



Analisa Rele Gangguan Tanah Untuk Menjaga Keandalan Sistem Tenaga Listrik Pada PT.X Menggunakan ETAP 12.6.0

Rahmat Saputra¹, Jumadri JN², Djoko Anwar Mardiono³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Batam, Indonesia

² *Korespondensi penulis: rahmatsaputra239@gmail.com

ARTICLE INFO

Genesis Artikel:

Diterima, 25-02-2022

Direvisi, 14-03-2022

Disetujui, 04-04-2022

Kata Kunci:

Gangguan, Proteksi, Ground Fault Relay (GFR), ETAP 12.6.0.

Keywords:

Interference, Protection, Ground Fault Relay (GFR), ETAP 12.6.0.

ABSTRACT

In maintaining the quality and maintaining the quantity of production, PT. X is trying to reduce blackouts in the distribution of electricity. One of the causes of blackouts in the distribution of electricity is a single-phase short-circuit current to ground. The protection that functions to secure the single-phase short-circuit current to the ground is the ground fault relay. The reason this relay works is due to a short-circuit to ground fault that occurs in the electric power distribution system at PT. X. Therefore, it is hoped that the GFR protection relay will work as well as possible so as not to cause a total blackout and cause other equipment to be damaged which will disrupt the production process of PT. X. To prevent this from happening, it is necessary to evaluate the settings of the GFR protection relay that has been applied to the PT. X power distribution system by conducting simulations using ETAP 12.6.0 software. Key words : Fault, Protection, ground fault relay (GFR), ETAP 12.6.0

ABSTRAK

Dalam meningkatkan kualitas dan menjaga kuantitas produksi, PT. X berusaha mengurangi pemadaman dalam penyaluran tenaga listrik, salah satu penyebab pemadaman penyaluran tenaga listrik tersebut adalah gangguan arus hubung singkat satu fasa ke tanah. Proteksi yang berfungsi mengamankan gangguan arus hubung singkat satu fasa ke tanah tersebut yaitu Rele Gangguan Tanah / *Ground Fault Relay* (GFR), Penyebab Rele ini bekerja karena adanya gangguan hubung singkat ke tanah yang terjadi pada sistem penyaluran tenaga listrik di PT. X. Oleh sebab itu diharapkan proteksi GFR tersebut bekerja sebaik mungkin agar tidak menyebabkan pemadaman total dan menyebabkan peralatan lain mengalami kerusakan yang akan mengganggu proses produksi dari PT. X. Untuk mencegah agar hal tersebut tidak terjadi maka dibutuhkan *evaluasi setting* rele proteksi GFR yang telah diterapkan pada sistem penyaluran tenaga listrik PT. X dengan melakukan simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6.0.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2021 by Author. Published by Universitas Batam.



PENDAHULUAN

PT. X merupakan perusahaan yang bergerak dibidang oleochemicals. Kebutuhan perusahaan terhadap energi listrik sangat besar, karena seiring perkembangan dari perusahaan dan juga peralatan- peralatan berupa mesin- mesin listrik yang digunakan berskala besar, sehingga perlunya pengadaan pembangkit sendiri. Selain itu untuk menunjang kontinuitas penyaluran distribusi tenaga listrik dan proses produksi diperlukan suatu sistem distribusi yang andal. “Untuk memperoleh keandalan dari suatu sistem diperlukan pertimbangan jangkauan penginderaan peralatan pengaman, sensitifitas pengaman dan pembahasan koordinasi peralatan pengaman” (Dan, Sistem, and Anam 2017). “Untuk meningkatkan suatu keandalan dari sistem distribusi perlu adanya studi analisa perhitungan tingkat keandalan sistem tenaga listrik”(Maliky, Alen Tri. Haryudo 2020).

