele OCR.....	44
Gambar 2.26	Kurva/ Karakteristik Rele GFR	46
Gambar 2.27	Karakteristik Waktu UVR dan OVR Adalah Inverse	49
Gambar 4.1	Grafik Persentase Gangguan pada Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga 1 Tahun 2007 sampai 2012.....	56
Gambar 4.2	Grafik Persentase Kinerja Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga 1 Tahun 2007 sampai 2012	57
Gambar 4.3	Grafik Persentase Gangguan pada Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga 2 Tahun 2007 sampai 2012.....	58
Gambar 4.4	Grafik Persentase Kinerja Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga 2 Tahun 2007 sampai 2012	59

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Gambar Singel Line Gardu Induk 150 KV Jepara.....	71
Lampiran 2. Tabel Data Peralatan Gardu Induk 150 KV Jepara.....	72
Lampiran 3. Tabel Setting Rele Transformator Tenaga 1 Gardu Induk 150 KV Jepara.....	76
Lampiran 4. Tabel Setting Rele Transformator Tenaga 2 Gardu Induk 150 KV Jepara.....	77
Lampiran 5. Tabel Data Gangguan Trafo Tenaga 1 Gardu Induk 150 KV Jepara.....	78
Lampiran 6. Tabel Data Gangguan Trafo Tenaga 2 Gardu Induk 150 KV Jepara.....	79
Lampiran 7. Gambar Penelitian di Gardu Induk 150 KV Jepara.....	80
Lampiran 8. Surat Pengantar Penelitian.....	81
Lampiran 9. Surat Permohonan Izin Penelitian.....	82

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

PT PLN (Persero) P3B JB APP Semarang, Gardu Induk 150 KV Jepara merupakan pusat pengatur kebutuhan beban tenaga listrik dan sebagai pusat pengamanan peralatan-peralatan sistem tenaga listrik juga sebagai pusat proses penormalan terhadap gangguan-gangguan yang ada di wilayah Jepara. Tenaga listrik tersebut ditransformasikan oleh dua buah trafo tenaga yang disuplai oleh empat tower (Bay Tanjung Jati I, Bay Tanjung Jati II, Bay Kudus I, dan Bay Kudus II) dan menggunakan sistem busbar ganda sebagai titik pertemuan antara trafo tenaga dengan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 KV.

Sistem penyaluran tenaga listrik tersebut tidak menutup kemungkinan 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 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 kuantitas gangguan dan kinerja sistem proteksi terhadap gangguan-gangguan yang terjadi di Gardu Induk 150 KV Jepara, maka penelitian akan disusun dalam sebuah skripsi dengan judul “FREKUENSI GANGGUAN TERHADAP KINERJA SISTEM PROTEKSI DI GARDU INDUK 150 KV JEPARA”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, agar mutu keandalan proteksi dapat ditingkatkan, maka permasalahan yang dapat diambil adalah :

1. Berapa kuantitas gangguan yang terjadi di Gardu Induk 150 KV Jepara dari tahun 2007 sampai 2012 ?

2. Bagaimana kerja sistem proteksi terhadap kuantitas gangguan yang terjadi di Gardu Induk 150 KV Jepara dari tahun 2007 sampai 2012 ?

C. Pembatasan Masalah

Untuk mengetahui gangguan dan kinerja alat pelindung yang digunakan dalam sistem proteksi di Gardu Induk 150 KV Jepara, maka permasalahan penelitian ini dapat dibatasi pada :

1. Jenis gangguan yang mempengaruhi kerja sistem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara dari tahun 2007 sampai 2012.
2. Sistem proteksi pada trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara terhadap gangguan dari tahun 2007 sampai 2012.

D. Penegasan Istilah

Untuk mengetahui batasan akan ruang lingkup judul agar dapat dipahami serta memberikan gambaran yang jelas kepada para pembaca dari masalah yang akan dikaji, istilah-istilah yang perlu di tegaskan dalam arti judul skripsi tersebut adalah :

1. Frekuensi

Frekuensi adalah ukuran jumlah yang diulang per peristiwa dalam satuan waktu yang diberikan.

2. Gangguan

Gangguan adalah kejadian yang tidak direncanakan atau kerusakan pada peralatan gardu induk, yang dapat mengakibatkan satu kegagalan atau lebih, baik peralatan itu sendiri, ataupun pada perlengkapan yang berhubungan dengan peralatan itu.

3. Sistem Proteksi

Sistem proteksi adalah peralatan pengaman yang berfungsi 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.

4. Gardu Induk 150 KV Jepara

Gardu Induk 150 KV Jepara adalah bagian dari suatu sistem tenaga yang dipusatkan pada suatu tempat berisi saluran transmisi atau distribusi, perlengkapan hubung bagi, trafo, peralatan pengaman, peralatan kontrol, dan merupakan komponen utama dalam suatu proses penyaluran tenaga listrik 150 KV dari pembangkit ke beban (konsumen) di wilayah Jepara.

E. **Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuantitas gangguan dan keandalan kinerja sistem proteksi area trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara, sehingga dapat dijadikan referensi maupun pertimbangan dalam melakukan pemeliharaan dan investigasi gangguan pada sistem proteksi jika terjadi gangguan yang sama.

F. **Manfaat Penelitian**

Dengan adanya hasil penelitian pada sistem proteksi trafo tenaga GI 150 KV Jepara ini diharapkan dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk memberikan informasi ilmiah sebagai bahan pertimbangan dalam menyikapi kuantitas gangguan dan kinerja sistem proteksi area trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara.

G. **Sistematika Penulisan Laporan Skripsi**

Sistematika skripsi ini memberikan gambaran secara besar dalam penyusunan skripsi, adapun penyusunan skripsi ini terdiri dari tiga bagian, yaitu :

1. Bagian Pendahuluan

Bagian pendahuluan skripsi ini berisi halaman judul, abstrak, halaman pengesahan, motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar lampiran, daftar tabel, dan daftar gambar.

2. Bagian Isi Skripsi :

a. BAB I : PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Pembatasan Masalah, Penegasan Istilah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, dan Sistematika Penulisan Laporan Skripsi;

b. BAB II : LANDASAN TEORI

Sebagai penunjang dalam penelitian memberikan penjelasan tentang Pengertian Umum Gardu Induk, Jenis dan Fungsi Gardu Induk, Komponen Utama Gardu Induk, Persyaratan Sistem Proteksi, Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik, dan Proteksi Trafo Tenaga Pada Gardu Induk.

c. BAB III : METODE PENELITIAN

Menjelaskan tentang Tempat dan Waktu Penelitian, Populasi dan Sampel Penelitian, Variabel Penelitian Metode Pengumpulan Data, Instrumen Penelitian, dan Metode Analisis Data.

d. BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN;

Menjelaskan tentang penyajian analisis data yaitu deskripsi data dan analisis penelitian.

e. BAB V : PENUTUP.

Memberikan penjelasan tentang Kesimpulan dan Saran dari hasil penelitian.

3. Bagian Akhir Skripsi

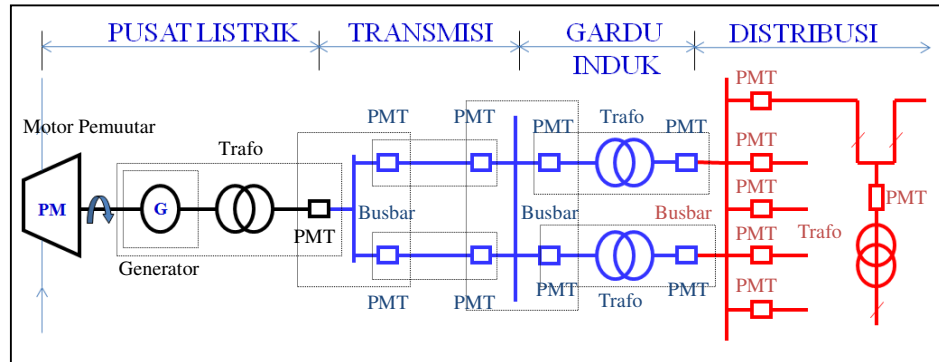
a. Daftar pustaka

Lampiran-lampiran yang berhubungan dengan hasil-hasil penelitian.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Pengertian Umum Gardu Induk



Gambar 2.1. Jaringan Sistem Tenaga Listrik.

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.

Gardu induk adalah bagian dari suatu sistem tenaga yang dipusatkan pada suatu tempat berisi saluran transmisi atau distribusi, perlengkapan hubung bagi, trafo, 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 pengaman dari sistem tenaga listrik.

B. 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 dengan GI mempunyai banyak kesamaan. Perbedaan mendasar adalah pada GITET trafo daya yang digunakan berupa 3 buah transformator 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. Gardu Induk semacam ini biasa disebut *Gas Insulated Substation (GIS)*. 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. 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 tidak dijadikan sebagai gardu utama melainkan sebagai gardu induk cadangan (sebagai penghubung yang dapat berpindah-pindah).

3. Berdasarkan Isolasi yang digunakan

a. Gardu Induk Isolasi Udara (*Konvensional*).

GIIU 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 Switchgear*).

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

4. Berdasarkan Fungsinya

a. Pengaturan pelayanan beban ke gardu induk- gardu induk lain melalui tegangan tinggi dan ke gardu distribusi, setelah melalui proses penurunan tegangan melalui penyulang-penyulang (*feeder*) tegangan menengah yang ada di gardu induk.

b. Merubah daya listrik :

- 1) Tegangan ekstra tinggi ke tegangan tinggi (500 KV/ 150 KV).
- 2) Tegangan tinggi ke tegangan yang lebih rendah (150 KV/ 70 KV).
- 3) Tegangan tinggi ke tegangan menengah (150 KV/ 20 KV, 70 KV/ 20 KV).
- 4) Dengan frekuensi tetap (di Indonesia 50 Hertz).

c. Untuk pengukuran, pengawasan operasi serta pengamanan dari sistem tenaga listrik.

d. Untuk sarana telekomunikasi (pada umumnya untuk *internal* PLN), yang kita kenal dengan istilah SCADA.

C. Komponen Utama Gardu Induk

Gardu induk dilengkapi komponen utama sebagai fasilitas yang diperlukan sesuai dengan tujuannya serta mempunyai fasilitas untuk operasi dan pemeliharaan, 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).



Gambar 2.2. 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 Trafo (VT)* atau *Potential Trafo (PT)*}.



Gambar 2.3. Trafo Tegangan.

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.

1) Fungsi trafo tegangan (*potensial transformer*) :

- a) Memperkecil besaran tegangan pada sistem tenaga listrik menjadi besaran tegangan untuk sistem pengukuran atau proteksi.
- b) Mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer.
- c) Memungkinkan standarisasi rating tegangan untuk peralatan sisi sekunder.

2) Penggunaan atau pemakaian tegangan sekunder *potensial transformer* antara lain:

a) Matering atau pengukuran :

(1)KV meter, MW meter, MVar meter, dan KWH meter.

b) Proteksi atau pengaman :

(1)Rele jarak (*distance relay*).

(2)Rele sinkron (*synchron relay*).

(3)Rele berarah (*directional relay*).

(4)Rele frekuensi (*frequency relay*).

(5)Rele tegangan (*voltage relay*).

3) 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.

4) Klasifikasi trafo tegangan menurut tipe konstruksinya yaitu :

a) Trafo tegangan 1 fasa dan 3 fasa.

b) Trafo tegangan induktif (*inductive voltage transformer* atau *electromagnetic voltage transformer*) yang terdiri dari lilitan primer dan lilitan sekunder, dan tegangan pada lilitan primer akan menginduksikannya ke lilitan sekunder.

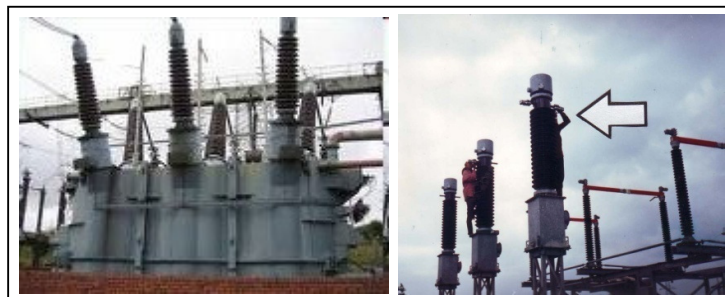
c) Trafo tegangan kapasitif (*capacitor voltage transformer*) terdiri dari rangkaian kondensator yang berfungsi sebagai pembagi tegangan pada sisi tegangan tinggi dari trafo pada tegangan menengah yang menginduksikan tegangan ke lilitan sekunder.

b. Trafo Arus { *Current Transformer (CT)* }.

