

TUGAS AKHIR

STUDI PROTEKSI SISTEM TENAGA LISTRIK PADA TRAF0 1600 KVA MENGUNAKAN CURRENT RELAY IWU 2-3

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

Oleh:

M.HABIB HIDAYAT
1507220005



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : M.Habib Hidayat
NPM : 1507220005
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Studi Peroteksi Sistem Tenaga Listrik Pada Trafo 1600 KVA
Menggunakan Current Relay IWU 2-3

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

Medan, 25 Mei 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I

DR. Ir. Surya Hardi, MS,c

Dosen Pembimbing II

Elvy Sahnur, S.T.,M.Pd

Dosen Pembanding I / Penguji

Noorly Evalina, S.T.M.T

Dosen Pembanding II / Peguji

Ir. Abdul Azis, H.M.M



Program Studi Teknik Elektro

Kelua,

Hasanul Karim, ST.MT

SURAT PERNYATAAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : M.Habib Hidayat
Tempat /Tanggal Lahir :Binjai 01juni1997
NPM :1507220005
Fakultas :Teknik
Program Studi :Teknik Elektro

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

“Studi Peroteksi Sistem Tenaga Listrik Pada Trafo 1600 KVA Menggunakan Current Relay IWU 2-3”,

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

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

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

Medan, 25 Mei 2021

Saya yang menyatakan,

M. Habib Hidayat



ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan jaringan sistem tenaga yang dari waktu ke waktu semakin besar maka diperlukan cara-cara yang lebih efektif yang bisa digunakan untuk memproteksi sistem dari gangguan. Sistem proteksi pertama yang dilakukan untuk mengamankan sistem adalah dengan menggunakan sekering. Kemudian disusul dengan menggunakan rele beban lebih ataupun tegangan kurang yang kemudian diikuti oleh berkembangnya sistem proteksi dengan rele arus lebih. PT. Charoen Pokphand Indonesia KIM 2 Medan, mendapatkan suplai dari PLN dengan kapasitas daya listrik 4670 KVA yang terdiri dari 5 buah trafo 1600 KVA. Masing-masing trafo dipasang Over Current Relay (OCR) sebagai proteksi trafo terhadap gangguan jalur distribusi sisi sekunder unit trafo. *Setting* rele saat ini 4A, Dengan kapasitas trafo 1600 KVA pada tegangan primer sebesar 20.000 KV dan tegangan sekunder 400 volt, dipasang sebuah OCR (*Over current relay*) yang digunakan untuk memproteksi trafo dari gangguan *short circuit* antar fasa yang terdapat pada beban berkapasitas 827,385 KW. Pada jalur sisi sekunder trafo yang terhubung ke beban dipasang sebuah CT (*Current Transformer*) dengan ratio 2500:5 dan CB (*Circuit Breaker*) dengan nilai I_n sebesar 1500A. Dari hasil perhitungan di atas terlihat bahwa data yang ada di lapangan masih dalam kondisi yang sesuai, sehingga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan setting OCR yang ada di lapangan masih dalam kondisi baik.

Kata kunci:Sistem Proteksi, OCR dan Trafo 1600 Kva

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb

Puji syukur kehadirat ALLAH SWT atas rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya ALLAH berguna bagi semesta alam. Shalawat dan salam kita sampaikan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad.SAW yang mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua dan telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar sarjana pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah "*Studi Proteksi Sistem Tenaga Listrik Pada Trafo 1600 Kva Menggunakan Current Relay IWU 2-3*"

Selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda dan Ibunda, yang dengan cinta kasih dan sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.
2. Bapak Munawar Alfansury siregar, S.T, M.T, Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T, Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.

4. Bapak Dr.Ir. Surya Hardi.M.Sc Selaku Dosen Pembimbing I dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Ibu Elvy Sahnur, S.T. M. Pd, Selaku Pembimbing II Dalam Penyelesaian Tugas Akhir Ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Karyawan Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Teman-teman Seperjuangan Fakultas Teknik, Khususnya TEKNIK ELEKTRO A-1 Pagi 2015 yang selalu memberi dukungan dan motivasi kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alukum wr.wb

Medan, 27 Mei 2021

M.Habib Hidayat

1507220005

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	1
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan penulisan	2
1.4 Manfaat Penulisan	2
1.4.1 Manfaat teoritis	2
1.4.2 Manfaat praktis	3
1.5 Sistematika Penulisan	3

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Teori Yang Relevan	5
2.2 Pengertian Dasar Proteksi	11
2.3 Tujuan Sistem Proteksi	12
2.4 Transformator	13
2.4.1 Prinsip Kerja Transformator	14
2.4.2 <i>Current Transformer</i>	14
2.4.3 <i>Potential Transformer</i>	16
2.4.4 Gangguan Pada Transformator Daya Dan Penyulang	18
2.5 Sistem Proteksi Transformator	19
2.6 Tipikal Rele Proteksi Dan Sistem Rele	19

2.7	Keandalan.....	22
2.7.1	Desain.....	23
2.7.2	Instalasi.....	23
2.7.3	Penuaan Dalam Operasi.....	23
2.8	Selektivitas	24
2.9	Zona Proteksi.....	26
2.10	Kecepatan	28
2.11	Sensitivitas.....	30
2.12	Rele Pengaman.....	30
2.13	Peralatan Proteksi.....	31
2.13.1	<i>Rele Bucholz</i>	31
2.13.2	Rele Tekanan Lebih (<i>Sudden Pressure Rele</i>).....	32
2.13.3	Rele Diferensial (<i>Differential rele</i>).....	32
2.13.4	Rele Arus Lebih (<i>Over Current Rele IWU N 2-3</i>)	
2.14	<i>Setting Over Current Rele</i>	32
2.14.1	Prinsip Kerja Rele Arus Lebih.....	35
2.14.2	Jenis-Jenis Rele Arus Lebih.....	35
2.14.3	Karakteristik Rele Arus Lebih.....	35
2.14.4	Pengaman Pada Rele Arus Lebih.....	38
2.15	Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Sistem Proteksi.....	39
2.15.1	Ekonomi.....	39
2.15.2	Faktor Personalitas.....	39

2.16 Lokasi Pemutus dan Peralatan Masukan.....	40
2.16.1 Induksi Gangguan.....	40
2.17 Daya Listrik.....	41

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian.....	43
3.2 Alat Dan Peralatan.....	43
3.2.1 Alat.....	43
3.2.2 Peralatan.....	43
3.3 Pengambilan Data.....	44
3.3.1 Rekapitulasi Data.....	44
3.3.2 Pengolahan Data.....	44
3.3.3 Analisis.....	44
3.4 Metodologi Pengambilan Data.....	46

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Single Line Diagram Over Current Rele.....	49
4.2 Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat.....	52
4.2.1 Koordinasi Setelan Relai Proteksi.....	54

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	56
---------------------	----

5.2	Saran.....	56
	DAFTAR PUSTAKA.....	57
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Beban Pada <i>Transformator</i>	4.1
--	-----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.3 Aplikasi instrumentasi potensi transformator sekala tegangan tingg.	17
Gambar 2.4 Tipikal rele representatif yang dipergunakan bagi system tenaga ..	20
Gambar 2.5 Tipikal rele proteksi instrumentasi pada gardu tenaga modern.....	21
Gambar 2.6 Tipikal rele solid state untuk proteksi saluran transmisi.....	22
Gambar 2.7 Lokasi CT pada kedua sisi PMT.....	26
Gambar 2.8 Lokasi CT pada satu sisi PMT.....	27
Gambar 2.9 Zona tumpeng tindih dari suatu system proteksi.....	28
Gambar 2.10 Besar daya yang dapat ditransmisikan sebagai fungsi waktu.....	29
Gambar 2.11 Over current rele IWU 2-3.....	33
Gambar 2.12 Sistem over current rele.....	34
Gambar 2.13 Karakteristik rele arus lebih seketika.....	36
Gambar 2.14 Karakteristik rele arus lebih waktu tertentu.....	37
Gambar 2.15 Arah aliran arus listrik.....	41
Gambar 3.1 Diagram alir studi.....	46
Gambar 4.1 One line diagram system tenaga PT.Charoen Pokphand Indonesia..	47
Gambar 4.2 Single line diagram instalasi over current rele pada transformator....	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Charoen Pokphand Indonesia Tbk (CPIN) bergerak dalam bidang pakan ternak, pengembangbiakan dan budidaya ayam pedaging bersama dengan pengolahannya, makanan olahan, pelestarian ayam dan daging sapi termasuk unit *cold storage*, penjualan pakan unggas, ayam dan daging sapi, dan bahan dari sumber hewani di dalam wilayah Negara republik Indonesia maupun di luar negara sejauh diizinkan oleh undang-undang yang telah ditetapkan. Perusahaan mulai beroperasi secara komersial pada tahun 1972. *Grand Tribute Corporation* adalah entitas induk utama perusahaan dan anak perusahaan

Seiring dengan perkembangan jaringan sistem tenaga yang dari waktu ke waktu semakin besar maka diperlukan cara-cara yang lebih efektif yang bisa digunakan untuk memproteksi sistem dari gangguan. Sistem proteksi pertama yang dilakukan untuk mengamankan sistem adalah dengan menggunakan sekering. Kemudian disusul dengan menggunakan rele beban lebih ataupun tegangan kurang yang kemudian diikuti oleh berkembangnya sistem proteksi dengan rele arus lebih. Sebelum teknologi jenis- jenis rele lain berkembang, rele arus lebih inilah rele proteksi yang pertama dan paling sederhana yang banyak digunakan untuk memproteksi jaringan sistem tenaga listrik. Dalam perkembangan waktu rele proteksi ini kemudian berkembang mulai dari penerapan sederhana menggunakan satu rele hingga beberapa rele yang diatur secara bertingkat berdasarkan besarnya

arus gangguan yang berbeda-beda sesuai letak gangguan. Proteksi arus bertingkat ini dimaksudkan agar rele-rele tersebut bisa mengatasi gangguan secara diskriminatif sesuai dengan letak gangguan. Disamping itu faktor lain yang perlu di perhatikan agar sebuah rele arus lebih dapat bekerja secara tepat dan stabil maka perbedaan antara arus hubung singkat minimum dengan arus beban maksimum harus cukup besar. Hal tersebut diperlukan agar rele arus lebih tersebut tidak boleh bekerja terhadap arus beban lebih maksimum. Pada dasarnya rele arus lebih dapat diklasifikasikan atas dua kategori, yaitu rele arus lebih biasa atau non-direksional dan rele arus lebih yang dilengkapi dengan elemen arah.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka penulis mengambil judul penelitian “*Studi Proteksi Sistem Tenaga Listrik Pada Trafo 1600 KVA Menggunakan Current Relay IWU 2-3*”

1.2. Rumusan masalah

Adapun masalah yang diangkat berdasarkan latar belakang diatas adalah :

1. Bagaimana cara kerja rele arus lebih (ocr)?
2. Karakteristik rele arus lebih?
3. Bagaimana perhitungan koordinasi rele arus lebih dalam sistem tenaga listrik?

1.3. Tujuan penulisan

Adapun tujuan penulisan skripsi ini adalah :

1. Mahasiswa dapat mengaplikasikan prinsip kerja dari rele arus lebih atau over current relay
2. Menganalisis karakteristik dari rele arus lebih.
3. Menganalisis penggunaan dan setting dari rele arus lebih.

1.4. Manfaat penulisan

Manfaat dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1.4.1. Manfaat teoritis :

Skripsi ini diharapkan mampu memberikan sumbangan teoritis terkait rele arus lebih pada mahasiswa dan masyarakat umum yang berkaitan dibidang kelistrikan sistem tenaga listrik agar lebih memahami tentang rele arus lebih.

1.4.2. Manfaat praktis :

Dapat menganalisis prinsip kerja, penggunaan dan penyettingan rele arus lebih, dan karakteristik dari rele arus lebih dalam sistem proteksi tenaga listrik.

1.5 Sistematika Penulisan

Gambaran penelitian ini secara singkat dapat diuraikan pada sistematika penulisan sebagai berikut.

Bab I Pendahuluan

Bab ini menguraikan tentang latar belakang penulisan, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II Landasan Teori

Bab ini berisi tentang teori-teori dasar yang menunjang dalam pengerjaan skripsi, yaitu mencakup tentang rele proteksi.

Bab III Metodologi Penelitian

Pada bab ini berisi gambaran tentang bahan penelitian, alat penelitian, batasan objek kajian, prosedur penelitian dan pengumpulan data.

Bab IV Analisa dan Pembahasan

Dalam bab ini disertakan hasil–hasil kajian dan analisa sebagai pembuktian dari pembahasan pada bab-bab sebelumnya yang telah diterapkan ke dalam sistem kapasitor bank ini.

Bab V Penutup

Bab ini berisi tentang simpulan yang diperoleh dalam melakukan analisis dan pembuatan skripsi serta saran-saran yang ingin disampaikan penulis untuk pengembangan selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Teori Yang Relevan

Telah dilakukan penelitian sebelumnya ditahun 2016 oleh Zulkarnaini, Saiful, Suwandi A, yang berjudul “Analisa Perhitungan Setting Over Current Relay Pada Transformator Daya Area Lukit Di Emp Malacca Strait SA”. Penelitian ini adalah untuk mendapatkan settingan dari Over Current Relay yang disebabkan oleh gangguan pada transformator daya yang digunakan . Dari hasil penelitian didapatkan besar arus gangguan fasa ketanah yang mengalir sebesar 9375 A dan setting waktu Over Current Relay 0.24 detik. Nilai arus gangguan yang mengalir pada transformator tersebut merupakan nilai yang besar, maka relay OCR pun bekerja diwaktu yang cepat.

Oleh Rudianto Putra Pratama mahasiswa Jurusan Teknik Elektro - FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada penelitiannya yang berjudul “Perancangan Sistem Proteksi (Over Current dan Ground Fault Relay) Untuk Koordinasi Pengaman Sistem Kelistrikan PT. Semen Gresik Pabrik Tuban IV”, dimana analisa dilakukan dengan menggunakan software ETAP 7.0.0 untuk mengetahui settingan rele pengaman yang tepat dengan menggambarkan kurva karakteristik rele pengaman dan pemilihan peralatan proteksi sesuai dengan kebutuhan dan budget yang telah di anggarkan sehingga keandalan sistem saat proses produksi semen tetap terjaga dan optimal.

