TUGAS AKHIR – EE 184801

STUDI KOORDINASI PROTEKSI PADA SISTEM KELISTRIKAN DI PT.KERAMIK DIAMOND INDUSTRIES

Aldiawan Dwi Cahyo
NRP 07111745000034

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.
Heri Suryoatmojo, S.T., MT., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

TUGAS AKHIR – EE 184801

STUDI KOORDINASI PROTEKSI PADA SISTEM KELISTRIKAN DI PT.KERAMIK DIAMOND INDUSTRIES

Aldiawan Dwi Cahyo
NRP 07111745000034

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

FINAL PROJECT – EE 184801

PROTECTION COORDINATION STUDY ON ELECTRICAL SYSTEMS AT PT. KERAMIK DIAMOND INDUSTRIES

Aldiawan Dwi Cahyo
NRP 07111745000034

Supervisors
Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D.

DEPARTEMEN OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

PERNYATAAN KEASLIAN
TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**Koordinasi Proteksi Pada Sistem Kelistrikan Di PT. keramik Diamond Industries**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2019

Aldiawan Dwi Cahyo
NRP . 07111745000034

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

KOORDINASI PROTEKSI PADA SISTEM KELISTRIKAN DI PT.KERAMIK DIAMOND INDUSTRIES

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Sistem Tenaga Listrik
Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.	Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D.
NIP:196603181990101001	NIP: 198006032006041003

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

SURABAYA
JULI, 2019

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

STUDI KOORNINASI PROKTEKSI SISTEM KELISTRIKAN DI PT.KERAMIK DIAMOND INDUSTRIES

Nama : Aldiawan Dwi Cahyo
NRP : 07111745000034
Pembimbing I : Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Pembimbng II : Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D.

ABSTRAK

Untuk menjamin terlaksananya proses produksi pada suatu industri, diperlukan kontinuitas pasokan daya. Apabila sistem kelistrikan industri tersebut mengalami gangguan maka proses produksi pada industri tersebut dapat berhenti beroperasi dan menimbulkan kerugian yang cukup besar. Gangguan yang terjadi juga dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada peralatan yang mendukung proses produksi. Maka dari itu sistem proteksi tenaga listrik memiliki peran yang sangat penting dalam menjamin kontinuitas proses produksi pada suatu industri.

PT.Keramik Diamond Industries pernah mengalami trip pada sistem kelistrikan karena hubung singkat, hal itu disebabkan pada sistem kelistikan di sisi tegangan 20 KV belum perah dilakukan koordinasi proteksi sehingga gangguan meluas dan mengakibatkan *blackout*. Maka dari itu dibutuhkan sistem koordinasi proteksi agar sistem kelistrikan menjadi aman dan proses produksi dapat terpenuhi.

Sehubungan dengan hal tersebut, maka tugas akhir ini difokuskan pada studi koordinasi proteksi untuk merancang sistem proteksi *setting* rele yang tepat di PT.Keramik Diamond Industries. Dalam melakukan koordinasi proteksi diperlukan analisis *load flow* dan hubung singkat. *Grading time* antar rele diatur sesuai standar IEEE 242 yaitu 0,2 s/d 0,3 s dan *time delay* dikoordinasikan sehingga rele tersebut dapat bekerja dengan benar. Hasil koordinasi proteksi ini dapat melindungi dari gangguan hubung singkat *line to line* dan *line to ground.*

Kata Kunci: Koordinasi proteksi, *Grading time, load flow.*

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

PROTECTION COORDINATION STUDY ON ELECTRICAL SYSTEMS AT PT. KERAMIK DIAMOND INDUSTRIES

Name : Aldiawan Dwi Cahyo
ID Number : 07111745000034
Advisor I : Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Advisor II : Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D.

ABSTRACT

To ensure the implementation of the production process in an industry, continuity of power supply is needed. If the industrial electricity system is disrupted, the production process in the industry can stop operating and cause considerable losses. Interference that occurs can also cause damage to equipment that supports the production process. So from that electric power protection system has a very important role in ensuring continuity of production processes in an industry.

PT Keramik Diamond Industries had experienced a trip on an electrical system due to short circuit, it was caused by the electrical system on the side of the 20 KV voltage that had not yet been coordinated so that the interference spread and resulted in blackouts. Therefore, a protection coordination system is needed so that the electricity system is safe and the production process can be fulfilled.

In this regard, this final project focuses on the coordination of protection studies to design the protection system of the appropriate relay settings at PT. Keramik Diamond Industries. In coordinating protection, load flow analysis and short circuit are needed. Inter-relay grading time is set according to the IEEE 242 standard, which is 0.2 to 0.3 s and the time delay is coordinated so that the relay can work correctly. The result of this protection coordination can protect from line to line and line to ground short circuit interference.

Keywords*: *Coordination protection, Grading time, load flow.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan umat muslim yang senantiasa meneladani beliau.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan Sarjana-1 pada Bidang Studi Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan judul :

"**STUDI KOORDINASI PROTEKSI PADA SISTEM KELISTRIKAN DI PT. KERAMIK DIAMOND INDUSTRIES**"

Dalam Tugas Akhir ini melakukan studi koordinasi proteksi pada sistem kelistrikan PT. Keramik Diamond Industries untuk mendapatkan koordinasi proteksi yang benar. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu dan Bapak penulis yang memberikan berbagai bentuk doa serta dukungan tulus tiada henti, Bapak Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT. dan Bapak Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D. atas segala bimbingan ilmu, moral, dan spiritual dari awal hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dan memohon maaf atas segala kekurangan pada Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan keilmuan di kemudian hari.

Surabaya, 11 Juli 2019

Penulis

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR ISI

HALAMAN

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN JUDUL ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR v
LEMBAR PENGESAHAN vii
ABSTRAK ix
ABSTRACT xi
KATA PENGANTAR xiii
DAFTAR ISI xv
DAFTAR GAMBAR xvii
DAFTAR TABEL xix

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan 2
1.5 Metodologi Penelitian 3
1.6 Sistematika Laporan 4
1.7 Relevansi 5

BAB II DASAR TEORI 7
2.1 Gangguan Sistem Tenaga Listrik 7
2.2 Gangguan Hubung Singkat 8
2.2.1 Perhitungan Arus Hubung Singkat 8
2.2.2 Gangguan Hubung Singkat Tiga fasa 9
2.2.3 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa 10
2.2.4 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah 10
2.3 Rele Pengaman 11
2.4 Rele Arus Lebih (*Over Current Relay*) 12
2.4.1 Rele Arus Lebih *Inverse* (51) 12
2.4.2 Rele Arus Lebih Waktu *Definite* (50) 15
2.5 Rele Gangguan Ke Tanah (*Ground Fault Relay*) 16

BAB III SISTEM KELISTRIKAN PT.KERAMIK DIAMOND INDUSTRIES 17

3.1 Sistem Kelistrikan PT.Keramik Diamond Industries 17
3.2 Sistem Distribusi PT.Keramik Diamond Industries 18
3.3 Data *Lump load* di PT.Keramik Diamond Industries 21
3.4 Metodologi Simulasi 21

BAB IV HASIL SIMULASI DAN ANALISA 23
4.1 Pemodelan Sistem Kelistrikan PT.KDI 23
4.2 Analis Arus Gangguan Hubung Singkat 23
4.2.1 Arus Hubung Singkat Maksimum 24
4.2.2 Arus Hubung Singkat Minimum 24
4.3 Pemilihan Tipikal Koordinasi *Setting* Rele Proteksi pada PT.KDI 25
4.4 Sistem Koordinasi Proteksi Rele *Overcurrent* Gangguan Fasa .. 29
4.4.1 Koordinasi Proteksi Rele *Overcurrent* Tipikal 1 29
4.4.2 Koordinasi Proteksi Rele *Overcurrent* Tipikal 2 39
4.4.3 Koordinasi Proteksi Rele *Overcurrent* Tipikal 3 53
4.4.4 Koordinasi Proteksi Rele *Overcurrent* Tipikal 4 63
4.5 Sistem Koordinasi Proteksi Rele *Overcurrent* Gangguan Fasa ke Tanah 70
4.5.1 Koordinasi Proteksi Rele *Overcurrent* Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 2 70
4.6 Hasil Keseluruhan *Setting* Rele 77

BAB V PENUTUP 79
5.1 Kesimpulan 79
5.2 Saran 79

DAFTAR PUSTAKA 81

LAMPIRAN A 83

DAFTAR RIWAYAT HIDUP 85

DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

Gambar 1.1 *Flowchart* Metodologi..... 4
Gambar 2.1 Gelombang Arus Hubung Singkat..... 9
Gambar 2.2 Blok Diagram Sistem Kerja Rele 11
Gambar 2.3 Karakteristik Rele *Inverse* 13
Gambar 2.4 Karakteristik Rele *Definite* 15
Gambar 3.1 *Single Line Diagram* PT.KDI..... 17
Gambar 4.1 *Single Line Diagram* Tipikal PT.KDI 28
Gambar 4.2 *Single Line Diagram* Tipikal 1 30
Gambar 4.3 *Time Current Curve* Tipikal 1 36
Gambar 4.4 *Single Line Diagram* Pada Tipikal 2 40
Gambar 4.5 *Time Current Curve* Tipikal 2 49
Gambar 4.6 *Single Line Diagram* Pada Tipikal 3 54
Gambar 4.7 *Time Current Curve* Tipikal 3 60
Gambar 4.8 *Single Line Diagram* Pada Tipikal 4 64
Gambar 4.9 *Time Current Curve* Tipikal 4 67
Gambar 4.10 *Single Line Diagram* Tipikal 2 yang Terkoordinasi Rele Gangguan Fasa ke Tanah..... 71
Gambar 4.11 *Time Current Curve* Tipikal 1 Gangguan Fasa Ke Tanah 75

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 2.1 Tabel Standar Kurva 15
Tabel 3.1 Data Bus PT.KDI 18
Tabel 3.2 Data Transformator di PT. KDI 20
Tabel 3.3 Data Kabel di PT.KDI..... 20
Tabel 3.4 Data Beban Lump Load di PT.KDI 21
Tabel 4.1 Hasil Simulasi Arus Hubung Singkat Maksimum 4 *Cycle* 24
Tabel 4.2 Hasil Simulasi Arus Hubung Singkat Minimum 30 *Cycle* 25
Tabel 4.3 *Time Sequence Viewer Line to Line Fault* pada Bus-MDP -F2 Tipikal 1 37
Tabel 4.4 *Time Sequence Viewer Line to Line Fault* pada Bus-TR-F -PRIM Tipikal 1..... 39
Tabel 4.5 *Time Sequence Viewer Line to Line Fault* pada Bus-MDP -H Tipikal 2 51
Tabel 4.6 *Time Sequence Viewer Line to Line Fault* pada Bus-TR-H1 Tipikal 2..... 52
Tabel 4.7 *Time Sequence Viewer Line to Line Fault* pada Bus-MDP -E Tipikal 3..... 62
Tabel 4.8 *Time Sequence Viewer Line to Line Fault* pada Bus-TR-E Tipikal 3..... 63
Tabel 4.9 *Time Sequence Viewer Line to Line Fault* pada Bus-MDP -C Tipikal 4..... 68
Tabel 4.10 *Time Sequence Viewer Line to Line Fault* pada Bus-TR -C Tipikal 4..... 69
Tabel 4.11 *Time Sequence Viewer Line to Ground Fault* pada Bus-TR-H2 Tipikal 2 75
Tabel 4.12 Hasil *Setting* rele Keseluruhan Sistem 77

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Keramik Diamond Industries merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang industri pembuatan keramik dinding dan lantai. Lebih dari 50 Distributor utama tersebar di seluruh wilayah kepulauan Indonesia. Tidak hanya dalam negeri, produk Keramik Diamond Industries juga telah melakukan aktifitas eksport sejak 1987 dan telah memenuhi kebutuhan negara-negara di kawasan asia Tenggara. Untuk menjamin terlaksananya proses produksi pada suatu industri, diperlukan kontinuitas pasokan daya. Apabila sistem kelistrikan industri tersebut mengalami gangguan maka proses produksi pada industri tersebut dapat berhenti beroperasi dan menimbulkan kerugian yang cukup besar. Gangguan yang terjadi juga dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada peralatan yang mendukung proses produksi. Oleh karena itu, diperlukan adanya sistem proteksi untuk mengamankan peralatan dari gangguan yang mungkin terjadi.

Rele proteksi adalah peralatan listrik yang berfungsi sebagai pemisah sistem tenaga listrik dari peralatan yang mengalami gangguan dengan peralatan yang lain bila terjadi gangguan di sistem. Rele proteksi harus memiliki kemampuan selektif agar dalam perannya memproteksi peralatan dapat mencapai keandalan sistem sesuai dengan yang diinginkan karena dengan respon pengamanan yang baik akan dapat mengisolir gangguan seminimal mungkin [1]. Rele pengaman beroperasi ketika timbul gangguan dan memberi sinyal gangguan untuk menggerakkan *circuit breaker* (CB) sehingga aliran daya yang sedang mengalir pada saluran tersebut terputus.

PT.Keramik Diamond Industries pernah mengalami trip pada sistem kelistrikan karena hubung singkat, hal itu disebabkan pada sistem kelistikan di sisi tegangan 20 KV belum perah dilakukan koordinasi proteksi sehingga gangguan meluas dan mengakibatkan *blackout*, namun di sisi tegangan 0.4 KV sudah dilakukan proteksi menggunakan LVCB (*Low Voltage Circuit Breaker*) model micrologic 2.0. Pada tugas akhir ini akan dibahas mengenai perancangan sistem koordinasi proteksi rele arus lebih (*Over Current relay*) dan rele gangguan ke tanah (*Ground Fault Relay*)

pada PT.Kreamik Diamond Industries di sisi tenagan 20 KV dan 0.4 KV. Menggunakan mekanisme proteksi utama dan juga proteksi cadangan, Proteksi cadangan biasanya memiliki perlambatan waktu (*Time Delay*), yang dapat digunakan untuk mengatur urutan kerja rele pengaman sehingga saat muncul gangguan, rele pertama sebagai proteksi utama memberi sinyal kepada *circuit breaker* (CB) open apabila gagal dapat diatasi dengan rele backup yang bekerja dengan waktu trip yang lebih lama dari pada rele utama[2]. Untuk membantu proses studi koordinasi rele pengaman ini digunakan *software* pendukung yaitu ETAP 12.6.0.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Melakukan pemodelan sistem kelistrikan PT.Keramik Diamond Industries dengan menggunakan software ETAP 12.6.0.
2. Menentukan arus hubung singkat yang terjadi pada sistem kelistrikan PT.Keramik Diamond Industries dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0.
3. Melakukan studi mengenai koordinasi proteksi pada sistem kelistrikan PT.Keramik Diamond Industries.
4. Mengoordinasi rele *overcurrent* dan rele *groundfault* pada sistem kelistrikan dengan menggunakan nilai *setting* yang didapatkan dari hasil perhitungan dan menyimulasi dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada Tugas Akhir ini adalah :

1. Simulasi Proteksi pada tugas akhir ini dilakukan mengunakan *software* ETAP 12.6.0.
2. Studi koordinasi proteksi hanya dilakukan pada sistem kelistrikan dengan tegangan 20 kV dan 0,4 kV.
3. Rele yang dibahas adalah rele o*vercurrent* dan *ground fault* .
4. Belum pernah dilakukan studi koordinasi proteksi pada sistem kelistrikan PT.KDI

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui besar arus gangguan maksimal,besar arus gangguan minimal, urutan trip rele dan waktu tunda antar rele.

2. Menganalisa sistem kelistrikan PT.KDI.
3. Menyusun koordinasi proteksi yang tepat untuk diterapkan di PT.KDI.
4. Dapat digunkan sebagai refensi ketika PT.KDI melakukan *setting* proteksi.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah :

1. **Persiapan dan Studi Literatur**

   Pertama kali yang dilakukan dalam mengerjaan tugas akhir ini adalah studi literatur dengan cara mencari buku, jurnal serta informasi yang berhubungan dengan hubung singkat dan koordinasi proteksi.

2. **Pengumpulan Data**

   Setelah melakukan tahap pertama, pada tahap kedua adalah mengumpulkan data yang di perlukan, sumber data yang digunakan berasal dari sistem kelistrikan PT.KDI.

3. **Pemodelan Sistem**

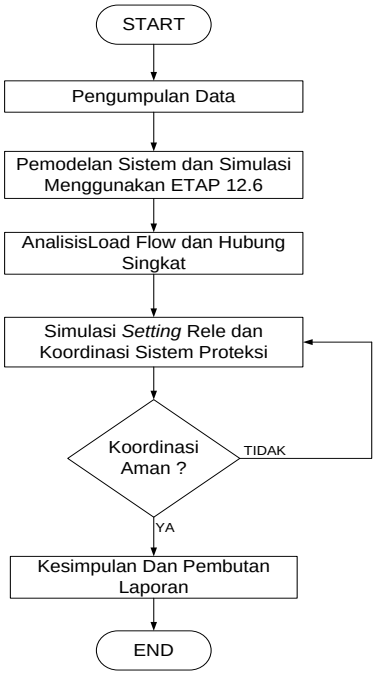
   Tahap selanjutnya setelah mendapatkan data dari PT.KDI adalah melakukan pemodelan sistem di PT.KDI menjadi *single line diagram* serta memasukan nilai – nilai sesuai data yang di dapat.

4. **Analisis dan Simulasi Sistem**

   Pada tahap ini menganalisa *load flow*, arus hubung singkat 3 *phase fault* dan *line to line*, 4 *cycle* dan 30 *cycle*. serta melakukan *setting overcurrent relay* dan *ground fault relay* sesuai standar yang digunakan.

5. **Kesimpulan**

   Pada tahap ini, dapat diperoleh hasil dari *setting relay* sesuai standar yang digunakan, sehingga dapat digunkan sebagai refensi ketika PT.KDI melakukan *setting* rele proteksi. Alur metodologi penyusunan tugas akhir ini dapat digambarkan dalam *flowchart* pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 *Flowchart* Metodologi

1.6 Sistematika Laporan

Pembahasan Tugas Akhir ini dibagi menjadi lima (5) Bab dengan sistematika sebagai berikut :

Bab I **Pendahuluan**

Pada bab I , berisi tentang latar belakang pengambilan judul tugas akhir ini beserta ruang lingkup yang akan dibahas pada tugas akhir ini.

Bab II **Teori Dasar**

Pada bab II , berisi tentang teori- teori yang membantu penulis untuk menyelesaikan permasalahan yang ada pada tugas akhir ini..

Bab III **Sistem Kelistrikan PT.KDI**

Pada bab III, berisi tentang sistem kelistrikan PT.KDI, dimulai dari rating peralatan yang digunakan, ada berapa banyak beban beban yang ada pada sistem PT.KDI , sampai berapa besar arus hubung singkat pada setiap bus.

Bab IV **Simulasi dan Analisis**

Pada bab IV, dibahas mengenai perhitungan dan hasil simulasi yang telah dilakukan. Bab ini menyajikan analisis terhadap koordinasi proteksi ketika terjadi gangguan hubung singkat sehingga menghasilkan koordinasi proteksi yang tepat sesuai standar.

Bab V **Penutup**

Pada bagian bab penutup, dibahas mengenai kesimpulan dan saran dari hasil pengujian

1.7 Relevansi

Tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat, yaitu menjadi referensi dan rekomendasi bagi PT.Keramik Diamond Industries, khususnya berkaitan dengan koordinasi rele pengaman arus lebih dan gangguan fasa ke tanah. Selain itu, tugas akhir ini juga diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian atau studi selanjutnya tentang koordinasi rele pengaman arus lebih dan gangguan fasa ke tanah.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB II
DASAR TEORI

Setiap sistem tenaga listrik memerlukan sistem proteksi atau pengaman untuk mengantisipasi apabila terjadi gangguan. Sistem proteksi atau pengaman ini memisahkan bagian yang mengalami gangguan dengan yang tidak, sehingga sistem yang tidak mengalami gangguan tetap dapat beroperasi.

Agar sistem proteksi dapat berjalan dengan baik maka diperlukan koordinasi rele. Koordinasi rele adalah pengaturan *setting* arus dan waktu pada rele untuk memperoleh selektivitas yang tinggi dalam melokalisasi gangguan yang terjadi agar tidak melebar. Kecepatan waktu pemutusan (trip) yang tepat dan cepat akan dapat memberikan perlindungan yang baik bagi sistem dan peralatan yang ada, agar tidak mengalami dampak yang buruk atau lebih berbahaya lagi akibat terjadinya gangguan, hal ini juga mencegah terjadinya kerusakan atau kebakaran pada peralatan. Rele proteksi beroperasi menggerakkan *circuit breaker* (CB) akibat adanya arus gangguan pada sistem sehingga aliran daya yang mengalir pada saluran tersebut dapat terputus.

