

**SKRIPSI**

**IMPLEMENTASI PENGGUNAAN SISTEM *GROUNDING* GENERATOR  
MENGUNAKAN NGR (*NEUTRAL GROUNDING RESISTANCE*)  
UNTUK MEREDUKSI ARUS GANGGUAN 1 FASA KE TANAH  
PADA PLTD BALIKPAPAN**



**Disusun oleh :**

**HENDRA DWI PRAYITNO**

**NIM 13.12.017**

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2017**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**IMPLEMENTASI PENGGUNAAN SISTEM *GROUNDING*  
GENERATOR MENGGUNAKAN NGR(*NEUTRAL GROUNDING  
RESISTANCE*) UNTUK MEREDUKSI ARUS GANGGUAN 1 FASA KE  
TANAH PADA PLTD BALIKPAPAN**

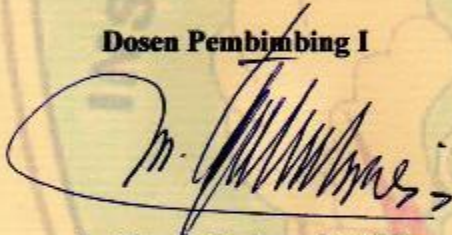
**SKRIPSI**

*Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan  
guna mencapai gelar Sarjana Teknik*

**Disusun Oleh:**

**HENDRA DWI PRAYITNO  
NIM. 13.12.017**

**Dosen Pembimbing I**



**Ir. Teguh Herbasuki, MT**  
NIP. Y. 1038900209

**Dosen Pembimbing II**



**Ir. Taufik Hidayat, MT**  
NIP.Y. 10187000151

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1**



**Dr. Irine Budi Sulistiawati, ST, MT**  
NIP. 197706152005012002

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2017**

## ABSTRAK

### IMPLEMENTASI PENGGUNAAN SISTEM GROUNDING GENERATOR MENGUNAKAN NGR (*NEUTRAL GROUNDING RESISTOR*) UNTUK MEREDUKSI ARUS GANGGUAN 1 FASA KE TANAH PADA PLTD BALIKPAPAN

**Hendra Dwi Prayitno, NIM: 1312017**

**Dosen Pembimbing I : Ir.Teguh Herbasuki, MT**

**Dosen Pembimbing I : Ir.Taufik Hidayat, MT**

Gangguan arus hubung singkat (1 fasa ketanah) pada generator yang tinggi dapat mengakibatkan generator terganggu dan berbahaya dengan sistem pentanahan (*solid*) *grounding* yang masih digunakan pada PLTD Gunung Malang Balikpapan terlihat dari hasil simulasi *ETAP* sebesar 6,62 KA untuk generator 1-2 (*siemens*) dan 6,66 KA untuk generator 3-6 (*smith*) dengan hasil tersebut gangguan arus hubung singkat (1 fasa ketanah) bisa mengakibatkan busur listrik (*arcfault*) yang dapat mengakibatkan terbakarnya stator pada generator dan sangat berbahaya bagi generator dengan melakukan pergantian sistem pentanahan menggunakan NGR (*neutral grounding resistance*) arus gangguan hubung singkat (1 fasa ke tanah) dapat di reduksi dengan nilai *resistance* sebesar 7,94  $\Omega$  untuk generator 1-2 (*siemens*) dan 7,21  $\Omega$  untuk generator 3-6 (*smith*) sehingga arus gangguan hubung singkat (1 fasa ketanah) berkisar 454 A untuk generator 1-2 (*siemens*) dan 499 A untuk generator 3-6 (*smith*) maka dari itu pergantian sistem pentanahan menggunakan NGR (*neutral grounding resistance*) sangat di perlukan untuk dapat menanggulangi jika terjadi arus gangguan hubung singkat (1 fasa ke tanah) yang begitu besar yang bisa kapan saja terjadi dan membahayakan bagi lingkungan sekitar dan generator.

Kata kunci : (*solid*) *grounding*, NGR (*neutral grounding resistance*), generator

**THE IMPLEMENTATION OF GENERATOR GROUNDING  
SYSTEM USING NGR (NEUTRAL GROUNDING RESISTORS) TO  
REDUCE SINGLE PHASE TO GROUND FAULT AT DIESEL  
POWER PLANT IN BALIKPAPAN**

**Hendra Dwi Prayitno**

**Lecturer I : Ir.Teguh Herbasuki, MT**

**Lecturer II : Ir.Taufik Hidayat, MT**

Departement Of Electrical Engineering S-1, Concentration Of Electrical Energy

The Faculty Industrial Technology, National Institute Of Technolgy Malang

Jl. Raya Karanglo Km 2 Malang

E-mail : [hendradprayitno@gmail.com](mailto:hendradprayitno@gmail.com)

*Single phase to ground fault on a high generator could interfere with the generator work and cause danger especially on an effective grounding system (solid) used in Gunung Malang Diesel Power Plant, Balikpapan. This could be seen from the results of ETAP simulation, i.e., 6.62 KA for generator 1-2 (Siemens) and 6.66 KA for generator 3-6 (Smith). Based on these results, it could be concluded that single phase to ground fault might result in the occurrence of arcfault which would cause the stator on the generator to burn and thus, it might damage the generator. By changing the grounding system using NGR (neutral grounding resistance), the single phase to ground fault can be reduced with the resistance value of 7.94  $\Omega$  for generator 1-2 (Siemens) and 7.21  $\Omega$  for generator 3-6 (Smith). Thus, the value of single phase to ground fault obtained was around 454 A for generator 1-2 (Siemens) and 499 A for generator 3-6 (Smith). Therefore, the changing of grounding system using NGR (neutral grounding resistance) was greatly needed to help overcoming the problem faced when large single phase to ground fault occurred, since this single phase to ground fault could occur at any time and might damage the environment and generator.*

*Keywords :(solid) grounding,NGR(neutral grounding resistance),generator*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT berkat rahmat-Nya, sehingga penyusunan laporan skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis menyadari tanpa adanya usaha dan bantuan dari berbagai pihak, maka laporan skripsi ini tidak dapat terselesaikan. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Dr. Ir. Yudi Limpraptono, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Ibu Dr. Irrine Budi Sulistiawati,ST,MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir. Teguh Herbasuki, MT selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Ir. Taufik Hidayat, MT selaku Dosen Pembimbing II.
6. Bapak Budi Santoso selaku Kepala PLTD di PT. PLN Unit Pembangkit Gunung Malang Balikpapan.
7. Bapak Mubin selaku Teknisi sekaligus Pembimbing di PLTD PT. PLN Unit Pembangkit Gunung Malang Balikpapan.
8. Orang tua dan teman-teman yang sudah membantu penulis baik itu dalam bentuk materi dan dukungan doa yang selalu menyertai penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan pada laporan skripsi ini, oleh karena itu mengharapkan saran dan kritik yang membangun guna perbaikan di masa yang akan datang. Akhir kata semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat.

Malang, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Metodologi Pemecahan Masalah .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Generator Sinkron .....	5
2.1.1 PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) .....	6
2.2 Prinsip Kerja Generator Sinkron .....	6
2.2.1 PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) Gunung Malang Balikpapan .....	7
2.3 Stabilitas <i>Transien</i> .....	8
2.4 Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik .....	9
2.5 Gangguan Simetris .....	9
2.6 Gangguan Asimetris .....	11
2.6.1 Gangguan Satu Fasa Ke Tanah .....	12

2.6.2 Gangguan Dua Fasa Hubung Singkat .....	13
2.6.3 Gangguan Tiga Fasa Ketanah .....	14
2.7 Pentanahan Secara Umum .....	15
2.7.1 Pentanahan melalui tahanan ( <i>resistance grounding</i> ) .....	16
2.7.2 Pentanahan melalui reactor ( <i>reactor grounding</i> ) .....	16
2.7.3 Pentanahan tanpa impedansi ( <i>solid grounding</i> ) .....	16
2.7.4 Pentanahan efektif ( <i>effective grounding</i> ) .....	17
2.7.5 Pentanahan dengan reaktor yang impedansinya dapat berubah- ubah ( <i>resonant grounding</i> ) atau petanahan dengan kumparan petersen .....	17
2.8 Sistem Proteksi Tenaga Listrik .....	18
2.8.1 Fungsi Sistem Proteksi .....	18
2.9 <i>Neutral Grounding Resistor (NGR)</i> .....	18
2.9.1 <i>Low Resistance Grounding</i> .....	20
2.9.2 <i>High Resistance Grounding</i> .....	20
2.10 Perhitungan Arus Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah .....	20
2.11 <i>Software Electrical Transient Analyzer Program</i> .....	20
2.11.1 Metode Hubung-Singkat ( <i>short-circuit</i> ) Pada <i>Etap Power</i> <i>Station</i> .....	21

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Metode .....	23
3.2 Pengumpulan Data .....	23
3.3 Teknik Pengumpulan Data .....	23
3.3.1 Observasi Lapangan .....	23
3.3.2 Wawancara .....	23
3.3.3 Studi Literatur .....	24
3.4 Pengolahan Data .....	24

3.4.1 Pengelompokan Data .....	24
3.5 Data Generator PLTD Gunung Malang Balikpapan.....	24
3.6 <i>Software ETAP Power Station</i> .....	25
3.7 Perancangan Simulasi Menggunakan <i>Software ETAP Power Station</i> .....	27
3.8 Masukan Data Generator Pada <i>Software Etap Powerstation</i> .....	28
3.9 Masukan Data Transformator Pada <i>Software Etap Powerstation</i> .....	29
3.10 Metode Hubung-Singkat ( <i>Short-Circuit</i> ) .....	30
3.11 Metode Pentanahan <i>Efektiv(solid) Grounding</i> .....	31
3.12Metode pentanahan titik netral melalui tahanan ( <i>resistance grounding</i> ).....	32
3.13 Algoritma Simulasi pada <i>Software ETAP Power Station</i> .....	33
3.14 <i>Flowchart</i> Penyelesaian Masalah.....	34

#### **BAB IV ANALISIS HASIL**

4.1 Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat Gangguan 1 Phasa Ketanah.....	35
4.1.1 Perhitungan Arus Hubung Singkat Gangguan 1 Phasa Ketanah Pada Generator 1-2 Merk ( <i>siemens</i> ) .....	35
4.1.2 Perhitungan Arus Hubung Singkat Gangguan 1 Phasa Ketanah Pada Generator 3-6 Merk ( <i>smith</i> ) .....	36
4.2 <i>Running Short-Circuit</i> Menggunakan Pentanahan <i>Grounding (Solid)</i> .....	36
4.3 Perhitungan Nilai <i>Resistance</i> (NGR) .....	39
4.3.1 Nilai (NGR) <i>Neutral Grounding Resistance</i> Pada Generator 1- 2 Merk <i>Siemens</i> .....	39
4.3.2 Nilai (NGR) <i>Neutral Grounding Resistance</i> Pada Generator 3- 6 Merk <i>Smith</i> .....	40
4.4 Perhitungan Nilai Arus Hubung Singkat Gangguan 1 Phasa Ketanah Menggunakan <i>Resistance</i> (NGR) .....	42
4.4.1 Perhitungan Arus Hubung Singkat Gangguan 1 Phasa Ketanah Pada Generator 1-2 Merk ( <i>siemens</i> ) Menggunakan <i>Resistance</i> (NGR) .....	42



4.4.2 Perhitungan Arus Hubung Singkat Gangguan 1 Phasa Ketanah Pada Generator 3-6 Merk( <i>smith</i> ) Menggunakan <i>Resistance</i> (NGR) .....	42
--	----

4.5 Hasil <i>Running Short-Circuit</i> Menggunakan <i>Resistance</i> (NGR) <i>Neutral Grounding Resistance</i> .....	43
--	----

## **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	44
5.2 Saran.....	44

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Generator.....	5
Gambar 2.2 Struktur Pltd .....	6
Gambar 2.3 Cara Kerja Generator Sinkron .....	7
Gambar 2.4 Ruang Generator Pltd Gunung Malang Balikpapan .....	8
Gambar 2.5 Gangguan Simetris.....	10
Gambar 2.6 Jenis Gangguan Simetris.....	10
Gambar 2.7 Gangguan Asimetris.....	12
Gambar 2.8 Gambar Satu Fasa Ke Tanah.....	12
Gambar 2.9 Rangkaian Ekuivalen Gangguan Satu Fasa Ketanah .....	13
Gambar 2.9 Gambar Rangkaian Dua Fasa Hubung Singkat .....	13
Gambar 2.10 Rangkaian Ekuivalen Gangguan Dua Fasa Ketanah .....	14
Gambar 2.10 Rangkaian Tiga Fasa Ke Tanah .....	14
Gambar 2.11 Rangkaian Ekuivalen Gangguan 3 Fasa Ketanah .....	15
Gambar 2.11 Rangkaian Pentanahan <i>Resistance</i> .....	16
Gambar 2.12 Rangkaian Pentanahan <i>Solid</i> .....	17
Gambar 2.13 Rangkain Pentanahan <i>Efektif</i> .....	17
Gambar 2.14 Rangkain Pentanahan <i>Petersen</i> .....	18
Gambar 2.15 Skema <i>Neutral Grounding Resistance</i> .....	19
Gambar 2.16 <i>Neutral Grounding Resistance</i> .....	19
Gambar 2.17 <i>IconRunning Short Circuit</i> .....	21
Gambar 2.18 <i>Icon Study Case Short Circuit</i> .....	21
Gambar 3.1 TampilanProgram <i>Etap Power Station</i> .....	27
Gambar 3.2 <i>Single Line</i> Diagram PT.PLN Unit Pembangkit PLTD Gunung Malang Balikpapan .....	27
Gambar 3.4 <i>Input Data Generator Merk Smith</i> .....	29

Gambar 3.5 <i>Input Data Transformator</i> .....	30
Gambar 3.6 Sistem Pentanahan( <i>Solid</i> ) .....	31
Gambar 3.7 Sistem Pentanahan ( <i>Resistance Grounding</i> ).....	32
Gambar 3.8 <i>Flow Chart</i> Penyelesaian Masalah.....	34
Gambar 4.2 <i>Setting Grounding Generator</i> Menggunakan <i>Resistance</i> .....	40
Gambar 4.3 <i>Setting Grounding Generator</i> Menggunakan <i>Resistance</i> .....	41
Gambar 4.4 Hasil <i>Runing</i> Simulasi <i>Short Circuit</i> Menggunakan Pentanahan <i>Resistance</i> (NGR) Pada Generator <i>Siemens</i> Dan <i>Smith</i> .....	44

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Generator <i>Siemens</i> .....	24
Tabel 3.2 Data Generator <i>Smith</i> .....	25
Tabel 3.3 Data Rating <i>Transformator</i> .....	25
Tabel 4.1 Data Generator.....	36
Tabel 4.2 Hasil <i>short-circuit</i> menggunakan <i>grounding</i> .....	38
Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Perhitungan Dan Simulasi Besar Arus Gangguan Pada Generator Dengan Pentanahan <i>Grounding (Solid)</i> .....	38
Tabel 4.4 Nilai <i>Resistance(NGR)</i> .....	41
Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Perhitungan Dan Simulasi Besar Arus Gangguan Pada Generator Dengan Pentanahan <i>Resistance(NGR)</i> .....	44
Tabel 4.6 Hasil Pentanahan Sistem( <i>solid</i> )Dan <i>Resistance(NGR)</i> .....	45

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Generator merupakan suatu peralatan yang berperan penting dalam proses atau tahapan pembangkit tenaga listrik. Hal ini dikarenakan generator mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Kontinuitas dari operasi generator ini harus terjaga dengan baik sehingga pasokan energi listrik yang dihasilkan oleh generator tidak terganggu karena jika sebuah generator terganggu akan sangat berpengaruh pada sistem kerja generator sehingga tidak bisa secara maksimal dalam menyediakan energi listrik yang dibutuhkan.

Dalam suatu generator pasti membutuhkan sistem pentanahan titik netral yang handal. Hal ini dimaksudkan untuk membatasi arus gangguan yang terjadi pada saat gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah (*line to ground*) yang akan berakibat buruk pada sistem peralatan dan juga pada sistem generator itu sendiri. Selain itu perlu juga diperhatikan tahanan sentuh dan tahanan langkah yang terjadi akibat arus gangguan tersebut yang sangat berbahaya bagi keselamatan manusia yang berada di sekitar area pembangkit.

Implementasi pentanahan NGR (*neutral grounding resistor*) pada generator untuk mengurangi arus satu fasa ke tanah (*line to ground*) yang terjadi akibat berbagai macam gangguan yang mengenai generator yang menimbulkan bahaya pada generator dan juga menimbulkan arus *transient* yang terjadi akibat adanya arus satu fasa ke tanah (*line to ground*) yang sangat mengurangi kinerja dari generator itu sendiri.

Pada penelitian ini merupakan studi yang menganalisa implementasi NGR (*neutral grounding resistor*) bagaimana sehingga bisa menjaga generator dari arus gangguan 1 fasa ke tanah yang bisa berimbas buruk pada sistem kerja generator yang ada pada PLTD Gunung Malang Balikpapan karena sistem pentanahan yang terdapat di unit generator PLTD Gunung Malang Balikpapan masih menggunakan sistem pentanahan *solidgrounding* yang masih kurang baik dalam mereduksi arus gangguan 1 fasa ke tanah pada generator.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan diatas, maka timbul beberapa perumusan masalah, antara lain:

1. Bagaimana menentukan besarnya arus gangguan yang terjadi pada generator akibat gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah ?
2. Bagaimana menentukan besarnya nilai *resistance* pada sistem grounding menggunakan NGR(*neutral grounding resistor*) ?