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

Menurut tipe konstruksinya :

- 1) Tipe Cincin (*ring/ window tipe*).
- 2) Tipe Tangki Minyak.
- 3) Tipe cor- coran cast resin (*mounded cast resin tipe*).



Gambar 2.4. Trafo Arus { *Current Transformer (CT)* }.

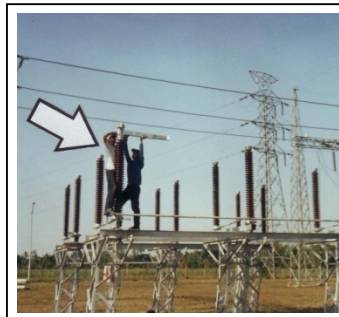
c. Trafo Bantu (*Auxilliary Trafo*).

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. Juga diperlukan 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. Sakelar Pemisah (PMS) {*Disconnecting Switch (DS)*}



Gambar 2.5. Sakelar Pemisah (PMS) {*Disconnecting Switch (DS)*}.

Sakelar 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 pemasangan dalam dan pemasangan luar. 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.

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

b. Pemisah tanah.

Berfungsi sebagai pengamanan peralatan dari sisa tegangan yang timbul sesudah SUTT / SUTM diputuskan.

4. Pemutus Tenaga (PMT) { *Circuit Breaker (CB)* }

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 dilakukan 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.



Gambar 2.6. Pemutus Tenaga (PMT) { *Circuit Breaker (CB)* }.

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.



Gambar 2.6. *Lightning Arrester (LA)*.

6. Panel Kontrol

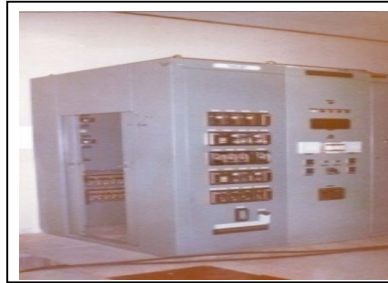
Jenis-jenis panel kontrol yang ada dalam suatu gardu induk terdiri dari panel kontrol utama, panel relay.

a. Panel kontrol utama;

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

- 1) 400 V AC *fault*.
- 2) 24 V DC *charger*.
- 3) 110 V DC *charger*.
- 4) *Low pressure*.
- 5) *Distance protective trip*.
- 6) *Isolating switch on load control*.
- 7) *Auto recloser*.
- 8) *PLC equipment fault*.
- 9) *Breaker failure protection trip*.
- 10) *Motor over run*.
- 11) 150 KV *apparatus motor fault*.
- 12) *Busbar protection fault*.
- 13) *Busbar VT secondary MCB fault*.
- 14) *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.



Gambar 2.7. 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.



Gambar 2.8. Panel Kontrol Rele.

7. Baterai



Gambar 2.9. 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. Bentuk fisik baterai yang digunakan pada gardu induk menurut bahan elektrolit yang digunakan maka baterai dapat dibedakan atas dua, yaitu:

- a. Baterai timah hitam (*lead acid storage battery*) yang bahan elektrolitnya larutan asam belerang. Baterai timah hitam ada dua macam yaitu :
 - 1) *Lead-antimony*.
 - 2) *Lead-calcium*.
- b. Baterai alkali (*alkali storage battery*) yang bahan elektrolitnya larutan alkali (*potassium hydroxide*). Baterai alkali ada dua macam yaitu :
 - 1) *Nickel-iron-alkaline storage battery (NI-Fe battery)*.
 - 2) *Nickel-cadmium battery (Ni-Cd battery)*.

8. *Cubicle*



Gambar 2.10. *Cubicle*.

Cubicle adalah sistem *switchgear* 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.

9. Rel Daya (*Busbar*)

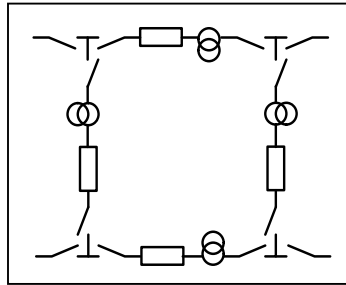


Gambar 2.11.. Rel Daya (*Busbar*).

Rel daya adalah titik pertemuan trafo-trafo tenaga, SUTT, SKTT dan peralatan listrik lainnya untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik/ daya listrik. Berdasarkan sistem rel (*busbar*), gardu induk dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

a. Gardu induk dengan sistem *ring busbar*.

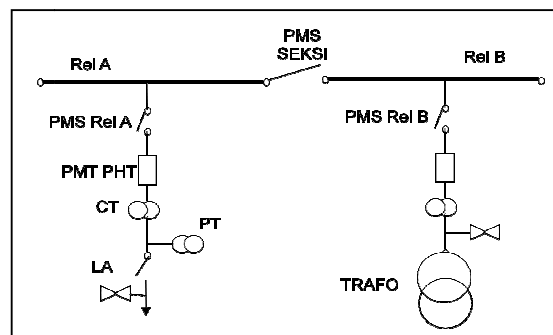
Sistem *ring busbar* adalah gardu induk yang busbarnya berbentuk ring yaitu semua rel/ busbar yang ada tersambung satu sama lain dan membentuk *ring/ cincin*.



Gambar 2.12. Sistem Cincin (*Ring*).

b. Gardu induk dengan *busbar tunggal (single busbar)*.

Busbar tunggal adalah gardu induk yang semua peralatannya dihubungkan hanya pada satu / *single busbar* dan umumnya gardu dengan sistem ini terdapat pada gardu induk diujung atau akhir dari suatu transmisi.

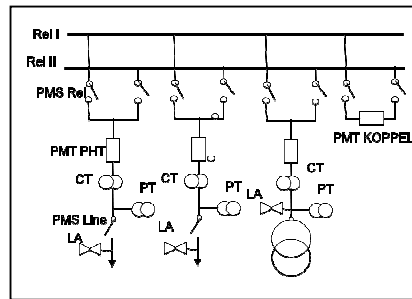


Gambar 2.13. Sistem *Busbar Tunggal (Single Busbar)*.

c. Gardu induk dengan busbar ganda (*double busbar*).

Busbar ganda adalah gardu induk yang memiliki dua *double busbar*.

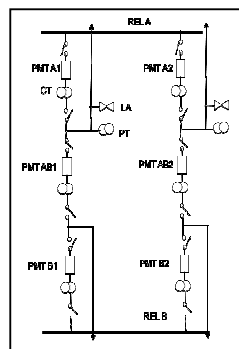
Sistem ini sangat umum, hampir semua gardu induk menggunakan sistem ini karena sangat efektif untuk mengurangi pemadaman beban pada saat melakukan perubahan sistem (*maneuver system*).



Gambar 2.14. Sistem Busbar Ganda (*Double Busbar*).

d. Gardu induk dengan satu setengah (*one half busbar*).

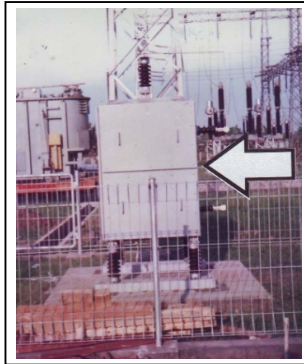
One half busbar Adalah gardu induk yang mempunyai dua *double busbar* . Gardu induk pembangkitan dan gardu induk yang sangat besar menggunakan sistem ini karena sangat efektif dalam segi operasional dan dapat mengurangi pemadaman beban pada saat melakukan perubahan sistem (*maneuver system*). Sistem ini menggunakan 3 buah PMT didalam satu diagonal yang terpasang secara seri.



Gambar 2.15. Sistem Busbar Satu Setengah (*One Half 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 (*solidly*) 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.



Gambar 2.16. *Netral Ground Resistant* (NGR).

Sakelar 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).

11. Kompensator

Kompensator didalam sistem penyaluran tenaga listrik disebut pula alat pengubah fasa yang dipakai untuk mengatur jatuh tegangan pada saluran transmisi atau trafo, dengan mengatur daya reaktif atau dapat pula dipakai untuk

menurunkan rugi daya dengan memperbaiki faktor daya. Alat tersebut ada yang berputar dan ada yang stationer, yang berputar adalah kondensator sinkron dan kondensator asinkron, sedangkan yang stationer adalah kondensator statis atau kapasitor shunt dan reaktor shunt.

12. Rele Proteksi dan Papan Alarm (*Annunciator*).

Rele proteksi adalah alat yang bekerja secara otomatis untuk mengamankan suatu peralatan listrik saat terjadi gangguan, menghindari atau mengurangi terjadinya kerusakan peralatan akibat gangguan dan membatasi daerah yang terganggu sekecil mungkin. Kesemua manfaat tersebut akan memberikan pelayanan penyaluran tenaga listrik dengan mutu dan keandalan yang tinggi. Sedangkan papan alarm (*annunciator*) adalah sederetan nama-nama jenis gangguan yang dilengkapi dengan lampu dan suara sirine pada saat terjadi gangguan, sehingga memudahkan petugas untuk mengetahui rele proteksi yang bekerja dan jenis gangguan yang terjadi.

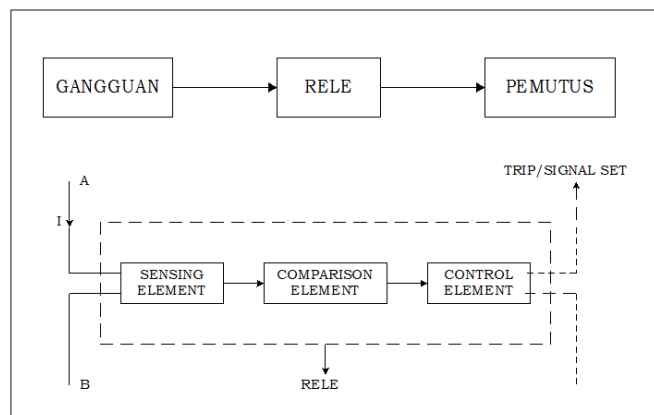
13. Peralatan SCADA dan Telekomunikasi;

Data yang diterima SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) *interface* dari berbagai masukan (sensor, alat ukur, rele, dan lain lain) baik berupa *data digital* dan *data analog* dan dirubah dalam bentuk data frekuensi tinggi (50 kHz sampai dengan 500 kHz) yang kemudian ditransmisikan bersama tenaga listrik tegangan tinggi. Data frekuensi tinggi yang dikirimkan tidak bersifat kontinyu tetapi secara paket per satuan waktu. Dengan kata lain berfungsi sebagai sarana komunikasi suara dan komunikasi data serta tele proteksi dengan memanfaatkan penghantarnya dan bukan tegangan yang

terdapat pada penghantar tersebut. Oleh sebab itu bila penghantar tak bertegangan maka *Power Line Carrier* (PLC) akan tetap berfungsi asalkan penghantar tersebut tidak terputus. Dengan demikian diperlukan peralatan yang berfungsi memasukkan dan mengeluarkan sinyal informasi dari energi listrik di ujung-ujung penghantar.

D. 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 pengaruh-pengaruhnya, 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.



Gambar 2.17. 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 :

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

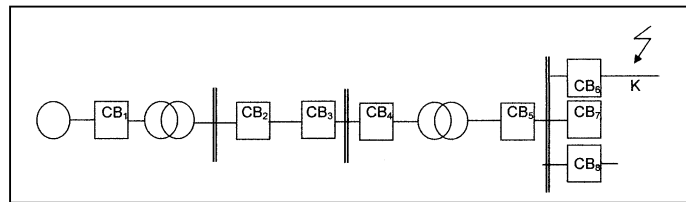
Keterangan :

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

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. Ataupun membedakan apakah kondisi abnormal tersebut terjadi di dalam atau di luar daerah proteksinya. Dengan demikian, segala tindakannya akan tepat dan akibatnya gangguan dapat dieliminir menjadi sekecil mungkin.



Gambar 2.18. Contoh Gangguan.

Dalam sistem tenaga listrik seperti gambar di atas, 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 90-99 %. 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.

Misal, dalam satu tahun terjadi gangguan sebanyak 25 kali dan rele dapat bekerja dengan sempurna sebanyak 23 kali, maka :

$$\text{Keandalan rele} = \frac{23}{25} \times 100\% = 92\%$$

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.

E. Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

1. Faktor-Faktor Penyebab Gangguan

Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem yang melibatkan banyak komponen dan sangat kompleks. Oleh karena itu, ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya gangguan pada sistem tenaga listrik, antara lain sebagai berikut :

a. Faktor manusia.