2.1 Gangguan Sistem Tenaga Listrik

Gangguan pada sistem tenaga listrik adalah keadaan tidak normal yang dapat mengakibatkan terganggunya kontinuitas pelayanan tenaga listrik kepada pelanggan. Terdapat dua macam gangguan yaitu :

1. Gangguan berasal dari dalam sistem
   Penyebab Gangguan yang berasal dari dalam sistem yaitu disebabkan oleh kesalahan mekanis karena terjadi proses penuaan atau karena kerusakan material seperti kawat putus, isolator pecah, retaknya bearing, pemasangan yang kurang baik, tegangan dan arus tidak normal pada sistem serta beban yang melebihi kapasitas sistem.

2. Gangguan berasal dari luar sistem
   Gangguan yang berasal dari luar sistem antara lain pengaruh cuaca seperti hujan, angin, serta surja petir, pengaruh lingkungan antara lain pohon tumbang, benda asing jatuh, dan juga akibat kecerobohan manusia.

Berdasarkan sifat gangguan, terdapat 2 jenis gangguan pada sistem tenaga listrik yaitu :

1. Gangguan permanen (*stationary*)
   Gangguan permanen adalah gangguan yang tidak hilang atau tetap ada apabila pemutus tenaga telah terbuka. Untuk menghilangkan gangguan permanen diperlukan tindakan perbaikan pada titik penyebab gangguan tersebut.

2. Gangguan sementara (*temporary*)
   Gangguan jenis ini dapat hilang dengan sendirinya atau pada bagian yang terganggu diputus secara sesaat dari sumber tegangannya.

2.2 Gangguan Hubung Singkat

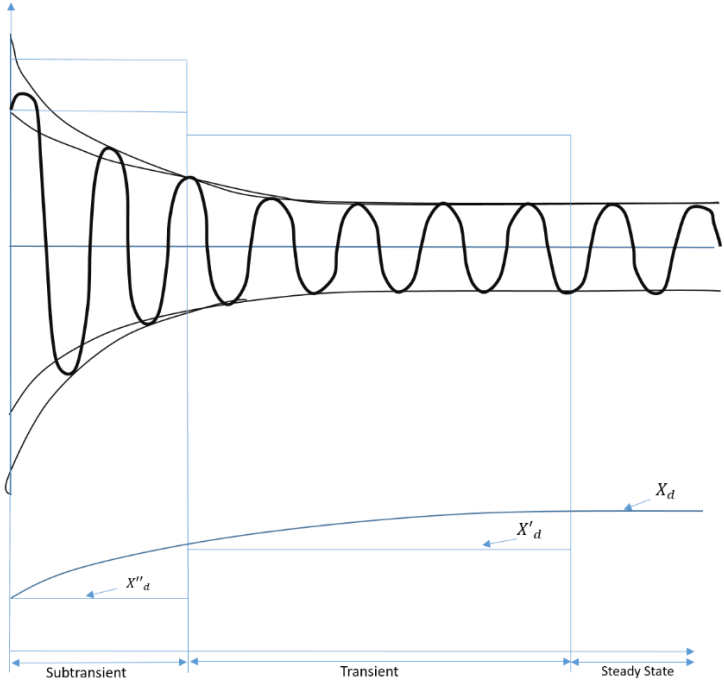
Besarnya arus yang dihasilkan dari hubung singkat jauh melebihi arus nominalnya, ketika peralatan tidak mampu dilewati arus hubung singkat maka peralatan tersebut akan mengalami kerusakan. Gangguan hubung singkat terdiri dari :

1. Gangguan hubung singkat tiga fasa
2. Gangguan hubung singkat dua fasa
3. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

Nilai yang dihasilkan setiap gangguan hubung singkat berbeda-beda tergantung arus kontribusinya, tetapi nilai ini yang penting diketahui sebagai dasar melakukan koordinasi proteksi dan untuk melakukan pemilihan *circuit breaker* (CB).

2.2.1 Perhitungan Arus Hubung Singkat

Pada saat terjadi gangguan hubung singkat, akan mengalir arus yang sangat tinggi dengan tiba-tiba dari sumber ke titik gangguan. Besarnya arus yang mengalir ini di pengaruhi oleh nilai reaktansi sumber dan reaktansi pada rangkaian yang dilalui arus hubung singkat[2]. Reaktansi pada beberapa *cycle* pertama sangat kecil dan arus hubung singkatnya tinggi. Reaktansi pada saat ini disebut reaktansi subtransien atau *substransient reactance* (X''_d). Beberapa *cycle* kemudian arus hubung singka cenderung menurun dan reaktansi transien atau *transient reactance* (X'_d), dan akhirnya kondisi mencapai *steady state* dan pada saat ini reaktansinya disebut reaktansi sinkron atau *synchronous reactance* (X_d). Gelombang arus hunbung singkat dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Gelombang Arus Hubung Singkat

2.2.2 Gangguan Hubung Singkat Tiga fasa

Gangguan hubung singkat tiga fasa termasuk dalam kategori hubung singkat simetris maka saat setelah terjadi gangguan setiap fasanya mempunyai besar nilai yang sama serta sudut antar fasanya nilainya juga sama. Arus yang dihasilkan dari hubung singkat tiga fasa ini terbesar tetapi probabilitas terjadinya gangguan hubung singkat tiga fasa kecil 3%-5%. Untuk mengetahui besar arus yang dihasilkan dari hubung singkat tiga fasa dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$I_{SC\,3\emptyset} = \frac{V_{LN}}{X_1} \quad \text{.....} \quad (2.1)$$

Dengan keterangan :

$I_{SC\,3\emptyset}$: Arus hubung singkat tiga fasa
V_{LN} : Tegangan *line to netral*
X_1 : Reaktansi urutan positif

2.2.3 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa

Gangguan hubung singkat dua fasa termasuk dalam hubung singkat tak simetris, gangguan hubung singkat ini disebabkan ketika antar fasanya saling terhubung. Arus yang dihasilkan pada gangguan hubung singkat ini kecil sehingga arus hubung singkat ini digunakan sebagai arus hubung singkat minimum untuk koordinasi proteksi. Probabilitas terjadinya ganguan hubung singkat dua fasa adalah 20%-25%.

Untuk mengetahui besar arus hubung singkat dua fasa, dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut :

$$I_{SC\,2}\emptyset = \frac{V_{LL}}{X_1 + X_2} = \frac{\sqrt{3} \times V_{LN}}{2 \times x_1} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{SC\,3}\emptyset \approx 0{,}866 \times I_{SC\,3}\emptyset \quad \text{.... (2.2)}$$

Dengan Keterangan :

$I_{SC\,2}\emptyset$: Arus hubung singkat dua fasa
$I_{SC\,3}\emptyset$: Arus hubung singkat tiga fasa
V_{LL} : Tegangan *line to line*
V_{LN} : Tegangan *line to netral*
X_1 : Reaktansi urutan positif
X_2 : Reaktansi urutan negatif

2.2.4 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah termasuk dalam hubung singkat tak simetris, hubung singkat ini terjadi ketika salah satu fasa dari ketiga fasa terhubung ke tanah, sehingga nilai setiap fasa dan sudut antar fasa berbeda. Probabilitas terjadinya gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah 65% - 70%.

Untuk mengetahui besarnya arus hubung singkat satu fasa ke tanah, dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I_{SC\,1}\emptyset = \frac{3 \times V_{LN}}{X_0 + X_1 + X_2} \quad \text{.....(2.3)}$$

Dengan Keterangan :

$I_{SC\,1}\emptyset$: Arus hubung singkat satu fasa ke tanah,
V_{LN} : Tegangan *line to netral*
X_0 : Reaktansi urutan nol
X_1 : Reaktansi urutan positif
X_2 : Reaktansi urutan negatif

2.3 Rele Pengaman

Rele pengaman adalah suatu peralatan listrik yang digunakan sebagai perasa ketika ada suatu gangguan pada sistem tenaga listrik,ketika terjadi gangguan,maka rele akan bekerja untuk memerintahkan CB (*Circuit Breaker*) untuk membuka, sehingga gangguan akan terisolir dan dapat menyelamatkan peralatan yang ada.

Gambar 2.2 Blok Diagram Sistem Kerja Rele

Pemilihan Rele yang tepat sangatlah mempengaruhi keandalan suatu sistem tenaga listrik, ada beberapa aspek yang diperlukan dalam pemilihan rele, antara lain :

1. Sensitifitas : Sensitifitas sebuah relay pengaman didefinisikan sebagai kemampuan dari relay untuk merespon adanya gangguan sekecil mungkin. Semakin kecil arus gangguan yang mampu dideteksi oleh sebuah relay proteksi, maka semakin bagus sensitivitas dari relay tersebut.
2. Selektifitas : Rele yang digunakan harus mempunyai sifat selektif, dalam hal ini selektif dapat diartikan ketika terjadi gangguan maka rele terdekatlah yang harus merasakan adanya gangguan dan memerintahkan CB yang terhubung untuk membuka, dalam hal ini sifat selektif juga harus memperhatikan cara melakukan *setting* pada rele.
3. Keandalan : Rele yang digunakan harus mempunyai sifat andal, dalam hal ini dapat diartikan , ketika terjadi gangguan rele harus siap untuk bekerja, selain itu rele juga tidak boleh bekerja ketika tidak terjadi gangguan. Jadi berapa banyak terjadi gangguan, maka sebanyak itulah rele harusnya bekerja untuk memberi perintah ke CB.
4. Kecepatan : Rele yang digunakan harus mempunyai sifat cepat dalam memberikan tanggapan ketika terjadi gangguan, semakin rele cepat membuka untuk mengisolir gangguan maka kestabilan sistempun akan tetap terjaga.
5. Ekonimis : Setelah mempertimbangkan beberapa aspek diatas untuk memilih rele yang akan digunakan, tidak lupa adalah aspek ekonomis, sehingga diharapkan dengan harga se-ekonomis

mungkin rele yang dibeli mampu bekerja seperti yang diharapkan.

2.4 Rele Arus Lebih (*Over Current Relay*)

Rele arus lebih umumnya digunakan untuk mengetahui ketika terjadi arus gangguan yang melebihi batas arus nominalnya, arus gangguan tersebut berasal dari ketika terjadi beban lebih (*over load*) atau ketika terjadi hubung singkat (*short circuit*). Rele arus lebih akan merasakan adanya gangguan dibantu oleh trafo arus (*Current Transformer*), sehingga arus yang masuk pada CT akan dibandingan dengan *setting* rele, ketika arus yang masuk melebihi dari *setting* maka rele akan memerintahkan kepada CB (*Circuit Breaker*) untuk membuka. Cara kerja rele arus lebih dapat dijelaskan sebagai berikut:

$I_f > I_p$ Bekerja

$I_f < I_p$ Tidak Bekerja

Dari penjelasan diatas I_f adalah arus gangguan sedangkan I_p adalah arus *pickup* atau arus maksimum yang dibaca oleh CT sebelum dinyatakan terjadi gangguan. *Setting* antar rele pada umunya juga memperhatikan *grading time* atau waktu tunda antar rele bekerja berkisar 0,2 – 0,4 detik, hal ini merujuk pada *standart* IEEE , dengan rincian sebagai berikut :

Waktu terbuka pemutus tenaga	: 0,04 – 0,1 detik.
Overtravel rele	: 0,1 detik.
Toleransi rele dan eror *setting*	: 0,12 – 0,22 detik.
Total interval waktu rele	: 0,32 detik.

Setting rele arus lebih yang berbasis microprosesor mempunyai waktu kerja yang hampir sama dengan rele statik, yang membedakan untuk rele yang berbasis microprosesor yaitu waktu *overtravel* sebesar 0,1 detik dapat diabaikan, sehingga *grading time* yang digunakan sekitar 0,2 – 0,4 detik. Ada dua jenis rele arus lebih yaitu rele arus lebih *inverse* (51) dan rele arus lebih *definite* (50).

2.4.1 Rele Arus Lebih *Inverse* (51)

Cara kerja rele arus lebih *inverse* tergantung dengan berapa besar arus gangguan tersebut, ketika terjadi arus gangguan yang besar maka rele ini akan segera memberikan perintah kepada CB untuk membuka , akan berbeda ketika besar arus gangguan kecil, maka rele ini akan aktif relatif lebih lama untuk memberikan perintah kepada CB untuk membuka. Ada beberapa jenis rele arus lebih *inverse*, antara lain :

(a).*Long Time Inverse*

Pada kurva *Long Time Inverse* mempunyai bentuk yang paling landai jika dibandingkan dengan jenis kurva yang lain, secara umum kurva jenis ini difungsikan untuk mengamankan trafo dan motor.

(b). *Normal Inverse*

Pada kurva *Normal Inverse* mempunyai bentuk yang tidak terlalu curam dan juga tidak terlalu landai jika dibandingkan dengan jenis kurva yang lain, secara umum kurva jenis ini difungsikan sebagai standar koordinasi

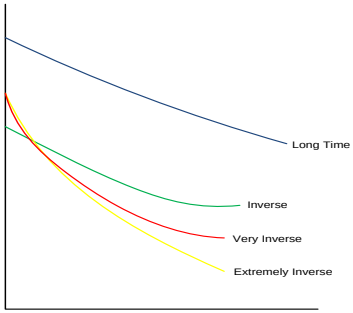
(c).*Very Inverse*

Pada kurva *Very Inverse* mempunya bentuk lebih curam jika dibandingkan dengan jenis kurva *Normal Inverse* , secara umum kurva jenis *Very Inverse* mempunya fungsi jika besarnya arus gangguan tidak terlalu jauh dari arus gangguan sebelumnya, maka kurva jenis ini mempunyai waktu tunda yang lebih lama jika dibandingkan dengan jenis kurva *Long Time Inverse* atau *Normal Inverse*.

(d). *Extremely Inverse*

Pada kurva *Extremely Inverse* mempunyai bentuk yang lebih curam jika dibandingkan jenis kurva *Very Inverse*, kurva jenis ini mempunya fungsi yang mirip dengan kurva *Very Inverse*, hanya saja kurva jenis ini memiliki waktu tunda yang lebih panjang.

Berikut ini adalah kurva karakteristik rele arus lebih *inverse* (51) :



Gambar 2.3 Karakteristik Rele *Inverse*

2.4.1.1 Perhitungan Arus *Pickup* Dan *Time Dial* Rele (51)

Cara untuk melakukan *setting* rele arus lebih harus pemperhatikan arus beban maksimu ketika beroprasi , sehingga *setting* rele selalu diatasnya arus beban maksimum (*Full Load Ampere*), dengan cara seperti itu rele hanya akan bekerja ketika terjadi gangguan. Menurut Standart British BS 142 – 1983 pemilihan *setting* antara $1{,}05_{FLA}$ – $1{,}3_{FLA}$, selain itu $1{,}05_{FLA}$ digunakan untuk memenuhi permintaan asuransi , menurut standat lain ANSI digunakan $1{,}4_{FLA.}$ Dengan merujuk standart diatas, untuk penulisan tugas akhir ini digunakan persamaan rumus sebagai berikut :

$$1{,}05 \times I_{FLA} \leq I_{SET} \geq 1{,}4 \times I_{FLA} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.4)$$

$$Tap = \frac{I_{set}}{nCT} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.5)$$

$$I_{aktual} = I_{set} = Tap \times nCT \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots...(2.6)$$

Dimana :

I_{FLA} = *full load ampere*

Tap = arus *pick up* rele

I_{set} = *setting* arus aktual

nCT = raiso CT

Perhitungan untuk mencari waktu tunda pada setiap rele berbeda-beda, pada tugas akir ini mengunakan rele *schneider electric sepam series*, untuk rumus mencari waktu tunda sebagai berikut :

$$td = \frac{K \times T}{\beta \times \left[\frac{I}{Iset}^{\alpha} - 1\right]} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots....(2.8)$$

Dimana :

td = Waktu Operasi (detik)

T = *Time Dial*

I = Arus Hubung Singkat (*Ampere*)

Iset = Arus *Pickup* (*Ampere*)

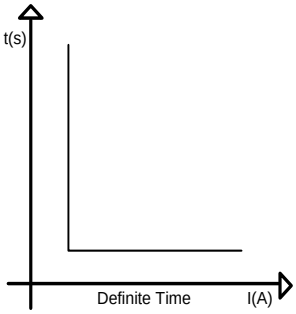
Kostanta *time dial* pada setiap manufaktur rele berbeda-beda, pada rele *electric sepam series*, kostanta *time dial* dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Tabel Standar Kurva

Tipe Kurva	*Standard*	konstantam		
		K	***α***	***β***
Standard Inverse Time	IEC	0.14	0.02	2.97
Very Inverse Time	IEC	13.5	1	1.5
Long Time Inverse	IEC	120	1	13.33
Extremely Inverse Time	IEC	80	2	0.808

2.4.2 Rele Arus Lebih Waktu *Definite* (50)

Rele arus lebih waktu *definite* digunakan untuk melindungi sistem dari gangguan hubung singkat. Dengan menggunakan rele (50) gangguan yang paling dekat dapat diputus dengan cepat sesuai dengan *time delay* yang *disetting*. Semua *level* arus yang melebihi *pickup setpoint*-nya akan diputuskan dalam waktu yang sama (*definite*).



Gambar 2.4 Karakteristik Rele *Definite*

2.4.2.1 Perhitungan Arus *Pickup* Rele (50)

Rele arus lebih definite akan bekerja sesuai dengan time delay yang ditentukan jika ada arus lebih yang mengalir melebihi batas yang diijinkan. Dalam menentukan setelan pickup maka digunakan Isc min yaitu arus hubung singkat 2 fasah 30 cycle pada pembangkitan minimum. Sehingga *setting* ditetapkan sebagai berikut :

$$I_{FLA} \leq I_{set} \geq I_{SC\,min} \quad \text{.....(2.7)}$$

Dimana :

I_{FL} = Arus beban penuh (Ampere)

I_{set} = Arus *pickup* di sisi primer trafo

$I_{SC\ min}$ = Arus hubung singkat 2 fasa 30 *cycle* pada pembangkitan minimum (Ampere).

Untuk *setting* rele arus lebih ketika dipisahkan oleh sebuah trafo, maka *setting time delay* boleh kembali ke 0,1 dengan syarat $I_{SC\ MAX}$ di sekunder trafo < $I_{SC\ MIN}$ di primer trafo , dengan berlakunya syarat tersebut untuk menghindari kesalahan pembacaan rele ketika terjadi hubung singkat minimum disisi primer trafo.

2.5 Rele Gangguan Ke Tanah (*Ground Fault Relay*)

Rele gangguan ke tanah berfungsi untuk mendeteksi ketika terjadi arus yang menuju ke tanah. Untuk menentukan *setting* rele arus lebih *ground*, rele yang digunakan adalah rele arus lebih *definite* (50G), karena besar gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah selalu mempunyai nilai tetap tertentu, tergantung NGR-nya maka dari itu pemilihan kurva yang tepat adalah menggunakan kurva *definite ground* (50G). Berikut ini adalah *setting* rele arus lebih *ground* :

$$10\% Isc\ LG < Iset < 50\% IscLG \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.8)$$

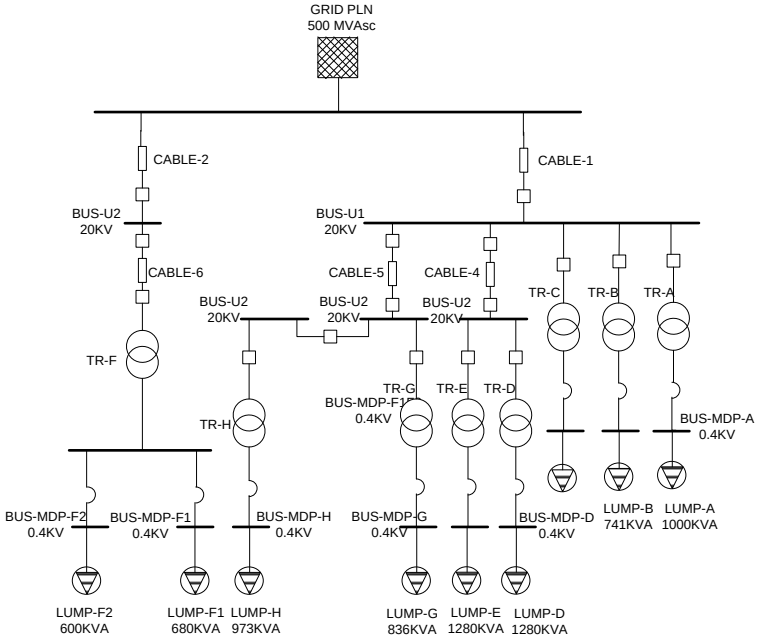
Dimana :

Isc LG = Arus hubung singkat *line-ground* atau Arus NGR (Ampere)

BAB III
SISTEM KELISTRIKAN PT.KERAMIK DIAMOND INDUSTRIES

3.1 Sistem Kelistrikan PT.Keramik Diamond Industries

Pada bab ke III dalam tugas akhir ini akan membahas tentang data sistem kelistrikan yang terpasang atau *existing* di PT.KDI. Data yang terpasang yang akan dimasukkan seperti data trafo, Bus, kabel, dan beban *lump*. Untuk gambar *single line diagram* dari PT.KDI dapa dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Single Line Diagram* PT.KDI

Sistem kelistrikan pada PT Keramik Diamond Industries (PT.KDI) Gresik menggunakan PLN sebagai sumber tenaga listrik untuk melayani kebutuhan suplai daya listrik dengan berlangganan sebesar 15 MVA. PT KDI mendapatkan suplai tenaga listrik yang dilewatkan melalui dua penyulang dari GI Driyorejo dengan menggunakan sistem ATS

(*Automatic Transfer Switch*) yang dimana digunakan untuk mengendalikan dua sumber tegangan apabila ada salah satu penyulang terjadi gangguan atau pemeliharaan tidak terjadi pemadaman. Sistem kelistrikan yang digunakan pada pabrik ini adalah sistem radial dengan tegangan bus 20 kV dan 0,4 kV.