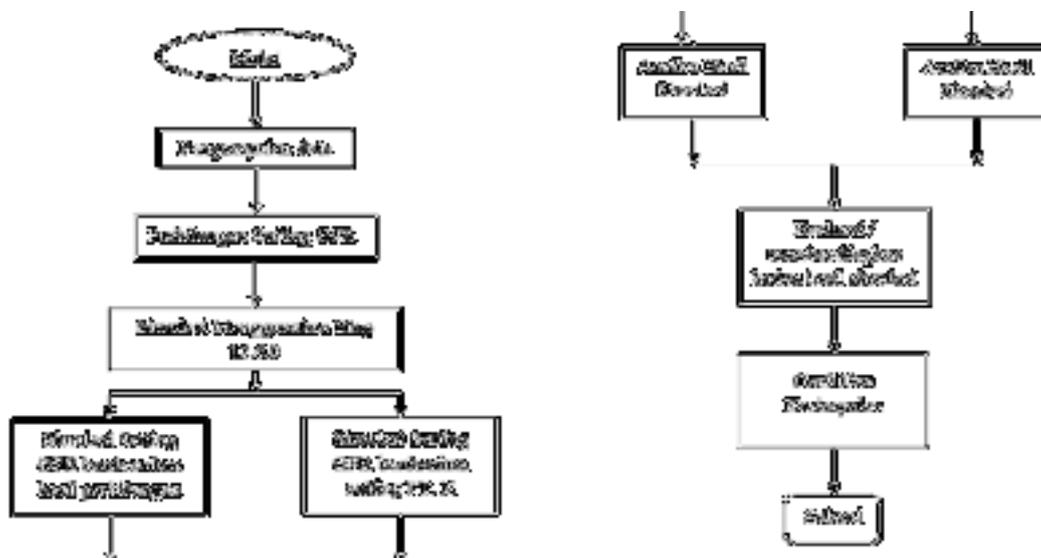
Berdasarkan kasus diatas, maka untuk itu diperlukan studi kasus gangguan tanah dalam penyaluran tenaga listrik pada PT. X dengan menggunakan ETAP 12.6.0. Adapun tujuannya adalah membandingkan setting proteksi GFR yang terpasang dengan hasil perhitungan berdasarkan standar IEC dan juga melakukan simulasi proteksi GFR menggunakan ETAP 12.6.0 untuk mendukung proses produksi PT. X menjadi semakin lancar dan optimal.

Tujuan dari “Analisa relay gangguan tanah (GFR) untuk menjaga keandalan sistem tenaga listrik pada PT. X menggunakan ETAP 12.6.0” ini adalah: 1. Menganalisa nilai settingan GFR pada sistem kelistrikan PT. X. 2.

Menganalisa nilai setting waktu kerja relay GFR pada PT. X. 3. Menganalisa simulasi setting GFR berdasarkan perhitungan dan setting yang terpasang. Berdasarkan hasil dari analisa penelitian ini, maka proteksi GFR pada PT. X akan dilakukan klarifikasi ulang setting GFR guna menjaga keandalan penyaluran distribusi tenaga listrik. Sistem proteksi tenaga listrik memiliki peran penting dalam menjaga keandalan dan keberlangsungan penyaluran tenaga listrik. Sistem proteksi tenaga listrik harus selektif dan mampu mendeteksi gangguan secara pasti, selain itu sistem proteksi haruslah bekerja secara cepat dapat diandalkan dan dipercaya. Ada banyak relay proteksi yang digunakan untuk menjaga keandalan dan keberlangsungan penyaluran tenaga listrik, seperti *Over Current Relay* (OCR), *Under Voltage Relay* (UVR), *Over Voltage Relay* (OVR), *Ground Fault Relay* (GFR) dan lainnya. Dalam studi kasus kali ini proteksi yang akan dibahas yaitu *Ground Fault Relay* (GFR) atau reley gangguan tanah. Prinsip kerjanya yaitu relay akan bekerja apabila terjadi arus urutan nol (residu) pada relay GFR. Arus urutan nol ini disebabkan oleh gangguan fasa ke tanah, baik satu fasa ke tanah maupun 2 fasa ke tanah, penyebab lainnya bisa juga tidak seimbangnnya aliran arus yang mengalir pada penghantar dalam sistem 3 fasa 4 kawat, sehingga timbulnya aliran arus nol pada kawat penghantar netral, penyebabnya yakni tidak meratanya pembagian beban dalam penyaluran tenaga listrik ke konsumen.

METODE PENELITIAN

Tahapan proses yang akan dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir

Langkah atau prosedur yang dilakukan yaitu:

1. Perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah (Ihs-G)

Untuk mendapatkan nilai setting GFR yang diinginkan pada penelitian ini terlebih dahulu akan dilakukan perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah (Ihs-G). Untuk mendapatkan nilai arus hubung singkat satu fasa ke tanah tersebut perlu dilakukan perhitungan impedansi sumber, impedansi transformator, impedansi penyulang, dan impedansi ekuivalen sistem jaringan.