Sehubungan dengan rumusan masalah di atas maka skripsi ini di beri judul:

**“IMPLEMENTASI PENGGUNAAN SISTEM GROUNDING  
GENERATOR MENGGUNAKAN NGR(*NEUTRAL GROUNDING  
RESISTANCE*) UNTUK MEREDUKSI ARUS GANGGUAN 1 FASA KE  
TANAH PADA PLTD BALIKPAPAN”**

## 1.3 Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang di kemukakan di atas, maka tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah:

1. Menentukan besar nya arus gangguan hubung singkat 1 phasa ke tanah saat menggunakan sistem pentanahan solid dan *resistor*.
2. Menentukan besar nya nilai NGR(*neutral grounding resistor*) yang di gunakan untuk dapat mereduksi arus gangguan hubung singkat 1 phasa ke tanah.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini perlu di lakukan untuk efektif dan fokus pada topik yang akan di bahas. Adapun batasan masalah tersebut adalah

1. Metode yang digunakan untuk analisa arus gangguan yaitu metode *neutral grounding resistance*.
2. Jenis gangguan yang dianalisa adalah gangguan arus hubung singkat 1 phasa ke tanah.
3. Analisa dilakukan pada unit pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) Gunung Malang balikpapan.
4. Analisa menggunakan *software ETAP Power Station*, dengan *Analysis short-circuit*.

## 1.5 Metodologi Pemecahan Masalah

Metode yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah :

### 1. Kajian Literatur

Yaitu mempelajari teori-teori yang tercantum dalam sebuah literatur yang berhubungan dengan permasalahan.

### 2. Pengambilan Data

Dalam penelitian ini, pengambilan data dilakukan pada PT. PLN (Persero) unit pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) wilayah kota Balikpapan.

### 3. Metode yang digunakan dalam menganalisis arus gangguan 1 phasa ke tanah pada generator pembangkit dengan menggunakan sistem NGR (*Neutral Grounding Resistor*), yaitu :

- Mengetahui arus gangguan 1 phasa ke tanah yang timbul
  - Mencari efek apa yang di timbulkan dari timbul nya arus gangguan 1 phasa ke tanah pada generator pembangkit
  - menghitung nilai *resistance* yang di gunakan pada NGR (*Neutral Grounding Resistor*) untuk dapat mereduksi arus gangguan yang terjadi pada generator.
- ### 4. Melakukan simulasi penambahan NGR(*Neutral Grounding Resistor*) pada software ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program*)
- ### 5. Menganalisa hasil dari penggunaan sistem NGR(*Neutral Grounding Resistor*) pada generator pembangkit.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistem dari pembahasan di dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan

### **BAB II : LANDASAN TEORI**

Bab ini menjelaskan teori dasar mengenai generator dan teori sistem pentanahan

### **BAB III : METODA PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan tentang metode penelitian yang berisi tentang metode NGR (*neutral grounding resistor*) untuk mereduksi arus gangguan.

#### **BAB IV : ANALISIS HASIL**

Bab ini akan menjelaskan hasil perhitungan dan simulasi yang telah dilakukan pada generator yang telah menggunakan NGR(*netral grounding resistor*)

#### **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini akan memberikan tinjauan menyeluruh mengenai sistem yang dibahas. Semuanya di rangkum dalam bentuk kesimpulan akhir dan saran-saran yang dapat menjadi bahan pertimbangan untuk sistem pentanahan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**



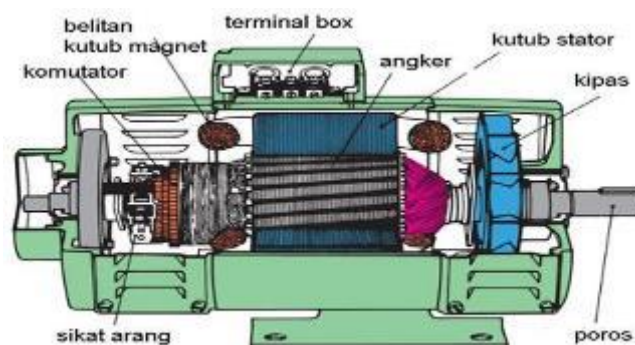
## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1 Generator Sinkron<sup>[1]</sup>

Generator arus bolak-balik berfungsi mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik arus bolak-balik. Generator arus bolak-balik sering juga di sebut sebagai altenator, generator AC (*alternative current*), atau generator sinkron. Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron ini di hasil kan dari kecepatan putar rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama denga putar pada stator. Mesin ini tidak dapat di jalan sendiri karena kutub-kutub rotor tidak dapat tiba-tiba mengikuti kecepatan medan putar pada waktu sakelar terhubung dengan jala-jala.

Generator sinkron sering kita jumpai pada pusat-pusat pembangkit energi listrik (dengan kapasitas yang telatif besar). Misal nya, pada PLTD, PLTU, PLTA dan juga pada sektor idustri lain nya. Selain generator dengan kapasitas yang besar kita juga sering menjumpai generator yang berkapasitas kecil, misalnya generator yang digunakan untuk penerangan masyarakat atau saat *emergency* yang sering kita sebut dengan genset(generator set).

Perbedaan prinsip generator DC dan generator AC adalah letak kumparan jangkar dan kumparan statornya. Pada generator DC, kumparan jangkar terletak di bagian rotor dan kumparan medan magnet terletak pada bagian statornya. Sedangkan generator AC, kumparan jangkar terletak pada bagian statornya dan kumparan medan magnet terletak pada bagian rotornya.



Gambar 2.1 Generator

### 2.1.1 PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel)

Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) ialah Pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak mula (prime mover). Prime mover merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator. Mesin diesel sebagai penggerak mula PLTD berfungsi menghasilkan tenaga mekanis yang dipergunakan untuk memutar rotor generator. Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik dalam jumlah beban kecil, terutama untuk daerah baru yang terpencil atau untuk listrik pedesaan dan untuk memasok kebutuhan listrik suatu pabrik.



Gambar 2.2 Struktur PLTD

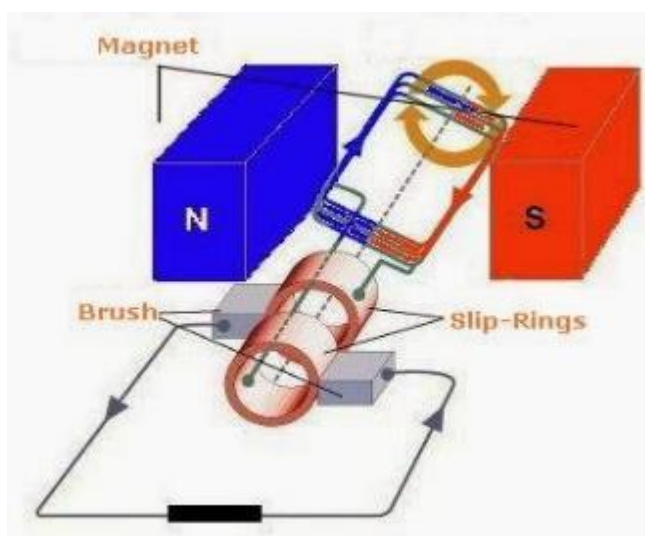
### 2.2 Prinsip Kerja Generator Sinkron<sup>[4]</sup>

Jika kumparan rotor yang berfungsi sebagai pembangkit kumparan medan magnet yang terletak di antara kutub magnet utara dan selatan di putar oleh *prime mover*, maka pada kumparan rotor akan timbul medan magnet atau fluks yang bersifat bolak-balik atau fluks putar. *Fluks* putar ini akan memotong-motong kumparan sehingga pada ujung-ujung kumparan stator timbul gaya gerak listrik (GGL) yang timbul pada kumparan stator juga bersifat bolak-balik, atau berputar dengan kecepatan sinkron terhadap kecepatan putar rotor. Frekuensi listrik yang di hasilkan generator sinkron adalah dengan kecepatan putar generator. Rotor generator sinkron terdiri atas rangkain elektromagnet dengan suplai arus DC. Medan magnet rotor bergerak pada arah putaran rotor. Sehingga antara kecepatan putar medan magnet pada mesin dengan frekuensi elektrik pada stator adalah.

$$f = \frac{n}{60} \times \frac{P}{2} \quad (2.1)$$

Dimana :     f     = Frekuensi listrik (Hz)  
               N     = Kecepatan putar rotor(Rpm)  
               P     = Jumlah pasang kutub

Oleh karena rotor berputar pada kecepatan yang sama dengan medan magnet, persamaan di atas juga menunjukkan hubungan antara kecepatan rotor dengan frekuensi listrik yang di hasilkan. Agar daya listrik di bangkitkan tetap pada frekuensi 50Hz atau 60Hz, maka generator harus berputar pada kecepatan tetap atau stabil dengan jumlah kutub mesin yang telah di tentukan. Sebagai contoh membangkitkan 60Hz pada dua mesin kutub, rotor arus berputar dengan kecepatan 3600 rpm. Untuk membangkitkan daya 50Hz pada mesin empat kutub, rotor harus berputar pada 1500 rpm.



Gambar 2.3 Cara Kerja Generator Sinkron

### 2.2.1 PLTD(Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) Gunung Malang Balikpapan

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Gunung Malang Balikpapan yang terletak di jalan Gunung Malang Balikpapan ini adalah PLTD pertama yang ada di kota Balikpapan yang menjadi penyuplai energi listrik yang diperlukan untuk berbagai kebutuhan yang di perlukan masyarakat Balikpapan dan jenis Pembangkit Listrik ini terdiri dari 6 Unit Generator dan sebagai bahan bakar untuk menjalankan Generator maka digunakan Solar jenis (MFO) ada 6 unit Pembangkit Listrik yang terdiri dengan

kapasitas terpasang masing-masing 4 MW(*siemens*) dan 4,04 MW(*smith*) atau  $2 \times 4$  MW(*siemens*)=8 MW dan  $4 \times 4.04$  MW(*smith*)= 16,16 MW.



Gambar 2.4 Ruang Generator PLTD Gunung Malang Balikpapan

### 2.3 Stabilitas *Transient*<sup>[4]</sup>

Stabilitas *Transient* adalah kemampuan dari suatu sistem tenaga untuk mempertahankan sinkronisasi setelah mengalami gangguan besar yang bersifat mendadak selama sekitar satu *swing* (yang pertama) dengan asumsi bahwa pengatur tegangan otomatis (AVR) dan *governor* belum bekerja. Analisis stabilitas *Transient* menggunakan pendekatan model non linear stabilitas *Transient* merupakan fungsi dari kondisi operasi dan gangguan.

Kestabilan *Transient* juga dapat didefinisikan sebagai kemampuan sistem tenaga untuk mencapai kondisi stabil operasi baru yang dapat di terima setelah sistem mengalami sebuah gangguan yang besar dan mendadak. Analisis kestabilan *Transient* menggunakan pendekatan model non linear. Kestabilan *Transient* pada sistem tenaga adalah respon output yang mencapai kondisi operasi *steady state* yang diizinkan dan sistem yang dapat kembali ke posisi semula pada saat sistem mengalami gangguan.

Beragam faktor mempengaruhi stabilitas sistem, seperti kekuatan pada jaringan transmisi di dalam sistem dan saluran pada sistem yang berdekatan, karakteristik pada unit pembangkit termasuk inersia pada bagian yang berputar dan properti listrik seperti reaktansi *Transient* dan karakteristik saturasi magnetik pada besi stator dan rotor faktor penting lainnya adalah kecepatan dimana saluran atau

perlengkapan yang terjadi gangguan dapat di putus (*disconnect*) dan dengan *reclosing* otomatis pada saluran transmisi yang menentukan seberapa cepat saluran dapat beroperasi lagi sebagaimana

pada stabilitas *steady-state*, kecepatan respon pada sistem eksitasi generator merupakan faktor yang penting dalam mempertahankan kan stabilitas *transient* gangguan pada sistem biasanya di ikuti oleh perubahan tegangan yang cepat pada sistem, dan pemulihan kembali tegangan dengan cepat menuju kondisi normal merupakan hal yang penting dalam mempertahankan kan stabilitas.

## 2.4 Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik<sup>[4]</sup>

Gangguan pada sistem tenaga listrik adalah segala macam kejadian yang menyebabkan kondisi pada sistem tenaga listrik menjadi abnormal. Salah satu yang menyebabkan kondisi ini adalah gangguan hubung singkat. Gangguan hubung singkat dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Gangguan simetris , misalnya 3 fasa ke tanah
2. Gangguan tidak simetris(asimetris), misalnya satu fasa ke tanah, hubung singkat dua fasa dan hubung singkat dua fasa ketanah

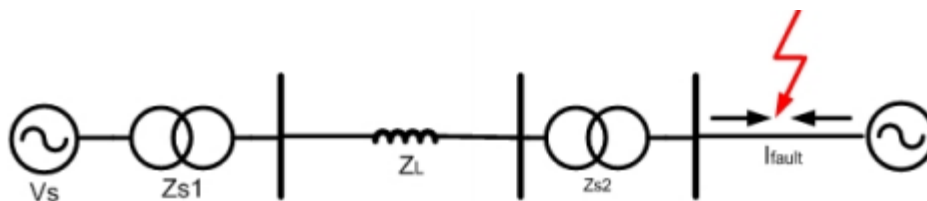
## 2.5 Gangguan Simetris<sup>[4]</sup>

Gangguan simetris merupakan gangguan dimana besar magnitude dari arus gangguan sama pada setiap fasa. Gangguan ini terjadi pada gangguan hubung singkat tiga fasa perhitungan arus gangguan dari di hitung menggunakan persamaan, hanya saja ketika gangguan simetris terjadi ,tidak terjadi busur di karenakan konduktor tidak menyentuh tanah sehingga persamaannya menjadi :

$$I_{fault} = \frac{V_{source}}{Z_s + Z_L} \quad (2.2)$$

Dimana

- $I_{fault}$  : Arus gangguan  
 $V_{source}$  : Tegangan sistem  
 $Z_s$  : Impedansi peralatan sistem  
 $Z_L$  : Impedansi saluran sistem

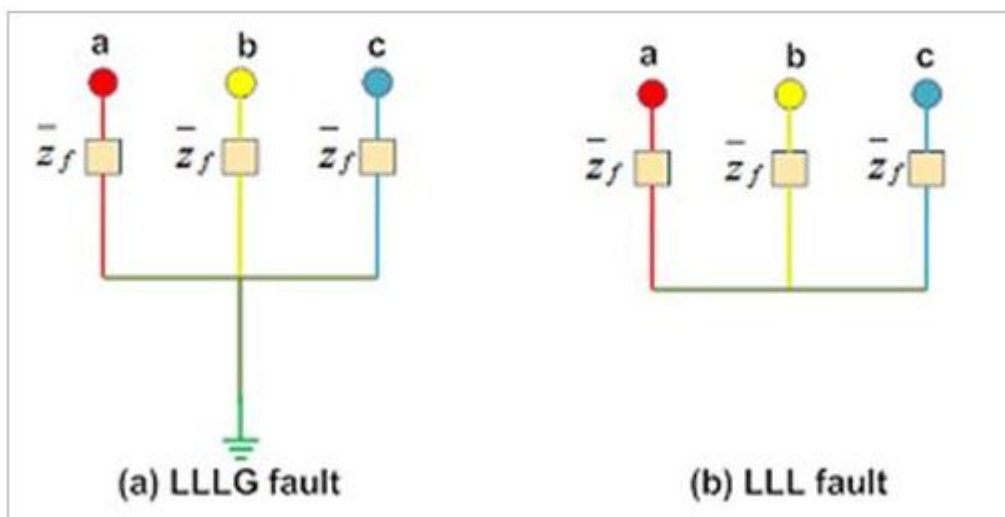


Gambar 2.5 Gangguan Simetris

Pada gambar di atas jika kita ingin mencari besarnya gangguan pada  $I_{fault}$ , maka sesuai dengan persamaan besarnya arus gangguan hubung singkat tiga fasa adalah:

$$I_{fault} = \frac{V_s}{Z_{s1} + Z_L + Z_{s2}} \quad (2.3)$$

Gangguan simetris ini ada dua jenis, yaitu gangguan *line to line to line to ground* (gangguan LLLG/gangguan tiga fasa ke tanah) dan gangguan *line to line to line* (gangguan LLL/gangguan tiga fasa) seperti yang di tunjukan pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Jenis Gangguan Simetris

karena ketiga fasa sama-sama terpengaruh, maka sistem akan tetap seimbang, dan karena inilah gangguannya disebut dengan gangguansimetris karena bisa langsung dianalisa dengan hanya menggunakan satu fasanya saja. Gangguan simetris ini adalah gangguan terparah yang dapat terjadi pada sistem,tapi untungnya gangguan jenis ini sangat jarang terjadi dan hanya sekitar 5% dari gangguan sistem keseluruhan.

## 2.6 Gangguan Asimetris<sup>[4]</sup>

Gangguan ini bisa menyebabkan keadaan seimbang dari rangkaian terganggu disebut dengan gangguan tidak simetris. Jenis gangguan tidak simetris yang paling umum terjadi pada sistem adalah gangguan satu fasa ke tanah (*single line to ground fault/SLG fault*) yang mempunyai frekuensi kejadian sebesar 60 sampai 75% dari semua jenis gangguan yang terjadi pada sistem. Jenis lain dari gangguan tidak seimbang adalah gangguan fasa ke fasa (*line to line fault/ LL fault*) yang mencapai 5 sampai 15% dan gangguan dua fasa ke tanah (*line to line to ground/LLG fault*) yang mencapai 15-25%. Kebanyakan gangguan terjadi di saluran transmisi, dan kebanyakan disebabkan karena pengaruh eksternal seperti petir, angin, cabang pohon, dll, dan di sisi lain, gangguan yang terjadi pada kabel, pemutus tenaga, generator, motor dan transformator juga mempunyai kemungkinan terjadi gangguan asimetris.