Dapat dilihat single line diagram PT.KDI pada gambar 3.1, gird pada sistem kelistrikan PT.KDI mempunyai kapasitas sebesar 500 MVAsc, Penentuan kapasitas grid yang dipergunakan sebesar 500 MVAsc pada tegangan 20 kV, adalah karena trafo maksimum yang dipergunakan oleh PLN pada tegangan 20 kV adalah 60 MVA dengan impedansi maksimum 12,5%. Sehingga, MVAsc grid tersebut sebesar :

$$MVAsc = \frac{60\ MVA}{12.5\%} \quad \text{.....(3.1)}$$
$$MVAsc = 480 \approx 500$$

Untuk mempermudahkan dalam penggunaannya, pihak PLN akan membulatkan MVAsc untuk tegangan bus 20 kV sebesar 500 MVAsc.

Pada sistem kelistrikan PT.KDI terdapat 8 buah trafo sesuai plan yang ada, untuk plan A dan B di suplai trafo dengan kapasitas 1250KVA, plan B di suplai trafo dengan kapasitas 1000 KVA, dan Plan D, E, F1, F2, G dan H di suplai trafo dengan kapasitas 1600 KVA, trafo-trafo tersebut berfungsi untuk menurunkan tegangan dari 20 kV ke 0,4 kV. Pada tegangan 0,4 kv digunakan untuk menyuplai kumpulan beban motor yang direpresentasikan sebagai beban *Lumped*.

3.2 Sistem Distribusi PT.Keramik Diamond Industries

Sistem distribusi adalah kesatuan peralatan yang bekerja menyalurkan tenaga listrik dari sumber ke beban. Sistem distribusi pada pabrik PT. Keramik Diamond Industries menggunakan sistem radial. Sistem kelistrikan PT. Keramik Dimaond Industries mendapatkan sumber energi listrik dari feeder PLN dengan tegangan menengah 20 kV. Berikut ini adalah data bus pada Pabrik PT. Kermiak Diamond Industries Gresik yang diperlihatkan pada Tabel 3.1 :

Tabel 3.1 Data Bus PT.KDI

No	ID Bus	Rating Tegangan
1	BUS-U1	20 KV

Tabel 3.1 Data Bus PT.KDI (Lanjutan)

No	ID Bus	Rating Tegangan
2	BUS-TR-A	20 KV
3	BUS-TR-B	20 KV
4	BUS-TR-C	20 KV
5	BUS-ED	20 KV
6	BUS-TR-D	20 KV
7	BUS-TR-E	20 KV
8	BUS-GH	20 KV
9	BUS-TR-G	20 KV
10	BUS-TR-H1	20 KV
11	BUS-TR-H2	20 KV
12	BUS-TR-F	20 KV
13	BUS-MDP-A	0.4 KV
14	BUS-MDP-B	0.4 KV
15	BUS-MDP-C	0.4 KV
16	BUS-MDP-D	0.4 KV
17	BUS-MDP-E	0.4 KV
18	BUS-MDP-F1-F2	0.4 KV
19	BUS-MDP-F1	0.4 KV
20	BUS-MDP-F2	0.4 KV
21	BUS-MDP-G	0.4 KV
22	BUS-MDP-H	0.4 KV

Untuk mensuplai sistem kelistrikan dengan tegangan yang berbeda ratingnya, diperlukan peralatan listrik yaitu transformator. Pada Tabel 3.2 di bawah ini merupakan data transformator yang terdapat pada sistem kelistrikan PT. Keramik Diamond Industries :

Tabel 3.2 Data Transformator di PT. KDI

NO	Id Transformator	Tegangan (Kv)		Rating (Kva)	X/R	%Z
		Primer	Sekunder			
1	Tafo A	20	0.4	1250	3.5	5.5
2	Tafo B	20	0.4	1250	3.5	5.5
3	Tafo C	20	0.4	1000	3.5	5
4	Tafo D	20	0.4	1600	6	6
5	Tafo E	20	0.4	1600	6	6
6	Tafo F	20	0.4	1600	6	6
7	Tafo G	20	0.4	1600	6	6
8	Tafo H	20	0.4	1600	6	6

Dan untuk mengalirkan arus listrik ke seluruh beban di sistem kelistrikan, diperlukan peralatan listrik yaitu kabel. Pada Tabel 3.3 di bawah ini merupakan data beberapa kabel yang dipergunakan pada PT. Keramik Dimond Industries :

Tabel 3.3 Data Kabel di PT.KDI

No	ID Kabel	Luas Penampang (mm^2)	Tegangan (kV)	Panjang (m)	R (Ω)/KM	X (Ω)/KM
1	C-PLN-U1	185	22	150	0.130	0.120
2	C-BUS-U1-TRED	185	22	100	0.130	0.120
3	C-BUS-U1-TRGH	185	22	100	0.130	0.120
4	C-BUS-U2-TRF	185	22	50	0.130	0.120

3.3 Data *Lump load* di PT.Keramik Diamond Industries

Beban yang terdapat pada PT. Keramik Diamond Industries sangatlah banyak, terdapat puluhan motor di setiap *plan*-nya rata – rata dengan kapasitas yang cukup kecil pada level tegangan 0.4 KV, untuk mempermudah simulasi maka dari itu pada tugas akhir ini beban motor di modelkan dengan lump load sesuai dengan jumlah nilai total motor di setiap *plan*-nya.

Total beban motor pada setiap plan-nya kurang lebih sebanyak sebanyak 75 buah motor listrik. Pada tabel 3.4 di bawah ini merupakan data beban motor yang di sudah di modelkan dengan lump load :

Tabel 3.4 Data Beban Lump Load di PT.KDI

No	ID *Lump Load*	Daya (KW)	Tegangan (kV)	PF (%)	Status
1	*Lump*-A	850	0.4	85	*Continuous*
2	*Lump*-B	630	0.4	85	*Continuous*
3	*Lump*-C	586	0.4	85	*Continuous*
4	*Lump*-D	1088	0.4	85	*Continuous*
5	*Lump*-E	1088	0.4	85	*Continuous*
6	*Lump*-F1	578	0.4	85	*Continuous*
7	*Lump*-F2	510	0.4	85	*Continuous*
8	*Lump*-G	711	0.4	85	*Continuous*
9	*Lump*-H	827	0.4	85	*Continuous*

3.4 Metodologi Simulasi

Dalam perancangan koordinasi proteksi banyak hal yang perlu diperhatikan untuk mendapatkan hasil koordinasi proteksi yang baik dalam mengamankan sistem dari gangguan yang terjadi. langkah awal yang harus dilakukan adalah pemodelan sistem kelistrikan berdasarkan data yang telah didapatkan. Dimana dari data tersebut dapat diketahui spesifikasi dari peralatan baik arus maupun tegangan. Metodologi simulasi yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan data-data yang ada pada perusahaan, meliputi data sumber PLN, data pembebanan, data kabel, data *single line diagram* dan trafo dapat dilakukan simulasi *load flow* pada *software* ETAP 12.6.

2. Dari hasil *running software* didapatkan nilai arus yang mengalir pada *feeder* pengaman. Arus tersebut digunakan untuk menentukan spesifikasi *continous ampere* dari beraker pengaman yang ada pada *feeder* tersebut selain itu juga digunakan untuk menentukan besar dari ratio CT yang digunakan. Selain bergantung pada *load flow* perlu diperhatikan juga kapasitas nominal arus pada tiap beban yang akan diamankan.
3. Analisa simulasi *short circuit* menggunakan *software* didapatkan hasil arus *short circuit* pada setiap bus. Arus *short circuit* ini juga mempengaruhi dalam penentuan spesifikasi *beaker* pengaman.
4. Dari hasil simulasi *short circuit* didapatkan hasil arus *short circuit* minimum dan maksimum pada setiap bus. Arus short *circuit* minimum didapat menggunakan pada gangguan *line to line* pada waktu 30 *cycle*, sedangkan maksimum didapat pada gangguan 3 phasa pada waktu 4 *cycle*.
5. Arus hasil *load flow* atau FLA (*full load ampere*) dari spesifikasi perlatan digunakan untuk menentukan besar *setting* arus pada *lowset* rele. Dan arus short circuit digunakan untuk menentukan besar *setting highset* pada rele pengaman, *setting* waktu yang digunakan tetap mengacu pada persyaratan rele dan ketentuan grading sebesar 0.2-0.4s.
6. Dari hasil analisa secara manual, maka dapat dilakukan simulai analisa menggunakan *software* koordinasi proteksi, dimana dengan simulasi ini dapat dilihat alur koordinasi dan waktu trip rele ketika terjadi gangguan.
7. Selain menganalisa dengan menggunakan simulasi software dapat jugadianalisa dengan menggunakan kurva TCC (*time current curve*) yang dihasilkan oleh *software*. Dengan ini dapat dilakukan analisa secara menyeluruh melibatkan arus *starting* motor, inrush trafo, kurva *damage* trafo, FLA trafo dan lain lain.
8. Ketika dari hasil simulasi koordinasi proteksi dan pengamatan TCC (*time current curve*) dirasa sistem masih belum dengan baik, maka dilakukan analisa ulang dan simulasi ulang hingga tercapai koordinasi yang baik dalam mengamankan sistem dari gangguan.

BAB IV
HASIL SIMULASI dan KOORDINASI PROTEKSI DI PT.KDI

4.1 Pemodelan Sistem Kelistrikan PT.KDI

Pemodelan prencanaan sistem kelistrik PT. Keramik Diamond Industries dilakukan dengan pembuatan single line diagram pada software ETAP 12.6.0. Dalam membuat single line diagram dibutuhkan beberapa data peralatan yaitu data kabel, trafo, bus, rele, *circuit breaker* dan beban.

Ketika sudah melakukan pemodelan, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai FLA (*Full load Amper*) pada peralatan, hubung singkat minimum dan hubung singkat maksimum. Nilai-nilai tersebut didapatkan dengan cara melakukan simulasi analisa *short circuit*. Nilai-nilai tersebut dapat digunakan untuk melakukan *setting* rele, untuk lebih rinci, nilai FLA peralatan dapat digunakan untuk *setting* rele pada kurva *inverse*, nilai hubung singkat minimum dapat digunakan sebagai pembatas I_{set} untuk mendapatkan I*pick-up* kurva *Instantaneus*, sedangkan untuk nilai hubung singkat maksimum dapat digunakan untuk mencari *time dial*.

4.2 Analis Arus Gangguan Hubung Singkat

Untuk mengatur rele pengaman arus lebih perlu dilakukan analisis gangguan hubung singkat disetiap bus pada tipikal yang telah dipilih. Gangguan hubung singkat yang digunakan yaitu arus gangguan minimum dan arus gangguan maksimum. Arus yang dihasilkan dari gangguan ini dapat digunakan untuk mencari nilai *Time dial* pada *curva*, selain itu digunakan untuk menentukan pemilihan CB, Sedangkan arus gangguan minimum yaitu arus gangguan antar fasa, untuk nilai arus gangguan minimum dapat digunakan sebagai acuan *setting* rele data yang digunakan yaitu data tiap saluran dengan mempertimbangkan arus kontribusi dari setiap saluran.

Nilai arus hubung singkat minimum adalah saat terjadi gangguan hubung singkat 2 fasa, yaitu gangguan pada saat 30 cycle. Sedangkan untuk arus gangguan maksimum adalah ketika terjadi gangguan 3 fasa, pada saat 4 cycle. Analisa hubung singkat maksimum cukup dilakukan pada 4 cycle. Nilai gangguan tersebut digunakan untuk men*setting* rele arus lebih.

4.2.1 Arus Hubung Singkat Maksimum

Arus hubung singkat maksimum adalah arus hubung singkat 3 fasa pada saat 4 cycle, digunakan hubung singkat ketika 4 cycle karena rele arus lebih akan bekerja saat 3-5 cycle. Arus hubung singkat maksimum digunakan untuk membatasi arus hubung singkat terbesar yang mungkin terjadi. Arus hubung singkat maksimum saat 4 cycle digunakan untuk *setting* rele arus inverse pada *time dial*. Hasil simulasi hubung singkat maksimum dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini :

Tabel 4.1 Hasil Simulasi Arus Hubung Singkat Maksimum 4 *Cycle*

No	Arus Kontribusi	Tegangan (KV)	Isc Maksimum 4 *cycle* (KA)
1	Bus-U2	20 kV	13.61
2	Bus-TR-F-PRIM	20 kV	13.48
3	Bus-U1	20 kV	14.01
4	Bus-GH	20 kV	13.96
5	Bus-TR-H1	20 kV	14
6	Bus-TR-H2	20 kV	14
7	Bus-TR-G	20 kV	14.01
8	Bus-ED	20 kV	13.94
9	Bus-TR-E	20 kV	14
10	Bus-TR-D	20 kV	14
11	Bus-TR-C	20 kV	14.6
12	Bus-TR-B	20 kV	14.29
13	Bus-TR-A	20 kV	14.28
14	Bus-MDP-F1F2	0.4 kV	36.41
15	Bus-MDP-H	0.4 kV	36.48
16	Bus-MDP-G	0.4 kV	36.48
17	Bus-MDP-E	0.4 kV	36.51
18	Bus-MDP-D	0.4 kV	36.51
19	Bus-MDP-C	0.4 kV	27.77
20	Bus-MDP-B	0.4 kV	31.39
21	Bus-MDP-A	0.4 kV	31.32

4.2.2 Arus Hubung Singkat Minimum

Arus hubung singkat minimum untuk men-*setting* rele pengaman arus lebih digunakan nilai arus hubung singkat 2 fasa pada saat 30 cycle. Hal ini digunakan untuk membatasi *setting* arus sebagai batasan *pickup*

rele arus lebih instant. Sehingga saat terjadi hubung singkat minimum rele tersebut langsung bekerja sesuai *time delay* yang telah ditentukan. Pada simulasi gangguan hubung singkat minimum dilakukan di setiap bus dalam sistem kelistrikan di PT.KDI. Pada Tabel 4.1 merupakan hasil simulasi dari arus gangguan 30 cycle.

Tabel 4.2 Hasil Simulasi Arus Hubung Singkat Minimum 30 *Cycle*

No	Arus Kontribusi	Tegangan (kV)	Isc Minimum 30 *cycle* (kA)
1	Bus-U2	20 kV	11.79
2	Bus-TR-F-PRIM	20 kV	11.68
3	Bus-U1	20 kV	12.13
4	Bus-GH	20 kV	11.9
5	Bus-TR-H1	20 kV	11.9
6	Bus-TR-H2	20 kV	11.9
7	Bus-TR-G	20 kV	11.9
8	Bus-ED	20 kV	11.9
9	Bus-TR-E	20 kV	11.9
10	Bus-TR-D	20 kV	11.9
11	Bus-TR-C	20 kV	12.13
12	Bus-TR-B	20 kV	12.13
13	Bus-TR-A	20 kV	12.13
14	Bus-MDP-F1F2	0.4 kV	31.53
15	Bus-MDP-H	0.4 kV	31.56
16	Bus-MDP-G	0.4 kV	31.56
17	Bus-MDP-E	0.4 kV	31.59
18	Bus-MDP-D	0.4 kV	31.59
19	Bus-MDP-C	0.4 kV	24.01
20	Bus-MDP-B	0.4 kV	27.16
21	Bus-MDP-A	0.4 kV	27.1

4.3 Pemilihan Tipikal Koordinasi *Setting* Rele Proteksi pada PT.KDI

Untuk memperudah dalam melakukan *setting* koordinasi proteksi PT.KDI, maka dibuat beberapa tipikal yang dapat mewakili sistem kelistrikan PT.KDI. tipikal ini akan menjadi acuan dalam *setting* koordinasi proteksi yang lain.

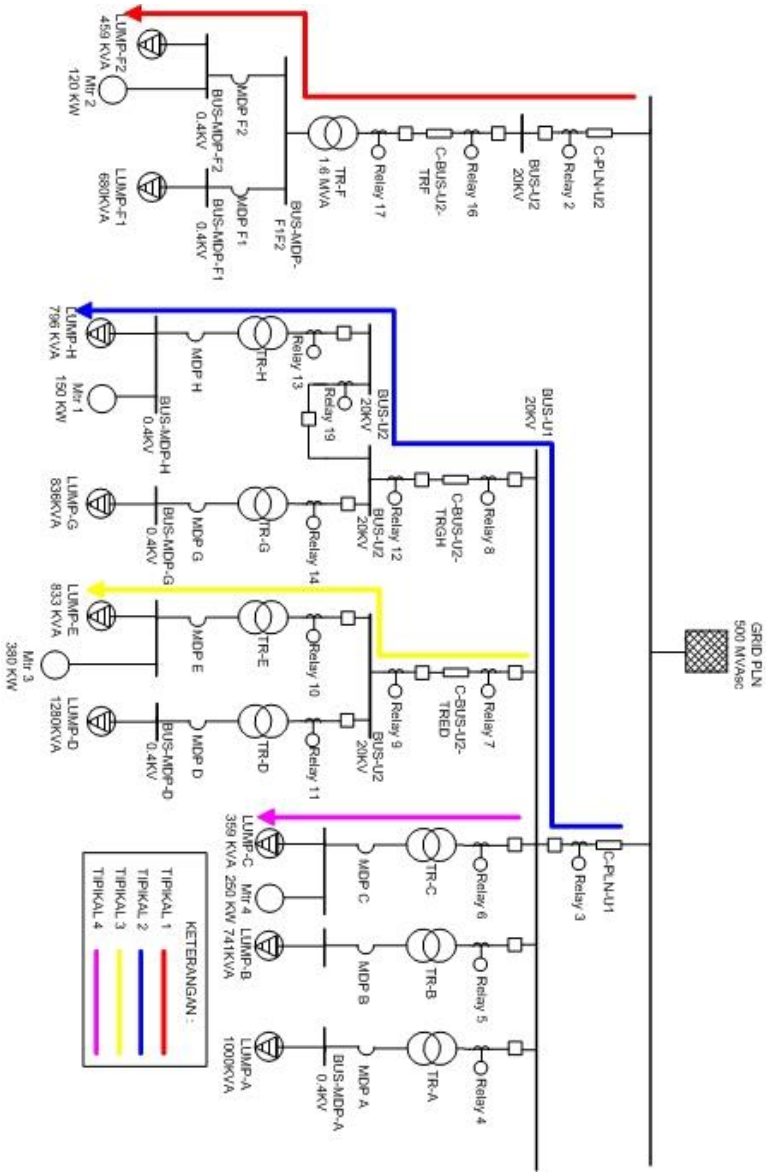
Pada sistem di PT.KDI dibagi menjadi 4 tipikal, dari keempat tipikal tersebut mewakili feeder saluran terpanjang, saluran terpendek yang terkoordinasi dengan saluran terpanjang, serta beban terbesar apa *feeder*. Untuk lebih jelas dari tiap tipikal akan dijelaskan :

1. Tipikal 1 : Pada Tipikal 1 ini, merupakan tipikal tidak terkoordinasi dengan saluran terpanjang atau langsung terhubung dari grid PLN untuk sistem koordinasi rele pengaman arus lebih fasa pada PT. KDI dengan beban lump yang paling kecil yaitu 459 KVA dan motor 2 sebesar 120 KW . Tipikal ini dimulai dari beban *lump-F2* menuju ke sumber *grid* dari PLN sebesar 20 kV, melalui saluran *cable* C-BUS-U2-TRF dan juga melewati trafo step down 1600 KVA pada power plan tersebut. Tipikal ini terdiri dari dua level tegangan, yaitu 20 kV dan 0.4 kV. Pada tipikal ini terdapat 3 rele pengaman yang dikoordinasikan yaitu Rele 17, Rele 16, Rele 2 dan LVCB (*low voltage Circuit Breaker*) MDP-F2. Pemilihan tipikal ini berdasarkan belum pernah dilakukan *setting* koordinasi rele.
2. Tipikal 2 : Pada Tipikal 2 ini, merupakan tipikal dengan saluran terpanjang untuk sistem koordinasi rele pengaman arus lebih fasa pada PT. KDI dengan beban lump sebesar 973 KVA . Tipikal ini dimulai dari beban lump-H menuju ke sumber grid dari PLN sebesar 20 kV, melalui saluran cable C-BUS-U1-TRGH dan juga melewati trafo step down 1600 KVA pada power plan tersebut. Tipikal ini terdiri dari dua level tegangan, yaitu 20 kV dan 0.4 kV. Pada tipikal ini terdapat 5 rele pengaman yang dikoordinasikan yaitu Rele 13, Rele 19, Rele 12, Rele 8, Rele 3 dan LVCB (low voltage Circuit Breaker) MDP-H. Pemilihan tipikal ini berdasarkan belum pernah dilakukan *setting* koordinasi rele.
3. Tipikal 3 : Pada Tipikal 3 ini, merupakan tipikal dengan saluran beban terbesar yang terkoordinasi dengan saluran terpanjang untuk sistem koordinasi rele pengaman arus lebih fasa pada PT. KDI dengan beban lump yang paling besar yaitu 833 KVA dan beban motor sebesar 380 kW. Tipikal ini dimulai dari beban lump-E dan mtr 3 menuju ke sumber grid dari PLN sebesar 20 kV, melalui saluran cable C-BUS-U1-TRED dan juga melewati trafo step down 1600 KVA pada power plan tersebut. Tipikal ini terdiri dari dua level tegangan, yaitu 20 kV dan 0.4 kV. Pada tipikal ini terdapat 3 rele pengaman yang dikoordinasikan yaitu

Rele 10, Rele 9, Rele 7 dan LVCB (low voltage Circuit Breaker) MDP-E. Pemilihan tipikal ini berdasarkan belum pernah dilakukan *setting* koordinasi rele.

