# TUGAS AKHIR

## ANALISA PENGGUNAAN RELAI HUBUNG TANAH UNTUK SISTEM 20 KV DI GARDU INDUK BLIMBING MALANG


Di Susun Oleh:

NAMA : EKO WAHYU WIDODO

NIM : 02.52.030





KONSENTRASI ENERGI LISTRIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO D-III

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG


MARET 2006

# LEMBAR PERSETUJUAN
# TUGAS AKHIR

## ANALISA PENGGUNAAN RELAI HUBUNG TANAH UNTUK SISTEM 20 KV DI GARDU INDUK BLIMBING MALANG

**Di Susun Oleh:**

**Nama : Eko Wahyu Widodo**

**Nim : 02.52.030**

**Mengetahui :**

| | |
|---|---|
| **Ketua Jurusan** | **Diperiksa dan Disetujui** |
| **Teknik Elektro D-III** | **Dosen Pembimbing** |
| **Ir. CHOIRUL SALEH, MT** | **Ir. H. TAUFIK HIDAYAT, MT** |
| **NIP.P. 1018800190** | **NIP.P. 1018700015** |

**KONSENTRASI ENERGI LISTRIK**
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO D-III**
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**MARET 2006**

LEMBAR PERSETUJUAN
TUGAS AKHIR

# ANALISA PENGOLAHAN KELAI HURUNG TANAH UNTUK SISTEM 20 KV DI GARDU INDUK BLIMBING MALANG

Disusun Oleh:

Nama : Edo Wahyu Widodo

Nim : 02.32.020

Mengetahui :

| | |
|---|---|
| Ketua Jurusan | Dipertelas dan Diketajui |
| Teknik Elektro D-III | Dosen Pembimbing |
| Ir. C. HOIRUL SALIM, MT | Ir. H. TAHERMUDDIN, MT |
| NIP.P. 010300100 | NIP.P. 10187000015 |

KONSENTRASI ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO D-III
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

MARET 2000

# PERSEMBAHAN

Pertama-tama penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya Kehadirat ALLAH SWT atas Rahmat,Hidayah,Karunia serta Perlindungan-Nya dan diberi kemudahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sholawat dan Salam penulis haturkan kepada Junjungan Nabi Muhammad SAW sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir ini kupersembahkan kepada kedua orang tuaku dan Adikq yang telah memberi dukungan baik dari segi spiritual dan material.

Terima kasih juga ku ucapkan kepada teman-teman Elektro ST angkatan 02 (Abdul"gleen" ,hery,hendrik,huda,imron,ustad doni) akhirnya lulus bareng fren ....(bayu,deni,andik,sapari,p'breng,ucil, bagio-tompel,budi,siroj, dayat, jiemy,graha-CP,jery,kholis,harun,faisal, uki,yawan,tofu,fadli) temen2 seperjuangan cepat lulus ya.(Ika yg manis..satu2nya temen cewek di kelas..ayo cepat lulus.

Terakhir penulis mengucapkan terima kasih untuk seluruh teman-teman yang tidak bisa disebut satu persatu...mohon maaf bila ada salah dan kekurangannya. Sekali lagi terima kasih. Wassalam...

Nurul Huda Tech
graphics departem

# KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan kasih dan sayangnya, sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu.

Selama pembuatan laporan ini, penulis banyak mendapatkan bantuan baik material maupun spiritual dari banyak pihak. Oleh karena itu pada kesempatan itu, pada kesempatan ini penulis banyak mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME, selaku Dekan FTI.
3. Bapak Ir. Choirul Saleh, MT selaku Kajur Elektro D-III ITN Malang.
4. Bapak Ir. H. Taufik Hidayat, MT selaku dosen pembimbing.
5. Bapak Karyanto selaku pembimbing lapangan.
6. Ayah, ibu, adik, serta keluarga yang selalu mendukung.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu penulis sangat berterima kasih bila ada saran dan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Di akhir kata penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Maret 2006

Penulis

# ABSTRAK

Dengan semakin majunya teknologi seperti sekarang ini terutama yang menggunakan sistem tenaga listrik, maka tak bisa dielakkan lagi bahwa segala aspek kehidupan menuntuk adanya peralatan listrik yang memadai dan handal. Hal ini tentunya harus ditunjang dengan keadaan dan keamanan peengoperasian peralatan-peralatan listrik tersebut.

Hal yang perlu diketahui sehubungan dengan masalah kelistrikan tersebut bahwa dalam tenaga listrik terdapat komponen yang sangat penting yaitu relai, khususnya disini adalah relai hubung tanah (*Directional Ground Relay*). Relai ini bertujuan untuk mendeteksi adanya gangguan hubung singkat fasa ke tanah dengan mendeteksi arah dari gangguannya.

Seperti telah diketahui bahwa gangguan tidak hanya disebabkan oleh kesalahan operasi tetapi bisa juga disebabkan oleh gangguan-gangguan dari luar yang tidak mungkin dihilangkan begitu saja. Hal ini sangat membahayakan bukan hanya pada saluran distribusi itu sendiri, tetapi juga pada peralatan- peralatan lain yang terdapat pada pusat pembangkit atau GI.

Mengingat betapa tingginya bahaya tersebut maka diperlukan suatu sistem yang memadai dan diperlukan pula satu sistem yang dapat mencegah sekaligus mengatasi adanya gangguan-gangguan tersebut, salah satunya adalah relai hubung tanah yang dihubungkan langsung dengan PMT (Pemutus Tenaga).

# DAFTAR ISI

## DAFTAR GAMBAR

# DAFTAR TABEL

# BAB I

# PENDAHULUAN

## 1. Latar Belakang

Dengan semakin majunya teknologi seperti sekarang ini, maka kebutuhan tenaga listrik akan semakin meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk.Untuk itu diperlukan suatu sistem penyaluran tenaga listrik yang memadai dan handal.

Untuk mendapatkan sistem yang handal, maka pengamannya harus dapat berfungsi secara maksimal. Pada perlindungan sistem yang digunakan pada Gardu Induk Blimbing Malang, menyangkut pula sistem pengamanan untuk mengisolir gangguan tanah yang terjadi pada sistem guna melindungi peralatan listrik yang terpasang, sehingga kerusakan peralatan dapat dihindari atau paling tidak dapat dikurangi.

Pada Gardu Induk Blimbing Malang menggunakan relai gangguan tanah (*Directional Ground Relay*) yang bertujuan untuk mengamankan jaringan dari arus gangguan ke tanah dengan mendeteksi arah gangguan tanah.

## 2. Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka permasalahan yang dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah bagaimana setting relai hubung tanah serta besarnya arus gangguan hubung singkat satu fasa dan dua fasa ke tanah di GI Blimbing.

## 3. Batasan Masalah

Agar pembahasan masalah dapat tercapai dengan baik, maka penulis perlu membatasi permasalahan sehingga pembahasan tidak terlalu luas.

Adapun batasan-batasan masalah sebagai berikut:

a) Membahas Relai Hubung Tanah (*Directional Ground Relay*) untuk sistem 20 KV yang ada di Gardu Induk Blimbing Malang.

b) Perhitungan besarnya arus gangguan satu fasa dan dua fasa ke tanah dilakukan di GI Blimbing Malang.

c) Membahas setting dari Relai Hubung Tanah (*Directional Ground Relay*) untuk sistem 20 KV di GI Blimbing Malang.

## 4. Tujuan

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah untuk membahas setting relai gangguan hubung tanah serta perhitungan besar arus gangguan satu fasa dan dua fasa ke tanah di Gardu Induk Blimbing Malang.

## 5. Metodologi

Metodologi yang dipakai dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

a) Studi Literatur yang mempelajari buku-buku yang berkaitan dengan relai-relai yang dipakai di Gardu Induk Blimbing.

b) Pengambilan dan pengumpulan data-data relai yang dipakai di Gardu Induk Blimbing Malang.

c) Analisis penggunaan relai gangguan tanah dan perhitungan arus gangguan satu fasa dan dua fasa ke tanah beserta settingnya di Gardu Induk Blimbing Malang.

d) Menyimpulkan dan membuat saran dari hasil analisis.

**6. Sistematika Pembahasan.**

Sistematika pembahasan dari tugas akhir ini terdiri dari pokok pembahasan yang saling berkaitan antara satu dengan yang lainnya, yaitu:

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini dibahas tentang latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi dan sistematika pembahasan.

Bab II Teori Dasar

Pada bab ini berisikan teori dasar yang menunjang penulisan Tugas Akhir.

Bab III Data-Data Relai

Pada bab ini berisikan data-data yang dibutuhkan dalam penyusunan Tugas Akhir.

Bab IV Perhitungan arus gangguan satu fasa dan dua fasa ke tanah beserta settingnya

Berisikan pembahasan perhitungan besarnya perhitungan arus gangguan satu fasa dan dua fasa ke tanah beserta settingnya.

Bab V Penutup

Pada bab ini berisikan kesimpulan dari penulisan tugas akhir.

# BAB II

# TEORI DASAR

## 2.1 Sistem Pentanahan Titik Netral

Saat ini pentanahan titik netral pada sistem tenaga listrik mutlak diperlukan karena besarnya sistem yang berarti bertambahnya arus gangguan yang akan timbul.Bahkan berdasarkan statistik gangguan 70% s/d 80% gangguan adalah gangguan fasa ke tanah, baik yang temporer maupun permanen.Besarnya arus gangguan ini akan menyebabkan busur listrik (*arcing ground*) terutama bila terjadi gangguan fasa ke tanah.Selain itu pada saat gangguan terjadi, tegangan pada fasa-fasa yang tidak terganggu akan naik.Bumi sebagai *zero-potential* bisa dianggap sebagai konduktor (meski tidak sebagus konduktor lain) dengan luas penampang yang sangat besar sehingga mampu menyalurkan arus berapapun besarnya.

Suatu sistem dikatakan diketanahkan bila terdapat hubungan antara sistem dengan tanah, baik melalui impedansi maupun secara langsung yang bertujuan untuk mencegah timbulnya busur listrik dan membatasi tegangan pada fasa-fasa yang tidak terganggu pada sistem tersebut.Pentanahan ini umumnya dilakukan dengan menghubungkan titik netral transformator ke tanah.

### 2.1.1 Tujuan Sistem Pentanahan

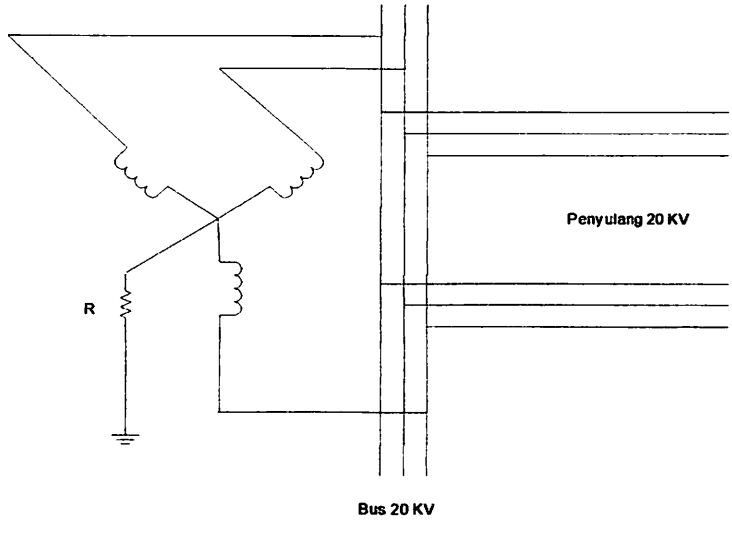
Pada sistem yang tidak ditanahkan atau pada sistem delta, arus gangguan ke tanah tergantung dari impedansi kapasitif masing-masing kawat fasa terhadap tanah.Tetapi bila sistem tenaga ditanahkan, arus gangguan tidak lagi tergantung hanya dari impedansi kapasitif, melainkan juga tergantung dari impedansi alat pentanahan dan trafo tenaga.Dengan mentanahkan netral sistem tenaga listrik, arus gangguan tanah jelas menjadi lebih besar dibandingkan dengan arus gangguan pada sistem delta, tetapi sebaliknya membatasi tegangan pada fasa-fasa yang tidak terganggu.Jadi didalam menentukan impedansi pengetanahan harus diperhatikan hubungan antara besar arus gangguan dan tegangan yang mungkin akan timbul.