Faktor ini terutama menyangkut kesalahan atau kelalaian dalam memberikan perlakuan pada sistem. Misalnya salah menyambung rangkaian, keliru dalam mengkalibrasi suatu piranti pengaman, dan sebagainya.

b. Faktor *internal*.

Faktor ini menyangkut gangguan-gangguan yang berasal dari sistem itu sendiri. Misalnya usia pakai (ketuaan), keausan, dan sebagainya. Hal ini bias mengurangi sensitivitas rele pengaman, juga mengurangi daya isolasi peralatan listrik lainnya.

c. Faktor *external*.

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.

2. Jenis Gangguan

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. Gangguan tegangan lebih dapat terjadi karena kondisi external dan internal pada sistem berikut ini :

1) Kondisi *internal*.

Hal ini terutama karena isolasi akibat perubahan yang mendadak dari kondisi rangkaian atau karena resonansi. Misalnya operasi hubung pada saluran tanpa beban, perubahan beban yang mendadak, operasi pelepasan pemutus tenaga yang mendadak akibat hubungan singkat pada jaringan, kegagalan isolasi, dan sebagainya.

2) Kondisi *external*.

Kondisi *external* terutama akibat adanya sambaran petir. Petir terjadi disebabkan oleh terkumpulnya muatan listrik, yang mengakibatkan bertemunya muatan positif dan negatif. Pertemuan ini berakibat terjadinya beda tegangan antara awan bermuatan positif dengan muatan negatif, atau awan bermuatan positif atau negatif dengan tanah. Bila beda tegangan ini cukup tinggi maka akan terjadi loncatan muatan listrik dari awan ke awan atau dari awan ke tanah.

Jika ada menara (tiang) listrik yang cukup tinggi maka awan bermuatan yang menuju ke bumi ada kemungkinan akan menyambar menara atau kawat tanah dari saluran transmisi dan mengalir ke tanah melalui menara- dan tahanan pentanahan menara. Bila arus petir ini besar, sedangkan tahanan tanah menara kurang baik maka akan timbul tegangan tinggi pada

menaranya. Keadaan ini akan berakibat dapat terjadinya loncatan muatan dari menara ke penghantar fasa. Pada penghantar fasa ini akan terjadi tegangan tinggi dan gelombang tegangan tinggi petir yang sering disebut surja petir. Surja petir ini akan merambat atau mengalir menuju ke peralatan yang ada di gardu induk.

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 :

- 1) satu fasa dengan tanah.
- 2) fasa dengan fasa.
- 3) 2 fasa dengan tanah.
- 4) Fasa dengan fasa dan pada waktu bersamaan dari fasa ke 3 dengan tanah.
- 5) 3 fasa dengan tanah.
- 6) 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 (*symmetrical short-circuit*). Perhitungan arus hubung singkat sangat penting untuk menentukan kemampuan pemutus tenaga dan untuk koordinasi pemasangan rele pengaman.

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.

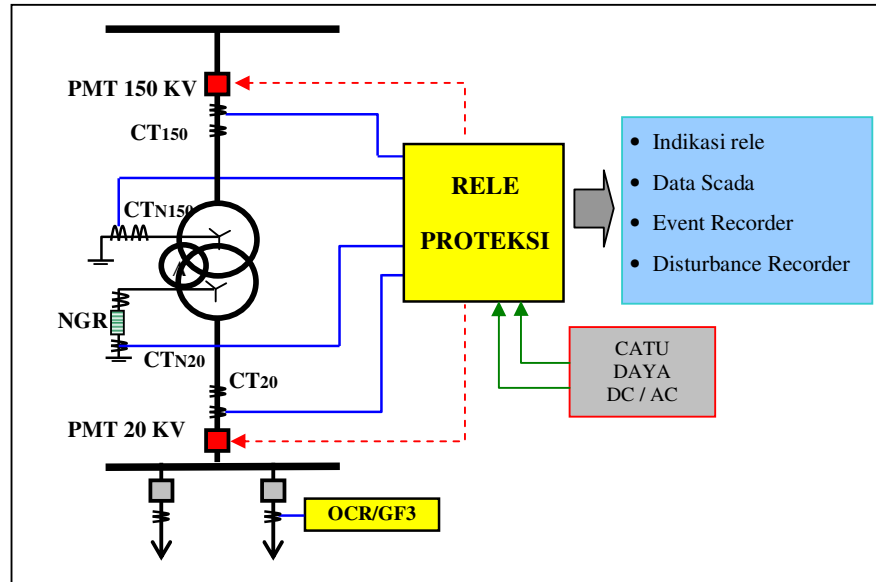
d. Daya Balik (*Reserve Power*).

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 (*reserve power relay*).

F. 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.



Gambar 2.19. Peralatan Sistem Proteksi Trafo Tenaga 150/20 KV.

1. Gangguan Pada Trafo Tenaga:

a. Gangguan *Internal*.

Gangguan yang terjadi di daerah proteksi trafo, baik didalam trafo maupun diluar trafo sebatas lokasi CT.

1) 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.

2) 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 :

1) *Overheating*.

Penyebab *Over heating* adalah sebagai berikut :

- (a) Ketidaksempurnaan sambungan baik elektrik maupun *magnetic*;
- (b) Kebocoran minyak;
- (c) Aliran sistem pendingin tersumbat;
- (d) Kegagalan kipas atau pompa sistem pendingin.

2) *Overfluxing*.

Penyebab *over fluxing* adalah sebagai berikut :

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

3) *Over pressure*.

Penyebab *Over pressure* adalah sebagai berikut :

- (a) Pelepasan gas akibat *over heating*.

(b)Hubung singkat belitan-belitan sefasa.

(c)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 :

(1)Hubung singkat fasa-fasa atau fasa dengan ground.

(2)Hubung singkat antar lilitan sefasa (*intern turn*).

(3)*Core fault*.

(4)*Tank faults*.

(5)*Bushing flashovers*.

b. 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 :

1) Pembebanan lebih { *Over load (OL)* }.

2) *Over voltage (OV)* akibat surja hubung atau surja petir.

3) *Under* atau *over frequency (OF)* akibat gangguan sistem.

4) *External system short circuit (SC)*.

5) 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. Fungsi Proteksi Trafo Tenaga Terhadap Gangguan

Untuk memperoleh efektifitas dan efisien dalam 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 dibawah ini :

No	Jenis gangguan	Proteksi		Akibat
		Utama	Back Up	
1	Hubung singkat di trafo daerah pengaman trafo	- Differensial - REF - Bucholz - Tek. lebih	- OCR - GFR	- Kerusakan pada isolasi atau inti - Tangki mengembang
2	Hubung singkat diluar daerah pengaman trafo	- OCR - GFR - SBEF	- 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	- Jansen - Tek. lebih	-	- Kerusakan OLTC
6	Tegangan lebih	- OVR - LA	-	- Kerusakan isolasi

Tabel 2. 1. Kebutuhan Fungsi Rele Proteksi Terhadap Berbagai Gangguan.

3. Pola Proteksi Trafo Tenaga Berdasarkan SPLN 52-1

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

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

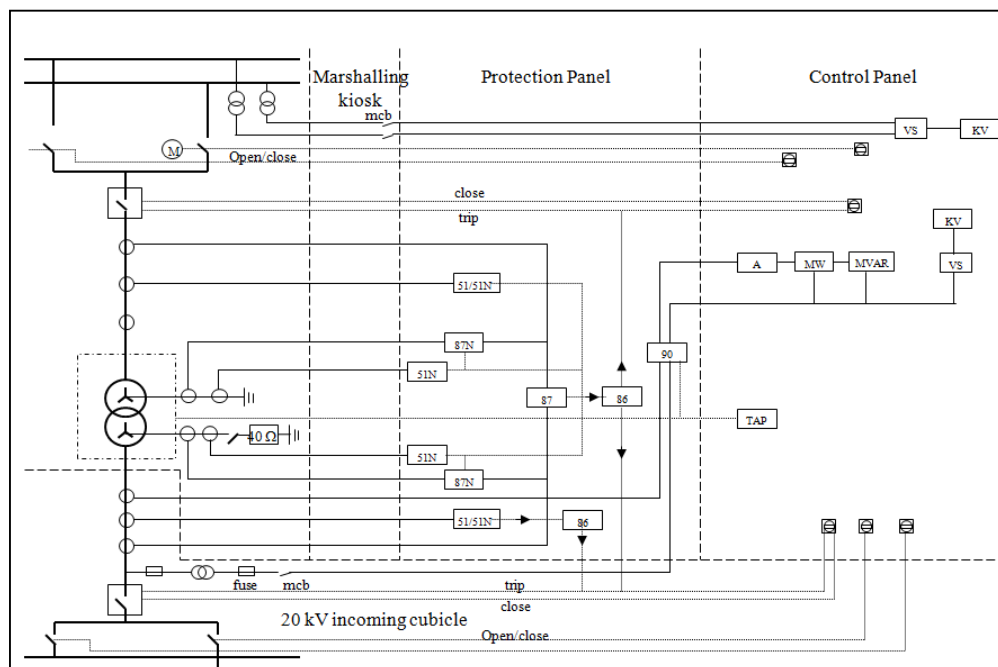
Tabel 2.2. Kriteria Sistem Proteksi Sesuai SPLN 52-1.

4. 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).

a. Ciri- Ciri Pengaman Utama:

- 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.

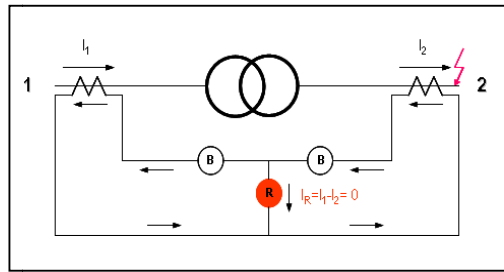


Gambar 2.21. *Wiring* Sistem Proteksi Trafo Tenaga 150/ 20 KV.

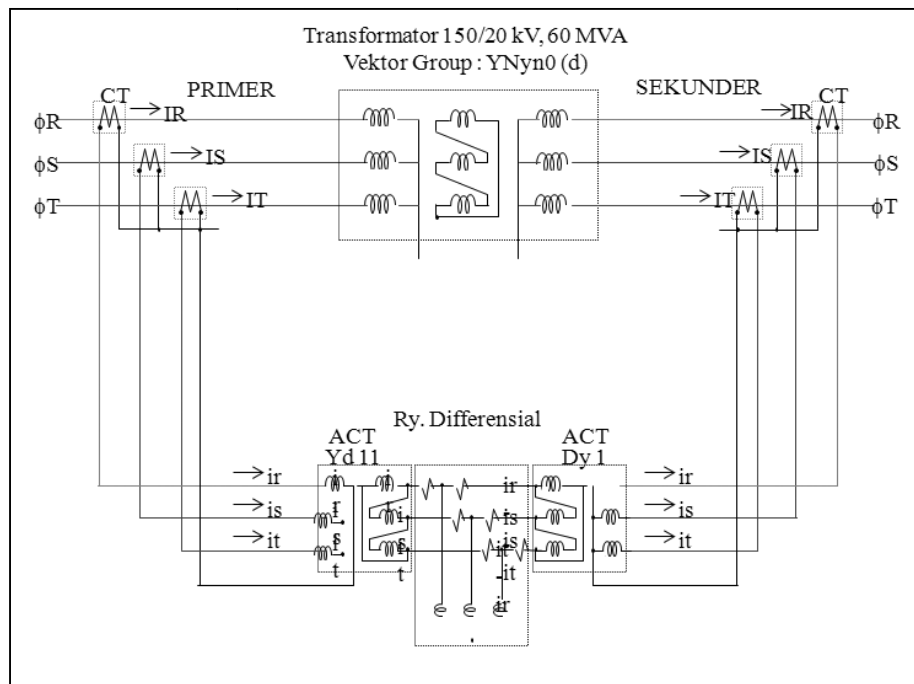
b. Rele Proteksi Utama Trafo Tenaga.

- 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.



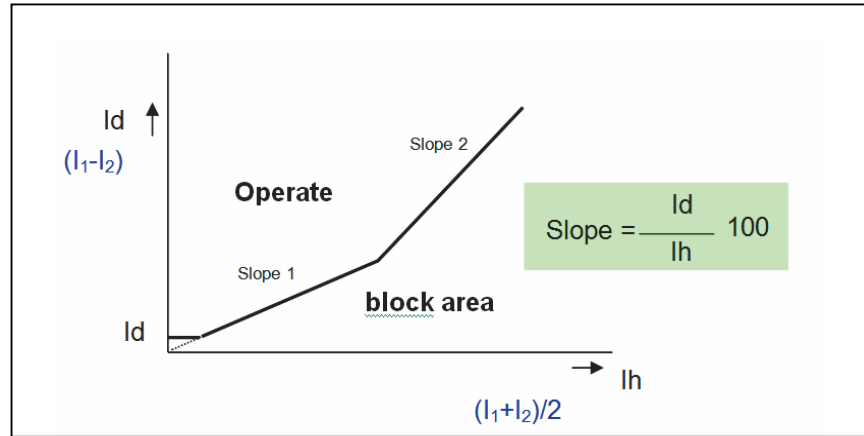
Gambar 2.22. Prinsip Kerja Rele Differensial.