Oleh Muhalan, Husodo Budiyanto, mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, pada penelitiannya yang berjudul “Analisa Perhitungan dan Pengaturan Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah pada Kubikel Cakra 20 KV Di PT XYZ”. Pada tulisan ini diberikan perhitungan setting relay arus lebih dan relay tanah pada penyulang keluar dari kubikel Cakra 20 kV di sebuah perusahaan, yang karena alasan privacy disebutkan sebagai PT XYZ. Analisa yang dilakukan menunjukkan bahwa setting relay arus lebih dan relay tanah eksisting telah sesuai dengan standar yang berlaku.

Oleh A.Asni B, Muh.Kaiyin Saleh, Bambang Sugeng, mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Balikpapan, pada penelitiannya yang berjudul “Evaluasi Penyetelan Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah pada Penyulang J.3 Gardu Karang Joang Balikpapan”, mendapatkan hasil perbandingan antara perhitungan dan data terpasang pada Gardu Induk Karang Joang mendekati sama. Hasil perhitungan dari setting OCR pada sisi incoming di dapat nilai $TMS = 0,1955$. Sedangkan setting OCR pada sisi outgoing diperoleh nilai $TMS = 0,1294$. Penyetelan GFR pada sisi incoming di dapat nilai $TMS = 0,2807$. Sedangkan setting GFR pada sisi outgoing diperoleh nilai $TMS = 0,1102$. Ini menunjukkan bahwa setting yang terpasang pada Gardu Induk Karang Joang masih dalam kondisi baik.

Oleh Andry E.P Ismail, Taufik Ismail Yusuf, Ervan Hasan Harun, mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo, pada

penelitiannya yang berjudul “Studi Koordinasi Relai Arus Lebih dan Gangguan Tanah pada Penyulang Gardu Induk 20 kV Marisa” menyimpulkan bahwa Kondisi koordinasi antara relai arus lebih (OCR) penyulang masuk MR 2.1 dengan relai arus lebih (OCR) penyulang keluar MR 1 dan MR 6 tidak begitu bagus, karena penyulang MR 1 dan MR 6 nilai arus gangguan di tengah-tengah jaringan lebih kecil dari setelan arus (Iset) OCR MR 2.1 sehingga membuat relai OCR MR 2.1 sebagai pengaman cadangan tidak dapat berkerja jika pengaman utama gagal berkerja pada saat terjadi gangguan hubung singkat di ujung jaringan. Sedangkan untuk koordinasi MR 2.1 dengan MR 3 dan MR 4 sudah bagus karena relai penyulang masuk dapat berkerja pada saat gangguan di ujung jaringan dan relainya tidak berkerja secara bersamaan. Adapun kondisi koordinasi antara relai gangguan tanah (GFR) penyulang masuk MR 2.1 dengan relai gangguan tanah (GFR) penyulang keluar MR 1, MR 3, MR 4, MR 6 sudah bagus karena gambar kurvanya tidak saling berpotongan sehingga relai tidak akan berkerja secara bersamaan dan memiliki waktu kerja relai yang cepat untuk memerintahkan pemutus tenaga (PMT) berkerja.

Tugas Akhir Yang Berjudul : “Evaluasi Koordinasi Setting Relay Proteksi OCR Pada Jaringan Distribusi Daya Pemakaian Sendiri di PT Indonesia Power Unit Pembangkit Semarang Tambak Lorok Blok I Dengan Etap 7.5.0 Menyatakan bahwa dari penelitian ini di dapat suatu pemahaman, bahwa Besar nilai arus gangguan hubung singkat minimum ($I_{sc\ Min}$) yang digunakan dalam perhitungan arus setting (Iset) pada tiap bus di jaringan distribusi daya pemakaian sendiri tambak lorok blok I, yaitu pada bus 1APB-PDC-21 sebesar 34881 A, bus 1APB-

SWG-21 sebesar 17367 A, Bus 2C sebesar 22046 A, Bus 3A sebesar 6968 A, Bus 3B sebesar 6968 A, Bus 3C sebesar 22046 A, Bus 4B Sebesar 18596 A, Bus 5A sebesar 6968 A, Bus 5B sebesar 6968 A, dan Bus 5C Sebesar 22046 A. (Agung Nugroho, 2015)

”Analisis Perhitungan Arus dan Wsktu Pada Relay Arus Lebih (OCR) Sebagai Peroteksi Trafo Daya Di Gardu Induk Cawang Lama Jakarta”, menyatakan hasil yang di peroleh yaitu, Setting relay arus lebih (OCR) sisi 20 kv sebesar 2000 Ampere untuk sisi primer, 5 Ampere untu sisi sekunder dengan tap pada relay 1 dan waktu kerja relay (TMS) atau *time dial* sebesar 0,23. Sedangkan untuk *Grounding faultrelay* (GFR) sisi 20 kV sebesar 400 ampere untuk sisi primer, sisi sekunder sebesar 1 Ampere, tap relai 0,2 dan waktu kerja relay GFR (TMS) atau *time dial* sebesar 0,3 detik (Sutarti, 20015).

“Analisis Penyetelan Proteksi Arus Lebih Penyulang Cimalaka di Gardu Induk 70 kV Sumedang” Kesimpulannya menyatakan hasil yang di peroleh yaitu: arus gangguan hubung singkat yang terbesar terjadi pada jarak 0% dari panjang penyulang atau pada busbar 20 kV yaitu sebesar 2428,391 A untuk gangguan arus hubung singkat dua fasa 2103,049 A. Dalam untuk arus hubung singkat satu fasa ke tanah 570,406 A. Sedangkan arus hubung singkat terkecil terjadi pada jarak 100% dari panjang penyulang atau pada ujung penyulang. Untuk gangguan hubung singkat dua fasa 371,937 A. Untuk arus gangguan hubung singkat atau fasa ke tanah 186,415 A. Dan setelan OCR disisi penyulang Iset primer = 315 A. Iset skunder 5,25 A. TMS = 0,089 detik. OCR sisi *incoming* Iset (primer) 18,642 A Iset

(skunder) = 0,311 A. TMS = 0,100 detik. GFR sisi *incoming* Iset (primer) 14,913 A. Iset (skunder) = 0,249 A. TMS = 0,259 detik (Fajar Pranayuda, 2012).

“Studi Koordinasi Peralatan Proteksi OCR dan GFR Pada Penyulang Tibubeneng” di dapat kesimpulan bahwa koordinasi setting *Over Current Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR) pada relay penyulang Terhubung, *recloser* Dama dan *recloser* tandeg Masih kurang baik. *Grading time* antara ketiga peralatan proteksi hubung singkat pada beberapa nilai arus hubung singkat masih dibawah 0,2 detik dan adanya perpotongan garis kurva menyebabkan kemungkinan ketiga peralatan tersebut mengalami trip secara bersama atau saling *overlap*. Penentuan nilai seting arus, setting waktu dan pemilihan karakteristik kurva sangat mempengaruhi tingkat koordinasi sistem peroteksi. Seting OCR dan GFR relay penyulang tibubeneng, *recloser* Dama dan *recloser* tandeg direkomendasikan untuk dilakukan setting ulang sesuai dengan hasil perhitung. (Indra Baskara, I W. Sukerayasa, W.G. Ariastina, 2015).

“Evaluasi Koordinasi Relay Arus Lebih (OCR) dan Gangguan Tanah (GFR) Pada Gardu Induk Garuda Sakti Pekanbaru” Pada transformator tenaga, OCR hubung tanah yang lebih dikenal GFR (*Ground Fault Relay*) pada dasarnya memiliki prinsip kerja sama dengan relay lebih (OCR) namun memiliki perbedaan dalam kegunaanya. Bila relay OCR mendeteksi adanya hubungan singkat antara fasa, maka GFR mendeteksi adanya hubung singkat ketanah. (Khalik AI Ridha,2016).

“Analisis Seting Relay Arus Lebih dan Relay Gangguan Tanah Pada Penyulang Topan Gardu Induk Teluk Betung”. Permasalahan koordinasi adalah menentukan urutan operasi relay untuk masing-masing lokasi gangguan yang memungkinkan adanya koordinasi pada intinya adalah memilih dan menentukan setting waktu untuk menentukan daerah peroteksi terhadap gangguan sementara pada penyulang bila terjadi pada manuver/pelimpahan beban. Koordinasi sistem peroteksi system proteksi dapat melokalisasi dan mengisolasi daerah yang terganggu sehingga dapat mengurangi jumlah pemadaman pada konsumen.

“Analisa relay arus lebih dan relay gangguan tanah pada sadewa di GI cawing”. Menyatakan bahwa dari penelitian ini di dapat suatu pemahaman, bahwa besarnya arus gangguan hubung singkat di pengaruhi oleh jarak titik gangguan. Semakin jauh jarak gangguan maka semakin kecil gangguan arus hubung singkatnya. Begitu sebaliknya Besar arus gangguan di tiga fasa = 0% = 11547 A, 25% = 9813,67 A, 50% = 8417,37 A, 75% = 7279,78 A, 100% = 6374,15 A, 75% = 6304,48 A, 100% = 5520,18 A, 50% = 882,49 A, 75% = 861,59 A, 100% = 841,66 A. Dan setelah OCR sisi incoming 20 kV Iset (primer) = 1818,6 A, Iset (skunder) = 5 A, dan TMS = 0,164 detik. Dan setelah GFR sisi incoming 20 kV Iset (primer) = 64,04 A, Iset (skunder) = 0,16 A dan TMS = 0,26 detik. GFR sisi penyulang Iset (primer) = 81,3 A, Iset (skunder) = 1,3, dan TMS = 0,103 detik (Irfan afandi,2009)

“Evaluasi koordinasi rele proteksi pada feeder distribusi terhadap kemungkinan gangguan *symphetic tripping* pada gangguan satu saluran ke tanah”.

Adalah menyatakan bahwa dari penelitian ini dapat suatu pemahaman adanya arus kapasitif pada masing-masing penyulang, sedangkan pada sistem jaringan tegangan menengah pada umumnya di pakai relay gangguan tanah dengan karakteristik waktu tertentu (*definite time relay*). Penggunaan *definite time* ini akan menyebabkan *symphetic tripping* karena waktu kerjanya tertentu setelah relay ini pickup sehingga menghasilkan tripping yang serentak pada jaringan yang terganggu. Untuk gangguan di 25% = 909,997 A. 50% = 868,261 A. 75% = 829,844 A. 100% = 793,373 A dan Iset = 0,99 A TMS = 0,1 detik. (A.Kurniati, 2011)

2.2 Pengertian Dasar Proteksi

Secara umum pengertian dari proteksi ialah cara untuk mencegah atau membatasi kerusakan peralatan terhadap gangguan, sehingga kelangsungan penyaluran tenaga listrik dapat dipertahankan. Tegangan menengah ialah pengaman yang terdapat pada sel-sel tegangan menengah. Penyulang tegangan menengah ialah penyulang tenaga listrik yang berfungsi untuk mendistribusikan tenaga listrik tegangan menengah (6 kV-20 kV) yang terdiri dari :

- a. Saluran udara tegangan menengah (SUTM)
- b. Saluran kabel tegangan menengah (SKTM)

Untuk pengaman bagian sisitem yang lebih penting, digunakan sistem proteksi yang terdiri dari perangkat peralatan proteksi yang komponen-komponen terpentingnya adalah :

1. Relay proteksi : Sebagai elemen perasa yang mendeteksi adanya gangguan atau keadaan abnormal lainnya (*fault detection*).

2. Pemutus tenaga (PMT) : Sebagai pemutus arus gangguan di dalam sirkuit tenaga untuk melepaskan bagian sistem yang terganggu. Dengan kata lain, membebaskan sistem dari gangguan (*fault clearing*). PMT menerima perintah (sinyal trip) dari relay proteksi untuk membuka.
3. Transformator arus dan transformator tegangan : untuk meneruskan arus dan tegangan dengan perbandingan tertentu dari sirkuit primer (sirkuit tenaga) ke sirkuit sekunder (sirkuit relay) dan memisahkan sirkuit sekunder dari sirkuit primernya.

2.3 Tujuan Sistem Proteksi

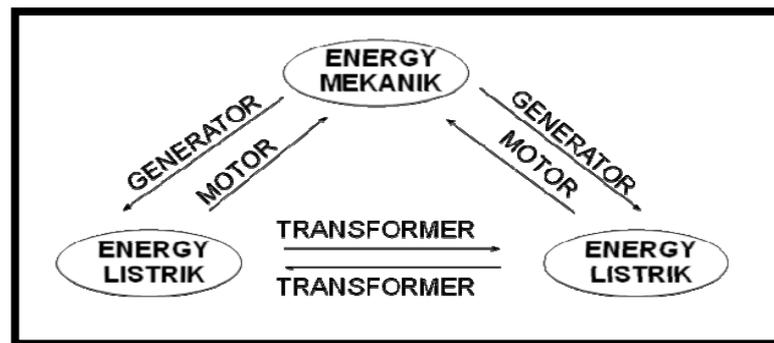
Sebuah relay proteksi bukanlah untuk mencegah mengalirnya arus gangguan yang menuju ke suatu sistem distribusi daya, akan tetapi sistem proteksi berfungsi untuk mencegah kesinambungan arus gangguan yang mengalir menuju sistem distribusi daya dengan cara memutus bagian yang mengalami gangguan dengan cepat. Gangguan pada sistem distribusi tenaga listrik hampir seluruhnya merupakan gangguan hubung singkat, yang akan menimbulkan arus yang cukup besar. Semakin besar sistemnya semakin besar gangguannya. Arus yang besar bila tidak segera dihilangkan akan merusak peralatan yang dilalui arus gangguan. Untuk melepaskan daerah yang terganggu itu maka diperlukan suatu sistem proteksi, yang pada dasarnya adalah alat pengaman yang bertujuan untuk melepaskan atau membuka sistem yang terganggu, sehingga arus gangguan ini akan padam. Adapun tujuan dari sistem proteksi antara lain :

Untuk menghindari atau mengurangi kerusakan akibat gangguan pada peralatan yang dilalui oleh gangguan.