4. Tipikal 4 : Pada Tipikal 4 ini, merupakan tipikal dengan saluran terpendek yang terkoordinasi dengan saluran terpanjang untuk sistem koordinasi rele pengaman arus lebih fasa pada PT. KDI dengan beban lump sebesar 359 KVA dan motor 4 sebesar 250 kW . Tipikal ini dimulai dari beban lump-C menuju ke sumber grid dari PLN sebesar 20 kV, melewati trafo step down 1000 KVA pada power plan tersebut. Tipikal ini terdiri dari dua level tegangan, yaitu 20 kV dan 0.4 kV. Pada tipikal ini terdapat 1 rele pengaman yang dikoordinasikan yaitu Rele 6 dan LVCB (low voltage Circuit Breaker) MDP-C. Pemilihan tipikal ini berdasarkan belum pernah dilakukan *setting* koordinasi rele.

Sedangkan pemilihan tipikal untuk koordinasi proteksi arus gangguan satu fasa ke tanah dipilih sama seperti tipikal ke 2 dengan sumber Grid PLN lalu diberi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah,. Semua penjelasan tentang tipikal yang akan digunakan pada tugas akhir ini supaya lebih mudah dipahami dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 *Single Line Diagram* Tipikal PT.KDI

4.4 Sistem Koordinasi Proteksi Rele *Overcurrent* Gangguan Fasa

Pada koordinasi proteksi, *rele overcurrent* berfungsi untuk mendeteksi ketika terjadi gangguan hubung singkat dan ketika terjadi *over load*, dengan mempunyai fungsi tersebut diharapkan ketika terjadi gangguan maka dapat dengan cepat melokalisir titik gangguan dan mengamankan peralatan yang terdapat pada sistem tersebut. Ketika sudah memasang rele *overcurent* pada sistem kelistrikan, ketika terjadi gangguan hubung singkat atau *over load* belum tentu rele akan bekerja sesuai harapan. Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan ketika melakukan *setting* rele *overcurent* supaya dapat bekerja sesuai harapan, antara lain, pemilihan *setting low set*, *high set*, *time dial* dan *time delay*.

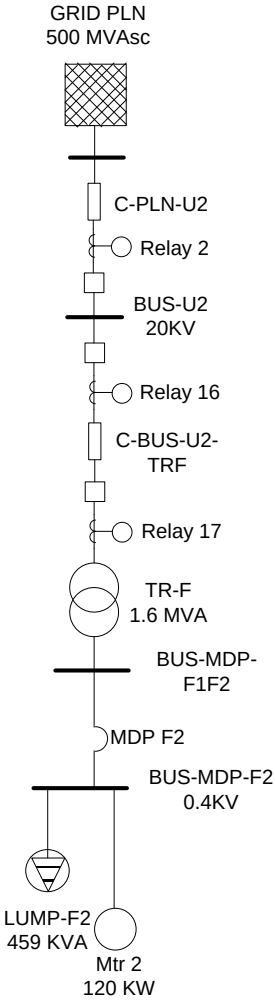
Pada pemilihan *setting low set* pada rele harus memperhatikan FLA dari peralatan terdekat dengan rele, sehingga rele dapat membedakan arus gangguan dan arus *full load amper*. Pemilihan *high set* harus memperhatikan arus gangguan minimum pada fasa, pemiliha *setting time dial* pada rele memperhatikan arus gangguan maksimum setelah itu dimasukkan pada persaman kurva pada rele yang digunakan, sedangkan pemilihan *time delay* harus memperhatikan *time grading*, *time grading* menurut standart antara 0,2 s - 0,4 s.

Ketika semua parameter pada rele sudah di*setting*, maka dilakukan simulasi pada *Software Etap*, simulasi pada *Software Etap* dapat dilakukan dengan cara memilih *star*, setelah itu menentukan titik gangguan hubung singkat. Langkah selanjutnya yaitu menentukan rele yang akan diplot, ketika semua rele yang akan diplot sudah ditandai maka pilih *Create Star View* dan dapat dilihat apakah kerja rele sesuai atau belum.

4.4.1 Koordinasi Proteksi Rele *Overcurrent* Tipikal 1

Pada pemilihan tipikal 1 dipilih merupakan tipikal tidak terkoordinasi dengan saluran terpanjang atau langsung terhubung dari grid PLN untuk sistem koordinasi rele pengaman arus lebih fasa pada PT. KDI dengan beban lump yang paling kecil yaitu 459 KVA dan motor 2 sebesar 120 KW. Pada tipikal 1 ini terdiri dari 3 rele dan LVCB yang harus dilakukan *setting* koordinasi rele. Sebuah LVCB MDP-F2 digunakan untuk mengamankan trafo TR-F ketika terjadi arus gangguan pada beban LUMP-F2 dan BUS-MDP-F1F2, selanjutnya terdapat Rele 17 digunakan sebagai backup apabila LVCB MDP-F2 tidak dapat memutuskan saluran akibat hubung singkat, selain itu juga sebagai pengaman *feeder cable* C-BUS-U2-TRF yang berada diatasnya. Diatas

Rele 17 terdapat Rele 16 sebagai *backup* untuk mengamankan *feeder cable* dan BUS-U2, selanjutnya terdapat Rele 2 yang berfungsi untuk mengamankan *Feeder* dari *Grid* PLN agar tidak terjadi *Blackout*. Pada Gambar 4.2 dapat dilihat gambar *single line diagram* tipikal 1.



Gambar 4.2 *Single Line Diagram* Tipikal 1

Sebelum melakukan *setting* diperlukan parameter yang dibutuhkan yaitu FLA peralatan yang diamankan, CT *ratio*, Isc maksimum, Isc minimum dan tipe kurva yang digunakan, berikut ini adalah perhitungan *setting high set, low set, time dial*, dan *time delay* masing-masing Rele pada tipikal 1 sesuai dengan standar IEEE 242.

(a). LVCB- MDP F2

Manufacture	: Merlin Gerin (Micrologic 2.0)
Curve Type	: *Long Time* & *Short Time*
FLA sec TR-F	: 2309 A
Sensor	: 2500
Isc min 30 cycle	: 31.56 kA (0.4 kV)
Isc max 4 cycle	: 36.41 kA (0.4 kV)

1. <u>*Long-Time*</u>

   1.05 × FLA < Iset < 1,4 × FLA

   1.05 × 2309 A < Iset < 1.4 × 2309 A

   2424.45 A < Iset < 3232.6 A

   - Dipilih Iset = 2500 A
   - Dengan sensor sebesar 2500, maka perhitungan Tap = $\frac{2500}{2500}$
   - Dipilih Tap = 1
   - Dipiliha LT Band = 0.5

2. <u>*Short-Time*</u>

   1.6 × FLA < Iset < 0.8 × Isc min

   1.6 × 2309 A < Iset < 0.8 × 31560 A

   3694.4 A < Iset < 25248 A

   - Dipilih Iset = 6250 A
   - Dipilih Tap = 2.5
   - Dipilih ST Band = *Fixed*

(b). Relay17

Manufacture	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 20
Curve Type	: IEC – Very Inverse
FLA primer TR-F	: 46.19 A
CT *ratio*	: 50 /5
Isc min 30 *cycle*	: 11.68 kA (20 kV)

Isc *max* 4 *cycle* : 13.48 kA (20 kV)

1. *Time Overcurrent Pickup (Low set)*

   1.05 × FLA prim TR-F < Iset < 1.4 × FLA prim TR-F

   1.05 × 46.19 A < Iset < 1.4 × 46.19 A

   48.45 A < Iset < 64.7 A

   $\frac{48.45}{50}$ In < Tap < $\frac{64.7}{50}$ In

   0.97 In < Tap < 1.3 In

   - Dipilih Tap = 1.29 In
   - Iset = 1.29 × 50
     = 64.6 A

2. *Time Dial*

   Dikarenakan pada rele *low set* sebagai *Backup* dari LVCB MDP-F2 maka dalam perhitungan *time dial* Isc max yang digunakan berada pada sekunder trafo TR-F, selain itu waktu target operasi yang digunakan 0.2 s lebih lambat dari *triping* LVCB MDP-F2.

   Waktu Operasi (td) : 0.3 detik

   Isc max 4 *cycle* (sec TR-F) : 0.728 kA (20 kV)

   td $= \frac{K \times T}{\beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}$

   $T = \frac{td \times \beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}{K}$

   $= \frac{0.3 \times 1.5 \times \left[\left(\frac{728}{64.6}\right)^{1} - 1\right]}{13.5}$

   T = 0.34 (*time dial* minimum)

   - dipilih *Time Dial* = 0.34

3. *Instantaneous Pickup (High set)*

   Isc min = 11680 A

   1.6 × FLA prim TR-F < Iset < 0.8 × Isc min

   1.6 × 46.19 A < Iset < 0.8 × 11680 A

   73.9 A < Iset < 9344 A

$\frac{73.9}{50}$ I < Iset < $\frac{9344}{50}$

1,47 In < Iset < 186 In

Dipilih Tap = 20 In

Iset = 20 × 50

Iset = 1000 A

4. *Time Delay*
   - Dipilih *Time Delay* = 0,1s

(c). Relay16

Dikarenakan nilai Isc yang dirasakan pada Rele 17 dan Rele 16 sama, serta di level tegangan yang sama juga maka *setting* boleh disamakan.

Manufacture	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 20
Curve Type	: IEC – Very Inverse
FLA primer TR-F	: 46.19 A
CT *ratio*	: 50 /5
Isc min 30 *cycle*	: 11.68 kA (20 kV)
Isc *max* 4 *cycle*	: 13.34 kA (20 kV)

1. *Time Overcurrent Pickup (Low set)*

   1.05 × FLA prim TR-F < Iset < 1.4 × FLA prim TR-F

   1.05 × 46.19 A < Iset < 1.4 × 46.19 A

   48.45 A < Iset < 64.7 A

   $\frac{48.45}{50}$ In < Tap < $\frac{64.7}{50}$ In

   0.97 In < Tap < 1.3 In

   - Dipilih Tap = 1.29 In
   - Iset = 1.29 × 50
     = 64.6 A

2. *Time Dial*

   Dikarenakan pada rele *low set* sebagai *Backup* dari LVCB MDP-F2 makan dalam perhitungan *time dial* Isc max yang digunakan berada pada sekunder trafo TF-F, selain itu waktu target operasi yang digunakan 0.2 s lebih lambat dari *triping* LVCB MDP-F2.

   Waktu Operasi (td) : 0.3 detik

Isc max 4 *cycle* (sec TR-F) : 0.728 kA (20 kV)

td $= \frac{K \times T}{\beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}$

$T = \frac{td \times \beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}{K}$

$= \frac{0.3 \times 1.5 \times \left[\left(\frac{728}{64.6}\right)^{1} - 1\right]}{13.5}$

T = 0.34 (*time dial* minimum)

- dipilih *Time Dial* = 0.34

3. <u>*Instantaneous Pickup (High set)*</u>

Isc min = 11680 A

1.6 × FLA prim TR-F < Iset < 0.8 × Isc min

1.6 × 46.19 A < Iset < 0.8 × 11680 A

73.9 A < Iset < 9344 A

$\frac{73.9}{50}$ In < Iset < $\frac{9344}{50}$

1,47 In < Iset < 186 In

Dipilih Tap = 20 In

Iset = 20 × 50 =1000 A

4. <u>*Time Delay*</u>
   - Dipilih *Time Delay* = 0,1s

(d). Relay2

Manufacture	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 20
Curve Type	: IEC – Very Inverse
FLA primer TR-F	: 46.19 A
CT *ratio*	: 50 /5
Isc min 30 *cycle*	: 11.79 kA (20 kV)
Isc *max* 4 *cycle*	: 13.6 kA (20 kV)

1. <u>*Time Overcurrent Pickup (Low set)*</u>

1.05 × FLA prim TR-F < Iset < 1.4 × FLA prim TR-F

1.05 × 46.19 A < Iset < 1.4 × 46.19 A

48.45 A < Iset < 64.7 A

$\frac{48.45}{50}$ In < Tap < $\frac{64.7}{50}$ In

0.97 In < Tap < 1.3 In

- Dipilih Tap = 1.29 In
- Iset = 1.29 × 50
  = 64.5 A

2. *<u>Time Dial</u>*

Dikarenakan Isc max pada BUS-U2 terlalu besar sehingga memepengaruhi *grading* waktu antara rele *low set* sebelumnya menjadi besar, maka dari itu Isc max untuk menetukan *time dial* menggunakan $Iset \times 20$, dimana nilai tersebut adalah kemampuan rele inverse mengalami waktu *steady state* pada waktu target operasi yang digunakan. Waktu target operasi yang digunakan adalah 0.3 detik.

Waktu Operasi (td) : 0.3 detik

Isc max : $Iset \times 20 = 1290$ A

td $= \frac{K \times T}{\beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}$

$T = \frac{td \times \beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}{K}$

$= \frac{0.3 \times 1.5 \times \left[\left(\frac{1290}{64.5}\right)^{1} - 1\right]}{13.5}$

T = 0.64 (*time dial* minimum)

- dipilih *Time Dial* = 0.64

3. *<u>Instantaneous Pickup (High set)</u>*

Isc min = 11790 A

1.6 × FLA prim TR-F < Iset < 0.8 × Isc min

1.6 × 46.19 A < Iset < 0.8 × 11790 A

73.9 A < Iset < 9432 A

$\frac{73.9}{50}$ I < Iset < $\frac{9432}{50}$

1,47 In < Iset < 188 In

Dipilih Tap = 19 In

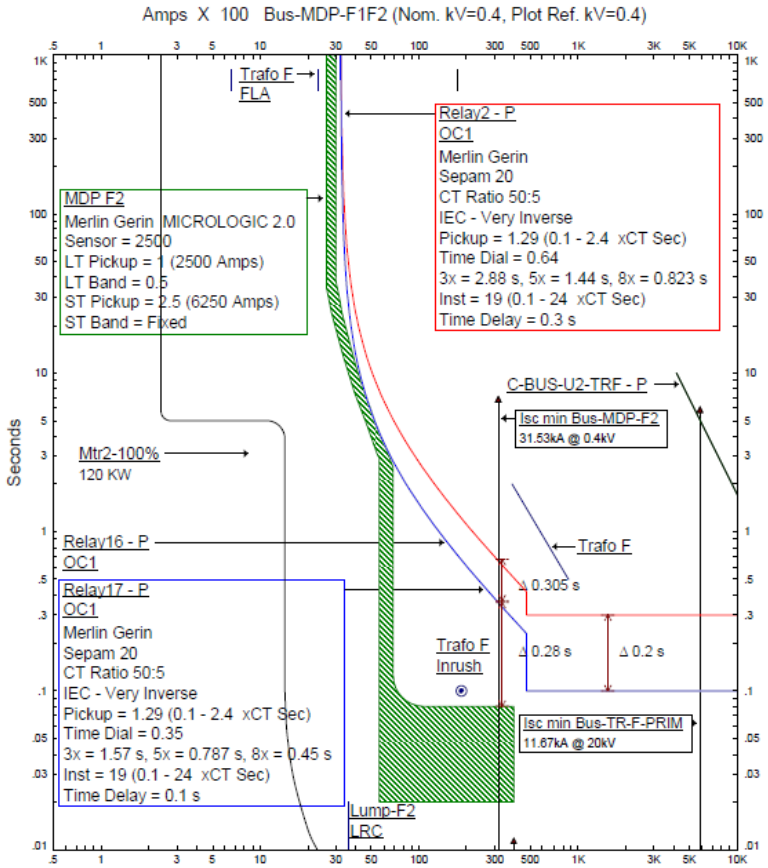
Iset = 19 × 50

Iset = 950 A

4. <u>*Time Delay*</u>

- Dipilih *Time Delay* = 0,3 s

Selanjutnya, setelah rele di*setting* sesuai dengan perhitungan di atas, kemudian rele – rele tersebut diplot *time current curve*-nya menggunakan *software* ETAP 12.6.0. Sehingga menghasilkan kurva seperti yang terlihat pada Gambar 4.3 di bawah ini :



Gambar 4.3 *Time Current Curve* Tipikal 1

Hasil plot *Time Current Curve* Tipikal 1 pada Gambar 4.3 dapat dilihat dari hasil *setting* yang dibuat gangguan tiap bus yang ada pada

tipikal 1 dapat diatasi atau sudah aman. Hal tersebut apabila ketika terjadi gangguan hubung singkat *Line to Line* pada Bus-MDP-F2 yang bekerja pertama untuk mengamankan adalah LVBC MDP-F2 pada waktu 80 ms dikarenakan pada *manufacture* yang digunakan pada *ST-Band* bernilai *Fixed* yaitu 80 ms dan kemudian terdapat waktu *inverse* rele 17 dan rele 16 bekerja pada waktu 298 ms sebagai *backup* apabila rele sebelumnya tidak dapat mengatasi gangguan dengan grading waktu 0.2 detik, hal itu mengacu pada strandar yang digunakan antara 0.2-0.4 detik. Selain itu pada LVCB MDP-F2 tetap aman apabila terjadi arus *strating* yang motor 2 di kareana *setting* LVCB MDP-F2 lebih besar dari arus *starting*-nya.

Apabila terjadi gangguan *Line to Line* pada Bus-TR-F-PRIM rele yang bekerja pertama untuk mengamankan adalah waktu *definite* atau waktu instan rele 17 dan rele 16 pada waktu 0.1 detik, dikarenaka arus hubung singkat yang dirasakan pada kedua rele tersebut sama maka untuk *setting* boleh disamakan. Selain itu juga terdapat rele 2 yang bekerja pada waktu 0.3 detik sebagai *backup* apabila pada rele 17 dan rele 16 tidak dapat mengamankan jika terjadi gangguan pada Bus-TR-F-PRIM. *Grading* waktu antara rele 17 dan rele 2 sebesar 0.2 detik sesuai dengan standar yang digunakan. Selain itu juga rele-rele tersebut mampu mengamankan kabel, dapat dilihat pada Gambar 4.3 kurva gangguan mampu teratasi sebelum menyentuh kurva kabel C-BUS-U2-TRF-P. Untuk gangguan pada BUS-U2 tidak jauh beda dengan gangguan bus sebelumnya, sehingga rele-rele juga bisa mengamankan sistem.