A. Perhitungan Impedansi Sumber (Generator)

- Impedansi urutan positif generator (Z_{g1})

Impedansi urutan positif generator (Z_{g1}) didapatkan dari penjumlahan resistansi generator (R_g) dan reaktansi positif generator (X_{g1}), seperti pada rumus 1 dibawah ini:

$$Z_{g1} = R_g + jX_{g1}$$

Untuk menentukan nilai resistansi generator (R_g) didapatkan dari pembagian antara reaktansi subtransient generator (X_d'') dengan rasio resistansi generator dan reaktansi generator (X/R), seperti pada rumus 2 berikut ini:

$$R_g = X_d'' / (X/R)$$

Tabel 1. Spesifikasi Generator Hangzhou

Type Generator	Qf-J15-2
Daya Generator (P)	15000 kW
Tegangan generator (V)	6300 V
Arus Generator (FLA/I)	1617,2 A
Speed generator (rpm)	3000 r/min
Frekuensi Generator (F)	50 Hz
Faktor Daya Generator	0,85
Efisiensi Generator	97,2 %
Reaktansi Subtransient Generator (Xd")	0,1268
Reaktansi Urutan Negatif Generator (X2)	0,1547
Reaktansi Urutan Nol Generator (X0)	0,06231
Rasio X/R Generator	20 untuk Kapasitas ≥ 100 MVA 14,29 Kapasitas ≤ 100 MVA 6,67 untuk semua Generator ≤ 1 kV

- Impedansi Urutan negatif generator (Z_{g2})
Untuk nilai Impedansi urutan negatif generator (Z_{g2}) nilainya sama dengan impedansi urutan positif generator (Z_{g1}), maka $Z_{g1} = Z_{g2}$
- Impedansi urutan nol generator (Z_{g0})
Untuk menentukan nilai impedansi urutan nol generator (Z_{g0}) didapatkan dari penjumlahan resistansi generator (R_g) dan reaktansi urutan nol generator (X_{g0}), seperti pada rumus 3.3 dibawah ini :
 $Z_{g0} = R_g + jX_{g0}$

Hasil perhitungan impedansi sumber dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini :

Tabel 2. Hasil Perhitungan Impedansi Sumber

Generator Hangzhou	$Z_{g1} = Z_{g2}$	0,15495 Ω
	Z_{g0}	0,06294 Ω

B. Perhitungan Impedansi Transformator

Perhitungan impedansi transformator yang diambil hanya reaktansinya, sedangkan nilai tahananannya diabaikan karena nilainya kecil. Adapun perhitungan reaktansi transformator dalam Ω dilakukan dengan cara berikut ini. Pertama mencari nilai Ω reaktansi transformator pada 100% (X_t pada 100%) dengan cara membagi tegangan transformator yang dikuadratkan (kV^2) dengan kapasitas daya transformator (MVA) (Kamal, Andi Rahmi Wahyuni, Siti Mustabsyirah Dahlan 2016), seperti pada rumus 4 di bawah ini :

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

Selanjutnya mencari nilai reaktansi urutan positif dan urutan negatif ($X_{t1} = X_{t2}$) transformator.

$X_{t1} = \% X_t$ yang diketahui x X_t (pada 100%)

Untuk menentukan nilai reaktansi urutan nol (X_{t0}) transformator berdasarkan kapasitas belitan deltananya, untuk transformator tenaga dengan belitan ΔY maka nilai reaktansi urutan nol ($X_{t0} = X_{t1}$).

C. Perhitungan Impedansi Penyulang

- Impedansi urutan positif penyulang (ZL1)

Untuk menghitung nilai impedansi urutan positif penyulang (ZL1) didapatkan dari penjumlahan nilai resistansi kabel (R) dengan nilai reaktansi positif penyulang (XL1), seperti pada rumus 6 di bawah ini:

$$ZL1 = R + jXL1$$

- Impedansi urutan negatif penyulang (ZL2)

Nilai impedansi urutan positif penyulang (ZL1) sama dengan nilai impedansi urutan negatif penyulang (ZL2), maka $ZL1 = ZL2$

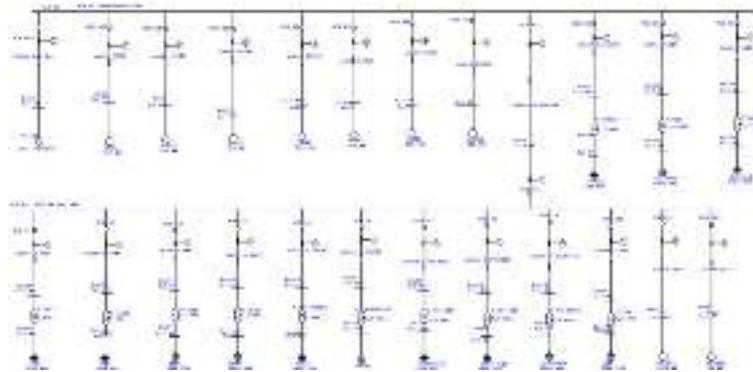
- Impedansi urutan nol penyulang

Untuk menentukan nilai impedansi urutan nol penyulang (ZL0) didapatkan dari penjumlahan antara resistansi penyulang (R) dengan reaktansi nol penyulang (XL0), seperti rumus 7 di bawah ini

$$ZL1 = R + jXL0$$

D. Menghitung Impedansi Equivalen Jaringan

Setelah didapatkan hasil perhitungan impedansi sumber, impedansi transformator, dan impedansi penyulang, dilakukan perhitungan impedansi ekuivalen jaringan. Perhitungan impedansi ekuivalen dipengaruhi oleh titik gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik, dan perhitungan impedansi ekuivalen ini berdasarkan pada *single line diagram* (SLD) sistem distribusi tenaga listrik pada PT. X.