Secara umum besarnya arus gangguan di hitung menggunakan rumus :

$$I_{fault} = \frac{V_{source}}{Z_s + Z_L + Z_f} \quad (2.4)$$

Dimana ,

$I_{fault}$  : Arus gangguan

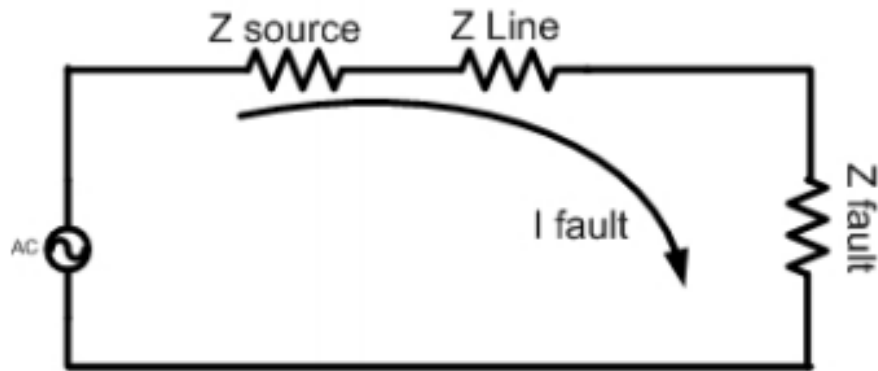
$V_{source}$  : Tegangan sistem

$Z_s$  : Impedansi peralatan sistem

$Z_L$  : Impedansi saluran sistem

$Z_f$  : Impedansi gangguan misalnya : busur, tahanan tanah

Titik dimana konduktor menyentuh tanah selama gangguan biasanya di sertai dengan sebuah busur (*arc*). Busur ini bersifat resistif, namun resistansi busur besarnya sangat beragam. Resistansi gangguan besarnya tergantung resistansi busur serta tahanan tanah ketika terjadi gangguan ketanah.

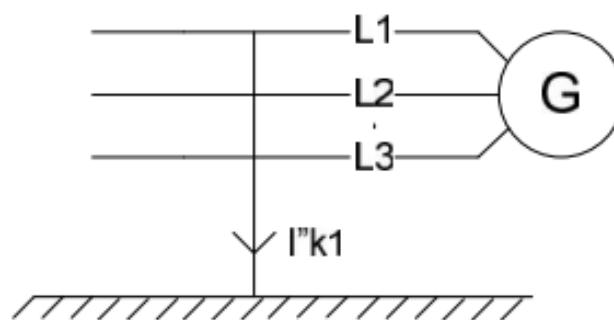


Gambar 2.7 Gangguan Asimetris

Kebanyakan gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan tidak simetris. Pada gangguan ini magnitude dari tegangan serta arus yang mengalir pada setiap fasa berbeda, gangguan Asimetris antara lain adalah :

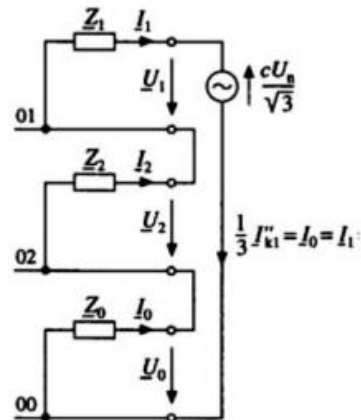
### 2.6.1 Gangguan Satu Fasa Ke Tanah<sup>[3]</sup>

Gangguan satu fasa ke tanah terjadi ketika sebuah fasa dari sistem tenaga listrik terhubung singkat dengan tanah dan bisa berakibat timbulnya bunga api dan merusak inti besi dan ini adalah kerusakan yang perbaikannya harus di lakukan secara total gangguan seperti ini harus segera di proteksi untuk menjaga keamanan dan kinerja suatu sistem tenaga listrik.



Gambar 2.8 Gambar Satu Fasa Ke Tanah





Gambar 2.9 Rangkaian Ekivalen Gangguan Satu Fasa Ketaanah

Untuk menghitung nilai arus gangguan hubung singkat satu fasa ketaanah dapat menggunakan persamaan berikut.

$$I''_{k1} = \frac{\sqrt{3} c \cdot U_n}{2Z_1 + Z_0} \quad (2.5)$$

Dimana :  $c$  = Faktor Tegangan = 1.05

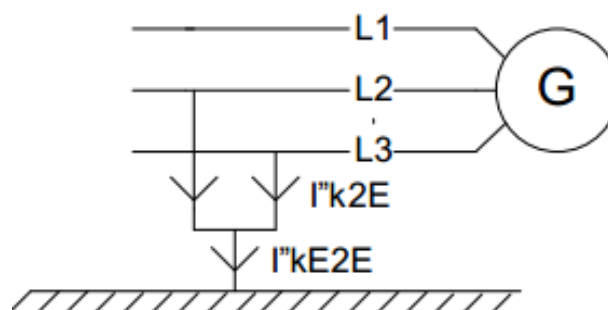
$U_n$  = Tegangan Nominal

$Z_1$  = Impedansi Urutan Positif

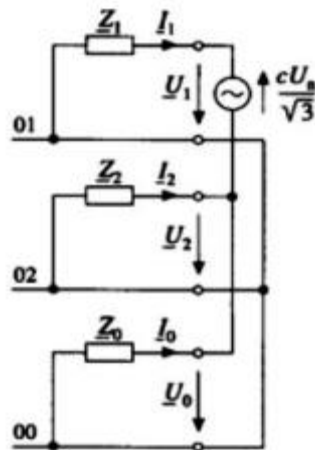
$Z_0$  = Impedansi Urutan Nol

### 2.6.2 Gangguan Dua Fasa Hubung Singkat<sup>[3]</sup>

Gangguan hubung singkat 2 fasa (*unbalance fault*) dan gangguan hubung singkat 2 fasa ke tanah dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan pada belitan, dan akan menimbulkan vibrasi pada kumparan stator, selain itu kerusakan lain yang timbul adalah pada poros (*shaft*) dan kopling turbin akibat adanya momen puntir yang besar.



Gambar 2.9 Gambar Rangkaian Dua Fasa Hubung Singkat



Gambar 2.10 Rangkaian Ekuivalen Gangguan Dua Fasa Ketanah

Untuk menghitung nilai arus gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah dapat menggunakan persamaan berikut.

$$I''_{kE2E} = \frac{\sqrt{3} \cdot c \cdot U_n}{Z_1 + 2Z_0} \quad (2.6)$$

Dimana :  $c$  = Faktor Tegangan = 1.05

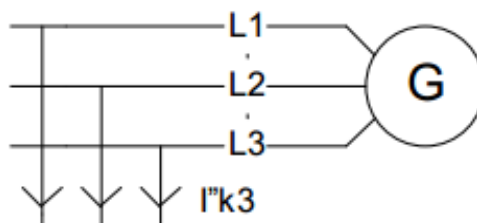
$U_n$  = Tegangan Nominal

$Z_1$  = Impedansi Urutan Positif

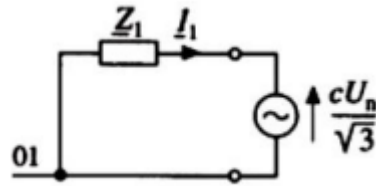
$Z_0$  = Impedansi Urutan Nol

### 2.6.3 Gangguan Tiga Fasa Ketanah<sup>[3]</sup>

Gangguan dua fasa ke tanah terjadi ketika dua buah fasa dari sistem tenaga listrik terhubung singkat dengan tanah.



Gambar 2.10 Rangkaian Tiga Fasa Ke Tanah



Gambar 2.11 Rangkaian Ekuivalen Gangguan 3 Fasa Ketanah

Untuk menghitung nilai arus gangguan tersebut dapat menggunakan persamaan berikut.

$$I'_{k3} = \frac{c U_n}{\sqrt{3} Z_1} \quad (2.7)$$

Dimana :c=Faktor Tegangan =1.05

$U_n$ = Tegangan Nominal

$Z_1$ = Impedansi Urutan Positif

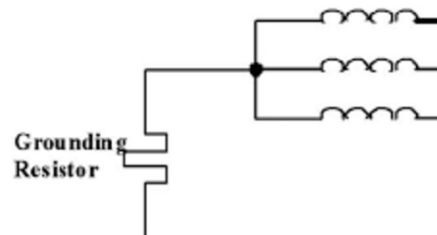
## 2.7 Pentanahan Secara Umum<sup>[1]</sup>

Sampai kira-kira tahun 1910, sistem tenaga listrik tidak di ketanahkan. Hal itu dapat di mengerti karena pada waktu itu sistem tenaga listrik masih kecil jadi bila ada gangguan phasa ke tanah (*line to ground*) arus gangguan masih kecil, dan biasanya kurang dari 5 ampere. Pada umumnya bila arus gangguan itu sebesar 5 ampere atau lebih kecil busur listrik yang timbul pada kontak- kontak antara kawat yang terganggu dan tanah masih dapat padam sendiri. Tetapi seiring perkembangan jaman sistem tenaga listrik sudah sangat maju dengan pesat baik dari panjang saluran begitu juga dengan tegangannya. Dengan demikian arus yang timbul bila terjadi gangguan tanah makin besar dan busur listrik itu tidak dapat lagi padam dengan sendirinya. Tambahan lagi gejala-gejala busur tanah atau *arcing grounds* semakin menonjol. Gejala busur tanah adalah proses terjadinya pemutusan (*clearing*) dan pukul-ulang (*restriking*) dari busur listrik secara berulang-ulang. Gejala ini sangat berbahaya karena dapat menimbulkan tegangan lebih sesaat atau *transien* yang tinggi dan dapat merusak peralatan listrik.

Maka dari itu sekarang banyak metode pentanahan yang bisa menjaga keamanan sistem tenaga listrik yang semakin berkembang Dan berikut adalah contoh-contoh pentanahan netral dari sistem tenaga listrik adalah.

### 2.7.1 Pentanahan melalui tahanan (*resistance grounding*)<sup>[7]</sup>

Pentanahan titik netral melalui tahanan (*resistance grounding*) dimaksud adalah suatu sistem yang mempunyai titik netral dihubungkan dengan tanah melalui tahanan (*resistor*). Pada umumnya nilai tahanan pentanahan lebih tinggi dari pada reaktansi sistem pada tempat dimana tahanan itu dipasang. Sebagai akibatnya besar arus gangguan fasa ke tanah pertama-tama dibatasi oleh tahanan itu sendiri. Dengan demikian pada tahanan itu akan timbul rugi daya selama terjadi gangguan fasa ke tanah.



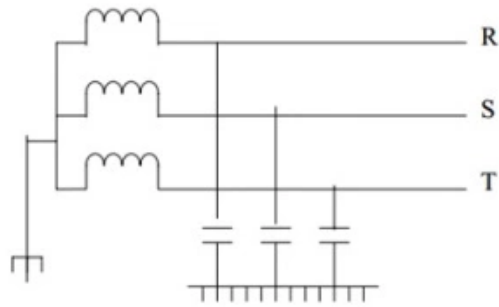
Gambar 2.11 Rangkaian Pentanahan *Resistor*

### 2.7.2 Pentanahan melalui reaktor (*reactor grounding*)

Reaktor yang dipasang diantara titik netral generator dengan tanah dimaksudkan untuk membatasi arus gangguan ke tanah sampai pada harga arus hubung singkat tiga fasa. Reaktor dapat digunakan pada pentanahan titik netral pembangkit listrik bertenaga diesel yang berukuran kecil dimana pemakaian listriknya dilakukan pada tegangan yang dibangkitkan generator dan dimana sambaran petir sering terjadi.

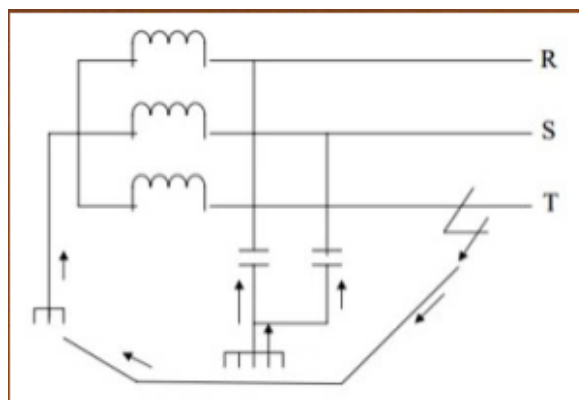
### 2.7.3 Pentanahan tanpa impedansi (*solid grounding*)<sup>[8]</sup>

Sistem pentanahan langsung adalah dimana titik netral sistem dihubungkan langsung dengan tanah, tanpa memasukkan harga suatu impedansi. Pada sistem ini bila terjadi gangguan fasa ke tanah akan selalu mengakibatkan terganggunya saluran (*line outage*), yaitu gangguan harus di isolir dengan membuka pemutus daya. Salah satu tujuan pentanahan titik netral secara langsung adalah untuk membatasi tegangan dari fasa-fasa yang tidak terganggu bila terjadi gangguan fasa ke tanah.

Gambar 2.12 Rangkaian Pentanahan *Solid*

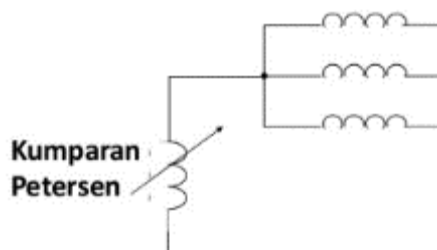
#### 2.7.4 Pentanahan efektif (*effective grounding*)<sup>[4]</sup>

Suatu sistem atau sebagian dari sistem dikatakan ditanahkan secara efektif apabila untuk tiap-tiap titik pada sistem itu atau sebagian tertentu dari sistem itu mempunyai harga  $(X^0/X) \leq 3$  dan  $(R^0/X) \leq 1$  untuk setiap macam keadaan kerja sistem. Jadi bila seluruh sistem itu tidak efektif ditanahkan, bagian tertentu dari sistem itu dapat dikatakan ditanahkan secara efektif bila memenuhi ketentuan di atas. Jadi pengetanahan tanpa impedansi dan pengetanahan dengan reaktansi yang rendah dapat digolongkan ke dalam cara pengetanahan efektif.

Gambar 2.13 Rangkain Pentanahan *Efektif*

#### 2.7.5 Pentanahan dengan reaktor yang impedansinya dapat berubah-ubah (*resonant grounding*) atau petanahan dengan kumparan *Petersen*<sup>[4]</sup>

Sistem pentanahan dengan kumparan *Petersen* adalah dimana titik netral di hubungkan ke tanah melalui kumparan (*Petersen Coil*). Kumparan *Petersen* ini mempunyai reaktansi ( $X_L$ ) yang dapat digunakan dan diatur dengan menggunakan Tap.



Gambar 2.14 Rangkain Pentanahan *Petersen*

## 2.8 Sistem Proteksi Tenaga Listrik<sup>[1]</sup>

Yang dimaksud dengan proteksi terhadap tenaga listrik ialah sistem pengamanan yang dilakukan terhadap peralatan-peralatan listrik, yang terpasang pada sistem tenaga listrik tersebut. Misalnya *Generator*, *Transformator*, Jaringan transmisi / distribusi dan lain-lain terhadap kondisi operasi abnormal dari sistem itu sendiri. Yang dimaksud dengan kondisi abnormal tersebut antara lain dapat berupa hubung singkat, tegangan lebih/kurang, beban lebih, frekuensi sistem turun/naik.

### 2.8.1 Fungsi Sistem Proteksi<sup>[1]</sup>

Adapun tujuan dari sistem proteksi antara lain :

- Untuk menghindari atau mengurangi kerusakan akibat gangguan pada peralatan yang terganggu atau peralatan yang dilalui oleh arus gangguan.
- Untuk melokalisasi (mengisolir) daerah gangguan menjadi sekecil mungkin.
- Untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen serta memperkecil bahaya bagi manusia.

## 2.9 *Neutral Grounding Resistor (NGR)*<sup>[5]</sup>

Sistem pentanahan atau bisa disebut sebagai *grounding* adalah suatu sistem pengamanan dalam sistem kelistrikan, dan salah satu sistem pentanahan dengan menggunakan suatu alat yang disebut *NGR (Neutral grounding resistor)* merupakan suatu metode pentanahan yang digunakan untuk masalah *transient overvoltage* dan untuk mereduksi arus gangguan yang timbul pada generator atau trafo daya sehingga dapat mengurangi kerusakan pada peralatan. Hal ini menyelesaikan besarnya arus gangguan oleh perhitungan hukum ohm. Arus gangguan dapat dikurangi, sehingga mengurangi kerusakan pada peralatan.