Selain itu juga didapatkan *time sequence viewer* untukm negetahui waktu rele dan *circuit breaker* saat bekerja dari hasil simluasi *fault insertion* pada Etap *Star*. Berikut ini adalah *Time Sequence Viewer* Tipikal 1 saat gangguan *3 Phase* berada pada Bus-MDP-F2 dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 *Time Sequence Viewer Line to Line Fault* pada Bus-MDP-F2 Tipikal 1

Line to Line Fault on Bus : Bus-MDP-F2						
NO	***Time (ms)***	***ID***	**If (KA)**	**T1 (ms)**	**T2 (ms)**	***Condition***
1	80	MDP F2	31.53	20	80	Phase

Tabel 4.3 *Time Sequence Viewer 3 Pahse Fault* pada Bus-MDP-F2 Tipikal 1 (Lanjutan)

Line to Line Fault on Bus : Bus-MDP-F2						
NO	***Time (ms)***	***ID***	**If (KA)**	**T1 (ms)**	**T2 (ms)**	***Condition***
2	298	Relay 17	0.747	298		Phase-OC1-51
3	298	Relay 16	0.747	298		Phase-OC1-51
4	398	CB 17		100		Tripped by Relay 17 Phase-OC1-51
5	398	CB 151		100		Tripped by Relay 16 Phase-OC1-51
6	544	Relay 2	0.747	544		Phase-OC1-51
7	644	CB 2		100		Tripped by Relay 2 Phase-OC1-51

Dari tabel 4.3 gangguan pada *Line to Line* pada Bus-MDP-F2, dapat lihat waktu kerja rele saat merasakan gangguan dan waktu kerja *circuit breaker* bekerja, pada LVCB waktu open sebesar 80 ms sudah *default* dari *manufacture* yang digunakan dengan kondisi *phase* dikarenakan mengamankan gangguan *phase.* Pada rele 17 dan rele 16 waktu kerjanya sama yaitu 298 ms atau dibulatkan manjadi 0.3 detikmdengan *min delay* yang dipilih pada CB sebesar 100 ms maka total waktu trip sebesar 400 ms pada kondisi *phase* rele 51. Selain itu juga didapatkan *time sequence viewer* untukm negetahui waktu rele dan *circuit breaker* saat bekerja dari hasil simluasi *fault insertion* pada Etap *Star*

Berikut ini adalah *Time Sequence Viewer* Tipikal 1 saat gangguan *Line to Line* berada pada Bus-TR-F-PRIM dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 *Time Sequence Viewer Line to Line Fault* pada Bus-TR-F-PRIM Tipikal 1

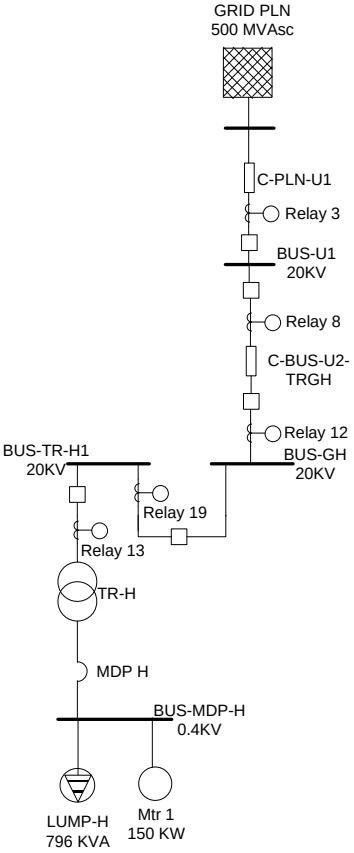
3 phase Fault on Bus : Bus-TR-F-PRIM						
NO	***Time (ms)***	***ID***	**If (KA)**	**T1 (ms)**	**T2 (ms)**	***Condition***
1	100	Relay 17	11.67	100		Phase-OC1-50
2	100	Relay 16	11.67	100		Phase-OC1-50
3	200	CB 17		100		Tripped by Relay 17 Phase-OC1-50
4	200	CB 151		100		Tripped by Relay 16 Phase-OC1-50
5	300	Relay 2	11.67	300		Phase-OC1-50
6	400	CB 2		100		Tripped by Relay 2 Phase-OC1-50

Dari tabel 4.4 gangguan pada *Line to Line* pada Bus-TR-F-PRIM, dapat lihat waktu kerja rele saat merasakan gangguan dan waktu kerja *circuit breaker* bekerja, Pada rele 17 dan rele 16 waktu kerjanya sama yaitu 100 ms, dengan min delay yang dipilih pada CB sebesar 100 ms maka total waktu trip sebesar 200 ms pada kondisi *phase* rele 50. Waktu kerja pada rele 2 sebesar 300 ms, 0.2 detik lebih lambat dari rele 17 dan 16, pada kondisi *phase* rele 50.

4.4.2 Koordinasi Proteksi Rele *Overcurrent* Tipikal 2

Pada pemilihan tipikal 2 dipilih merupakan tipikal dengan saluran terpanjang yang tersambung langsung dengan *grid* PLN untuk sistem koordinasi rele pengaman arus lebih fasa pada PT. KDI dengan beban lump sebesar 796 KVA dan beban motor 1 sebesar 150 KW. Pada tipikal 2 ini terdiri dari 5 rele dan LVCB yang harus dilakukan *setting* koordinasi rele *over current*. Sebuah LVCB MDP-H digunakan untuk mengamankan trafo TR-H ketika terjadi arus gangguan pada beban LUMP-H, moto 2

dan BUS-MDP-F1F2, selanjutnya terdapat Rele 13 dan rele 19 digunakan sebagai backup apabila LVCB MDP-H tidak dapat memutuskan saluran akibat hubung singkat, selain itu sebagai pengaman apabila *feeder* plan H terjadi gangguan hubung singkat tidak mempengaruhi kinerja dari plan G. Setelah itu terdapat rele 12 dan rele 8 berfungsi sebagi pengaman bus utama yaitu BUS-U1 agar hubung singkat tidak meluas kesemua plan, selanjutnya terdapat Rele 3 yang berfungsi untuk mengamankan *Feeder* dari *Grid* PLN agar tidak terjadi *Blackout* pada sistem kelistriakan perusahaan. Pada Gambar 4.4 dapat dilihat *single line diagram* pada tipikal 2.



Gambar 4.4 *Single Line Diagram* Pada Tipikal 2

Sebelum melakukan *setting* diperlukan parameter yang dibutuhkan yaitu FLA peralatan yang diamankan, CT *ratio*, Isc maksimum, Isc minimum dan tipe kurva yang digunakan, berikut ini adalah perhitungan *setting high set, low set, time dial*, dan *time delay* masing-masing Rele pada tipikal 2 sesuai dengan standar IEEE 242.

(a). **LVCB- MDP H**

Manufacture : Merlin Gerin (Micrologic 2.0)
Curve Type : *Long Time* & *Short Time*
FLA sec TR-H : 2309 A
Sensor : 2500
Isc min 30 cycle : 31.56 kA (0.4 kV)
Isc max 4 cycle : 36.48 kA (0.4 kV)

<u>*Long-Time*</u>

1.05 × FLA < Iset < 1,4 × FLA
1.05 × 2309 A < Iset < 1.4 × 2309 A
2424.45 A < Iset < 3232.6 A

- Dipilih Iset = 2424.45 A
- Dengan sensor sebesar 2500, maka perhitungan Tap = $\frac{2424.45}{2500}$
- Dipilih Tap = 0.96
- Dipiliha LT Band = 0.5

<u>*Short-Time*</u>

1.6 × FLA < Iset < 0.8 × Isc min
1.6 × 2309 A < Iset < 0.8 × 31560 A
3694.4 A < Iset < 25248 A

- Dipilih Iset = 10000 A
- Dengan sensor sebesar 2500, maka perhitungan Tap = $\frac{2424.45}{2500}$
- Dipilih Tap = 4
- Dipilih ST Band = *Fixed*

(b). **Relay13**

Manufacture : Merlin Gerin
Model : Sepam 20
Curve Type : IEC – Very Inverse
FLA primer TR-H : 46.19 A
CT *ratio* : 50 /5

Isc min 30 *cycle* : 11.9 kA (20 kV)
Isc *max* 4 *cycle* : 14 kA (20 kV)

1. *Time Overcurrent Pickup (Low set)*

1.05 × FLA prim TR-H < Iset < 1.4 × FLA prim TR-H

1.05 × 46.19 A < Iset < 1.4 × 46.19 A

48.45 A < Iset < 64.7 A

$\frac{48.45}{50}$ In < Tap < $\frac{64.7}{50}$ In

0.96 In < Tap < 1.3 In

- Dipilih Tap = 1.29 In
- Iset = 1.29 × 50
  = 64.5 A

2. *Time Dial*

Dikarenakan pada rele *low set* sebagai *Backup* dari LVCB MDP-H maka dalam perhitungan *time dial* Isc max yang digunakan berada pada sekunder trafo TR-H, selain itu waktu target operasi yang digunakan 0.2 s lebih lambat dari *triping* LVCB MDP-H.

Waktu Operasi (td) : 0.3 detik
Isc max 4 *cycle* (sec TR-H) : 0.729 kA (20 kV)

$$td = \frac{K \times T}{\beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}$$

$$T = \frac{td \times \beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}{K}$$

$$= \frac{0.3 \times 1.5 \times \left[\left(\frac{729}{64.5}\right)^{1} - 1\right]}{13.5}$$

T = 0.34 (*time dial* minimum)

- Dipilih *Time Dial* = 0.34

3. *Instantaneous Pickup (High set)*

Isc min = 11900 A

1.6 × FLA prim TR-H < Iset < 0.8 × Isc min

1.6 × 46.19 A < Iset < 0.8 × 11900 A

73.9 A < Iset < 9520 A

$\frac{73.9}{50}$ I < Iset < $\frac{9520}{50}$

1,47 In < Iset < 190 In

Dipilih Tap = 17 In

Iset = 17 × 50

Iset = 850 A

4. *Time Delay*

- Dipilih *Time Delay* = 0,1s

(c). **Relay19**

Dikarenakan pada Rele 13 dan Rele 19 sama dalam bentuk konfigurasi *tie bus*, serta nilai Isc yang sama di level tegangan yang sama juga maka *setting* boleh disamakan.

Manufacture : Merlin Gerin

Model : Sepam 20

Curve Type : IEC – Very Inverse

FLA primer TR-H : 46.19 A

CT *ratio* : 50 /5

Isc min 30 *cycle* : 11.9 kA (20 kV)

Isc *max* 4 *cycle* : 14 kA (20 kV)

1. *Time Overcurrent Pickup (Low set)*

1.05 × FLA prim TR-H < Iset < 1.4 × FLA prim TR-H

1.05 × 46.19 A < Iset < 1.4 × 46.19 A

48.45 A < Iset < 64.7 A

$\frac{48.45}{50}$ In < Tap < $\frac{64.7}{50}$ In

0.96 In < Tap < 1.3 In

- Dipilih Tap = 1.29 In
- Iset = 1.29 × 50

  = 64.5 A

2. *Time Dial*

Dikarenakan pada rele *low set* sebagai *Backup* dari LVCB MDP-H maka dalam perhitungan *time dial* Isc max yang digunakan berada

pada sekunder trafo TR-H, selain itu waktu target operasi yang digunakan 0.2 s lebih lambat dari *triping* LVCB MDP-H.

Waktu Operasi (td) : 0.3 detik
Isc max 4 *cycle* (sec TR-H) : 0.729 kA (20 kV)

td $= \frac{K \times T}{\beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}$

$T = \frac{td \times \beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}{K}$

$= \frac{0.3 \times 1.5 \times \left[\left(\frac{729}{64.5}\right)^{1} - 1\right]}{13.5}$

T = 0.34 (*time dial* minimum)

- Dipilih *Time Dial* = 0.34

3. <u>*Instantaneous Pickup (High set)*</u>

Isc min = 11900 A

1.6 × FLA prim TR-H < Iset < 0.8 × Isc min

1.6 × 46.19 A < Iset < 0.8 × 11900 A

73.9 A < Iset < 9520 A

$\frac{73.9}{50}$ I < Iset < $\frac{9520}{50}$

1.47 In < Iset < 190 In

Dipilih Tap = 17 In

Iset = 17 × 50

Iset = 850 A

4. <u>*Time Delay*</u>

- Dipilih *Time Delay* = 0,1s

(d). **Relay12**

Manufacture : Merlin Gerin
Model : Sepam 20
Curve Type : IEC – Very Inverse
FLA (prim TR-G + TR-H) : 92.38 A
CT *ratio* : 100/5
Isc min 30 *cycle* : 11.9 kA (20 kV)

Isc *max* 4 *cycle* : 13.96 kA (20 kV)

1. *Time Overcurrent Pickup (Low set)*

   1.05 × FLA < Iset < 1.4 × FLA

   1.05 × 92.38 A < Iset < 1.4 × 92.38 A

   97 A < Iset < 129.3 A

   $\frac{97}{100}$ In < Tap < $\frac{129.3}{100}$ In

   0.976 In < Tap < 1.29 In

   - Dipilih Tap = 0.96 In
   - Iset = 0.96 × 100
     = 96 A

2. *Time Dial*

   Dikarenakan Isc max pada BUS-TR-GH terlalu besar sehingga memepengaruhi *grading* waktu antara rele *low set* sebelumnya menjadi besar, maka dari itu Isc max untuk menetukan *time dial* menggunakan $Iset \times 20$, dimana nilai tersebut adalah kemampuan rele inverse mengalami waktu *steady state* pada waktu target operasi yang digunakan. Waktu target operasi yang digunakan adalah 0.3 detik.

   Waktu Operasi (td) : 0.3 detik

   Isc max : $Iset \times 20 = 1920$ A

   td $= \frac{K \times T}{\beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}$

   $T = \frac{td \times \beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}{K}$

   $= \frac{0.3 \times 1.5 \times \left[\left(\frac{1920}{96}\right)^{1} - 1\right]}{13.5}$

   T = 0.63 (*time dial* minimum)

   - dipilih *Time Dial* = 0.64

3. *Instantaneous Pickup (High set)*

   Isc min = 11900 A

   1.6 × FLA < Iset < 0.8 × Isc min

   1.6 × 92.38 A < Iset < 0.8 × 11900 A

147.8 A < Iset < 9520 A

$\frac{147.8}{100}$ I < Iset < $\frac{9520}{100}$

1,47 In < Iset < 95.2 In

- Dipilih Tap = 19 In
- Iset = 19 × 100
- Iset = 1900 A

4. *Time Delay*
   - Dipilih *Time Delay* = 0.3s

(e). **Relay8**

Dikarenakan nilai Isc yang dirasakan pada Rele 19 dan Rele 8 sama, serta di level tegangan yang sama juga maka *setting* boleh disamakan.

Manufacture	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 20
Curve Type	: IEC – Very Inverse
FLA (prim TR-G + TR-H)	: 92.38 A
CT *ratio*	: 100/5
Isc min 30 *cycle*	: 11.9 kA (20 kV)
Isc *max* 4 *cycle*	: 13.96 kA (20 kV)

1. *Time Overcurrent Pickup (Low set)*

   1.05 × FLA < Iset < 1.4 × FLA

   1.05 × 92.38 A < Iset < 1.4 × 92.38 A

   96 A < Iset < 129.3 A

   $\frac{96}{100}$ In < Tap < $\frac{129.3}{100}$ In

   0.96 In < Tap < 1.29 In

   - Dipilih Tap = 0.96 In
   - Iset = 0.96 × 100
     = 96 A

2. *Time Dial*

   Dikarenakan Isc max pada BUS-TR-GH terlalu besar sehingga memepengaruhi *grading* waktu antara rele *low set* sebelumnya menjadi besar, maka dari itu Isc max untuk menetukan *time dial*

menggunakan $Iset \times 20$, dimana nilai tersebut adalah kemampuan rele inverse mengalami waktu *steady state* pada waktu target operasi yang digunakan. Waktu target operasi yang digunakan adalah 0.3 detik.

Waktu Operasi (td) : 0.3 detik

Isc max : $Iset \times 20 = 1920$ A

td $= \frac{K \times T}{\beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}$

$T = \frac{td \times \beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}{K}$

$= \frac{0.3 \times 1.5 \times \left[\left(\frac{1920}{96}\right)^{1} - 1\right]}{13.5}$

T = 0.63 (*time dial* minimum)

- dipilih *Time Dial* = 0.64

3. <u>*Instantaneous Pickup (High set)*</u>

Isc min = 11900 A

1.6 × FLA < Iset < 0.8 × Isc min

1.6 × 92.38 A < Iset < 0.8 × 11900 A

147.8 A < Iset < 9520 A

$\frac{147.8}{100}$ I < Iset < $\frac{9520}{100}$

1,47 In < Iset < 95.2 In

Dipilih Tap = 19 In

Iset = 19 × 100

Iset = 1900 A

4. <u>*Time Delay*</u>
   - Dipilih *Time Delay* = 0.3s

(f). **Relay3**

Manufacture : Merlin Gerin

Model : Sepam 20

Curve Type : IEC – Very Inverse

FLA : 300.07 A (penjumlahan trafo pada BUS-U1)

CT *ratio* : 100/5

Isc min 30 *cycle* : 12.13 kA (20 kV)

Isc *max* 4 *cycle* : 14.01 kA (20 kV)

1. <u>*Time Overcurrent Pickup (Low set)*</u>

   1.05 × FLA < Iset < 1.4 × FLA

   1.05 × 300.07 A < Iset < 1.4 × 300.07 A

   315 A < Iset < 420 A

   $\frac{315}{300}$ In < Tap < $\frac{420}{300}$ In

   1.05 In < Tap < 1.4 In

   - Dipilih Tap = 1.05 In
   - Iset = 1.05 × 300

     = 315 A

2. <u>*Time Dial*</u>

   Dikarenakan Isc max pada BUS-U2 terlalu besar sehingga memepengaruhi *grading* waktu antara rele *low set* sebelumnya menjadi besar, maka dari itu Isc max untuk menetukan *time dial* menggunakan $Iset \times 20$, dimana nilai tersebut adalah kemampuan rele inverse mengalami waktu *steady state* pada waktu target operasi yang digunakan. Waktu target operasi yang digunakan adalah 0.5 detik.

   Waktu Operasi (td) : 0.5 detik

   Isc max : $Iset \times 20 = 6300$ A

   td $= \frac{K \times T}{\beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}$

   $T = \frac{td \times \beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}{K}$

   $= \frac{0.3 \times 1.5 \times \left[\left(\frac{6300}{315}\right)^{1} - 1\right]}{13.5}$

   T = 1.05 (*time dial* minimum)

   - dipilih *Time Dial* = 1.06

3. <u>*Instantaneous Pickup (High set)*</u>

   Isc min = 12130 A

   1.6 × FLA < Iset < 0.8 × Isc min

   1.6 × 300.07 A < Iset < 0.8 × 12130 A

   480.1 A < Iset < 9704 A

$\frac{480.1}{300}$ I < Iset < $\frac{9704}{300}$

1,6 In < Iset < 32.3 In

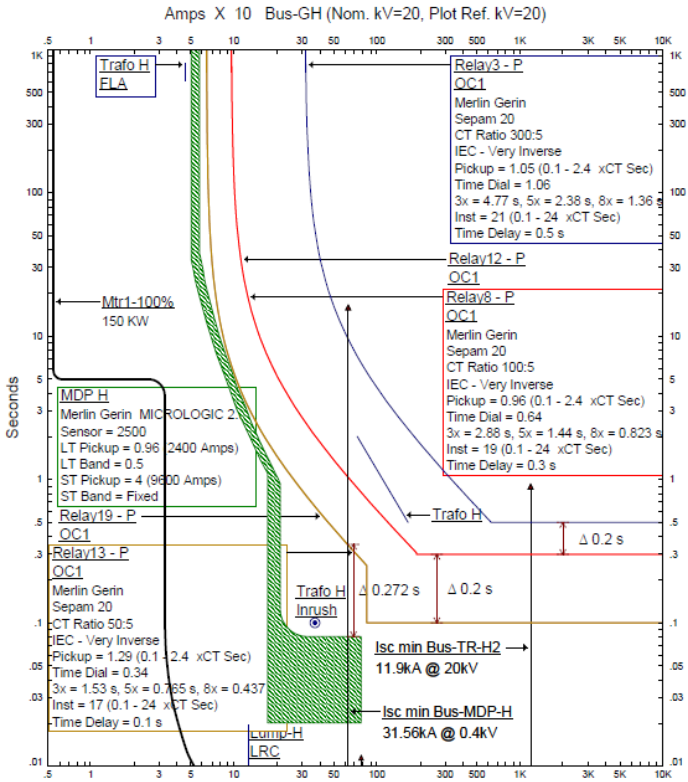
Dipilih Tap = 21 In

Iset = 21 × 300

Iset = 6300 A

4. *Time Delay*
   - Dipilih *Time Delay* = 0.5s

Selanjutnya, setelah rele di*setting* sesuai dengan perhitungan di atas, kemudian rele – rele tersebut diplot *time current curve*-nya menggunakan *software* ETAP 12.6.0. Sehingga menghasilkan kurva seperti yang terlihat pada Gambar 4.5 di bawah ini :



Gambar 4.5 *Time Current Curve* Tipikal 2

Hasil plot *Time Current Curve* Tipikal 2 pada Gambar 4.5 dapat dilihat dari hasil *setting* yang dibuat, gangguan tiap bus yang ada pada tipikal 2 dapat diatasi atau sudah aman. Hal tersebut apabila ketika terjadi gangguan hubung singkat *Line to Line* pada Bus-MDP-H yang bekerja pertama untuk mengamankan adalah LVBC MDP-H pada waktu 80 ms dikarenakan pada *manufacture* yang digunakan pada *ST-Band* bernilai *Fixed* yaitu 80 ms dan kemudian terdapat waktu *inverse* rele 13 dan rele 19 bekerja bersamaan dengan pada waktu 300 ms dikarenakan kedua rele tersebut langsung terhubung dengan konfigurasi *tie bus* yang dimana arus hubung singkat yang dirasakan bernilai sama. Selain itu juga rele 13 dan rele 19 sebagai *backup* apabila rele sebelumnya tidak dapat mengatasi gangguan, dengan grading waktu 0.2 detik, hal itu mengacu pada strandar yang digunakan antara 0.2-0.4 detik. Selain itu pada LVCB MDP-H tetap aman apabila terjadi arus *strating* yang motor 1 di kareana *setting* LVCB MDP-F2 lebih besar dari arus *starting*-nya.