Gambar 2.23. Wiring Rele Diferensial Vektor Group 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.

Rele ini merupakan unit pengamanan dan mempunyai selektifitas mutlak dari karakteristik differensial rele.



Gambar 2.24. Karakteristik Kerja Rele Differensial.

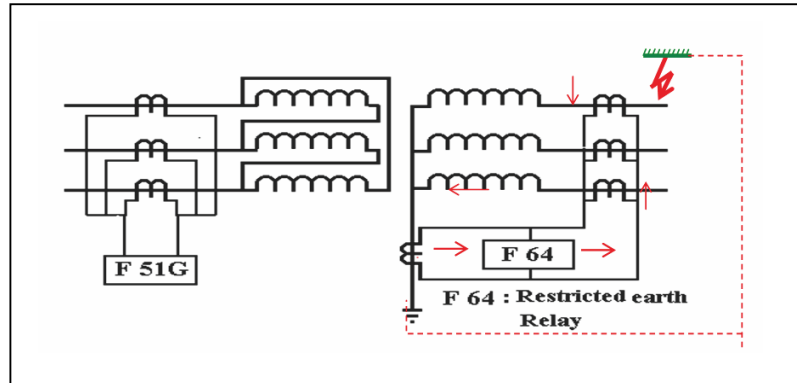
2) Restricted Earth Fault (REF).

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.

Fungsi dari REF adalah untuk mengamankan trafo bila ada gangguan satu satu fasa ke tanah di dekat titik netral trafo yang tidak dirasakan oleh rele differensial.



Gambar 2.25. Rangkaian Arus Rele REF Saat Terjadi Gangguan *External*.

5. 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 I6-05-030).

a. Ciri-ciri pengaman cadangan :

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

- 3) Rele pengamanan 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 seperti yang terlihat pada tabel 2.1. di atas.

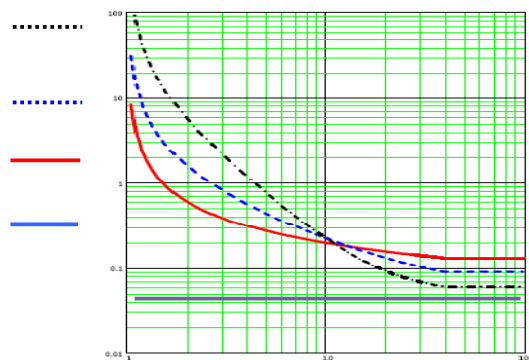
b. Rele Proteksi Cadangan Trafo Tenaga.

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*



Gambar 2.26. Kurva/ Karakteristik Rele OCR.

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).

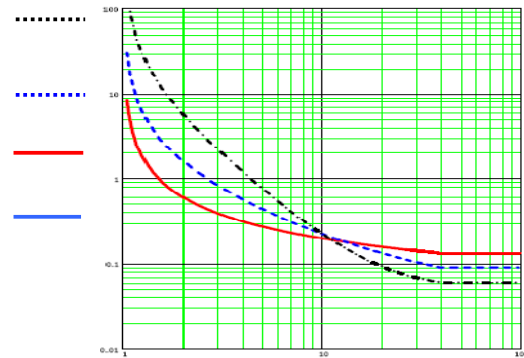
2) *Ground Fault Rele* (50N/51N).

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 hubungsingkatnya 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*



Gambar 2.27. Kurva/ Karakteristik Rele GFR.

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

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

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

a) Penyetelan rele SBEF ini mempertimbangkan faktor– faktor berikut :

- (1) Pola pentanahan netral trafo;
- (2) Ketahanan termis tahanan netral trafo (NGR);
- (3) Sensitifitas rele terhadap gangguan tanah;
- (4) Pengaruh konfigurasi belitan traso (dilengkap dengan belitan delta atau tidak).

- (5) Ketahanan shielding kabel disisi dipasang NGR (khususnya pada sistem dengan netral yang ditanahkan langsung atau dengan NGR tahanan rendah);
- b) Untuk pemilihan waktu dan karakteristik SBEF dengan memperhatikan ketahanan termis NGR, karena arus yang mengalir ke NGR sudah dibatasi oleh resistansi terpasang pada NGR itu sendiri. Karena nilai arus yang *flat*, maka pemilihan karakteristik waktu disarankan menggunakan *definite* atau *long time inverse*.
- (1) Tahanan Rendah, NGR 12 Ohm, 1000 A, 10 detik;
- Jenis rele : rele gangguan tanah tak berarah (SBEF, 51NS)
- Karakteristik : long time inverse
- Setelan arus : $(0.1 - 0.2) \times I_n \text{ NGR}$
- Setelan waktu : $\leq 50\% \times \text{ketahanan termis NGR, pada } I_f=1000 \text{ A}$
- Setelan highset : tidak diaktifkan
- (2) Tahanan Rendah, NGR 40 Ohm, 300 A, 10 detik;
- Jenis rele : rele gangguan tanah (SBEF, simbol 51NS)
- Karakteristik : long time inverse
- Setelan arus : $(0.3 - 0.4) \times I_n \text{ NGR}$
- Setelan waktu : $\leq 50\% \times \text{ketahanan termis NGR, pada } I_f=300 \text{ A}$
- Setelan highset : tidak diaktifkan
- (3) Tahanan Tinggi, NGR 500 Ohm, 30 detik.
- Jenis rele : rele gangguan tanah tak berarah
- Karakteristik : long time inverse (LTI)/ definite

Setelan arus : $(0.2 - 0.3) \times I_n$ NGR

Setelan waktu : $\leq 50 \% \times$ ketahanan termis NGR, pada $I_f=300$ A

Setelan highset : ≤ 8 detik (LTI) trip sisi incoming dan 10 detik untuk sisi 150 KV pada $I_f= 25$ A untuk NGR yang mempunyai $t = 30$ detik, dan apabila belum ada rele dengan karakteristik LTI maka menggunakan definite, $t_1=10$ detik (trip sisi 20 KV) dan $t_2 = 13$ detik (trip sisi 150 KV).

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*.

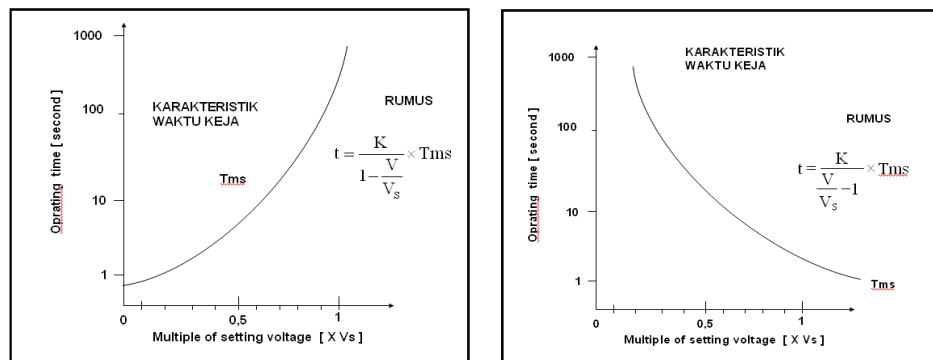
a) OVR diaplikasikan pada :

- (1) Sebagai pengaman gangguan fasa ke tanah (pergeseran titik netral) pada jaringan yang disuplai dari trafo tenaga dimana titik netralnya ditanahkan melalui tahanan tinggi/ mengambang.
- (2) Sebagai pengaman gangguan fasa ke tanah stator generator dimana titik netral generator ditanahkan lewat trafo distribusi.
- (3) Sebagai pengaman overspeed pada generator.

b) UVR diaplikasikan pada :

- (1) Berfungsi mencegah strating motor bila suplai tegangan turun.
- (2) Pengamanan sistem dapat dikombinasikan dengan rele frekuensi kurang.

c) Karakteristik waktu OVR/UVR adalah inverse :



Gambar 2.28. Karakteristik Waktu UVR dan OVR Adalah *Inverse*.

Keterangan:

V : tegangan input, t : waktu, K : Kosntanta (5 atau 40),

Vs : tegangan seting, Tms : *Time Multiple Setting*.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dilaksanakan di PT PLN (Persero) P3B JB APP Semarang, Gardu Induk 150 KV Jepara yang terletak di Jalan Sosrodiningrat Desa Ngabul Kecamatan Tahunan Kabupaten Jepara. Dilaksanakan pada bulan April 2013 sampai dengan Mei 2013.

B. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi adalah keseluruhan aspek untuk penelitian (Suharsimi Arikunto, 2002: 108). Dalam penelitian ini yang menjadi populasi adalah gangguan dan kinerja sistem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara.

Apabila seseorang ingin meneliti semua elemen yang ada didalam wilayah penelitian, maka penelitiannya merupakan penelitian populasi. Studi atau penelitiannya juga disebut studi populasi atau studi sensus (Suharsimi Arikunto, 2006: 130). Dilihat dari jumlahnya populasi dibedakan menjadi 2 yaitu:

1. Jumlah terhingga (terdiri dari elemen dengan jumlah tertentu)
2. Jumlah tak hingga (terdiri dari elemen yang sukar sekali dicari batasannya)

Menurut Suharsimi Arikunto (2002: 109), sampel adalah sebagian atau wakil populasi yang diteliti. Karena subjek populasi (gangguan dan sistem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara) tidak homogen dan tidak mencapai 100, maka penelitian ini mengambil semua subjek populasi.

C. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah objek penelitian atau yang menjadi titik perhatian suatu penelitian, sedangkan data adalah hasil pencatatan peneliti, baik yang berupa fakta ataupun angka. Berdasarkan sumber SK menteri P dan K No. 0259/U/1977 tanggal 11 juli 1977 yang dikutip oleh Suharsimi Arikunto (2006: 118) disebutkan bahwa data adalah segala fakta dan angka yang dapat dijadikan bahan untuk menyusun suatu informasi. Sedangkan informasi adalah hasil pengolahan data yang dipakai untuk suatu keperluan (Suharsimi Arikunto, 2006: 118). Untuk mengungkap kinerja sitem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara dilihat dari data tahun 2007 sampai 2012. Variabel yang diterapkan dalam penelitian ini memiliki 2 macam, yaitu :

1. Variabel *independent* : Gangguan sistem tenaga listrik di Gardu Induk 150 KV Jepara
2. Variable *dependent*: Sistem proteksi trafo tenaga Gardu Induk 150 KV Jepara

D. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data ialah cara atau strategi yang ditempuh untuk mengambil data dari varibel penelitian tersebut. Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan beberapa teknik, yang digabungkan sekaligus dalam mengambil data pada objek penelitian, hal ini dimaksudkan untuk memperoleh data yang padat, dan tepat serta komprehensif dengan demikian dapat memenuhi *standart* data yang *valid*, dalam arti memiliki tingkat *error* data yang lebih kecil.

Berikut teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Metode Dokumentasi

Metode dokumentasi digunakan untuk memperoleh data sistem proteksi yang digunakan dan data gangguan yang terjadi di Gardu Induk 150 KV Jepara dari tahun 2007 sampai 2012.

2. Metode Wawancara

Metode wawancara digunakan untuk memperoleh data mengenai langkah- langkah yang dilakukan untuk mengurangi gangguan yang terjadi pada sistem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara.

Dengan metode dokumentasi dan wawancara ini peneliti akan mendapatkan hasil yang jelas dan nyata serta pencatatan secara sistematis terhadap gejala atau fenomena gangguan terhadap kinerja sistem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara.

E. Instrumen Penelitian

Penyusunan instrumen penelitian ini berguna untuk mengumpulkan data yang diambil dari Gardu Induk 150 KV Jepara, yaitu mengenai gangguan yang terjadi dan kinerja sistem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara dengan menggunakan :

1. Metode Dokumentasi

Check list sebagai alat pengumpul data dari hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu tentang gangguan dan kinerja sistem proteksi trafo di Gardu Induk 150 KV Jepara.

2. Metode Wawancara

Pedoman wawancara sebagai alat pengumpul data mengenai langkah-langkah yang dilakukan untuk mengurangi gangguan yang terjadi pada sistem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara.

