

TUGAS AKHIR

ANALISIS SISTEM KOORDINASI PROTEKSI PADA PT. DOW AGRO SCIENCES INDONESIA

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

Disusun Oleh:

HERMAN PRASETYA
1507220069



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Herman Prasetya

NPM : 1507220069

Program Studi : Teknik Elektro

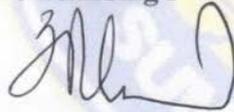
Judul Skripsi : **“ANALISIS SISTEM KOORDINASI PROTEKSI
PADA PT. DOW AGRO SCIENCES INDONESIA”**

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

Medan, 14 Juni 2020

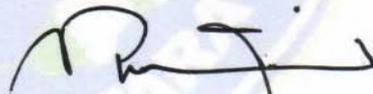
Mengetahui dan Menyetujui

Pembimbing I



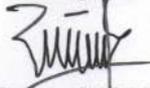
(Ir. Zul Arsil Siregar)

Pembimbing II



(Rimbawati, ST, MT)

Penguji I



(Rohana, S.T, M.T)

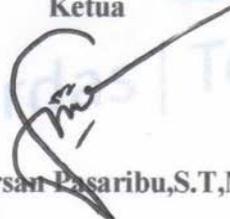
Penguji II



(Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T)

Program Studi Teknik Elektro

Ketua



(Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T)

Abstrak

Over Current Relay (OCR) dan juga *Ground Fault Relay (GFR)* yang berfungsi untuk memutus arus hubung singkat yang terjadi di jaringan agar tidak meluas, relay arus lebih bekerja sesuai dengan setting waktu yang diterapkan, sehingga resiko kerusakan pada sistem tenaga listrik dapat dihindari. Dari hasil analisa yang dilakukan, telah diketahui besar arus hubung singkat satu fasa pada saluran 380V sebesar 9500A. Untuk setting relay arus lebih (OCR) 380V sebesar 500 ampere untuk sisi primer, untuk sisi sekunder sebesar 0,2 ampere, dan *time dial (TMS)* 0,5 detik. Sedangkan untuk setting *ground fault relay (GFR)* sebesar 100 ampere untuk sisi primer, untuk sisi sekunder sebesar 0,7 ampere, dan *time dial (TMS)* 0,5 detik. Hasil dari analisis ini memperlihatkan kondisi dari relay-relay yang terpasang serta waktu kerja relay, apakah relay bekerja secara normal atau tidak.

Kata kunci : Relay, Gangguan Hubung Singkat, Setting Relay, Proteksi

Abstract

Over Current Relay (OCR) and Ground Fault Relay (GFR) which functions to cut off the short circuit current that occurs in the network so that it does not expand, overcurrent relay works with the applied time settings, so that damage to the electrical system can be avoided. From the results of the analysis conducted, it is known that the large-phase short-circuit current on the 380V channel is 9500A. For overcurrent relay settings (OCR) 380V of 500 amperes for the primary side, for the secondary side of 0.2 amperes, and time dial (TMS) 0.5 seconds. As for the ground fault relay (GFR) setting of 100 amperes for the primary side, for the secondary side of 0.7 amperes, and a 0.5 second time dial (TMS). The results of this analysis show the condition of the relays installed and the relay working time, whether the relay is working normally or not.

Keywords: Relay, Short Circuit Interference, Relay Settings, Protection

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Herman Prasetya
Tempat /Tanggal Lahir :Desa Serapuh /14 Juni 1997
NPM : 1507220069
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

"Analisis Sistem Koordinasi Proteksi Pada PT. Dow Agro Sciences Indonesia"

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 orisinal 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, 14 April 2020

Saya yang menyatakan,

Herman Prasetya

KATA PENGANTAR

Assalamuallaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah atas rahmat dan karunianya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Adapun tujuan dari penulisan ini adalah merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan guna memperoleh gelar sarjana pada Fakultas Teknik jurusan Teknik Elektro pada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara medan.

Didalam skripsi ini penulis sudah berupaya semampu penulis, namun apabila ada kekurangan dan kesalahan baik dari segi isi maupun bahasanya, penulis mengharapkan adanya masukan dan saran perbaikan demi kesempurnaan skripsi ini.

Dalam hal ini penulis mengambil judul “ANALISIS SISTEM KOORDINASI PROTEKSI PADA PT. DOW AGRO SCIENCES INDONESIA”, penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan baik moril maupun materil dan dukungan dari berbagai pihak, maka dengan ini penulis mengucapkan trimakasih kepada :

1. Ayahanda dan Ibunda tercinta dan keluarga yang telah memberikan dukungan moril dan materil sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Munawar Alafansury Siregar, ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik UMSU Medan.
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, ST, MT, selaku ketua jurusan Fakultas Teknik UMSU Medan.

4. Bapak Partaonan Harahap, ST, MT, selaku sekretaris jurusan Fakultas Teknik UMSU Medan.
5. Bapak Ir. Zul Arsil, selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberi bimbingan kepada penulis.
6. Ibu Rimbawati ST, MT, selaku dosen pembimbing II yang telah banyak Meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan kepada penulis.
7. Seluru Staf dosen Fakultas Teknik UMSU Medan dan yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
8. Manager PT. DOW AGRO SCIENCES INDONESIA yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian.
9. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik UMSU serta sahabat-sahabat yang membantu penulis dalam menyusun skripsi ini.
10. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu

Akhirnya penulis mengucapkan trimakasih yang tulus atas dukungan moril,materil, perhatian dan doa nya yang telah diberikan kepada penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca sekalian.

Medan, Februari 2020

Penulis



Herman Prasetya

DAFTAR ISI

| | |
|-------------------------------------|------------|
| ABSTRAK..... | i |
| KATA PENGANTAR..... | iii |
| DAFTAR ISI..... | v |
| DAFTAR TABEL..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1. LatarBelakang..... | 1 |
| 1.2. Rumusanmasalah..... | 3 |
| 1.3. Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.4. Manfaat Penelitian..... | 4 |
| 1.5. Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.6. Metode Penulisan..... | 5 |
| 1.7. Sistematika Penulisan..... | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 7 |
| 2.1. Tinjauan Relevan..... | 7 |
| 2.2. Macam-macam gangguan..... | 11 |
| 2.3. Gangguan Beban Lebih..... | 12 |
| 2.4. Gangguan Hubung Singkat..... | 12 |
| 2.4.1. Rusak Secara Thermis..... | 15 |
| 2.4.2. Secara Mekanis..... | 16 |
| 2.5. Cara Mengatasi Gangguan..... | 16 |

| | |
|---|----|
| 2.5.1. Mengurangi Terjadinya Gangguan..... | 16 |
| 2.5.2. Mengurangi Akibat Gangguan..... | 17 |
| 2.6. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat..... | 18 |
| 2.6.1. Menghitung Arus gangguan Hubung Singkat..... | 18 |
| 2.6.1.1. Perhitungan Arus Hubung Singkat Tiga Fasa..... | 18 |
| 2.6.1.2. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa..... | 20 |
| 2.6.1.3. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah..... | 22 |
| 2.6.2. Menghitung Impedansi..... | 23 |
| 2.6.2.1. Impedansi Sumber..... | 24 |
| 2.6.2.2. Reaksi Transformator..... | 25 |
| 2.7. Pengertian Dasar Proteksi..... | 26 |
| 2.7.1. Tujuan Sistem Proteksi..... | 27 |
| 2.7.2. Persyaratan Terpenting Pengamanan..... | 28 |
| 2.7.2.1. Kepekaan (<i>Sensitivity</i>)..... | 28 |
| 2.7.2.2. Keandalahan (<i>Reliability</i>)..... | 29 |
| 2.7.2.3. Selektifitas (<i>Selectivity</i>)..... | 30 |
| 2.7.2.4. Kecepatan (<i>speed</i>)..... | 30 |
| 2.8. Relay Arus Lebih OCR..... | 31 |
| 2.8.1. Pengertian Relay OCR..... | 31 |
| 2.8.2. Jenis Relay Berdasarkan Karakteristik Waktu..... | 32 |
| 2.8.2.1. Jenis Arus Lebih Sesaat (<i>Instantaneous</i>)..... | 32 |
| 2.8.2.2. Arus Lebih Definite (<i>Definite Time</i>)..... | 33 |
| 2.8.2.3. Relay Arus Lebih Inverse (<i>Inverse Time</i>)..... | 33 |

| | |
|--|-----------|
| 2.8.3. Prinsip Kerja OCR..... | 35 |
| 2.8.4. Setting OCR..... | 36 |
| 2.8.4.1 Setting Waktu (TMS)..... | 36 |
| 2.8.4.2 Koordinasi Berdasarkan Arus dan Waktu..... | 36 |
| 2.9. Relay Hubung Tanah..... | 37 |
| 2.9.1. Pengertian GFR..... | 37 |
| 2.9.2. Prinsip Kerja GFR..... | 38 |
| 2.9.3. Setting GFR..... | 38 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 40 |
| 3.1 Lokasi Penelitian..... | 40 |
| 3.2 Alat dan Bahan Penelitian..... | 40 |
| 3.3 Data Penelitian..... | 41 |
| 3.3.1. Transformator..... | 41 |
| 3.3.2. Generator Set..... | 42 |
| 3.3.3. Cubicle tegangan Menengah..... | 43 |
| 3.3.4. Data Proteksi Relay OCR Incoming..... | 44 |
| 3.3.5. Data Proteksi Relay OCR Penyulang..... | 45 |
| 3.4. Diagram Alir..... | 46 |
| BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN..... | 47 |
| 4.1 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat..... | 47 |
| 4.2 Menghitung Setting Relay OCR Dan GFR..... | 48 |
| 4.2.1. Perhitungan nilai setelan relay arus lebih OCR..... | 48 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2.2. Perhitungannilai setting relay gangguan tanah (GFR)..... | 49 |
| BAB 5 PENUTUPAN..... | 50 |
| 5.1. Kesimpulan..... | 50 |
| 5.2. Saran..... | 50 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 51 |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|---|----|
| Tabel 2.1. | Koefisien Time Dial..... | 34 |
| Tabel 2.2. | Karakteristik Operasi Waktu Jenis Relay <i>Inverse time</i> | 35 |
| Tabel 3.1. | Spesifikasi Transformator..... | 41 |
| Tabel 3.2. | Spesifikasi Generator..... | 42 |
| Tabel 3.3. | Spesifikasi Cubicle Tegangan Menengah..... | 43 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------|--|----|
| Gambar 2.1. | Gangguan hubung singkat tiga fasa..... | 19 |
| Gambar 2.2. | Hubung Singkat Jala-jala urutan untuk gangguan hubung singkat 3 Fasa..... | 19 |
| Gambar 2.3. | Gangguan hubung singkat dua fasa..... | 20 |
| Gambar 2.4. | Hubung singkat Jala-jala urutan untuk gangguan hubung singkat 2 fasa..... | 21 |
| Gambar 2.5. | Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah..... | 22 |
| Gambar 2.6. | Hubung singkat Jala-jala urutan untuk Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah..... | 22 |
| Gambar 2.7. | Sketsa penyulang tegangan menengah..... | 24 |
| Gambar 2.8. | Karakteristik waktu seketika(<i>instantaneous</i>)..... | 32 |
| Gambar 2.9. | Karakteristik waktu tertentu(<i>definite</i>)..... | 33 |
| Gambar 2.10. | Karakteristik waktu terbalik(<i>inverse</i>)..... | 33 |
| Gambar 2.11. | Rangkaian pengawatan relay GFR..... | 38 |
| Gambar 3.1. | Transformator..... | 41 |
| Gambar 3.2. | Generator..... | 42 |
| Gambar 3.3. | Cubicle tegangan menengah..... | 43 |
| Gambar 3.4. | Flow Chart..... | 46 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT. Dow AgroSciences Indonesia merupakan salah satu perusahaan Dow chemical Company yang berbasis di indonesia, USA. PT. Dow Agro Sciences Indonesia didirikan pada tahun 1974 dengan total investasi sebesar IDR. 1.468.210.000,- / USD 3.581.000,- dan desain kapasitas 8.000.000 Liter/tahun untuk produksi produk herbisida Dowpon dan Delapon. Pada tahun 1975 (march) konstruksi projek selesai dan dilakukan start up untuk produksi pertama. Cakupan pemasaran dari produk yang dihasilkan masih untuk kebutuhan dalam negeri.