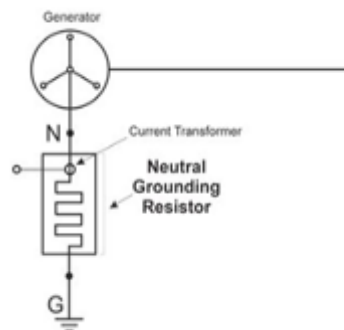
$$I = \frac{E}{R} \quad (2.8)$$

Dimana : I = Arus gangguan

E= Tegangan line ke netral

R= Ohmic dari neutral grounding resistor

Dengan memilih tahanan yang tepat , arus gangguan ke tanah dapat di batasi sehingga dapat memperoleh sistem *grounding* yang bisa bekerja secara maksimal dalam mereduksi arus gangguan yang timbul yang dapat menyebabkan kerugian bagi sistem tenaga listrik tersebut



Gambar 2.15 Skema *Neutral Grounding Resistor*



Gambar 2.16 *Neutral Grounding Resistor*

Metode neutral grounding resistance ini dibagi menjadi 2 yaitu :

### 2.9.1 Low Resistance Grounding<sup>[2]</sup>

*Low resistance grounding* membatasi arus gangguan ke tanah untuk tingkat tinggi (dari 50 Amp atau lebih). *Low resistance grounding* dapat dengan cepat mengurangi gangguan, biasanya dalam beberapa detik. *Low resistance grounding* biasanya dinilai 500 Amp selama 10 detik dan ditemukan pada tegangan menengah dan tegangan tinggi.

### 2.9.2 High Resistance Grounding<sup>[2]</sup>

*High resistance grounding* membatasi arus gangguan ke tanah untuk tingkat yang sangat rendah (biasanya dibawah 25 Amp). Hal ini digunakan pada sistem tegangan rendah 600 Volt atau kurang.

## 2.10 Perhitungan Arus Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah<sup>[4]</sup>

Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah yang terjadi pada generator:

$$I_{f1\phi} = \frac{j3}{(Z_1 + Z_2 + Z_0)} A \quad (2.9)$$

Dimana :  $I_{f1\phi}$  = Arus gangguan 1 fasa ke tanah (A)

$X_0$  = Reaktansi urutan nol ( $\Omega$ )

$X_1$  = Reaktansi urutan positif ( $\Omega$ )

$X_2$  = Reaktansi urutan negatif ( $\Omega$ )

## 2.11 Software Electrical Transient Analyzer Program<sup>[4]</sup>

Dalam perancangan dan analisa sebuah sistem tenaga listrik, sebuah software aplikasi sangat dibutuhkan untuk mempresentasikan kondisi real sebelum sebuah sistem direalisasikan. ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program*) merupakan salah satu *software* aplikasi yang digunakan untuk mensimulasikan sistem tenaga listrik.

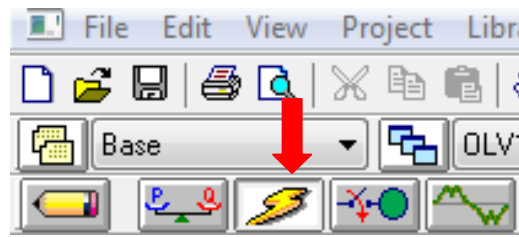
ETAP mampu bekerja dalam keadaan *offline* untuk simulasi tenaga listrik, dan *online* untuk pengelolaan data *real-time* atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara *real-time*. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi



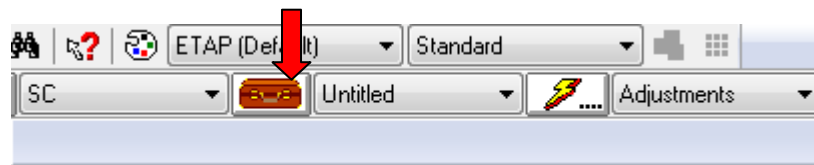
maupun sistem distribusi tenaga listrik. *Software* ini sangat bermanfaat untuk melakukan berbagai analisa sistem tenaga listrik. Analisa yang dapat dilakukan pada ETAP antara lain :

- a. Analisa aliran daya
- b. Analisa hubung singkat
- c. *Arc Flash Analysis*
- d. Starting motor
- e. Koordinasi proteksi
- f. Analisa kestabilan *transien*, dan lain-lain.

### 2.11.1 Metode Hubung-Singkat (*short-circuit*) Pada Etap Power Station



Gambar 2.17 Icon runing short circuit



Gambar 2.18 Icon Study Case Short Circuit

Hubung singkat (*short-circuit*) adalah suatu peristiwa terjadinya hubungan bertegangan atau penghantar tidak bertegangan secara langsung tidak melalui media (resistor/beban) yang semestinya sehingga terjadinya aliran arus tidak normal (sangat besar) yang biasa di sebut arus hubung singkat. Adanya hubung singkat menimbulkan arus lebih yang pada umumnya jauh lebih besar daripada arus pengenal peralatan dan terjadi penurunan tegangan pada sistem tenaga listrik, sehingga bila gangguan tidak segera di hilangkan dapat merusak peralatan dalam sistem tersebut.

Besarnya arus hubung singkat yang terjadi sangat di pengaruhi oleh jumlah pembangkit yang masuk sistem, dan ada 2 jenis gangguan hubung singkat berdasarkan

jenis arus gangguannya yaitu gangguan simetris dan gangguan asimetris. Gangguan simetris adalah gangguan dengan arus yang seimbang dan gangguan asimetris adalah gangguan dengan arus yang tidak seimbang dan perhitungan tegangan dan arus.

## **BAB III**

### **METODELOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Metode**

Dalam implementasi sistem pentanahan generator ini menggunakan acuan standar IEEE ANSI/IEC serta metode pentanahan netral menggunakan *Neutral Grounding Resistor*. Dimana pengujian sistem yang ada menggunakan *software ETAP Power Station*. ETAP sendiri merupakan software yang sering digunakan untuk melakukan analisa mengenai energi listrik karena didalamnya banyak terdapat komponen-komponen yang dapat di simulasikan dalam suatu sistem. Simulasi dilakukan dengan *short circuit* analisis dan analisis yang ada didalam software ETAP untuk mengetahui kerja sistem pentanahan generator.

#### **3.2 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan dengan metode survey yaitu langsung ke lokasi penelitian instansi yakni seperti PT PLN UNIT PEMBANGKIT PLTD GUNUNG MALANG BALIKPAPAN yang berkapasitas sebesar 30,2 MW yang terdiri dari 6 Generator merk *siemens* dan *smith* untuk pengambilan data. Data yang dikumpulkan merupakan data sekunder yang telah diarsip dan disediakan oleh masing-masing instansi dan siap diolah menjadi data penelitian.

#### **3.3 Teknik Pengumpulan Data**

##### **3.3.1 Observasi Lapangan**

Dalam teknik ini penulis terjun langsung kelapangan guna mengetahui kondisi secara langsung seperti apa terutama mengenai topik yang akan di teliti dalam skripsi ini, yaitu mengenai sistem pentanahan generator yang ada disana sebagai bahan untuk kelanjutan pengambilan data.

##### **3.3.2 Wawancara**

Wawancara terbuka dilakukan berdasarkan data observasi lapangan yang didapat mengenai permasalahan yang terjadi disana yaitu hubung singkat satu fasa ketanah.

Wawancara juga diharapkan dapat membantu penyelesaian skripsi ini, baik didalam wawancara terpisah maupun didalam grup diskusi terarah.

### 3.3.3 Studi Literatur

Studi literatur meliputi pemahaman teori-teori dasar maupun teori penunjang yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan agar penelitian ini bisa lebih terarah dan mudah di pahami serta sebagai acuan dasar dalam penelitian ini.

## 3.4 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan setelah proses pengambilan data. Pengolahan data dilakukan melalui beberapa tahap diantaranya pengelompokan dan pentabulasian data sesuai dengan urutan tahun dan kebutuhan analisis, selanjutnya melakukan analisis perhitungan data untuk simulasi dengan menggunakan *software ETAP*, dan yang terakhir adalah melakukan pembahasan terhadap data yang telah di olah.

### 3.4.1 Pengelompokan Data

Data yang berasal dari PT PLN UNIT PEMBANGKIT PLTD GUNUNG MALANG BALIKPAPAN masih berupa data mentah yaitu data trafo, data generator dan data *single line diagram*.

## 3.5 Data Generator PLTD Gunung Malang Balikpapan

Generator pembangkit yang ada di PLTD Gunung Malang Balikpapan sebanyak 6 unit yang terdiri dari 2 merk berbeda yaitu smith dengan kapasitas 4 MW dan siemens 4,04 MW berikut data lengkap dari generator merk siemens seperti yang di tunjukan tabel 3.1 dan data generator smith seperti yang di tunjukan tabel 3.2

Tabel 3.1 Data Generator *Siemens*

Generator	Daya	Tegangan	$I_n$	Rpm	Poles	Frekuensi
Generator 1 (siemens)	4,00 MW	6,3 KV	458	500	12	50 HZ
Generator 2 (siemens)	4,00 MW	6,3 KV	458	500	12	

Tabel 3.2 Data Generator *Smith*

Generator	Daya	Tegangan	$I_n$	Rpm	Poles	Frekuensi
Smith	4,04 MW	6,3 KV	504	500	12	50 HZ
Smith	4,04 MW	6,3 KV	504	500	12	
Smith	4,04 MW	6,3 KV	504	500	12	
Smith	4,04 MW	6,3 KV	504	500	12	

Selanjutnya di perlukan juga data transformator yang di perlukan untuk menjalankan simulasi di *etap power station* seperti yang di tunjukan pada tabel 3.3

Tabel 3.3 Data Rating *Transformator*

Merk Trafo	Kapasitas	Sisi primer	Sisi sekunder	Vector group	Number of phases	Frekuensi
SMIT	5200 kVA	6,3 kV	20 kV	Y N d 5	3	50 HZ
SMIT	5200 kVA	6,3 kV	20 kV	Y N d 5	3	
SMIT	5200 kVA	6,3 kV	20 kV	Y N d 5	3	
SMIT	5200 kVA	6,3 kV	20 kV	Y N d 5	3	
SMIT	5200 kVA	6,3 kV	20 kV	Y N d 5	3	
SMIT	5200 kVA	6,3 kV	20 kV	Y N d 5	3	

### 3.6 *Software ETAP Power Station*

ETAP merupakan *software* full grafis yang dapat digunakan sebagai alat analisis untuk mendesain dan menguji kondisi sistem tenaga listrik yang ada. ETAP dapat digunakan untuk mensimulasikan sistem tenaga listrik secara *off line* dalam bentuk modul simulasi, monitoring data operasi secara *real time*, simulasi *system real time*, optimasi, manajemen energi sistem dan simulasi *intelligent load shedding*. ETAP didesain untuk dapat menangani berbagai kondisi dan topologi system tenaga listrik baik di sisi konsumen industri maupun untuk menganalisa performa sistem di sisi *utility*.

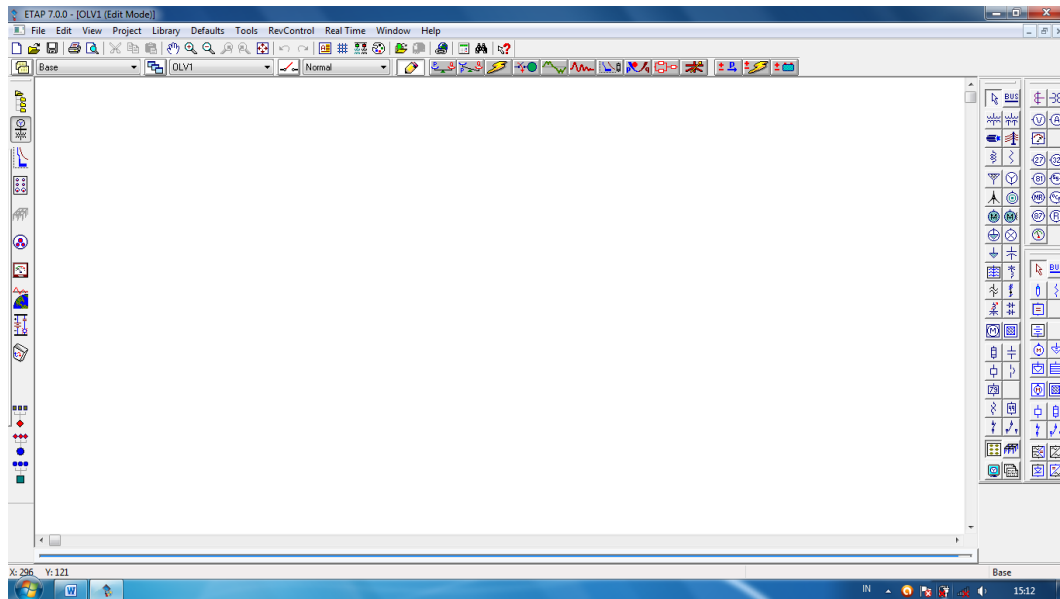
*Software* ini dilengkapi dengan fasilitas untuk menunjang simulasi seperti jaringan AC dan DC (*AC and DC networks*), desain jaringan kabel (*cable raceways*), *grid* pentanahan (*ground grid*), *GIS*, desain panel, *arc-flash*, koordinasi peralatan proteksi (*protective device coordination/selectivity*), dan AC/ DC control sistem diagram. (D.William, and Jr.Stevenson 1990)

ETAP *Power Station* juga menyediakan fasilitas *Library* yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. *Library* ini dapat diedit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan. *Software* ini bekerja berdasarkan plant (*project*). Setiap plant harus menyediakan modelling peralatan dan alat-alat pendukung yang berhubungan dengan analisis yang akan dilakukan. Misalnya generator, data beban, data saluran, dll. Sebuah plant terdiri dari sub-sistem kelistrikan yang membutuhkan sekumpulan komponen elektrik yang khusus dan saling berhubungan. Dalam *Power Station*, setiap *plant* harus menyediakan data *base* untuk keperluan itu.

ETAP *Power Station* dapat digunakan untuk menggambarkan *single line* diagram secara grafis dan mengadakan beberapa analisis/studi yakni *Load Flow* (aliran daya), *Short Circuit* (hubung singkat), motor *starting*, harmonisa, *transient stability*, *protective device coordination*, dan *Optimal Capacitor Placement*.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan *ETAP Power Station* adalah: (D.William, and Jr.Stevenson 1990)

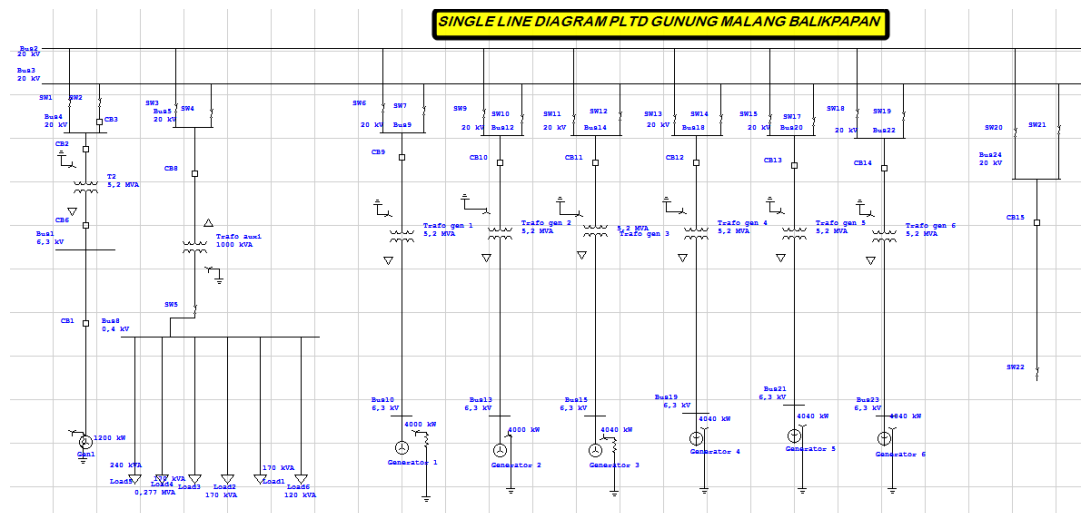
- ***One Line Diagram***, menunjukkan hubungan antar komponen/peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
- ***Library***, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam system kelistrikan. Data elektrik maupun mekanis dari peralatan yang detail/lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi/analisis.
- **Standar yang dipakai**, biasanya mengacu pada standar *IEC* atau *ANSI*, frekuensi sistem dan metode – metode yang dipakai.
- ***Study Case***, berisikan parameter – parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisis.
- Kelengkapan data dari setiap elemen/komponen/peralatan listrik pada sistem yang akan dianalisis akan sangat membantu hasil simulasi/analisis dapat mendekati keadaan operasional sebenarnya.



Gambar 3.1. Tampilan Program *Etap Power Station*

### 3.7 Perancangan Simulasi Menggunakan Software *ETAP Power Station*

Menggambar single line diagram pada lembar kerja *ETAP Power Station* menggunakan data yang telah didapat dari PT.PLN Unit Pembangkit PLTD Gunung Malang Balikpapan.