F. Metode Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengambilan data di Gardu Induk 150 KV Jepara akan dianalisis dengan menggunakan teknik analisis deskriptif persentase. Teknik deskriptif persentase ini digunakan untuk memberi deskripsi atau pembahasan hasil penelitian yang masih bersifat data kuantitatif sehingga diperoleh gambaran kualitatif dari hasil penelitian.

1. Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain :
 - a. Membuat pedoman wawancara yang akan digunakan pada metode wawancara.
 - b. Membuat *check list* yang akan digunakan dalam metode dokumentasi.
 - c. Mengklarifikasikan gangguan yang terjadi pada trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara dari tahun 2007 sampai 2012.
 - d. Menghitung persentase kinerja sistem proteksi transformator tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara.

2. Rumus yang digunakan adalah :

- a. Deskripsi persentase gangguan pada sistem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara :

$$DP = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (\text{Suharsimi Arikunto.2006})$$

Keterangan :

- 1) DP = Deskripsi persentase gangguan(%).
- 2) n = Frekuensi gangguan (kali).
- 3) N = Jumlah gangguan (kali).

- b. Deskripsi persentase keandalan sistem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara :

$$DP = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (\text{Suharsimi Arikunto.2006})$$

Keterangan :

- 1) DP = Deskripsi persentase keandalan rele(%).
- 2) n = Kinerja rele (kali).
- 3) N = Jumlah seharusnya rele bekerja (kali).

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

Dari hasil penelitian ini data gangguan dan kinerja sistem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara dari tahun 2007 sampai 2012 akan dideskripsikan dalam bentuk persentase.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian yang dilakukan di PT PLN (Persero) P3B JB APP Semarang, Gardu Induk 150 KV Jepara, didapatkan data-data yang berkaitan dengan permasalahan dan tujuan penelitian yaitu tentang kinerja sistem proteksi transformator tenaga terhadap gangguan, penyebab gangguan, serta langkah-langkah yang dilakukan untuk menangani gangguan tersebut. Data yang diperoleh tersebut akan dipersentasikan dan dideskripsikan untuk memperoleh jawaban dari permasalahan dalam penelitian ini.

Hasil observasi tentang gangguan yang terjadi diklasifikasikan menjadi 3 jenis gangguan yaitu gangguan teknis (kerusakan pada alat), gangguan nonteknis (sambaran petir, angin, tertimpa pohon, dan lain- lain), dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya. Berikut adalah banyaknya gangguan yang terjadi dan kinerja sistem proteksi trafo tenaga 1 dan 2 di Gardu Induk 150 KV Jepara dari tahun 2007 sampai 2012 :

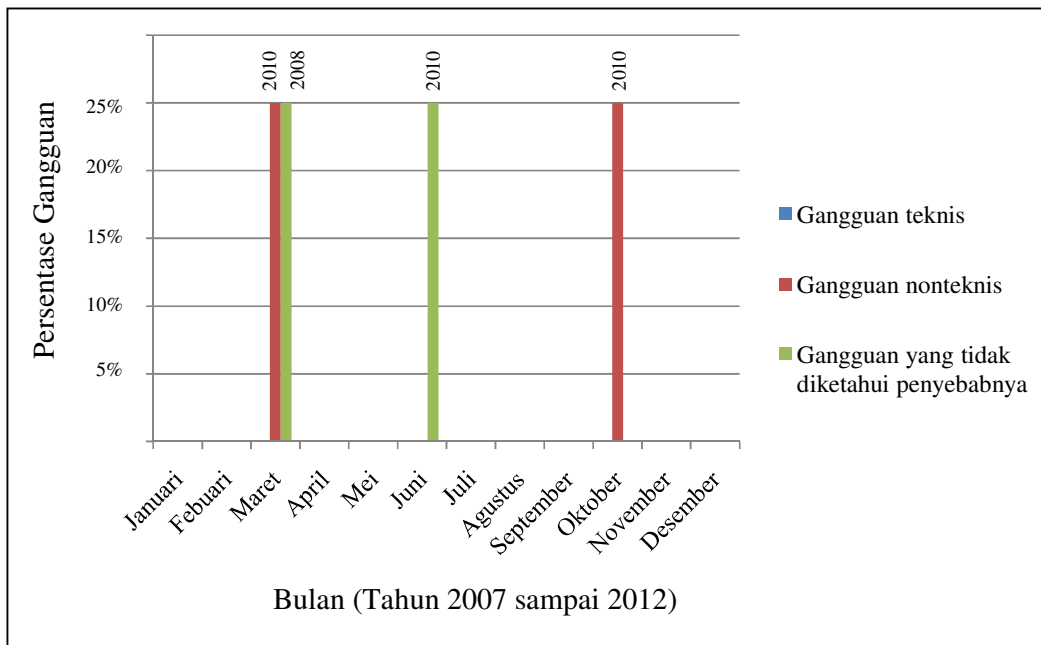
1. Area trafo tenaga 1 Gardu Induk 150 KV Jepara

a. Penyebab gangguan.

Banyaknya gangguan yang terjadi pada area trafo tenaga 1 di Gardu Induk 150 KV Jepara yang menyebabkan sistem proteksi bekerja :

Tabel 4.1 Gangguan pada Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga 1 Tahun 2007 Sampai 2012.

No.	Bulan	Penyebab Gangguan			Jumlah	
		Teknis	Nonteknis	Tidak diketahui	Kali	%
1	Januari	-	-	-	-	-
2	Febuari	-	-	-	-	-
3	Maret	-	1	1	2	50
4	April	-	-	-	-	-
5	Mei	-	-	-	-	-
6	Juni	-	1	-	1	25
7	Juli	-	-	-	-	-
8	Agustus	-	-	-	-	-
9	September	-	-	-	-	-
10	Oktober	-	-	1	1	25
11	November	-	-	-	-	-
12	Desember	-	-	-	-	-
Jumlah		-	2	2	4	100



Gambar 4.1 Grafik Persentase Gangguan pada Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga 1 Tahun 2007 Sampai 2012.

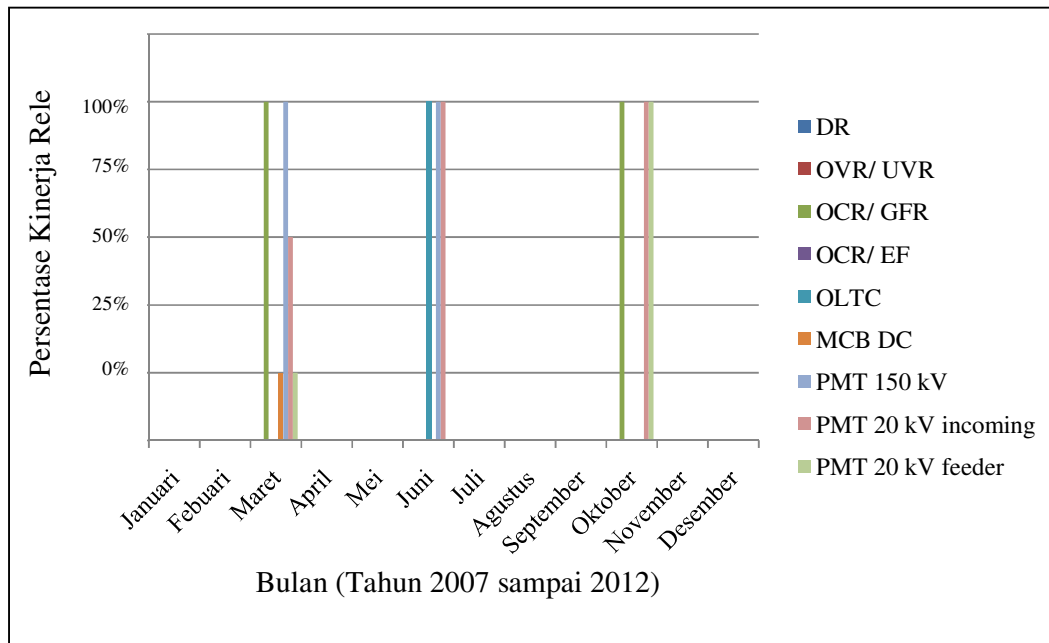
b. Kinerja sistem proteksi.

Banyaknya sistem proteksi yang bekerja saat terjadi gangguan pada area trafo tenaga 1 di Gardu Induk 150 KV :

Tabel 4.2 Persentase Keandalan Kinerja Rele Proteksi Pada Area Trafo

Tenaga 1 Tahun 2007 Sampai 2012.

No.	Rele Proteksi Trafo Tenaga 1	Kinerja Rele Proteksi		Jumlah Gangguan yang Dialami		Kriteria
		Mampu Mengamankan Gangguan	Tidak Mampu Mengamankan Gangguan	Kali	%	
1	DR	-	-	-	-	-
2	OVR/ UVR	-	-	-	-	-
3	OCR/ GFR	2	-	2	100	Baik
4	OCR/ EF	-	-	-	-	-
5	OLTC	1	-	1	100	Baik
6	MCB DC	1	-	1	100	Baik
7	PMT 150 KV	2	-	2	100	Baik
8	PMT 20 KV incoming	4	-	4	100	Baik
9	PMT 20 KV feeder	1	1	2	50	Kurang Baik
Jumlah		11	1	12	91,67	Cukup Baik



Gambar 4.2 Grafik Persentase Kinerja Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga 1

Tahun 2007 Sampai 2012.

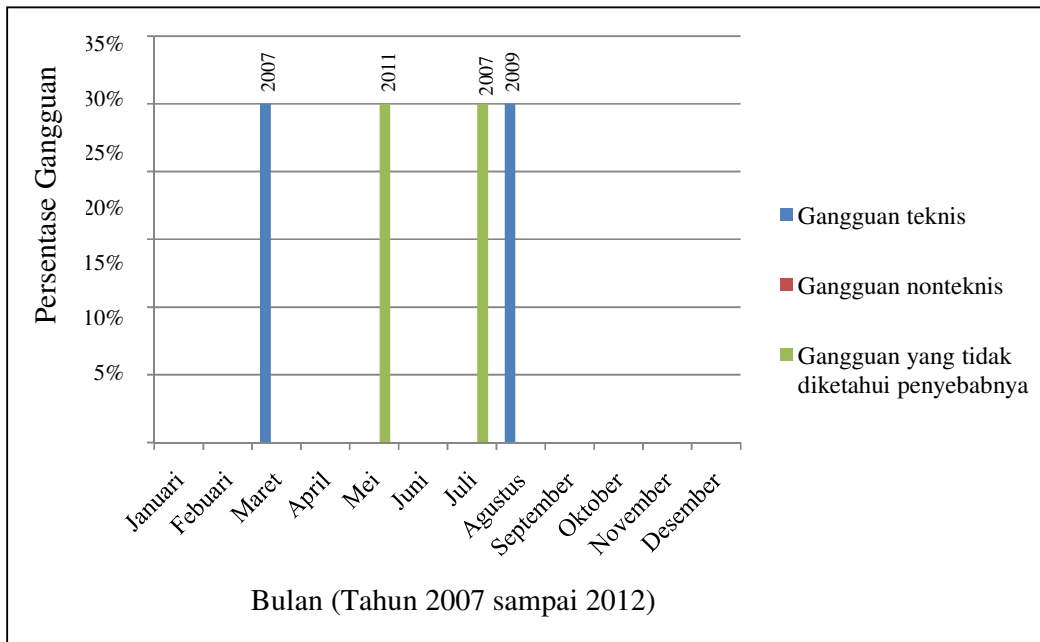
2. Area trafo tenaga 2 Gardu Induk 150 KV Jepara

a. Penyebab gangguan.

Banyaknya gangguan yang terjadi pada area trafo tenaga 2 di Gardu Induk 150 KV Jepara yang menyebabkan sistem proteksi bekerja :

Tabel 4.3 Gangguan pada Sistem Proteksi Trafo Area Tenaga 2 Tahun 2007 Sampai 2012.