Pada tahun 1977 dimulai dilakukan konversi produk dari powder menjadi produk dari powder menjadi produk cairan yang (liquid) dan produk yang dihasilkan merupakan produk insektisida dan diberi nama Dursban 20EC. Pada tahun 1989-1990 dilakukan pengembangan formulasi produksi insektisida dengan herbisida dan di tahun 1999 adalah merupakan sejarah baru bagi perusahaan dimana hasil produksi yang dihasilkan untuk mensuplai konsumsi lokal dan juga negara ASEAN (Malaysia, Vietnam, Myanmar, Thailand, philipina), China dan Taiwan, serta ditahun selanjutnya juga mensuplai Korea, Italy, Egypt.

Untuk meningkatkan kapasitas produksi ditahun 2007 dilakukan investasi pembelian mesin filling semi otomatis untuk produk insektisida. Proses produksi berjalan 24 jam 7 hari yang terdiri dari 3 shift dengan masing-masing shift terdiri dari 25 orang dan di supervisi oleh 1 orang.

PT. Dow Agro Sciences sebagai perusahaan yang setiap saat memproduksi hasil produknya juga dituntut harus memiliki standart keselamatan sesuai dengan standart internasional dimana sistem kelistrikan harus mensuplay perusahaan selama 24 jam. PT. Dow Agro Sciences selaku perusahaan harus berbenah dalam meningkatkan produksi agar kualitas produknya menjadi baik, serta kenyamanan karyawan di perusahaan tersebut tetap terjaga.

Hingga saat ini sistem kelistrikan PT. Dow Agro Sciences yang mengandalkan suplay dari PLN sebesar 20 kV belum pernah distudi kembali, meskipun perusahaan tersebut sudah lama berdirinya, dalam prosesnya suatu industri membutuhkan energi untuk menjalankan proses produksi. Salah satu energi yang banyak digunakan adalah energi listrik. Listrik merupakan salah satu aspek penting dalam perindustrian, karena listrik merupakan sumber energi untuk menjalankan peralatanperalatan dalam industri dan sifat listrik yang fleksibel mudah dikonversikan ke dalam bentuk energi lain. Karena pentingnya listrik dalam industri ini, maka perlu adanya perhatian yang lebih, Dalam prosesnya, suatu industri membutuhkan energi untuk menjalankan proses produksi. Salah satu energi yang banyak digunakan adalah energi listrik.

Listrik merupakan salah satu aspek penting dalam perindustrian, karena listrik merupakan sumber energi untuk menjalankan peralatanperalatan dalam industri. Karena pentingnya listrik dalam industri ini, maka perlu adanya perhatian yang lebih.

Ada banyak gangguan-gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi, salah satunya adalah timbulnya hubung singkat yang dapat menyebabkan kerusakan sistem maupun peralatan listrik. Hubung singkat atau *short circuit* adalah salah

satu gangguan yang bisa terjadi di sistem tenaga listrik, bisa juga didefinisikan yaitu hubung konduki sengaja atau tidak sengaja melalui hambatan atau impedansi yang cukup rendah antara dua atau lebih titik yang dalam keadaan normalnya mempunyai beda potensial, terjadinya hubung singkat atau short circuit jika arus mengalir dalam suatu loop (sirkuit tertutup) tidak melalui beban.

Dengan sistem koordinasi proteksi yang tepat dan handal maka saat sistem kelistrikan mengalami gangguan seperti hubung singkat, gangguan tersebut dapat segera diisolir dari sistem sehingga sistem tetap mampu beroperasi dengan baik tanpa menimbulkan resiko gangguan terhadap produksi sehingga produksi tersebut berjalan dengan lancar.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dalam penulisan tugas akhir adalah:

1. Seberapa besar arus gangguan hubung singkat pada PT. Dow Agro Sciences Indonesia
2. Bagaimanakah *setting* OCR (*Over current Relay*) dan *setting* GFR (*Ground Fault Relay*) pada PT. Dow Agrosciences Indonesia?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian koordinasi proteksi pada kelistrikan PT. Dow Agrosciences Indonesia yakni :

1. Menganalisa arus gangguan hubung singkat pada PT. Dow Agrosciences Indonesia

2. Menganalisa setting OCR (*Over current Relay*) dan setting GFR (*Ground Fault Relay*) Pada PT.Dow Agrosiences Indonesia.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat di ambil dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Manfaat dari penelitian ini adalah ketika terjadi gangguan di saluran distribusi pada perusahaan/pabrik tersebut. Kita dapat menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat di salah satu sistem, mengetahui nilai *setting* relay, maka hasil riset penelitian mudah-mudahan dapat di aplikasikan di PT. Dow Agrosiences Indonesia
2. Untuk mengetahui dan mendapatkan *setting* relay kelistrikan yang handal dan pentingnya sistem keamanan pada sistem peralatan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun beberapa masalah yang akan di jadikan ruanglingkup pembahasan masalah-masalah antara lain Hubung singkat yang menyebabkan trip. Agar pembahasan ini tidak terlalu melebar maka kiranya perlu di lakukan batasan-batasan masalah yang akan di bahas antara lain :

1. Membahas seberapa besar arus hubung singkat
2. Membahas *setting* GFR (*Ground Fault Relay*) dan setting waktu dari arus lebih
3. Membahas setelan relay OCR.

1.6 Metode Penulisan

Karena merupakan study penulisan, maka penulis mencari bahan-bahan dan data-datayang di perlukan melalui :

1. Studi literatur

Mengambil bahan dari buku-buku, majalah dan lain-lain.

2. Riset

mengambil data dan informasi dari PT. Dow AgroSciences Indonesia, medan, Sumatera Utara

3. Wawancara

Interview yaitu mengumpulkan data dengan bertahap kepada karyawan mengenai data-data yang di perlukan.

4. Bimbingan

Observasi yaitu mengadakan pengamatan secara langsung terhadap kegiatan yang di lakukan oleh karyawan untuk menanyakan data secara lengkap.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan dalam pembahasan tugas akhir ini maka di uraikan penulisannyasebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluanmenerangkan tentang latar belakang,perumusan masalah yang di teliti, pembatasan masalah yang di teliti, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

2. Bab II Tinjauan Pustakamenerangkan tentang penelitian-penelitian yang pernah di lakukan para peneliti dan teori-teori yang terkait dengan sistem distribusi dan teori-teori terkait pendukung sistem.

3. Bab III Metodologi Penelitian menguraikan mengenai langkah-langkah melakukan pengolahan data yang bersumber dari kelistrikan pada pabrik.
4. Bab IV Hasil Pengujian dan Pembahasan membahas beberapa hasil pengujian seperti analisa perhitungan *setting* waktu rele arus lebih dan analisis relay proteksi.
5. Bab V Kesimpulan dan Saran berisi tentang kesimpulan yang dapat di ambil dari hasil analisis relay proteksi pada saluran distribusi dan saran sebagai wacana pengembangan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Relevan

Kesimpulan yang didapat dari pembahasan “Evaluasi koordinasi rele proteksi pada feeder distribusi terhadap kemungkinan gangguan *symphetyc 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 *symphetyc 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.Kurniawati, 2011)

“Analisa Perhitungan Setting Arus dan Waktu Pada Relay Arus Lebih (OCR) Sebagai Proteksi 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 untuk 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)

“Perencanaan Koordinasi Proteksi Arus Lebih Pada Pembangkit Listrik Tenaga MiniHidro (PLTMH) (PT.Dempo Sumber Eenergi di PLTM – Palangai Pesisir Selatan). Kesimpulan yang dapat diambil ialah proteksi memegang peranan penting dalam melindungi peralatan-peralatan listrik dari kerusakan akibat gangguan-gangguan ketika beroperasi. Sistem proteksi bekerja dengan mendeteksi adanya gangguan dan mencegah kerusakan yang diakibatkan gangguan. Pada perancangan koordinasi relay untuk PT. Dempo Hydro menggunakan software etap 12.6.0. Untuk mendapatkan suatu rancangan sistem proteksi yang handal, cepat, sensitif dan selektif perancangan koordinasi relay proteksi ini dilakukan dengan menentukan arus *pick-up*, time multiplier setting (TMS) dan karakteristik waktu operasi circuit breaker (CB) sebesar 0,1 second dan menggunakan standar IEC 60255.(prasetya sanjaya,2015)

“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. Dan 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 setelah 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 Tibubeneng, 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 bersamaan atau saling overlap. Penentuan nilai setting arus, setting waktu dan pemilihan karakteristik kurva sangat mempengaruhi tingkat koordinasi sistem proteksi. Setting OCR dan GFR relay penyulang Tibubeneng, recloser Dama dan recloser tandeg direkomendasikan untuk dilakukan setting ulang sesuai dengan hasil perhitungan. (Indra Baskara , I W . Sukerayasa, W.G. Ariastina, 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 7.5.0”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 (I_{set}) 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)

