

# Implementasi Sistem Grounding Resistansi Tinggi untuk Mereduksi Arus Gangguan 1 Fasa ke Tanah pada Sistem Kelistrikan PT Petrokimia Gresik

Aries Tri Apriliyanto, I Made Wartana  
Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia  
Email : [ariestria19@gmail.com](mailto:ariestria19@gmail.com)

**Abstrak-** Tingginya gangguan arus hubung singkat dapat membahayakan pada generator dan makhluk hidup pada area generator, Oleh karena itu diperlukan pentanahan NGR (*neutral grounding resistance*) untuk mereduksi arus hubung singkat satu fasa ketanah tidak melebihi batas aman yang diizinkan sesuai dengan IEEE C37.101-2006. Dengan metode penggunaan sistem pentanahan NGR (*neutral grounding resistance*) arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah dapat direduksi dengan menentukan nilai resistance NGR, Sehingga arus gangguan tidak melebihi standart yang telah diizinkan IEEE C37.101-2006. Hasil simulasi penggunaan NGR (*neutral grounding resistance*) di PT PETROKIMIA GRESIK dapat mereduksi arus hubung singkat dengan nilai *resistance* NGR sebesar  $346 \Omega$  dengan demikian arus gangguan hubung singkat dapat direduksi berkisar 10 A sehingga tidak melebihi batas aman yang diizinkan, sehingga tidak membahayakan pada Generator.

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

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Generator merupakan suatu peralatan yang berperan sangat penting dalam proses atau tahapan pembangkit tenaga listrik. Hal ini di karenakan generator mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Kontinuitas dari operasi generator ini harus terjaga dengan baik sehingga pasokan energi listrik yang di hasil kan oleh generator tidak terganggu karena jika sebuah generator terganggu akan sangat mengganggu sistem kerja generator sehingga tidak bisa secara maksimal dalam menyediakan energi listrik yang di butuh kan. karena dalam hal ini generator masih sangat di butuh kan atau di andal kan semua sektor dari mulai sektor industri hingga sektor rumah tangga dalam memenuhi kebutuhan akan energi listrik.[1]

Dalam suatu generator pasti membutuhkan sistem pentanahan titik netral yang handal. Hal ini di maksud kan untuk membatasi arus gangguan yang terjadi pada saat gangguan hubung singkat phasa ketanah *line to ground* yang akan berakibat buruk pada sistem peralatan dan juga pada sistem generator itu sendiri. Selain itu perlu juga di perhatikan

tengangan sentuh dan tengangan langkah yang terjadi akibat arus gangguan tersebut yang sangat berbahaya bagi keselamatan manusia yang berada di sekitar area pembangkit.[1]

Implementasi 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 ada nya arus satu fasa ke tanah (*Line to Ground*) yang sangat mengurangi kinerja dari generator itu sendiri.[2]

Dalam makalah ini akan membahas Analisis penggunaan NGR (*Neutral Grounding Resistor*) untuk mereduksi arus gangguan hubung singkat (asimetris) satu fasa ketanah, Dua fasa ketanah, Dan tiga fasa ketanah yang dapat direduksi dengan menentukan nilai *resistance* NGR, sehingga arus gangguan tidak melebihi standart yang telah diizinkan oleh IEEE C37.101-2006 pada generator yang ada di PT Petrokimia Gresik. Simulasi yang dilakukan menggunakan program *Power ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) Station*.

### B Rumusan Masalah

1. Bagaimana kinerja penggunaan NGR (*Neutral Grounding Resistor*) untuk mereduksi arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada generator ?
2. Bagaimana pemodelan untuk menentukan besarnya nilai *resistance* pada sistem pentanahan generator setelah menggunakan NGR (*Neutral Grounding Resistor*) ?

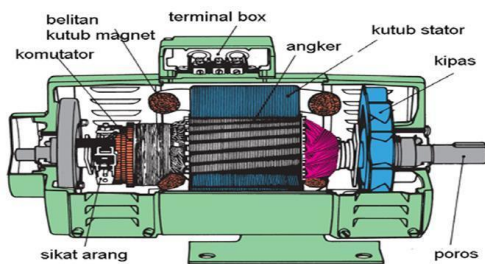
### C. Tujuan

1. Menentukan besarnya arus *ground fault* akibat hubung singkat satu fasa ketanah saat menggunakan sistem pentanahan solid pada generator.
2. Menentukan besarnya nilai *resistance* pada sistem pentanahan generator setelah pemasangan NGR (*Neutral grounding resistor*) yang di gunakan untuk dapat mereduksi arus gangguan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Generator Sinkron

Generator arus bolak-balik berfungsi mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik arus bolak-balik. Generator arus bolak-balik sering juga di sebut sebagai alternator, 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 dengan putar pada stator. 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 industri 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.[2]