Tujuan dari pentanahan netral sistem tenaga listrik adalah sebagai berikut:

a. Pada sistem besar yang tidak diketanahkan, arus gangguannya relatif besar (>5 A) sehingga busur listrik yang timbul tidak padam sendiri, hal ini akan menimbulkan busur tanah.Pada sistem yang diketanahkan, gejala tersebut hampir tidak ada.
b. Membatasi tegangan ke tanah pada fasa-fasa yang tidak terganggu (*transient overvoltages*)
c. Memenuhi persyaratan keamanan bagi orang (*safety*).

### 2.1.2 Pentanahan Titik Netral Trafo Melalui NGR (*Neutral Grounding Resistor*)

Dengan diketahuinya akibat dari gangguan-gangguan pada sistem tenaga listrik terutama gangguan satu fasa ke tanah dapat menimbulkan kerusakan peralatan pada jaringan bahkan bisa merusak peralatan listrik konsumen, maka perlu diupayakan melindungi sistem dari gangguan fasa ke tanah yaitu dengan mengetanahkan titik netral transformator tenaga.Dengan pengetanahan ini maka arus hubung singkat bisa dikurangi besarnya.Pemasangan tahanan ini pada sisi sekunder trafo tenaga 150/20 KV yang biasanya terhubung Y-Y diketanahkan seperti pada gambar:




Gambar 2.1 Sisi sekunder transformator 150/20 KV ditanahkan dengan tahanan

Pentanahan titik netral sistem tenaga listrik dengan tahanan adalah menghubungkan titik netral sistem tenaga (terutama titik netral trafo daya) dengan tanah melalui impedansi yang bersifat resistif.Biasanya dipasang tahanan yang mempunyai resistansi lebih besar dari reaktansi sistem pada tempat dimana tahanan ini dipasang sehingga besar arus gangguan hubung singkat pertama-tama akan ditahan oleh kawat itu sendiri.

Pentanahan netral dengan tahanan tinggi diterapkan di Jawa Timur dengan besar tahanan pentanahan 500 Ω dihubungkan pada pada titik netral transformator daya 150/20 KV.

Alasan-alasan digunakannnya tahanan tegangan tinggi adalah:

a. Arus hubung singkat dari fasa ke tanah cukup kecil sehingga dapat mengurangi efek penyalaan dan percikan busur api pada gangguan peralatan listrik switchgear, kabel dan mesin-mesin listrik.
b. Mengurangi gaya elektro dinamis yang mungkin terjadi akibat adanya arus hubung singkat.
c. Mengurangi bahaya tegangan kejut pada alat-alat listrik yang disebabkan oleh adanya arus gangguan hubung singkat tersebut.

## 2.2 Sistem Distribusi

Terdapat dua macam sistem distribusi yang diterapkan di Indonesia :

a. Sistem distribusi primer

Pada sistem distribusi primer tegangan 20 KV atau disebut juga dengan tegangan menengah, pada umumnya diperoleh dari transformator *step-down* di gardu induk 150/20 KV untuk kemudian disalurkan ke penyulang-penyulang. Sistem distribusi primer terletak diantara gardu induk sampai dengan trafo distribusi.

b. Sistem distribusi sekunder 220/380 V

Pada system distribusi sekunder, tegangan 20 KV yang diterima dari gardu induk diturunkan tegangannya menjadi tegangan 220/380 V melalui trafo distribusi untuk disalurkan ke konsumen. Sistem distribusi sekunder terletak diantara trafo distribusi menuju ke konsumen.

### 2.2.1 Perlindungan Sistem Distribusi

Pada saluran distribusi mutlak diperlukan suatu perlindungan sistem agar bila terjadi gangguan, kerusakan pada instalasi yang terganggu dapat dihindari atau dibatasi seminimal mungkin dan bagian sistem yang tidak terganggu dapat berfungsi terus.

Perlindungan sistem distribusi meliputi dua hal :

a. Perlindungan terhadap hubung singkat atau gangguan pada saluran peralatan yang biasa disebut "Perlindungan terhadap arus lebih".
b. Perlindungan terhadap gangguan petir atau biasa disebut "Perlindungan terhadap tegangan lebih".

Dalam perencanaan perlindungan, macam dan karakteristik beban sangat mempengaruhi dan karakteristik beban pulalah yang banyak menentukan perencanaan suatu sistem distribusi.

Untuk daerah padat beban di pusat perkotaan misalnya, jaringan yang dibutuhkan adalah dengan menggunakan sistem gelang (loop system) yang perlindungan lebih tinggi tingkatannya dan lebih mahal, sebaliknya untuk daerah luar kota yang kepadatan bebannya rendah, jaringan yang diperlukan cukup saluran udara radial dengan perlindungan yang lebih sederhana dan murah, sesuai tingkat keandalan yang masih dapat diterima pemakainya.Jadi perencanaan suatu sistem perlindungan pada hakekatnya tidak dapat dipisahkan, melainkan harus terpadu dalam perncanaan sistem distribusinya.

### 2.2.2 Tujuan dari Perlindungan Sistem Distribusi

Tujuan utama dari pengamanan sistem distribusi adalah :

a. Meminimumkan lamanya gangguan.
b. Meminimumkan jumlah pelanggan yang terkena gangguan.

Adapun tujuan kedua dari pengamanan system distribusi adalah :

a. Mengurangi sedapat mungkin pengaruh bahaya.
b. Melindungi peralatan pelanggan
c. Melindungi system terhadap pemadaman yang tidak diperlukan dan kerusakan.
d. Memisahkan saluran yang terganggu, misalnya trafo dan alat- alat lainnya.

### 2.2.2 Macam-macam Gangguan Sistem Distribusi

Pada sistem distribusi saluran, menurut lamanya gangguan yang terjadi udara ada dua macam gangguan utama :

1. Gangguan sementara.
2. Gangguan permanen.

Gangguan pada SUTM akan sangat tergantung pada keadaan alam sekitarnya.Kurang lebih 75 % sampai 90% dari jumlah gangguan merupakan gangguan sementara.Umumnya gangguan sementara terjadi bila kawat-kawat fasa bersentuhan satu sama lain, misalnya akibat kawat fasa bersentuhan dengan pohon, burung atau binatang lainnya, angin kencang dan sebagainya. Gangguan sementara dapat dihilangkan dengan cara pemutusan dalam waktu yang cukup guna pemadaman busur apinya.Tapi pada gangguan permanen, perlu diadakan perbaikan – perbaikan oleh petugas antara lain menyingkirkan pohon yang menimpa saluran dan mengganti penghantar yang terbakar/terputus atau kerusakan peralatan lainnya.

Akibat-akibat yang ditimbulkan karena adanya gangguan : ( Ir. T.S. Hutahuruk, 1991;4 )

a. Menginterupsi kontinuitas pelayanan daya kepada konsumen bila gangguan itu sampai menyebabkan terputusnya suatu rangkaian.
b. Penurunan tegangan yang cukup besar sehingga menyebabkan rendahnya kualitas tenaga listrik dan merintangi kerja normal pada peralatan konsumen.
c. Merusak peralatan pada daerah terjadinya gangguan.

Dari macamnya, gangguan pada system distribusi dapat dibedakan menjadi : ( Ir. T.S. Hutahuruk, 1991;4 )

a. Gangguan dua fasa atau tiga fasa melalui tahap hubung singkat
b. Gangguan fasa ke fasa
c. Gangguan dua fasa tanah
d. Gangguan satu fasa ke tanah atau gangguan tanah

Makin tinggi tegangan suatu system, frekuensi terjadinya gangguan makin kecil, dan gangguan hubung singkat yang paling sering adalah gangguan satu fasa ke tanah, dimana faktor penyebab yang paling sering adalah sambaran petir. Dan bila dilihat dari frekuensi gangguan yang terjadi, maka urutannya sebagai berikut :

i. Gangguan fasa ke tanah = 70 %

ii. Gangguan dua fasa = 15 %

iii. Gangguan dua fasa ke tanah = 10 %

iv. Gangguan tiga fasa = 5 %

## 2.3 Relai Pengaman

Relai pengaman adalah suatu alat yang dapat menerima atau mendeteksi adanya suatu perubahan besaran listrik yang tidak normal.Adanya relai dalam sistem tenaga bukan untuk meniadakan gangguan tetapi untuk melokalisir agar gangguan yang terjadi tidak sampai meluas dan tidak merusak peralatan dan kestabilan sistem, sehingga bila terjadi gangguan baik itu dari dalam maupun dari luar sistem maka relai dengan cepat dapat melokalisir agar gangguan tersebut tidak sampai meluas.Dalam pengoperasiannya, relai pengaman merupakan satu rangkaian dengan PMT ( Pemutus Tenaga ).Relai pengaman akan memberikan pengamanan terhadap gangguan, yaitu dengan cara :

a. Mendeteksi adanya gangguan atau keadaan abnormal yang dapat membahayakan peralatan atau sistem.
b. Melepas atau memisahkan bagian sistem yang terganggu secepat mungkin sehingga kerusakan instalasi yang terganggu dapat dihindari atau dibatasi seminimal mungkin dan bagian sistem yang tidak terganggu dapat berfungsi terus.

### 2.3.1 Syarat-syarat Relai Pengaman

Mengingat sangat pentingnya fungsi relai dalam mengamankan sistem dari gangguan, maka relai tersebut harus dapat bekerja dengan baik dan benar yang memenuhi persyaratan –persyaratan sebagai berikut :

a. Cepat bereaksi

Relai harus cepat bereaksi atau bekerja bila sistem mengalami gangguan atau kerja abnormal. Waktu bereaksi ini harus diusahakan secepat mungkin sehingga dapat menghindarkan dari kerusakan pada alat serta membatasi daerah yang mengalami gangguan atau kerja abnormal.

b. Selektif

Yang dimaksud selektif adalah kecermatan pemilihan dalam pengaman relai, hal ini menyangkut koordinasi pengaman dari sistem secara keseluruhan. Dengan demikian segala tindakannya akan tepat dan akibatnya gangguan dapat diatasi menjadi sekecil mungkin.

c. Peka / sensitif

Relai harus dapat bekerja dengan kepekaan tinggi, artinya harus cukup sensitif terhadap gangguan di daerahnya meskipun gangguan tersebut minimum yang selanjutnya memberikan tanggapan.

*d.* Andal

Keandalan relai dihitung dengan jumlah relai bekerja/mengamankan daerahnya terhadap jumlah gangguan yang terjadi.Keandalan relai dikatakan cukup baik bila mempunyai harga : 90 – 99 %.Misalkan dalam

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

Keandalan Relai : $\frac{23}{25} \times 100\% = 92\ \%$

Dengan melihat data diatas, maka keandalan relai tersebut dapat dikatakan cukup baik karena mempunyai harga : 90 – 99 %.

e. Sederhana

Makin sederhana sistem relai akan semakin baik, mengingat setiap peralatan relai memungkinkan mengalami kerusakan.Jadi sederhana maksudnya kemungkinan terjadinya kerusakan akan semakin kecil.

Adapun relai – relai yang digunakan pada penyulang 20 KV di Gardu Induk Blimbing Malang adalah :

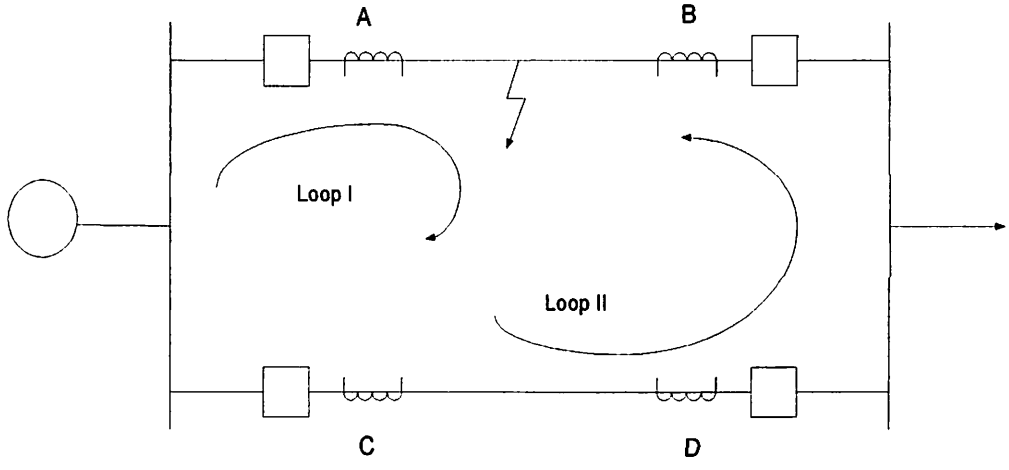
a. Directional Ground Relay ( 67 G )
b. Recloser Relay ( 79 )
c. Over Current Relay ( 51 )

Namun agar dapat sesuai dengan permasalahan yang diambil, maka pembahasannya dititikberatkan pada *Directional Ground Relay* ( 67 G ).