“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 setelan OCR sisi incoming 20 kV Iset (primer) = 1818,6 A, Iset (skunder) = 5 A, dan TMS = 0,164 detik. Dan setelan 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 Relay Arus Lebih (OCR) dan Gangguan Tanah (GFR) pada Gardu Induk Garuda Sakti Pekanbaru”. Pada transformator tenaga, OCR hanya berfungsi sebagai pengaman cadangan (back up protection) untuk gangguan eksternal atau sebagai back up bagi outgoing feeder, OCR dapat dipasang pada sisi ketegangan tinggi saja, atau pada sisi tegangan menengah saja, atau pada sisi tegangan tinggi dan tegangan menengah sekaligus. Selanjutnya OCR dapat menjatuhkan PMT di kedua sisi tranformator tenaga. OCR jenis defenite time ataupun inverse time dapat dipakai untuk proteksi transformator terhadap arus lebih. Relay arus lebih atau yang lebih dikenal dengan OCR (Over Current Relay) merupakan peralatan yang mensinyalir adanya arus lebih, baik yang disebabkan oleh adanya gangguan hubung singkat atau overload yang dapat merusak peralatan sistem tenaga yang berada dalam wilayah proteksinya. Rele hubung tanah yang lebih dikenal dengan GFR (Ground Fault Relay) pada dasarnya mempunyai prinsip kerja sama dengan rele arus lebih (OCR) namun

memiliki perbedaan dalam kegunaannya. Bila rele OCR mendeteksi adanya hubungan singkat antara phasa, maka GFR mendeteksi adanya hubung singkat ke tanah.(Khalik Al Ridha,2016)

“Analisa Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah pada Penyulang Topan Gardu Induk Teluk Betung”. Permasalahan koordinasi adalah menentukan urutan operasi rele untuk masing-masing lokasi gangguan yang memungkinkan adanya koordinasi tanpa waktu delay yang terlalu lama. Koordinasi pada intinya adalah memilih dan menentukan setting waktu untuk menentukan daerah proteksi terhadap gangguan sementara pada penyulang bila terjadi manuver/pelimpahan beban. Koordinasi sistem proteksi dapat melokalisir dan mengisolasi daerah yang terganggu sehingga dapat mengurangi jumlah pemadaman pada konsumen

2.2. Macam Macam Gangguan

Gangguan dapat terjadi dalam sistem tenaga listrik dengan berbagai macam sebab oleh karena itu perlu upaya untuk mengatasinya. Proteksi adalah sala satu usaha untuk mengatasi gangguan, dengan cara memisahkan bagian yang terganggu dari bagian sistem lainnya. Oleh karna itu masih banyak usaha lain yang perlu di lakukan dalam rangka peningkatan keandalan, mulai dari menghindari atau mengurangi terjadinya gangguan atau minimumkan kerugian akibat pemisahan bagian yang terganggu.

2.3. Gangguan Beban Lebih

Beban lebih adalah suatu keadaan abnormal yang apabila di biarkan terus menerus di tinjau. Beban lebih dapat terjadi pada transformer atau pada saluran karena konsumen yang di pasoknya memang terus meningkat, atau karena adanya perubahan aliran beban di jaringan setelah adanya gangguan.

Beban lebih dapat mengakibatkan pemanasan yang berlebih yang selanjutnya panas yang berlebih yang selanjutnya panas yang berlebihan itu dapat mempercepat proses penuaan atau memperpendek umur dari peralatan itu sendiri.

2.4. Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat dapat di golongan menjadi dua macam yaitu : gangguan hubung singkat simetris, dan tidak simetris (asimetris). Gangguan ini dapat menyebabkan mengalirnya arus lebih pada fasa yang terganggu. Selain itu, gangguan ini ini juga dapat menimbulkan kenaikan tegangan pada fasa yang tidak mengalami gangguan. Hampir semua gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik merupakan gangguan tidak simetris (asimetris).

Analisa hubung singkat yang di pakai di berbagai bidang seperti sistem *utility*, sistem kelistrikan *auxillary* pada pembangkit maupun kelistrikan pada kapal. Analisa hubung singkat ini berfungsi untuk mengetahui dan menentukan nilai *rattng* peralatan dan sebagai acuan terhadap koordinasi proteksi. Adapun cara untuk mengoreksi keamanan dari peralatan ini di gunakan analisa dan perhitungan arus hubung singkat minimum berfungsi untuk perhitungan guna mendapatkan nilai *setting* rele pengaman arus lebih. Hubung singkat dapat terjadi antara fasa (tiga fasa atau dua fasa) atau antara satu fasa ke tanah, dan dapat

bersifat sementara (*non persisant*) atau permanen (*persisant*) gangguan yang permanen misalnya hubung singkat yang terjadi pada kabel, belitan transformator atau belitan generator karena tembusnya (*breakdown*) isolasi padat. Dalam hal ini pada titik gangguan memang terjadi kerusakan yang permanen, peralatan yang terganggu tersebut baru bisa dioperasikan kembali setelah bagian yang rusak diperbaiki atau diganti. Penyebab gangguan permanen antara lain penuaan isolasi, kerusakan mekanis isolasi, tegangan lebih dan sebagai berikut.

Pada gangguan yang sementara, tidak ada kerusakan yang permanen di titik gangguan. Gangguan ini misalnya berupa *flashover* antara penghantar fasa dan tanah atau ke tiang, *trafers* atau kawat tanah pada, SUTT atau SUTM karena sembarang petir, atau *flashover* dengan pohon-pohon yang tertiuip angin, burung ataupun hewan lainnya yang terbang atau merayap mendekati konduktor fasa dan sebagainya.

Pada gangguan ini yang tembus (*break down*) adalah isolasi udaranya, oleh karena itu tidak ada kerusakan yang permanen. Setelah arus gangguannya terputus, misalnya karena terbukanya *circuit breaker* oleh relay pengamannya, peralatan atau saluran yang terganggu tersebut siap dioperasikan kembali.

Arus hubung singkat dua fasa lebih kecil dari pada arus hubung singkat tiga fasa. Jika tahanan gangguan diabaikan arus hubung singkat dua fasa kira-kira $\frac{1}{2}\sqrt{3} = (0,866)$ kali arus hubung singkat tiga fasa.

Arus gangguan tiga fasa, bahkan mungkin lebih kecil dari arus beban nominalnya, sebab gangguan tanah hampir selalu melalui tahanan gangguan, misalnya berupa ohm, yaitu tahanan pembumian kaki tiang, dalam hal *flashover* dengan pohon. Disamping itu untuk sistem dengan pembumian melalui tahanan,

tahanan pembumian netral sistem itu juga akan membatasi arus gangguan satu fasa ke tanah.

Arus gangguan satu fasa ke tanah pada sistem pembumian langsung pada umumnya juga sedikit lebih kecil dari pada arus hubung singkat tiga fasa impedansi urutan positifnya, kecuali jika lokasi gangguannya dekat dengan pembangkit, semua gangguan hubung singkat diatas, arus gangguannya di hitung dengan menggunakan rumus dasar yaitu :

$$I = \frac{v}{z} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

I = Arus yang mengalir pada hambatan (A)

V = Tegangan sumber (V)

Z = Impedansi jaringan,

Nilai ekivalen dari seluruh impedansi di dalam jaringan dari sumber tegangan sampai titik tangguan (Ohm). Yang membedakan antara gangguan hubung singkat tiga fasa, dua fasa dan satu fasa ke tanah ialah impedansi yang terbentuk sesuai dengan macam gangguan itu sendiri, dan tegangan yang memasok arus ke titik gangguan.

Z untuk gangguan tiga fasa, $Z = Z_1$

Z untuk gangguan dua fasa, $Z = Z_1 + Z_2$

Z untuk gangguan tiga fasa, $Z = Z_1 + Z_2 + Z_0 \dots\dots\dots(2.2)$

Dimana:

Z_1 = Impedansi urutan positif (Ohm)

Z_2 = Impedansi urutan negatif (Ohm)

Z_0 = Impedansi urutan nol (Ohm)

Peralatan yang terganggu dan peralatan yang dilalui arus hubung singkat dapat menjadi rusak dengan 2 cara :

2.4.1. Rusak Secara Thermis

Panas yang di timbul tergantung pada besarnya arusgangguan dan lamanya arus gangguan itu berlangsung yaitu sebesar :

$$P = \int_0^t I_2^2 R dt \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

T = waktu lamanya arus gangguan (S)

R = tahanan konduktor (Ohm)

I= arus gangguan (A)

Panas ini akan menaikkan suhu konduktor yang dilalui arus gangguan itu, jika terlalu lama (*clearing time*-nya lambat) suhu konduktor akan terlalu tinggi sehingga merusak isolasinya atau mempercepat penuaannya.

Jadi setiap peralatan mempunyai batas thermis tertentu terhadap arus gangguan itu. Jika terlalu lama (*clearing time*-nya lambat) suhu konduktornya akan terlalu tinggi sehingga merusak isolasinya atau mempercepat penuannya.

Jadi setiap peralatan mempunyai batas thermis tertentu terhadap arus hubung singkat. “ketahanan arus hubung singkat” (*short time current*) dari peralatan biasanya dinyatakan dalam arus (KA) dan waktu 1 detik, 2 detik, atau 3 detik. Batas *thermis* peralatan bisa juga dinyatakan dalam kurva waktu arus (*demage curve*) dalam diagram waktu arus. Jika batas itu tidak di lampau maka tidak ada panas yang berlebih, peralatan yang dilalui arus gangguan tidak rusak dan tidak mengalami percepatan penuaan.

2.4.2. Secara Mekanis

Arus gangguan menimbulkan gaya tarik menarik atau tolak menolak pada konduktor yang di lalui arus gangguan. Busbar pada *cubicle* atau *switchgear* misalnya, harus memiliki isolator yang cukup kuat secara mekanis yang cukup sehingga tahan terhadap gaya-gaya tersebut. Demikian pula belitan transformator juga harus memiliki kekuatan mekanis yang cukup sehingga tahan terhadap gaya-gaya tersebut. Demikian pula belitan transformator juga harus memiliki kekuatan mekanis yang cukup sehingga tidak rusak oleh arus hubung singkat yang melaluinya, dengan maksimal DC *offset*, bisa mencapai 2,5 kali nilai rms (*root mean square*) dari arus hubung singkat simetrisnya.

2.5. Cara Mengatasi Gangguan

Usaha-usaha untuk mengatasi gangguan dapat di kelompokkan kedalam 2 golongan sebagai berikut :

- a. Mengurangi terjadinya gangguan
- b. Mengurangi akibat gangguan

2.5.1. Mengurangi Terjadinya Gangguan

Gangguan tidak dapat dicegah, tetapi dapat dikurangi dengan cara-cara sebagai berikut :

- a. Dengan hanya menggunakan peralatan yang dapat di andalkan. Peralatan yang dapat Diandalkan adalah peralatan yang minimum memenuhi persyaratan standar yang dibuktikan dengan uji jenis, dan yang telah terbukti

keandalannya dari pengalaman penggunanya. Penggunaan peralatan dibawah mutu standar akan merupakan sumber gangguan.