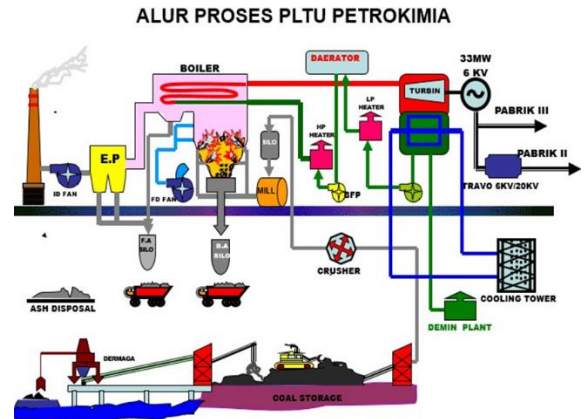


Gambar 2.1 Generator

### B. Pengertian PLTU

PLTU adalah singkatan dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Pembangkit ini memiliki ketel uap atau bisa disebut boiler yang berfungsi memanaskan air menjadi uap superheat atau uap bertemperatur dan bertekanan tinggi yang digunakan untuk memutar sudu-sudu pada turbin. Sudu-sudu pada turbin yang berputar akan memutar poros turbin yang dihubungkan dengan poros generator, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Seperti yang kita ketahui bahwa generator berfungsi untuk mengubah energi mekanik (poros turbin yang berputar) menjadi energi listrik yang nantinya akan disalurkan langsung ke gardu induk melalui transformator. PLTU pada umumnya menggunakan bahan bakar minyak dan batubara. PLTU yang menggunakan minyak sebagai bahan bakarnya memiliki gas buang yang relatif bersih dibandingkan dengan PLTU yang menggunakan batubara. PLTU batubara lebih

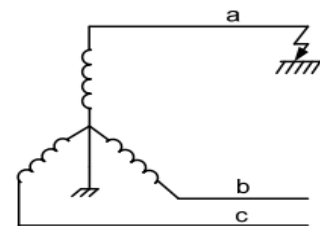
cocok dipakai pada wilayah yang memiliki kandungan batubara yang banyak seperti di Kalimantan dan Sumatera.[2]



Gambar 2.2 Struktur PLTU

### C. Gangguan hubung singkat Satu Fasa keTanah

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.[7]



Gambar 2.3 satu fasa ke tanah

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

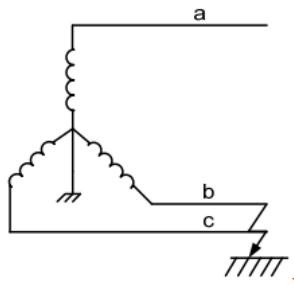
$$I_{f1\phi} = \frac{j3}{(Z_1 + Z_2 + Z_0)} A \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

- $I_{f1\phi}$  = Arus gangguan 1 fasa ke tanah (A)
- $Z_0$  = Impedansi urutan (Ω)
- $Z_1$  = Impedansi urutan positif (Ω)
- $Z_2$  = Impedansi urutan negatif (Ω)

### D. Gangguan hubung singkat Dua Fasa KeTanah

Gangguan dua fasa ke tanah terjadi ketika dua buah fasa dari sistem tenaga listrik terhubung singkat dengan tanah.[7]



Gambar 2.4 dua fasa ke tanah

Arus gangguan hubung singkat Dua fasa ke tanah yang terjadi pada Generator.

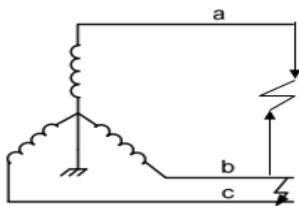
$$I_{f2\phi} = \frac{V}{Z_1 + \left(\frac{Z_2 \times Z_0}{Z_2 + Z_0}\right)} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

- $I_{f2\phi}$  = Arus gangguan 1 fasa ke tanah (A)
- $Z_0$  = Impedansi urutan ( $\Omega$ )
- $Z_1$  = Impedansi urutan positif ( $\Omega$ )
- $Z_2$  = Impedansi urutan negatif ( $\Omega$ )

**E. Gangguan hubung singkat Tiga Fasa ketanah**

Gangguan tiga fasa hubung singkat terjadi ketika dua buah fasa dari sistem tenaga listrik terhubung singkat.[7]



Gambar 2.5 Rangkaian Tiga Fasa Hubung Singkat

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 [7]

$$I_{f3\phi} = \frac{V_n}{Z_1} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

- $I_{f3\phi}$  = Arus gangguan 3 fasa
- $V_n$  = Tegangan Nominal
- $Z_1$  = Impedansi urutan positif

**F. Gangguan hubung singkat Simetris**

Gangguan simetris merupakan gangguan dimana besar magnitude dari arus gangguan sama pada setiap fasa. Gangguan ini terjadi pada gangguan hubung singkat tiga fasa