Gambar 2. SLD Sistem distribusi Tenaga listrik PT. X

Untuk menentukan impedansi ekuivalen urutan positif (Z_{eq1}) didapatkan dari penjumlahan nilai impedansi urutan positif generator (Z_{g1}) dan impedansi urutan positif transformator (Z_{t1}) dan impedansi urutan positif penyulang (ZL1), seperti yang tampak pada rumus 8 di bawah ini

$$Z_{eq1} = Z_{g1} + Z_{t1} + ZL1$$

Untuk nilai impedansi ekuivalen urutan negatif (Z_{eq2}) sama dengan nilai impedansi ekuivalen urutan positif (Z_{eq1}), maka $Z_{eq1} = Z_{eq2}$.

Selanjutnya untuk menentukan impedansi ekuivalen urutan nol (Z_{eq0}) didapatkan dari penjumlahan nilai resistansi dari *neutral ground resistor* (R NGR) dan impedansi urutan nol generator (Z_{g0}) dan impedansi urutan nol transformator (Z_{t0}) dan impedansi urutan nol penyulang (ZL0). Seperti terlihat pada rumus 9 di bawah ini:

$$Z_{eq0} = R_{NGR} + Z_{g0} + Z_{t0} + ZL0$$

Setelah beberapa langkah atau prosedur perhitungan di atas dilakukan, dan setelah didapatkan hasil dari semua perhitungan yang dibutuhkan untuk perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah (I_{hs-G}). Maka perhitungan arus hubung singkat ke tanah (I_{hs-G}) didapatkan dari pembagian tegangan fasa (V_{fasa}) dengan hasil penjumlahan antara impedansi ekuivalen urutan positif (Z_{eq1}) dan impedansi ekuivalen urutan negatif (Z_{eq2}) dan impedansi ekuivalen urutan nol (Z_{eq0}). Seperti yang tampak pada rumus 10 di bawah ini :

$$I_{hs - G} = \frac{V_{fasa}}{Z_{eq1} + Z_{eq2} + Z_{eq0}}$$

2. Perhitungan setting rele GFR

Dalam menentukan setting rele GFR arus hubung singkat 1 fasa ke tanah pada PT. X berdasarkan kepada data rele proteksi yang digunakan mulai dari ujung sampai ke pangkal bagian yang terdekat dengan sumber generator. Adapun data rele proteksi yang digunakan pada PT.X berdasarkan asumsi titik gangguan yang terjadi dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3. Data Rele GFR REF 610 Untuk L1 Sampai L11 Dan K12 Sampai K16

Name	REF
Type	Feeder Protection Relay (R100610)
Karakteristik	Normal Inverse / Instantaneous (ILC 60231-3)
Set Pickup Value	1.0 - 1.0 % In CT
Time multiplier (ILC)	0.05 - 1.00 S

Tabel 4. Data Rele GFR REM 610 Untuk L14 Dan L15 Dan K03 Sampai K10

Name	REM
Type	Feeder Protection Relay (R100610)
Karakteristik	Overload / Short Circuit (R100610)
Set Pickup Value	1.0 - 1.0 % In CT
Time multiplier (ILC)	0.05 - 1.00 S

Tabel 5. Data Rele REG630 Untuk K02

Name	REG
Type	Feeder Protection Relay (R100610)
Karakteristik	Overload / Short Circuit (R100610)
Set Pickup Value	1.0 - 1.0 % In CT
Time multiplier (ILC)	0.05 - 1.00 S

Untuk menentukan nilai setting rele GFR berdasarkan data rele di atas dan juga berdasarkan CT yang digunakan. Dalam proteksi GFR beberapa setting-an yang akan dilakukan seperti pada rumus 11 dan 12 dan 13 di bawah ini : (Nova 2013)(Yusuf Sukman 2017)

- a. Arus setting primer
Iset primer = set value % x InCT
- b. Arus setting GFR
Iset GFR = Iset Primer x 1/rasio CT
- c. Menghitung setting waktu rele GFR

$$t = TMS(TD) \times \frac{0.14}{\left(\frac{I_{hs-G}}{I_{setprimer}}\right)^{0.02} - 1}$$