- a. Untuk me-isolasi zona yang mengalami gangguan pada sistem daya listrik dari zona yang aman sehingga zona yang aman tersebut masih bisa berfungsi dan beroperasi tanpa terjadinya kerusakan selama berlangsungnya arus gangguan.
- b. Untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan kehandalan yang tinggi kepada konsumen. Serta memperkecil bahaya bagi manusia.

2.4 Transformator

Transformer merupakan suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk memindahkan dan mengubah tenaga listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya, dengan frekuensi yang sama dan perbandingan transformasi tertentu melalui sesuatu gandang magnet. Tranformator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, dimana perbandingan tegangan antara sisi primer dan sisi sekunder berbandung lurus dengan perbandingan jumlah lilitan dan berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya.

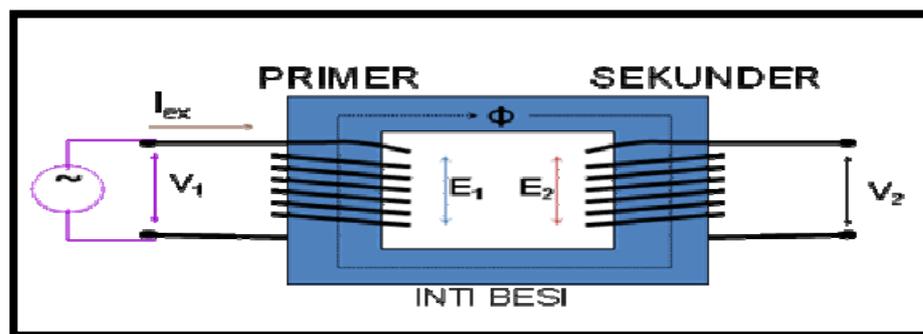


Gambar 2.1 Transformator Energi

2.4.1 Perinsip Kerja Transformator

Transformator terdiri atas dua buah kumparan yang bersifat induktif. Kedua

kumparan ini terpisah secara elektris namun berhubungan secara magnetis melalui jalur yang memiliki reluktansi rendah. Apa bila kumparan perimer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak balik, maka fluks bolak balik akan muncul di dalam inti yang di laminasi. Karena kumparan tersebut membentuk jaringan tertutup, maka mengalirlah arus perimer. Akibat adanya fluks di kumparan primer, maka di kumparan primer terjadi induksi dan terjadi pula induksi di kumparan sekunder karena pengaruh induksi dari kumparan primer atau disebut sebagai induksi bersama yang menyebabkan timbulnya fluks magnet di kumparan sekunder. Maka mengalirlah arus sekunder jika rangkaian sekunder dibebani, sehingga energi listrik dapat ditranfer keseluruhan.



Gambar 2.2 Rangkaian transformer

Berdasarkan hukum Faraday yang menyatakan magnitude dari electromotive force (emf) proporsional terhadap perubahan fluks terhubung dan hukum Lenz yang menyatakan arah dari emf berlawanan dengan arah fluks sebagai reaksi perlawanan dari perubahan fluks tersebut didapatkan persamaan :

$$e = -\left(\frac{d\Psi}{dt}\right) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

e = emf sesaat (*instantaneous emf*)

Ψ = fluks terhubung (*linked flux*)

Dan pada transformer ideal yang dieksitasi dengan sumber sinusoidal berlaku persamaan:

$$E = 44,4 \times \Phi_m \times N \times f \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

E = Tegangan (rms)

N = jumlah lilitan

Φ_m = fluks puncak (*peak flux*)

f = frekuensi

2.4.2 *Current Transformer*

Current transformer mengukur aliran listrik dan memberikan masukan untuk kekuasaan transformer dan instrumen. *Current transformer* baik menghasilkan arus bolak-balik atau tegangan bolak-balik yang sebanding dengan arus yang diukur. Ada dua tipe dasar transformator saat ini, yaitu wound dan toroida. Transformer wound saat ini terdiri dari integral belitan primer yang

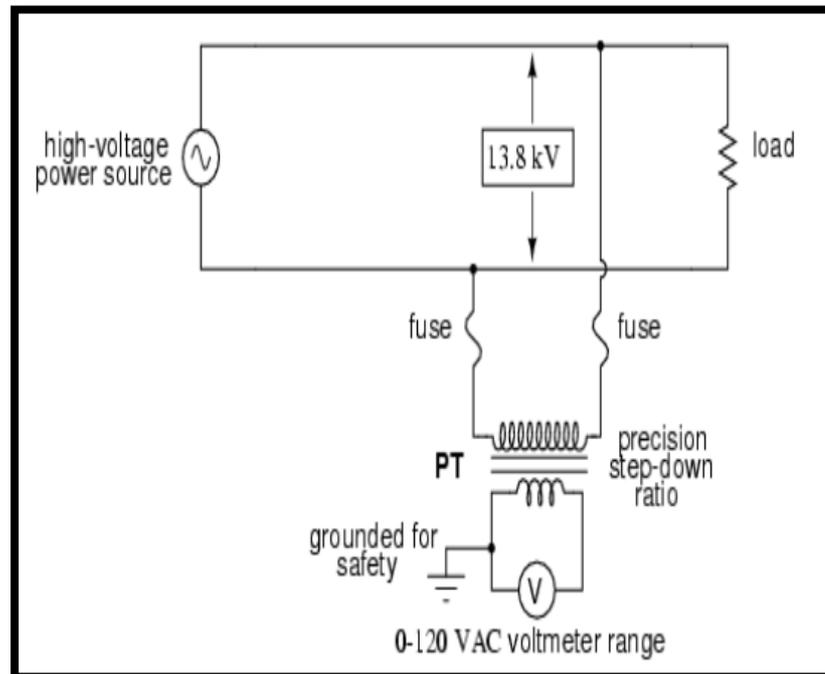
dimasukkan secara seri dengan konduktor yang membawa arus yang diukur. Toroidal atau berbentuk donat transformer saat ini tidak mengandung belitan primer. Sebaliknya, kawat yang membawa arus threaded melalui jendela di transformator toroida.

Beberapa CTS dibuat untuk engsel terbuka, memungkinkan insersi sekitar konduktor listrik konduktor tanpa mengganggu sama sekali. Standar industri untuk arus sekunder CT adalah kisaran 0 hingga 5 ampli AC. Seperti PTS, CTS dapat dibuat dengan rasio berliku kustom untuk memenuhi hampir semua aplikasi. Karena mereka "beban penuh" arus sekunder adalah 5 ampli, rasio CT biasanya digambarkan dalam hal beban penuh amp utama sampai 5 ampli, seperti ini:

1. 600: 5 ratio (*for measuring up to 600 A line current*)
2. 100: 5 ratio (*for measuring up to 100 A line current*)
3. 1k: 5 ratio (*for measuring up to 1000 A line current*)

2.4.3 Potential Transformer

Transformer juga dapat digunakan dalam sistem instrumentasi listrik. Karena transformer kemampuan untuk meningkatkan atau turun tegangan dan arus, dan listrik isolasi yang mereka berikan, mereka dapat berfungsi sebagai cara untuk menghubungkan peralatan listrik tegangan tinggi, sistem tenaga arus tinggi. Misalkan kita ingin secara akurat mengukur tegangan 13,8 kV sebuah power sistem.



Gambar 2.3 Aplikasi Instrumentasi Potensi transformator skala tegangan tinggi ke nilai aman diterapkan pada voltmeter konvensional.

Sekarang voltmeter membaca fraksi yang tepat, atau rasio, dari sistem yang sebenarnya tegangan, mengatur skala untuk membaca seolah-olah mengukur tegangan secara langsung. Transformator instrumen menjaga tegangan pada tingkat yang aman dan mengisolasi listrik dari sistem, sehingga tidak ada hubungan langsung antara saluran listrik dan instrumen atau kabel instrumen. Ketika digunakan dalam kapasitas ini, trafo disebut Potensi Transformer, atau hanya PT.

Potensial transformer dirancang untuk memberikan seakurat tegangan rasio *stepdown*. Untuk membantu dalam regulasi tegangan yang tepat, beban seminimal mungkin, voltmeter dibuat untuk memiliki impedansi masukan yang tinggi sehingga menarik sedikit arus dari PT. Seperti yang anda lihat, pada gambar 2.3 sumbu telah terhubung secara seri dengan gulungan primer PT, untuk keselamatan

dan kemudahan memutus tegangan dari PT.

Standar tegangan sekunder untuk sebuah PT adalah 120 volt AC, untuk *full-rated* tegangan listrik. Rentang voltmeter standar untuk menemani PT adalah 150 volt, skala penuh. PTS dengan rasio berliku kustom dapat dibuat sesuai dengan aplikasi apapun. Ini cocok baik untuk standarisasi industri voltmeter yang sebenarnya instrumen sendiri, karena PT akan menjadi ukuran untuk langkah sistem tegangan ke tingkat instrumen standar ini.

2.4.4 Gangguan Pada Transformator Daya Dan Penyulang

Gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik dapat di golongan menjadi dua bagian yaitu gangguan yang bersifat tetap (permanen) dan gangguan yang bersifat sementara (temporer). Gangguan yang sifat permanen adalah gangguan yang dapat mengakibatkan kerusakan secara permanen, misalnya hubungan singkat pada kabel atau belitan trafo karena tembusnya isolasi. Disini pada titik gangguan memang terjadi kerusakan yang permanen. Peralatan yang terganggu tersebut bisa dioperasikan kembali setelah bagian yang rusak di perbaiki atau diganti.

Gangguan yang bersifat sementara adalah gangguan yang tidak mempunyai kerusakan secara permanen di titik gangguan, misalnya *flashover* antara penghantar fasa dan tanah/tiang karena sambaran petir, dahan pohon yang menyambar konduktor karena tertiuip angin, atau brung/binatang lain yang terbang/merayap mendekati konduktor fasa. Gangguan hubung singkat yang terjadi antara fasa (dua fasa atau tiga fasa) atau antara satu fasa ke tanah dapat bersifat sementara atau permanen.

2.5 Sistem Proteksi Transformator

Terdapat dua jenis sistem Proteksi Transformator, diantaranya adalah:

1. Proteksi Eksternal

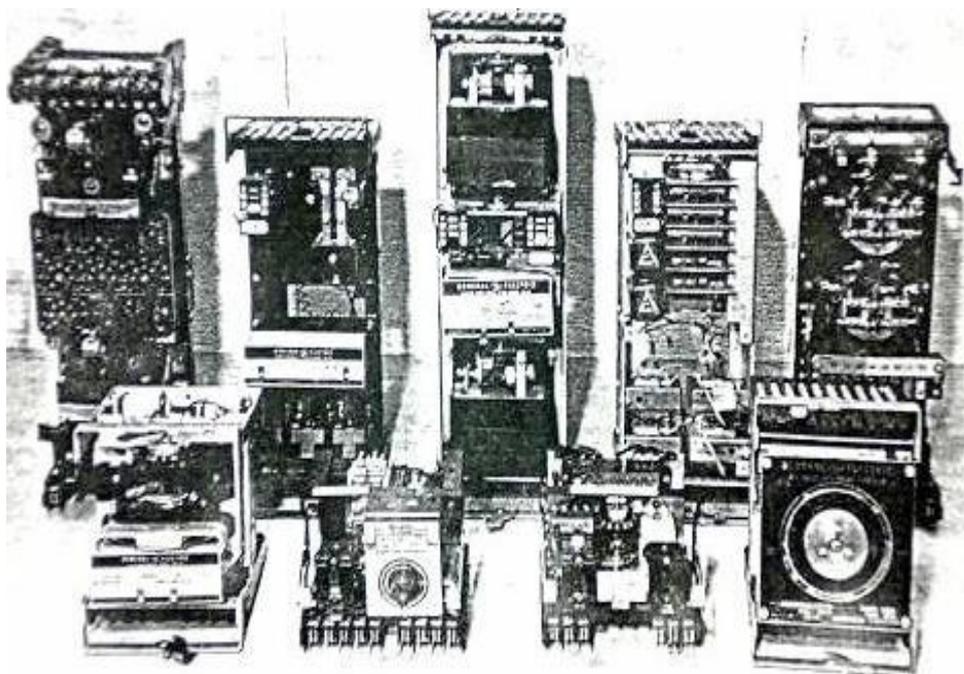
Proteksi eksternal yaitu instalasi dan alat-alat di luar sebuah struktur untuk menangkap dan menghantar arus petir kesistem pentanahan.

2. Proteksi Internal.

Proteksi internal merupakan peroteksi peralatan elektronik terhadap efek dari arus petir. Terutama efek medan magnet dan medan listrik pada instalasi metal atau sistem listrik.

2.6 Tipikal Relay Proteksi Dan Sistem Rele

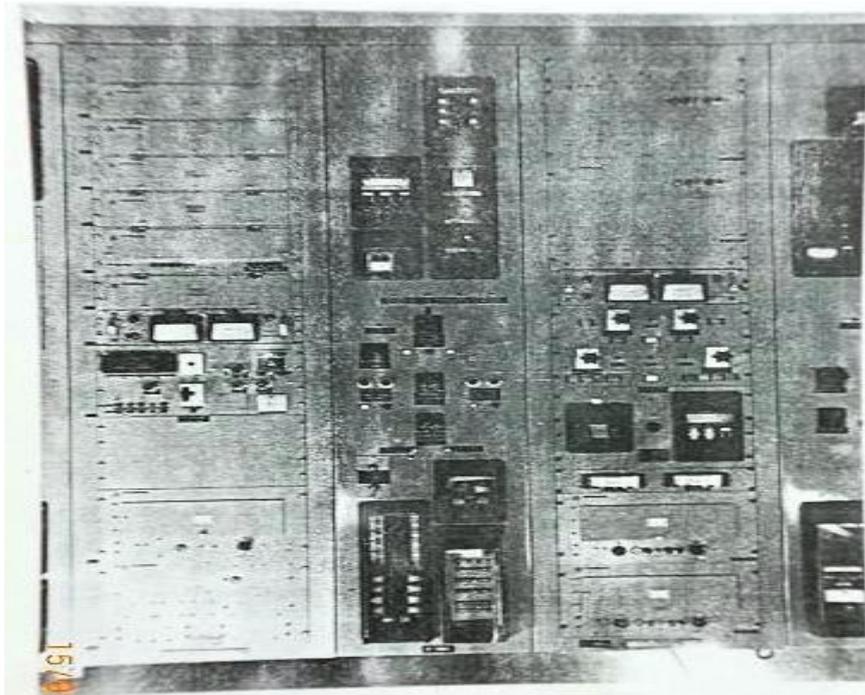
Relay tipe *solidstate* memiliki keunggulan dalam akurasi waktu, sensor frekuensi, dan untuk sistem yang butuh keputusan logic yang lebih dari satu, seperti proteksi 'pilot'. Solidstate umumnya digunakan pada sistem tenaga tegangan rendah dimana rele dan PMT keduanya merupakan satu kesatuan.