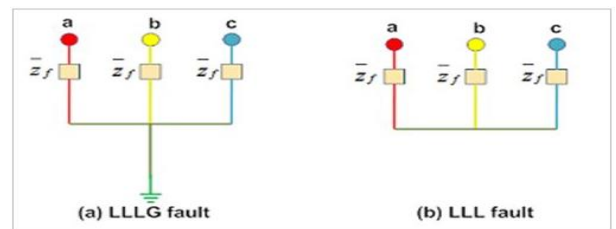
perhitungan arus gangguan dari perfasa di hitung menggunakan persamaan, hanya saja ketika gangguan simetris terjadi, dan tidak terjadi busur di karenakan konduktor tidak menyentuh tanah sehingga persamaannya menjadi :

$$I_f = \frac{V_n}{Z_1} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

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

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 2.4



Gambar 2.6 Gangguan Simetris

Karena ketiga fasa sama-sama terpengaruh, maka setiap sistem akan tetap seimbang,dan karena inilah gangguannya disebut dengan gangguan simetris oleh karena itu, bisa langsung dianalisa dengan hanya mengguankan satu fasa saja. Gangguan simetris adalah gangguan terparah yang terjadi pada sistem, tetapi untungnya gangguan ini sangat jarang terjadi dan hanya 5% dari gangguan sistem keseluruhan[7]

**G. Pentanahan Secara Umum**

Pada tahun 1910, sistem-sistem tenaga listrik tidak di ketanahkan. Hal itu dapat di mengerti karena pada waktu itu sistem-sistem tenaga listrik masih kecil dan apabila 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 ini, 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 sangat bisa menjaga keamanan sistem tenaga listrik yang akan semakin berkembang Dan berikut adalah contoh-contoh pentanahan netral dari sistem tenaga listrik adalah:

1. Pentanahan melalui tahanan (resistance grounding)
2. Pentanahan melalui reaktor (reactor grounding)
3. Pentanahan tanpa impedansi (solid grounding)
4. Pentanahan dengan reaktor (resonant grounding)

**H. Jenis – jenis Pembumian pada Generator**

Netral generator ditanahkan dengan :

- a) Impedansi rendah (tahanan atau dengan reaktansi), arus primer dari 50 hingga 600 A.
- b) Impedansi tinggi atau resonansi di mana arus primernya 1 sampai 10 A.
- c) Generator dan sistem terhubung yang tidak ditanahkan.

**I. Pembumian Titik Netral dengan Tahanan**

Sistem pembumian dengan tahanan memiliki dua metode, yaitu tahanan tinggi dan tahanan rendah. Pembumian dengan tahanan tinggi diperoleh dari koneksi titik netral generator. Sistem pembumian tahanan tinggi dapat digunakan pada sistem yang kecil hingga menengah. Nilai tahanan dipilih sedemikian rupa sehingga memungkinkan arus 1 – 10 A selama terjadi gangguan.

**J. Neutral Grounding Resistor (NGR) Generator**

Sistem pentanahan atau bisa disebut sebagai *grounding* adalah suatu sistem pengamanan dalam sistem kelistrikan, dan salah satu sistem pentanahan dengan menggunakan suatu alat yang di sebut 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.[2]

$$R = \frac{V_n}{I_{set}} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :  $I_{set}$  = Arus setting, 10 A  
 $V_n$  = Nilai padaTegangan fasa yang terganggu  
 R = Tahanan Pembumian *neutral grounding resistor* (NGR) [Ohm]

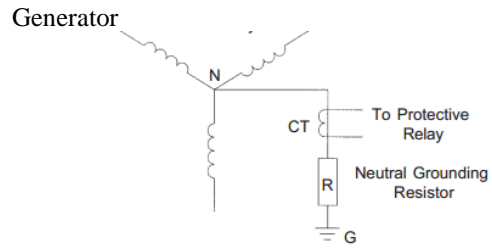
Dimana Tegangan nominal dan Arus setting dapat diperoleh dengan rumus :

$$V_n = \frac{V}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots(6)$$

$$I_{set} = \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :  $I_n$  = Arus Nominal gangguan  
 $V_n$  = Tegangan Nominal  
 V = Tegangan  
 $V_s$  = Tegangan Sekunder  
 P = Daya

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 2.7 Skema neutral grounding resistor

**K. Perhitungan Arus Hubung Singkat Pada Generator Menggunakan Resistor (NGR)**

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

$$I_f = \frac{3E}{(Z_1+Z_2+Z_0+(3Z_n))} A \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :  
 E = Tegangan Generator  
 $Z_0$  = Impedansi urutan nol ( $\Omega$ )  
 $Z_1$  = Impedansi urutan positif ( $\Omega$ )  
 $Z_2$  = Impedansi urutan negatif ( $\Omega$ )  
 $Z_n$  = Nilai Resistor ( $\Omega$ )

**L. Klarifikasi sistem pembumian dengan NGR**

Berikut ini adalah klarifikasi sistem pembumian dengan NGR :

- a) Sistem pembumian dengan tahanan rendah, dengan tahanan 12 dan 40 Ohm serta arus primer 50 – 600 A.
- b) Sistem pembumian dengan tahanan tinggi dengan tahanan 200 dan 500 Ohm, serta arus primer 1 – 10 A.