3. Simulasi setting GFR pada ETAP 12.6.0

Pada tahap simulasi ini akan dilakukan simulasi kerja atau koordinasi dari rele GFR menggunakan ETAP 12.6.0. simulasi akan dilakukan berdasarkan hasil dari perhitungan dan juga berdasarkan setting rele GFR saat ini pada PT.X.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlunya dilakukan evaluasi terhadap nilai *setting* proteksi arus hubung singkat satu fasa ke tanah atau rele gangguan tanah (GFR) pada *feeder outgoing* transformator L1 sampai L10 dan pada *incomming switchgear / medium voltage (MV)* L11 MCC700 dan pada *feeder outgoing* K12 *switchgear* MCC Zug, hal tersebut dikarenakan setelah dilakukan simulasi menggunakan ETAP 12.6.0 dengan *setting* yang saat ini pada PT.X didapatkan hasil koordinasi yang kurang tepat saat mengamankan gangguan yang terjadi, yang berakibat pada pemadaman pada zona lain yang seharusnya tidak padam ketika terjadi gangguan tersebut.

1. Analisa Hasil Simulasi *Setting* GFR Berdasarkan Hasil Perhitungan

Analisa dilakukan berdasarkan beberapa percobaan dengan memberi gangguan pada beberapa zona yang diamankan oleh rele GFR.

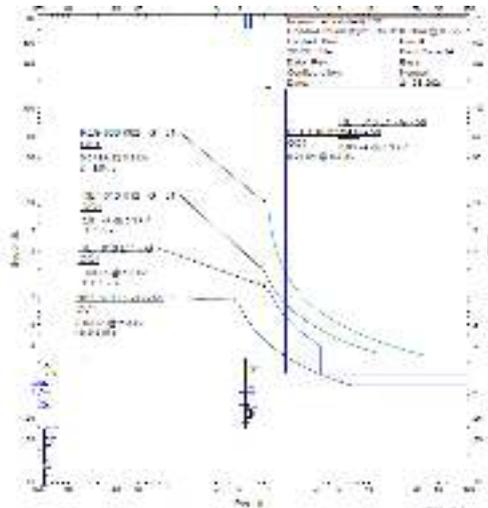
A. Percobaan saat gangguan (*fault*) dititik *incomming* transformator FA#1 pada MV MCC700

Sebelum dilakukan simulasi dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai arus hubung singkat satu fasa ke tanah (I_{hs-G}) saat gangguan diberikan pada titik *incomming* transformator FA#1, adapun nilai I_{hs-G} yang didapati dari hasil perhitungan yaitu sebesar 0,01 kA. Berdasarkan nilai I_{hs-G} ini dilakukan *setting* proteksi GFR REF610 L1. Didapatkan koordinasi dari rele GFR yang bekerja saat ada gangguan seperti tampak pada

gambar kurva di bawah ini.

Berdasarkan kurva koordinasi rele proteksi GFR diatas, dapat dilihat koordinasi kerja dari setiap rele GFR saat adanya gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah(Ihs-G) pada bus in T FA#1 sebesar 10 A. sehingga urutan kerja rele proteksi GFR yang bekerja yaitu:

- REF610 L1 dengan waktu kerja 0,315 S
- REF610 L11 dengan waktu kerja >1,2 S
- REF610 K12 dengan waktu kerja 1,5 S
- REG630 K2 dengan waktu kerja 8,54 S.



Gambar 3. Kurva koordinasi antar GFR gangguan pada Inc T FA#1

Relay	Time (s)	Current (A)	Setting	Operating Time (s)	Coordination
REF610 L1	0,315	10	High Set	0,315	1
REF610 L11	>1,2	10	High Set	>1,2	2
REF610 K12	1,5	10	High Set	1,5	3
REG630 K2	8,54	10	High Set	8,54	4

Dari kurva di atas dapat disimpulkan pada saat gangguan terjadi pada bus in Tr FA#1 urutan kerja rele GFR di atas sudah tepat sesuai dengan yang diharapkan. Dari kurva tampak bahwa grafik dari masing- masing rele tidak ada yang saling berpotongan. Sehingga tidak terjadi kesalahan dalam mengamankan gangguan yang terjadi. Berdasarkan data bahwa rele GFR juga menggunakan *high sett*, dimana tujuannya yaitu ketika nilai Ihs-G yang lebih besar maka rele GFR tersebut akan aktif dengan waktu yang lebih cepat hal ini dikarenakan kurva dari *high sett* ini berupa *instantaneous*.

Untuk hasil percobaan gangguan di beberapa titik lainnya pada MV MCC700 dapat dilihat pada tabel 6.