Gambar 2.4 Tipikal representatif rele proteksi yang dipergunakan bagi proteksi sistem tenaga.

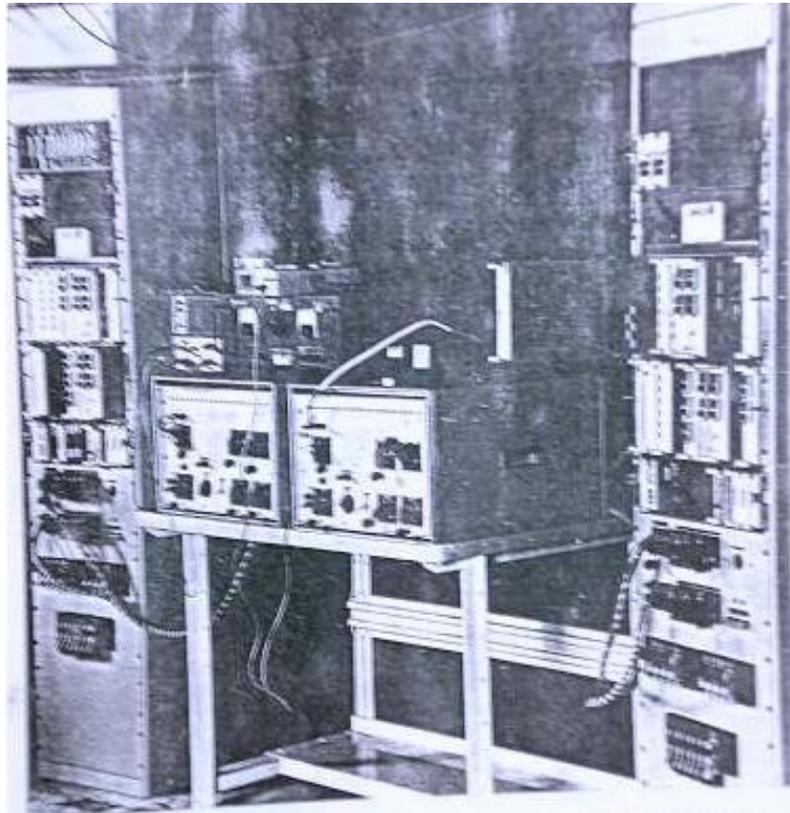
Penggunaan relay elektromekanis dalam sistem ini dirasakan kurang akurat, kadangkala tidak sensitif, dan sukar melakukan pengujian. Saat ini relay tipe solidstate semakin banyak dipakai dalam sistem tenaga listrik. Karakteristik dasar dari desain relay perlu dipahami, penjelasan lebih detil mengenai hal ini diberikan pada bab berikutnya. Bagi yang belum mengenal rele proteksi, sebuah koleksi relay tipe elektromekanis diperlihatkan dalam Gambar 2.4 Relay-relay ini telah dilepaskan dari kasingnya. Unit- unit rele maupun kasingnya, sama seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.4 Penyambungan rele dengan sirkit-sirkit pendukung dan sirkit lainnya dilakukan melalui plug atau saklar yang tersedia. Ketiga bagian dari suatu pengendali-papan saklar sistem proteksi bagi sirkit 500 kV diperlihatkan Gambar 2.5 Gambar 2.5 ini mengilustrasikan kombinasi dari rele solid state dan elektromekanis. Rele solid state pada umumnya terpasang dalam rak-rak seperti

ditunjukkan dalam gambar. Pintu-pintu yang tersedia memungkinkan akses guna memperbaiki atau mengganti sirkit pada papan sirkit yang ada dan selain itu dilengkapi dengan fasilitas pengujian.



Gambar 2.5 Tipikal relay proteksi, kendali dan saklar instrumentasi pada gardu sistem tenaga modern

Dua panel rele solid state yang sedang dalam pengujian diperlihatkan Gambar 2.6. Penutup muka dari panel tengah dibuka sehingga bagian dalam dari panel dapat diakses.



Gambar 2.6 Tipikal rele solid state untuk proteksi saluran Transmisi pada saat sedang dalam pengujian pabrik

2.7 Keandalan

Pentingnya mempertahankan tingkat keandalan sistem tenaga elektrik telah dikemukakan dalam tinjauan pustaka. Kesalahan operasi pada suatu sistem tenaga elektrik dapat terjadi disebabkan oleh salah satu dari keadaan berikut:

- a. Kesalahan desain
- b. Kesalahan Instalasi
- c. Penuaan

2.7.1 Desain

Hal ini merupakan sesuatu yang sangat penting. Keadaan sebuah sistem tenaga elektrik harus dipahami dengan baik untuk menghasilkan sebuah desain yang baik. Pengujian secara komprehensif sangat dibutuhkan, dan pengujian ini harus mencakup semua aspek dari suatu sistem proteksi sedekat mungkin sebagaimana kondisi sesungguhnya. Untuk sistem proteksi umumnya, sangat perlu untuk melakukan pengujian pada rele, transformator arus dan peralatan bantu lainnya. Pengujian harus dapat mensimulasikan kondisi gangguan yang mungkin terjadi.

2.7.2 Instalasi

Instalasi sebuah sistem proteksi yang baik sangat dibutuhkan, tetapi kompleksitas rangkaian dalam sebuah instalasi sistem proteksi akan menyulitkan dalam melakukan pemeriksaan dan pengujian sistem. Pengujian menjadi hal yang mutlak diperlukan untuk menguji apakah instalasi terpasang secara benar dan seluruh komponen sistem bekerja sesuai dengan fungsinya. Mengingat sangat sulit untuk mensimulasikan seluruh kondisi gangguan secara benar, pengujian ini harus dilaksanakan untuk melihat kondisi instalasi sistem. Inilah gunanya pengujian ditempat, yang dapat dilakukan secara terbatas dan sederhana dan langsung guna membuktikan bahwa koneksi yang dilakukan telah benar dan bebas dari kemungkinan kerusakan peralatan.

2.7.3 Penuaan Dalam Operasi

Setelah bagian-bagian sistem diinstal dengan sempurna, penuaanpun dapat terjadi sejalan dengan waktu yang akan mengganggu fungsi sistem. Sebagai contoh, kontak- kontak mungkin menjadi rusak dan atau terbakar akibat seringnya beroperasi atau akibat kontaminasi dari lingkungan sekitar. Koil atau

bagian lain dari rangkaian menjadi terbuka, komponen-komponen bantu mungkin gagal dan sistem mekanis tertutup dengan debu atau mengalami korosi yang akan menghambat pergerakan sistem. Salah satu kesulitan dalam sebuah sistem proteksi adalah menentukan kapan sebuah sistem dibutuhkan. Pengujian sistem proteksi dilaksanakan tanpa harus mengganggu hubungan-hubungan permanen rangkaian. Hal ini dapat dilakukan dengan cara melakukan pengujian perblok atau pengalihan. Bila diperlukan pemutusan temporer, maka untuk menghindari kesalahan penyambungan ulang digunakan bendera penanda yang diletakkan pada titik-titik atau terminal penyambungan. Kualitas personel yang melaksanakan pengujian juga sangat menentukan. Personel harus benar-benar menguasai tugasnya dan memiliki kompetensi yang dibutuhkan dan bekerja mengikuti standar kerja yang diharuskan. Sirkuit-sirkuit yang penting, khususnya yang *vulnerable* harus dipantau secara kontinyu seperti rangkaian pemutus tenaga dan sirkuit pengendalinya.

2.8 Selektivitas

Proteksi disusun dalam zona operasi tertentu, yang mencakup keseluruhan sistem tenaga elektrik tanpa terkecuali sehingga tidak ada daerah yang tidak terlindungi. Bila terjadi gangguan, sistem proteksi dibutuhkan untuk memilih dan memutuskan pemutus tenaga yang terdekat dengan titik gangguan. Sifat pemutusan yang selektif ini dikenal juga dengan sebutan diskriminasi yang dapat dicapai dengan dua metoda, yaitu:

a. Sistem Tingkatan Waktu

Sistem proteksi pada zona yang berdekatan diatur untuk beroperasi dengan tingkatan waktu operasi yang berbeda-beda melalui pengaturan urutan kerja peralatan, sehingga pada saat terjadi gangguan, meski sejumlah peralatan proteksi akan beroperasi merespon adanya gangguan, namun hanya peralatan proteksi yang relevan dengan zona gangguan yang akan menyelesaikan keseluruhan urutan proses pemutusan, sedangkan sistem lain tidak akan menyelesaikan urutan pemutusannya dan akan kembali keposisi awalnya.

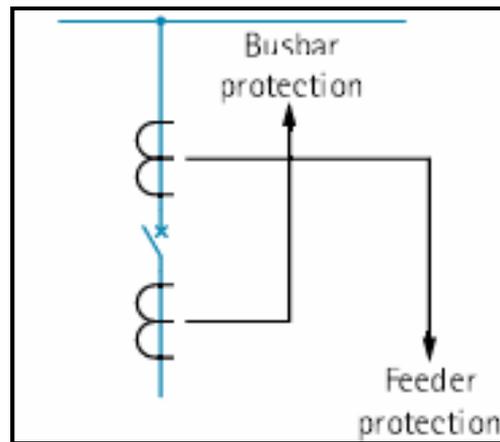
b. Sistem Unit

Dimungkinkan untuk mendesain sistem proteksi yang hanya akan merespon kondisi gangguan yang berada dalam zona yang didefinisikan. Proteksi seperti ini atau daerah proteksi ini dapat diterapkan dalam suatu sistem tenaga elektrik, mengingat bahwa operasi sistem tidak dipengaruhi oleh waktu, maka operasi sistem dapat lebih cepat. Proteksi unit umumnya dicapai dengan membandingkan besaran-besaran sistem dalam batasan daerah operasi tertentu. Beberapa sistem proteksi diturunkan dari sifat 'keterbatasan' dari konfigurasi sistem tenaga dan mungkin saja dapat diklasifikasikan sebagai proteksi unit.

Metoda manapun yang digunakan harus selalu diingat bahwa selektifitas bukanlah bagian dari desain rele, hal ini merupakan suatu fungsi penerapan koordinasi yang benar antara Transformator Arus (CT) dan rele dengan suatu pilihan penyetelan yang tepat dengan mempertimbangkan beberapa hal, seperti arus gangguan, arus beban maksimum impedansi system dan sebagainya sesuai dengan kebutuhan.

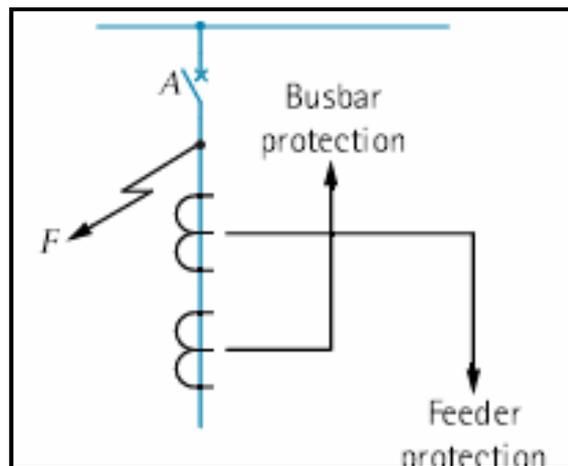
2.9 Zona Proteksi

Idealnya, zona proteksi seperti yang disebutkan terdahulu harus overlap melewati Pemutus Tenaga (PMT atau CB) seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 2.7, dimana PMT menjadi bagian dari kedua zona.



Gambar 2.7 Lokasi CT pada kedua sisi PMT

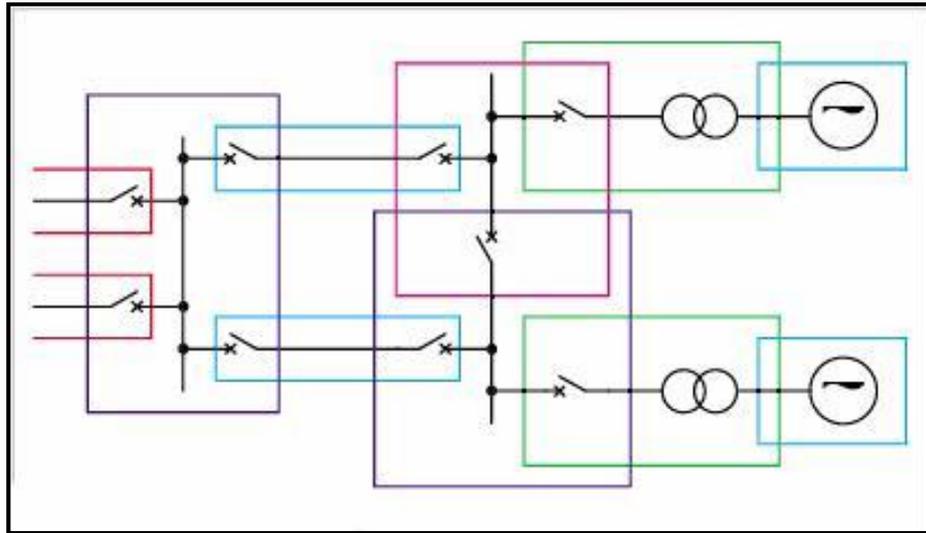
Karena alasan fisis, kondisi ideal ini kerap kali sukar dicapai, sehingga dalam beberapa kasus hanya dimungkinkan CT berada pada salah satu sisi PMT, seperti pada Gambar 2.8. Keadaan ini mengakibatkan bagian antara CT dan PMT A menjadi tidak terlindungi dengan baik bilamana terjadi gangguan didaerah tersebut. Dalam Gambar 2.8, gangguan pada titik F akan mengakibatkan proteksi busbar bekerja dan membuka PMT, namun demikian gangguan tetap berlanjut karena suplai datang dari arah penyulang.