Apabila terjadi gangguan 3 *phase* pada Bus-TR-H1 rele yang bekerja pertama untuk mengamankan adalah waktu *definite* atau waktu instan rele 13 dan rele 19 pada waktu 0.1 detik, dikarenaka arus hubung singkat yang dirasakan pada kedua rele tersebut sama maka untuk *setting* boleh disamakan. Selain itu juga terdapat waktu *definite* atau waktu instan rele 12 dan rele 8 yang bekerja pada waktu 0.3 detik sebagai *backup* apabila pada rele sebelumnya. Selanjutnya terdapat rele 3 bekerja pada waktu 0.5 detik, selain sebagai *backup* dari rele sebelumnya fungsi dari rele 3 berperan penting sebagai pengaman utama apa bila gangguan tidak dapat diatasi maka akan terjadi *blackout* karena rele tersebut langung terhubung pada *Grid PLN*. *Grading* waktu antara rele 13, rele 19, rele 8, rele 12 dan rele 3 sebesar 0.2 detik sesuai dengan standar yang digunakan. Selain itu juga rele-rele tersebut mampu mengamankan kabel, dapat dilihat pada Gambar 4.3 kurva gangguan mampu teratasi sebelum menyentuh kurva kabel C-BUS-U1-TRGH. Untuk gangguan pada BUS-GH dan BUS-U1 tidak jauh beda dengan gangguan bus sebelumnya, sehingga rele-rele juga bisa mengamankan sistem.

Selain itu juga didapatkan *time sequence viewer* untukm negetahui waktu rele dan *circuit breaker* saat bekerja seta mengetahu arus hubung singkat yang dirasakan setiap relenya, *time sequence viewer* didapat dari hasil simluasi *fault insertion* pada Etap *Star*. Berikut ini adalah *Time Sequence Viewer* Tipikal 2 saat gangguan *Line to Line* berada pada Bus-MDP-H dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 *Time Sequence Viewer Line to Line Fault* pada Bus-MDP-H Tipikal 2

Line to Line Fault on Bus : Bus-MDP-H						
NO	***Time (ms)***	***ID***	**If (KA)**	**T1 (ms)**	**T2 (ms)**	***Condition***
1	80	MDP H	31.56	20	80	Phase
2	289	Relay 13	0.748	289		Phase-OC1-51
3	289	Relay 19	0.748	289		Phase-OC1-51
4	389	CB 14		100		Tripped by Relay 13 Phase-OC1-51
5	389	CB 131		100		Tripped by Relay 19 Phase-OC1-51
6	849	Relay 12	0.748	849		Phase-OC1-51
7	849	Relay 8	0.748	849		Phase-OC1-51
8	949	CB 11		100		Tripped by Relay 12 Phase-OC1-51
9	949	CB 71		100		Tripped by Relay 8 Phase-OC1-51
10	6948	Relay 3	0.748	6948		Phase-OC1-51
11	7048	CB 1		100		Tripped by Relay 3 Phase-OC1-51

Dari tabel 4.5 pada gangguan pada *Line to Line* pada Bus-MDP-H, dapat lihat waktu kerja rele saat merasakan gangguan dan waktu kerja *circuit breaker* bekerja dan kondisi rele yang bekerja, pada saat gangguan 31.56 kA dilevel tegangan 0.4 kV LVCB waktu open 80 ms, karena sudah *default* dari *manufacture* yang digunakan pada kondisi gangguan *phase*. Untuk rele 13 dan rele 19 waktu kerjanya sama yaitu 289 ms atau

dibulatkan manjadi 300 ms dengan min delay yang dipilih pada CB sebesar 100 ms maka total waktu trip sebesar 400 ms pada kondisi gangguan *phase* 0.748 kA diamankan rele 51 atau rele waktu *inverse*. Untuk penjelasan rele selanjutnya sama seperti pada waktu kerja rele 13 dan rele 19. Selain itu juga didapatkan *time sequence viewer* untukm negetahui waktu rele dan *circuit breaker* saat bekerja seta mengetahu arus hubung singkat yang dirasakan setiap relenya, *time sequence viewer* didapat dari hasil simluasi *fault insertion* pada Etap *Star*.

Berikut ini adalah *Time Sequence Viewer* Tipikal 2 saat gangguan *Line to Line* berada pada Bus-TR-GH dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 *Time Sequence Viewer Line to Line Fault* pada Bus-TR-H1 Tipikal 2

Line to Line Fault on Bus : Bus-TR-H1						
NO	***Time (ms)***	***ID***	**If (KA)**	**T1 (ms)**	**T2 (ms)**	***Condition***
1	100	Relay 13	11.9	100		Phase-OC1-50
2	100	Relay 19	11.9	100		Phase-OC1-50
3	200	CB 14		100		Tripped by Relay 13 Phase-OC1-50
4	200	CB 131		100		Tripped by Relay 19 Phase-OC1-50
5	300	Relay 12	11.9	300		Phase-OC1-50
6	300	Relay 8	11.9	300		Phase-OC1-50
7	400	CB 11		100		Tripped by Relay 12 Phase-OC1-50

Tabel 4.6 Time Sequence Viewer Line to Line Fault pada Bus-TR-H1 Tipikal 2 (Lanjutan)

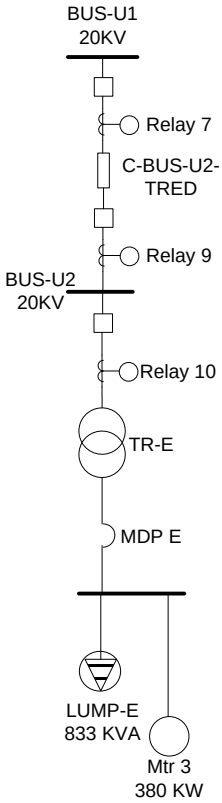
Line to Line Fault on Bus : Bus-TR-H1						
NO	***Time (ms)***	***ID***	**If (KA)**	**T1 (ms)**	**T2 (ms)**	***Condition***
8	400	CB 71		100		Tripped by Relay 8 Phase-OC1-50
9	500	Relay 3	11.9	500		Phase-OC1-50
10	600	CB 1		100		Tripped by Relay 3 Phase-OC1-50

Dari tabel 4.6 gangguan pada *Line to Line* pada Bus-TR-H1, dapat lihat waktu kerja rele saat merasakan gangguan dan waktu kerja *circuit breaker* saat bekerja, Pada rele 13 dan rele 19 waktu kerjanya sama yaitu 100 ms, dengan min delay yang dipilih pada CB 14 dan CB 131 sebesar 100 ms maka total waktu trip sebesar 200 ms pada kondisi gangguan *phase* sebesar 11.9 kA diamankan dengan waktu rele 50 atau waktu *definite.* Pada rele 12 dan rele 8 waktu kerjanya sama yaitu 300 ms dikareanakan kedua rele tersebut backup rele sebelumnya dengan grading waktu 200 ms. *Min delay* yang dipilih pada CB 11 dan CB 71 sebesar 100 ms maka total waktu trip sebesar 400 ms pada kondisi gangguan *phase* sebesar 13.71 kA diamankan dengan waktu rele 50 atau waktu *definite.* Selanjutnya terdapat rele 3 yang bekerja pada waktu 500 ms dengan *min delay* yang dipilih pada CB 1 sebesar 100 ms pada kondisi gangguan *phase* sebesar 11.9 kA diamankan dengan waktu rele 50 atau waktu *definite.*

4.4.3 Koordinasi Proteksi Rele *Overcurrent* Tipikal 3

Pada Tipikal 3 ini, merupakan tipikal dengan saluran beban terbesar yang terkoordinasi dengan saluran terpanjang untuk sistem koordinasi rele pengaman arus lebih fasa pada PT. KDI dengan beban yang paling besar yaitu beban lump sebesar 833 KVA dan beban motor sebesar 380 kW. Pada tipikal 3 ini terdiri dari 3 rele dan LVCB yang harus dilakukan *setting* koordinasi rele *over current*. Sebuah LVCB MDP-E digunakan untuk mengamankan trafo TR-E pada level tegangan 0.4 kV ketika terjadi

arus gangguan pada beban BUS-MDP-E yang terdapat beban LUMP-E, motor 3 dan, selanjutnya terdapat Rele 10 digunakan sebagai backup apabila LVCB MDP-E tidak mampu memutuskan saluran akibat hubung singkat, selain itu juga sebagai pengaman apabila *feeder* plan E terjadi gangguan hubung singkat tidak mempengaruhi kinerja dari plan D sehingga masih bisa beroprasi. Lalu terdapat rele 9 dan rele 7 berfungsi sebagi pengaman bus utama yaitu BUS-U1 agar hubung singkat tidak meluas kesemua plan. Pada Gambar 4.6 dapat dilihat *single line diagram* pada tipikal 3.



Gambar 4.6 *Single Line Diagram* Pada Tipikal 3

Sebelum melakukan *setting* diperlukan parameter yang dibutuhkan yaitu FLA peralatan yang diamankan, CT *ratio*, Isc maksimum, Isc

minimum dan tipe kurva yang digunakan, berikut ini adalah perhitungan *setting high set, low set, time dial*, dan *time delay* masing-masing Rele pada tipikal 2 sesuai dengan standar IEEE 242.

(a). **LVCB- MDP E**

Manufacture	: Merlin Gerin (Micrologic 2.0)
Curve Type	: *Long Time* & *Short Time*
FLA sec TR-H	: 2309 A
Sensor	: 2500
Isc min 30 cycle	: 31.56 kA (0.4 kV)
Isc max 4 cycle	: 36.48 kA (0.4 kV)

<u>*Long-Time*</u>

1.05 × FLA < Iset < 1,4 × FLA

1.05 × 2309 A < Iset < 1.4 × 2309 A

2424.45 A < Iset < 3232.6 A

- Dipilih Iset = 2424.45 A
- Dengan sensor sebesar 2500, maka perhitungan Tap = $\frac{2424.45}{2500}$
- Dipilih Tap = 0.96
- Dipiliha LT Band = 0.5

<u>*Short-Time*</u>

1.6 × FLA < Iset < 0.8 × Isc min

1.6 × 2309 A < Iset < 0.8 × 31560 A

3694.4 A < Iset < 25248 A

- Dipilih Iset = 10000 A
- Dengan sensor sebesar 2500, maka perhitungan Tap = $\frac{2424.45}{2500}$
- Dipilih Tap = 5
- Dipilih ST Band = *Fixed*

(b). **Relay10**

Manufacture	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 20
Curve Type	: IEC – Very Inverse
FLA primer TR-E	: 46.19 A
CT *ratio*	: 50 /5
Isc min 30 *cycle*	: 11.9 kA (20 kV)
Isc *max* 4 *cycle*	: 14 kA (20 kV)

1. *Time Overcurrent Pickup (Low set)*

1.05 × FLA prim TR-E < Iset < 1.4 × FLA prim TR-E

1.05 × 46.19 A < Iset < 1.4 × 46.19 A

48.49 A < Iset < 64.7 A

$\frac{48.49}{50}$ In < Tap < $\frac{64.7}{50}$ In

0.96 In < Tap < 1.3 In

- Dipilih Tap = 1.29 In
- Iset = 1.29 × 50
  = 64.5 A

2. *Time Dial*

Dikarenakan pada rele *low set* sebagai *Backup* dari LVCB MDP-E maka dalam perhitungan *time dial* Isc max yang digunakan berada pada sekunder trafo TR-E, selain itu waktu target operasi yang digunakan 0.2 s lebih lambat dari *triping* LVCB MDP-E.

Waktu Operasi (td) : 0.3 detik

Isc max 4 *cycle* (sec TR-E) : 0.729 kA (20 kV)

$$td = \frac{K \times T}{\beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}$$

$$T = \frac{td \times \beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}{K}$$

$$= \frac{0.3 \times 1.5 \times \left[\left(\frac{729}{64.5}\right)^{1} - 1\right]}{13.5}$$

T = 0.34 (*time dial* minimum)

- Dipilih *Time Dial* = 0.34

3. *Instantaneous Pickup (High set)*

Isc min = 11900 A

1.6 × FLA prim TR-E < Iset < 0.8 × Isc min

1.6 × 46.19 A < Iset < 0.8 × 11900 A

73.9 A < Iset < 9520 A

$\frac{73.9}{50}$ I < Iset < $\frac{9520}{50}$

1,47 In < Iset < 190 In

Dipilih Tap = 20 In

Iset = 20 × 50

Iset = 1000 A

4. *Time Delay*
   - Dipilih *Time Delay* = 0,1s

(c). **Relay9**

Manufacture	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 20
Curve Type	: IEC – Very Inverse
FLA (prim TR-E + TR-D)	: 92.38 A
CT *ratio*	: 100/5
Isc min 30 *cycle*	: 11.9 kA (20 kV)
Isc *max* 4 *cycle*	: 13.94 kA (20 kV)

1. *Time Overcurrent Pickup (Low set)*

   1.05 × FLA < Iset < 1.4 × FLA

   1.05 × 92.38 A < Iset < 1.4 × 92.38 A

   97 A < Iset < 129.3 A

   $\frac{97}{100}$ In < Tap < $\frac{129.3}{100}$ In

   0.976 In < Tap < 1.29 In

   - Dipilih Tap = 0.97 In
   - Iset = 0.97 × 100
     = 97 A

2. *Time Dial*

   Dikarenakan Isc max pada BUS-TR-GH terlalu besar sehingga memepengaruhi *grading* waktu antara rele *low set* sebelumnya menjadi besar, maka dari itu Isc max untuk menetukan *time dial* menggunakan $Iset \times 20$, dimana nilai tersebut adalah kemampuan rele inverse mengalami waktu *steady state* pada waktu target operasi yang digunakan. Waktu target operasi yang digunakan adalah 0.3 detik.

   Waktu Operasi (td) : 0.3 detik

   Isc max : $Iset \times 20 = 1940$ A

   td $= \frac{K \times T}{\beta \times \left[\left(\frac{Isc\,max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}$

   $T = \frac{td \times \beta \times \left[\left(\frac{Isc\,max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}{K}$

$$= \frac{0.3 \times 1.5 \times \left[\left(\frac{1940}{97}\right)^{1} - 1\right]}{13.5}$$

T = 0.63 (*time dial* minimum)

- dipilih *Time Dial* = 0.64

3. <u>*Instantaneous Pickup (High set)*</u>

Isc min = 11900 A

1.6 × FLA < Iset < 0.8 × Isc min

1.6 × 92.38 A < Iset < 0.8 × 11900 A

147.8 A < Iset < 9520 A

$\frac{147.8}{100}$ I < Iset < $\frac{9520}{100}$

1,47 In < Iset < 95.2 In

- Dipilih Tap = 19 In
- Iset = 19 × 100
- Iset = 1900 A

4. <u>*Time Delay*</u>
   - Dipilih *Time Delay* = 0.3s

(d). **Relay7**

Dikarenakan nilai Isc yang dirasakan pada Rele 19 dan Rele 8 sama, serta di level tegangan yang sama juga maka *setting* boleh disamakan.

Manufacture	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 20
Curve Type	: IEC – Very Inverse
FLA (prim TR-E + TR-D)	: 92.38 A
CT *ratio*	: 100/5
Isc min 30 *cycle*	: 11.9 kA (20 kV)
Isc *max* 4 *cycle*	: 13.94 kA (20 kV)

1. <u>*Time Overcurrent Pickup (Low set)*</u>

1.05 × FLA < Iset < 1.4 × FLA

1.05 × 92.38 A < Iset < 1.4 × 92.38 A

97 A < Iset < 129.3 A

$\frac{97}{100}$ In < Tap < $\frac{129.3}{100}$ In

0.976 In < Tap < 1.29 In

- Dipilih Tap = 0.97 In
- Iset = 0.97 × 100
  = 97 A

2. *<u>Time Dial</u>*

Dikarenakan Isc max pada BUS-TR-GH terlalu besar sehingga memepengaruhi *grading* waktu antara rele *low set* sebelumnya menjadi besar, maka dari itu Isc max untuk menetukan *time dial* menggunakan $Iset \times 20$, dimana nilai tersebut adalah kemampuan rele inverse mengalami waktu *steady state* pada waktu target operasi yang digunakan. Waktu target operasi yang digunakan adalah 0.3 detik.

Waktu Operasi (td) : 0.3 detik

Isc max : $Iset \times 20 = 1940$ A

td $= \frac{K \times T}{\beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}$

$T = \frac{td \times \beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}{K}$

$= \frac{0.3 \times 1.5 \times \left[\left(\frac{1940}{97}\right)^{1} - 1\right]}{13.5}$

T = 0.63 (*time dial* minimum)

- dipilih *Time Dial* = 0.64

3. *<u>Instantaneous Pickup (High set)</u>*

Isc min = 11900 A

1.6 × FLA < Iset < 0.8 × Isc min

1.6 × 92.38 A < Iset < 0.8 × 11900 A

147.8 A < Iset < 9520 A

$\frac{147.8}{100}$ I < Iset < $\frac{9520}{100}$

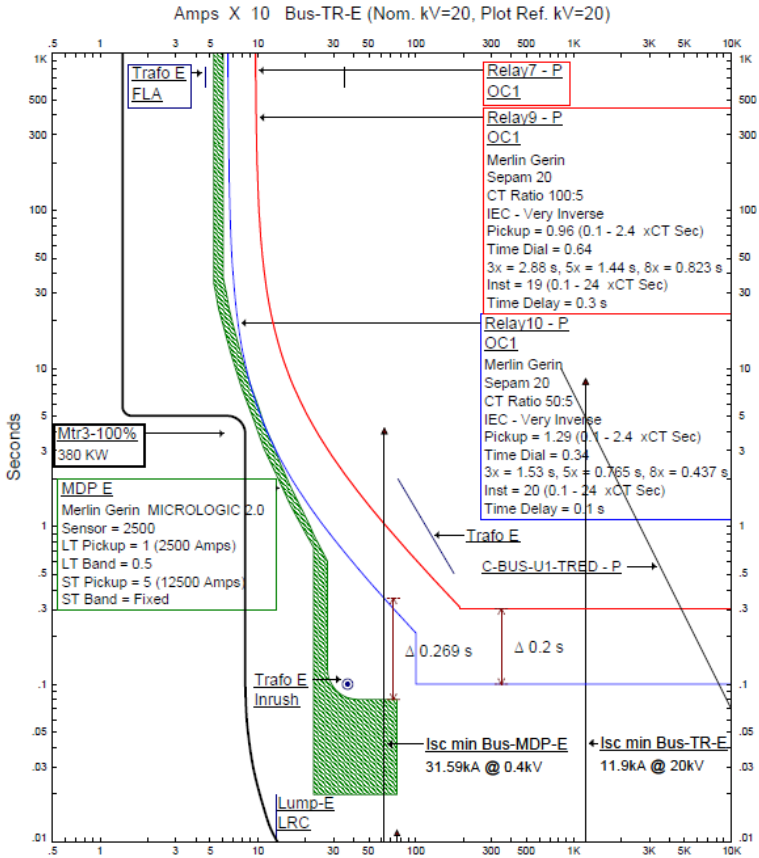
1,47 In < Iset < 95.2 In

- Dipilih Tap = 19 In
- Iset = 19 × 100
- Iset = 1900 A

4. *Time Delay*

Dipilih *Time Delay* = 0.3s

Selanjutnya, setelah rele di*setting* sesuai dengan perhitungan di atas, kemudian rele – rele tersebut diplot *time current curve*-nya menggunakan *software* ETAP 12.6.0. Sehingga menghasilkan kurva seperti yang terlihat pada Gambar 4.7 di bawah ini :



Gambar 4.7 *Time Current Curve* Tipikal 3

Hasil plot *Time Current Curve* Tipikal 3 pada Gambar 4.7 dapat dilihat dari hasil *setting* yang dibuat, gangguan tiap bus yang ada pada tipikal 3 dapat diatasi atau sudah aman. Hal tersebut apabila ketika terjadi

gangguan hubung singkat *Line to Line* pada Bus-MDP-E yang bekerja pertama untuk mengamankan adalah LVBC MDP-E pada waktu 80 ms dikarenakan pada *manufacture* yang digunakan pada *ST-Band* bernilai *Fixed* yaitu 80 ms dan kemudian terdapat waktu *inverse* rele 10 bekerja pada waktu 300 ms. Waktu *inverse* rele 10 sebagai *backup* apabila rele sebelumnya tidak dapat mengatasi gangguan, dengan grading waktu 0.2 detik, hal itu mengacu pada strandar yang digunakan antara 0.2-0.4 detik. Selain itu pada LVCB MDP-E tetap aman apabila terjadi arus *strating* yang motor 3 di kareana *setting* LVCB MDP-C lebih besar dari arus *starting*-nya.