### 2.3.2 Relai Arah

Relai arah adalah relai yang dilengkapi kemampuan melihat arah arus gangguan.Hal ini mutlak diperlukan misalnya pada sistem tenaga listrik yang disuplai oleh dua sumber atau lebih.Sebagai suatu contoh sistem paralel seperti gambar:

- Tanpa relai arah

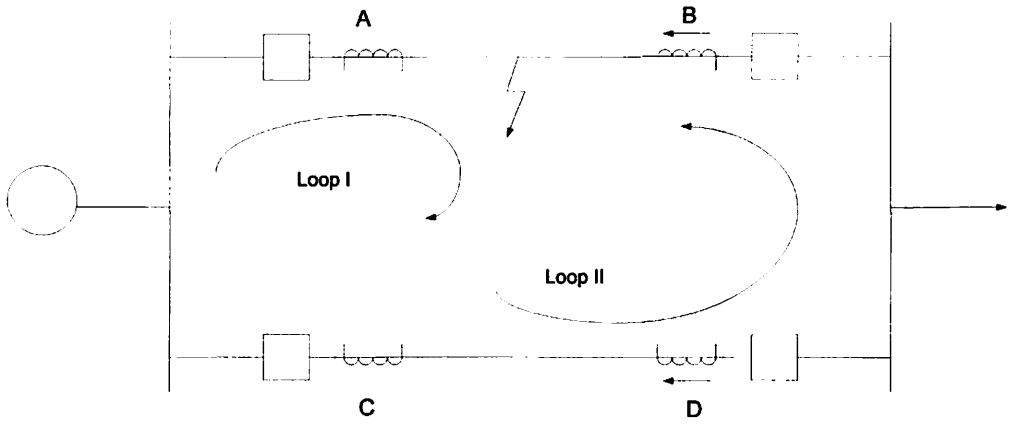



Gambar 2.2 Sistem Proteksi Tanpa Relai Arah

Relai A,B,C dan D merupakan relai arus lebih.Jika ada gangguan pada penyulang antara relai A dan B, maka akan timbul dua loop arus gangguan.Loop I melalui relai A dan loop II melalui relai C,D dan B.Loop I akan menyebabkan relai A bekerja,sedangkan loop II akan menyebabkan relai C,D dan B bekerja.

Keadaan tersebut tidak diinginkan karena seharusnya penyulang bawah (antara relai C dan D) masih dapat menyalurkan daya karena tidak mengalami gangguan.

- Dengan Relai Arah




Gambar 2.3 Sistem Proteksi Dengan Relai Arah

Relai A dan C merupakan relai arus lebih, relai B dan D adalah relai arus lebih dilengkapi dengan relai arah.Jika ada gangguan pada penyulang atas antara relai A dan B maka akan timbul dua loop gangguan.Loop I melalui relai A dan loop II melalui realai C,D dan B.Loop I akan menyebabkan relai A bekerja.Relai B akan bekerja karena arah gangguan sesuai dengan arah setting relai.Relai D tidak akan bekerja karena arah gangguan tidak sesuai dengan setting arah dari relai.Relai C tidak akan bekerja karena setting waktu relai B lebih cepat dari relai C.

Adapun relai arah diatas adalah termasuk cara kerja relai arah gangguan tanah (*Directional Ground Relay*) yang pembahasannya akan dibahas berikut.

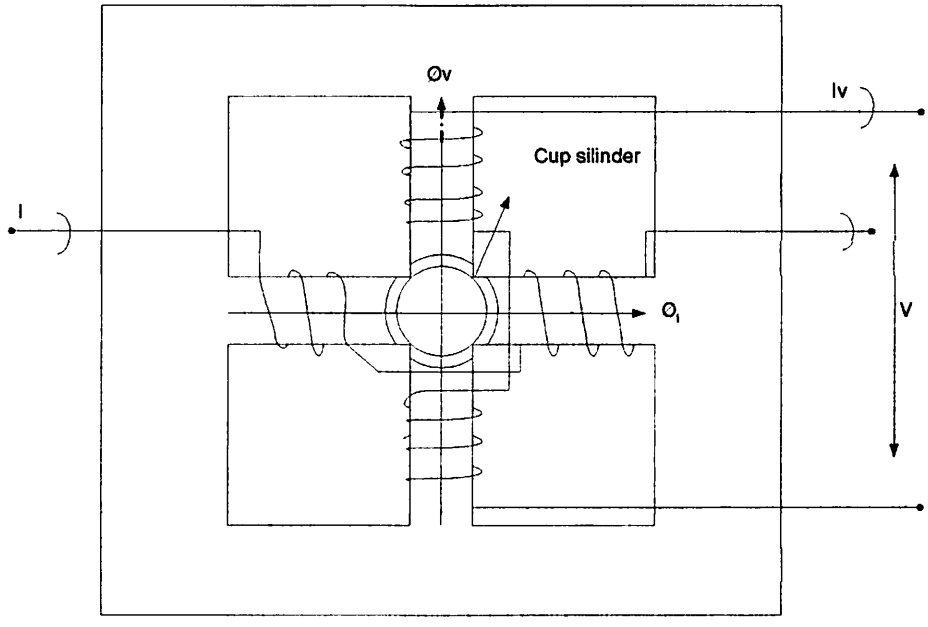
### 2.3.3 Relai Gangguan Tanah ( *Directional Ground Relay* )

Relai ini digunakan untuk mengamankan jaringan dari arus gangguan ke tanah yang dipasang pada tiap penyulang dengan mendeteksi arah dari gangguan tanah dan memisahkan gangguan atau bagian yang terganggu.Prinsip kerja relai ini berdasarkan pada hubungan sudut fasa antara dua besaran input listrik, yaitu :

a. Besaran patokan ( *polarizing* ),umumnya adalah besaran tegangan karena arahnya tidak dipengaruhi oleh letak gangguan.

b. Besaran kerja ( *operating* ),umumnya adalah besaran arus karena arahnya ditentukan oleh letak gangguan.

Adapun gambar dari rangkaian relai arah adalah sebagai berikut :




Gambar 2.4 Rangkaian Relai arah

Sumber : PT. PLN (Persero) JASDIK

Keterangan :

$Ø_I$ : Fluks kerja yang ditimbulkan oleh I

$Ø_V$ : Fluks referensi yang ditimbulkan oleh Iv

I : Arus kerja

V : Tegangan kerja

Pada gambar 2.4, arus yang mengalir pada kumparan arus akan menghasilkan suatu fluks.Demikian juga dengan tegangan yang dipasang pada kumparan tegangan akan menghasilkan fluks yang lain.Interaksi dari kedua fluks ini akan menghasilkan torsi yang condong menggerakkan mangkok ( *cup induction* ) sehingga akan menggerakkan kontak.

Persamaan torsi ( kopel ) dari gambar adalah :

$$T = K.Øv.Øi.\sin \alpha$$

Dimana :

T : Torsi

$Ø_I$ : Fluks kerja yang ditimbulkan oleh I

$Ø_V$ : Fluks referensi yang ditimbulkan oleh $I_V$

$\alpha$ : Sudut fasa antara dua fluks

K : Konstanta

Karena Øi = sebanding dengan I

Øv = sebanding dengan Iv dan Iv sebanding dengan V

Maka :

$$T = K.V.I. \sin \alpha$$

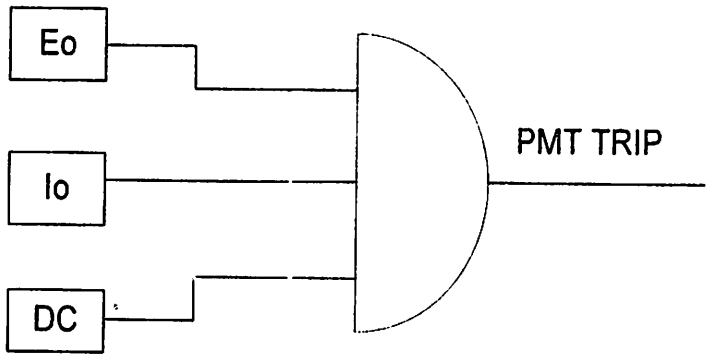
#### 2.3.3.1 Prinsip Kerja Relai Gangguan Tanah

Relai Gangguan Tanah (*Directional Ground Relay*) adalah relai arus gangguan fasa ke tanah yang mendapatkan input dari tegangan urutan nol dari PT (*Potensio Transformer*) dan arus urutan nol dari sekunder ZCT (*Zero Current Transformer*).Relai 67 G dilengkapi arah dan didesain untuk mengamankan jaringan di daerah yang terletak di depan relai dipasang.

Pada beberapa penggunaan, daerah suatu relai meliputi seluruh sistem daya yang terletak hanya pada satu arah saja dari lokasi relai tersebut.Relai ini dituntut untuk bekerja pada gangguan di depan relai terpasang dan bertahan (*block*) untuk semua keadaan yang lain.Untuk semua gangguan yang menimbulkan arus relai akan bekerja sesuai arahnya dan untuk semua gangguan lainnya relai akan bertahan (*block*).Relai inilah yang disebut terarah, karena kerjanya tergantung pada arah arus terhadap tegangannya.

Bila terjadi gangguan fasa ke tanah pada daerah kerjanya, maka relai akan mendeteksi arus urutan nol yang timbul dari ZCT dan tegangan urutan nol yang timbul dari PT, kemudian interaksi yang dihasilkan oleh dua besaran input antara V dan I dengan mengukur sudut diantara keduanya yaitu sudut antara tegangan sebagai patokan dan arus sebagai operasi yang menimbulkan kerja.Bila ternyata sudut fasanya sesuai dengan setting, maka relai akan *pick up*.

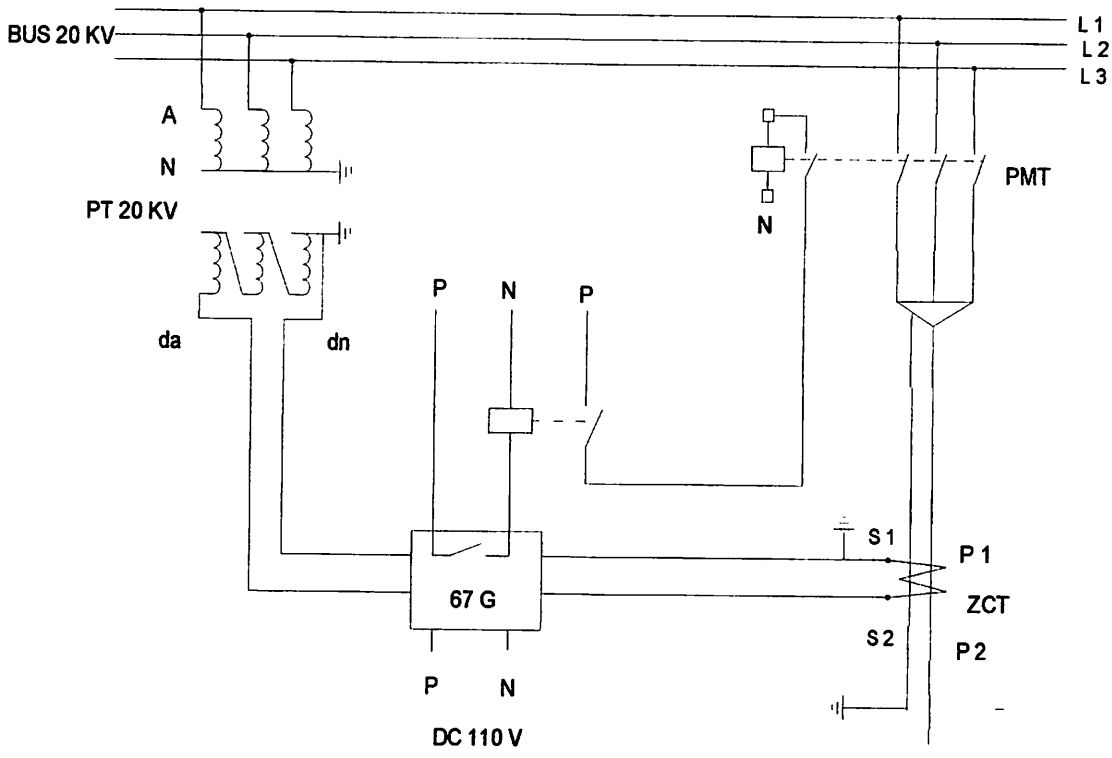
Rangkaian logika dari relai 67 G adalah sebagai berikut :




Gambar 2.5 Rangkaian Logika Relai 67 G

Sesuai gambar 2.5 diatas, suatu relai 67 G akan dapat bekerja bila mendapat masukan (*input*) dari arus urutan nol, tegangan urutan nol, dan arus searah (DC) sebagai sumbernya.Bila salah satu dari ketiga unsur diatas tidak bekerja, maka relai juga tidak akan bekerja.