Penggunaan NGR dengan jenis rendah maupun tinggi tergantung dari desain subsistem tenaga listrik, pada dasarnya semakin besar nilai NGRnya maka arus gangguan fasa ke tanahnya semakin kecil.[2]

### III METODELOGI PENELITIAN

#### A. Metode

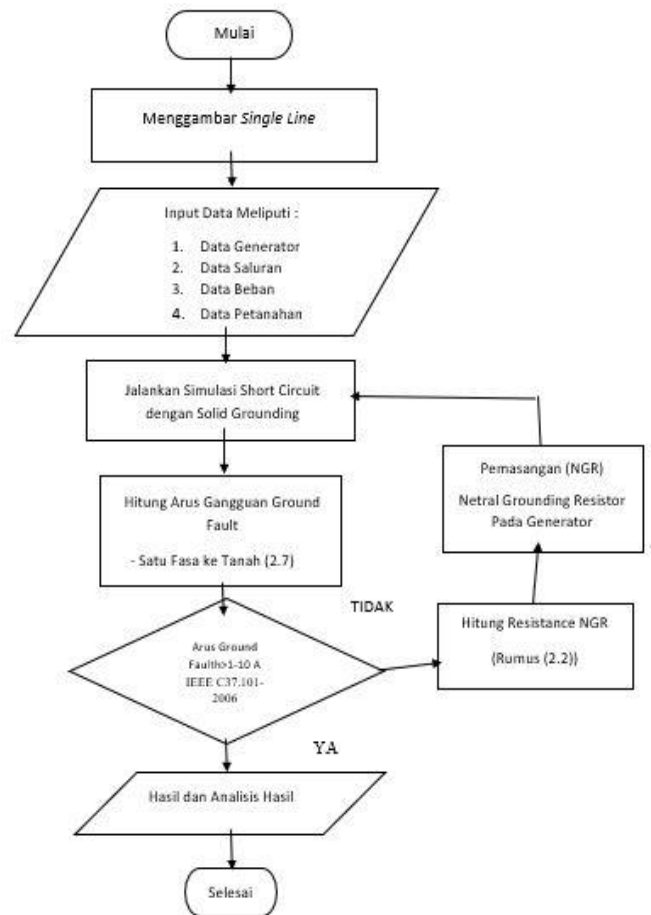
Dalam implementasi sistem pentanahan generator ini menggunakan acuan standar IEEE ANSI/IEC serta metode pentanahan netral menggunakan Neutral Grounding Resistor. Dimana pengujian sistem yang ada menggunakan software ETAP Power Station. ETAP sendiri merupakan software yang sering digunakan untuk melakukan analisa mengenai energi listrik karena didalamnya banyak sekali 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 kinerja sistem pentanahan generator.

#### B. Algoritma Simulasi pada software ETAP power station

Algoritma penggunaan NGR (Neutral Grounding Resistor).

1. Mulai.
2. Menggambar *single line diagram*.
3. Input data : Data generator, data transformator, data beban
4. Menjalankan simulasi *short circuit*.
5. Menghitung *arus ground fault 1* phasa ketanah (2.7)
6. Mengecek apakah nilai gangguan  $> 1-10$  A, 200 dan 500 Ohm IEEE C37.101-2006
  - a. "Tidak" : Cek hasil dan analisa hasil
  - b. "Ya" : Lakukan pemasangan *neutral grounding resistance (NGR)*. Setelah itu kembali di proses *short circuit Analysis* untuk menganalisis keadaan sistem setelah dipasang *neutral grounding resistance (NGR)*.
7. Setelah proses simulasi *short circuit* selesai dan arus gangguan dapat di reduksi menggunakan *neutral grounding resistance (NGR)*
8. Analisis Hasil
9. Selesai

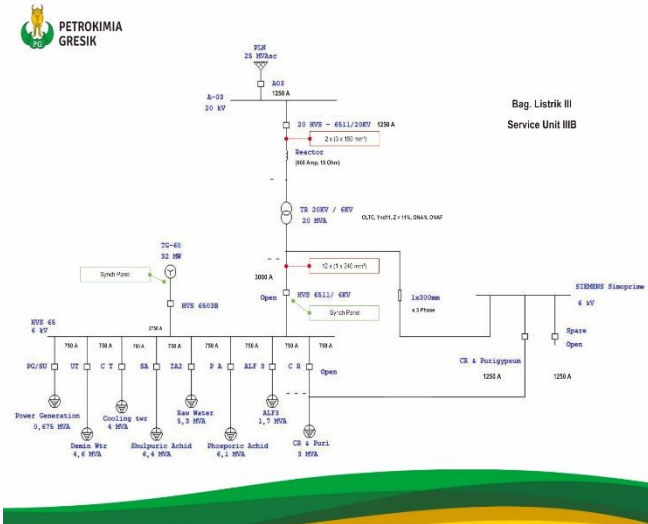
#### C. Metode Pemecahan Masalah



Gambar 3.8 Flowchart Pemasangan Sistem Petanahan NGR (Neutral Grounding Resistor)

## IV HASIL DAN ANALISIS HASIL

### A. Pengumpulan Data



Pengumpulan data dilakukan dengan survey yaitu langsung ke lokasi penelitian instansi yakni PT PETROKIMIA GRESIK yang berkapasitas sebesar 32 MW yang terdiri dari 1 Generator untuk pengambilan data. Data yang dikumpulkan merupakan data sekunder yang telah diarsip dan disediakan oleh masing-masing instansi dan siap diolah menjadi data penelitian.