Dari hasil simulasi berdasarkan hasil perhitungan yang tampak dalam tabel 6 di atas dapat dianalisa bahwa sistem proteksi untuk area MV di MCC 700 bekerja sesuai dengan ketentuan sistem proteksi yang diharapkan. Rele GFR pada MV MCC 700 saat terjadi gangguan mampu mengamankan zonanya masing- masing, tanpa ada efek kerusakan pada peralatan dan juga tanpa mengakibatkan pemadaman pada area atau zona yang sehat yang tidak seharusnya ikut padam.

B. Percobaan saat gangguan (*fault*) dititik *incomming* IDF#1 pada MV MCC Zug

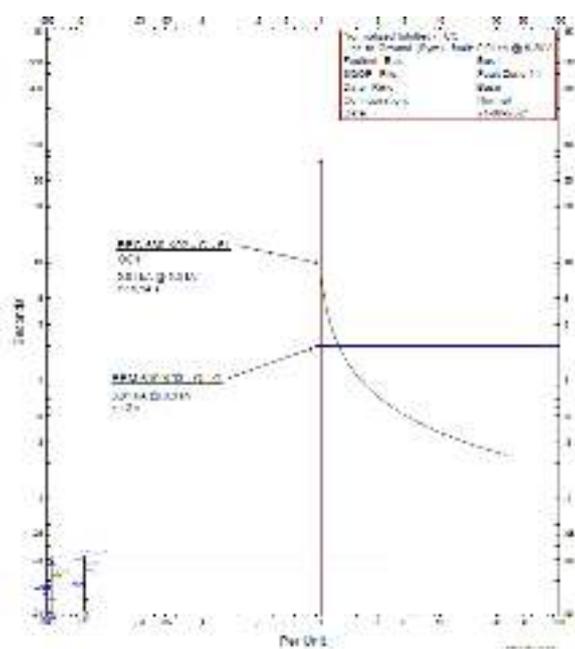
Sebelum dilakukan simulasi terlebih dahulu dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai arus hubung singkat satu fasa ke tanah (I_{hs-G}) saat gangguan diberikan pada titik *incomming* IDF#1, adapun nilai I_{hs-G} yang didapati dari hasil perhitungan yaitu sebesar 0,01 kA. Berdasarkan nilai I_{hs-G} ini dilakukan *setting* proteksi GFR REM610 K3, didapatkan koordinasi dari rele GFR yang bekerja saat ada gangguan seperti tampak pada gambar kurva di bawah ini.

Berdasarkan kurva koordinasi rele proteksi GFR diatas, dapat dilihat koordinasi kerja dari setiap rele GFR saat adanya gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah(I_{hs-G}) pada bus in IDF#1 sebesar 10 A. sehingga urutankerja rele proteksi GFR yang bekerja yaitu:

- REM610 K3 dengan waktu kerja 2 S
- REG630 K2 dengan waktu kerja 8,54 S.

Tabel 7. Hasil Percobaan Simulasi Setting GFR PadaMV MCC ZUG Berdasarkan Perhitungan

YANG PERLU	Jenis Rele	Uraian waktu koordinasi	Waktu kerja	Waktu
Busbar K0001	RE610	0,01000000	0,01000000	Koordinasi
Busbar K0002	RE610	0,01000000	0,01000000	Koordinasi
Busbar K0003	RE610	0,01000000	0,01000000	Koordinasi
Busbar K0004	RE610	0,01000000	0,01000000	Koordinasi
Busbar K0005	RE610	0,01000000	0,01000000	Koordinasi
Busbar K0006	RE610	0,01000000	0,01000000	Koordinasi
Busbar K0007	RE610	0,01000000	0,01000000	Koordinasi
Busbar K0008	RE610	0,01000000	0,01000000	Koordinasi
Busbar K0009	RE610	0,01000000	0,01000000	Koordinasi
Busbar K0010	RE610	0,01000000	0,01000000	Koordinasi
Busbar K0011	RE610	0,01000000	0,01000000	Koordinasi
Busbar K0012	RE610	0,01000000	0,01000000	Koordinasi
Busbar K0013	RE610	0,01000000	0,01000000	Koordinasi
Busbar K0014	RE610	0,01000000	0,01000000	Koordinasi
Busbar K0015	RE610	0,01000000	0,01000000	Koordinasi
Busbar K0016	RE610	0,01000000	0,01000000	Koordinasi
Busbar K0017	RE610	0,01000000	0,01000000	Koordinasi
Busbar K0018	RE610	0,01000000	0,01000000	Koordinasi
Busbar K0019	RE610	0,01000000	0,01000000	Koordinasi
Busbar K0020	RE610	0,01000000	0,01000000	Koordinasi



Gambar 4. Kurva koordinasi antar GFR gangguanpada bus Inc IDF#1

Dari kurva diatas dapat disimpulkan pada saat gangguan terjadi pada bus in IDF#1 urutan kerja rele GFR di atas sudah tepat sesuai dengan yang diharapkan. Dari kurva tampak bahwa grafik dari masing masing rele tidak ada yang saling berpotongan. Sehingga tidak terjadi kesalahan dalam mengamankan gangguan yang terjadi.