Relai Gangguan Tanah dipasang pada penyulang 20 KV sebagai pengaman utama untuk mengamankan gangguan fasa ke tanah. Adapun konstruksi Relai Gangguan Tanah yang terpasang di penyulang adalah sebagai berikut :



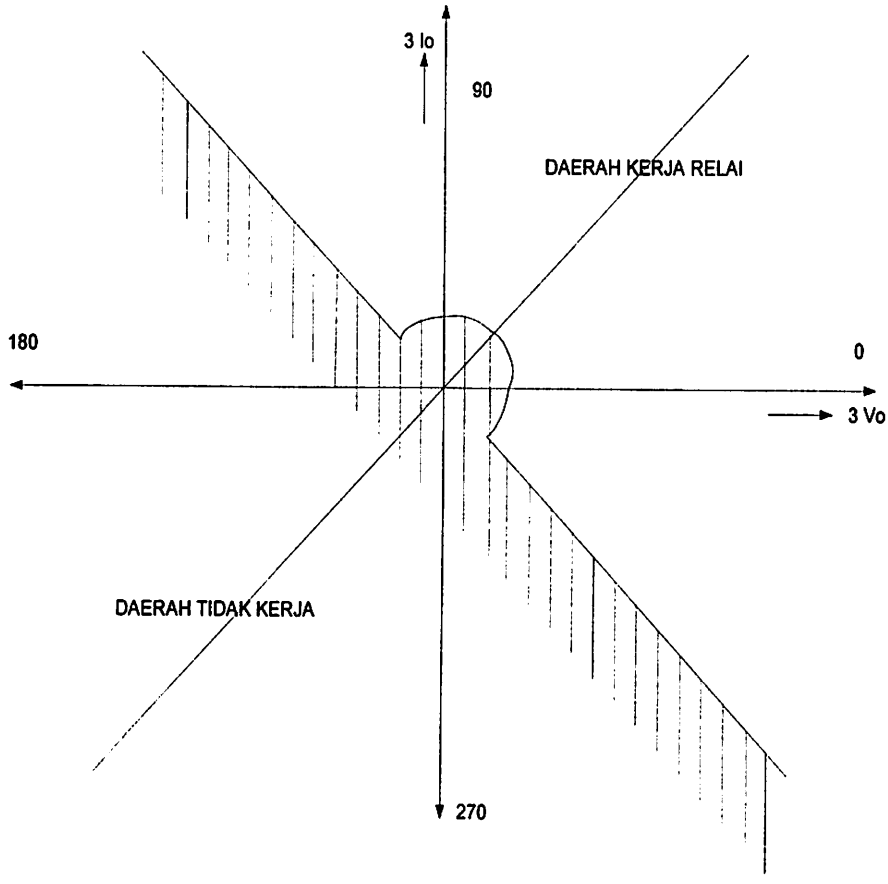

Gambar 2.6 Konstruksi Relai Hubung Tanah yang terpasang di penyulang

Sumber : PT.PLN P3B Sektor Surabaya

### 2.3.2 Setelan Relai Hubung Tanah

Bekerjanya Relai Gangguan Tanah yang ditentukan oleh penyetelan sudut kerja relai (*Maximum Torque Angle*), yaitu sudut antara arus dan tegangan dimana torsi yang terjadi pada relai maksimum.Artinya dengan arus yang kecil saja relai sudah mampu bekerja untuk menutup kontak.Apabila arah arus terbalik dari sudut kerja relai walaupun besarnya arus sudah melampaui nilai setelannya, relai tidak akan bekerja menutup kontak.

Dalam menentukan sudut karakteristik relai ini, pertama-tama dilihat dari besarnya sudut fasa arus (3 Io) sewaktu terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah terhadap referensi tegangannya (3 Vo).




Gambar 2.7 Karakteristik Relai pada sudut + 45°

Keterangan :

MTA = Maximum Torque Angle

Daerah kerja Relai : MTA 90°

Pada umumnya relai disetel pada sudut kerja + 45°.

# BAB III

# DATA-DATA RELAI DAN PERHITUNGAN ARUS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT SATU FASA DAN DUA FASA KE TANAH

## 3.1 Data-Data Relai pada Trafo I UNINDO di Gardu Induk Blimbing Malang.

❖ **Relai Gangguan Tanah ( DGR )**

Rele gangguan tanah (DGR) yang terpasang pada penyulang Mojolangu memiliki data-data sebagai berikut :

| | |
|---|---|
| * Pabrik | NISSIN |
| * Type | EGR-EC |
| * No.Seri | 603565 |
| * Ratio CT | 400/5 A |

DATA SETTING

Io : 1 Amp

to : 1 Sec

Vo : 5 Volt

$\angle^0$ : $45^0$

### 3.2 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

Adapun jenis gangguan hubung singkat yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah dan dua fasa ke tanah.

#### 3.2.1 Menetukan Impedansi urutan Transformator

Impedansi urutan transformator sama dengan impedansi yang terdapat pada papan nama (dalam satuan pu). Karena dalam perhitungan hubung singkat, transformator direpresentasikan sebagai inductor (elemen positip), maka impedansi urutan positip sama dengan impedansi urutan negatip. Sehingga :

$$Z_T = \frac{V_S^{\,2}}{P} X_T$$

Dimana :

$Z_T$ = Impedansi sumber transformator

$X_T$ = Impedansi transformator yang tertulis pada papan nama

P = Daya nominal dari rating transformator

#### 3.2.2 Menentukan Impedansi Urutan Saluran Kawat Udara

Pada Gardu Induk Blimbing untuk saluran kawat udaranya yaitu menggunakan jenis penghantar AAAC dengan luas penampang 150 $mm^2$. Sehingga besarnya impedansi urutan positip, impedansi urutan negatip, dan impedansi urutan nol dapat dilihat pada tabel 3-1 yaitu sebagai berikut :

Tabel 3-1

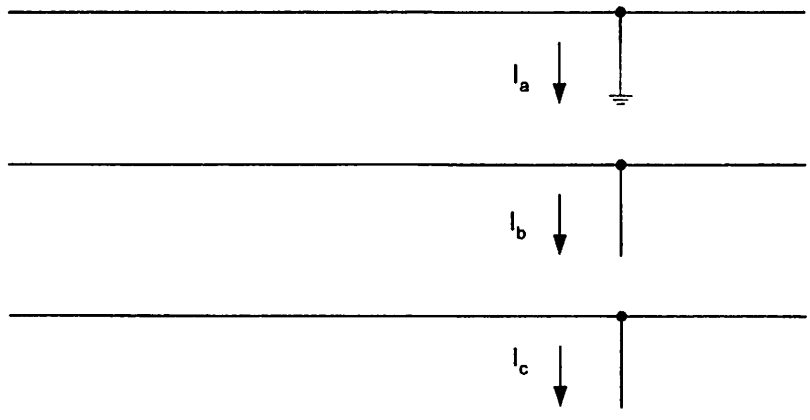
Impedansi urutan positif dan nol penghantar AAAC

| Penampang Nominal ( $mm^2$ ) | Jari-jari ($mm^2$) | Jumlah Urat | GMR ($mm^2$) | Impedansi Urutan Positif ($mm^2$) | Impedansi Urutan Nol ($mm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 2,8203 | 7 | 2,0475 | 1,2903 + j0,3859 | 1,4384 +j1,6770 |
| 35 | 3,3371 | 7 | 2,4227 | 0,2917 + j0,3790 | 1,0697 + j1,665 |
| 50 | 3,9886 | 7 | 2,8957 | 0,6452 + j0,3678 | 0,7931 + j1,6553 |
| 70 | 4,7193 | 7 | 3,4262 | 0,4608 + j0,3572 | 0,6088 + j1,6447 |
| 95 | 5,4979 | 19 | 4,1674 | 0,3396 + j0,3449 | 0,4876 + j1,6324 |
| 120 | 6,1791 | 19 | 4,6837 | 0,2688 + j0,3376 | 0,4186 + j1,6251 |
| 150 | 6,9084 | 19 | 5,2365 | 0,2162 + j0,3305 | 0,3441 + j1,6180 |
| 185 | 7,6722 | 19 | 5,8155 | 0,1744 + j0,3239 | 0,3224 + j1,6114 |
| 240 | 8,7386 | 19 | 6,6238 | 0,1344 + j0,3158 | 0,2824 + j1,6033 |

### 3.3 Perhitungan arus hubung singkat satu fasa dan dua fasa ke tanah

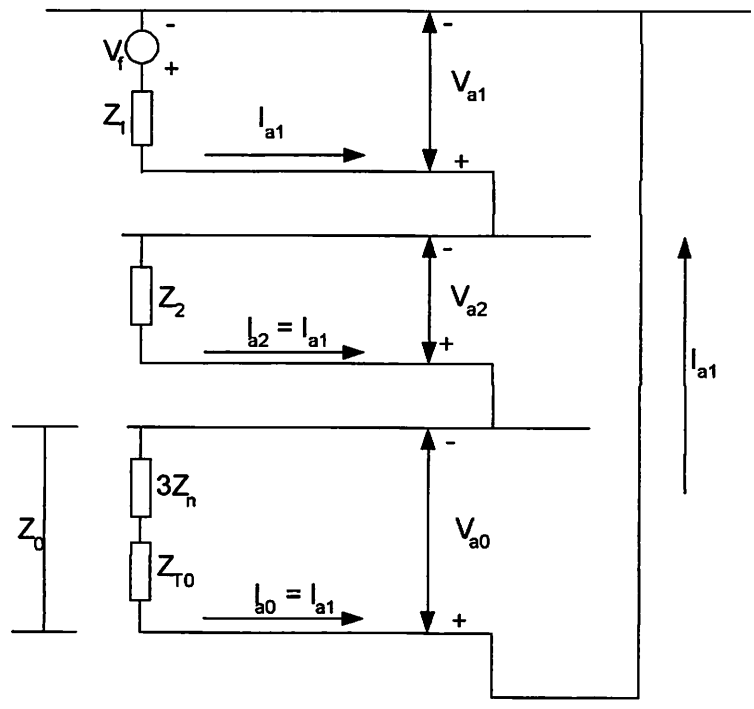
#### 3.3.1 Gangguan Satu Fasa ke tanah

Untuk gangguan tunggal dari saluran ke tanah, batang hipotesis ketiga saluran dihubungkan seperti terlihat pada gambar 3.1, sedangkan hubungan jaringan urutannya pada gambar 3.2 berikut ini :




Gambar 3.1

Gangguan tunggal dari saluran ke tanah




Gambar 3.2

Hubungan jaringan urutan untuk gangguan tunggal dari saluran ke tanah

Sumber : William D. Stevenson,Jr ,1994;307

Dimana :

$V_f$ : Sumber Tegangan

$Z_t$ : Impedansi Transformator

$Z_t = \frac{V_s^2}{P} X_T$ ..... 3.1

KV : Tegangan fasa

Ketiga persamaan diatas sama seperti yang dipakai untuk gangguan dari saluran ke tanah pada generator tunggal, kecuali $V_f$ menggantikan $E_a$.