No.	Bulan	Penyebab Gangguan			Jumlah	
		Teknis	Nonteknis	Tidak diketahui	Kali	%
1	Januari	-	-	-	-	-
2	Febuari	-	-	-	-	-
3	Maret	1	-	-	1	25
4	April	-	-	-	-	-
5	Mei	-	-	1	1	25
6	Juni	-	-	-	-	-
7	Juli	-	-	1	1	25
8	Agustus	1	-	-	1	25
9	September	-	-	-	-	-
10	Oktober	-	-	-	-	-
11	November	-	-	-	-	-
12	Desember	-	-	-	-	-
Jumlah		2	-	2	4	100



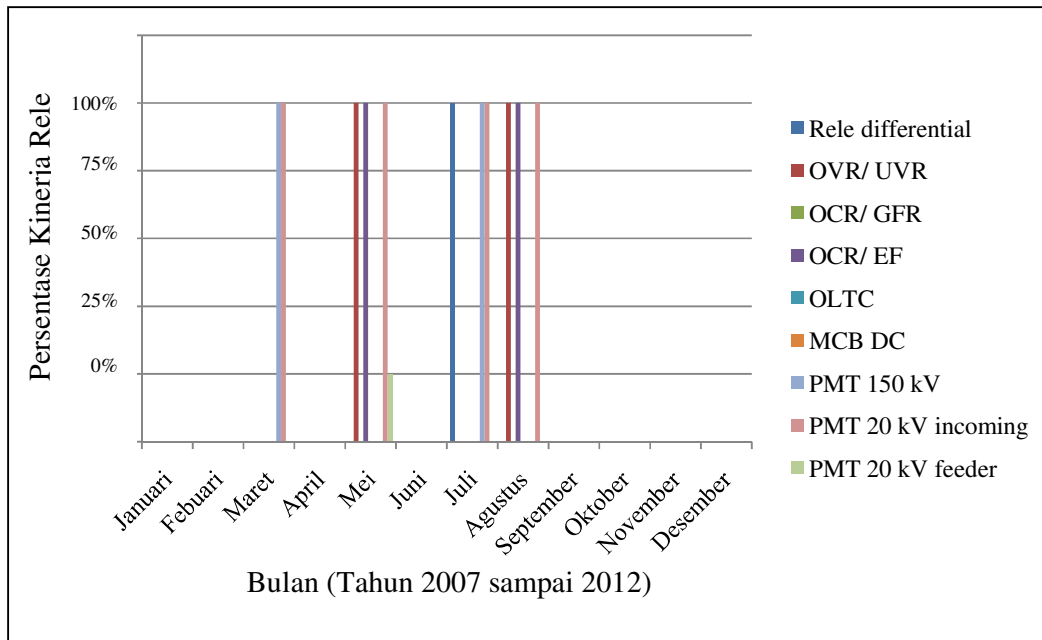
Gambar 4.3 Grafik Persentase Gangguan pada Sistem Proteksi Area Trafo Tenaga 2 Tahun 2007 Sampai 2012.

b. Kinerja sistem proteksi.

Banyaknya sistem proteksi yang bekerja saat terjadi gangguan pada area trafo tenaga 2 di Gardu Induk 150 KV :

Tabel 4.4 Persentase Keandalan Kinerja Rele Proteksi Pada Area Trafo Tenaga 2 Tahun 2007 Sampai 2012.

No.	Rele Proteksi Trafo Tenaga 1	Kinerja Rele Proteksi		Jumlah Gangguan yang Dialami		Kriteria
		Mampu Mengamankan Gangguan	Tidak Mampu Mengamankan Gangguan	Kali	%	
2	OVR/ UVR	2	-	2	100	Baik
3	OCR/ GFR	-	-	-	-	-
4	OCR/ EF	2	-	2	100	Baik
5	OLTC	-	-	-	-	-
6	MCB DC	-	-	-	-	-
7	PMT 150 KV	2	-	2	100	Baik
8	PMT 20 KV incoming	4	-	4	100	Baik
9	PMT 20 KV feeder	-	1	1	0	Tidak Baik
Jumlah		11	1	12	91,67	Cukup Baik



Gambar 4.4 Grafik Persentase Kinerja Sistem Proteksi Area Trafo

Tenaga 2 Tahun 2007 Sampai 2012.

B. PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis data yang telah dikemukakan, dapat diketahui tingkat frekuensi gangguan yang mempengaruhi kinerja sistem proteksi trafo 1 dan 2 di Gardu Induk 150 KV Jepara :

1. Pada area trafo tenaga 1 Gardu Induk 150 KV Jepara :

a. Penyebab terjadinya gangguan :

Gangguan yang terjadi pada area trafo tenaga 1 di Gardu Induk 150 KV Jepara yang menyebabkan sistem proteksi bekerja dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis gangguan yaitu gangguan teknis, gangguan nonteknis, dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya. Berikut adalah persentase gangguan yang terjadi dari tahun 2007 sampai 2012 :

1) Gangguan teknis.

Gangguan teknis terjadi karena adanya kerusakan pada peralatan, namun dari tahun 2007 sampai 2012 pada area trafo tenaga 1 Gardu Induk 150 KV Jepara tidak mengalami gangguan teknis yang menyebabkan sistem proteksi trafo tenaga 1 bekerja.

2) Gangguan nonteknis.

Gangguan nonteknis terjadi karena adanya gangguan yang disebabkan oleh alam terjadi pada 15 Maret 2010 pukul 12.45 WIB dan 13 Oktober 2010 pukul 00.25 WIB yang menyebabkan sistem proteksi area trafo tenaga 1 Gardu Induk 150 KV Jepara bekerja sebanyak 2 kali atau 50% dari jumlah gangguan yang terjadi yaitu dikarenakan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) tertimpa pohon.

3) Gangguan yang tidak diketahui penyebabnya.

Gangguan yang tidak diketahui penyebabnya terjadi pada 27 Maret 2008 pukul 04.55 WIB dan 28 Juni 2010 pukul 12.06 WIB yang menyebabkan sistem proteksi trafo tenaga 1 Gardu Induk 150 KV Jepara bekerja, sebanyak 2 kali atau 50 % dari jumlah gangguan yang terjadi.

b. Kinerja sistem proteksi.

Pada trafo tenaga 1 memiliki keandalan kinerja sistem proteksi terhadap gangguan yang terjadi yaitu sebanyak 11 kali atau 91,67% dari jumlah sistem proteksi yang seharusnya bekerja 12 kali. Berikut adalah kinerja rele- rele proteksi yang bekerja saat mengalami gangguan :

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

Rele OCR/ GFR memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 2 kali saat terjadi 2 kali gangguan pada *feeder* JPR 1 dan JPR 8 yang disebabkan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) putus tertimpa pohon sehingga mengalami *Short Circuit Feeder* (SCF).

2) OLTC (*On Load Tap Changer*).

Rele OLTC memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 1 kali saat terjadi 1 kali gangguan yang penyebabnya tidak diketahui, namun gangguan terjadi bersamaan dengan paralel filter trafo trafo tenaga 1 sehingga mengalami *Over Voltage* (OV).

3) MCB (*Mini Circuit Breaker*).

Rele MCB memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 1 kali saat terjadi 1 kali gangguan pada *feeder* JPR 8 yang disebabkan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) putus tertimpa pohon sehingga mengalami *Short Circuit Feeder* (SCF).

4) PMT (Pemutus Tenaga) 150 KV.

Rele PMT 150 KV memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 2 kali saat terjadi 2 kali gangguan yang disebabkan :

- a) Tidak diketahui, namun gangguan terjadi bersamaan dengan Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) Sayung- Tb. Lorok terkena sambaran petir sehingga mengalami *Over Voltage* (OV).
- b) Tidak diketahui, namun gangguan terjadi bersamaan dengan paralel filter trafo tenaga 1 sehingga mengalami *Over Voltage* (OV).

5) PMT (Pemutus Tenaga) 20kV incoming.

Rele PMT 20kV incoming memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 4 kali saat terjadi 4 kali gangguan yang disebabkan :

- a) Tidak diketahui, namun gangguan terjadi bersamaan dengan Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) Sayung- Tb. Lorok terkena sambaran petir sehingga mengalami *Over Voltage* (OV).
- b) Pada *feeder* JPR 1 dan 8, Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) putus tertimpa pohon sehingga mengalami *Short Circuit Feeder* (SCF).

c) Tidak diketahui, namun gangguan terjadi bersamaan dengan paralel filter trafo tenaga 1 sehingga mengalami *Over Voltage (OV)*.

6) PMT (Pemutus Tenaga) 20 KV *feeder*.

Rele PMT 20 KV *feeder* memiliki keandalan 50% dengan predikat kurang baik, dikarenakan mampu bekerja (trip) 1 kali saat terjadi 2 kali gangguan yang disebabkan :

a) Pada *feeder* JPR 8, Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) putus tertimpa pohon sehingga mengalami *Short Circuit Feeder (SCF)*.

b) Pasokan daya dari MCB DC mengalami *tripping*, sehingga rele PMT 20 KV *feeder* tidak mau bekerja (*close*).

2. Pada area trafo tenaga 2 Gardu Induk 150 KV Jepara :

a. Penyebab terjadinya gangguan.

Gangguan yang terjadi pada area trafo tenaga 2 di Gardu Induk 150 KV Jepara yang menyebabkan sistem proteksi bekerja dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis gangguan yaitu gangguan teknis, gangguan nonteknis, dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya. Berikut adalah persentase gangguan yang terjadi dari tahun 2007 sampai 2012 :

1) Gangguan teknis.

Gangguan teknis terjadi karena adanya kerusakan pada peralatan terjadi pada 12 Maret 2007 pukul 19.52 WIB dan 07 Agustus 2009 pukul 06.28 WIB yang menyebabkan sistem proteksi area trafo tenaga 2 di Gardu Induk 150 KV Jepara bekerja sebanyak 2 kali atau 50% dari jumlah gangguan

yang terjadi yaitu karena adanya *manuver feeder* JPR 1 dengan JPR 4 dan terbakarnya trafo potensial (VT).

2) Gangguan nonteknis.

Gangguan nonteknis terjadi karena adanya gangguan yang disebabkan oleh alam, namun dari tahun 2007 sampai 2012 pada area trafo tenaga 2 Gardu Induk 150 KV Jepara tidak mengalami gangguan teknis yang menyebabkan sistem proteksi trafo tenaga 2 bekerja.

3) Gangguan yang tidak diketahui penyebabnya.

Gangguan yang tidak diketahui penyebabnya terjadi pada 06 Juli 2007 pukul 15.31 WIB dan 25 Mei 2011 pukul 03.30 WIB yang menyebabkan sistem proteksi trafo tenaga 2 di Gardu Induk 150 KV Jepara bekerja sebanyak 2 kali atau 50% dari jumlah gangguan yang terjadi.

b. Kinerja sistem proteksi.

Pada trafo tenaga 2 memiliki keandalan kinerja sistem proteksi terhadap gangguan yang terjadi sebanyak 11 kali atau 91,67% dengan predikat cukup baik dari jumlah sistem proteksi yang seharusnya bekerja yaitu 12 kali. Berikut adalah kinerja rele- rele proteksi yang bekerja saat mengalami gangguan :

1) DR (*Differential Relay*).

Rele Differential memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 1 kali saat terjadi 1 kali gangguan yang tidak diketahui penyebabnya, namun gangguan terjadi bersamaan dengan masuknya PMT *feeder* JPR 3 sehingga mengalami *Over Voltage* (OV).

2) OVR/ UVR (*Over Voltage Relay/Under Voltage Relay*).

Rele OVR/ UVR memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 2 kali saat terjadi 2 kali gangguan yang tidak diketahui penyebabnya, namun pada *feeder* JPR 6 Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) putus sehingga mengalami *Short Circuit Feeder* (SCF) dan saat terbakarnya trafo potensial (VT) yang terletak di area 20 KV sehingga mengalami *Short Circuit* (SC).

3) MCB (*Mini Circuit Breaker*).

Rele MCB memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 1 kali saat terjadi 1 kali gangguan pada saat terbakarnya trafo potensial (VT) yang terletak di area 20 KV sehingga mengalami *Short Circuit* (SC).

4) PMT (Pemutus Tenaga) 150 KV.

Rele PMT 150 KV memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 2 kali saat terjadi 2 kali gangguan yang tidak diketahui penyebabnya, namun gangguan terjadi bersamaan dengan masuknya PMT feeder JPR 3 sehingga mengalami *Over Voltage* (OV) dan adanya manuver paralel *feeder* JPR 1 dengan JPR 4 sehingga mengalami *Over Load* (OL).

5) PMT (Pemutus Tenaga) 20kV incoming.