Gambar 2.8: Lokasi CT pada satu sisi PMT

Proteksi Penyulang, bila merupakan proteksi tipe Unit tidak akan bereaksi, karena gangguan ini tidak berada dalam zona operasinya. Masalah ini diatasi dengan membentuk zona tambahan, yang akan bereaksi bilamana pembukaan PMT tidak sepenuhnya dapat menghentikan aliran arus gangguan. Waktu tunda dibutuhkan dalam mengatasi gangguan ini, meski dengan pembatasan operasi ini untuk memberi kesempatan bagi proteksi busbar beroperasi dan waktu tunda dapat dikurangi.

Titik penyambungan dari sistem proteksi dengan sistem tenaga elektrik umumnya menjadi batasan bagi setiap zona operasi dan berhubungan dengan lokasi CT. Sistem proteksi dapat saja menggunakan tipe Unit, dan dalam kasus ini batasan setiap zona didefinisikan dengan jelas dengan loop tertutup. Gambar 2.9 memperlihatkan tipikal pengaturan zona proteksi yang overlap. Alternatif lainnya, zona operasi tidak terlalu ketat, titik awal terdefinisi secara jelas, tetapi zona tambahan tergantung pada bagaimana pengukuran besaran sistem dan karena akan bervariasi tergantung pada sistem tersebut dan kesalahan yang mungkin terjadi.

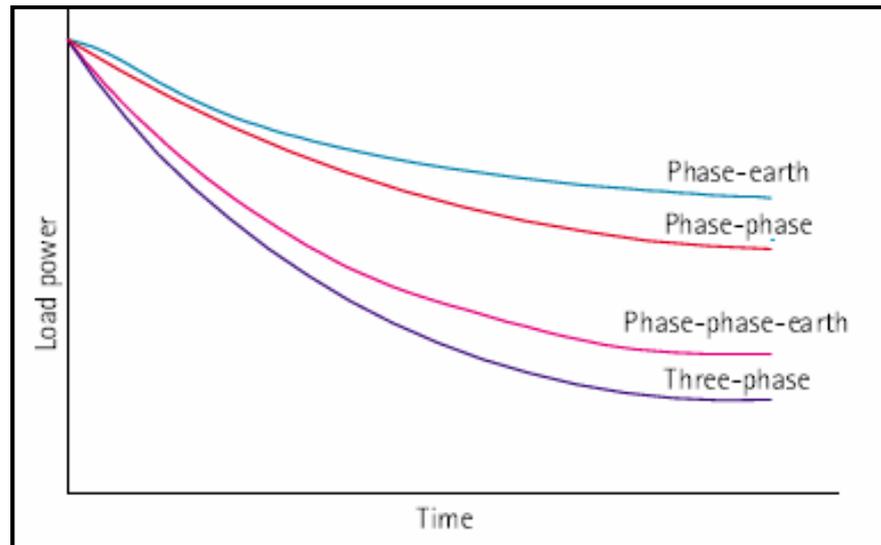


Gambar 2.9: Zona tumpang tindih dari suatu sistem proteksi

2.10 Kecepatan

Fungsi utama dari suatu sistem proteksi adalah mengisolir gangguan dari sistem tenaga sesegera mungkin yang dapat dilakukan. Tujuan utamanya adalah untuk menjaga kontinuitas suplai dengan cara memutuskan setiap gangguan sebelum gangguan tersebut menyebabkan sistem kehilangan sinkronisasinya, yang akan mengakibatkan penghentian operasi pembangkit. Pembebanan pada sistem akan menghasilkan pergeseran fasa antara tegangan pada berbagai titik pembebanan dan karenanya dapat meningkatkan probabilitas kehilangan sinkronisasi pada saat sistem mengalami guncangan akibat adanya gangguan. Semakin cepat gangguan diisolir semakin besar.

kemungkinan pembebanan sistem. Dalam Gambar 2.10 diperlihatkan tipikal relasi antara pembebanan sistem dan waktu pemutusan gangguan untuk berbagai tipe gangguan. Dapat dilihat bahwa, gangguan fasa memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap stabilitas sistem bila dibanding dengan gangguan tanah. Oleh karena itu diperlukan waktu pemutusan yang lebih cepat.



Gambar 2.10 Tipikal besar daya yang dapat ditransmisikan sebagai fungsi dari waktu pemulihan.

Tidak cukup hanya untuk menjaga stabilitas sistem, kerusakan yang tidak diharapkan harus pula dihindari. Daya rusak dari semburan akibat gangguan membawa arus yang sangat besar yang dapat mengakibatkan konduktor tembaga terbakar atau melelehkan laminasi inti transformator atau mesin-mesin elektrik dalam waktu singkat. Meski lokasinya jauh dari sumber gangguan itu sendiri, arus gangguan yang sangat besar dapat menimbulkan kerusakan pada pembangkit bilamana gangguan ini dibiarkan lebih dari beberapa menit. Terlihat bahwa peralatan proteksi harus beroperasi sesegera mungkin. Kecepatan menjadi hal penting, namun pertimbangan ekonomis tetap menjadi perhatian. Oleh karena alasan tersebut, sistem distribusi yang tidak begitu terpengaruh oleh kecepatan operasi sistem proteksi biasanya menggunakan metoda perbedaan waktu pada sistem proteksinya, namun pada sistem transmisi EHV memerlukan peralatan proteksi yang memiliki kecepatan operasi tinggi, pertimbangan penentuan kecepatan operasi hanya dipengaruhi oleh faktor kebenaran operasi relay

2. 11 Sensitivitas

Sensitivitas adalah sebuah terminologi yang kerap dipergunakan yang mengacu pada arus operasi minimum yang diperlukan untuk dapat mengoperasikan sistem proteksi. Sistem proteksi dikatakan sensitif bila arus operasi utama yang dibutuhkannya rendah. Bilamana terminologi ini diterapkan pada rele individual, maka sensitifitas ini tidak mengacu pada penyetelan arus atau tegangan, namun pada besarnya konsumsi VA pada arus operasi minimum. Berbagai tipe elemen rele umumnya merupakan kumparan yang memiliki range penyetelan arus yang cukup lebar, koil yang ada memiliki impedansi yang berbanding terbalik terhadap kuadrat harga arus penyetelan, sehingga VA untuk setiap penyetelan tetap sama. Hal ini merupakan masukan yang benar yang dibutuhkan untuk menggerakkan rele dan juga menjadi ukuran sensitifitas rele tersebut.

2.12 Relay pengaman

Relay merupakan peralatan listrik yang berfungsi mengamankan peralatan listrik jika terjadi gangguan. Relay berkerja sama dengan pemutus tenaga dan trafo instrument serta batrai untuk mengamankan *system* ketika terjadi gangguan.

Relay pengaman adalah suatu piranti baik elektrik maupun magnetik yang dirancang untuk mendeteksi suatu kondisi ketidaknormalan pada peralatan sistem tenaga listrik yang tidak diinginkan. Jika kondisi abnormal tersebut terjadi maka relay pengaman secara otomatis memberikan sinyal atau perintah untuk membuka pemutus tenaga (*circuit breaker*) agar bagian yang terganggu dapat dipisahkan dari system normal. Di samping itu relay juga berfungsi untuk menunjukkan lokasi dan macam gangguannya sehingga memudahkan evaluasi pada saat terjadi gangguan (Tjahjono, 2000). Pada prinsipnya relay pengaman yang terpasang pada *system* tenaga listrik mempunyai tiga macam fungsi, yaitu:

1. Mendeteksi, mengukur dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkan secepatnya.
2. Mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu.
3. Mengurangi pengaruh gangguan terhadap bagian sistem yang lain, yang tidak terganggu didalam sistem tersebut dan dapat beroperasi normal serta mencegah meluasnya gangguan.

2.13 Peralatan proteksi

Bagian-bagian yang terdapat pada transformator harus di lindungi oleh peralatan peroteksi sesuai dengan fungsi masing-masing, baik pada bagian dalam maupun bagian luar transformator. Berdasarkan induksi gangguannya, peralatan proteksi pada transformator terdiri atas:

2.13.1 Relay Bucholz

Relay bucholz adalah relay yang berfungsi untuk mendeteksi dan mengamankan gangguan didalam transformator yang menimbulkan gas. Selama transformator beroperasi normal, relay akan terisi penuh dengan minyak. Pelampung akan berada pada posisi awal. Bila terjadi gangguan yang kecil di dalam tangki transformator, misalnya hubungan singkat pada kumparan, maka akan menimbulkan gas. Gas yang terbentuk akan berkumpul dalam relay pada saat perjalanan menuju tangki konservator, sehingga level minyak dalam relay turun dan akan mengerjakan kontak alarm (kontak pelampung atas). Bila level minyak teranformator turun secara perlahan – lahan akibat dari suatu kebocoran, maka pelampung atas akan memberikan sinyal alarm dan bila penurunan minyak tersebut terus berlanjut, maka pelampung bawah akan memberikan sinyal trip. Bila terjadi busur api yang besar, kerusakan minyak akan terjadi dengan cepat dan

timbul surya tekanan pada minyak yang bergerak melalui pipa menuju ke relay *Bucholz*.

2.13.2 Relay Tekanan Lebih (*Sudden Pressure Relay*)

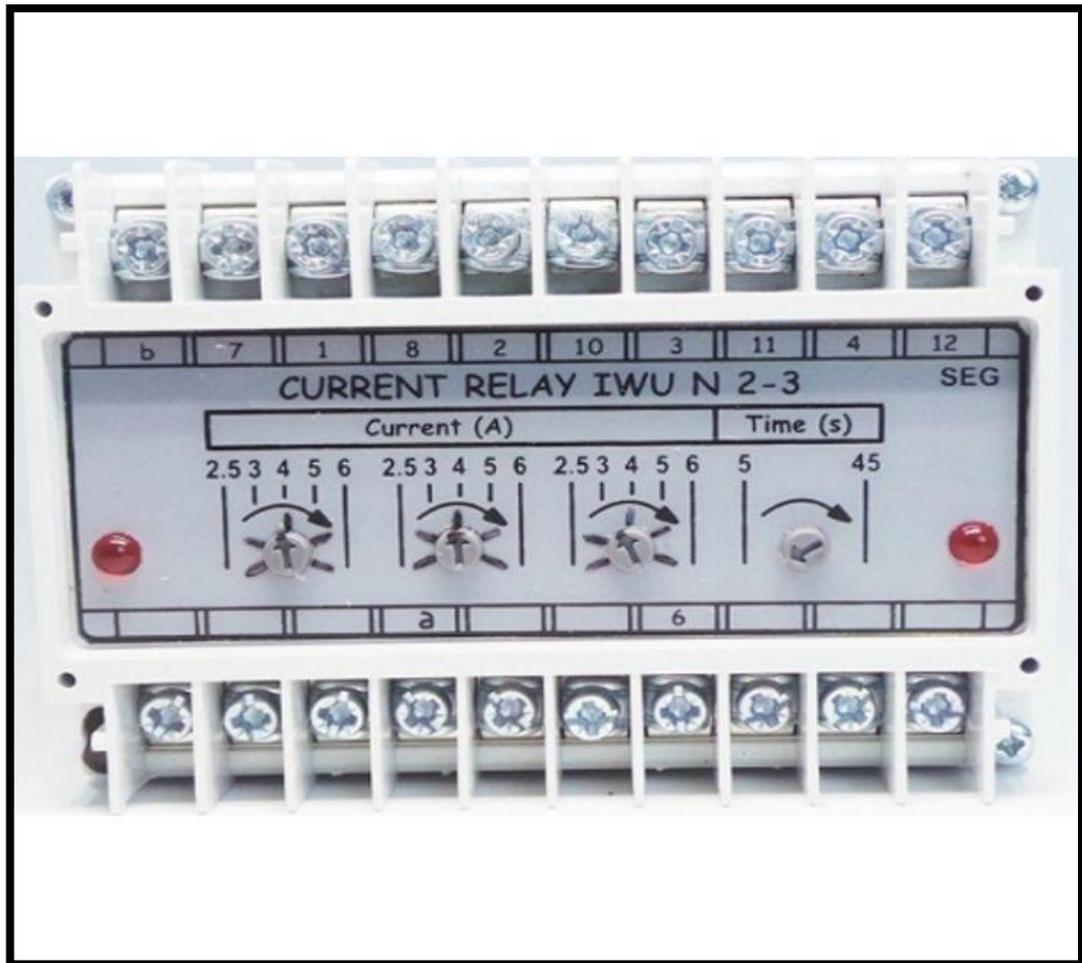
Relay tekanan lebih berfungsi hampir sama seperti relay *bucholz* yaitu mengamankan transformator dari gangguan internal. Bedanya relay ini hanya bekerja apabila terjadi kenaikan tekanan gas tiba-tiba yang disebabkan oleh hubungan singkat.

2.13.3 Relay Diferensial (*Differential relay*)

Relay diferensial berfungsi untuk mengamankan transformator terhadap gangguan hubung singkat yang terjadi di dalam daerah pengaman transformator. Relay ini merupakan pengaman utama (*main protection*) yang sangat selektif dan cepat sehingga tidak perlu dikoordinir dengan relay lain dan tidak memerlukan *time delay*.