Maka :

$V_{a1} = E_a - I_{a1}.Z_1$ ..... 3.2

$V_{a2} = -I_{a2}.Z_2$ ..... 3.3

$V_{a0} = -I_{a0}.Z_0$ ..... 3.4

Dimana :

$E_a$ : Tegangan fasa A sumber

$Z_1$ : Impedansi urutan positif

$Z_2$ : Impedansi urutan negatif

$Z_0$ : Impedansi urutan nol

Besar arus gangguan hubung singkat saluran tanah :

$$I_{a0} = \frac{Vf}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

$$Z_1 = z_1 + Z_T$$

$$Z_0 = z_0 + Z_T + 3.Zn$$

Dimana :

$V_f$ : Sumber tegangan

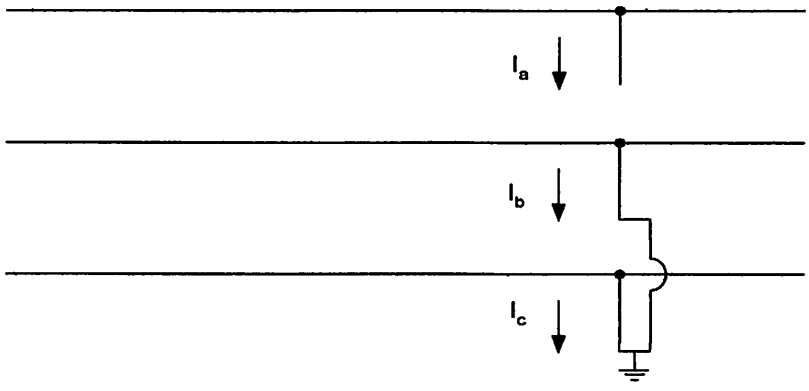
$z_1$ : Impedansi urutan kawat positif

$z_2$ : Impedansi urutan kawat negatif

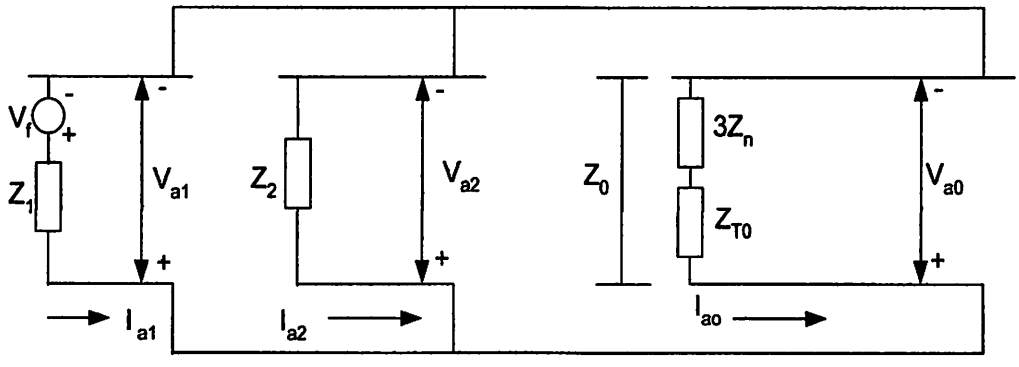
$z_0$ : Impedansi urutan kawat nol

### 3.3.2 Gangguan Dua Fasa ke tanah

Untuk gangguan dua fasa ke tanah, batang hipotesis pada ketiga salurannya dihubungkan seperti terlihat pada gambar 3.3, sedangkan hubungan jaringan urutannya pada gambar 3.4.




Gambar 3.3 Gangguan Ganda dari Saluran ke tanah




Gambar 3.4

Hubungan Jaringan Urutan untuk Gangguan Ganda dari Saluran ke Tanah

Sumber : William D. Stevenson,Jr ,1994;314

Untuk menghitung besar arus gangguan hubung singkat dua fasa ketanah dapat menggunakan persamaan :

$$I_{a1} = \frac{E_a(Z_2 + Z_0)}{Z_1.Z_2 + Z_1.Z_0 + Z_2.Z_0}$$

$$I_{a1} = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2.Z_0/(Z_2 + Z_0)}$$

Dimana : $E_a$ : Tegangan fasa A sumber

$Z_1$ : Impedansi urutan positif

$Z_2$ : Impedansi urutan negatif

$Z_0$ : Impedansi urutan nol

Dalam system tiga fasa, jumlah arus saluran sama dengan arus In dalam jalur kembali lewat netral, jadi :

$In = 3\ I_{a0}$

Dimana :In = Jumlah arus saluran dalam system 3 fasa

### 3.2 Setting DGR ( *Directional Ground Relay* )

Pada setting ini, relai dimaksudkan untuk memberikan batas minimum dari besaran ukur agar relai bekerja.Batas penyetelan minimum menyatakan bahwa relai tidak boleh bekerja saat terjadi beban maksimum.

Pada umumnya relai hubung tanah disetting lebih besar dari arus kapasitif urutan nol 3 IoR.

Rumus : I setting $\geq$ 1,3 ( 3 IoR )

Dengan :

3 IoR kabel AL 240 mm² = 1,44 A/ km

3 IoR SUTM 20 KV = 0,02 A/km

# BAB IV

# PERHITUNGAN ARUS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT SATU FASA DAN DUA FASA KE TANAH BESERTA SETTINGNYA

## 4.1 Perhitungan arus Hubung Singkat

Perhitungan arus hubung singkat pada Tugas Akhir ini dilakukan pada tiap penyulang yang dicatu oleh Trafo 1 UNINDO di GI Blimbing.Adapun penyulang yang di suplai oleh trafo 1 adalah penyulang Mojolangu, Bentoel, Pandanwangi dan Telkom.

### 4.1.1 Impedansi Transformator

Transformator yang dipakai untuk mencatu penyulang Pandanwangi adalah Trafo 1 UNINDO dengan data sebagai berikut :

- Daya Nominal : 20 MVA
- Tegangan : 70 /20 KV
- Impedansi : 7,5 %
- Frekuensi : 50 Hz
- Tahanan Pengetanahan ( Rn ) : 500 Ω
- Hubungan belitan : Y-Y-n

Maka :

P : 20 MVA

$V_P$ : 70 KV

$V_S$ : 20 KV

$X_T$ : 7,5 %

Dengan data trafo seperti tersebut, maka impedansi didapat dengan menggunakan persamaan 3.1 sebagai berikut :

$$Z_T = \frac{V_S^{\,2}}{P} X_T$$

$$= \frac{20^2}{20} J0{,}075$$

$$= j1{,}5$$

Jadi besarnya impedansi adalah sumber yang berasal dari trafo I :

$$Z_T = j\,1{,}5\ \Omega$$

**4.1.2 Impedansi Saluran Udara**

Besarnya impedansi dari saluran tergantung dari beberapa hal yaitu jenis penghantar, luas penampang penghantar, konfigurasi saluran, dan panjang saluran yang digunakan.Adapun data saluran yang dipakai di GI Blimbing Malang dapat dilihat pada tabel 4-1 ini :

Tabel 4-1

Data-data penyulang 20 KV Trafo I (UNINDO)

| PENYULANG | PANJANG SALURAN (Km) | | PENGHANTAR | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | SKTM | SUTM | JENIS | $mm^2$ | PANJANG(Km) |
| MOJOLANGU | 0,168 | 22,407 | A3C | 150 | 22,407 |
| BENTOEL | 0,912 | 78,960 | A3C | 150 | 78,960 |
| PANDANWANGI | 0,251 | 11,304 | A3C | 150 | 11,304 |
| TELKOM | 0,410 | 0,260 | A3C | 150 | 0,260 |

Pada jaringan udara di GI Blimbing menggunakan jenis penghantar alluminium campuran (AAAC) dengan luas penampang 150 $mm^2$ untuk saluran utamanya.Berdasarkan tabel, maka impedansi saluran udara di GI Blimbing adalah sebagai berikut :

Impedansi urutan positif ($z_1$) = 0,2162 + j 0,3305 Ω/Km

Impedansi urutan negatif ($z_2$) = 0,2162 + j0,3305 Ω/Km

Impedansi urutan nol ($z_0$) = 0,3631 + j1,6180 Ω/Km

**4.1.2.1 Menentukan besarnya impedansi urutan kawat udara di GI Blimbing untuk tiap penyulang.**

**4.1.2.1.1 Besarnya impedansi urutan kawat udara di GI Blimbing untuk penyulang Mojolangu.**

Besar impedansi urutan positif dan negatif dengan panjang saluran $l$ = 22,407 km adalah :

$$z_1 = z_2 = (0{,}2162 + j0{,}3305).\ l$$

$$= (0{,}2162 + j0{,}3305).\ 22{,}407$$

$$= 4{,}8444 + j7{,}4055\ \Omega$$

Sedangkan besarnya impedansi urutan nol dengan panjang saluran $l$ = 22,407 km adalah :

$$z_0 = (0{,}3631 + j1{,}6180).\ l$$

$$= (0{,}3631 + j1{,}6180).\ 22{,}407$$

$$= 8{,}1359 + j36{,}2545\ \Omega$$

**4.1.2.1.2 Besarnya impedansi urutan kawat udara di GI Blimbing untuk penyulang Bentoel.**

Besar impedansi urutan positif dan negatif dengan panjang saluran $l$ = 78,960 km adalah :

$$z_1 = z_2 = (0{,}2162 + j0{,}3305).\ l$$

$$= (0{,}2162 + j0{,}3305).\ 78{,}960$$

$$= 17{,}0711\ j26{,}0963\ \Omega$$

Sedangkan besarnya impedansi urutan nol dengan panjang saluran $l$ = 78,960 km adalah :

$$z_0 = (0{,}3631 + j1{,}6180).\ l$$

$$= (0{,}3631 + j1{,}6180).\ 78{,}960$$

$$= 27{,}5811 + j127{,}7572\ \Omega$$

**4.1.2.1.3 Besarnya impedansi urutan kawat udara di GI Blimbing untuk penyulang Pandanwangi**

Besar impedansi urutan positif dan negatif dengan panjang saluran $l$ = 11,304 km adalah :

$$z_1 = z_2 = (0{,}2162 + j0{,}3305).\ l$$

$$= (0{,}2162 + j0{,}3305).\ 11{,}304$$

$$= 2{,}4439 + j3{,}7359\ \Omega$$

Sedangkan besarnya impedansi urutan nol dengan panjang saluran $l$ = 11,304 km adalah :

$$z_0 = (0{,}3631 + j1{,}6180).\ l$$

$$= (0{,}3631 + j1{,}6180).\ 11{,}304$$

$$= 4{,}1045 + j18{,}2898\ \Omega$$

**4.1.2.1.4 Besarnya impedansi urutan kawat udara di GI Blimbing untuk penyulang Telkom.**

Besar impedansi urutan positif dan negatif dengan panjang saluran $l$ = 0,260 km adalah :

$$z_1 = z_2 = (0{,}2162 + j0{,}3305).\ l$$

$$= (0{,}2162 + j0{,}3305).\ 0{,}260$$

$$= 0{,}0562 + j0{,}0859\ \Omega$$

Sedangkan besarnya impedansi urutan nol dengan panjang saluran $l$ = 0,260 km adalah :

$$z_0 = (0{,}3631 + j1{,}6180).\ l$$

$$= (0{,}3631 + j1{,}6180).\ 0{,}260$$

$$= 0{,}0944 + j0{,}4207\ \Omega$$

Dengan perhitungan di atas, maka impedansi urutan saluran kawat udara di GI Blimbing dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4-2

Hasil Perhitungan Impedansi Urutan Kawat Udara Tiap Penyulang

| PENYULANG | PENAMPANG NOMINAL ($mm^2$) | PANJANG (Km) | $z_1 = z_2$ (Ohm) | $z_0$ (Ohm ) |
|---|---|---|---|---|
| MOJOLANGU | 150 | 22,407 | 4,8444 + j7,4055 | 8,1359 + j36,2545 |
| BENTOEL | 150 | 78,960 | 17,0711 + j26,0963 | 27,5811 +j127,7572 |
| PANDANWANGI | 150 | 11,304 | 2,4439 + j3,7359 | 4,1045 + j18,2898 |
| TELKOM | 150 | 0,260 | 0,0562 + j0,0859 | 0,0944+ j0,4207 |

**4.1.3 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Untuk Tiap Penyulang**

Besar arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah dan arus gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah dapat dihitung dengan impedansi gangguan $Z_f = 0$.