- b. Penentuan spesifikasi yang tepat dan desain yang baik sehingga baik dalam kondisi kerja normal maupun dalam keadaan gangguan yang wajar, semua peralatan tahan baik secara *elektris*. Thermis maupun mekanis. Ini semua peralatan tidak akan mengalami *overstres* secara *elektris*, *thermis* maupun *mekanis* yang bisa merusak ataupun memperpendek umur.
- c. Pemasangan yang benar sesuai dengan desain, spesifikasin dan petunjuk dari pabrik.

2.5.2.Mengurangi Akibat Gangguan

Karena gangguan tidak bisa di cegah sama sekali maka usaha untuk mengurangi juga sangat penting :

- a. Mengurangi besarnya arus gangguan dengan cara :
 1. Menghindari konsentrasi pembangkit (mengurangi *sort circuit level*)
 2. Menggunakan reactor
 3. Menggunakan tahanan untuk pembumian netralnya untuk jaringan tegangan menengah.
- b. Penggunaan *lightning arester* dan penentuan tingkat dasar isolasi peralatan dengan koordinasi isolasi yang tepat.
- c. Melepaskan bagian sistem yang terganggu dengan menggunakan *circuit breaker* dan relay proteksi.
- d. Menghindari atau mengurangi luasnya/lamanya pemadaman atau kerusakan akibat pelepasan bagian sistem.

2.6. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

Perhitungan arus gangguan hubung singkat adalah analisa suatu sistem tenaga listrik pada saat dalam keadaan gangguan hubung singkat.

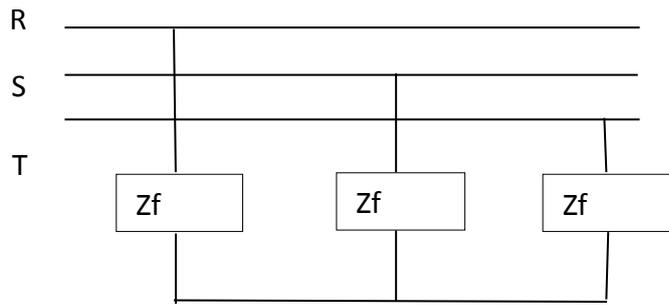
Perhitungan arus gangguan hubung singkat sangat penting untuk mempelajari sistem tenaga baik pada waktu perencanaan maupun setelah beroperasi nantinya. Perhitungan arus hubung singkat dibutuhkan untuk :

- a. Setting dan koordinasi peralatan proteksi
- b. Menentukan kapasitas alat pemutus daya
- c. Menentukan *rating* hubung singkat peralatan-peralatan yang di gunakan.

2.6.1.Menghitung Arus Gangguan Hubung Singkat

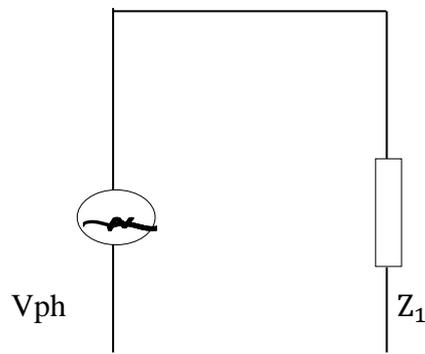
2.6.1.1.Perhitungan Arus Hubung Singkat Tiga Fasa

Kemungkinan terjadinya gangguan hubung singkat 3 fasa adalah putusnya salah satu kawat fasa yangletaknya paling atas pada transmisi atau distribusi, dengan konfigurasi kawat antar fasanya di susun secara vertical. Kemungkinan terjadinya memang sangat kecil, tetapi dalam analisanya tetap harus di perhitungkan. Kemungkinan lain ialah akibat pohon yang cukup tinggi dan berayun sewaktu angin kencang, kemudian menyentuh ketiga kawat pada transmisi atau distribusi. Seperti pada gambar 2.1. di bawah ini.



Gambar 2.1. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Pada hubung singkat jala-jala di atas harus mengalir besarnya berbanding lurus dengan fasa dan berbanding terbalik impedansinya. Sehingga semakin besar impedansi arus yang mengalir semakin kecil. Seperti terlihat pada gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2. hubung singkat jala-jala untuk gangguan hubung singkat 3 fasa.

Rumus dasar yang digunakan untuk menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat tiga fasa adalah :

$$I = \frac{v}{z} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\frac{P_{3\phi}}{\sqrt{3.VL-L}} \text{(Rumus gangguan tiga fasa ke fasa) } \dots\dots\dots(2.5)$$

Rumus besar daya gangguan hubung singkat 3 fasanya sebagai berikut :

$$\text{Daya Hubung Singkat (Phs) (100\%)} = \sqrt{3} \times VL \times L \times Ish \dots\dots\dots(2.6)$$

Sehingga arus gangguan hubung singkat tiga fasa dapat di hitung dengan menggunakan rumus :

$$I_{3\phi} = \frac{V_{ph}}{Z_{eq1}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

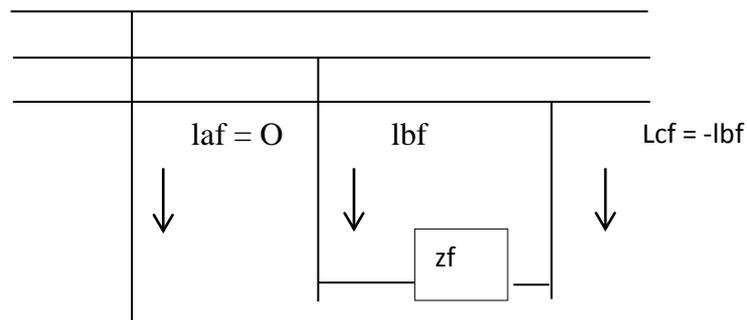
$I_{3\phi}$ = Arus gangguan hubung singkat tiga fasa (A)

V_{ph} = Tegangan fasa-netral sistem 380 V = $\frac{380}{\sqrt{3}}$ (V)

Z_{eq1} = Impedansi ekivalen urutan positif (Ohm)

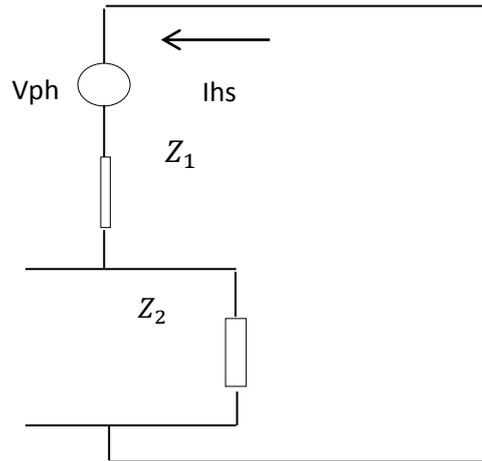
2.6.1.2.Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa

Kemungkinan terjadi gangguan hubung singkat 2 fasa di sebabkan putusnya kawat fasa tengah pada distribusi. Kemungkinan lain adalah dari rusaknya isolator di transmisi atau distribusi sekaligus 2 fasa. Dapat terlihat pada gambar 2.3. dibawah ini.



Gambar 2.3. Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa

Hubung jala-jalaurutan untuk gangguan hubung singkat 2 fasa seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.4. hubungan jala-jala urutan gangguan hubung singkat 2 fasa

Rumus dasar yang di gunakan untuk menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat 2 fasa adalah :

$$I = \frac{V}{Z} \dots\dots\dots(2.8)$$

Sehingga arus gangguan hubung singkat 2 fasa dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$I_{z\phi} = \frac{V_{ph}}{Z_{eq1} + Z_{eq2}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Karena $Z_{eq1} = Z_{eq2}$, maka :

$$I_{z\phi} = \frac{V_{ph}}{2 \times Z_{eq2}} \dots\dots\dots(2.10)$$

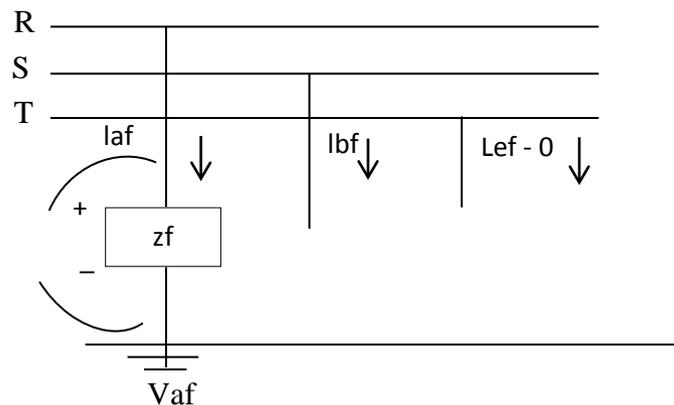
Dimana : $I_{z\phi}$ = Arus gangguan hubung singkat 2 fasa (A)

V_{ph-ph} = Tegangan fasa sistem 380 V

Z_{eq1} = Impedansi urutan positif (Ohm)

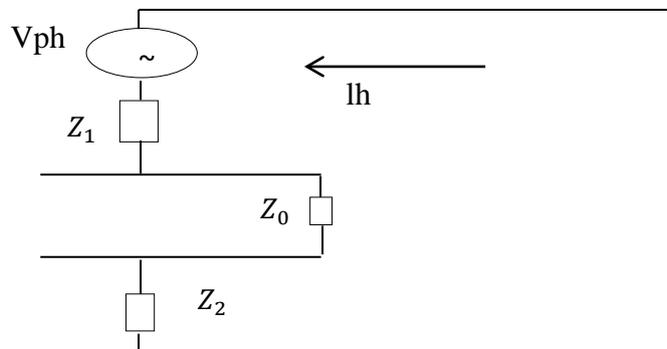
2.6.1.3. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Kemungkinan terjadinya gangguan satu fasa ke tanah adalah *back flashover* antar tiang ke salah satu kawat transmisi atau distribusi. Sesaat setelah tiang tersambar petir yang besar walaupun tahanan kaki tiangnya cukup rendah namun bisa juga gangguan fasa ke tanah ini terjadi sewaktu salah satu kawat fasa transmisi atau distribusi tersentuh pohon yang cukup tinggi. Seperti terlihat pada gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2.5. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.

Hubungan jala-jala urutan untuk gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah dapat di lihat seperti pada gambar 2.6. di bawah ini.