Gambar 3.2 *Single Lime Diagram* PT.PLN Unit Pembangkit PLTD Gunung Malang Balikpapan

### 3.8 Masukan Data Generator Pada Software *Etap Powerstation*

Masukan data di perlukan untuk bisa menjalankan suatu program pada *software etap powerstation* dan data yang di peroleh dari hasil pengambilan data yang dilakukan pada PLTD Gunung Malang Balikpapan berupa data dari 2 unit merk Generator yaitu (*smith*) dan (*siemens*) yang dapat dilihat pada gambar 3.3 dan gambar 3.4

**Synchronous Generator Editor - Generator 1**

6.3 kV 4000 kW Swing

Rating

kW kV % PF kVA % Eff. Poles

4000 6.3 80 5000 95 12

% of Bus kVnom FLA RPM

100 458.2 500

	Gen. Category	% V	Angle	kW	kvar	% PF	Qmax	Qmin
1	Design	100	0					
2	Normal	100	0					
3	Shutdown	100	0					
4	Emergency	100	0					
5	Standby	100	0					
6	Startup	100	0					

PrimeMover Rating

Continuous HP kW Peak HP kW

5699 4250 5699 4250

Mvar Limits

Capability Curve  User-Defined

Peak kvar 2634

Operating Values

% V Vangle kW kvar

100 0 564 40.209

Generator 1 OK Cancel

Gambar 3.3 Input Data Generator Merk *Siemens*



Synchronous Generator Editor - Generator 3

PSS    Harmonic    Protection    Reliability    Fuel Cost    Remarks    Comment  
 Info    Rating    Capability    Imp./Model    Grounding    Inertia    Exciter    Governor

6,3 kV    4040 kW    Voltage Control

Rating

   kV    % PF    kVA    % Eff.    Poles

% of Bus kVnom    FLA    RPM

	Gen. Category	% V	Angle	kW	kvar	% PF	Qmax	Qmin
1	Design	100		0			0	0
2	Normal	100		0			0	0
3	Shutdown	100		0			0	0
4	Emergency	100		0			0	0
5	Standby	100		0			0	0
6	Startup	100		0			0	0

PrimeMover Rating

Continuous    Peak

HP    kW    HP    kW

Mvar Limits

Capability Curve    Peak kvar

User-Defined   

Operating Values

% V    Vangle    kW    kvar

Gambar 3.4 Input Data Generator Merk Smith

### 3.9 Masukan Data Transformator Pada Software Etap Powerstation

Masukan data transformator juga di perlukan untuk bisa menjalankan program pada software etap powerstation dan data yang di peroleh dari hasil pengambilan data yang dilakukan pada PLTD Gunung Malang Balikpapan kemudian di masukan pada rating transformator yang di tunjukan pada gambar

The screenshot shows the '2-Winding Transformer Editor - Trafo gen 1' window. It features a tabbed interface with 'Reliability' selected. The main area contains several input sections:

- Header:** 5,2 MVA ANSI Liquid-Fill Other 65 C, 6,3 20 kV
- Voltage Rating:** Prim. kV: 6,3; FLA: 476,5; Bus kVnom: 6,3; Sec. kV: 20; Other 65.
- Power Rating:** MVA: 5,2 (Rated); 5,2 (Derated); % Derating: 0.
- Alert - Max:** MVA: 5,2; Radio buttons for Derated MVA and User-Defined (selected).
- Installation:** Altitude: 3300 ft; Ambient Temp.: 30 °C.
- Type / Class:** Type: Liquid-Fill; Sub Type: Other; Class: Other; Temp. Rise: 65.

At the bottom, there are navigation icons, a dropdown menu set to 'Trafo gen 1', and 'OK' and 'Cancel' buttons.

Gambar 3.5 Input Data *Transformer*

### 3.10 Metode Hubung-Singkat (*Short-Circuit*)

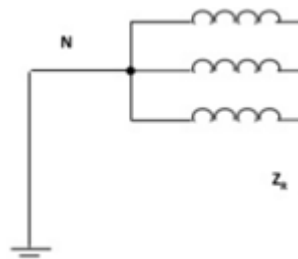
Hubung singkat (*short-circuit*) adalah suatu peristiwa terjadinya hubungan bertegangan atau penghantar tidak bertegangan secara langsung tidak melalui media (resistor/beban) yang semestinya sehingga terjadinya aliran arus tidak normal (sangat besar) yang biasa disebut arus hubung singkat. Adanya hubung singkat menimbulkan arus lebih yang pada umumnya jauh lebih besar daripada arus pengenal peralatan dan terjadi penurunan tegangan pada sistem tenaga listrik, sehingga bila gangguan tidak segera di hilangkan dapat merusak peralatan dalam sistem tersebut.

Besarnya arus hubung singkat yang terjadi sangat di pengaruhi oleh jumlah pembangkit yang masuk sistem, dan ada 2 jenis gangguan hubung singkat berdasarkan jenis arus gangguannya yaitu gangguan simetris dan gangguan asimetris. Gangguan

simetris adalah gangguan dengan arus yang seimbang dan gangguan asimetris adalah gangguan dengan arus yang tidak seimbang dan perhitungan tegangan dan arus

### 3.11 Metode Pentanahan *solid Grounding*

Pengetanahan ini ialah apabila titik netral Generator kita hubungkan langsung ke tanah, pada system ini bila terjadi gangguan ke tanah akan mengakibatkan terganggunya kawat dan gangguan ini harus diisolasi dengan pemutus daya (PMT / CB). Tujuannya untuk mentanahkan titik netral secara langsung dan membatasi kenaikan tegangan di arifasa yang tidak terganggu. Digunakan pada sistem dengan tegangan 20 kV.



Gambar 3.6 Sistem Pentanahan (*Solid*)

Keuntungan dari sistem pentanahan *solid grounding* adalah

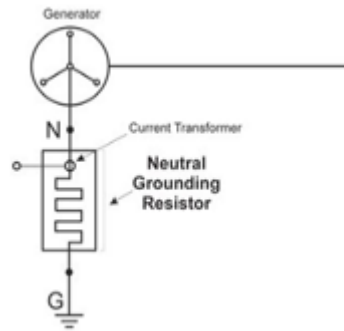
- Tegangan lebih pada fasa-fasa yang tidak terganggu relatif kecil.
- Kerja pemutus daya untuk melokalisasi lokasi gangguan di permudah, sehingga letak gangguan cepat di ketahui.
- Sederhana dan murah dari segi pemasangan.

Kerugian dari sistem pentanahan *solid grounding* adalah

- Setiap gangguan fasa ke tanah selalu mengakibatkan terputusnya daya.
- Arus gangguan ke tanah besar, sehingga akan dapat membahayakan makhluk hidup di dekatnya dan kerusakan peralatan listrik yang di lalunya.

### 3.12 Metode pentanahan titik netral melalui tahanan (*resistance grounding*)

Titik netral sistem generator di hubungkan dengan tanah melalui sebuah tahanan (resistance)



Gambar 3.7 Sistem Pentanahan (*Resistor Grounding*)

Keuntungan sistem pentanahan (*resistor*)

- Besar arus gangguan tanah dapat di reduksi
- Mengurangi kerusakan peralatan listrik akibat arus gangguan yang melaluinya.
- Bahaya *gradient voltage* lebih kecil karena arus gangguan tanah kecil

Kerugian sistem pentanahan (*resistor*)

- Timbulnya rugi-rugi daya pada tanahan pentanahan selama terjadinya gangguan fasa ke tanah.
- Karena arus gangguan ke tanah relatif kecil, kepekaan rele pengaman
- menjadi berkurang dan lokasi gangguan tidak cepat di ketahui.

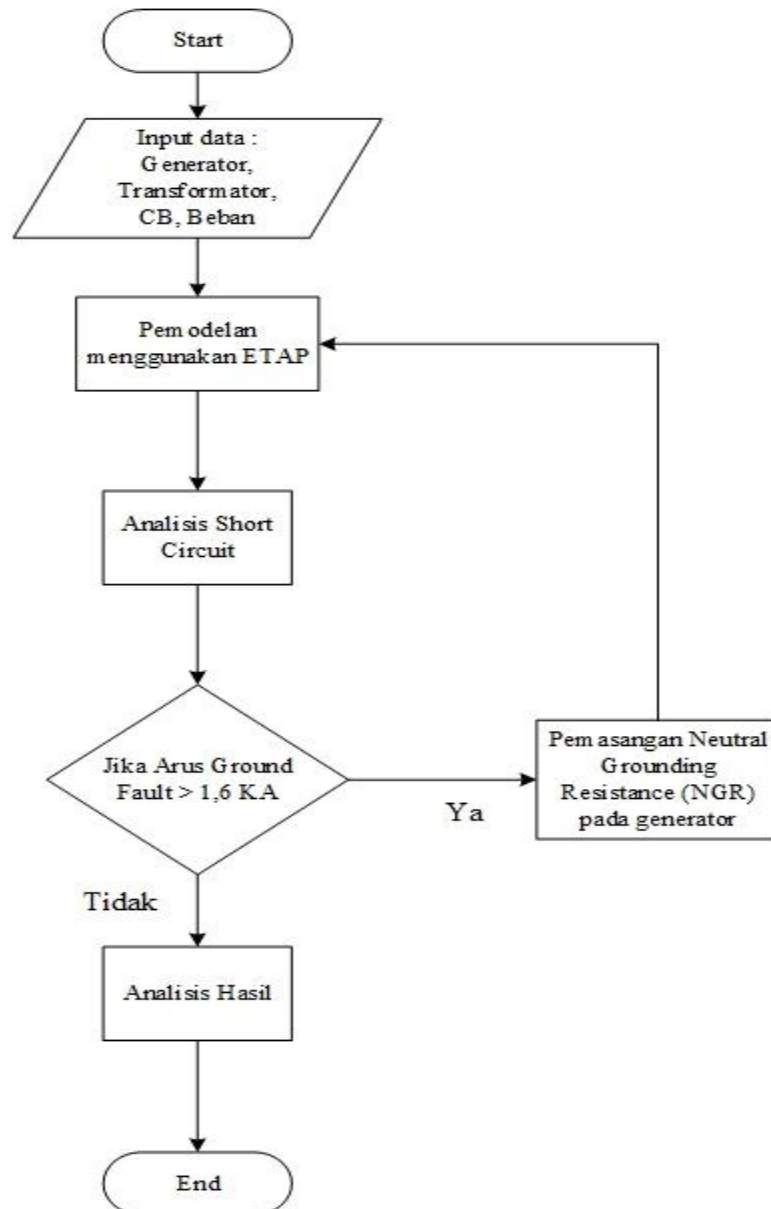
### 3.13 Algoritma Simulasi pada *Software ETAP Power Station*

Algoritma pemecahan masalah pemasangan reaktor seri untuk membatasi arus gangguan hubung singkat yakni :

1. Mulai.
2. Menggambar *single line diagram*.
3. Input data : Data generator, data transformator, data bus
4. Menjalankan simulasi *short circuit*.
5. Mengecek apakah *arus gangguan 1 fasa ketanah > 1.6 KA* menggunakan sistem pentanahan *solid*
  - a. “Tidak” : Cek hasil dan analisa hasil
  - b. “Ya” : Lakukan pemasangan *neutral grounding resistance (NGR)*. Setelah itu kembali ke proses *short circuit analysis* untuk menganalisis keadaan sistem setelah dipasang *neutral grounding resistance (NGR)*.
6. Setelah proses simulasi *short circuit* selesai dan arus gangguan dapat direduksi menggunakan *neutral grounding resistance (NGR)*
7. Selesai.

### 3.14 FlowchartPenyelesaian Masalah

Dibawah ini adalah *flowchart* penyelesaian masalah yang terjadi untuk dapat mereduksi arus gangguan hubung (singkat 1 phasa ke tanah) pada PLTD GUNUNG MALANG BALIKPAPAN.



Gambar 3.8 *Flow chart* penyelesaian masalah

## BAB IV ANALISIS HASIL

### 4.1 Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat Gangguan 1 Phasa Ketanah

Arus hubung singkat gangguan pada Generator terdiri dari berbagai jenis yaitu gangguan 1 phasa ke tanah, gangguan 2 phasa ketanah, gangguan 3 phasa ke tanah dan dalam analisa ini membahas permasalahan arus hubung singkat (gangguan 1 phasa ketanah) yang terjadi pada Generator.

Metode perhitungan arus hubung singkat (gangguan 1 phasa ke tanah ) menggunakan sistem pentanahan *solid grounding* untuk generator 1-2 merk (*siemens*) dan generator 3-6 merk (*smith*) dilakukan untuk mengetahui nilai arus hubung singkat (gangguan 1 phasa ke tanah).

#### 4.1.1 Perhitungan Arus Hubung Singkat Gangguan 1 Phasa Ketanah Pada Generator 1-2 Merk (*siemens*)

Di bawah ini adalah metode perhitungan yang di lakukan untuk mendapat hasil nilai arus hubung singkat (gangguan 1 phasa ke tanah) yang terjadi pada Generator 1-2 merk (*siemens*).

1. Generator Merk *Siemens* (1 -2)

$$X_0 = 0,55 \Omega$$

$$X_1 = 0,55 \Omega$$

$$X_2 = 0,53 \Omega$$

$$I_{f1\phi} = \frac{J3}{J0,55 + J0,55 + J0,53} = 1,84 pu$$
$$= 1,84 \times \left(\frac{6,3 KV}{\sqrt{3}}\right) = 6,692 KA$$

Bila terjadi arus hubung singkat yang bisa mengakibatkan busur listrik (*arc fault*) pada generator 1 dan 2 merk (*siemens*), maka dapat di ketahui dengan menggunakan perhitungan seperti di bawah ini:

$$I_{f(arc)} = 6,692 \times \frac{3637 - 150}{3637} = 6,416 KA$$

#### 4.1.2 Perhitungan Arus Hubung Singkat Gangguan 1 Phasa Ketanah Pada Generator 3-6 Merk (*smith*)

Di bawah ini adalah metode perhitungan yang di lakukan untuk mendapat hasil nilai arus hubung singkat (Gangguan 1 phasa ke tanah) yang terjadi pada generator 3-6 merk (*smith*).

2. Generator *MerkSmith* (3-6)

$$X_0 = 0,55 \Omega$$

$$X_1 = 0,54 \Omega$$

$$X_2 = 0,53 \Omega$$

$$I_{f1\phi} = \frac{J3}{J0,55 + J0,54 + J0,53} = 1,85 pu$$

$$= 1,85 \times \left(\frac{6,3 KV}{\sqrt{3}}\right) = 6,728 KA$$

Bila terjadi arus hubung singkat yang bisa mengakibatkan busur listrik (*Arc fault*) pada generator 3-6 (*smith*), maka dapat di ketahui dengan menggunakan perhitungan seperti di bawah ini:

$$I_{f(arc)} = 6,728 \times \frac{3637 - 150}{3637}$$

$$= 6,450 KA$$

#### 4.2 Running Short-Circuit Menggunakan Pentanahan *Grounding* (Solid)

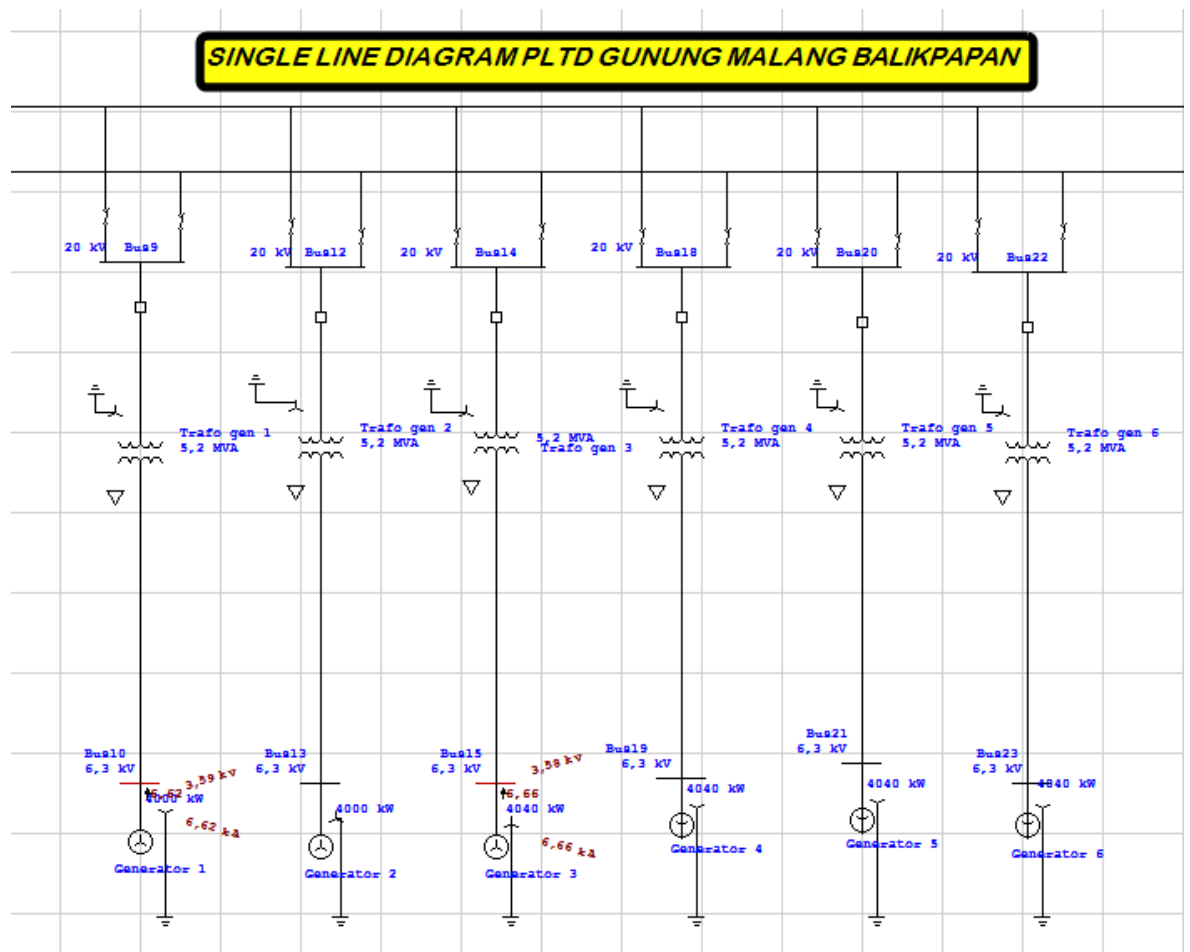
Untuk melakukan *running short-circuit* pada *software etap power station* di perlukan parameter pada Generator yang di tunjukan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Masukan Data Rating Generator *Software Etap Power Station*

Generator	Daya	Tegangan	$I_n$	Rpm	Poles	Frekuensi
Generator 1	4,00 MW	6,3 KV	458	500	12	50 HZ
Generator 2	4,00 MW	6,3 KV	458	500	12	
Generator 3	4,04 MW	6,3 KV	504	500	12	
Generator 4	4,04 MW	6,3 KV	504	500	12	
Generator 5	4,04 MW	6,3 KV	504	500	12	
Generator 6	4,04 MW	6,3 KV	504	500	12	



di digunakan untuk selanjutnya menjalankan *running short-circuit* untuk mengetahui arus hubung singkat (Gangguan 1 phasa ketanah) yang ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hasil *Running Short-Circuit* Menggunakan Sistem *Solid Grounding* Pada Generator Merk *Smith* Dan *Siemens*

Dari hasil *running short-circuit* menggunakan sistem pentanahan efektif *grounding* (*Solid*) diketahui arus hubung singkat (Gangguan 1 phasa ketanah) yang terjadi pada sistem Generator seperti yang di tunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil *Short-Circuit* Menggunakan *Solid Grounding*

Generator	Pentanahan	Besaran Arus Gangguan 1 Phasa Ketanah
Siemens1-2	Solid	6,62 KA
Smith3-6	Solid	6,66 KA

Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Perhitungan Dan Simulasi Besar Arus Gangguan Pada Generator Dengan Pentanahan Solid *Grounding*

Generator (Merk)	Sistem Pentanahan	Besaran Arus Gangguan		
		Simulasi Etap	Perhitungan	Busur Listrik
<i>Siemens 1-2</i>	Solid	6,62 KA	6,692 KA	6,416 KA
<i>Smith 3-6</i>	Solid	6,66 KA	6,728 KA	6,450 KA

Dari hasil perhitungan dan hasil simulasi *runningshort-circuit* yang terlihat pada tabel 4.3 terlihat nilai perhitungan arus hubung singkat (Gangguan 1 fasa ketanah) mendekati hasil yang disimulasikan menggunakan *software etap power station* dengan metode pentanahan secara efektif *grounding* (solid).