**4.2.3.1 Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah**

**4.2.3.1.1 Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah untuk penyulang Mojolangu**

Besar arus gangguan satu fasa ke tanah dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$I_{a1} = I_{a2} = I_{a3} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

Untuk penyulang Mojolangu dengan panjang saluran 22,407 km didapat

$z_1 = z_2 = 4{,}8444 + j7{,}4055$

$z_0 \quad = 8{,}1359 + j36{,}2545\ \Omega$

Sehingga :

$Z_1 = z_1 + Z_T$

$= 4{,}8444 + j7{,}4055 + j\ 1{,}5$

$= 4{,}8444 + j8{,}9055\ \Omega$

$Z_0 = z_0 + Z_T + 3.Z_n$

$= 8{,}1359 + j36{,}2545 + j\ 1{,}5 + 3.500$

$= 1508{,}1359 + j37{,}7545\ \Omega$

Besar arus gangguan satu fasa ke tanah :

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

$$= \frac{20000/\sqrt{3}}{2(4{,}8444 + j8{,}9055) + 1508{,}1359 + j37{,}7545}$$

$$= \frac{11547}{1517{,}8247 + j55{,}5655}$$

$= 7{,}6537$ A

Berdasarkan persamaan didapat :

$I_n = 3.I_{a1}$

$= 3.\ 7{,}6537$

$= 22{,}81$ A

**4.2.3.1.2 Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah untuk penyulang Bentoel**

Besar arus gangguan satu fasa ke tanah dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$I_{a1} = I_{a2} = I_{a3} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

Untuk penyulang Bentoel dengan panjang saluran 78,960 km didapat

$z_1 = z_2 = 17{,}0712 + j26{,}0963$

$Z_0 = 28{,}6704 + j127{,}7572$

Sehingga :

$Z_1 = z_1 + Z_T$

$= 17{,}0712 + j26{,}0963 + j\ 1{,}5$

$= 17{,}0712 + j27{,}5963\ \Omega$

$Z_0 = Z_0 + Z_T + 3.Z_n$

$= 28{,}6704 + j127{,}7572 + j\ 1{,}5 + 3.500$

$= 1528{,}6704 + j129{,}2572\ \Omega$

Besar arus gangguan satu fasa ke tanah :

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

$$= \frac{20000/\sqrt{3}}{2(17{,}0712 + j26{,}0963) + 1528{,}6704 + 129{,}2572}$$

$$= \frac{11547}{1562{,}8128 + j181{,}4499}$$

$= 7{,}34$ A

Berdasarkan persamaan didapat :

$I_n = 3.I_{a1}$

$= 3.\ 7{,}34$

$= 22{,}02$ A

**4.2.3.1.3 Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah untuk penyulang Pandanwangi**

Besar arus gangguan satu fasa ke tanah dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$I_{a1} = I_{a2} = I_{a3} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

Untuk penyulang Pandanwangi dengan panjang saluran 11,304 km didapat

$z_1 = z_2 = 2{,}4439 + j26{,}0963\ \Omega$

$Z_0 = 4{,}1045 + j18{,}2899\ \Omega$

Sehingga :

$Z_1 = z_1 + Z_T$

$= 2{,}4439 + j26{,}0963 + j\ 1{,}5$

$= 2{,}4439 + j27{,}5963\ \Omega$

$Z_0 = Z_0 + Z_T + 3.Z_n$

$= 4{,}1045 + j18{,}2899 + j\ 1{,}5 + 3.500$

$= 1504{,}1045 + j19{,}7899\ \Omega$

Besar arus gangguan satu fasa ke tanah :

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

$$= \frac{20000/\sqrt{3}}{2(2{,}4439 + j26{,}0963) + 1504{,}1045 + j19{,}7899}$$

$$= \frac{11547}{1508{,}9923 + j71{,}9825}$$

$$= 7{,}64 \text{ A}$$

Berdasarkan persamaan didapat :

$$I_n = 3.I_{a1}$$

$$= 3.\ 7{,}64$$

$$= 22{,}92 \text{ A}$$

**4.2.3.1.4 Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah untuk penyulang Telkom**

Besar arus gangguan satu fasa ke tanah dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$I_{a1} = I_{a2} = I_{a3} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

Untuk penyulang Telkom dengan panjang saluran 0,260 km didapat

$$z_1 = z_2 = 0{,}0562 + j0{,}0859\ \Omega$$

$$Z_0 = 0{,}0944 + j0{,}4207\ \Omega$$

Sehingga :

$$Z_1 = z_1 + Z_T$$

$$= 0{,}0562 + j0{,}0859 + j\ 1{,}5$$

$=0{,}0562 + j1{,}5859\ \Omega$

$Z_0 = Z_0 + Z_T + 3.Z_n$

$= 0{,}0944 + j0{,}4207 + j\ 1{,}5 + 3.500$

$= 1500{,}0944 + j1{,}9207\ \Omega$

Besar arus gangguan satu fasa ke tanah :

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

$$= \frac{20000/\sqrt{3}}{2(0{,}0562 + j0{,}0859) + 1500{,}0944 + j1{,}9207}$$

$$= \frac{11547}{1500{,}1124 + j2{,}0925}$$

$= 7{,}69$ A

Berdasarkan persamaan didapat :

$I_n = 3.I_{a1}$

$= 3.\ 7{,}69$

$= 23{,}07$ A

**4.2.3.2 Arus Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah**

**4.2.3.2.1 Arus gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah untuk penyulang Mojolangu**

Besar arus gangguan dua fasa ke tanah dapat dihitung dengan mennggunakan persamaan sebagai berikut :

$$I_{a1} = \frac{Vf}{Z_1 + \frac{Z_2.Z_0}{(Z_2 + Z_0)}}$$

Dengan :

$$Z_1 = Z_2 = 4{,}8444 + j8{,}9055\ \Omega$$

$$= 10{,}1378\ \angle 61{,}45476^\circ\ \Omega$$

$$Z_0 = 1508{,}1359 + j37{,}7545\ \Omega$$

$$= 1508{,}6084\ \angle 1{,}43^\circ\ \Omega$$

$$Z_2.Z_0 = 10{,}1378\ \angle\ 61{,}45^\circ\ .\ 1508{,}6084\ \angle 1{,}43^\circ$$

$$= 15293{,}97 \angle\ 62{,}88^\circ\ \Omega$$

$$Z_2+Z_0 = 4{,}8444 + j8{,}9055 + 1508{,}1359 + j37{,}7545$$

$$= 1512{,}9803 + j46{,}66\ \Omega$$

$$= 1513{,}5224\ \angle 1{,}77^\circ\ \Omega$$

$$\frac{Z_2.Z_0}{Z_2 + Z_0} = \frac{15293{,}97\angle 62{,}88}{1513{,}5224\angle 1{,}77}$$

$$= 10{,}1049 \angle\ 61{,}11^\circ\ \Omega$$

$$= 4{,}88198 + j8{,}847\ \Omega$$

Maka :

$$I_{a1} = \frac{11547}{4{,}8444 + j8{,}9055 + 4{,}88198 + j8{,}847}$$

$$= \frac{11547}{9{,}72638 + j17{,}7525}$$

$$= \frac{11547}{20{,}2424\angle 61{,}282^\circ}$$

$$= 570{,}436 \angle -61{,}282^\circ\ A$$

Dengan menggunakan persamaan 3.2 didapat :

$V_{a1} = Vf - I_{a1}.Z_1$

$= 11547 - 570{,}436 \angle -61{,}282°.\ 10{,}1378 \ \angle 61{,}45476°$

$= 11547 - 5782{,}96924 \ \angle 0{,}17276°$

$= 11547 - 5698{,}554883 - j17{,}1825$

$= 5848{,}44511 - j17{,}1825$

$= 5848{,}470358 \ \angle -0{,}1683°$ V

Dengan menggunakan persamaan 3.4 didapat :

$$I_{a0} = \frac{V_{a0}}{Z_0}$$

$$= \frac{5848{,}470358\angle -0{,}1683°}{1508{,}6084\angle 1{,}43°}$$

$= 3{,}8767 \ \angle -1{,}5983°$ A

$I_n = 3.I_{a0}$

$= 3.\ 3{,}8767 \ \angle -1{,}5983°$

$= 11{,}63$ A

**4.2.3.2.2 Arus gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah untuk penyulang Bentoel**

Besar arus gangguan dua fasa ke tanah dapat dihitung dengan mennggunakan persamaan sebagai berikut :

$$I_{a1} = \frac{Vf}{Z_1 + \frac{Z_2.Z_0}{(Z_2 + Z_0)}}$$

Dengan :

$$Z_1 = Z_2 = 17{,}0712 + j27{,}0963\ \Omega$$

$$= 32{,}4497\ \angle\ 58{,}26^\circ\ \Omega$$

$$Z_0 = 1528{,}6704 + j129{,}2573\ \Omega$$

$$= 1534{,}1254\ \angle 94{,}83^\circ\ \Omega$$

$$Z_2.Z_0 = 32{,}4497\ \angle 58{,}26^\circ.\ 1534{,}1254\ \angle 4{,}83^\circ\ \Omega$$

$$= 49781{,}9089\ \angle 63{,}09^\circ\ \Omega$$

$$Z_2+Z_0 = 17{,}0712 + j27{,}0963 + 1528{,}6704 + j129{,}2573$$

$$= 1545{,}7416 + j156{,}3536\ \Omega$$

$$= 1553{,}62891\ \angle\ 5{,}78^\circ\ \Omega$$

$$\frac{Z_2.Z_0}{Z_2 + Z_0} = \frac{49781{,}9089\angle 63{,}09^\circ}{1553{,}6291\angle 5{,}78^\circ}$$

$$= 32{,}0423\ \angle 57{,}31^\circ\ \Omega$$

$$= 17{,}3058 + j26{,}9669\ \Omega$$

Maka :

$$I_{a1} = \frac{11547}{17{,}0712 + j27{,}5963 + 17{,}3058 + j26{,}9669}$$

$$= \frac{11547}{34{,}377 + j54{,}5632}$$

$$= \frac{11547}{64{,}4897\angle 57{,}787^\circ}$$

$$= 179{,}0518\ \angle -57{,}787^\circ\ \text{A}$$

Dengan menggunakan persamaan 3.2 didapat :

$$V_{a1} = Vf - I_{a1}.Z_1$$

$$= 11547 - 179{,}0518 \angle -57{,}787^{o}.\ 32{,}4497 \angle 58{,}26^{o}$$

$$= 11547 - 5810{,}179 \angle 0{,}473^{o}$$

$$= 11547 - 5809{,}981 - j47{,}9648$$

$$= 5737{,}019 - j47{,}9648$$

$$= 5737{,}2195 \angle -0{,}479^{o}\ V$$

Dengan menggunakan persamaan 3.4 didapat :

$$I_{a0} = \frac{V_{a0}}{Z_0}$$

$$= \frac{5737{,}2195\angle -0{,}479^{o}}{1534{,}1254\angle 4{,}83^{o}}$$

$$= 3{,}7397 \angle -5{,}309\ A$$

$$I_n = 3.I_{a0}$$

$$= 3.\ 3{,}7397 \angle -5{,}309$$

$$= 11{,}22\ A$$

**4.2.3.2.3 Arus gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah untuk penyulang Pandanwangi**

Besar arus gangguan dua fasa ke tanah dapat dihitung dengan mennggunakan persamaan sebagai berikut :

$$I_{a1} = \frac{Vf}{Z_1 + \frac{Z_2.Z_0}{(Z_2 + Z_0)}}$$

Dengan :

$$Z_1 = Z_2 = 2{,}4439 + j5{,}2359\ \Omega$$

$$= 5{,}7782\ \angle 64{,}98^\circ\ \Omega$$

$$Z_0 = 1504{,}1045 + j19{,}7899\ \Omega$$

$$= 1504{,}1045\ \angle 0{,}75^\circ\ \Omega$$

$$Z_2.Z_0 = 5{,}7782\ \angle 64{,}98^\circ\ .\ 1504{,}1045\ \angle 0{,}75^\circ$$