Gambar 2.6. hubungan jala-jala urutan untuk gangguan hubung singkat 1 fasa ketanah.

Rumusan dasar yang digunakan untuk menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah juga dengan rumus :

$$I = \frac{V}{Z} \dots\dots\dots(2.11)$$

Sehingga arus hubung singkat satu fasa ke tanah dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

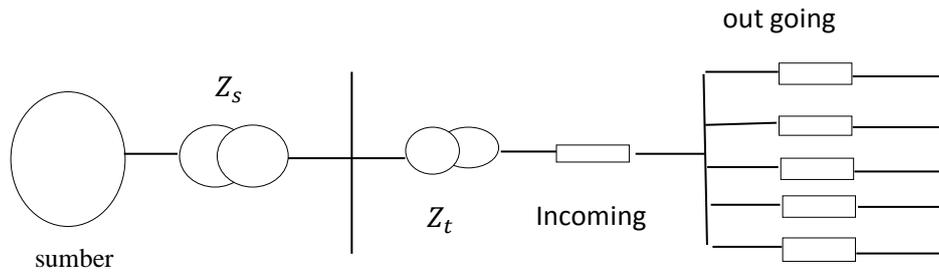
$$I_{1\phi} = \frac{3 \times V_{ph}}{Z_2 \times Z_{eq1} + Z_{eq0}} \dots\dots\dots(2.12)$$

2.6.2.Menghitung Impedansi

Dalam menghitung impedansi dikenal tiga macam impedansi urutan yaitu:

- a. Impedansi urutan positif (Z_1) yaitu impedansi yang hanya dirasakan oleh urutan positif.
- b. Impedansi urutan negatif (Z_2) yaitu impedansi yang hanya dirasakan oleh arus urutan negatif.
- c. Impedansi urutan nol (Z_0) yaitu impedansi yang hanya dirasakan oleh arus urutan nol.

Sebelum melakukan perhitungan arus hubung singkat, maka kita harus memulai perhitungan pada rele daya tegangan primer di gardu induk untuk berbagai jenis gangguan. Kemudian menghitung pada titik-titik lainnya yang letaknya semakin jauh dari gardu induk tersebut. Seperti terlihat pada gambar 2.7.dibawah ini.



Gambar 2.7.sketsa penyulang tegangan menengah

Dimana :

Z_s = Impedansi sumber (Ohm)

Z_t = Reaktansi Transformator (Ohm)

2.6.2.1.Impedansi sumber

Untuk menghitung impedansi sumber disisi bus 20 kV, maka harus dihitung dahulu impedansi sumber di bus 150 kV impedansi sumber di bus 150 kV diperoleh dengan rumus :

$$Z_s = \frac{kV^2}{MVA} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

Z_s = Impedansi sumber (Ohm)

kV^2 = Tegangan sisi primer transformator tenaga (kV)

MVA = Daya hubung singkat di bus 150 kV (MVA)

Arus gangguan hubung singkat disisi 20 kV diperoleh dengan cara mengkonversikan dulu impedansi sumber di bus 150 kV kesisi 20 kV. Untuk mengkonversikan impedansi yang terletak disisi 150 kV, dapat dihitung dengan rumus :

$$Z_s \text{ (sisi 20 kV)} = \frac{20^2}{150^2} \times Z_s \text{ (sisi 150 kV)} \dots\dots\dots(2.14)$$

2.6.2.2.Reaksi Transformator

Pada perhitungan suatu transformator yang di ambil adalah harga reaktansinya, sedangkan tahananannya di abaikan karena harganya kecil. Untuk nilai reaktansi transformator dalam Ohm dihitung dengan cara sebagai berikut :

Langkah pertama mencari nilai Ohm pada 100% untuk transformator pada 20 kV, yaitu dengan menggunakan rumus :

$$X_t \text{ (pada 100\%)} = \frac{kV^2}{kVA} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

X_t = Reaktansi transformator

kVA = Kapasitas daya transformator tenaga (MVA)

Lalu tahap selanjutnya yaitu mencari nilai reaktansi tegangannya :

1. Untuk menghitung reaktansi urutan positif dan negatif ($X_{t1} = X_{t2}$)

Dihitung dengan menggunakan rumus :

$$X_t = 0\% \text{ yang diketahui } \times X_t \text{ (pada 100\%)} \dots\dots\dots(2.16)$$

2. Sebelum menghitung reaktansi urutan nol (X_{t0}) terlebih dahulu harus diketahui data transformator tenaga itu sendiri yaitu data kapasitas belitan delta yang ada dalam transformator :

- a. Untuk transformator tenaga dengan hubungan belitan ΔY dimana kapasitas belitan delta sama besar dengan kapasitas belitan Y, maka $X_{t0} = X_{t1}$

- b. Untuk transformator tenaga dengan hubungan belitan YD dimana kapasitas belitan dipakai untuk menyalurkan daya, maka $X_{t0} = 3 \times X_{t1}$

- c. Untuk transformator tenaga dengan hubungan belitan Y dan tidak mempunyai belitan delta di dalamnya, maka untuk menghitung besarnya X_{t0} berkisar antara $9 s/d14 X_{t1}$.

2.7. 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 sistem 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.

2.7.1. 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.

2.7.2.Persyaratan Terpenting Pengaman

2.7.2.1.Kepekaan (*Sensitivity*)

Pada prinsipnya relay harus cukup peka sehingga dapat mendeteksi gangguan di kawasan pengamannya, termasuk kawasan pengaman cadangan jauhnya, meskipun dalam kondisi yang memberikan deviasi yang minimum. Untuk relay arus lebih hubung singkat yang bertugas pula sebagai pengaman cadangan jauh bagi seksi berikutnya, relay itu harus dapat mendeteksi arus gangguan hubung singkat dua fasa yang terjadi di ujung akhir seksi berikutnya dalam kondisi pembangkitan minimum.

Relay digunakan sebagai pengaman peralatan seperti motor, generator, atau transformator, relay yang peka dapat mendeteksi gangguan pada tingkatan yang masih dini sehingga dapat membatasi kerusakan. Bagi peralatan seperti diatas tersebut, hal ini sangat penting karena jika gangguan itu sampai merusak laminasi stator, maka perbaikannya akan sangat sukar dan mahal.

Relay yang digunakan untuk sebagai pengaman gangguan tanah pada SUTM, relay yang kurang peka menyebabkan banyak gangguan tanah, dalam bentuk sentuhan dengan pohon, pohon yang tertiup angin, yang tik bisa terdeteksi. Akibatnya busur apinya berlangsung lama dan dapat menyambar ke fasa lain, maka relay hubung singkat yang akan bekerja. Gangguan sedemikian bisa terjadi berulang kali di tempat yang sama yang dapat mengakibatkan kawat kawat cepat putus, sebaliknya jika terlalu peka, relay akan terlalu sering trip untuk gangguan yang sangat kecil yang mungkin bisa hilang sendiri atau resikonya dapat diabaikan atau dapat diterima.

2.7.2.2.Keandalan (*Reliability*)

Ada tiga aspek keandalan yang perlu diperhatikan pada sistem pengamanan.

1. Diandalkan (*reliable*)

Diandalkan yaitu tingkat kepastian bekerjanya (keandalan kemampuan bekerjanya). Pada prinsipnya pengamanan harus dapat diandalkan bekerjanya (dapat mendeteksi dan melepaskan bagian yang terganggu), tidak boleh gagal bekerja. Dengan kata lain perkataan *dependability*-nya harus tinggi.

2. Keamanan (*security*)

Keamanan yaitu tingkat kepastian untuk tidak salah bekerja (keandalan untuk tidak salah bekerja). Salah kerja yang semestinya tidak harus kerja, misalkan karena lokasi gangguan di luar kawasan pengamannya atau samasekali tidak ada gangguan atau kerja yang terlalu cepat atau terlalu lama. Salah bekerja mengakibatkan pemadaman yang sebenarnya tidak perlu terjadi, jadi pada prinsipnya pengamanan tidak boleh salah kerja, dengan lain perkataan kemampuannya harus tinggi.

3. Tersedianya (*Availability*)

Tersedianya yaitu perbandingan antara waktu dimana pengamanan dalam keadaan berfungsi atau siap bekerja dan waktu total dalam operasinya. Dengan relay elektromekanis, jika rusak atau tidak berfungsi, tak diketahui segera. Baru diketahui dandiperbaiki atau diganti. Disamping itu, sistem proteksi yang juga di lengkapi dengan kemampuan mendeteksi terputusnya sirkuit trip, sirkuit skunder arus, dan sirkuit sekunder tegangan serta hilangnya tegangan searah (dc voltage), dan memberikan alarm sehingga bisa diperbaiki, sebelum kegagalan

proteksi dalam gangguan sesungguhnya, benar-benar terjadi. Jadi *availability* dan keandalannya tinggi.

2.7.2.3. Selektifitas (*selectivity*)

Pengaman arus dapat memisahkan bagian sistem yang terganggu sekecil mungkin yaitu hanya seksi atau peralatan yang terganggu saja yang termasuk dalam kawasan pengamanan utamanya. Pengaman sedemikian disebut pengaman yang selektif.

Jadi relay harus dapat membedakan apakah :

1. Gangguan terletak dikawasan pengamanan utamanya dimana ia harus bekerja cepat.
2. Gangguan terletak di seksi berikutnya dimana ia harus bekerja dengan waktu tunda (sebagai pengaman cadangan) atau menahan diri untuk trip.
3. Gangguan diluar daerah pengamannya, atau sama sekali tidak ada gangguan, dimana ia tidak harus bekerja sama sekali.

2.7.2.4. Kecepatan (*speed*)

Untuk memperkecil kerugian/kerusakan akibat gangguan, maka bagian yang terganggu harus dipisahkan secepat mungkin dari bagian sistem lainnya. Waktu total pembebasan sistem dari gangguan adalah waktu sejak munculnya gangguan, sampai bagian yang terganggu benar-bener terpisah dari bagian sistem lainnya.

Kecepatan itu penting untuk :

- a. Menghindari kerusakan secara *thermis* pada peralatan yang dilalui arus gangguan serta membatasi kerusakan pada alat yang terganggu.
- b. Mempertahankan kesetabilan sistem.
- c. Membatasi ionisasi (busur api) pada gangguan di saluran udara yang akan memperbesar kemungkinan berhasilnya penutupan ballik PMT (*reclosing*) dan mempersingkat *dead time*-nya (*interval* waktu antara buka dan tutup). Untuk menciptakan selektifitas yang baik, mungkin saja suatu pengaman terpaksa diberi waktu tunda (td) Namun waktu tunda tersebut harus sesingkat mungkin (seperlunya saja) dengan memperhitungkan resikonya.