2.13.4 Relay Arus Lebih (*Over Current Relay*)

Relay arus lebih bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman yang telah ditentukan dan dalam jangka waktu yang telah ditetapkan. Relay arus lebih akan *pick up* jika besar arus melebihi nilai *setting*. Pada proteksi tranformator daya, relay arus lebih digunakan sebagai tambahan bagi relay diferensial untuk memberikan tanggapan terhadap gangguan luar. Relay ini digunakan untuk mengamankan peralatan terhadap gangguan hubungan singkat antar fasa, hubung singkat satu fasa ke tanah dan beberapa hal dapat digunakan sebagai pengaman beban lebih.



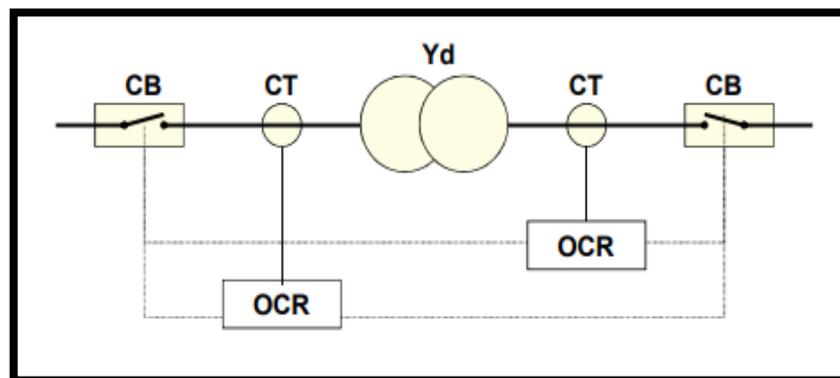
Gambar 2.11: Over current rele IWU 2-3

Unit BFI dilengkapi dengan independen atas ($f >$) dan di bawah pengawasan frekuensi (frekuensi yang diukur secara terus-menerus dibandingkan dengan nilai referensi yang ditetapkan. Untuk pengawasan frekuensi, durasi siklus dievaluasi sehingga pengukuran hamper tidak tergantung pada harmonik. Untuk menghindari tersandung selama operasi normal karena tegangan interferensi, pengulangan pengukuran tetap digunakan.

Technical Data :

Rate voltage U_n : 110V, 230V, 400 V AC frequency range at:
 50 Hz rated frequency : 46 - 54 Hz

60 Hz rater frequency	: 55,2 - 64,8 Hz
Hysteresis	: 0,5% of nominal frequency
Power consumption	: 3,7 VA
Thermal load carrying capacity	: continuously 1,3 x Un
Returning time	: 250 ms
Minimum operating time	: 250 ms
Output relays:	
Max. breaking capacity ohm ic	: 250 V AC/120 W DC
Inductive	: 500 V AC/75 W DC
Rated current	: 5 A
Making current	: 20 A
System data:	
Regulations	: VDE 0435 part 303
Temperature range at storage and operation	: - 25 0C bis + 70 0C



Gambar 2.12: Sistem over current relay

2.14 Seting *Over Current Relay*

Untuk mrnghitung arus seting digunakan arus nominal atau arus beban puncak dan nilai ratio *Curent Transformator* (CT) yang terpasang, hal ini mengikuti perumusan:

$$I_{set} (I_{sek} CT) = 1,3xI_{bebanpenuh} x I / CT \dots\dots\dots (2.3)$$

ketika terjadi gangguan hubung singkat. Dimana I maksimum adalah arus kontribusi maksimum motor ketika terjadi gangguan hubung singkat.

Pada skripsi ini menggunakan standar ANSI/IEEE sehingga untuk mendapatkan baik waktu kerja rele maupun nilai TMS tiap kurva rele dapat menggunakan rumus berikut :

$$T = \left(\frac{A}{M^{p-1}} + B \right) \times TMS \dots\dots\dots (2.4)$$

2.14.1 Prinsip Kerja Relay Arus Lebih

Relay arus lebih adalah relay yang bekerja terhadap arus lebih, ia akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai settingnya (I set) atau relay arus lebih merupakan pengaman yang bekerja karena adanya besaran arus dan terpasang pada jaringan tegangan tinggi, tegangan menengah juga pada pengaman transformator tenaga. Pada dasarnya relay arus lebih adalah suatu alat yang mendeteksi besaran arus yang melalui suatu jaringan dengan bantuan trafo arus. Harga atau besaran yang boleh melewatinya disebut dengan setting.

2.14.2 Jenis-Jenis Relay Arus Lebih

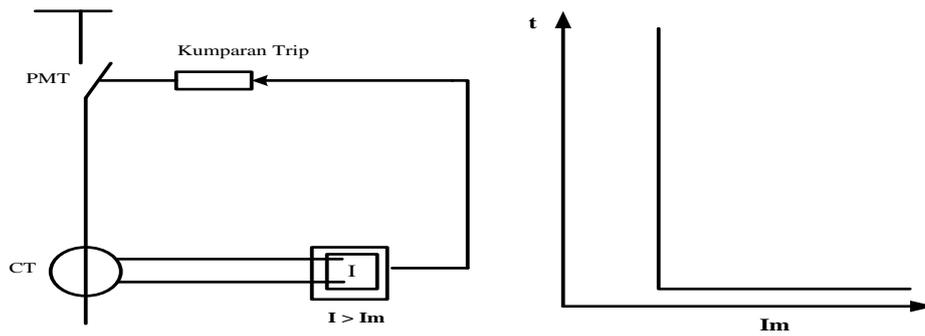
1. *Non-directional*
2. *Directional*
3. Kontrol tegangan
4. Penahan tegangan

2.14.3 Karakteristik Relay Arus Lebih

A. Rele Waktu Seketika (*Instantaneous Relay*)

Relay ini memberikan perintah trip pada pemutus tenaga (PMT) pada saat terjadi gangguan hubung singkat dan besar arus gangguan mencapai arus setingnya (Is) dan jangka waktu kerja relay melalui *pick up* sampai relay berkerja sangat singkat tanpa tunda waktu (20 ms – 60 ms).

$$I_{instantenous} = (1,2s / d2) \times I_{maksimum} \dots\dots\dots (2.5)$$

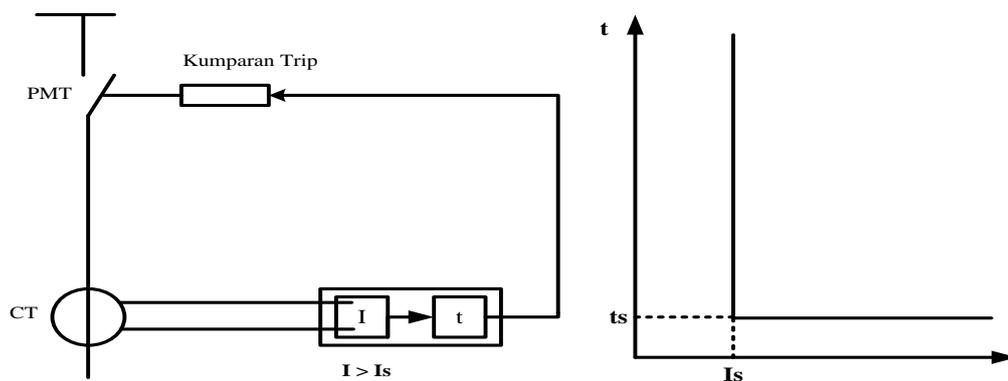


Gambar 2.13 karakteristik relay arus lebih waktu seketika

Relay tersebut jarang berdiri sendiri tetapi umumnya dikombinasikan dengan relay arus lebih dengan karakteristik yang lain.

B. Relay Arus Lebih Waktu Tertentu (*Definite Time Relay*)

Relay ini akan memberikan perintah pada PMT pada saat terjadi gangguan hubung singkat dan besarnya arus gangguan melampaui settingnya (I_s), dan jangka waktu kerja relay mulai *pick up* sampai kerja relay diperpanjang dengan waktu tertentu tidak tergantung besarnya arus yang mengerjakan relay, lihat gambar dibawah ini.

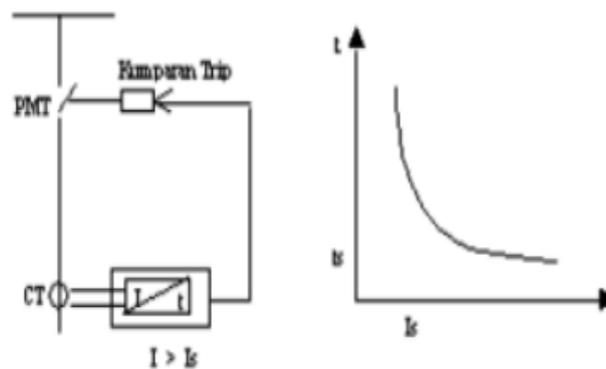


Gambar 2.14 karakteristik relay arus lebih waktu tertentu (*definite time relay*)

C. Relay arus lebih waktu terbalik (*Inverse Time Relay*)

Relay ini akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik (*inverse time*), makin besar arus makin kecil waktu tundanya. Karakteristik ini bermacam-macam dan setiap pabrik dapat membuat karakteristik yang berbeda-beda, karakteristik waktunya dibedakan dalam tiga kelompok :

- a. Standar invers
- b. *Very inverse*
- c. *Extremely inverse*



Gambar 3. Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Terbalik (*Inverse Time Relay*)

$$\text{Ketentuan rumus untuk } standard : t = \frac{0,14}{I^{0,02} - 1} tms \dots\dots\dots (2.6)$$

t = time setting relay

tms = standar waktu setting relai

K = konstanta standar inverse (0,14)

α = konstanta standar invers (0,02)

Gangguan hubung singkat dapat menyebabkan system sistem tak seimbang.

Menurut teori Fortescue, dalam system tak seimbang yang terdiri dari dari buah

faktor yang seimbang, hal ini dikatakan sebagai komponen seimbang (*symmetrical component*). Tiga faktor yang seimbang terdiri dari beberapa komponen-komponen sebagai berikut: komponen positif, komponen negatif, dan komponen nol

2.14.4 Pengaman Pada Relay Arus Lebih

Pada relay arus lebih memiliki 2 jenis pengamanan yang berbeda antara lain:

1. Pengamanan hubung singkat fasa. Relay mendeteksi arus fasa. Oleh karena itu, disebut pula "Relay fasa". Karena pada relay tersebut dialiri oleh arus fasa, maka settingnya (I_s) harus lebih besar dari arus beban maksimum. Ditetapkan $I_s = 1,2 \times I_n$ (I_n = arus nominal peralatan terlemah).
2. Pengamanan hubung tanah. Arus gangguan satu fasa tanah ada kemungkinan lebih kecil dari arus beban, ini disebabkan karena salah satu atau dari kedua hal berikut:

Gangguan tanah ini melalui tahanan gangguan yang masih cukup tinggi. Pentanahan netral sistemnya melalui impedansi/tahanan yang tinggi, atau bahkan tidak ditanahkan. Dalam hal demikian, relay pengamanan hubung singkat (relay fasa) tidak dapat mendeteksi gangguan tanah tersebut. Supaya relay sensitive terhadap gangguan tersebut dan tidak salah kerja oleh arus beban, maka relay dipasang tidak pada kawat fasa melainkan kawat netral pada sekunder trafo arusnya. Dengan demikian relay ini dialiri oleh arus netralnya, berdasarkan komponen simetrisnya arus netral adalah jumlah dari arus ketiga fasanya. Arus urutan nol dirangkaian primernya baru dapat mengalir jika terdapat jalan kembali melalui tanah (melalui kawat netral).

2.15 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Sistem Proteksi

Ada 4 faktor utama yang mempengaruhi suatu sistem proteksi, yaitu:

2.15.1 Ekonomi

Masalah ekonomi merupakan masalah penting. Proteksi tidak menghasilkan sesuatu dan tidak dibutuhkan pada kondisi normal, sayangnya gangguan dan masalah tidak selalu muncul, jadi dapat dengan mudah diputuskan untuk tidak membuang-buang uang untuk proteksi bila tidak ada masalah. Setiap engineer berharap sistem proteksi tidak dibutuhkan, namun bila muncul gangguan, proteksi menjadi sangat vital dan berarti.

2.15.2 Faktor Personalitas

Apa, bilamana, dan dimana kondisi yang tidak diharapkan akan terjadi pada sistem tenaga hampir tidak mungkin diramalkan, dan kemungkinan terjadi sangat tidak terbatas. Dengan demikian engineer harus mampu mendesain suatu sistem proteksi yang dapat mengatasi semua kemungkinan yang terjadi berdasarkan perhitungan dan pengalaman masa lampau. Hal ini menjadikan proteksi sebagai sebuah seni selain sebagai *science*. Meskipun telah banyak teknologi yang dikembangkan, dan sistem proteksi yang disarankan namun belum ada standard yang berlaku untuk itu. Jadi sistem proteksi sangat merepleksikan personalitas dari engineer yang mendesainnya.

2.16 Lokasi Pemutus dan Peralatan Masukan

Proteksi hanya dapat diterapkan dimana PMT atau peralatan pemutus lain dan CT beserta PT berada guna mengisolir dan memantau informasi mengenai gangguan dan masalah dalam sistem tenaga.

2.16.1 Indikasi Gangguan

Masalah, gangguan dan kondisi yang tidak dapat ditolerir harus memiliki perbedaan yang signifikan dengan kondisi normal dan mampu ditolerir. Beberapa

sinyal atau perubahan besaran harus mampu ditangani dan relay dapat mendeteksi perubahan itu. Besaran-besaran yang harus ditangani antara lain: arus, tegangan, impedansi, reaktansi, daya, faktor daya, arah arus atau daya, frekuensi, temperatur, dan tekanan. Perubahan yang cukup signifikan dari besaran diatas mungkin menjadi indikasi adanya masalah atau kondisi tidak normal dan rele harus dapat beroperasi.

Kunci dari selektivitas dan aplikasi proteksi yang pertama adalah menentukan besaran apa yang harus ditangani untuk membedakan keadaan normal dan tidak normal. Dari informasi ini, rele atau sistem rele dapat menentukan apakah harus bereaksi atau tidak. Jika tidak terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara kondisi normal dan tidak normal, maka proteksi tidak mungkin bereaksi. Contoh yang sering terjadi pada sistem distribusi. Pada saat terjadi *accident* atau keadaan yang mengakibatkan jaringan ter- energize atau terjadi hubung tanah, hal ini tidak boleh terjadi, namun bila gangguan ini sangat kecil atau mendekati nol, sedangkan besaran lain tidak berubah, maka dalam kondisi ini tidak satupun rele yang mampu mendeteksinya.