Apabila terjadi gangguan *Line to Line* pada Bus-TR-C rele yang bekerja pertama untuk mengamankan adalah waktu *definite* atau waktu instan rele 10 pada waktu 0.1 detik. Selain itu juga terdapat waktu *definite* atau waktu instan rele 9 dan rele 7 yang bekerja bersamaan pada waktu 0.3 detik, dikarenaka arus hubung singkat yang dirasakan pada kedua rele tersebut sama maka untuk *setting* boleh disamakan.fungsi kerja rele 9 dan rele 7 adalah sebagai *backup* apabila pada rele sebelumnya tidak dapat mengamankan sistem. *Grading* waktu antara rele 10 dengan rele 9 dan rele 7 sebesar 0.2 detik sesuai dengan standar yang digunakan. Selain itu juga rele-rele tersebut mampu mengamankan kabel, dapat dilihat pada Gambar 4.7 kurva gangguan mampu teratasi sebelum menyentuh kurva kerusakan trafo TR-E. Untuk gangguan pada Bus-ED tidak jauh beda dengan gangguan bus sebelumnya, sehingga rele-rele juga bisa mengamankan sistem. gangguan pada *Line to Line* pada Bus-TR-E, dapat lihat waktu kerja rele saat merasakan gangguan dan waktu kerja *circuit breaker* saat bekerja, Pada rele 10 waktu kerjanya yaitu 100 ms, dengan min delay yang dipilih pada CB 10 sebesar 100 ms maka total waktu trip sebesar 200 ms pada kondisi gangguan *phase* sebesar 11.9 kA diamankan dengan waktu rele 50 atau waktu *definite.* Pada rele 9 dan rele 7 waktu kerjanya sama yaitu 300 ms dikareanakan arus hubung singkat yang dirasakan sama pada di level tegangan yang sama juga, kedua rele tersebut sebagai backup rele sebelumnya dengan grading waktu 200 ms.

Selain itu juga didapatkan *time sequence viewer* untukm negetahui waktu rele dan *circuit breaker* saat bekerja seta mengetahu arus hubung singkat yang dirasakan setiap relenya, *time sequence viewer* didapat dari hasil simluasi *fault insertion* pada Etap *Star*. Berikut ini adalah *Time Sequence Viewer* Tipikal 3 saat gangguan *Line to Line* berada pada Bus-MDP-E dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 *Time Sequence Viewer Line to Line Fault* pada Bus-MDP-E Tipikal 3

Line to Line Fault on Bus : Bus-MDP-E						
NO	***Time (ms)***	***ID***	**If (KA)**	**T1 (ms)**	**T2 (ms)**	***Condition***
1	80	MDP E	31.59	20	80	Phase
2	292	Relay 10	0.741	292		Phase-OC1-51
3	392	CB 10		100		Tripped by Relay 10 Phase-OC1-51
4	858	Relay 9	0.741	858		Phase-OC1-51
5	858	Relay 7	0.741	858		Phase-OC1-51
6	958	CB 8		100		Tripped by Relay 9 Phase-OC1-51
7	958	CB 61		100		Tripped by Relay 7 Phase-OC1-51

Dari tabel 4.7 pada gangguan pada *Line to Line* pada Bus-MDP-E, dapat lihat waktu kerja rele saat merasakan gangguan dan waktu kerja *circuit breaker* bekerja dan kondisi rele yang bekerja, pada saat gangguan 31.59 kA dilevel tegangan 0.4 kV LVCB waktu open 80 ms, karena sudah *default* dari *manufacture* yang digunakan pada kondisi gangguan *phase.* Untuk rele 10 waktu kerjanya sama yaitu 292 ms atau dibulatkan manjadi 300 ms dengan min delay yang dipilih pada CB sebesar 100 ms maka total waktu trip sebesar 400 ms pada kondisi gangguan *phase* 0.741 kA diamankan rele 51 atau rele waktu *inverse.* Selanjutnya terdapat rele 7 dan rele 9 yang bekerja pada waktu 858 ms dengan *min delay* yang dipilih pada CB 8 dan CB 61 sebesar 100 ms pada kondisi gangguan *phase* sebesar 0.741 kA diamankan dengan waktu rele 51 atau waktu *inverse.*

Berikut ini adalah *Time Sequence Viewer* Tipikal 3 saat gangguan *Line to Line* berada pada Bus-TR-E dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 *Time Sequence Viewer Line to Line Fault* pada Bus-TR-E Tipikal 3

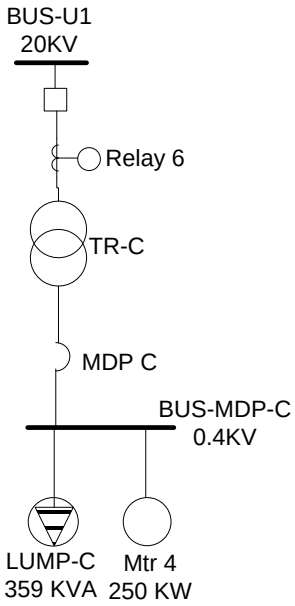
Line to Line Fault on Bus : Bus-TR-E						
NO	***Time (ms)***	***ID***	**If (KA)**	**T1 (ms)**	**T2 (ms)**	***Condition***
1	100	Relay 10	11.9	100		Phase-OC1-50
2	200	CB 10		100		Tripped by Relay 10 Phase-OC1-50
3	300	Relay 9	11.9	300		Phase-OC1-50
4	300	Relay 7	11.9	300		Phase-OC1-50
5	400	CB 8		100		Tripped by Relay 9 Phase-OC1-50
6	400	CB 61		100		Tripped by Relay 7 Phase-OC1-50

Dari tabel 4.6 gangguan pada *Line to Line* pada Bus-TR-E, dapat lihat waktu kerja rele saat merasakan gangguan dan waktu kerja *circuit breaker* saat bekerja, Pada rele 10 waktu kerjanya yaitu 100 ms, dengan min delay yang dipilih pada CB 10 sebesar 100 ms maka total waktu trip sebesar 200 ms pada kondisi gangguan *phase* sebesar 11.9 kA diamankan dengan waktu rele 50 atau waktu *definite.* Pada rele 9 dan rele 7 waktu kerjanya sama yaitu 300 ms dikareanakan arus hubung singkat yang dirasakan sama pada di level tegangan yang sama juga, kedua rele tersebut sebagai backup rele sebelumnya dengan grading waktu 200 ms. *Min delay* yang dipilih pada CB 8 dan CB 61 sebesar 100 ms maka total waktu trip sebesar 400 ms pada kondisi gangguan *phase* sebesar 11.9 kA diamankan dengan waktu rele 50 atau waktu *definite.*

4.4.4 Koordinasi Proteksi Rele *Overcurrent* Tipikal 4

Pada Tipikal 4 ini, merupakan tipikal dengan saluran terpendek yang terkoordinasi dengan saluran terpanjang untuk sistem koordinasi

rele pengaman arus lebih fasa pada PT. KDI dengan beban lump sebesar 359 KVA dan motor 4 sebesar 250 kW . Tipikal ini dimulai dari beban lump-C menuju ke sumber grid dari PLN sebesar 20 kV, melewati trafo step down 1000 KVA pada power plan tersebut. Tipikal ini terdiri dari dua level tegangan, yaitu 20 kV dan 0.4 kV. Pada tipikal ini terdapat 1 rele pengaman yang dikoordinasikan yaitu Rele 1 dan LVCB (*low voltage Circuit Breaker)* MDP-C. Pemilihan tipikal ini berdasarkan belum pernah dilakukan *setting* koordinasi rele. Sebuah LVCB MDP-C digunakan untuk mengamankan trafo sekunder TR-C ketika terjadi arus gangguan pada beban BUS-MDP-C yang terdapat beban *lump* dan beban motor, selanjutnya terdapat Rele 6 digunakan sebagai backup apabila LVCB MDP-C tidak dapat memutuskan saluran akibat hubung singkat. Sain itu sebagai pengaman BUS-U1 yang di mana bus tersebut adalah bus utama yang terhubung langsung dengan *plan-plan* yang lain, sehingga dapat meminimalisir gangguan agar tidak terjadinya *Blackout* pada sistem kelistrikan PT.KDI. Pada Gambar 4.8 dapat dilihat *single line diagram* pada tipikal 4.



Gambar 4.8 *Single Line Diagram* Pada Tipikal 4

Sebelum melakukan *setting* diperlukan parameter yang dibutuhkan yaitu FLA peralatan yang diamankan, CT *ratio*, Isc maksimum, Isc minimum dan tipe kurva yang digunakan, berikut ini adalah perhitungan *setting high set, low set, time dial*, dan *time delay* masing-masing Rele pada tipikal 2 sesuai dengan standar IEEE 242.

(a). **LVCB- MDP C**

Manufacture	: Merlin Gerin (Micrologic 2.0)
Curve Type	: *Long Time* & *Short Time*
FLA sec TR-C	: 1443 A
Sensor	: 1600
Isc min 30 cycle	: 24.01 kA (0.4 kV)
Isc max 4 cycle	: 27.77 kA (0.4 kV)

<u>*Long-Time*</u>

1.05 × FLA < Iset < 1,4 × FLA

1.05 × 1443 A < Iset < 1.4 × 1443 A

1515.15 A < Iset < 2020.2 A

- Dipilih Iset = 1520 A
- Dengan sensor sebesar 2500, maka perhitungan Tap = $\frac{1520}{1600}$
- Dipilih Tap = 0.95
- Dipiliha LT Band = 0.5

<u>*Short-Time*</u>

1.6 × FLA < Iset < 0.8 × Isc min

1.6 × 1443 A < Iset < 0.8 × 24010 A

2308.8 A < Iset < 19208 A

- Dipilih Iset = 6400 A
- Dengan sensor sebesar 2500, maka perhitungan Tap = $\frac{6400}{1600}$
- Dipilih Tap = 4
- Dipilih ST Band = *Fixed*

(b). **Relay6**

Manufacture	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 20
Curve Type	: IEC – Very Inverse
FLA primer TR-C	: 28.87 A
CT *ratio*	: 30 /5

Isc min 30 *cycle* : 12.13 kA (20 kV)
Isc *max* 4 *cycle* : 14.6 kA (20 kV)

1. <u>*Time Overcurrent Pickup (Low set)*</u>

   1.05 × FLA prim TR-C < Iset < 1.4 × FLA prim TR-C

   1.05 × 28.87 A < Iset < 1.4 × 28.87 A

   30.31 A < Iset < 40.41 A

   $\frac{30.31}{30}$ In < Tap < $\frac{40.41}{30}$ In

   1.01 In < Tap < 1.35 In

   - Dipilih Tap = 1.34 In
   - Iset = 1.34 × 30
     = 40.2 A

2. <u>*Time Dial*</u>

   Dikarenakan pada rele *low set* sebagai *Backup* dari LVCB MDP-C maka dalam perhitungan *time dial* Isc max yang digunakan berada pada sekunder trafo TR-C, selain itu waktu target operasi yang digunakan 0.2 s lebih lambat dari *triping* LVCB MDP-C.

   Waktu Operasi (td) : 0.3 detik
   Isc max 4 *cycle* (sec TR-E) : 0.559 kA (20 kV)

   td $= \frac{K \times T}{\beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}$

   $T = \frac{td \times \beta \times \left[\left(\frac{Isc\ max}{Iset}\right)^{\alpha} - 1\right]}{K}$

   $= \frac{0.3 \times 1.5 \times \left[\left(\frac{559}{40.2}\right)^{1} - 1\right]}{13.5}$

   T = 0.43 (*time dial* minimum)

   - Dipilih *Time Dial* = 0.43

3. <u>*Instantaneous Pickup (High set)*</u>

   Isc min = 12130 A

   1.6 × FLA prim TR-C < Iset < 0.8 × Isc min

   1.6 × 28.87 A < Iset < 0.8 × 12130 A

   46.2 A < Iset < 9704 A

   $\frac{46.2}{30}$ I < Iset < $\frac{9704}{30}$

1.53 In < Iset < 323 In

Dipilih Tap = 20 In

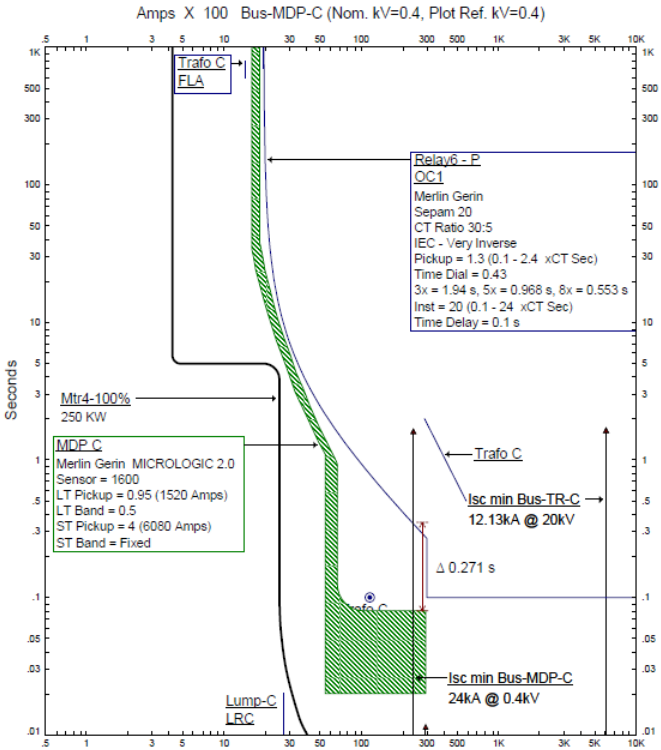
Iset = 20 × 30

Iset = 600 A

4. *Time Delay*

Dipilih *Time Delay* = 0,1s

Selanjutnya, setelah rele di*setting* sesuai dengan perhitungan di atas, kemudian rele – rele tersebut diplot *time current curve*-nya menggunakan *software* ETAP 12.6.0. Sehingga menghasilkan kurva seperti yang terlihat pada Gambar 4.9 di bawah ini :



Gambar 4.9 *Time Current Curve* Tipikal 4

Hasil plot *Time Current Curve* Tipikal 4 pada Gambar 4.9 dapat dilihat dari hasil *setting* yang dibuat gangguan tiap bus yang ada pada tipikal 4 dapat diatasi atau sudah aman. Hal tersebut apabila ketika terjadi gangguan hubung singkat *Line to Line* pada Bus-MDP-C yang bekerja pertama untuk mengamankan adalah LVBC MDP-C pada waktu 80 ms dikarenakan pada *manufacture* yang digunakan pada *ST-Band* bernilai *Fixed* yaitu 80 ms dan kemudian terdapat waktu *inverse* rele 6 bekerja pada waktu 298 ms sebagai *backup* apabila rele sebelumnya tidak dapat mengatasi gangguan. Dengan grading waktu 0.2 detik antara waktu kerja LVCB MDP-C, hal itu mengacu pada strandar yang digunakan antara 0.2-0.4 detik. Selain itu pada LVCB MDP-C tetap aman apabila terjadi arus *strating* motor 4 di kareana *setting* LVCB MDP-C lebih besar dari arus *starting*-nya. Dapat dilihat pada Gambar 4.9 saat terjadi gangguan pada BUS-MDP-C, trafo TR-C aman dikarenakan kurva gangguan dipotong oleh kurva LVCB MDP-C dan kurva waktu *inverse* rele 6 sebelum kurva gangguan menyentuh kurva kerusakan trafo. Pada saat gangguan berada Bus-TR-C yang mengamankan adalah waktu instan atau waktu *definite* rele 6 yang bekerja pada waktu 298 ms untuk mengamankan bus utama atau BUS-U1 agar gangguan dapat diminimalisir sehingga gangguan tidak menyebar di *plan-plan* yang lain.

Selain itu juga didapatkan *time sequence viewer* untukm negetahui waktu rele dan *circuit breaker* saat bekerja dari hasil simluasi *fault insertion* pada Etap *Star*. Berikut ini adalah *Time Sequence Viewer* Tipikal 4 saat gangguan *Line to Line* berada pada Bus-MDP-C dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 *Time Sequence Viewer Line to Line Fault* pada Bus-MDP-C Tipikal 4

Line to Line Fault on Bus : Bus-MDP-C						
NO	***Time (ms)***	***ID***	**If (KA)**	**T1 (ms)**	**T2 (ms)**	***Condition***
1	80	MDP C	24	20	80	Phase
2	290	Relay 6	0.56	290		Phase-OC1-51

Tabel 4.9 Time Sequence Viewer Line to Line Fault pada Bus-MDP-C Tipikal 4 (Lanjutan)

Line to Line Fault on Bus : Bus-MDP-C						
NO	***Time (ms)***	***ID***	**If (KA)**	**T1 (ms)**	**T2 (ms)**	***Condition***
3	390	CB 5		100		Tripped by Relay 6 Phase-OC1-51

Dari tabel 4.9 pada gangguan pada *Line to Line* pada Bus-MDP-C, dapat lihat waktu kerja rele saat merasakan gangguan dan waktu kerja *circuit breaker* bekerja dan kondisi rele yang bekerja, pada saat gangguan 24 kA dilevel tegangan 0.4 kV LVCB waktu open 80 ms, karena sudah *default* dari *manufacture* yang digunakan pada kondisi gangguan *phase*. Untuk rele 6 waktu kerjanya sama yaitu 290 ms atau dibulatkan manjadi 300 ms dengan min delay yang dipilih pada CB 5 sebesar 100 ms maka total waktu trip sebesar 400 ms pada kondisi gangguan *phase* 0.56 kA pada level tegangan 20 kV dalam kondisi gangguan *Phase* diamankan rele 51 atau rele waktu *inverse*.