Rele PMT 20kV incoming memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 4 kali saat terjadi 4 kali gangguan yang disebabkan :

- a) Manuver paralel *feeder* JPR 1 dengan JPR 4 sehingga mengalami *Over Load (OL)*.
 - b) Tidak diketahui, namun gangguan terjadi bersamaan dengan masuknya PMT feeder JPR 3 sehingga mengalami *Over Voltage (OV)*.
 - c) Terbakarnya trafo potensial (VT) yang terletak di area 20 KV sehingga mengalami *Short Circuit (SC)*.
 - d) Tidak diketahui, namun pada feeder JPR 6 Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) putus sehingga mengalami *Short Circuit Feeder (SCF)*.
- 6) PMT (Pemutus Tenaga) 20 KV *feeder*;

Rele PMT 20 KV *feeder* memiliki keandalan 0% dengan predikat tidak baik, dikarenakan tidak mampu bekerja (*trip*) saat terjadi 1 kali gangguan yang tidak diketahui penyebabnya , namun pada *feeder* JPR 6 Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) putus sehingga mengalami *Short Circuit Feeder (SCF)*.

3. Usaha penanganan gangguan.

PT PLN (Persero) P3B JB APP Semarang, Gardu Induk 150 KV Jepara, telah melakukan usaha penanganan gangguan sesuai dengan pedoman pemeliharaan Gardu Induk yaitu dengan cara :

a. *In servis inspection*.

In servis inspection adalah kegiatan inspeksi yang dilakukan pada saat transformator dalam kondisi bertegangan/ operasi. Tujuan dilakukannya *in*

servis inspection adalah untuk mendeteksi secara dini ketidaknormalan yang mungkin terjadi didalam trafo tanpa melakukan pemadaman.

b. *In service measurement.*

In Service Measurement adalah kegiatan pengukuran/ pengujian yang dilakukan pada saat transformator sedang dalam keadaan bertegangan/ beroperasi (*in service*). Tujuan dilakukannya *in service measurement* adalah untuk mengetahui kondisi trafo lebih dalam tanpa melakukan pemadaman.

c. *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.

d. *Shutdown function check.*

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

e. *Treatment.*

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

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Hasil penelitian di PT PLN (Persero) P3B JB APP Semarang, Gardu Induk 150 KV Jepara dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Gangguan yang sering mempengaruhi sistem proteksi area trafo tenaga dari tahun 2007 sampai 2012 adalah gangguan nonteknis dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya, yang mengakibatkan *Short Circuit Feeder* (SCF) pada Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) tertimpa pohon.
2. Sistem proteksi pada area trafo tenaga 1 dan 2 dari tahun 2007 sampai 2012 memiliki keandalan dengan predikat cukup baik dalam mengatasi kuantitas gangguan.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka sebagai peneliti dapat menyarankan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Pihak PT PLN (Persero) P3B JB APP Semarang, Gardu Induk 150 KV Jepara, supaya melakukan dokumentasi gangguan yang terjadi di lebih *detail* dalam pencatatan sesuai dengan tabel *standart* dokumentasi gangguan.
2. Pihak PT PLN (Persero) P3B JB APP Semarang, Gardu Induk 150 KV Jepara, supaya melakukan perubahan tata letak Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) yang berbeda *feeder* dan terletak pada satu tiang, agar tidak terjadi gangguan hubung singkat beda fasa dengan *feeder* lain akibat gangguan nonteknis.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Sutisna. 2010. *Koordinasi Rele Arus*. <http://agussutisna1208.files.wordpress.com/2010/05/koordinasi-rele-arus-lebih.pdf>. (Diunduh Tanggal 20 Mei 2013).
- A.N. Afandi. 2010. *Operasi Sistem Tenaga Listrik Berbasis Edsa*. Yogyakarta : Gava Media.
- Bonar Pandjaitan. 2012. *Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Moch. Taufik Ardiansyah. 2008. *Deskripsi Gangguan Pada Jaringan Distribusi Tegangan Menengah Di PT PLN (Persero) Unit Pelayanan Dan Jaringan (UPJ) Ungaran Sepanjang Tahun 2006 s.d. 2007 Yang Menyebabkan Automatic Circuit Recloser Bekerja*. Semarang. Universitas Negeri Semarang.
- Modal Holong. 2011. *Konsep Gardu Dasar Induk*. <http://modalholong.files.wordpress.com/2011/02/konsep-dasar-gardu-induk.pdf>. (Diunduh Tanggal 13 Febuari 2013).
- P. Van Harten dan Ir. E. Setiawan. 1981. *Instalasi Listrik Arus Kuat*. Bandung : Binacipta.
- Suharsimi Arikunto. 2002. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek* : Edisi kelima cetakan ke-12. Jakarta : PT. Rineka Cipta;
- Suharsimi Arikunto. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek* : Edisi kelima cetakan ke-13. Jakarta : PT. Rineka Cipta;
- Unimed. 2012. *Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. <http://unimed-proteksisistemtenagalistrik.blogspot.com/2012/06/proteksi-sistem-tenga-listrik.html>. (Diunduh Tanggal 13 Maret 2013).

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1

Lampiran 2

No	Nama Peralatan	Merk	Type	Tegangan Nominal	Capasitas I Nom	Tahun Pembuatan	Tahun Operasi	Media	
								Pemadam	Penggerak
1	Bay Travo I :								
	Travo I 150 / 20 KV 60 MVA	MEIDEN	BOSRL	150/20 KV	231//1650 A	1984	2001	-	-
	PMT 150 KV	SIEMENS	3AQ1EG	170 KV	3150 A	1993	1995	Gas SF 6	Hydrolik
	PMT BUS I	MESA - MESA	SGC 170/2000	170 KV	1600 A	1994	1995	-	Motor AC
	PMT BUS II	MESA – MESA	SGC 170/2000	170 KV	1600 A	1994	1995	-	Motor AC
	CT 150 KV Phasa R	ABB	IMBD 170 A4	170 KV	300/1 A	1995	1995	-	-
	CT 150 KV Phasa S	ABB	IMBD 170 A4	170 KV	300/1 A	1995	1995	-	-
	CT 150 KV Phasa T	ABB	IMBD 170 A4	170 KV	300/1 A	1995	1995	-	-
	LA 150 KV Phasa R	BOW/ ENGLAND	2MBA4.0-150B	170 KV	10 KA	1995	1995	-	-
	LA 150 KV Phasa S	BOW/ ENGLAND	2MBA4.0-150B	170 KV	10 KA	1995	1995	-	-
	LA 150 KV Phasa T	BOW/ ENGLAND	2MBA4.0-150B	170 KV	10 KA	1995	1995	-	-
2	Bay Travo II :								
	Travo I 150 / 20 KV 30 MVA	XIAN	SFZ30000/150	150/20 KV	69,3/115,5 A	1995	1997	-	-
	PMT 150 KV	AEG	S1-170 F1	170 KV	3150 A	1994	1997	Gas SF 6	Spring
	PMT BUS I	MESA- MESA	SGC 170/1600	170 KV	1600 A	1994	1997	-	Motor AC
	PMT BUS II	MESA- MESA	SGC 170/1600	170 KV	1600 A	1994	1997	-	Motor AC
	CT 150 KV Phasa R	ABB	IMBD 170 A4	170 KV	150/1 A	1994	1997	-	-
	CT 150 KV Phasa S	ABB	IMBD 170 A4	170 KV	150/1 A	1994	1997	-	-
	CT 150 KV Phasa T	ABB	IMBD 170 A4	170 KV	150/1 A	1994	1997	-	-
	LA 150 KV Phasa R	ABB	EXLIM R150	170 KV	20 KA	1994	1997	-	-
	LA 150 KV Phasa S	ABB	EXLIM R150	170 KV	20 KA	1994	1997	-	-
	LA 150 KV Phasa T	ABB	EXLIM R150	170 KV	20 KA	1994	1997	-	-

NO	Nama Peralatan	Merk	Type	Tegangan Nominal	Capasitas I Nom	Tahun Pembuatan	Tahun Operasi	Media	
								Pemadam	Penggerak
3	Bay Kudus I :								
	PMT 150 KV	SIEMENS	3AQ1EE	170 KV	3150 A	1993	1995	Gas SF 6	Hydrolik
	PMS BUS I	MESA-MESA	SGC 170/2000	170 KV	1600 A	1994	1995	-	Motor AC
	PMS BUS II	MESA-MESA	SGC 170/2000	170 KV	1600 A	1994	1995	-	Motor AC
	PMS LINE	MESA-MESA	SGC 170/2000	170 KV	1600 A	1994	1995	-	Motor AC
	CT 150 KV Phasa R	ABB	IMBE 170 A4	170 KV	800/1 A	1995	1995	-	-
	CT 150 KV Phasa S	ABB	IMBE 170 A4	170 KV	800/1 A	1995	1995	-	-
	CT 150 KV Phasa T	ABB	IMBE 170 A4	170 KV	800/1 A	1995	1995	-	-
	CVT 150 KV Phasa R	PASSIONN VILLA	C2VT 170/3	170 KV	-	1993	1995	-	-
	CVT 150 KV Phasa S	PASSIONN VILLA	C2VT 170/3	170 KV	-	1993	1995	-	-
	CVT 150 KV Phasa T	PASSIONN VILLA	C2VT 170/3	170 KV	-	1993	1995	-	-
	LA 150 KV Phasa R	BOW/ ENGLAND	2MBA4.0-150B	170 KV	20 KA	1993	1995	-	-
	LA 150 KV Phasa S	BOW/ ENGLAND	2MBA4.0-150B	170 KV	20 KA	1993	1995	-	-
	LA 150 KV Phasa T	BOW/ ENGLAND	2MBA4.0-150B	170 KV	20 KA	1993	1995	-	-
4	Bay Kudus II :								
	PMT 150 KV	SIEMENS	3AQ1EE	170 KV	3150 A	1993	1995	Gas SF 6	Hydrolik
	PMS BUS I	MESA-MESA	SGC 170/2000	170 KV	1600 A	1994	1995	-	Motor AC
	PMS BUS II	MESA-MESA	SGC 170/2000	170 KV	1600 A	1994	1995	-	Motor AC
	PMS LINE	MESA-MESA	SGC 170/2000	170 KV	1600 A	1994	1995	-	Motor AC
	CT 150 KV Phasa R	ABB	IMBE 170 A4	170 KV	800/1 A	1995	1995	-	-
	CT 150 KV Phasa S	ABB	IMBE 170 A4	170 KV	800/1 A	1995	1995	-	-
	CT 150 KV Phasa T	ABB	IMBE 170 A4	170 KV	800/1 A	1995	1995	-	-
	CVT 150 KV Phasa R	PASSIONN VILLA	C2VT 170/3	170 KV	-	1993	1995	-	-
	CVT 150 KV Phasa S	PASSIONN VILLA	C2VT 170/3	170 KV	-	1993	1995	-	-
	CVT 150 KV Phasa T	PASSIONN VILLA	C2VT 170/3	170 KV	-	1993	1995	-	-
	LA 150 KV Phasa R	BOW/ ENGLAND	2MBA4.0-150B	170 KV	20 KA	1993	1995	-	-
	LA 150 KV Phasa S	BOW/ ENGLAND	2MBA4.0-150B	170 KV	20 KA	1993	1995	-	-
	LA 150 KV Phasa T	BOW/ ENGLAND	2MBA4.0-150B	170 KV	20 KA	1993	1995	-	-

NO	Nama Peralatan	Merk	Type	Tegangan Nominal	Capasitas I Nom	Tahun Pembuatan	Tahun Operasi	Media	
								Pemadam	Penggerak
5	Bay Tanjung Jati I :								
	PMT 150 KV	SIEMENS	3AP-F1	170 KV	3150 A	2002	2004	Gas SF 6	Spring
	PMS BUS I	COELME	MOD = SDCT	170 KV	1600 A	2002	2004	-	Motor DC
	PMS BUS II	COELME	MOD = SDCT	170 KV	1600 A	2002	2004	-	Motor DC
	PMS LINE	COELME	MOD = SDCT	170 KV	1600 A	2002	2004	-	Motor DC
	CT 150 KV Phasa R	TRENCH	SHELL/10SK170	170 KV	1600/I A	2002	2004	-	-
	CT 150 KV Phasa S	TRENCH	SHELL/10SK170	170 KV	1600/I A	2002	2004	-	-
	CT 150 KV Phasa T	TRENCH	SHELL/10SK170	170 KV	1600/I A	2002	2004	-	-
	CVT 150 KV Phasa R	TRENCH	TE VP 161 A	170 KV	-	2002	2004	-	-
	CVT 150 KV Phasa S	TRENCH	TE VP 161 A	170 KV	-	2002	2004	-	-
	CVT 150 KV Phasa T	TRENCH	TE VP 161 A	170 KV	-	2002	2004	-	-
	LA 150 KV Phasa R	SIEMENS	3EP2 150-1PN2	170 KV	10 KA	2002	2004	-	-
	LA 150 KV Phasa S	SIEMENS	3EP2 150-1PN2	170 KV	10 KA	2002	2004	-	-
	LA 150 KV Phasa T	SIEMENS	3EP2 150-1PN2	170 KV	10 KA	2002	2004	-	-
6	Bay Tanjung Jati II :								
	PMT 150 KV	SIEMENS	3AP-F1	170 KV	3150 A	2002	2004	Gas SF 6	Spring
	PMS BUS I	COELME	MOD = SDCT	170 KV	1600 A	2002	2004	-	Motor DC
	PMS BUS II	COELME	MOD = SDCT	170 KV	1600 A	2002	2004	-	Motor DC
	PMS LINE	COELME	MOD = SDCT	170 KV	1600 A	2002	2004	-	Motor DC
	CT 150 KV Phasa R	TRENCH	SHELL/10SK170	170 KV	1600/I A	2002	2004	-	-
	CT 150 KV Phasa S	TRENCH	SHELL/10SK170	170 KV	1600/I A	2002	2004	-	-
	CT 150 KV Phasa T	TRENCH	SHELL/10SK170	170 KV	1600/I A	2002	2004	-	-
	CVT 150 KV Phasa R	TRENCH	TE VP 161 A	170 KV	-	2002	2004	-	-
	CVT 150 KV Phasa S	TRENCH	TE VP 161 A	170 KV	-	2002	2004	-	-
	CVT 150 KV Phasa T	TRENCH	TE VP 161 A	170 KV	-	2002	2004	-	-
	LA 150 KV Phasa R	SIEMENS	3EP2 150-1PN2	170 KV	10 KA	2002	2004	-	-
	LA 150 KV Phasa S	SIEMENS	3EP2 150-1PN2	170 KV	10 KA	2002	2004	-	-
	LA 150 KV Phasa T	SIEMENS	3EP2 150-1PN2	170 KV	10 KA	2002	2004	-	-