### B. Pengelompokan Data

Data yang berasal dari PT PETROKIMIA GRESIK masih berupa data mentah yaitu data trafo, data beban, data generator dan data *single line diagram*. Pengolahan data dilakukan setelah proses pengambilan data. Pengolahan data dilakukan melalui beberapa tahap diantaranya pengelompokan dan pentabulasian data sesuai dengan 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.

Gambar 4.15 Single Line Diagram PT PETROKIMIA GRESIK Unit III B

#### 1) Data Generator

Tabel 1 Data Rating Generator

Generator	Daya	Tegangan	$I_n$	Rpm	Poles	Frekuensi
Generator	32 MW	6 KV	362	1500	4	50 HZ

#### 1) Data Transformator

Tabel 2 Data Rating *Transformer*

Trafo	Kapasitas	Sisi Primer	Sisi Sekunder	Number of phases	Frekuensi
TI	20 MVA	20 kV	6 kV	3	50

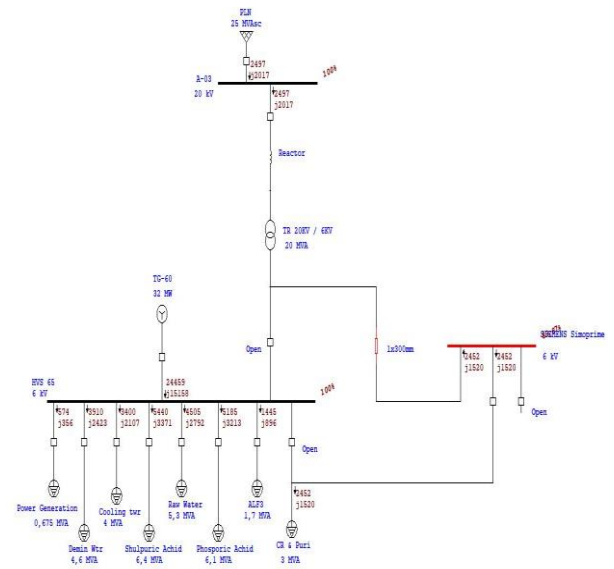
#### 2) Data Beban

Tabel 3 Data Beban

Beban	(MVA)
Power Generation	0,675
Demin Water	4,6
Cooling Tower	4
Sulphuric Achid	6,4
Raw Water	5,3
Phosporic Acid	6,1
ALF3	1,7
CR & Puri	3

### C. Perancangan Simulasi Software ETAP Power Station

Menggambar single line diagram pada lembar kerja ETAP *Power Station* menggunakan data yang telah didapat dari PT PETROKIMIA GRESIK yang ditunjukkan pada Gambar 4.16.

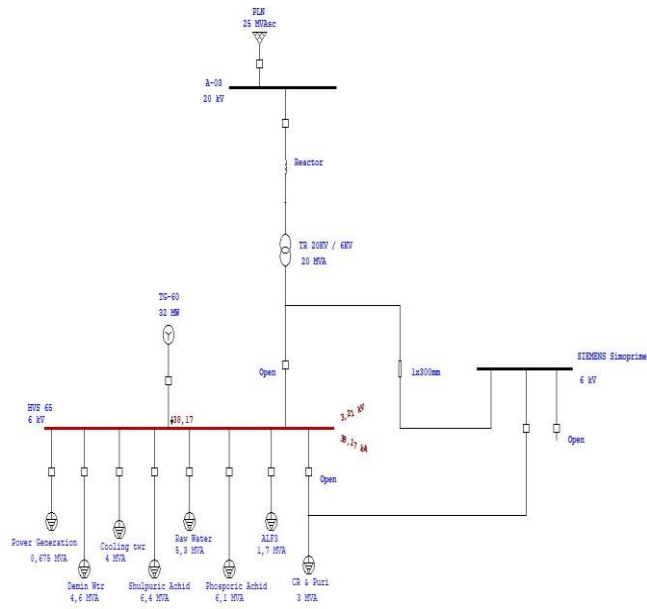


Gambar 4.9 Single Lime Diagram PT PETROKIMIA GRESIK Unit III B

### D. Running Short Circuit Menggunakan Solid Grounding PT PETROKIMIA GRESIK

Dari hasil *running short-circuit* menggunakan sistem pentanahan efektif *grounding (Solid)* diketahui arus hubung singkat satu fasa, dua fasa ke tanah dan tiga fasa ke tanah yang terjadi pada sistem Generator ditunjukkan pada Gambar 4.17