Berikut ini adalah *Time Sequence Viewer* Tipikal 4 saat gangguan *Line to Line* berada pada Bus-TR-C dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 *Time Sequence Viewer Line to Line Fault* pada Bus-TR-C Tipikal 4

Line to Line Fault on Bus : Bus-TR-C						
NO	***Time (ms)***	***ID***	**If (KA)**	**T1 (ms)**	**T2 (ms)**	***Condition***
1	100	Relay 6	12.13	100	80	Phase-OC1-50
2	200	CB 5		100		Tripped by Relay 6 Phase-OC1-50
3	500	Relay 3	12.13	500		Phase-OC1-50
4	600	CB 1		100		Tripped by Relay 3 Phase-OC1-50

Dari tabel 4.6 gangguan pada *Line to Line* pada Bus-TR-E, dapat lihat waktu kerja rele saat merasakan gangguan dan waktu kerja *circuit breaker* saat bekerja, Pada rele 10 waktu kerjanya yaitu 100 ms, dengan min delay yang dipilih pada CB 10 sebesar 100 ms maka total waktu trip sebesar 200 ms pada kondisi gangguan *phase* sebesar 12.13 kA diamankan dengan waktu rele 50 atau waktu *definite*. Pada rele 9 dan rele 7 waktu kerjanya sama yaitu 300 ms dikareanakan arus hubung singkat yang dirasakan sama pada di level tegangan yang sama juga, kedua rele tersebut sebagai backup rele sebelumnya dengan grading waktu 200 ms. *Min delay* yang dipilih pada CB 8 dan CB 61 sebesar 100 ms maka total waktu trip sebesar 400 ms pada kondisi gangguan *phase* sebesar 13.741 kA diamankan dengan waktu rele 50 atau waktu *definite.*

4.5 Sistem Koordinasi Proteksi Rele *Overcurrent* Gangguan Fasa ke Tanah

Ketika sistem terjadi gangguan satu fasa ke tanah maka rele *groundfault* yang akan mendeteksi adanya gangguan, seperti pada bab sebelumnya sudah dijelaskan rele gangguan ke tanah berfungsi untuk mendeteksi ketika terjadi arus yang menuju ke tanah. Untuk menentukan *setting* rele arus lebih *ground*, rele yang digunakan adalah rele arus lebih *definite* (50G), karena besar gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah selalu mempunyai nilai tetap tertentu, tergantung NGR-nya maka dari itu pemilihan kurva yang tepat adalah menggunakan kurva *definite ground* (50G). Selain itu yang perlu diperhatikan saat melalukan *setting* rele *graundfault* yaitu time *grading* yang sesuai standart antara 0,2s-0,4s

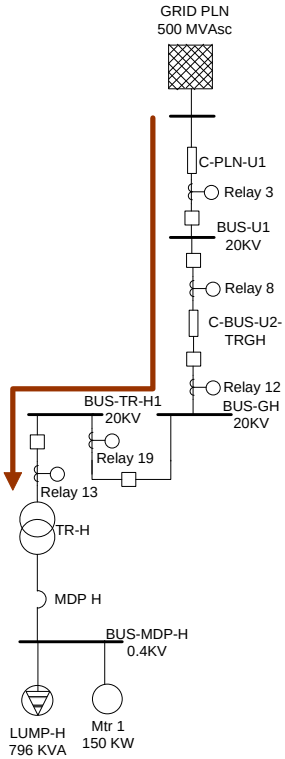
Pada tugas akhir ini untuk menentukan arus NGR diambil dari grid PLN sesuai data yang ada nilai NGR yaitu sebesar 500 ohm.

$$I_{NGR} = \frac{V_{L-L}}{\sqrt{3}.NGR} = \frac{20kV}{\sqrt{3}.500\Omega} \approx 23A$$

4.5.1 Koordinasi Proteksi Rele *Overcurrent* Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 2

Pada *setting* rele *overcurrent* gangguan fasa ke tanah hanya diperlukan satu tipikal saja, hal itu dikarenakan arus hubung singkat fasa ke tanah dibatasi oleh NGR. Sehingga arus gangguan pada setiap bus akan bernilai sama. Pada tugas akhir ini *setting* rele *overcurrent* gangguan fasa ke tanah hanya pada level tegangan 20 kV saja, dikarenakan sistem di level tegangan 0.4 tidak terdapat sistem pentanahan. Pemodelan rele

gangguan ke tanah sama halnya seperti gangguan fasa, yang membedahkan hanya pada pemilihan type yang digunakan adalah type CT ground. Pemilihan tipikal ini berdasarkan saluran terpanjamg yang tersambung langsung dengan *grid* PLN untuk sistem koordinasi *setting* rele *overcurrent* gangguan fasa ke tanah. Tipikal ini dimulai dari rele 13, rele 19, rele 12, rele 8, dan rele 3. Pada Gambar 4.10 dapat dilihat *single line diagram* pada tipikal 2 yang akan di*setting* rele *overcurrent* gangguan fasa ke tanah.



Gambar 4.10 *Single Line Diagram* Tipikal 2 yang Terkoordinasi Rele Gangguan Fasa ke Tanah

Sebelum melakukan *setting* rele *overcurrent* gangguan fasa ke tanah diperlukan parameter yang dibutuhkan yaitu arus NGR dan CT *ratio ground* serta *manufacture* yang digunakan.

(a). **Relay13**

Manufacture : Merlin Gerin
Model : Sepam 20
Curve Type : IEC – *Instantaneous*
CT *ratio* : 50 /5
I_{NGR} : 23

1. *Instantaneous Pickup*

   10% × Isc < Iset < 50% × Isc

   10% × 23 A < Iset < 50% × 23 A

   $\frac{2.3}{50}$ In < Iset < $\frac{11,5}{50}$

   0.046 In < Iset < 0.23 In

   - Dipilih Tap = 0.23 In
   - Iset = 0.23 × 50
     = 11.5 A

2. *Time Delay*

   Dipilih *Time Delay* = 0,1s

(b). **Relay19**

Manufacture : Merlin Gerin
Model : Sepam 20
Curve Type : IEC – *Instantaneous*
CT *ratio* : 50 /5
I_{NGR} : 23A

3. *Instantaneous Pickup*

   10% × Isc < Iset < 50% × Isc

   10% × 23 A < Iset < 50% × 23 A

   $\frac{2.3}{50}$ In < Iset < $\frac{11,5}{50}$

   0.046 In < Iset < 0.23 In

   - Dipilih Tap = 0.23 In
   - Iset = 0.23 × 50
     = 11.5 A

4. *Time Delay*
   Dipilih *Time Delay* = 0,1s

(c). **Relay12**

Manufacture	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 20
Curve Type	: IEC – *Instantaneous*
CT *ratio*	: 50 /5
I_{NGR}	: 23A

5. *Instantaneous Pickup*
   10% × Isc < Iset < 50% × Isc
   10% × 23 A < Iset < 50% × 23 A
   $\frac{2.3}{50}$ In < Iset < $\frac{11,5}{50}$
   0.046 In < Iset < 0.23 In
   - Dipilih Tap = 0.23 In
   - Iset = 0.23 × 50
     = 11.5 A
6. *Time Delay*
   Dipilih *Time Delay* = 0,3s

(d). **Relay8**

Manufacture	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 20
Curve Type	: IEC – *Instantaneous*
CT *ratio*	: 50 /5
I_{NGR}	: 23A

7. *Instantaneous Pickup*
   10% × Isc < Iset < 50% × Isc
   10% × 23 A < Iset < 50% × 23 A
   $\frac{2.3}{50}$ In < Iset < $\frac{11,5}{50}$
   0.046 In < Iset < 0.23 In
   - Dipilih Tap = 0.23 In
   - Iset = 0.23 × 50
     = 11.5 A

8. *Time Delay*
   Dipilih *Time Delay* = 0,3s

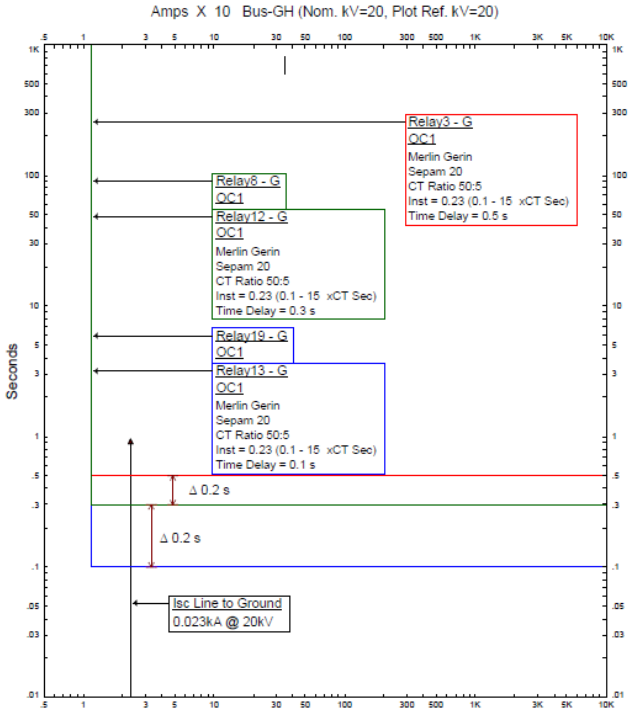
(e). **Relay3**

Manufacture	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 20
Curve Type	: IEC – *Instantaneous*
CT *ratio*	: 50 /5
I_{NGR}	: 23A

9. *Instantaneous Pickup*
   10% × Isc < Iset < 50% × Isc
   10% × 23 A < Iset < 50% × 23 A
   $\frac{2.3}{50}$ In < Iset < $\frac{11,5}{50}$
   0.046 In < Iset < 0.23 In
   - Dipilih Tap = 0.23 In
   - Iset = 0.23 × 50
     = 11.5 A
10. *Time Delay*
   Dipilih *Time Delay* = 0,5s

Selanjutnya, setelah rele *overcurrent* gangguan fasa ke tanah di*setting* sesuai dengan perhitungan di atas, kemudian dapat dianalisa apakah *setting* tersebut sudah tepat. Berikut ini adalah penjelasan hasil *setting* rele arus lebih fasa ke tanah pada tipikal 2 :

Dapa dilihat pada Gambar 4.11 di bawah merupakan gambar TCC *setting* rele *overcurrent* fasa ke tanah. Bahwa apabila terjadi gangguan fasa ke tanah, rele sudah dapat mengamankan dengan baik. Terlihat apabila terjadi gangguan fasa ke tanah pada Bus-TR-H2 maka rele 13 dan rele 19 ground yang akan bekerja bersamaan karena berada di bus yang sama, bekerja pada waktu 100 ms. Dan rele 12 dan rele 8 ground berfungsi sebagai backupnya bekerja bersamaan karena berada di bus yang sama, bekerja pada waktu 300 ms. Selanjutnya terdapat rele 3 ground pengaman apaila tejadi gangguan fasa ke tanah pada Bus U-1, bekerja pada waktu 500 ms. Dapat dilihat grading waktu antara rele-rele tersebut sudah sesuai standart antara 0,2s-0,4s. untuk lebih jelasnya dapat dilihat hasil plot *time current curve*-nya menggunakan *software* ETAP 12.6.0. seperti yang terlihat pada Gambar 4.11 di bawah ini.



Gambar 4.11 *Time Current Curve* Tipikal 1 Gangguan Fasa Ke Tanah

Berikut ini terlihat hasil sequence viewer apabila terjadi gangguan *line to ground* pada Bus-TR-H2 dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 *Time Sequence Viewer Line to Ground Fault* pada Bus-TR-H2 Tipikal 2

Line to ground Fault on Bus : Bus-TR-H2						
NO	***Time (ms)***	***ID***	**If (KA)**	**T1 (ms)**	**T2 (ms)**	***Condition***
1	100	Relay 13	0.023	100	80	Ground-OC1-50
2	100	Relay 19	0.023	100		Ground-OC1-50

Tabel 4.11 *Time Sequence Viewer Line to Ground Fault* pada Bus-TR-H2 Tipikal 2 (Lanjutan)

Line to ground Fault on Bus : Bus-TR-H2						
NO	***Time (ms)***	***ID***	**If (KA)**	**T1 (ms)**	**T2 (ms)**	***Condition***
3	200	CB 14		100		Tripped by Relay13 Ground-OC1-50
4	200	CB 131		100		Tripped by Relay19 Ground-OC1-50
5	300	Relay 8	0.023	300		Ground-OC1-50
6	300	Relay 12	0.023	300		Ground-OC1-50
7	400	CB 11		100		Tripped by Relay12 Ground-OC1-50
8	400	CB 71		100		Tripped by Relay8 Ground-OC1-50
9	500	Relay 3	0.023	500		Ground-OC1-50
10	600	CB 1		600		Tripped by Relay3 Ground-OC1-50

Pada tabel *sequence viewer* di atas terlihat bahwa apabila terjadi gangguan *line to ground* pada Bus-TR-H2 sebesar 23 A , maka rele utama yang akan bekerja adalah rele 13 dan rele 19 dengan *time delay* 100 ms, dan yang bekerja adalah rele *ground*-nya. Dan untuk rele *backup*-nya adalah rele *ground* 8 dan rele 12 dengan *time delay* 300 ms. Rele 3 *ground* bekerja dengan *time delay* 500 ms.

4.6 Hasil Keseluruhan *Setting* Rele

Dari hasil *setting* rele yang telah dilakukan melalui simulasi dan perhitungan setiap tipikal, sudah dapat mengamankan atau memproteksi sistem kelistrikan di PT. Keramik Diamond Insutries dengan memperhatikan ketentuan-ketentuan I *setting*, *time dial*, dan *time delay* pada masing-masing rele. Untuk rele yang digunakan adalah rele *overcurrent* dan rele *overcurrent* gangguan fasa ke tanah. Berikut ini adalah hasil *setting* rele keseluruhan pada sistem kelistrikan PT. Kermik Diamond Industries dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil *Setting* rele Keseluruhan Sistem

Tipikal	ID Relay	*Lowset (very inverse)*	*Time Dial*	*Highset*	*Time Delay*
1	LVCB MDP-F2	1	0.5	2.5	*Fixed*
	Reley 17	1.29	0.34	20	0.1 s
	Reley 16	1.29	0.34	20	0.1 s
	Reley 2	1.29	0.64	19	0.3 s
2	LVCB MDP-H	0.96	0.5	4	*Fixed*
	Reley 13	1.29	0.34	17	0.1 s
	Reley 19	1.29	0.34	17	0.1 s
	Reley 12	0.96	0.64	19	0.3 s
	Reley 8	0.96	0.64	19	0.3 s
	Reley 3	1.05	1.06	21	0.5 s
3	LVCB MDP-E	0.96	0.5	5	*fixed*
	Reley 10	1.29	0.34	20	0.1 s

Tabel 4.12 Hasil *Setting* rele Keseluruhan Sistem (Lanjutan)

Tipikal	**ID Relay**	***Lowset (very inverse)***	***Time Dial***	***Highset***	***Time Delay***
3	Reley 9	0.97	0.64	19	0.3 s
	Reley 7	0.97	0.64	19	0.3
4	LVCB MDP-C	0.95	0.5	4	*fixed*
	Reley 7	1.34	0.43	20	0.1 s
2 *(Ground)*	Reley 13	Disable		0.23	0.1 s
	Reley 19	Disable		0.23	0.1 s
	Reley 12	Disable		0.23	0.3 s
	Reley 8	Disable		0.23	0.3 s
	Reley 3	Disable		0.23	0.5 s

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi dan analisa koordinasi proteksi rele pengaman pada PT. Keramik Dimond Industries yang telah dilakukan, maka diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada tugas akhir ini dipilih empat tipikal yang mewakili seluruh sistem kelistrikan PT. Keramik Diamond Industries. Tipikal ini dibuat berdasarkan beban terbesar, saluran terpanjang dari sumber ke beban, saluran terpendek dari sumber ke beban.
2. Untuk jenis kurva waktu rele yang digunakan rele *overcurrent* lebih dipilih karakteristik rele *very inverse* karena sesuai dengan kurva peralatan yang ada pada sistem.
3. Untuk jenis kurva waktu rele yang digunakan gangguan fasa ke tanah hanya menggunakan *setting* waktu *definite* karena arus hubung singkat gangguan ke fasa dibutuhkan waktu trip yang cepat, dan nilai arus mempertimbangkan nilai NGR yang digunakan pada sistem.
4. *Grading time* yang digunakan untuk koordinasi kerja dari rele pengaman adalah sebesar 0.2 detik. Hal ini dianggap sesuai karena dengan *Grading time* sebesar 0.2-0.4 detik dapat memberikan waktu yang cukup kepada rele pengaman utama untuk selesai memutus gangguan terlebih dahulu, sehingga kejadian *trip* secara bersamaan antara rele pengaman utama dan rele *backup* pada saat terjadi gangguan hubung singkat dapat dihindari dan koordinasi kerja antar rele dapat berjalan dengan baik. Pemilihan *Grading time* sebesar 0.2-0.4 detik dianggap paling sesuai, mengingat rele yang digunakan adalah rele digital. Pemilihan grading time sebesar sudah sesuai dengan standar IEEE 242.
5. Dari hasil simulasi dan analisa perhitungan koordinasi proteksi yang dibuat sudah menjamin keamana sistem kelistrikan di PT.KDI untuk hasil setting keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.12

5.2 Saran

Setelah dilakukan *setting* koordinasi proteksi, maka ada beberapa saran yang dapat dipertimbangkan, yaitu sebagai berikut :

1. Hasil *setting* koordinasi proteksi tugas akhir ini dapat dipergunakan sebagai bahan pertimbangan *setting* rele pada sistem kelistrikan di

PT. Keramik Diamond Indutries, dikarenakan pada sistem kelistrikan perusahaan belum sepenuhnya terproteksi.

2. Pentanahan pada trafo yang digunakan disarankan menggunakan NGR karena pada level tegangan 0.4 kV yang langsung terhubung oleh beban sangat riskan terjadi gangguan fasa ke tanah, sehingga ketika terjadi gangguan satu fasa ke tanah maka arus yang dihasilkan akan dibatasi sesuai beesar nilai NGR yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ontoseno Penangsang. Prof, "*Diktat Kuliah Analisis Sistem Tenaga"*, Teknik Elektro ITS, Surabaya ,2008

[2] Wahyudi, "*Diktat Kuliah Pengaman Sistem Tenaga Listrik"*, Teknik Elektro ITS, Surabaya ,2004

[3] Gurevich, Vladimi, "*Electrical Relays, Principle and Application*", CRCPress, USA, Ch. 10,2006

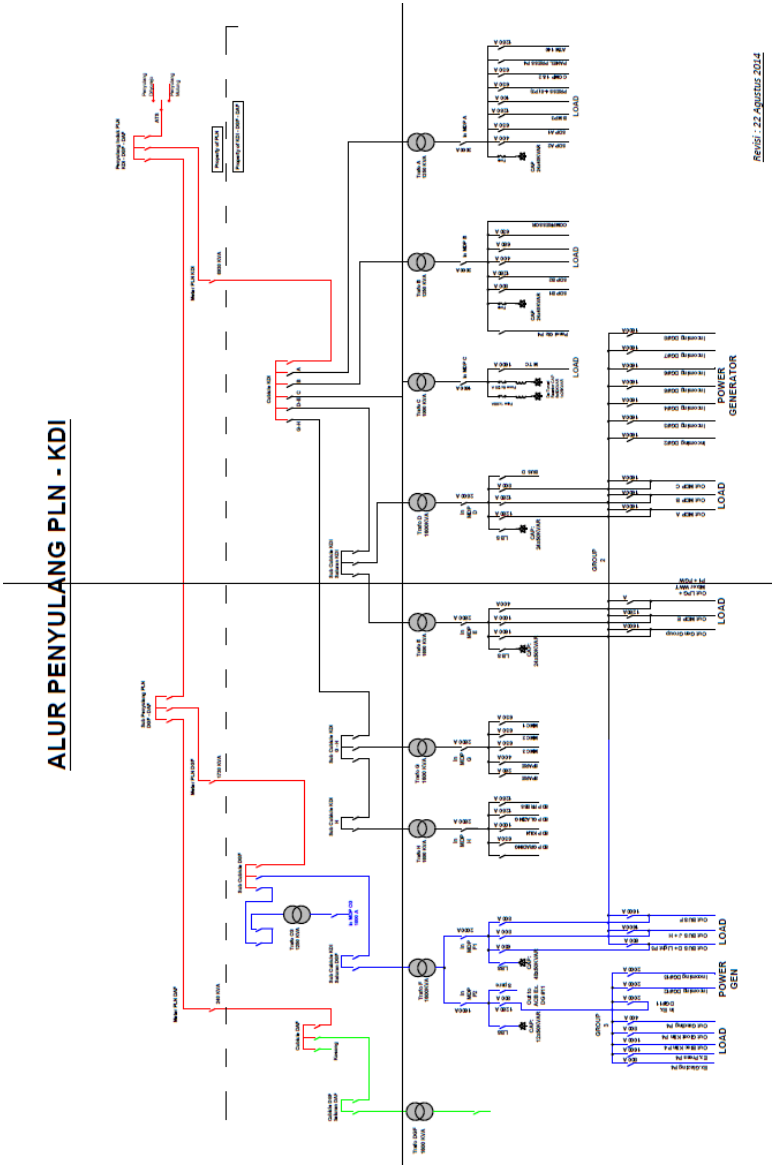
[4] Lazar irwin "*Electrical System Analysis and Design for Industrial Plan"*, McGraw-Hill Inc., USA, Ch, 1, 1980

[5] IEEE. Std. 242-2001, *IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industruial and Commercial Power Systems*

[6] *Standard* IEC 60909-0 "*Short-Circuit Currents In Three-Phase AC Systems", First Edition*, 2001

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

LAMPIRAN A


ALUR PENYULANG PLN - KDI
Revisi : 22 Agustus 2014
LOAD
POWER GENERATOR
POWER GEN

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Aldiawan Dwi Cahyo
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat, Tanggal Lahir: Srabaya, 14 Januari 1996
Agama : Islam
Kebangsaan : Indonesia
Tinggi/ Berat Badan : 170/67
Kesehatan : Baik
Alamat Asal : Jl. Kebraon 2 Gg.duku no.7 Sby
Mobile Phone : 08983132798
E-mail : aldiawandc@gmail.com
Riwayat Pendidikan :

- 2002-2008 : SDN Kebraon 2 Surabaya
- 2008-2011 : SMP Negeri 24 Surabaya
- 2011-2014 : SMK Negeri 3 Surabaya
- 2014-2017 : D3 Teknik Elektro Otomasi ITS
- 2017-2019 : S1 Lintas Jalur Teknik Elektro ITS

Pengalaman Kerja :

- Kerja Praktek di APB Jawa Timur PT. PLN (Persero)
- Kerja Praktek di APP Jawa Timur PT. PLN (Persero)

Pengalaman Organisasi :

- Kepala Biro Komunitas Departemen Dalam Negeri HIMAD3TEKTRO 2016-2017

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----