Arus gangguan di atas 1600A (1,6KA) sudah tidak dapat lagi di tahan oleh Generator maka dari itu resiko terjadi nya arus busur listrik yang bisa mengakibatkan terbakar nya stator pada generator akibat dari besar nya arus hubung singkat gangguan (1 fasa ke tanah) yang terjadi pada generator.

Terlihat arus hubung singkat (Gangguan 1 fasa ke tanah) menggunakan sistem pentanahan efektif (solid) *grounding* melebihi batas aman yang bisa di tahan oleh generator sebesar 6,62 KA untuk generator *siemens* dan 6,66 KA untuk generator *smith* dari yang seharusnya di bawah 1,6 KA sebagai batas aman generator.

untuk mereduksi arus gangguan tersebut maka digunakan pentanahan *Resistance*(NGR) dengan Resistansi rendah yang dapat membatasi arus gangguan hingga kisaran (200-500 A).

#### 4.3 Perhitungan Nilai *Resistance* (NGR)

Untuk menghitung nilai tahanan yang digunakan agar mereduksi arus hubung singkat (Gangguan 1 fasa ke tanah) yang terjadi pada generator merk (*siemens*) dan merk (*smith*) pada PLTD Gunung Malang Balikpapan yaitu dengan cara memasukkan nilai arus nominal ( $I_n$ ) generator karena nilai *resistance*(NGR) yang digunakan harus sesuai dengan kapasitas generator tersebut agar *resistance*(NGR) dapat bekerja dengan maksimal dalam mereduksi arus hubung singkat (Gangguan 1 fasa ke tanah) dan mencari nilai *resistance*(NGR) yang sesuai dengan Generator menggunakan rumus:

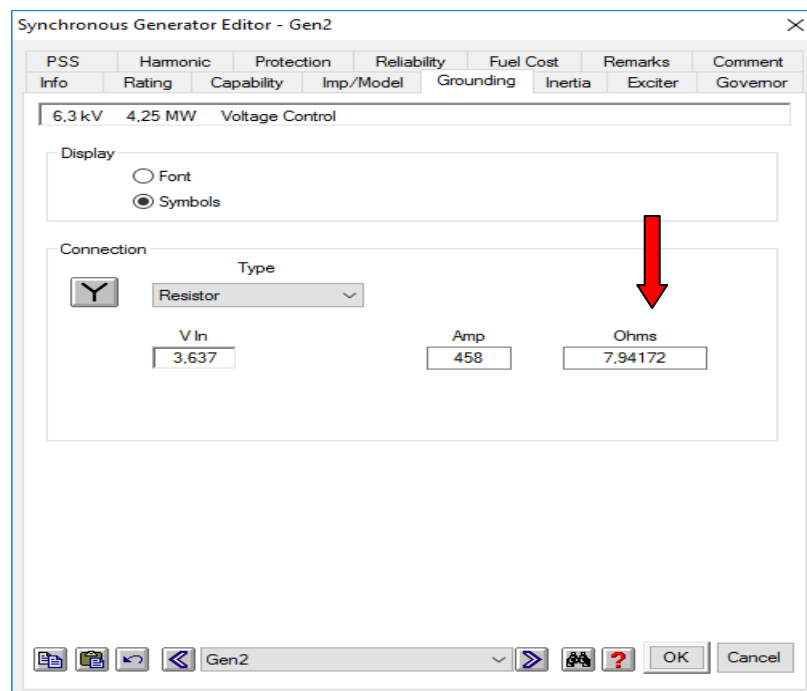
$$R = \frac{V_{ln}}{I_n}$$

#### 4.3.1 Nilai (NGR) *Neutral Grounding Resistance* Pada Generator 1-2 Merk *Siemens*

1. Generator *Siemens* (1-2),  $I_n = 458$

$$R = \frac{3,637}{458} = 7,941 \Omega$$

Hasil perhitungan nilai *resistance*(NGR) yang bisa di gunakan untuk mereduksi arus hubung singkat (gangguan 1 phasa ke tanah) pada generator 1-2 merk(*siemens*) sebesar 7,94Ω.



Gambar 4.2 *Setting Grounding* Generator Menggunakan *Resistor*

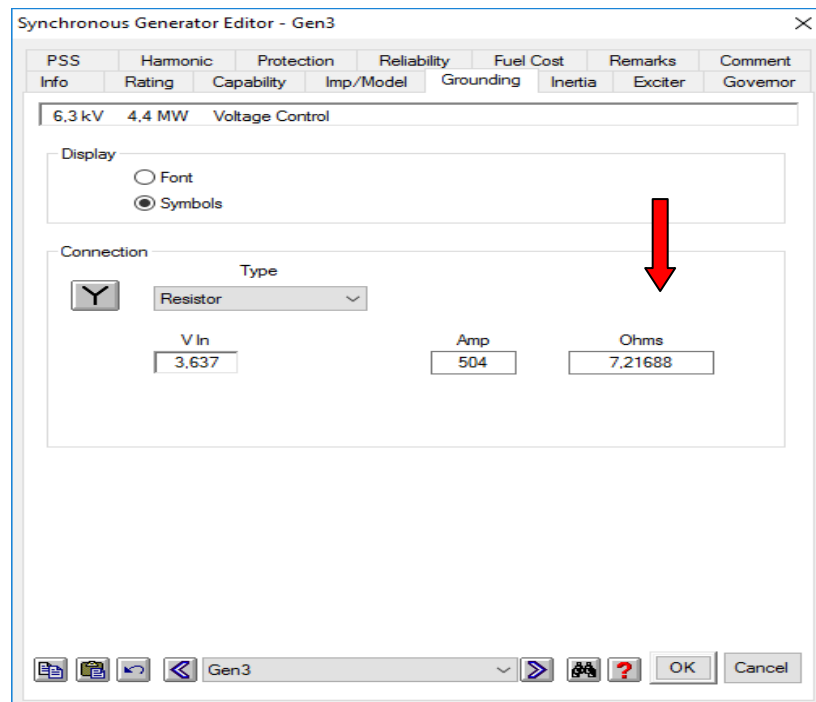
Setelah itu masukan pada data *grounding* generator dan memilih sistem *resistance* dan memasukan nilai *resistance*(ohms) seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2.

#### 4.3.2 Nilai (NGR) *Neutral Grounding Resistance* Pada Generator 3-6Merk *Smith*

2. Generator *smith*(3-6),  $I_n = 504$

$$R = \frac{3,637}{504} = 7,21 \Omega$$

Hasil perhitungan nilai *resistance*(NGR) yang bisa di gunakan untuk mereduksi arus hubung singkat (gangguan 1 fasa ke tanah) pada generator 3-6 merk(*smith*) sebesar 7,21Ω.



Gambar 4.3 *Setting Grounding* Generator Menggunakan *Resistor*

Setelah itu masukan pada data *grounding* generator dan memilih sistem *resistance* dan memasukan nilai *resistance*(ohms) seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3.

Sesuai hasil perhitungan besaran nilai *resistance*(NGR) yang di gunakan pada generator 1-2 merk (*siemens*) dan generator 3-6 merk (*smith*) seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.4 nilai *resistance*(NGR) tersebut di gunakan untuk dapat mereduksi arus hubung singkat (Gangguan 1 fasa ketanah) pada Generator.

Tabel4.4 Nilai *Resistor*(NGR)

Generator	Nilai <i>Resistance</i> (NGR)
Siemens (1-2)	7,94 Ω
Smith (3-6)	7,21 Ω

#### 4.4 Perhitungan Nilai Arus Hubung Singkat Gangguan 1 Phasa Ketanah Menggunakan *Resistance*(NGR)

Dalam analisa ini perhitungan dengan menggunakan rumus dilakukan agar mengetahui selisih dari perhitungan dengan hasil simulasi yang di lakukan setelah Generator menggunakan pentanahan *Resistance*(NGR).

##### 4.4.1 Perhitungan Arus Hubung Singkat Gangguan 1 Phasa Ketanah Pada Generator 1-2 Merk (*siemens*) Menggunakan *Resistance*(NGR)

Menentukan besarnya arus gangguan dengan pentanahan menggunakan *resistance*(NGR), menggunakan rumus :

$$I_{f1\phi} = \frac{3E_g}{(Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_n)} A$$

1. Generator Merk Siemens (1-2)

$$X_0 = 0,55 \Omega$$

$$X_1 = 0,55 \Omega$$

$$X_2 = 0,53 \Omega$$

$$Z_n = 7,941 \Omega$$

$$\begin{aligned} I_{f1\phi} &= \frac{3 \times (3637 + j0)}{((j0,55 + j0,55 + 0,53) + (3 \times 7,941))} A \\ &= \frac{10911 + j0}{23,823 + j1,63} = \frac{10911 + j0}{23,823 + j1,63} \times \frac{23,823 - j1,63}{23,823 - j1,63} \\ &= \frac{259.932,753 - j17.784,93}{570,191} \\ &= 455,86 - j31,191 = 456,92 \angle - 3,91 A \end{aligned}$$

##### 4.4.2 Perhitungan Arus Hubung Singkat Gangguan 1 Phasa Ketanah Pada Generator 3-6 Merk(*smith*) Menggunakan *Resistance*(NGR)

Menentukan besarnya arus gangguan dengan pentanahan menggunakan *resistance*(NGR), menggunakan rumus :

$$I_{f1\phi} = \frac{3E_g}{(Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_n)} A$$

1. Generator *smith* (3-6)

$$X_0 = 0,55 \Omega$$

$$X_1 = 0,54 \Omega$$

$$X_2 = 0,53 \Omega$$

$$Z_n = 7,21 \Omega$$

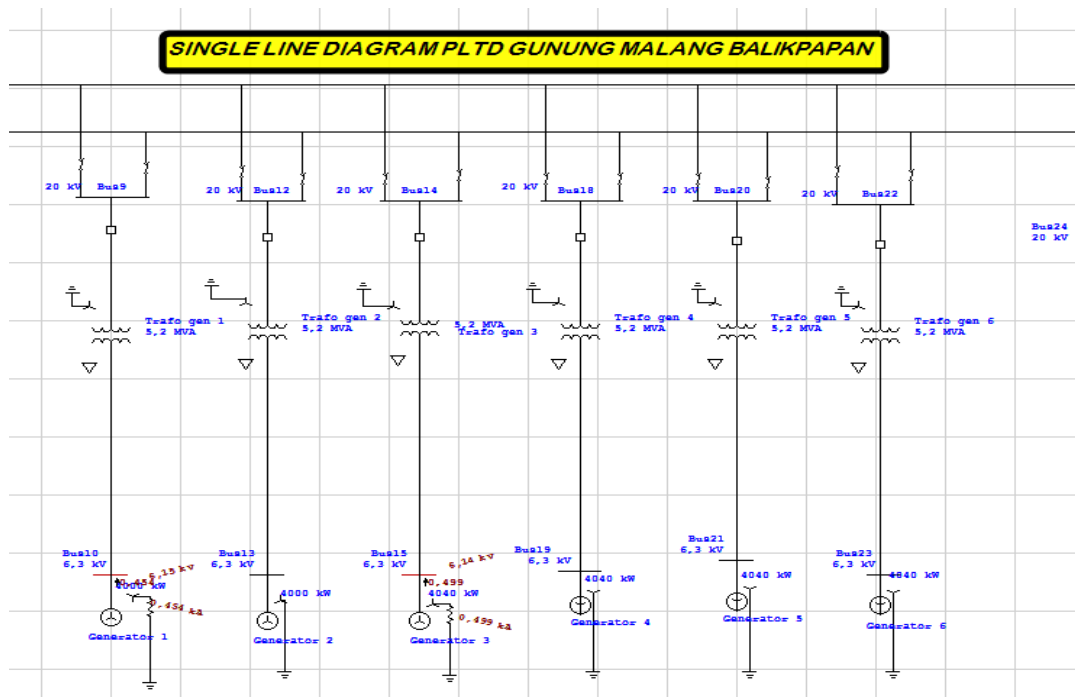
$$I_{f1\phi} = \frac{3 \times (3637 + j0)}{((j0,55 + j0,54 + 0,53) + (3 \times 7,21))} A$$

$$= \frac{10911 + j0}{21,63 + j1,62} = \frac{10911 + j0}{21,63 + j1,62} \times \frac{21,63 - j1,62}{21,63 - j1,62} = \frac{236.004,93 - j17.675,82}{470,48}$$

$$= 501,62 - j37,56 = 503,01 \angle - 4,28 A$$

#### 4.5 Hasil *Running Short-Circuit* Menggunakan *Resistance(NGR) Neutral Grounding Resistance*

*Running short-circuit* yang di lakukan setelah menggunakan metode pentanahan *Resistance(NGR)* seperti pada gambar 4.4 terlihat bahwa arus hubung singkat (Gangguan 1 phasa ke tanah) dapat di reduksi dengan menggunakan *Resistance(NGR)* yang sesuai dengan kapasitas Generator yang ada di PLTD Gunung Malang Balikpapan.



Gambar 4.4 Hasil *Runing Simulasi Short Circuit* Menggunakan Pentanahan *Resistor(NGR)* Pada Generator *Siemens* Dan *Smith*

Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Perhitungan Dan Simulasi Besar Arus Gangguan Pada Generator Dengan Pentanahan *Resistor* (NGR)

Generator(Merk)	Sistem Pentanahan	Besaran Arus Gangguan	
		Simulasi Etap	Perhitungan
<i>Siemens 1-2</i>	<i>Resistor</i> (NGR)	454 A	456 A
<i>Smith 3-6</i>	<i>Resistor</i> (NGR)	499 A	503 A

Sesuai hasil yang di tunjukan tabel 4.5 running simulasi *short-circuit* menggunakan sistem *Resistance* (NGR ) pada *etap power station* dan perhitungan menggunakan rumus di ketahui hasil nilai arus hubung singkat (gangguan 1 phasa ketanah) tidak berbeda jauh dengan menggunakan simulasi pada generator 1-2 (*siemens*) di ketahui arus gangguan sebesar 454 A dan dalam perhitungan menggunakan rumus sebesar 454A dan pada generator 3-6 (*smith*) arus gangguan sebesar 499 A dan dalam menggunakan rumus sebesar 503A.

Setelah melakukan analisa dan simulasi sistem pentanahan *solidgrounding* yang ada di PLTD Gunung Malang Balikpapan di ketahui arus hubung singkat (Gangguan 1 phasa ketanah) dapat di reduksi dengan penggunaan pentanahan *resistance*(NGR) yang sesuai dengan kapasitas Generator seperti di tunjukan tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Pentanahan Sistem Solid Dan Resistor(NGR)

Generator(Merk)	SISTEM PENTANAHAN	
	Arus gangguan (Solid)	Arus gangguan ( <i>Resistance</i> )
<i>Siemens 1-2</i>	6,62 KA	454 A
<i>Smith 3-6</i>	6,66 KA	499 A

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah dilakukan analisis dan simulasi, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada sistem pentanahan dengan menggunakan *solid grounding* pada Generator PLTD Gunung Malang Balikpapan di ketahui arus hubung singkat gangguan(1 phasa ke tanah) sebesar 6,66 KA (*siemens*) dan 6,62 KA (*smith*) dari hasil tersebut dapat di lihat bahwa arus hubung singkat (1 phasa ketanah) melebihi batas aman dari generator  $>1600\text{A}$ (1,6KA)
2. Dengan penggunaan sistem pentanahan NGR(*neutral grounding resistance*) yang sesuai dengan kapasitas generator dapat di lihat arus hubung singkat gangguan (1 phasa ke tanah) dapat di reduksi hingga kisaran 454 A untuk Generator (*siemens*) dan 499 A untuk Generator (*smith*).