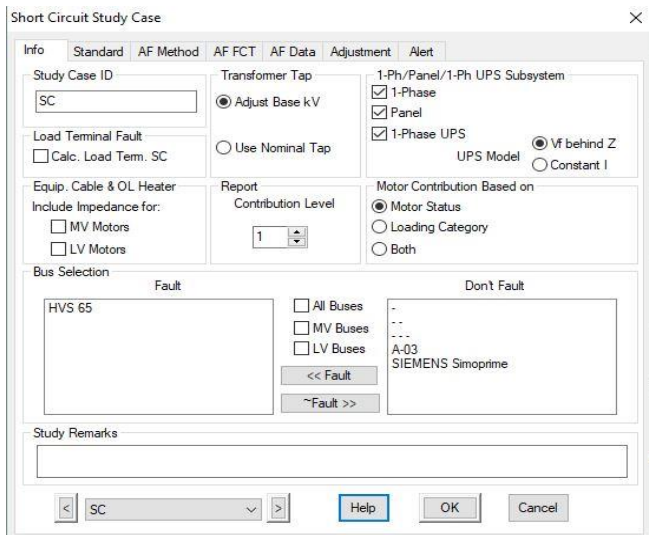




Gambar 4.10 Single Line Diagram PT PETROKIMIA GRESIK Program ETAP Power Station

### E. Dampak Gangguan Pada BUS HVS 65

Simulasi gangguan yang terdeteksi generator disebabkan oleh adanya gangguan pada Bus HVS 65 yang menyebabkan gangguan antara lain gangguan satu fasa ke tanah, dua fasa ketanah dan tiga fasa dengan menggunakan petanahan *soild* yang ditunjukkan pada gambar 4.18



Gambar 4.11 Gangguan Short Circuit Study Case  
Dari hasil *running Short-Circuit* dengan gangguan pada BUS HVS 65 maka dapat diketahui arus gangguan satu fasa ketanah, dua fasa ketanah dan tiga fasa yang ditunjukkan pada tabel 4 dan *impedance* dapat diketahui.

Tabel 4 Arus gangguan akibat gangguan pada BUS HVS 65

Arus Gangguan	BUS HVS 65
	$I_g$ (kA)
1 fasa ke tanah	38,17
2 fasa ke tanah	36,59
3 fasa	33,35

Tabel 5 Impedance akibat gangguan pada BUS HVS 65

Impedance	BUS HVS 65
	Ohm ( $\Omega$ )
$Z_1$	0,104
$Z_2$	0,100
$Z_0$	0,068

### F. Perhitungan Arus Gangguan

Metode perhitungan arus hubung singkat satu fasa ketanah, dua fasa ketanah dan tiga fasa menggunakan sistem petanahan solid grounding untuk membandingkan hasil dari Program Etap Power Station dengan perhitungan manual.

#### 1) Perhitungan Gangguan Satu Fasa Ketanah

Perhitungan yang dilakukan untuk mendapat hasil nilai arus hubung singkat gangguan satu fasa ke tanah yang terjadi pada Generator pada Bus Hvs 65, dengan diperoleh *impedance* dengan Tabel 5

- Maka gangguan satu fasa ketanah pada Bus Hvs 65 dapat diperoleh dengan rumus (6) dan di dapatkan arus gangguan sebesar = 38,17 kA

#### 2) Perhitungan Gangguan Dua Fasa Ketanah

Perhitungan yang dilakukan untuk mendapat hasil nilai arus hubung singkat gangguan dua fasa ke tanah yang terjadi pada Generator pada Bus Hvs 65, dengan diperoleh *impedance* dengan Tabel 5

- Maka gangguan dua fasa ketanah pada Bus Hvs 65 dapat diperoleh dengan rumus (7), didapatkan arus gangguan sebesar = 36,59 kA

#### 3) Perhitungan Gangguan Tiga Fasa

Perhitungan yang dilakukan untuk mendapat hasil nilai arus hubung singkat tiga fasa yang terjadi pada Generator

pada Bus Hvs 65, dengan diperoleh *impedance* dengan Tabel 5.

- Maka gangguan tiga fasa pada Bus Hvs 65 dapat diperoleh dengan rumus (8), didapatkan arus gangguan sebesar = 33,35 kA

**G. Running Short-Circuit Menggunakan Pentanahan Grounding (Solid)**

Dari hasil *running short-circuit* menggunakan sistem pentanahan efektif *grounding* (Solid) diketahui arus hubung singkat Gangguan satu phasa ketanah, dua fasa ke tanah dan tiga fasa yang terjadi pada sistem generator, maka dapat di perbandingkan seperti yang ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6 Perbandingan arus gangguan hasil dari simulasi ETAP dan perhitungan manual petanahan *Soild*