NO	Nama Peralatan	Merk	Type	Tegangan Nominal	Capasitas I Nom	Tahun Pembuatan	Tahun Operasi	Media	
								Pemadam	Penggerak
7	Bay Kopel :								
	PMT 150 KV	SIEMENS	3AQIEG	170 KV	3150 A	1993	1995	Gas SF 6	Hydrolik
	PMS BUS I	MESA - MESA	SGC 170/2000	170 KV	2000 A	1994	1995	-	Motor AC
	PMS BUS II	MESA – MESA	SGC 170/2000	170 KV	2000 A	1994	1995	-	Motor AC
	CT 150 KV Phasa R	ABB	IMBE 170 A4	170 KV	2000/1 A	1995	1995	-	-
	CT 150 KV Phasa S	ABB	IMBE 170 A4	170 KV	2000/1 A	1995	1995	-	-
	CT 150 KV Phasa T	ABB	IMBE 170 A4	170 KV	2000/1 A	1995	1995	-	-
8	Bay bar :								
	CVT BUS I	PASSION VILLA	C2VT 170/3	170 KV	-	1993	1995	-	-
	CVT BUS II	PASSION VILLA	C2VT 170/3	170 KV	-	1993	1995	-	-

PT PLN (PERSERO) APP Semarang
Gardu Induk 150 KV Jepra
Mengetahui,

Murtoyo

Lampiran 3

NO.	RELAY/MERK/ TYPE/No.serie/In	RASIO CT/PT	SETTING
1	OCR 150 KV GEC ALSTHOM MCGG 82 38416 E In : 1 A	PT 150 KV $\frac{150000\sqrt{3}}{100\sqrt{3}}$ PT 20 Kv $\frac{20000\sqrt{3}}{100\sqrt{3}}$	I > : 0,9A t > : 0,375 SI I >> : Block Io > : 0,4 A To > : 0,675 SI Io >> : Block
2	DIFERENSIAL ALSTHOM MBCH 551301C In : 1 A	CT 150 kV $\frac{300 A}{1 A}$ CT 20 Kv $\frac{2000 A}{1 A}$	Set : 0,3 A
3	REF 150 KV GEC ALSTOM MCAG 14 384698 In : 1 A		Is : 0,2 A
4	REF 20KV GEC ALSTOM MCAG 14 384698 In : 1 A		Is : 01 A
5	OCR 20 KV ALSTHOM MCGG 82 H 799573 D In : 1 A		I > : 1 A t > : 0,275 SI I >> : Block Io > : 0,35 A To > : 0,45 SI Io >> : Block

PT PLN (PERSERO) APP Semarang
Gardu Induk 150 KV Jepara
Mengetahui,

Murtoyo

Lampiran 4

NO	RELAY/MERK/ TYPE/No.serie/In	RASIO CT/PT	SETTING
1	OCR 150 Kv GEC ALSTHOM MCGG 82 384894 E In : 1 A	PT 150 kV $\frac{150000\sqrt{3}}{100\sqrt{3}}$ PT 20 Kv $\frac{22000\sqrt{3}}{100\sqrt{3}}$	I > : 0,9A t > : 0,375 SI I >> : Block Io > : 0,4 A To > : 0,7 SI Io >> : Block
2	DIFERENSIAL ALSTHOM MBCH 12 R : 384131 E S : 384140 E T : 384147 E In : 1 A	CT 150 kV $\frac{150 A}{1 A}$ CT 20 Kv $\frac{1000 A}{1 A}$	Set : 0,2 A
3	REF 150 KV GEC ALSTOM MCAG 14 384703 In : 1 A		Is : 0,1 A
4	REF 20KV GEC ALSTOM MCAG 14 384679 In : 1 A		Is : 01 A
5	OCR 20 KV SIEMENT 7 SJ 55 - In : 1 A		I > : 1 A t > : 0,25 SI I >> : Block Io > : 0,35 A To > : 0,44 SI Io >> : Block

PT PLN (PERSERO) APP Semarang
Gardu Induk 150 KV Jepara
Mengetahui,

Murtoyo

Lampiran 5

No.	Kejadian		Jenis Gangguan	Annunciator	Rele Proteksi & Indikasi	Beban				Penormalan		Keterangan
	Tanggal	Jam				KV	A	MW	MWAR	Tanggal	Jam	
1	27-03-2008	04.55	Over Voltage (OV)		- PMT 150 KV rele master (86T) tripping - PMT 20 KV tidak mau trip	151	45	12,5	5,2	27-03-2008	10.56	Gangguan terjadi bersamaan dengan gangguan di Pht 150 KV Sayung- Tb. Lorok
		05.36		- Rele PMS 150 KV Bus I tidak bekerja	27-03-2008					11.29		
2	15-03-2010	12.45	Short Circuit Fedder (SCF)	- MCB - OCR/ GFR - Phasa R,S,T	- PMT 20 KV tidak mau trip	20,4	-	18,1	7,6	15-03-2010	13.00	Di JPR 8 Pht S, T putus
3	28-06-2010	12.06	Over Load (OL)		- PMT 150 KV trip - PMT 20 KV trip	-	-	-	-	28-06-2010	12.50	Gangguan bersamaan paralel filter tantransformator
4	13-10-2010	00.25	Short Circuit Fedder (SCF)		- PMT 20 KV tidak mau trip	-	100	22	10,5	13-10-2010	01.00	Di JPR 8 Pht S putus

Lampiran 6

No.	Kejadian		Jenis Gangguan	Annunciator	Rele Proteksi & Indikasi	Beban				Penormalan		Keterangan
	Tanggal	Jam				KV	A	MW	MWAR	Tanggal	Jam	
1	12-03-2007	19.52	Over Load (OL)	-	- PMT 150 kV trip - PMT 20 kV trip	-	110	23,2	15,8	12-03-2007	20.30	Manuver paralel JPR 1 dan JPR 4
2	06-07-2007	15.31	Over Voltage (OV)	- Differential (87T) Phasa S & T	- PMT 150 KV rele master tripping (86T) - PMT 20 KV inc tidak mau trip	151	-	-	-	06-07-2007	17.05	Gangguan terjadi bersamaan dengan masuknya PMT 20 KV JPR 3
3	07-08-2009	06.28	Short Circuit (SC)	- AVR alm - 20 KV OC/ EF Operating - 20 KV AC/ DC failur - AVR Rele Block	- PMT 20 KV inc tidak mau trip	151	-	-	18,5	15-03-2010	20.45	VT- ES Busbar 20 KV terbakar, terdapat flash over pada kabel ground fleksibel dengan jumperan ke VT Busbar
4	25-05-2011	03.30	Short Circuit Fedder (SCF)	- OCR/ EF trip - UVR alarm - AVR rele blocked - 20 KV OC/ EF operating	- PMT 20 KV trip - PMT feeder close	151	-	-	10,6	25-05-2011	12.50	Gangguan bersamaan paralel filter tanfomator


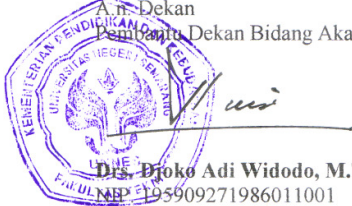
Lampiran 7



Lampiran 8

 PT PLN (PERSERO) PENYALURAN DAN PUSAT PENGATUR BEBAN JAWA BALI AREA PELAKSANA PEMELIHARAAN SEMARANG		Jl. Jend. Sudirman KM. 23, Komplek PLN Gedung C, Ungaran 50501 Telepon : (024) 6922402, 6922396, 6921212, 6921712 Facsimile : (024) 6921235, 6922405									
Nomor	: 0035 / 330 / APP SMRG / 2013	24 April 2013									
Surat Sdr No	: -										
Lampiran	: 1 Lembar										
Sifat	: -										
Perihal	: Ijin Pengambilan Data Penelitian	KEPADA : FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG Gedung E1 Sekaran Gunungpati Semarang									
<p>Menjawab surat Saudara No. 1888/UN37.15/PP/2013 tanggal 22 April 2013 perihal Ijin Pengambilan Data Penelitian, dengan ini kami beritahukan bahwa pada prinsipnya kami dapat menerima permohonan Pengambilan Data Mahasiswa tersebut sebagai berikut :</p>											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NO</th> <th>NAMA</th> <th>NIM</th> <th>JURUSAN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Tofan Aryanto</td> <td>5301406024</td> <td>TEKNIK ELEKTRO</td> </tr> </tbody> </table>				NO	NAMA	NIM	JURUSAN	1	Tofan Aryanto	5301406024	TEKNIK ELEKTRO
NO	NAMA	NIM	JURUSAN								
1	Tofan Aryanto	5301406024	TEKNIK ELEKTRO								
<p>Adapun lokasi pelaksanaan Pengambilan Data tersebut kami tempatkan di Gardu Induk 150 kV Jepara Jln. Sosrodiningrat Ngabul Jepara yang diadakan mulai tanggal 30 April 2013 sampai dengan 14 Mei 2013.</p>											
<p>Selama menjalankan Pengambilan Data agar selalu mematuhi tata tertib dan ketentuan yang berlaku di Gardu Induk 150 kV Jepara, serta selalu berkoordinasi dengan pembimbing yang ditunjuk perusahaan dan selanjutnya menyerahkan hasil Tugas Akhir (TA) yang telah disahkan oleh Institusi Pendidikan Saudara ke kantor kami.</p>											
<p>Demikian kami sampaikan, atas perhatiannya diucapkan terima kasih.</p>											
		 MANAJER CAHYO WIDIADI									
Tembusan :											
<ul style="list-style-type: none"> • Asman Haset • SPV HARJARGI BC Kudus • SPV JARGI Jepara 											

Lampiran 9

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG FAKULTAS TEKNIK
	Gedung E1 Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229 Telp/ Fax : (024) 8508101 - 8508009 Laman : http://www.ft.unnes.ac.id , email : ft_unnes@yahoo.com
<hr/>	
Nomor : 1800 /UN37.15/PP/2013 Lampiran : - Hal : Permohonan Izin Penelitian	
Yth : Manager PT. PLN P3JB APP Semarang Jl. Jend. Sudirman Km.23 Ungaran 50501	
Dengan ini kami mohonkan izin penelitian di Gardu Induk 150 kV Jepara, dalam rangka Penyusunan Skripsi mahasiswa kami :	
Nama : Tofan Aryanto NIM : 5301406024 Program Studi : SIPTE Jurusan : Teknik Elektro Judul Skripsi : Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Proteksi Gardu Induk 150 KV Jepara Waktu Penelitian : Mulai 30 April 2013 s/d selesai.	
Atas bantuanya kami ucapkan terima kasih.	
Semarang, 22 April 2013 A.n. Dekan Pemantu Dekan Bidang Akademik	
	
Drs. Djoko Adi Widodo, M.T NIP. 195909271986011001	
Tembusan 1. Rektor Universitas Negeri Semarang 2. Ketua Jurusan Teknik Elektro	