$$= 8691{,}7689\ \angle 65{,}73^\circ\ \Omega$$

$$Z_2 + Z_0 = 2{,}4439 + j5{,}2359 + 1504{,}1045 + j19{,}7899$$

$$= 1506{,}5484 + j25{,}0258\ \Omega$$

$$= 1506{,}7562\ \angle 0{,}95^\circ\ \Omega$$

$$\frac{Z_2.Z_0}{Z_2 + Z_0} = \frac{8691{,}7689\angle 65{,}73^\circ}{1506{,}7562\angle 0{,}95^\circ}$$

$$= 5{,}7685\ \angle 64{,}78^\circ\ \Omega$$

$$= 2{,}45793 + j5{,}21864\ \Omega$$

Maka :

$$I_{a1} = \frac{11547}{2{,}4439 + j5{,}2359 + 2{,}45793 + j5{,}21864}$$

$$= \frac{11547}{4{,}90183 + j10{,}45454}$$

$$= \frac{11547}{11{,}54666\angle 64{,}879^\circ}$$

$$= 1000{,}0294\ \angle -64{,}879^\circ\ A$$

Dengan menggunakan persamaan 3.2 didapat :

$$V_{a1} = Vf - I_{a1}.Z_1$$

$$=11547 - 1000{,}0294 \angle -64{,}879^\circ .\ 5{,}7782 \angle 64{,}98^\circ$$

$$= 11547 - 5778{,}3698 \angle 0{,}101$$

$$= 11547 - 5778{,}361 - j10{,}186$$

$$= 5768{,}639 - j10{,}186$$

$$= 5768{,}639 \angle -0{,}101 \text{ V}$$

Dengan menggunakan persamaan 3.4 didapat :

$$I_{a0} = \frac{V_{a0}}{Z_0}$$

$$= \frac{5768{,}648\angle -0{,}101^\circ}{1504{,}2347\angle 0{,}75^\circ}$$

$$= 3{,}8349 \angle -0{,}851^\circ \text{ A}$$

$$I_n = 3.I_{a0}$$

$$= 3.\ 3{,}8349 \angle -0{,}851^\circ$$

$$= 11{,}5 \text{ A}$$

**4.2.3.2.4 Arus gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah untuk penyulang Telkom**

Besar arus gangguan dua fasa ke tanah dapat dihitung dengan mennggunakan persamaan sebagai berikut :

$$I_{a1} = \frac{Vf}{Z_1 + \frac{Z_2.Z_0}{(Z_2 + Z_0)}}$$

Dengan :

$$Z_1 = Z_2 = 0{,}0562 + j1{,}5859\ \Omega$$

$$= 1{,}5869\ \angle 87{,}97^\circ\ \Omega$$

$$Z_0 = 1500{,}0944 + j1{,}9207\ \Omega$$

$$= 1500{,}0956\ \angle 0{,}07^\circ\ \Omega$$

$$Z_2.Z_0 = 1{,}5869\ \angle 87{,}97^\circ.\ 1500{,}0956\ \angle 0{,}07^\circ$$

$$= 2380{,}5017\ \angle 88{,}04^\circ\ \Omega$$

$$Z_2+Z_0 = 0{,}0562 + j1{,}5859 + 1500{,}0944 + j1{,}9207$$

$$= 1500{,}1506 + j3{,}5066\ \Omega$$

$$= 1500{,}1546\ \angle 0{,}13^\circ\ \Omega$$

$$\frac{Z_2.Z_0}{Z_2 + Z_0} = \frac{2380{,}5017\angle 88{,}04^\circ}{1500{,}1546\angle 0{,}13^\circ}$$

$$= 1{,}5868\ \angle 87{,}91^\circ\ \Omega$$

$$= 0{,}057869 + j1{,}5857\ \Omega$$

Maka :

$$I_{a1} = \frac{11547}{0{,}0562 + j1{,}5859 + 0{,}057869 + j1{,}5857}$$

$$= \frac{11547}{0{,}114069 + j3{,}1716}$$

$$= \frac{11547}{3{,}17365\angle 87{,}94^\circ}$$

$$= 3638{,}397\ \angle -87{,}94^\circ\ A$$

Dengan menggunakan persamaan 3.2 didapat :

$$V_{a1} = Vf - I_{a1}.Z_1$$

$$=11547 - 3638{,}397 \angle -87{,}94^\circ .\ 1{,}5869 \angle 87{,}97^\circ$$

$$= 11547 - 5773{,}772 \angle 0{,}03^\circ$$

$$= 11547 - 5773{,}772 - j3{,}02314$$

$$= 5773{,}228 - j3{,}02314$$

$$= 5773{,}22879 \angle -0{,}03 \text{ V}$$

Dengan menggunakan persamaan 3.4 didapat :

$$I_{a0} = \frac{V_{a0}}{Z_0}$$

$$= \frac{5773{,}22879\angle -0{,}03^\circ}{1500{,}0956\angle 0{,}07^\circ}$$

$$= 3{,}8486 \angle -0{,}1 \text{ A}$$

$$I_n = 3.I_{a0}$$

$$= 3.\,3{,}8486 \angle -0{,}1$$

$$= 11{,}5 \text{ A}$$

Tabel 4.3

Besar Arus Gangguan Satu Fasa dan Dua Fasa ke Tanah pada Setiap Penyulang yang disupali oleh Trafo 1

| PENYULANG | L ( Km ) | ARUS GANGGUAN In ( A ) | |
|---|---|---|---|
| | | 1Ø | 2Ø |
| MOJOLANGU | 22,407 | 22,81 | 11,63 |
| BENTOEL | 78,960 | 22,02 | 11,22 |
| PANDANWANGI | 11,304 | 22,92 | 11,5 |
| TELKOM | 0,260 | 23,07 | 11,5 |

**4.3 Setting DGR ( *Directional Ground Relay* )**

Pada umumnya relai hubung tanah disetting lebih besar dari arus kapasitif urutan nol 3 IoR.

Rumus :

$$I \text{ setting} \geq 1{,}3 \ (3 \text{ IoR})$$

Dengan :

3 IoR kabel AL 240 $mm^2$ = 1,44 A/ km

3 IoR SUTM 20 KV = 0,02 A/km

### 4.3.1 Setting DGR untuk penyulang Mojolangu

Karena panjang jaringan pada penyulang Mojolangu 22,407 km dan panjang kabel dari cubicle ke tiang = 200 m, maka sesuai dengan rumus diatas :

$$I \text{ setting} \geq 1{,}3 \{ ( 200/1000 \times 1{,}44 \text{ A} ) + ( 22{,}407 \times 0{,}02 \text{ A} ) \}$$

$$I \text{ setting} \geq 1{,}3 ( 0{,}288 \text{ A} + 0{,}44841 \text{ A} )$$

$$I \text{ setting} \geq 0{,}96 \text{ A}$$

Maka dipilih setting 1 A $\angle + 45^\circ$ waktu 1 second.

### 4.3.2 Setting DGR untuk penyulang Bentoel

Karena panjang jaringan pada penyulang Bentoel 78,960 km dan panjang kabel dari cubicle ke tiang = 200 m, maka sesuai dengan rumus diatas :

$$I \text{ setting} \geq 1{,}3 \{ ( 200/1000 \times 1{,}44 \text{ A} ) + ( 78{,}960 \times 0{,}02 \text{ A} ) \}$$

$$I \text{ setting} \geq 1{,}3 ( 0{,}288 \text{ A} + 1{,}579 \text{ A} )$$

$$I \text{ setting} \geq 1{,}87 \text{ A}$$

Maka dipilih setting 2 A $\angle + 45^\circ$ waktu 1 second.

### 4.3.3 Setting DGR untuk penyulang Pandanwangi

Karena panjang jaringan pada penyulang Pandanwangi 11,304 km dan panjang kabel dari cubicle ke tiang = 200 m, maka sesuai dengan rumus diatas :

$$I \text{ setting} \geq 1{,}3 \{ ( 200/1000 \times 1{,}44 \text{ A} ) + ( 11{,}304 \times 0{,}02 \text{ A} ) \}$$

$$I \text{ setting} \geq 1{,}3 ( 0{,}288 \text{ A} + 0{,}226 \text{ A} )$$

$$I \text{ setting} \geq 0{,}68 \text{ A}$$

Maka dipilih setting 1 A $\angle + 45^\circ$ waktu 1 second.

### 4.3.4 Setting DGR untuk penyulang Telkom

Karena panjang jaringan pada penyulang Telkom 0,260km dan panjang kabel dari cubicle ke tiang = 200 m, maka sesuai dengan rumus diatas :

$$I \text{ setting} \geq 1{,}3 \{ ( 200/1000 \times 1{,}44 \text{ A} ) + ( 0{,}260 \times 0{,}02 \text{ A} ) \}$$

$$I \text{ setting} \geq 1{,}3 ( 0{,}288 \text{ A} + 0{,}0052 \text{ A} )$$

$$I \text{ setting} \geq 0{,}39 \text{ A}$$

Maka dipilih setting 1 A $\angle + 45^{\circ}$ waktu 1 second.

Setting waktu diambil 1detik *definite time*.Kelemahan dari setting ini adalah sisitem akan sangat peka terhadap gangguan.

# BAB V

# PENUTUP

## 5.1 Kesimpulan

1) Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat pada Penyulang di GI Blimbing :

   - Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah

   Untuk penyulang Mojolangu arus gangguan sebesar 22,81 A

   Untuk penyulang Bentoel arus gangguan sebesar 22,02 A

   Untuk penyulang Pandanwangi arus gangguan sebesar 22,92 A

   Untuk penyulang Telkom arus gangguan sebesar 23,07 A

   - Gangguan hubung singkat 2fasa ke tanah

   Untuk penyulang Mojolangu arus gangguan sebesar 11,63 A

   Untuk penyulang Bentoel arus gangguan sebesar 11,22 A

   Untuk penyulang Pandanwangi arus gangguan sebesar 11,5 A

   Untuk penyulang Telkom arus gangguan sebesar 11,5 A

2) Hasil Perhitungan Setting Relai DGR di GI Blimbing Malang

   Untuk Mojolangu arus gangguan sebesar 0,97 A,dipilih setting 1 A

   Untuk Bentoel arus gangguan sebesar 1,87 A dipilih setting 2 A

   Untuk Pandanwangi arus gangguan sebesar 0,68 A setting 1 A

   Untuk Telkom arus gangguan sebesar 0,39 A dipilih setting 1 A

Setting Relai Hubung Tanah harus dibuat lebih besar dari arus kapasitif, sesuai dengan besarnya arus yang diukur ZCT maka arus kapasitif yang dihitung adalah arus kapasitif urutan nol. Setting arus 1-2 A diambil dari 10 – 40 % kemampuan NGR (*Neutral Grounding Resistor*). Diambil hanya 1-2 A karena PLN menjaga agar bila terjadi gangguan di ujung saluran dengan gangguan tahanan yang tinggi relai tetap bisa merasakan arus gangguan. PLN Distribusi tidak mau mengambil resiko misalnya dinaikkan menjadi 3 A, hal ini untuk mencegah terjadinya panas yang berlebihan selama waktu tertentu yang bisa membahayakan mahluk di sekitar gangguan. Setting waktu diambil 1 detik *definite time*. Adapun kelemahan dari setting yang kecil ini adalah sistem sangat peka terhadap gangguan.

Setting Relai Hubung Tanah harus dibuat lebih besar dari arus kapasitif, sesuai dengan besarnya arus yang diukur ZCT maka arus kapasitif yang dihitung adalah arus kapasitif urutan nol. Setting arus 1-2 A diambil dari 10 – 40 % kemampuan NGR (Neutral Grounding Resistor). Diambil hanya 1-2 A karena PLN menjaga agar bila terjadi gangguan di ujung saluran dengan gangguan tahanan yang tinggi relai tetap bisa merasakan arus gangguan. PLN Distribusi tidak mau mengambil resiko misalnya dinaikkan menjadi 3 A, hal ini untuk menceegah terjadinya panas yang berlebihan selama waktu tertentu yang bisa membahayakan manusia di sekitar gangguan. Setting waktu diambil 1 detik definite time. Adapun kelemahan dari setting yang kecil ini adalah sistem sangat peka terhadap gangguan.