Generator	Gangguan	Arus Gangguan Simulasi ETAP (kA)	Arus Gangguan Perhitungan (kA)
		BUS HVS 65	BUS HVS 65
G	1 fasa ke tanah	38,17	38,20
	2 fasa ke tanah	36,59	36,70
	3 fasa	33,35	33,30

Dari hasil perhitungan dan hasil simulasi *running short-circuit* yang terlihat pada tabel 4.5 terlihat nilai perhitungan arus hubung singkat gangguan satu fasa ketanah, dua fasa ke tanah dan 3 fasa ketah mendekati hasil yang disimulasikan menggunakan *software etap power station* dengan metode pentanahan secara efektif *grounding* (solid) maka dikatakan *faliditas*. Maka arus yang di gunakan untuk perhitungan untuk menentukan nilai *Risistance* NGR maka arus gangguan satu fasa ketanah yang digunakan karena arus gangguan satu fasa ketanah arus paling besar antara gangguan dua fasa ke tanah dan tiga fasa.

Arus gangguan di atas IEEE C37.101-2006 sudah tidak dapat lagi di tahan oleh Generator maka dari itu untuk mereduksi arus gangguan tersebut maka digunakan pentanahan NGR (*Neutral Grounding Resistor*) dengan *Resistansi* yang dapat membatasi arus gangguan hingga kisaran (1 – 10 A).

**H. Perhitungan Nilai Resistance (NGR)**

Untuk menghitung nilai tahanan yang digunakan agar mereduksi arus hubung singkat Gangguan satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah dan tiga fasa yang terjadi pada Transformator 3 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 satu fasa ke tanah, dua fasa ketanah dan tiga fasa, sertamencari nilai *resistance* (NGR) yang sesuai dengan generator , sebelum menentukan nilai *resistance* maka dapat dihitng terlebih dahulu tegangan nominal dan arus nomilal.

Maka untuk mencari tegangan nominal yaitu dengan rumus (2) :

$$V_n = 3,464 \text{ kA}$$

Dan untuk mencari arus nominal dengan menggunakan rumus (3)

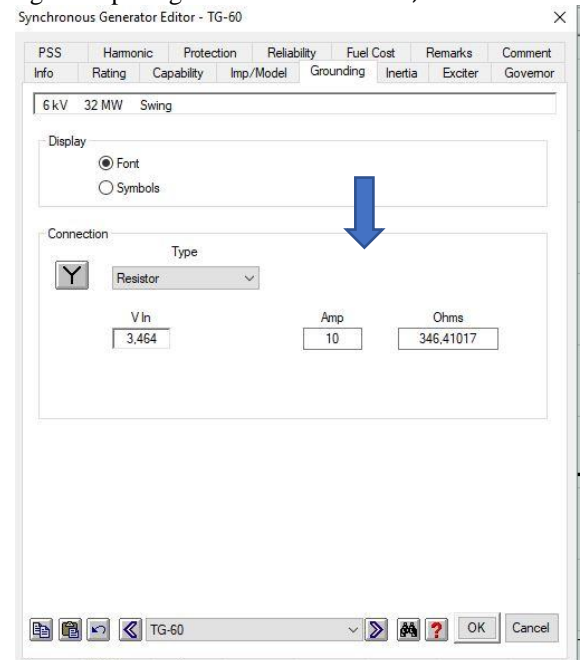
$$I_n = 1,924 \text{ kA}$$

- 1) Nilai NGR (*Neutral Grounding Resistor*) pada Generator

Maka untuk menggitung nilai *Risistance* pada Transformator,  $I_{sett} = 10 \text{ A}$ , dapat diselesaikan dengan rumus (5)

$$R_{NGR} = 346,41017 \Omega$$

Hasil perhitungan nilai *resistance* (NGR) yang bisa di gunakan untuk mereduksi arus hubung singkat gangguan satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah dan tiga fasa pada generator sebesar 346,41017 Ω.



Gambar 4.12 Setting Grounding Generator Menggunakan Resistor

Setelah itu masukan pada data *grounding* generator dan memilih sistem *resistor* dan memasukan nilai *resistor* (ohms) seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.12, maka arus gangguan satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah dan tiga fasa pada generator dapat di reduksi bekisar 346 Ω



### I. Perhitungan Nilai Arus Hubung Singkat Menggunakan Resistor (NGR)

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

#### 1) Perhitungan Arus Hubung Singkat Menggunakan Resistor (NGR)

Menentukan besarnya arus gangguan dengan pentanahan menggunakan resistor (NGR), dengan diperoleh *impedance* dengan Tabel 5 pada Bus Generator,

$$\begin{aligned} Z_0 &= 0,068 \Omega \\ Z_1 &= 0,104 \Omega \\ Z_2 &= 0,100 \Omega \\ Z_n &= 346 \Omega \end{aligned}$$

Maka di dapatkan arus gangguan dengan menggunakan resistor menggunakan rumus (5) sebesar =  $346 \angle - 89,45A$