2.8. Relay Arus Lebih (OCR)

2.8.1. Pengertian Relay OCR

Relay arus lebih atau yang lebih dikenal dengan OCR (*Over Current Relay*) Merupakan peralatan yang mensinyalir adanya arus lebih, baik yang disebabkan oleh adanya gangguan hubung singkat atau *Overload* yang dapat merusak peralatan sistem tenaga yang berada di wilayah proteksinya.

Relay arus lebih ini digunakan hampir pada seluruh pola pengaman sistem tenaga listrik, lebih lanjut relay ini dapat digunakan sebagai pengaman utama ataupun pengaman cadangan.

Pada transformator tenaga OCR hanya akan berfungsi sebagai pengaman cadangan (*back up protection*) untuk gangguan eksternal atau sebagai back OCR dapat dipasangkan pada sisi tegangan tinggi saja, atau pada sisi tegangan menengah saja, atau pada sisi tegangan tinggi dan tegangan menengah sekaligus.

Selanjutnya OCR dapat menjatuhkan PMT pada sisi dimana relay terpasang atau dapat menjatuhkan PMT di kedua sisi transformator tenaga.

OCR jenis *definite time* ataupun *inverse time* dapat dipakai untuk proteksi transformator terhadap arus lebih .

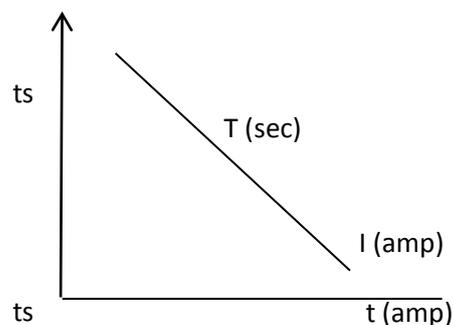
Sebagai pengaman transformator tenaga san SUTT bertujuan untuk :

- Mencegah kerusakan transformator tenaga atau SUTT bertujuan untuk hubung singkat.
- Membatasi luas daerah terganggu (pemadaman) sekecil mungkin
- Hanya bekerja bila pengaman utama transformator tenaga atau SUTT tidak bekerja.

2.8.2. Jenis Relay Berdasarkan Karakteristik Waktu

2.8.2.1 Jenis Arus Lebih Sesaat (*instantaneous*)

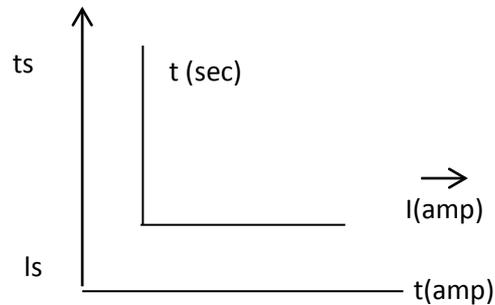
Adalah relay arus lebih yang tidak mempunyai waktu tunda/waktu kerja sesaat. Relay bekerja pada gangguan yang paling dekat dengan lokasi dimana relay terpasang atau di bedakan berdasarkan level gangguan secara lokasi sistem. Karakteristik waktu untuk relay arus lebih sesaat.terlibat pada gambar 2.8. dibawah ini.



Gambar 2.8. Karakteristik Waktu seketika (*instantaneous*)

2.8.2.2. Arus Lebih Definite (*definite time*)

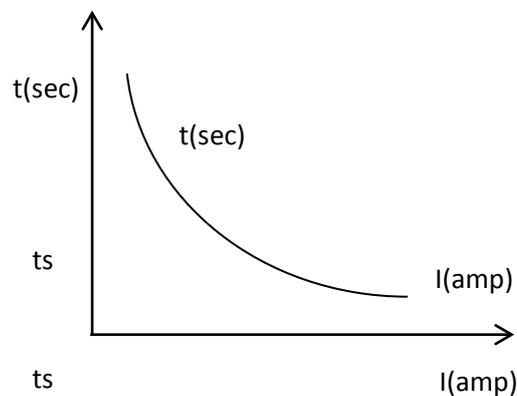
Adanya relay dimana waktu tundanya tetap, tidak tergantung pada besarnya arus gangguan telah melebihi arus settingnya berapapun besarnya arus gangguan relay akan bekerja dengan waktu yang tetap. Karakteristik waktu kerja untuk relay arus lebih definite terlihat pada gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.9. Karakteristik Waktu Tertentu (*definite*)

2.8.2.3 Relay Arus Lebih Inverse (*Inverse Time*)

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 waktu relay arus lebih inverse terlihat pada gambar 2.10 Dibawah ini.



Gambar 2.10. Karakteristik Waktu Terbalik (*inverse*)

Batas penyetelan relay arus lebih adalah relay tidak bekerja pada saat beban maksimum. Oleh karena itu, *setting* arusnya harus lebih besar dari arus beban maksimum.

Relay arus lebih memiliki stelan pickup dan stelan *time dial*, pada relay arus lebih besarnya arus pickup ditentukan dengan pemilihan tap yang digunakan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$td = \frac{k \times t}{\beta \times \left[\left(\frac{I}{I_{set}}\right)\right]^\alpha} \dots\dots\dots(2.20)$$

dimana :

td = waktu operasi (detik)

T = *time dial*

I = nilai arus (ampere)

I_{set} = arus *pickup*(ampere)

K = koefisien inverse 1 (lihat tabel 1)

α = koefisien inverse 2 (lihat tabel 1)

β = koefisien inverse 3 (lihat tabel 1)

Tabel 2.1 Koefisien *inverse time dial*.

| Tipe kurva | Koefisien | | |
|------------------|-----------|----------|---------|
| | K | α | β |
| Standart inverse | 0,14 | 0,02 | 2,970 |
| Very inverse | 13,5 | 1,00 | 1,500 |
| Extremely | 80,0 | 2,00 | 0,808 |

Pada relay jenis ini karakteristik kecuraman waktu-arus di kelompokkan menjadi :

1. Normal Inverse
2. Very Inverse
3. Long Inverse
4. Extremely Inverse

2.8.3.Prinsip Kerja OCR

Prinsip kerja relay OCR adalah relay yang bekerja berdasarkan adanya arus lebih yang dirasakan relay, ia akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai settingnya (Iset) atau relay arus lebih merupakan pengaman yang bekerja karena adanya besaran arus dan terpasang pada jaringan tersebut. Berdasarkan adanya arus lebih yang dirasakan relay baik disebabkan adanya gangguan hubung singkat atau *overload* (beban lebih) untuk kemudian memberikan perintah trip PMT sesuai dengan karakteristik.

| Tipe Relay | Setelah Waktu (TMS) |
|-----------------------------|---|
| <i>Standart Inverse</i> | $\text{TMS} = \frac{0,14}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0,02} - 1}$ |
| <i>Very Inverse</i> | $\text{TMS} = \frac{13,5 \text{ xt}}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right) - 1}$ |
| <i>Extremely Inverse</i> | $\text{TMS} = \frac{80 \text{ xt}}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^2 - 1}$ |
| <i>Long Time Eart Fault</i> | $\text{TMS} = \frac{120 \text{ xt}}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right) - 1}$ |

Tabel 2.2. Karakteristik operasi waktu jenis *Relay Inverse Time*.

2.8.4. Setting OCR

Penyetelan relay OCR pada sisi primer dan sisi skunder transformator tenaga terlebih dahulu harus dihitung arus nominal transformator tenaga.

Arus setting untuk relay OCR baik pada sisi primer maupun pada sisi skunder transformator tenaga adalah :

$$I_{\text{set}} (\text{primer}) = 1,2 \times I \text{ nominal transformator} \dots \dots \dots (2.21)$$

Nilai tersebut ialah nilai primer. Untuk mendapatkan nilai setelan skunder yang dapat disetkan pada relay OCR, maka harus dihitung dengan menggunakan ratio transformator arus (CT) yang terpasang pada sisi primer maupun sisi sekunder transformator tenaga.

$$I_{\text{set}} (\text{skunder}) = I_{\text{set}} (\text{primer}) \times \frac{I}{\text{Ratio CT}} \dots \dots \dots (2.22)$$

2.8.4.1. Setting Waktu (TMS)

Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat, selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai setelan waktu (TMS). Rumus untuk menentukan nilai setelan waktu bermacam-macam sesuai dengan desain pabrik pembuat relay. Dalam hal ini diambil rumus TMS dengan relay merk MC30.

2.8.4.2. Koordinasi Berdasarkan Arus dan Waktu

Dalam suatu sistem kelistrikan terdapat susunan relay pengaman yang terdiri dari relay pengaman utama dan relay pengaman *beckup*. Ini harus dikoordinasikan agar menghasilkan sistem proteksi yang sempurna. Adapun koordinasi ini dilakukan pada setelan *pickup* dan *time delay* dari relay tersebut.

Untuk memberikan koordinasi yang baik, setelan *pickup* rele-rele tersebut harus memenuhi syarat berikut :

$$I_{set} A > I_{set} B > I_{set} C > I_{set} D \dots\dots\dots(2.23)$$

Antara relay pengaman utama dan relay pengaman cadangan (*backup*) tidak boleh bekerja secara bersamaan. Untuk itu, diperlukan adanya *time delay* antara relay utama dan relay cadangan *backup*. *Time delay* ini sering dikenal dengan sebagai setelan *setting* kelambatan waktu (Δt) atau *grading time*. Perbedaan waktu kerja minimal antara relay utama dan relay backup adalah 0,2 - 0,35 detik.

Dengan apesifikasi sebagai berikut menurut *standart IEEE 242* :

Waktu Buka CB : 0,04 – 0,1 s (2-5 cycle)

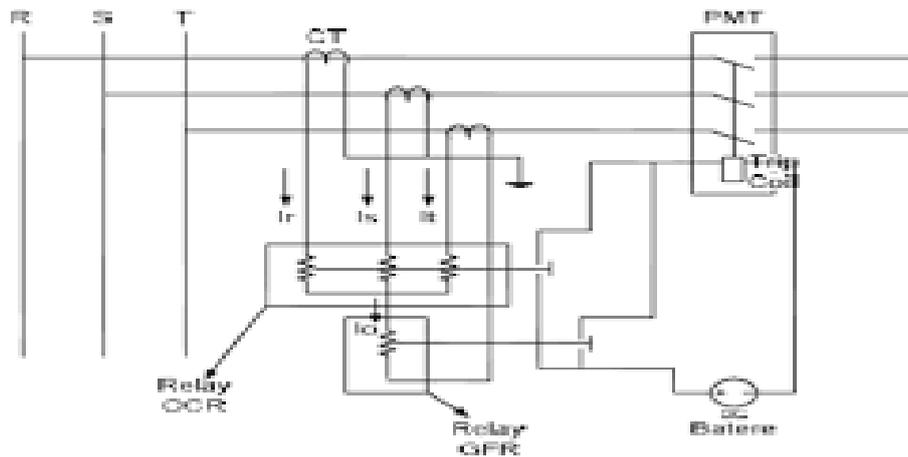
Over travel dari relay : 0,1s

Faktor Keamanan : 0,12 – 0,22 s

2.9 Relay Hubung Tanah (*Ground Fault Relay*)

2.9.1 Pengertian GFR

Relay hubung tanah yang lebih kita kenal dengan GFR (*Ground fault relay*) pada dasarnya mempunyai prinsip kerja sama dengan relay arus lebih (OCR) namun memiliki perbedaan dalam kegunaannya, maka GFR mendeteksi adanya hubung singkat ke tanah. Dibawah ini merupakan gambar rangkaian pengawatan GFR. Terlihat pada gambar 2.12 dibawah ini.