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

ITN

MALANG

# DAFTAR PUSTAKA


1. Hutahuruk, TS. " *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga & Pengetanahan Peralatan*", Erlangga, Jakarta, 1987.
2. Falanu, Satri, Ir. " Sistem Pengaman Jaringan Distribusi ", Dklat PLN.
3. Stevenson, William Jr. " *Elements of Power Sistem Analysis* ", Fourth edition.
4. Bisri, Hasan. " *Perlindungan Sistem Distribusi* ", Diktat kuliah.
5. Soekarto, J. " *Pengaman Sistem Distribusi* ", Diklat PLN Pusat.
6. Soekarto, J. " *Proteksi Sistem Distribusi* ", Diklat PLN Pusat.
7. PT. PLN Unit Pendidikan dan Pelatihan, " *Pelaksana Uji Relai Proteksi Modul* 1 ", Diklat.
8. PT. PLN ( PERSERO ), " *Simpatitik Trip Penyulang 20 KV* ", Diklat.

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO D-III

# LEMBAR ASISTENSI BIMBINGAN TUGAS AKHIR

NAMA :Eko Wahyu widodo
NIM :0252030
Waktu Bimbingan :12/22/2005 sd 6/22/2006
Judul :
Analisa Penggunaan Relai Hubung Tanah untuk Sistem 20 KV di Gardu Induk Blimbing Malang

| NO | TANGGAL | MATERI | PARAF |
|---|---|---|---|
| 1 | 15/12 05 | Tulskan bab IV | Ah |
| 2 | 18/12 05 | Lanjutkan bab IV Kesimpulan | Ah |
| 3 | 11/jan 06 | Kesimpulan bempar Angka dan Sinkronkan dengan tujuan. | Ah |
| 4 | 20/jan 06 | Lanjutkan bab III | Ah |
| | | Revisi final 27 Pemulisan Tabel | Ah |
| 5 | 30/jan 06 | Lanjutkan ke bab IV | Ah |
| 6 | 06/02 06 | gambar 2.4 dipperjelas | Ah |
| 7 | 12/02 06 | Lanjutkan bab V | Ah |
| 8 | 26/02 06 | Lengkapi daftar isi, no halaman | Ah |
| 9 | 17/03 06 | Acc menyelusi ujian | Ah |

Malang, 20

Mengetahui
Dosen Pembimbing

( Ir. H. Taufik Hidayat, MT )

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO D-III**
**PROGRAM STUDI ENERGI LISTRIK**

# PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Nama : Eko Wahyu Widodo
Nim : 02.52.030
Jurusan : Teknik Elektro ST D-III
Program studi : Energi Listrik
Hari/ Tgl ujian : Jum'at/ 24 maret 2006

| No. | Materi Perbaikan | Paraf |
|---|---|---|
| 1. | - Harap dicek lagi kesimpulan no 2 ? | |

Malang, 1 April 2006

Dosen Penguji I

(Ir. TEGUH HERBASUKI, MT)

Dosen Penguji II

(Ir. CHOIRUL SALEH, MT)

Mengetahui Dosen Pembimbing

(Ir. H. TAUFIK HIDAYAT, MT)

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO D-III**
**PROGRAM STUDI ENERGI LISTRIK**

# BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR
# FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

| | |
|---|---|
| Nama Mahasiswa | : Eko Wahyu Widodo |
| Nim | : 02.52.030 |
| Jurusan | : Teknik Elektro D-III |
| Kosentrasi | : Energi Listrik |
| Judul Tugas Akhir | : Analisa Penggunaan Relai Hubung Tanah untuk Sistem 20 KV di GI Blimbing. |

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Tugas Akhir Diploma (D-III) pada:

Hari : Jum'at

Tanggal : 24 maret 2006

Dengan Nilai : 79,00 (B) ✓

Panitia Ujian Tugas Akhir

(Ir. Mochtar Asroni, MSME)
Ketua

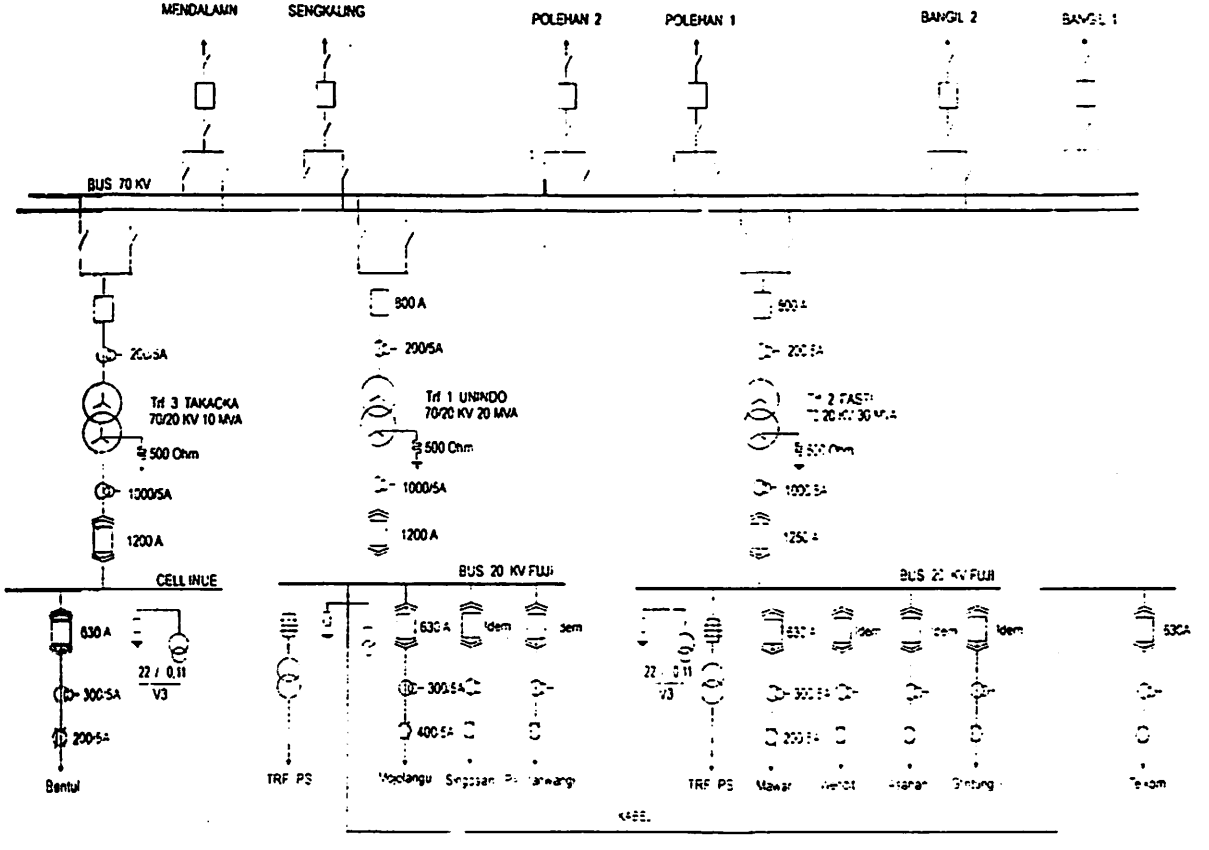
(Ir. Choirul Saleh, MT)
Sekretaris

Anggota Penguji

(Ir. H. Teguh Herbasuki, MT)
Pertama

(Ir. Choirul Saleh, MT)
Kedua

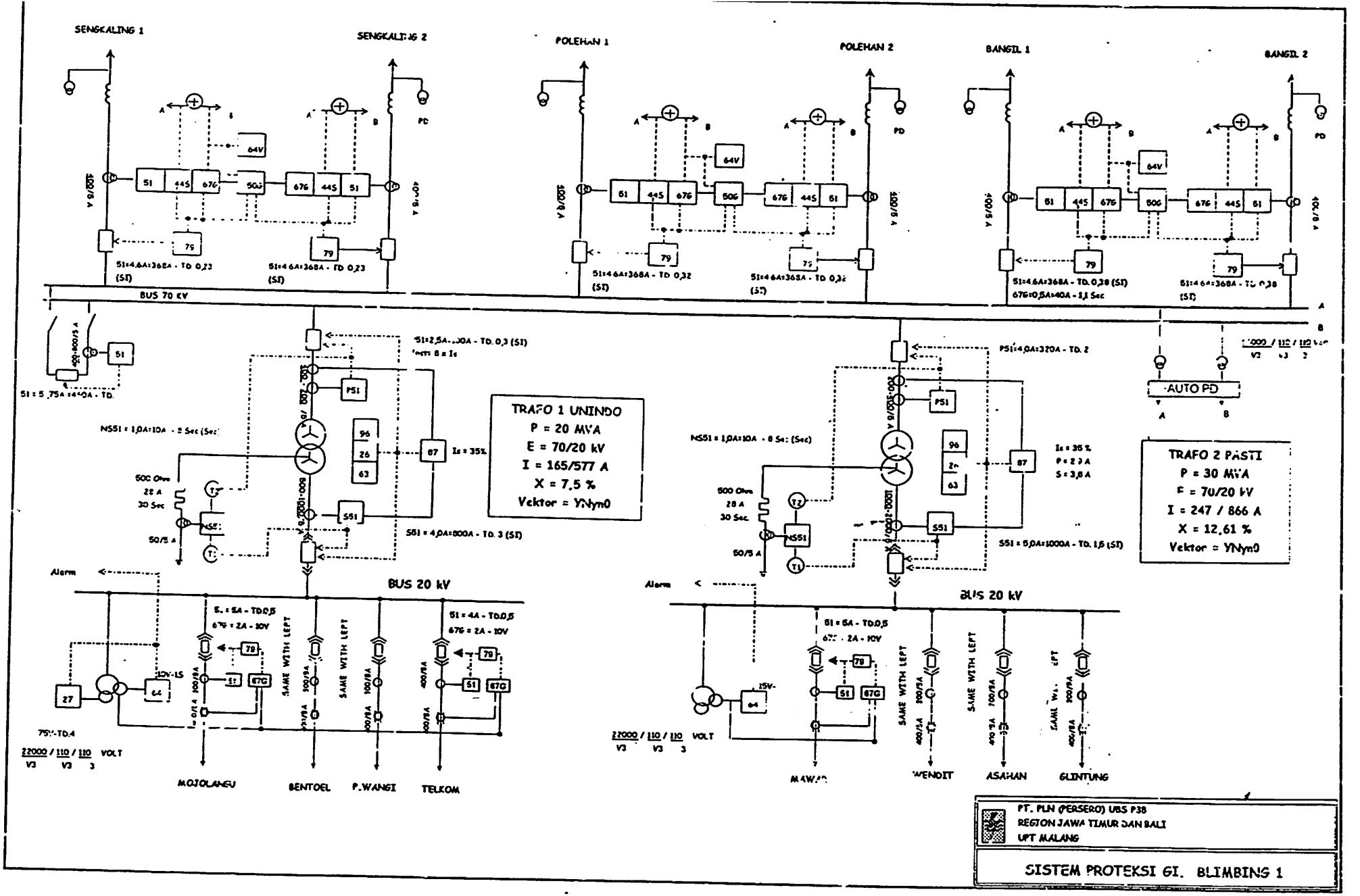
# LAMPIRAN




PT. PLN (PERSERO)
DISTRIBUSI JAWA TIMUR
AREA PENGATUR DISTRIBUSI

GI. BLIMBING

REVISI TGL. 24 APRIL 2005


SENGKALING 1
SENGKALING 2
POLEHAN 1
POLEHAN 2
BANGIL 1
BANGIL 2
BUS 70 KV
TRAFO 1 UNINDO
P = 20 MVA
E = 70/20 kV
I = 165/577 A
X = 7,5 %
Vektor = YNyn0
TRAFO 2 PASTI
P = 30 MVA
E = 70/20 kV
I = 247 / 866 A
X = 12,61 %
Vektor = YNyn0
AUTO PD
BUS 20 kV
BUS 20 kV
Alarm
Alarm
MOJOLANGU
BENTOEL
P.WANGI
TELKOM
WENDIT
ASAHAN
GLINTUNG
PT. PLN (PERSERO) UBS P3B
REGION JAWA TIMUR DAN BALI
UPT MALANG
SISTEM PROTEKSI GI. BLIMBING 1

27 Juli 2001