### J. Hasil Running Short-Circuit Menggunakan (NGR) Neutral Grounding Resistor

*Running short-circuit* yang di lakukan setelah menggunakan metode pentanahan Resistor (NGR) seperti pada gambar 4.19 terlihat bahwa arus hubung singkat dapat di reduksi dengan menggunakan Resistance (NGR) yang sesuai dengan kapasitas generator yang ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 7 Perbandingan hasil perhitungan dan simulasi besar arus gangguan pada generator dengan pentanahan Resistor (NGR)

BUS	Sistem Pentanahan	Tahanan $\Omega$	
		Etap	Perhitungan
HVS 65	Resistor(NGR)	346, 41017 $\Omega$	346,4 $\Omega$

Sesuai hasil yang di tunjukkan tabel 7 simulasi pada BUS HVS 65 menggunakan sistem pentanahan Resistor (NGR) pada *ETAP power station* dan perhitungan menggunakan rumus di ketahui hasil nilai arus hubung singkat 10 A, maka tidak berbeda jauh dengan menggunakan perhitungan manual diketahui arus hubung singkat sebesar 346,4  $\Omega$  maka dapat dikatakan *Falidalitas*.

### K. Hasil Short Circuit Menggunakan Pentanahan solid dan NGR (Neutral Grounding Resistor)

Dari hasil *running short-circuit* menggunakan sistem pentanahan efektif *grounding Solid* diketahui

arus hubung singkat Gangguan satu fasa ketanah, dua fasa ke tanah dan tiga fasa yang terjadi pada sistem generator, maka dapat di perbandingkan seperti yang di tunjukan pada tabel 4.7 Dengan yang sudah diberi (NGR) *Neutral Grounding Resistor*.

Tabel 4.7 Perbandingan arus gangguan menggunakan NGR *Neutral Grounding Resistor* dan petanahan *Soild*.

Generator	Gangguan	Arus Gangguan Pentanahan Solid (kA)	Arus Gangguan Sesudah NGR (kA)
		BUS HVS 65	BUS HVS 65
G	1 fasa ketanah	38,17	0,01
	2 fasa ketanah	36,59	29,3
	3 fasa ketanah	33,35	33,35

Dari hasil perhitungan dan hasil simulasi *running short-circuit* yang terlihat pada tabel 4.7 terlihat nilai perhitungan arus hubung singkat gangguan satu fasa ketanah, dua fasa ke tanah dan 3 fasa ketanah. hasil yang disimulasikan menggunakan *software etap power station* dengan metode pentanahan secara efektif *grounding (solid)*. Dan Hasil dari pentanahan NGR maka arus gangguan satu fasa ketanah yang di tabel 7 terlihat arus gangguannya menurun setelah di reduksi oleh NGR .

## V KESIMPULAN

### A. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis dan simulasi pada PT PETROKIMIA GRESIK, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada sistem pentanahan dengan menggunakan *solid grounding* pada PT PETROKIMIA GRESIK, diperoleh arus hubung singkat melebihi batas aman dari Generator > ANSI/IEEE 100-1992, gangguan satu fasa ke tanah pada Bus HVS 65 sebesar 38,17 kA, gangguan dua fasa ke tanah pada Bus HVS 65 sebesar 36,59 kA, gangguan 3 Fasa pada Bus HVS 65 sebesar 33,35 kA.
2. Dengan menentukan penggunaan sistem pentanahan NGR arus gangguan hubung singkat dapat direduksi dengan nilai Resistance NGR sebesar 10 A sehingga arus gangguan hubung singkat dapat di reduksi dengan tahanan resistor berkisar 346,4  $\Omega$

## B. Saran

Bahwa sistem pentanahan Generator pada PT PETROKIMIA GRESIK yang sebelumnya menggunakan sistem *solid grounding* kurang mampu dalam menghadapi arus gangguan hubung singkat dan penggunaan NGR (*neutral grounding resistor*) dapat dijadikan pilihan karena bisa mereduksi arus gangguan hubung singkat agar generator tetap dalam kondisi aman dan stabil saat menghadapi gangguan tersebut.

## REFERENSI

- [1] Agriselius, Asyer (2014). *Analisis Pemilihan Pentanahan Titik Netral Generator Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro 2 X 4,4 MW Nua Ambon Menggunakan Software ETAP 7.5*. Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung
- [2] Verta asi manullang, Bonar sirait, Purwoharjono (2014). *Analisis sistem pembumian netral generator pada pembangkit listrik tenaga uap sei. Batu 2 x 8.5 MW sanggau*
- [3] 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
- [4] Bapat, Ajit, Hanna, Robert and Panetta, Sergio (2015). *Advanced Concepts In High Resistance Grounding*. 978-1-4799-7114-5/15 © 2015 IEEE
- [5] Hutauruk, T.S. (1987) *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga Pengetanahan Peralatan*. Institut Teknologi Bandung.
- [6] 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
- [7] *Effect of Neutral Grounding Methods on the Earth Fault Characteristics*,
- [8] IEEE C37.101-2006
- [9] ANSI/IEEE 100-1992