Gambar 2.11. Rangkaian Pengawatan Relay GFR

2.9.2.Prinsip Kerja GFR

Pada kondisi normal beban seimbang I_r , I_s , I_t sama besar, sehingga pada Kawat netral tidak timbul arus dan relay hubung tanah tidak teraliri arus. Bila terjadi ketidak seimbangan arus atau terjadi gangguan hubung singkat ke tanah maka akan timbul arus urutan nol pada kawat netral, sehingga relay hubung tanah akan bekerja.

2.9.3.Setting GFR

Penyetelan relay gangguan tanah (GFR) pada sisi primer dan sisi sekunder transformator tenaga terlebih dahulu harus dihitung arus nominal transformator tenaga. Arus *setting* untuk relay GFR baik pada sisi primer maupun pada sisi sekunder transformator tenaga adalah :

$$I_{set} \text{ (primer)} = 0,1 \times I \text{ nominal NGR (neutral grounding resistor)} \dots \dots \dots (2.24)$$

Nilai tersebut adalah nilai primer, untuk mendapatkan nilai setelan sekunder yang dapat disetelkan pada relay GFR, maka harus dihitung dengan menggunakan rasio transformator arus (CT) yang terpasang pada sisi primer maupun sisi sekunder transformator tenaga.

$$I_{\text{set}} (\text{sekunder}) = I_{\text{set}} (\text{primer}) \times \frac{I}{\text{Ratio CT}} \dots \dots \dots (2.25)$$

Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat, selanjutnya digunakan untuk menentukan setelan waktu kerja relay (TMS). Yang sama halnya dengan relay OCR, relay GFR menggunakan rumus penyetingan TMS yang sama dengan relay OCR. Tetapi waktu kerja relay yang digunakannya berbeda. Relay GFR cenderung lebih sensitif dibandingkan relay OCR.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi penelitian

Lokasi: PT. Dow AgroSciences, Jl.Sisingamangaraja KM. 9,5. Medan , Kec. Medan Amplas, Kota Medan, Sumatera Utara.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun peralatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Satu unit laptop

Merk : Asus A450C

Prosesor : Intel®pentium®corei3(2.0GHz,800 MHz FSB)

System Type : 32 bit operating sistem

2. Satu unit plashdrive

Merk : Sandisk

Kapasitas : 8 GB

3.3 Data penelitian

3.3.1 Transformator

Adapun transformator yang digunakan pada PT. Dow AgroSciences seperti pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 transformator

Tabel 3.2 Spesifikasi Transformator

| | |
|-------------------------|-------------------|
| Transformer data | |
| Merk | : Morawa electric |
| Power nominal | : 630 KVA |
| Temp | : 66 °C |
| Isolation class | : 24 KV |
| Fasa | : 3/50 Hz |
| Rating | : Continiue |
| Oli | : Dlalla-B |
| Connection type | : DYn5 |
| Sekunder | |
| Voltage nominal | : 231-400 V |
| curren | |
| t nominal | : 909 A |
| Primer | |
| Voltage nominal | : 20 KV |
| current nominal | : 18,2 A |
| Tid fullwave | : 126KV |
| Impedensi | : 4% |
| Oli capacity | : 480 Kg |
| Total weight | : 2500 kg |

3.3.2 Generator Set (Genset)

Adapun Generator diesel yang digunakan pada Pt. Dow AgroSciences seperti gambar 3.2.



Gambar 3.2 Generator Set

Tabel 3.3 Spesifikasi Generator Set

| | |
|------------------------|-----------------------------------|
| CATERPILLAR | |
| Generating set ISO8528 | |
| Model | 550 |
| Serial number | CAT0000JC6C00477 |
| Manufacture | 2008 |
| Rated power-prime | 500 KVA, 400 KW, 0.8 cos α |
| Rated voltage | 400/230 |
| Phase | 3 |
| Rated frequency | 50 Hz |
| Rated current | 722 A |
| Rated RPM | 1500 |
| Maximum altitude | 152,4 m |
| Temperature | 40°C |
| Mass | 3669 kg |
| Performance | G3 |
| Generator | F6B01010 |
| Generator connection | S-tart |
| Rating ISO 8528-3 | BR |
| Generator encloser | IP23 |
| Insulation class | H |
| Excitation voltage | 40 V |
| Excitation current | 2A |
| Engine s/n | STH03542 |
| Rated | 606 HP |

3.3.3. Cubicle Tegangan Menengah

Adapun *cubicle* tegangan menengah yang digunakan pada Pt. Dow AgroSciences seperti gambar 3.3.



Gambar 3.3 Cubicle Tegangan Menengah

Tabel 3.4. Spesifikasi Cubicle Tegangan Menengah

| | |
|------------------------------------|----------|
| CDC and CBC unit switch | |
| ABB unit Switch IEC 62271 | |
| Rated Voltage | 24 KV |
| Lighting imp withstand Voltage | 125 KV |
| Rated current | 630 A |
| Short time withstand current 3S | 20 KA |
| Serial number | 110532 |
| Manufactured | 2011 |
| Current Breaker | |
| ABB HD4 | |
| HD 4/5 24.06.16 | |
| Classification E2.M2.C2 | |
| S/n 1VCBB00042967 | |
| Mass | 90 Kg |
| Voltage | 24 KV |
| Lighting impulse withstand voltage | 125 KV |
| Power frequency withstand voltage | 50 KV |
| Frequency | 50/60 Hz |
| Normal current | 630 A |
| Short time withstand current | 16 KA |
| Duration of short current | 1 s |
| Short circuit breaker current | 16 KA |
| Making capacity (peak value) | 40 KA |

| | |
|---------------------------------|------------------|
| At the voltage of | 24 KV |
| DC Component | $\leq 35\%$ |
| Cable charging breaking current | 31,5 A |
| SF6 filling pressure at 20°C | 0.380 MPA |
| SF6 mass for circuit breaker | 0,282 Kg |
| Operating sequence | 0-0,35-CO-15S-CO |

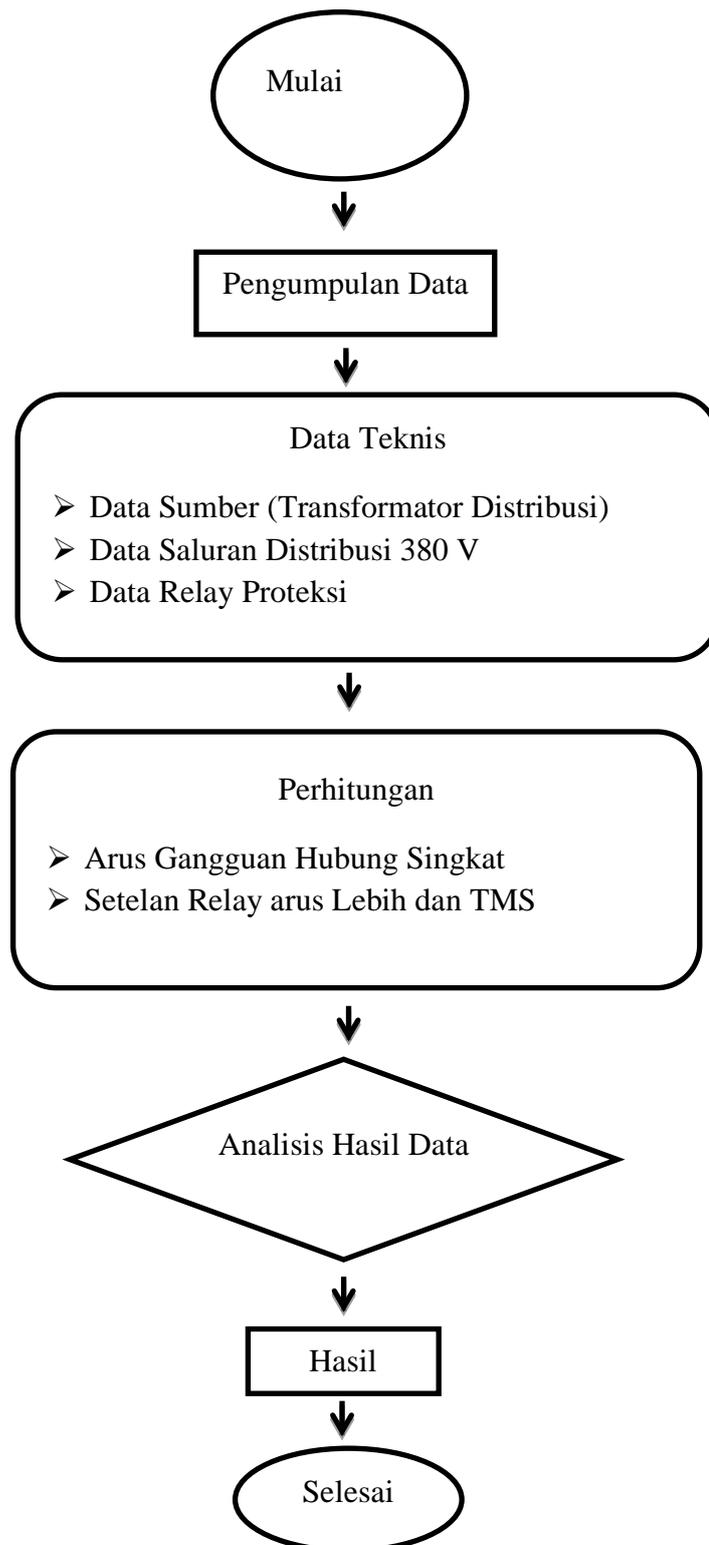
3.3.4. Data Proteksi Relay OCR Incoming

| Description | Setting | Value |
|--|----------------------------------|-------|
| Start value of stage I> | I>/I _n | 0,4 |
| Operate time of stage I> | t> | 0,05 |
| Time/current characteristic for stage I> | IDMT I> | 3 |
| Time multiplier k | K | 0,05 |
| Time multiplier n | N | 1 |
| Resetting time of stage I> | t _{r>} | 0,05s |
| Start value of stage I>> | I>>/I _n | 1,60 |
| Operate time of stage I>> | t>> | 0,10 |
| Start value of stage I>>> | I>>>/I _n | 2 |
| Operate time of stage I>>> | t>>> | 0,04 |
| Start value of stage I ₀ >/I _n | I ₀ >/I _n | 10% |
| Operate time of stage I ₀ > | t ₀ > | 0,05 |
| Time/current characteristic for stage I ₀ > | IDMT I ₀ > | 3 |
| Time multiplier k ₀ | k ₀ | 0,05 |
| Time multiplier n ₀ | n ₀ | 1,0 |
| Resetting time of stage I ₀ > | t _{0r>} | 0,05 |
| Start value of stage I ₀ >> | I ₀ >>/I _n | 20% |
| Operate time of stage I ₀ > | t ₀ >> | 0,05 |
| Start value of stage ΔI> | ΔI> | 100% |
| Operate time of stage ΔI> | t _Δ > | 120 |
| Full load current | I _e | 0 |
| Time constant of stage Θ> | T | 0 |
| Alarm level of stage Θ> | Θ _a > | 0 |
| Operate time of CBFP | CBFP | 0 |
| Number of AR shots | 0 → 1 | 0 |
| Current limit Arcl> of stage ARC | Arcl> | 0 |
| Current limit Arcl ₀ > of stage ARC | Arcl ₀ > | 0 |