Dari hasil simulasi berdasarkan hasil perhitungan yang tampak dalam tabel 7 di atas dapat dianalisa bahwa sistem proteksi untuk zona MV pada MCC ZUG bekerja sesuai dengan ketentuan sistem proteksi yang diharapkan. Rele GFR MV pada MCC ZUG saat terjadi gangguan mampu mengamankan zonanya masing-masing tersendiri, tanpa ada efek pada peralatan dan juga tanpa mengakibatkan pemadaman pada zona yang sehat yang seharusnya tidak ikut padam.

Setelah melakukan simulasi berdasarkan perhitungan seperti yang tampak pada tabel 6 dan 7 tersebut untuk gangguan berupa arus hubung singkat satu fasa didapatkan sebesar 0,01 kA, nilai arus hubung singkat pada setiap bus yang ada saat terjadi gangguan satu fasa ke tanah sama yaitu sebesar 0,01 kA, hal ini disebabkan oleh pentanahan titik netral pada sisi generator menggunakan NGR dengan nilai resistan 400 Ohm. Hal ini telah dibuktikan dengan perhitungan bahwa hasil perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah mendekati hasil simulasi tersebut.

Sedangkan untuk setting waktu yang digunakan berdasarkan dari hasil perhitungan saat dilakukan simulasi, semua rele GFR yang digunakan berfungsi dengan baik dan benar. Sehingga tampak dari gambar (3 dan 4) dan tabel (6 dan 7) bahwa kinerja rele GFR sudah tepat.

2. Analisa Hasil Simulasi *Setting* GFR Berdasarkan *Setting* dari PT. X

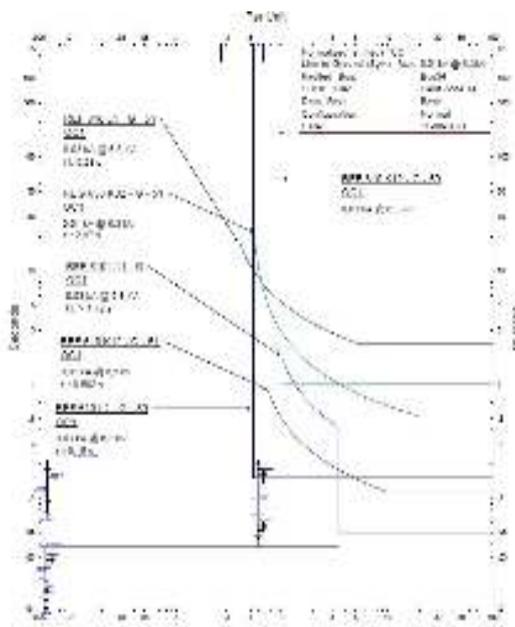
Pada percobaan simulasi ini sama hal dengan percobaan 1 di atas, analisa dilakukan berdasarkan beberapa percobaan dengan memberi gangguan pada beberapa zona yang diamankan oleh rele GFR.

A. Percobaan saat gangguan (*fault*) dititik *incomming* transformator FA#1 pada MV MCC700

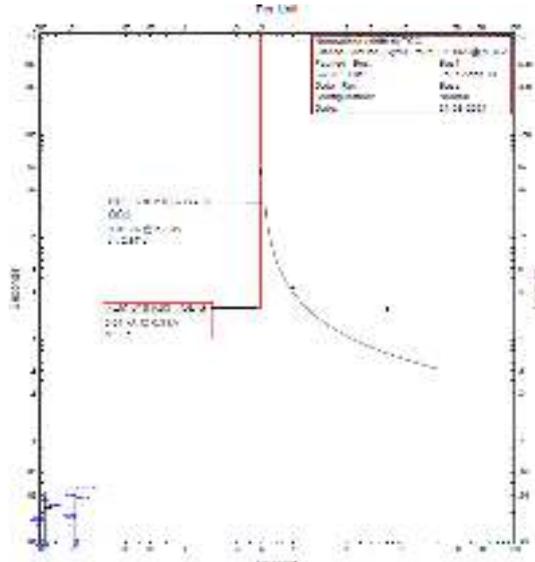
Pada percobaan disini akan dilakukan simulasi setting GFR berdasarkan setting yang ada pada PT. X, seperti pada tabel 6 di atas. Setelah dilakukan simulasi menggunakan ETAP 12.6.0 didapatkan nilai arus hubung singkat satu fasa ke tanah (I_{hs-G}) sebesar 0,01 kA. Saat terjadi gangguan pada titik *incomming* transformator FAC#1 koordinasi dari rele GFR dapat dilihat seperti yang tampak pada gambar 5 di bawah ini.