#### **5.2 Saran**

Bahwa sistem pentanahan Generator PLTD Gunung Malang Balikpapanyang sebelum nya menggunakan sistem *solidgrounding* kurang mampu dalam menghadapi arus gangguan hubung singkat (1 phasa ke tanah) dan penggunaan NGR(*neutral grounding resistance*) dapat di jadikan pilihan karena bisa mereduksi arus gangguan hubung singkat(1 phasa ke tanah) agar Generator tetap dalam kondisi aman dan stabil saat menghadapi gangguan tersebut.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hutauruk,T.S.(1987) Pengetanahan Netral Sistem Tenaga Pengetanahan Peralatan. Institut Teknologi Bandung.
- [2] Piasecki.W.,Bertsch.J(2002). *Influence of Element Grounding Generator Neutral and Resistance of Breakdown Channel on Fast Transient Process in Unit-Connected Generator*.IEEE
- [3] Kongdoro,Rusli (2006). *Analisa Gangguan Satu Fasa ke Tanah yang Mengakibatkan Sympathetic Trip pada Penyulang yang tidak Terganggu di PLN APJ Surabaya Selatan* Jurnal Teknik Elektro Vol. 6, No. 1, Maret 2006
- [4] Agriselius,Asyer (2014). *Analisis Pemilihan Pentahanan Titik Netral Generator Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro 2 X 4,4 MW Nua Ambon Menggunakan Softwarwe ETAP 7.5*. Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung
- [5] Selkirk,Don and Glenney,Jeff. *The Importance of the Neutral-Grounding Resistor* .IEEE
- [7] Bapat,Ajit, Hanna,Robert and Panetta,Sergio (2015). *Advanced Concepts In High Resistance Grounding*. 978-1-4799-7114-5/15© 2015 IEEE
- [8] Suroso, Aryawa Prasada., Pujiantara, Margo., dan Priyadi, Ardyono(2006). *Arus Ground-Fault Di Dalam Rangkaian Generator Dengan Perbedaan Unsur-Unsur Yang Mengground-Kan Netral*, Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, Vol. 9, No. 2, 2006.



**LAMPIRAN**

## SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Hendra Dwi Prayitno  
NIM : 13.12.017  
Prodi / Konsentrasi : Teknik Elektro S-1 / Teknik Energi Listrik  
ID KTP / Paspor : 6471030811920004  
Alamat : Jl. Soekarno-Hatta KM. 2,5 RT.01 No:70 Gang Putingan  
Balikpapan Utara  
Judul Skripsi : Implementasi Penggunaan Sistem *Grounding* Generator Menggunakan NGR (*Neutral Grounding Resistance*) Untuk Mereduksi Arus Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada PLTD Balikpapan

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri, bukan merupakan hasil plagiarisme dari karya orang lain. Dalam Skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Apabila ternyata di dalam skripsi inidapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiarisme, maka saya bersedia skripsi ini di gugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S-1) di batalkan, serta di proses sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, 14 Agustus 2017

Yang Membuat Pernyataan



**Hendra Dwi Prayitno**  
NIM. 13.12.017



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Hendra Dwi Prayitno  
NIM : 13.12.017  
Program Studi : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi : **IMPLEMENTASI PENGGUNAAN SISTEM *GROUNDING* GENERATOR MENGGUNAKAN NGR (*NEUTRAL GROUNDING RESISTANCE*) UNTUK MEREDUKSI ARUS GANGGUAN 1 FASA KETANAH PADA PLTD BALIKPAPAN**

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi jenjang Strata Satu (S-1) Pada:

Hari : Rabu  
Tanggal : 26 Juli 2017  
Dengan Nilai : 80 (A)

**Panitia Ujian Skripsi**

Ketua Majelis Penguji

**Dr. Irrine Budi Sulistawati, ST, MT**  
NIP. 197706152005012002

Sekretaris Majelis Penguji

**Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT**  
NIP.Y. 1028700172

**Anggota Penguji**

Penguji I

**Dr. Irrine Budi Sulistawati, ST, MT**  
NIP. 197706152005012002

Penguji II

**Ir. Ni Putu Agustini, MT**  
NIP. 103010037





PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417536 Fax. (0341) 417634 Malang

**PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI**

Dari hasil ujian skripsi Program studi Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 26 Juli 2017

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : Hendra Dwi Prayitno

NIM : 13.12.017

Program Studi : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Judul Skripsi : **IMPLEMENTASI PENGGUNAAN SISTEM *GROUNDING* GENERATOR MENGGUNAKAN NGR (*NEUTRAL GROUNDING RESISTANCE*) UNTUK MEREDUKSI ARUS GANGGUAN 1 FASA KE TANAH PADA PLTD BALIKPAPAN**

No	Materi Perbaikan	Paraf
1	Kenapa NGR ?, Apa Istimewanya dan Jelaskan Solid	

Dosen Penguji I

**Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT**  
NIP. 197706152005012002

Dosen Pembimbing I

**Ir. Teguh Herbasuki, MT**  
NIP. Y.1038900209

Dosen Pembimbing II

**Ir. Taufik Hidayat, MT**  
NIP.Y. 10187000151







INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : Hendra  
NIM :  
Perbaikan meliputi :

Kenapa NGR ? apa itu meanya ?  
Jelaskan detail

Malang,

( \_\_\_\_\_ )



**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI  
 PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1**

<b>KONSENTRASI</b>		T. ENERGI LISTRIK S1		
1.	Nama Mahasiswa	Hendra Dwi Prayitno	NIM 1312017	
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	
	Pelaksanaan	23-2-2017	13.00	
Tempat / Ruang 2.1				
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang *)				
3.	a. Sistem Tenaga Elektrik	e. Embedded System	i. Sistem Informasi	
	b. Konversi Energi	f. Antar Muka	j. Jaringan Komputer	
	c. Sistem Kendali	g. Elektronika Telekomunikasi	k. Web	
	d. Tegangan Tinggi	h. Elektronika Instrumentasi	l. Algoritma Cerdas	
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	IMPLEMENTASI PENGGUNAAN SISTEM GROUNDING GENERATOR MENGGUNAKAN NGR (NEUTRAL GROUNDING RESISTOR) UNTUK MEREDUKSI ARUS GANGGUAN 1 FASA KE TANAH PADA PLTD BALEKPAPAN		
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian			
6.	Catatan : revisi tujuan, permasalahan, latar belakang.			
Catatan :				
Persetujuan Judul Skripsi				
7.	Disetujui, Dosen Keahlian I		Disetujui, Dosen Keahlian II	
	 Ir. Ni Putu Agustini, MT		 Ir. M. Abdul Hamid, MT	
Mengetahui, Ketua Jurusan		Disetujui, Calon Dosen Pembimbing		
 M. Ibrahim Ashari, ST, MT NIP. P. 1030100358		Pembimbing I	Pembimbing II	
		 Ir. Teguh Herbasuki, MT	 Ir. Taufik Hidayat, MT	



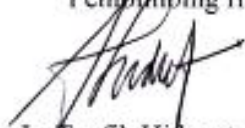
Keterangan :

\*) dilingkari a, b, c, ..... sesuai dengan bidang keahlian





## BERITA ACARA SEMINAR PROGRESS SKRIPSI PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1

<b>KONSENTRASI</b>		T. Energi Listrik S1		
1.	Nama Mahasiswa	Hendra Dwi Prayitno	NIM	1312017
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat / Ruang
	Pelaksanaan	12 April 2017		
3.	Judul Skripsi	IMPLEMENTASI PENGGUNAAN SISTEM GROUNDING GENERATOR MENGGUNAKAN NGR (NEUTRAL GROUNDING RESISTOR) UNTUK MEREDUKSI ARUS GANGGUAN 1 FASA KE TANAH PADA PLTD BALIKPAPAN		
4.	Perubahan Judul	<p>..... ✓ ..... .....</p>		
5.	Catatan :	<p>- flowchart dibekulkan. (standart arus gangguan yg dipeka) - batasan masalah ditambahkan tentang lokasi yang di bahas. (adapt) - Pelajari ETAP !</p>		
6.	Mengetahui, Ketua Jurusan.	Disetujui, Dosen Pembimbing		
		Pembimbing I	Pembimbing II	
	M. Ibrahim Ashari, ST, MT			
		Ir. Teguh Herbasuki, MT	Ir. Taufik Hidayat, MT	





Nomor : 003/SDM.04.09/PLTD-BPP/2017  
Lampiran : "-"  
Sifat : Biasa  
Perihal : Persetujuan Survey Pengambilan Data Skripsi

Balikpapan, 01 Pebruari 2017

KEPADA :  
INSTITUT TEKNOLOGI INDUSTRI MALANG  
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 02  
Di –  
**MALANG**

Menindak lanjuti Surat No. ITN-27/EL-FTI/2017 tanggal 22 Januari 2017, Perihal Permohonan Survey pengambilan data skripsi, maka dengan ini kami beritahukan bahwa :

1. Kami dapat menerima Mahasiswa Saudara untuk melaksanakan Survey pengambilan data skripsi di PT. PLN ( Persero ) Sektor Pembangkitan Balikpapan PLTD Balikpapan di Gunung Malang 02 Pebruari s/d 01 Maret 2017.
2. Sebelum melaksanakan Survey kepada Mahasiswa Saudara agar mengisi dan menandatangani Surat Pernyataan sebagaimana Formulir terlampir dan menyerahkan kepada kami pada hari pertama mulai dilaksanakannya Survey.
3. Ketentuan Jam kerja adalah sebagai berikut :
  - Hari Senin s/d Kamis Jam 07.30 – 16.30 wita
  - Hari Jum'at jam 07.30 – 16.00 wita
  - Hari Sabtu dan Minggu Libur
4. Selanjutnya kami usulkan untuk bahan evaluasi dan hasil kerja yang optimal, kepada Mahasiswa yang bersangkutan agar ditugaskan membuat daftar kegiatan atau laporan kertas kerja yang diketahui oleh Mentor.

Demikian disampaikan atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

Manager - PLTD Balikpapan  
  
BUDI SANTOSO



Tembusan Yth.

1. Manager STBPP







## MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2016-2017

Nama Mahasiswa : Hendra Dwi Prayitno  
NIM : 1312017  
Nama Pembimbing : Ir. Teguh Herbasuki, MT  
Judul Skripsi : Implementasi Penggunaan Sistem Grounding Generator Menggunakan NGR (Neutral Grounding Generator) Untuk Mereduksi Arus Gangguan 1 Fasa Ketenah Pada PLTD Balikpapan

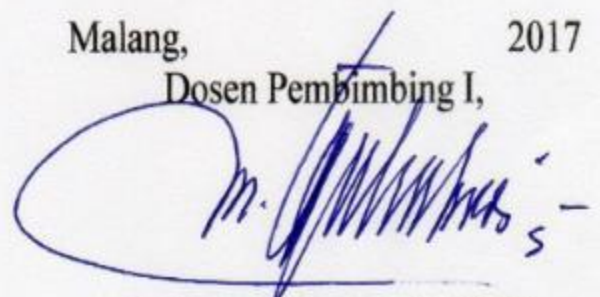
Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	Senin, 8 Maret 2017		Bab I Pendahuluan	
2	Rabu, 17 Maret 2017		Revisi latar belakang , rumusan masalah dan tujuan	
3	Jumat, 24 Maret 2017		Revisi Flowchart	
4	Rabu, 29 Maret 2017		Data dan perhitungan	
5	Senin, 10 April 2017		Makalah seminar progress	
6	Senin, 08 Mei 2017		Pemantapan judul	
7	Selasa, 16 Mei 2017		<ul style="list-style-type: none"><li>• Revisi bab II</li><li>• Simulasi dan hasil perhitungan</li><li>• Penambahan Batas Arus Gangguan</li></ul>	



Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
8	Sabtu, 20 Mei 2017		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Makalah seminar hasil</li> <li>• Bab IV</li> </ul>	
9	Kamis, 2 Juni 2017		<ul style="list-style-type: none"> <li>• ACC makalah seminar hasil</li> <li>• Prestasi seminar hasil</li> </ul>	
10	Kamis, 13 Juli 2017		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abstrak</li> <li>• Bab I-V</li> </ul>	
11	Selasa, 18 Juli 2017		ACC Laporan	
12				
13				
14				

Malang, 2017

Dosen Pembimbing I,



**Ir. Teguh Herbasuki, MT**

**NIP. Y. 1038900209**



## MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2017-2018

Nama Mahasiswa : Hendra Dwi Prayitno  
NIM : 1312017  
Nama Pembimbing : Ir. H. Taufik Hidayat, MT  
Judul Skripsi : Implementasi Penggunaan Sistem Grounding Generator Menggunakan NGR (Neutral Grounding Resistor) Untuk Mereduksi Arus Gangguan 1 Fasa Ketenah Pada PLTD Balikpapan

No.	Hari, Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf
1	15 Maret 2017	- lampirkan Single line diagram dari pembangkit dan G.I.	
2	27 Maret 2017	Lampirkan ke Bab IV	
3	7 April 2017	buat masalah untuk seminar progress sebelum dosen. Masukkan data yang dibutuhkan	
4	10 April 2017	Perbaiki progress	
5	11 April 2017	Lampirkan ke Bab V, VI, VII	
6	8 Mei 2017	Revisi Bab V, 4.1 dan 4.2	
7	15 Mei	Revisi Bab V dan Bab VI flowchart	



No.	Hari, Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf
8	30-5-2017	gambar 3.5. besarnya $T_{gf} \geq 1,6kA$ berdasarkan $T_{gf}$ yang diacu, digunakan untuk NGR yang dipasang di trafo. NGR yang digenerasi apakah sama?	A.
9		yang ada di kanvas (sebuah software) yang solid bukan ditambahkan NGR melainkan solid diganti dengan NGR (lihat skema dengan flowchart)	A.
10		Perbaikan Sembras	A.
11		Sembras (TTD)	A.
12	18 Juli 2017	Maie mengikuti ujian komprehensif	A.
13			
14			

Malang, 18 Juli 2017

Dosen Pembimbing II,



**Ir. H. Taufik Hidayat, MT**  
NIP. Y. 1018700015

<b>Anlage</b> Project	Installation Instalación	Sambal	
<b>Typ</b> Type	Type Tipo	1DK 5321-4DE06-Z	
<b>Fabrik-Nr.</b> Serial No.	N° de fabrication N° de fábrica	D 76 200 481 01-04	
<b>Antrieb des Synchrongenerators durch</b> Synchronous generator driven by Entraînement de l'alternateur par Accionamiento del generador por		Diesel engine Stork 9 TM 410	
<b>Baujahr</b> Year of manufacture	Année de construction Año de construcción	1976	
<b>Maßbild Nr.</b> Dimension drawing No.	Plan d'encombrement N° Croquis acotado N°	0D2.0110-235 554 4D2.0111-235 556	
<b>Technische Vorschriften</b> Specifications	Prescriptions techniques Prescripciones técnicas	VDE 0530	

**Allgemeine Angaben**

General data  
Indications générales  
Datos generales

<b>Nennleistung</b> Output rating	Puissance Potencia	<b>kVA</b>	5000
<b>Überlast</b> Overload capacity	Surcharge Sobrecarga	10 %	1 h
<b>Nennspannung</b> Rated voltage	Tension nominale Tensión nominal	<b>V</b>	6300
<b>Nennfrequenz</b> Rated frequency	Fréquence Frecuencia	<b>Hz</b>	50
<b>Nennstrom</b> Rated current	Courant nominal Corriente nominal	<b>A</b>	458
<b>cos φ</b> P.F.	cos φ cos φ	0,8	übererregt over-excited surexcité sobreexcitado
<b>Nennzahl</b> Rated speed	Vitesse nominale Velocidad de rotación	<b>U/min</b> rev/min	500
<b>Schleuderdrehzahl</b> Overspeed test at	Vitesse d'emballément Velocidad de embalamiento	<b>tr/min</b> rpm	600
<b>Nennbetriebsart</b> Type of duty	Service Clase de servicio	<b>Dauerbetrieb</b> Continuous duty	Service continu Servicio permanente
<b>Erregungsart</b> Excitation method	Mode d'excitation Clase de excitación	<b>Exciter</b>	
<b>Nennerregerspannung</b> Full-load excitation voltage Tension d'excitation à pleine charge Tensión de excitación a plena carga		<b>V</b>	84
<b>Nennerregestrom</b> Full-load excitation current Intensité d'excitation à pleine charge Intensidad de excitación a plena carga		<b>A</b>	325
<b>Anschlußklemmen UVW für Rechtsdrehfeld von A-Seite gesehen</b> Terminals UVW for clockwise rotating field, viewed from A-end Bornes UVW pour un champ tournant à droite, vu du côté A Bornas UVW para campo giratorio a derechas, visto desde el lado A			
<b>Isolierstoffklasse</b> Insulation Class	Classe d'isolation Clase de aislamiento	<b>Ständer</b> Stator Estator	<b>F</b>
		<b>Läufer</b> Rotor	<b>B</b>