2.17 Daya Listrik

Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya rata-rata yang diserap rangkaian RL merupakan hasil kali tegangan (Volt) dengan arus (Ampere) yang searah dengan V. (Abdillah Margiono, 2014).

Dalam bentuk persamaan ditulis :

$$P = V I \cos \varphi \text{ dalam satuan watt atau } \dots\dots\dots (2.7)$$

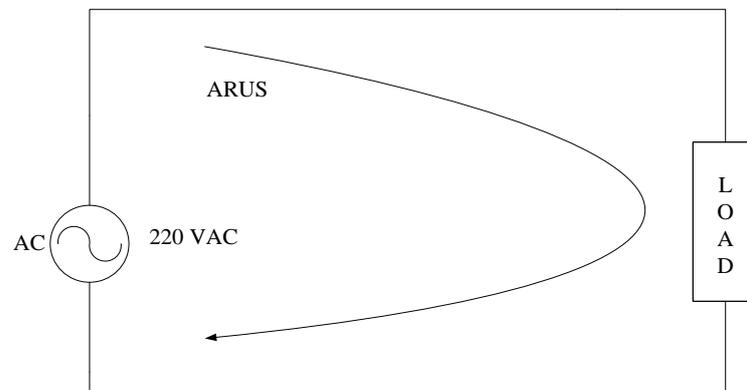
$$P = V I \cos \varphi = V I \times \frac{R}{Z} = I^2 \times R = \text{Watt}$$

Dimana, $\cos \varphi$ disebut faktor daya rangkaian

$P = \text{Daya}$

$R = \text{Tahanan dalam ohm}$

$Z = \text{Impedansi rangkaian dalam ohm}$



Gambar. 2.15 Arah Aliran Arus Listrik

Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Charoen Pokphand Indonesia, KIM 2 Medan, yang terletak di jalan Pulau Sumbawa no.5 Kecamatan Medan Labuhan.

3.2 Alat dan peralatan

3.2.1 Alat

Adapun alat dan bahan yang digunakan penulis pada penelitian ini adalah :

1. Multitester
2. Laptop Acer One 10
3. Tang Ampere

3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk melakukan penelitian Studi Proteksi Sistem Tenaga Listrik Pada Trafo 1600 KVA Menggunakan Current Relay IWU 2-3, antara lain :

1. Sistem instalasi tenaga kelistrikan di PT Charoen Pokphand Indonesia KIM 2 Medan.
2. Data total beban di PT Charoen Pokphand Indonesia KIM 2 Medan.

3.3. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan observasi sistem tenaga listrik di PT Charoen Pokphand Indonesia serta melakukan studi terhadap hal-hal yang berkaitan dengan penelitian penulis. Pengambilan data ini dilakukan sebagai pembandingan antara data primer dengan data yang dimiliki pihak perusahaan.

Data yang diperlukan meliputi :

1. Data sistem kelistrikan (*Single Line Diagram*) PT Charoen Pokphand Indonesia.

1. Data jumlah beban.

2. Data penggunaan rasio CT dan Over Current Relay.

3.3.2 Rekapitulasi Data

Perekapan data dilakukan dengan cara mengumpulkan data – data dari proses pengumpulan data dan dilakukan penyeleksian data dengan tujuan untuk mempermudah dalam melakukan pengolahan data.

2.3.3 Pengolahan Data

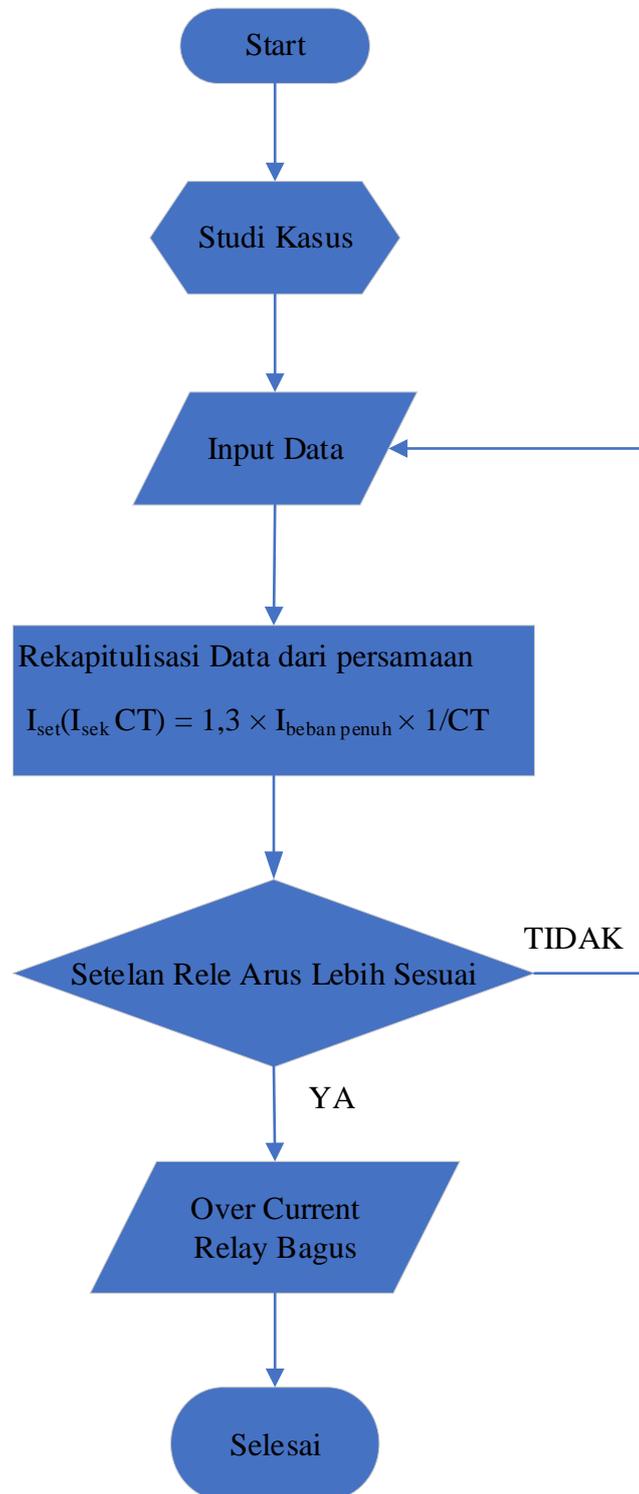
Pengolahan data dilakukan dengan metode dan rumusan – rumusan yang berkaitan dengan apa yang akan di analisa. Jika pada saat proses pengolahan data dirasa kurang lengkap maka dilakukan proses pengumpulan data ulang guna melengkapi kekurangan data yang diolah.

3.3.4 Analisis

Analisa data merupakan salah satu langkah penting dalam penelitian, terutama bila digunakan sebagai generalisasi atau simpulan tentang masalah yang diteliti. Dalam melakukan analisa nantinya, akan dilakukan dengan menggunakan metode persamaan, yaitu persamaan dasar daya listrik. Dalam metode ini besarnya In (arus nominal) di PT Charoen Pokphand Indonesia akan diperoleh dengan

memperhitungkan daya trafo dan tegangan kerjanya. Disisi lain, penulis akan melakukan analisa *setting* ampere yang efisien sebagai tolak ukur over current relay dalam melakukan proteksi trafo di PT Charoen Pokphand Indonesia.

3.4 Metodologi Pengambilan Data

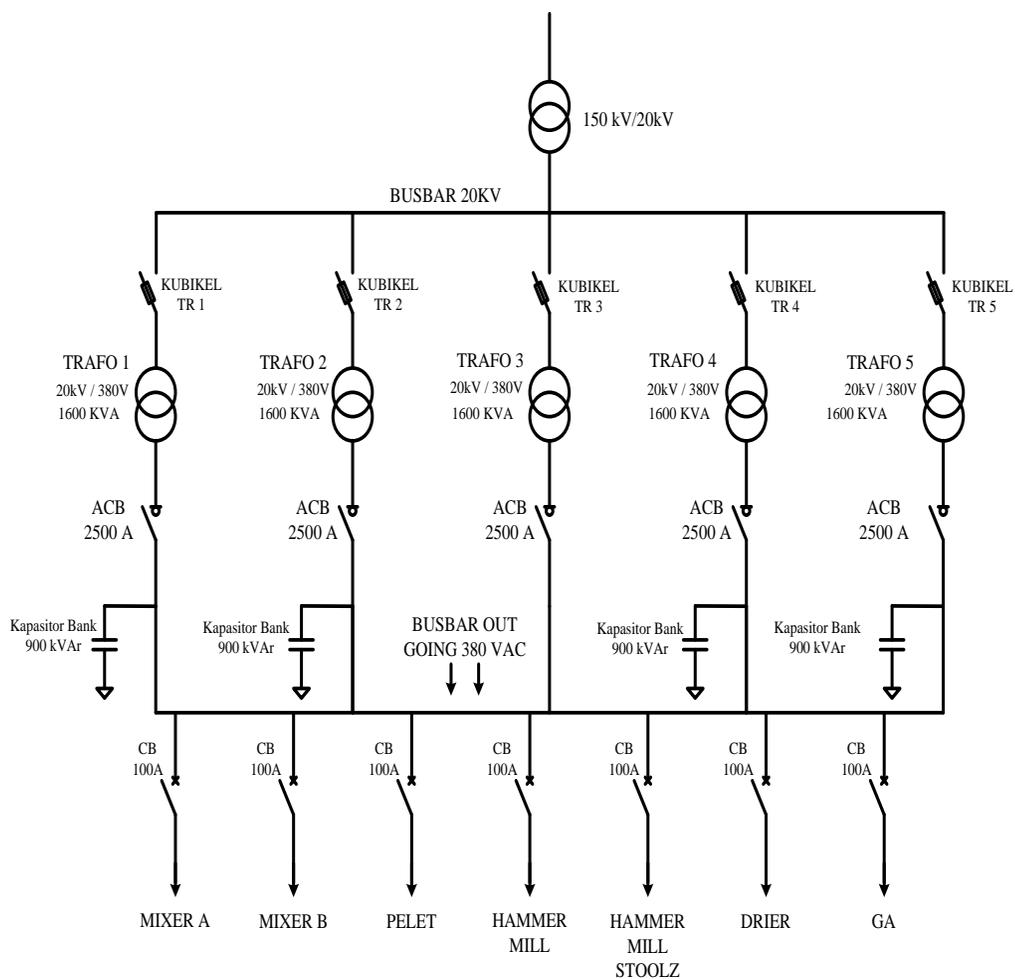


Gambar 3.1 Diagram alir studi

BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

PT. Charoen Pokphand Indonesia KIM 2 Medan, mendapatkan suplai dari PLN dengan kapasitas daya listrik 4670 KVA yang terdiri dari 5 buah trafo 1600 KVA. Masing-masing trafo dipasang Over Current Relay (OCR) sebagai proteksi trafo terhadap gangguan jalur distribusi sisi sekunder unit trafo. *Setting* rele arus lebih saat ini adalah sebesar 4 A, dan akan dilakukan analisa kesesuaian arus setting *over current relay* berdasarkan data-data yang penulis gunakan.



Gambar 4.1 Diagram satu garis sistem tenaga di PT. Charoen Pokphand Indonesia

Data dari penelitian yang akan dianalisa adalah data dari *single line diagram* area PT. Charoen Pokphand Indonesia KIM 2 Medan, yang diawali dengan perhitungan beban maksimum, menghitung arus gangguan yang mengalir pada transformator daya pada keadaan normal, serta menghitung arus dengan pembebanan yang ditetapkan adalah sebesar 110%.

Data transformator daya yang digunakan di PT. Charoen Pokphand Indonesia KIM 2

Medan :

- a. Transformator Daya Merk : UNINDO, STANDARD IEC 76/SPLN-50
- b. Rated Capacity : 1600 KVA
- c. Phase : 3 Phasa
- d. Frequency : 50 Hz
- e. Impedance Voltage : 6%
- f. Nominal Current (A) : - Primary = 46,2 Ampere
- Secondary = 2309,4 A
- g. Nominal Voltage (V) : - Primary = 20000 Volt
- Secondary = 400 Volt
- h. Cooling System : ONAN
- i. Type Of Oil : Mineral – Oil
- j. Temperature Rise (°C) : - Oil = 60
- Winding = 65
- k. Insulation Level : 125 kV

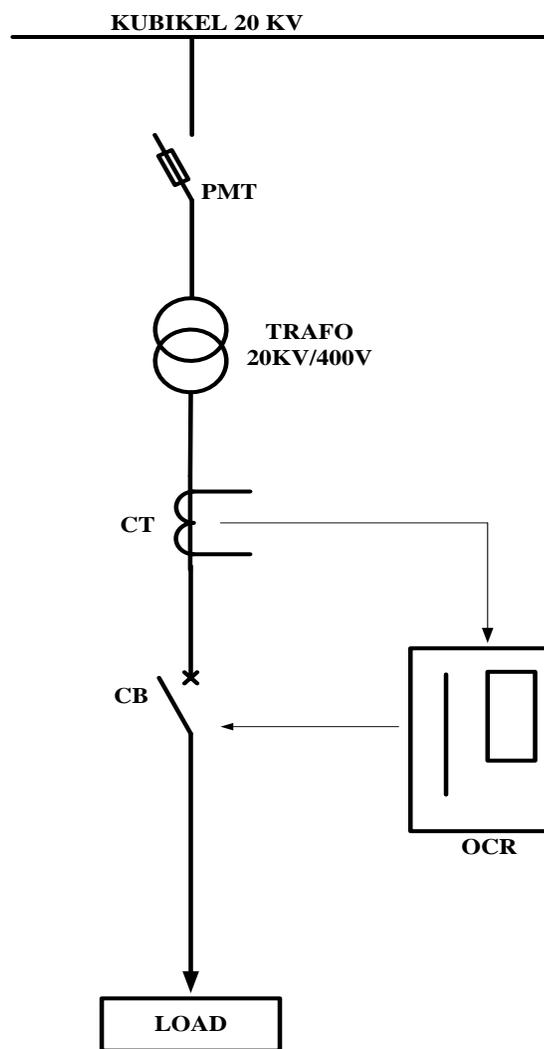
Data beban yang digunakan diperusahaan PT Charoen Pokphand Indonesia