3.3.5. Data proteksi relay OCR Penyulang

| Description | Setting | Value |
|------------------|-----------------------|-------|
| Current setting | $I_r = I_n \times$ | 1 |
| Tripping between | T_b | 0,5 |
| Time setting | T_r | 0,5 |
| Time delay (s) | S | 0,05 |
| Thermal memory | % | 10 |
| Pick-up | $I_{sd} = I_r \times$ | 1,5 |

3.4 Diagram Alir



Gambar 3.4 Flow Chart

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Menghitung Arus Gangguan Hubung Singkat

Rumus dasar yang digunakan untuk menghitung besarnya arus gangguan 3 fasa adalah dengan persamaan (2.4)

$$I = \frac{V}{Z}$$

Dimana:

I = Arus gangguan 3 fasa

V = Tegangan Fasa-Fasa sistem 380 V = V_{ph}

Z = Impedansi urutan positif (Z_{eq1})

Sehingga arus gangguan hubung singkat 3 fasa dapat dihitung sebagai berikut :

$$I_{3\phi} = \frac{V_{ph}}{Z_{eq1}} = \frac{380}{0,04}$$
$$= 9.500 \text{ ampere}$$

Dari hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan maka telah diketahui bahwa arus hubung singkat satu fasa pada saluran distribusi sebesar 9.500 ampere.

4.2. Menghitung setting relay OCR dan GFR

4.2.1. Perhitungan nilai setelan relay arus lebih OCR, terlebih dahulu menghitung nilai setting relay disisi primer, dilakukan dengan persamaan (2.21)

$$I_{set}(primer) = 1,2 \times I \text{ nominal (transformator)}$$

Sehingga nilai setting relay di sisi primer dapat di hitung sebagai berikut:

$$I_{set}(primer) = 1,2 \times 380 = 456 A$$

Nilai tersebut dibulatkan dan dipilih nilai 500 Ampere

Sedangkan untuk menghitung nilai setting relay disisi skunder, dapat dilakukan dengan persamaan (2.22)

$$I_{set}(sekunder) = I_{set}(primer) \times \frac{I}{Ratio CT}$$

Sehingga nilai setting relay di sisi skunder dapat di hitung sebagai berikut:

$$I_{set}(sekunder) = 500 \times \frac{5}{772} = 3,2 A$$

Adapun perhitungan untuk mendapatkan nilai setting waktu relay OCR (TMS) yaitu sesuai aturan yang diterapkan dilingkungan Pt. Dow Agro Sciences, untuk waktu kerja relay OCR sebesar 0,5 detik, sehingga penerapan setting waktunya sebagai berikut

$$t = TMS = \frac{0,14}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,5 = TMS = \frac{0,14}{\left(\frac{9.500}{500}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,5 = TMS \times 0,998$$

$$TMS(td) = \frac{0,5}{0,999}$$

$$= 0,5 \text{ detik}$$

4.2.2. Perhitungan nilai setting relay gangguan tanah (GFR)

Adapun perhitungan nilai setelan relay GFR terlebih dahulu menghitung nilai setting relay disisi primer, dilakukan dengan persamaan(2.24)

$$I_{set}(\text{primer}) = 0,1 \times I \text{ nominal NGR (neutral grounding resistor)}$$

Sehingga nilai setting relay GFR dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I_{set}(\text{primer}) &= 0,1 \times 1000 \\ &= 100 \text{ A} \end{aligned}$$

Dipilih nilai 110 Ampere

Sedangkan untuk menghitung nilai setting relay disisi sekunder dapat menggunakan persamaan (2.25)

$$I_{set}(\text{sekunder}) = I_{set}(\text{primer}) \cdot \frac{I}{\text{ratio CT}}$$

Sehingga untuk menghitung setting relay di sisi sekunder dapat dihitung sebagai berikut :

$$I_{set}(\text{sekunder}) = 110 \cdot \frac{5}{772} = 0,7 \text{ A}$$

Adapun untuk setting waktu GFR, telah diketahui aturan yang diterapkan dilingkungan Pt. Dow Agro Sciences, untuk waktu kerja relay OCR sebesar 0,5 detik, sehingga perhitungan setting waktunya sebagai berikut.

$$t = \text{TMS}(\text{td}) = \frac{0,14}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,5 = \text{TMS}(\text{td}) = \frac{0,14}{\left(\frac{9500}{110}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,5 = \text{TMS}(\text{td}) \times 0,999$$

$$\text{TMS}(\text{td}) = \frac{0,5}{0,999}$$

$$= 0,5 \text{ detik}$$

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari uraian di atas dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan maka telah diketahui bahwa arus hubung singkat satu fasa pada saluran distribusi sebesar 9.500 ampere. Sehingga arus gangguan hubung singkat fasa-fasa yang digunakan dalam perhitungan setting relay proteksi untuk memperoleh sensitivitas dan kehandalan relay, diharapkan dengan arus gangguan terkecil relay proteksi dapat mendeteksi gangguan tersebut.
2. Setting relay arus lebih (OCR) sisi primer sebesar 456 Ampere , dan untuk disisi skunder, 6,5 *Ampere*, sedangkan untuk setting waktu kerja relay (TMS) atau time dial sebesar 0,5 detik. Untuk setting ground fault relay (GFR) sebesar 110 Ampere untuk sisi primer, sedangkan di sisi sekunder sebesar 1,4 Ampere, dan waktu kerjanya relay GFR (TMS) atau time dial sebesar 0,5 detik.

5.2. Saran

Bagi penelitian selanjutnya yaitu dalam meneliti koordinasi relay proteksi pada kelistrikan PT maupun pada kelistrikan yang lain sebaiknya lebih memfokuskan pada keandalan sistem proteksi dan keamanannya dengan menggunakan software Etap agar analisisnya lebih akurat.

Daftar Pustaka

- Al Ridha, K., & Firdaus. (2016). Evaluasi Koordinasi Relay Arus Lebih (OCR) dan Gangguan. *Jom FTEKNIK*, 3(1), 2-3.
- Baskara, I., Sukerayasa, I., & Ariastina, W. (2015). KOORDINASI PERALATAN PROTEKSI OCR DAN GFR PADA PENYULANG TIBUBENENG. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 14(2), 50-52.
- Kurniawati, A., Juningtyastuti, & facta, M. (2011). Evaluasi Koordinasi Relay Proteksi Pada Feeder Distribusi Terhadap Kemungkinan Gangguan Symphetyc Tripping Pada Gangguan Satu Saluran ke Tanah. *Jurnal Pentanahan*, 1(1), 1-2.
- Nugroho, A., Juningtyastuti, & Risangpajar, L. (2015). Evaluasi Koordinasi Setting Rele Proteksi OCR Pada Jaringan Distribusi daya Pemakaian Sendiri di PT Indonesia Power Unit Pembangkitan Semarang Tambak Lorok Block I Dengan etap 7.5.0. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 4(3), 2-3.
- Pranayuda, F., & Solichan, A. (2012). ANALISIS PENAnalisis Penyetelan Proteksi Arus Lebih Penyulang Cimalaka di Gardu Induk 70 kV Sumedang. *Media Elekrika*, 5(2), 11-12.
- Sanjaya, P., & Cahayahati. (2015). Perencanaan Koordinasi Proteksi Arus Lebih Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTMH) (PT.DEMPO SUMBER ENERGI DI PLTM – Palangai Pesisir Selatan). *Jurnal Teknik Universitas Bung Hatta*, 6(1), 1-2.
- Sutarti. (2010). Analisa Perhitungan Setting Arus dan Waktu Pada Relay Arus Lebih (OCR) Sebagai Proteksi Trafo Daya di Gardu Induk Cawang Lama Jakarta. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 9(1), 26-27.

Afandi,Irfan.(2009).Analisa Relay Arus Lebih dan Relay Gangguan Tanah Pada Sadewa di GI Cawing.Skripsi FT Jurusan Teknik Elektro UI.

Hidayat, A.Wahyu.(2013). Analisa Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah pada Penyulang Topan Gardu Induk Teluk Betung. ELECTRICIAN – *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 7(3), 109.



PT Dow AgroSciences Indonesia
Jalan Sisingamangaraja Km. 9,5 Medan 20148, Indonesia
Phone +62 61 7867060 Fax + 62 61 7864202

dowagro.com

Medan, 12 November 2019

No. : 45/Admin/2019
Hal : **Izin Pengambilan Data**

Kepada Yth,
Bapak/Ibu Dosen Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Di
Tempat

Dengan Hormat,
Membalas surat Bapak/Ibu Nomor : **1374./II.3-AU/UMSU-07/F/2019** perihal Permohonan Izin Pengambilan Data untuk Mahasiswa atas nama:

| NO | NAMA MAHASISWA | NPM | KOMPETENSI KEAHLIAN |
|----|-----------------|------------|---------------------|
| 1 | Herman Prasetya | 1507220069 | Teknik Elektro |

Maka dengan ini kami beritahukan bahwa mahasiswa tersebut diatas **diperbolehkan mengambil data** diperusahaan kami.,
Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Hormat Kami,


PT Dow AgroSciences Indonesia

Ricky Rahardja
Plant manager