**Elektrische Angaben**

Electrical data  
Caractéristiques électriques  
Datos eléctricos



<b>Bauform</b> Type of construction	Forme Forma constructiva	DIN 42 950	D 2	
<b>Schutzart Generator</b> Generator enclosure to Degré de protection de l'alternateur selon Clase de protección del generador según		DIN 40 050	IP 22	
		VDE 0171	-	
<b>Schutzart Schleifringe</b> Enclosure of sliprings to Degré de protection des bagues selon Clase de protección de los anillos rozantes según		DIN 40 050	IP 00	
		DIN 0171	-	
<b>Maschine geeignet für</b> Machine suitable for Machine appropriée à Máquina apropiada para			<b>Innenraumaufstellung</b> Installation indoors Installation intérieure Colocación en interiores	<b>Freiluftaufstellung</b> Installation outdoors Installation extérieure Colocación a la intemperie
<b>Drehrichtung auf A-Seite gesehen</b> Direction of rotation, viewed from A-side Sens de rotation, vu du côté A Sentido de rotación visto desde el lado A			<b>Linkslauf</b> Anti-clockwise rotation à gauche marcha a izquierdas	<b>Rechtslauf</b> Clockwise rotation à droite marche a derechos
<b>Trägheitsmoment</b> Moment of inertia	Moment d'inertie Momento de inercia		kgm <sup>2</sup> 5570	
<b>Bürstenhalter</b> Brush holders	Porte-balais Portaescobillas	<b>Stück</b> Qty	<b>Qu. té</b> Núm.	8
			<b>Typ</b> Type	Type Tipo BRE 25 k
<b>Bürsten</b> Brushes	Balais Escobillas	<b>Stück</b> Qty	<b>Qu. té</b> Núm.	16
			<b>Typ</b> Type	Type Tipo 25x16x50 mm
			<b>Marke</b> Grade	Marque Marca E 46 F3
<b>Geeignete Abschleifvorrichtung für Schleifringe</b> Suitable grinding rig for sliprings	Dispositif de rectification pour bagues Dispositivo de rectificación apropiado para los inillos rozantes			*
<b>Kleinster zulässiger Schleifringdurchmesser</b> Min. permissible slipring dia.	Diamètre minimal admissible des bagues Diámetro mínimo admisible de los anillos rozantes			490 mm

**Mechanische Angaben**  
Mechanical data  
Caractéristiques mécaniques  
Datos mecánicos

<b>Gleitlager</b> Sleeve bearings Palier lisse Cojinetes de fricción	<b>AS Größe</b> Size	-	<b>Schmierung</b> Lubrication	-	<b>Ölinhalt</b> Oil content	-
	<b>BS Grandeur</b> Tamaño	ø250x200x500mm	Lubrification	ring	Contenance d'huile	31
			Lubrificación		Contenido de aceite	
	<b>Schmieröltyp</b> Lube oil	Type d'huile lubrifiante Tipo del aceite lubricante	DIN 51 517	C 68		
<b>Wälzlager</b> Rolling bearings Palier à roulement Rodamientos	<b>AS Typ</b> Type	-	<b>Schmiermenge</b> Grease quantity	-	<b>Fett</b> Grease	<b>Öl</b> Oil
	<b>BS Type</b> Tipo	-	Quantité de lubrifiant	dm <sup>3</sup>	Graisse	Huile
			Cantidad de lubricante	-	Grasa	Aceite
	<b>Wälzlagerfett</b> Rolling bearing grease	Graisse de palier Grasa para rodamientos	DIN 51 325	Lithium verseift		
	<b>Schmierfrist</b> Lubricating intervals	Intervalle entre graissages Lubrificación periódica	-			h

**Lager**  
Bearings  
Paliers  
Cojinetes

<b>Ölbedarf der Lager bei 10 °C Ölerrwärmung</b> Rate of oil required for . . . bearing(s) at an oil temperature rise of 10 deg. C Rate of oil required for bearing(s) at an oil temperature rise of 10 deg. C Besoin en huile des paliers sous 10° C échauffement de l'huile Consumo de aceite de los cojinete(s) a 10° C calentamiento	<b>AS</b>	-	dm <sup>3</sup> /min
	<b>BS</b>	-	dm <sup>3</sup> /min
<b>Max. Öleintrittsdruck am Lager</b> Max. oil pressure at bearing inlet Pression max. de l'huile à l'entrée dans le palier Presión máx. de entrada del aceite en el cojinete		-	bar

**Umlaufschmierung**  
Circulating-oil lubrication  
Graissage par circulation d'huile  
Lubrificación por circulación

\* Bei Bedarf anfordern  
To be ordered if required  
En cas de besoin, demander le type  
Adquirir en caso necesario



	<b>Generator</b> Génératrice Generator	<b>Schleifringe</b> Sliprings	Bagues collectrices Anillos rozantes	
<b>Belüftung</b> Ventilation Ventilación	<b>Eigen-</b> Self- naturelle propia	<b>Fremd-</b> Separate forcée independiente	<b>Eigen-</b> Self- naturelle propia	<b>Fremd-</b> Separate forcée independiente
<b>Kühlflutmenge</b> bezogen auf 40 °C, 1,01 bar Cooling-air flow rate referred to Débit d'air de refroidissement rapporté à Caudal de aire de refrigeración ref. a	m <sup>3</sup> /s	6,0	m <sup>3</sup> /s	-
<b>Zulufttemperatur</b> Intake air temperature Température de l'air d'arrivée Temp. entrada aire	°C	40	°C	-
<b>Druckabfall*</b> Pressure drop Perte de charge Caída de presión	N/m <sup>2</sup>	-	N/m <sup>2</sup>	-
<b>Aufstellhöhe</b> Altitude Altitude Altura de colocación	m über NN m above sea level m alt. m s.e.n.d.m.			
<b>Kühler</b> elemente Cooler elements	<b>Stück</b> Qty		<b>Qu.</b> télé Núm.	<b>Typ</b> Type
	-		-	Type Tipo
	<b>Lieferfirma</b> Supplier		<b>Fournisseur</b> Proveedor	
	-		-	
<b>Kühlwassermenge</b> Flow rate of cooling water Débit d'eau de refroidissement Caudal del agua de refrigeración	m <sup>3</sup> /h		-	
<b>Max. Kühlwassereintrittstemperatur</b> Max. cooling-water inlet temperature Température max. d'entrée de l'eau de refroidissement Temperatura máx. de entrada del agua de refrigeración	°C		-	
<b>Wasserdruckabfall im Kühler</b> Water pressure drop in cooler Perte de charge de l'eau dans le réfrigérant Caída de presión del agua en el refrigerador	bar		-	

### Belüftungsangaben

Ventilation data

Caractéristiques de la ventilation

Datos de la ventilación

### Luft-Wasser-Kühler

Air-to-water cooler

Réfrigérant air-eau

Refrigerador de aire-agua

<b>Luftfilterplatten</b> Air filter plates Plaque(s) de filtrage d'air Placas del filtro de aire	<b>Stück</b> Qty	<b>Qu.</b> télé Núm.	<b>Typ</b> Type	<b>Type</b> Tipo
		-		-
	<b>Lieferfirma</b> Supplier		<b>Fournisseur</b> Proveedor	
	-		-	

### Luftfilter

Air filters

Filtres à air

Filtros de aire

<b>Stillstandsheizung</b> Anti-condensation heater(s) Chauffage à l'arrêt Calefacción para los tiempos de parada	<b>Stück</b> Qty	<b>Qu.</b> télé Núm.	<b>Typ</b> Type	<b>Type</b> Tipo	<b>V</b> 220
		6	WR85 V	100-4S	
				800 W	kW 4,8

### Stillstandsheizung

Anti-condensation heaters

Chauffage à l'arrêt

Calefacción para los tiempos de parada

\* Bei Fremdbelüftung innerer, bei Eigenbelüftung und Schutzart IPR44 zulässiger äußerer Druckabfall

\* Internal pressure drop for separately ventilated machines, permissible external pressure drop for self-ventilated machines and type of enclosure IPR44

\* Perte de charge intérieure en cas de ventilation forcée, admissible extérieurement en cas d'autoventilation et degré de protection IPR44

\* Caída de presión interna en caso de refrigeración independiente, y admisible exteriormente en caso de autoventilación y clase de protección IPR44



Lager Bearing(s) Palier Cojinete	A5	Stück Qty Qu. Núm.	-	Art* Type Genre Clase	-
		Stück Qty Qu. Núm.	1	Art* Type Genre Clase	QK
Abluftraum Exhaust air space Compartiment air de sortie Recinto salida aire		Stück Qty Qu. Núm.	1	Art* Type Genre Clase	W Pt 100
Zuluftraum Intake air space Compartiment air d'arrivée Recinto entrada aire		Stück Qty Qu. Núm.	1	Art* Type Genre Clase	W Pt 100
Ständerwicklung Stator winding Enroulement statorique Devanado del estator		Stück Qty Qu. Núm.	6	Art* Type Genre Clase	W Pt 100
		in des Nuten: in the slots: dans les encoches: en las ranuras:			
Spannungssicherung Overvoltage protector Parasurtensions Fusibles		Stück Qty Qu. Núm.	1	Typ Type Tipo	DUS 600-800 V
Sonstige Instrumente Other instruments Autres appareils Otros instrumentos		Einbaort Location Point de montage Lugar de montaje	Stück Qty Qu. Núm.	Art* Type Genre Clase	

**Überwachungs-  
instrumente**

 Monitoring  
devices

 Appareils de  
contrôle

 Instrumentos de  
control

**Bemerkungen**

Remarks

Remarques

Observaciones

\* M = Maschinenthermometer  
K = Kontaktthermometer  
W = Widerstandthermometer  
Q = Quecksilberthermometer  
T = Thermoelement  
S = Temperaturschalter  
z/B. Stabregler  
HI = Heißleiter  
KI = Kaltleiter

Machine thermometer  
Contact thermometer  
Resistance thermometer  
Mercury thermometer  
Thermo-couple  
Thermostat  
(Termostat)  
NTC thermistor  
PTC thermistor

Thermomètre pour machines  
Thermomètre à contact  
Thermomètre à résistance  
Thermomètre à mercure  
Couple thermo-électrique  
Thermostat  
(régulateur à barre par ex.)  
Thermistance CTN  
Thermistance CTP

Termómetro para máquinas  
Termómetro de contacto  
Termómetro de resistencia  
Termómetro de mercurio  
Termoelemento  
Interruptor de temperatura  
(p. ej. regulado "on-off")  
Termistor CTN  
Termistor CTP

Typ Type		Type Tipo		1GA9 196				
Fabrik-Nr. Serial No.		N° de fabrication N° de fabrica		D..01 680 736; D..02 680 738; D..03 680 739; D..04 680 737;				
Baujahr Year of manufacture		Année de construction Año de construcción		1976				
Maßbild Nr. Dimension drawing No.		Plan d'encombrement N° Croquis acotado N°		J80 8949				
Schaltbild Nr. Diagram No.		N° de schéma Esquema N°		-				
				Dauerbetrieb Contin. duty Service continu Service perman.		1 Std. 1 hour	2 min.	
Nennleistung Output rating		Puisance Potencia		kW		36	44	56,5
Nennspannung Rated voltage		Tension nominale Tensión nominal		V		101	115	126
Nennstrom Rated current		Courant nominal Intensidad nominal		A		356	390	446
Nennerspannung Rated excit. voltage		Tension d'excitation nominale Tensión de excitación nominal		V		-	-	-
Nennersstrom Rated excit. current		Courant d'excitation nominal Intensidad de excitación nominal		A		-	-	-
Bauforn Type of construction		Forme Forma constructiva		DIN 4290		B 3		
Schutzart Degree of protection		Degré de protection Clase de protección		DIN 4000		IP 23		
Nennrehzahl Speed		Vitesse Velocidad de rotación		U/min		2300		
Drehrichtung auf A-Seite gesehen Direction of rotation, viewed from A-side Sens de rotation, vu de côté A Sentido de rotación visto desde el lado A				Linkslauf Anti-clockwise rotation à gauche marche à izquierdas		Rechtslauf Clockwise rotation à droite marche à drochas		
Bürstenhalter Brush holder		Forte-balais Portavescobillas		Stück Qty.		Qu. n° Núm.		8
						Typ Type		Typo Tipo
								1G 220
Bürste Brush		Baisc Escobillas		Stück Qty.		Qu. n° Núm.		16
						Typ Type		Typo Tipo
								1G 20
						Marke Grade		Marque Marca
								EG 389
Kleinst zulässiger Kommutatordurchmesser Minimum permissible commutator diameter Diamètre minimal admissible pour le collecteur Diámetro mínimo admisible del colector				mm		190		
Gleislager Sleeve bearings Palier lisse Cojinetes fricción		Größe Size Grandezza Tamaño		-		Schmierung Lubrication Lubrification Lubrificación		-
						Ölhalt Oil content Contenance d'huile Contenido de aceite		-
						Dichte Type of oil Type d'huile Tipo del aceite		-
						DIN 51517		
Belüftung Ventilation Ventilación		eigenbelüftet self ventilated autoventilée Ventilación propia		fremdbelüftet separately ventilated à ventilation séparée Ventilación ajena		n/s		-
Stillstandheizung Anti-condensation heaters Chauffage à l'arrêt Calentación para los tiempos de parada		Stück Qty.		Qu. n° Núm.		Typ Type		Typo Tipo
								V -
								kW -
Bemerkungen Remarks Remarques Observaciones								

Haupterreg-  
maschine

Main exciter

Excitatrice

Excitatriz



<b>Typ</b> Type	Type Tipo	-			
<b>Fabrik-Nr.</b> Serial No.	N° de fabrication N° de fábrica	-			
<b>Nennrehzahl</b> Speed	Vitesse Velocidad de rotación	<b>U/min</b> rev/min	<b>tr/min</b> rpm	-	
<b>Drehrichtung auf A-Seite gesehen</b> Direction of rotation, viewed from A-end Sens de rotation, vu du côté A Sentido de rotación visto desde el lado A		<b>Linkslauf</b> Anti-clockwise rotation à gauche marcha a izquierdas		<b>Rechtslauf</b> Clockwise rotation à droite marcha a derechas	
<b>Bauform</b> Type of construction	Forme Forma constructiva	nach DIN 42 950			
<b>Dauerbetrieb</b> Values for contin. duty	Service continu Servicio permanente	<b>V</b>	<b>A</b>	<b>kW</b>	-
<b>Kurzbetrieb</b> Values for short-time duty	Service temporaire Servicio de breve duración	<b>V</b>	<b>A</b>	<b>kW</b>	-
<b>Bürstenhalter</b> Brush holders	Porte-balais Portaescobillas	Qu. té	Qty. Núm.	<b>Typ</b> Type	Type Tipo
<b>Bürsten</b> Brushes	Balais Escobillas	<b>Stück</b> Qty Qu. té Núm.		<b>Typ</b> Type	Type Tipo
				<b>Marke</b> Marca	Marque Grade
<b>Kleinster zulässiger Kommutatordurchmesser</b> Minimum permissible commutator diameter Diamètre minimal admissible pour le collecteur Diámetro mínimo admisible del colector			<b>mm</b>	-	

**Hilfsregermaschine**  
Auxiliary exciter  
Excitatrice  
auxiliaire  
Excitatriz auxiliar

<b>Typ</b> Type	Type Tipo	C II NZW 770/4,47			
<b>Fabrik-Nr.</b> Serial No.	N° de fabrication N° de fábrica	D..01	9905/54;	D..02	9905/52;
		D..03	9905/53;	D..04	9905/51;
<b>Ölfüllung</b> Oil content	Remplissage en huile Relleno de aceite	<b>dm³</b>	20		
<b>Ölqualität</b> Oil grade Qualité d'huile Calidad del aceite	<b>Viskosität bei 50 °C</b> Viscosity at 50 °C Viscosité à 50 °C Viscosidad a 50 °C	7..9 °E			

**Getriebe**  
Speed reducer  
Réducteur  
Reductor

<b>Typ</b> Type	Type Tipo	Elco			
<b>Ausführung</b> Design	Modèle Ejecución	n			
<b>Größe</b> Size	Grandeur Tamaño	6 / 8			
<b>Hülsen</b> Sleeves	Douilles Casquillos	<b>Stück</b> Qty	Qu. té Núm.	10/8	<b>Typ</b> Type
					Type Tipo
					ÖG

**Erregerkupplung**  
Exciter coupling  
Accouplement  
excitatrice  
Acoplamiento de  
la excitatriz

<b>Bemerkungen</b> Remarks Remarques Observaciones					
---	--	--	--	--	--

**Bemerkungen**  
Remarks  
Remarques  
Observaciones

test certificate  
transformer  
no. 219027

### rating and guaranteed values

standard	IEC 76/1967
rated power (kVA)	5200
service type	continuous
HV (V)	24/5.2
LV (V)	21000-20500-20000-19500-19000
frequency (Hz)	6300
number of phases	50
vectorgroup symbol	3
temp. rise top oil (°C)	YNd5
temp. rise winding (°C)	50
no-load loss (W)	55
load loss at 75°C (W)	6000
impedance voltage at 75°C (%)	40000
	8

### measuring and test results

HV windings to other windings, core and tank	50	kV, during 1 min.
LV windings to other windings, core and tank	22	kV, during 1 min.
induced voltage at 100 Hz	200	%, during 1 min.

### measurement of no-load loss and current (LV-side)

### measurement of load loss and impedance voltage

no-load current (% of rated current)			no-load loss (W)	impedance voltage at 75°C (%)	load loss at 75°C (W)
u	v	w			
0.50	0.54	0.54	5605	8.18	39216

date of test 1976-08-27