KIM 2 Medan dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1 Data Beban Pada *Transformator*

Nama	Volt	Arus Rata-rata (Ampere)	Daya Total (KW)	Cos Phi
Transformator 1	390	1441	827.385	0.85
Transformator 2	390	1323	759.633	0.85
Transformator 3	388	1200	693.540	0.85
Tranformator 4	388	1253	732.592	0.87
Tranformator 5	392	1173	720.611	0.88

4.1 Singel Line Diagram Over Current Relay



Gambar 4.2 *Single line diagram* instalasi over current relay pada unit transformator

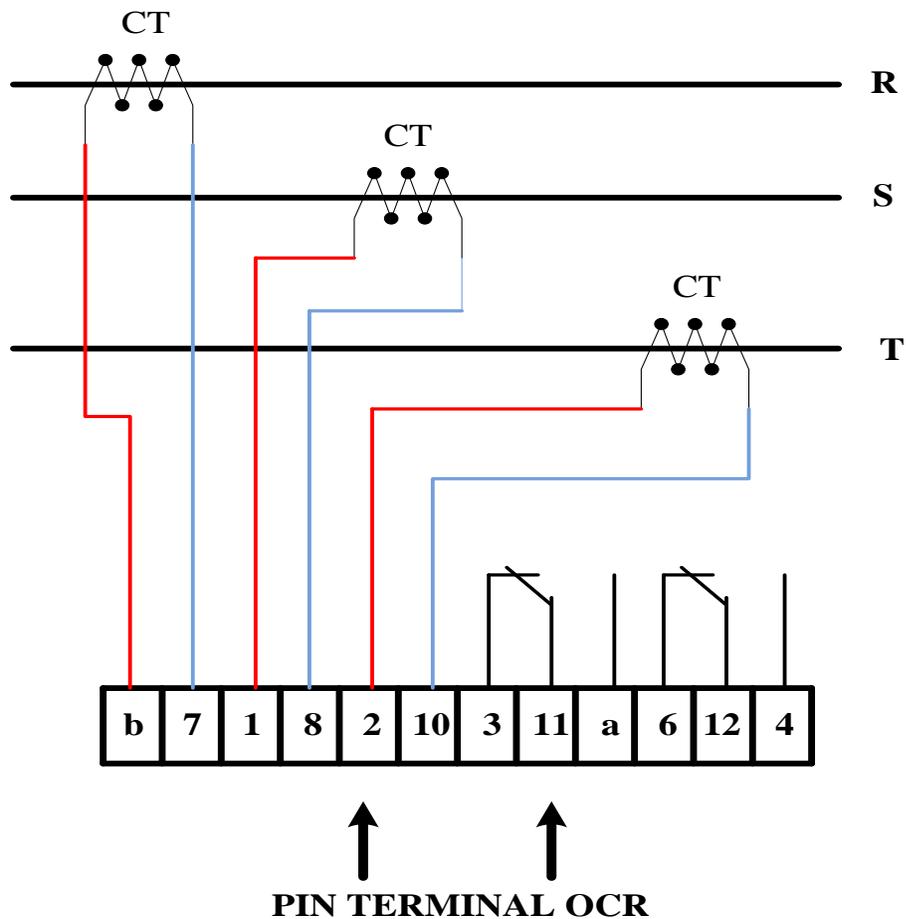
5

Dengan kapasitas trafo 1600 KVA pada tegangan primer sebesar 20.000 KV dan tegangan sekunder 400 volt, dipasang sebuah OCR (*Over current relay*) yang digunakan untuk memproteksi trafo dari gangguan *short circuit* antar fasa yang terdapat pada beban berkapasitas 827,385 KW. Pada jalur sisi sekunder trafo yang terhubung ke beban dipasang sebuah CT (*Current Transformer*) dengan ratio 2500:5 dan CB (*Circuit Breaker*) dengan nilai I_n sebesar 1500A.

a. Pemasangan CT pada Busbar 400V

Pemasangan CT pada instalasi tenaga merupakan solusi untuk menambahkan proteksi. Terlihat pada gambar dibawah ini bagaimana konstruksi sebuah CT dipasang.

Cara pemasangannya yaitu sisi primer CT dihubungkan dengan busbar di panel MDP. Sedangkan sisi sekunder yang mengeluarkan arus maksimal 5A dihubungkan dengan OCR seperti gambar berikut:



Gambar 4.3 Rangkaian pemasangan CT pada terminal OCR

Pada gambar 4.3 diatas terlihat 3 buah CT dipasang pada busbar 3 fasa yaitu fasa R, fasa S, dan fasa T. 3 buah CT yang dipasang kemudian dihubungkan pada pin terminal OCR, dengan ketentuan sebagai berikut :

1. CT 1 yang terpasang pada fasa R, sisi primer dipasang pada pin b dan sisi sekundernya dipasang pada pin 7.
2. CT 2 yang terpasang pada fasa S, sisi primer dipasang pada pin 1 dan sisi sekunder dipasang pada pin 8.
3. CT 3 yang terpasang pada fasa T, sisi primer dipasang pada pin 2 dan sisi sekunder dipasang pada pin 10.

4.2 Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat

Analisis ini dilakukan untuk menentukan *setting* rele arus lebih. Kondisi operasi normal yang dirasakan oleh rele sebagai adanya gangguan arus lebih adalah pada saat motor *start*. Kondisi operasi normal terberat yang diperhitungkan dalam analisis unjuk kerja sistem pengamanan arus lebih adalah pada saat motor terbesar *start*. Kondisi operasi motor start ini merupakan keadaan tiga fasa seimbang. Oleh karena itu analisis unjuk

kerja rele terhadap operasi start motor adalah unjuk kerja rele arus lebih gangguan fasa. Jika motor mengalami start yang berat karena dikopel dengan beban yang memiliki torsi cukup besar, maka waktu start yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan nominal dapat menjadi lebih lama. Penyetelan waktu rele arus lebih dipenyulang motor seharusnya 25-30 detik dengan kurva karakteristik rele arus lebih jenis seketika (instantaneous) yang bekerja terlebih dahulu jika terjadi gangguan hubung singkat. Menurut IEEE Std C37.96-2000 memberikan standar bahwa selisih waktu start 5-10 detik dan 5 detik untuk motor dengan waktu start lebih dari 10 detik. Dengan ketentuan ini, maka waktu kerja rele di penyulang motor yang diinginkan terhadap operasi start adalah 30 detik.

Rele arus lebih jenis waktu seketika digunakan sebagai pelindung dari gangguan hubung singkat di penyulang motor. Berdasarkan IEEE Std C37.96-2000, rele ini dapat diset antara 165% - 250% dari arus rotor terkunci (*Locked Rotor Current/ LRA*). Namun biasanya ditambahkan sebesar 10% - 25% sebagai faktor aman ketika setting arus dihitung. Namun penyetelan arus tersebut diusahakan tidak terlalu jauh dibandingkan arus kontribusi maksimum motor ketika terjadi gangguan hubung singkat.

Pada skripsi ini menggunakan standar ANSI/IEEE sehingga untuk mendapatkan baik waktu kerja rele maupun nilai TMS tiap kurva rele dapat menggunakan persamaan (2.5)

$$T = \left(\frac{A}{M^{p-1}} + B \right) \times TMS$$

M adalah pembagian dari arus gangguan hubung singkat pada sisi sekunder trafo arus (CT) terhadap setting arus (MTVC – *Multiple of Tap Value Current*). Sedangkan untuk konstanta A, B dan p untuk masing-masing karakteristik di atas dapat dilihat pada tabel (2.3).

Perhitungan arus setting dan TMS masing-masing rele arus lebih waktu terbalik yang dikombinasikan dengan rele arus lebih waktu seketika dipenyulang motor jalur trafo 1 dapat diuraikan dengan persamaan (2.4).

Untuk beban motor pada trafo 1, $I_{\text{beban penuh}} = 1441 \text{ A}$

Ratio perbandingan trafo arus (*Current Transformer/CT*) = 2500/5

$$\begin{aligned}
 I_{set}(I_{sek} CT) &= 1,3 \times I_{beban penuh} \times 1/CT \\
 &= 1,3 \times 1441 \times 1/(2500/5) \\
 &= 3,7466
 \end{aligned}$$

Maka rele arus lebih dapat diset pada tap = 4, yang mendekati dari nilai 3,7466. Besarnya arus start beban motor pada trafo 1 adalah 1441 A pada sisi primer trafo trafo arus dan 2.88 A pada sisi sekunder trafo arus.

Waktu kerja rele yang diinginkan terhadap operasi beban motor adalah 30 detik sehingga nilai TMS dengan menggunakan kurva karakteristik rele arus lebih jenis *long time inverse* diperoleh :

$$\begin{aligned}
 TMS &= \frac{t}{\left[\left(\frac{5,61}{I_{start}/I_{set}} \right)^{2,09} - 1 \right]} + 2,18 \\
 &= \frac{30}{\left[\left(\frac{5,61}{2,88/4} \right)^{2,09} - 1 \right]} + 2,18 \\
 TMS &= 2,60
 \end{aligned}$$

Dipilih nilai 3 detik

4.2.1 Koordinasi Setelan Relai Proteksi

Pada perhitungan setelan rele arus lebih OCR dimulai dari sisi primer, selanjutnya *feeder* arsitek, dan *outgoing* trafo (sisi sekunder trafo).

a. Setelan arus lebih pada sisi primer

Setelan arus lebih pada sisi primer harus dikoordinasikan dengan penyetelan OLR (*Thermal Overload Relay*). Sesuai dengan data teknik, didapatkan bahwa daya kontrak di PT Charoen Pokphand Indonesia KIM 2 Medan adalah sebesar 4670 KVA yang terdiri dari 5 unit trafo. Untuk memfokuskan penelitian, penulis hanya mengambil 1 unit trafo sebagai acuan dalam melakukan penelitian., yaitu trafo 1. Trafo 1 merupakan jalur yang memiliki pembebanan terbesar dari unit trafo lainnya, yaitu sebesar 1441 ampere dengan daya 827.385 kw.

Maka arus daya kontrak dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 I_{\text{Daya kontrak}} &= \frac{P \text{ Pelanggan}}{\sqrt{3} \times V} \\
 &= \frac{4670}{\sqrt{3} \times 400}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{4670}{692,820} = 6,740 \text{ A}$$

Dengan persamaan (2.32) maka Iset untuk relai adalah :

$$\begin{aligned} I_{\text{Set}} &= 1,8 \times I_{\text{Daya kontrak}} \\ &= 1,8 \times 6,740 \\ &= 12,132 \text{ A} \end{aligned}$$

Nilai setelan ini adalah nilai setelan untuk sisi primer, untuk nilai setelan di sisi sekunder dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} I_{s \text{ OCR}} &= \frac{I_{\text{set}}}{\text{Rasio CT}}, \text{ dimana Rasio CT} = 2500:5 = 500 \\ &= \frac{12,132}{500} \\ &= 24,264 \text{ atau setara dengan } 25 \text{ Ampere.} \end{aligned}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan pengujian yang telah dilakukan dapat dikatakan bahwa :

1. Dari hasil perhitungan di atas, nampak bahwa data yang ada di lapangan masih dalam kondisi yang sesuai (perbedaannya tidak terlalu jauh), sehingga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan setting OCR yang ada di lapangan masih dalam kondisi baik.
2. Untuk menghitung arus setting digunakan arus nominal/arus beban puncak dan nilai ratio Current transformer (CT) yang terpasang, hal ini mengikuti persamaan $I_{set}(I_{sek CT}) = 1,3 \times I_{beban penuh} \times 1/CT$.
3. Setelan relai berdasarkan perhitungan yang dibuat menggunakan karakteristik *long time inverse*, dimana hal ini dikarenakan waktu kerja rele di penyulang motor yang diinginkan terhadap operasi start adalah 30 detik.
4. Over current relay IWU 2-3 bekerja dengan cara melakukan proteksi pada trafo dari arus lebih sisi sekunder, dimana waktu (TMS) rele bekerja bervariasi sesuai kebutuhan waktu dan nilai setting proteksi yang telah diatur.

5.2 Saran

1. Penelitian ini masih menggunakan alat manual yaitu kalkulator dan software manual yaitu microsoft Excel, sebaiknya penelitian selanjutnya menggunakan MATLAB atau ETAP.

DAFTAR PUSTAKA

- Zulkarnaini, Saiful, Suwandi A, 2016 *“Analisa Perhitungan Setting Over current Relay Pada Transformator Daya Area Lukit Di Emp Malacca Strait SA”*.
- Agung Nugroho. 2015 *“Evaluasi Koordinasi Setting Relay Proteksi OCR Pada jaringan Distribusi Daya Pemakaian Sendiri di PT Indonesia Power Unit pembangkit Semarang Tambak Lorok Blok I Dengan Etap 7.5.*
- Surati. 2015.” *Analisis Perhitungan Arus dan Wsktu Pada Relay Arus Lebih (OCR) sebagai Peroteksi Trafo Daya Di Gardu Induk Cawang Lama Jakarta”,*
- Fajar Pranayuda. 2012*“Analisis Penyetelan Proteksi Arus Lebih Penyulang Cimalaka di gardu Induk 70 kV Sumedang”*
- Indra Baskara,I W. Sukerayasa, W.G.Ariastina. 2015 *“Studi Koordinasi Peralatan proteksi OCR dan GFR Pada Penyulang Tibubeneng “*
- Khalik Al Ridha. 2016*Evaluasi Koordinasi Relay Arus Lebih (OCR) dan Gangguan Tanah (GFR) Pada Gardu Induk Garuda Sakti Pekanbaru”*
- A.Kurniati,2011 *“Analisa relay arus lebih dan relay gangguan tanah pada sadewa GL cawing”*.