Berdasarkan gambar 5 kurva koordinasi rele proteksi GFR di atas, dapat dilihat koordinasi kerja dari setiap rele GFR saat adanya gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah (I_{hs-G}) pada bus in T FA#1 sebesar 10 A. Sehingga urutan kerja rele proteksi GFR yang bekerja yaitu:

- REF610 L1 dengan waktu kerja 0,15 S
- REF610 K12 dengan waktu kerja 0,502 S
- REF610 L11 dengan waktu kerja >1,72 S
- REG630 K02 dengan waktu kerja 2,87 S
- REF610 L1 dengan waktu kerja 5,28 S



Gambar 5. Kurva koordinasi antar GFR gangguan pada In T FA#1 berdasarkan setting pada PT.X



Gambar 6. Kurva koordinasi antar GFR gangguan pada Inc IDF#1 berdasarkan setting pada PT.X

Dari kurva di atas dapat disimpulkan pada saat gangguan terjadi pada bus in T FA#1 urutan kerja rele GFR kurang tepat, pertama pada rele REF610 L1 yang berperan utama saat mengamankan gangguan, karena gangguan tersebut berada pada zona REF610 L1 tersebut. dari kurva di atas rele REF610 L1 ini sudah bekerja paling utama dalam mengamankan gangguan yang terjadi, karena tampak pada kurva bahwa setting *high sett* dari REF610 L1 langsung aktif seketika ada gangguan 0,01 kA dengan waktu kerja 0,15 S, ini disebabkan karena setting *high sett* menggunakan kurva yaitu *instantaneous*.

Sedangkan untuk setting *low sett* dari rele REF610 L5 ini bekerja paling akhir dengan waktu 5,28S. Kerja rele GFR yang kurang tepat selanjutnya yaitu rele yang mem-back-up rele REF610 L1 tersebut yaitu rele REF610 L11, dari kurva juga tampak bahwa rele REF610 L11 didahului rele lain yakni REF610 K12 dalam mengamankan gangguan dengan waktu 0,502 S, sedangkan waktu rele REF610 L11 yaitu >1,72 S.

Dari hasil analisa ini setting GFR untuk MV pada MCC700 perlu dilakukan perbaikan setting rele GFR agar proteksi rele GFR pada PT. X bekerja dengan tepat, sehingga mampu mengamankan gangguan dan mencegah kerusakan pada peralatan.

Berdasarkan hasil simulasi yang didapatkan seperti yang tampak pada tabel 8, koordinasi dari rele GFR tersebut kurang tepat, karena dari kurva dan tabel tersebut tampak bahwa waktu operasi rele REF610 L11 lebih lama dari pada rele yang seharusnya bekerja sebagai back up dari rele REF610 L11 tersebut. Dari tabel 8 setting GFR kurang tepat, sehingga perlu dilakukan perhitungan ulang atau evaluasi ulang setting yang telah ada.

B. Percobaan saat gangguan (*fault*) dititik *incomming* IDF#1 pada MV MCC Zug

Pada percobaan disini akan dilakukan simulasi setting GFR berdasarkan setting yang ada pada PT. X, seperti pada tabel 6 di atas. Setelah dilakukan simulasi menggunakan ETAP 12.6.0 didapatkan nilai arus hubung singkat satu fasa ke tanah (*I_{h-G}*) sebesar 0,01 kA. Saat terjadi gangguan pada titik *incomming* IDF#1 koordinasi dari rele GFR dapat dilihat seperti yang tampak pada gambar 6.

3. Evaluasi *Setting* GFR Untuk *Setting* Saat Ini Dengan Hasil Perhitungan

Setelah dilakukan perhitungan *setting* GFR secara teori dan kemudian melakukan simulasi menggunakan ETAP 12.6.0 untuk hasil perhitungan maupun *setting* GFR yang saat ini pada PT. X.

Dari tabel 10 untuk hasil perbandingan simulasi antara *setting* GFR berdasarkan perhitungan dan *setting* GFR berdasarkan *setting* PT.X dapat dianalisa bahwa hasil simulasi berdasarkan *setting* PT.X terdapat beberapa rele proteksi yang *miss* koordinasi atau kesalahan koordinasi saat adanya gangguan. Untuk itu perlu dilakukan perbaikan pada *setting* yang ada pada PT.X agar proses produksi PT.X tidak terganggu akibat pemadaman tenaga listrik, dan juga tidak mengakibatkan kerugian berupa kerusakan peralatan pada PT. X.

KESIMPULAN

Besar gangguan arus hubung singkat satu fasa ke tanah (I_{sc}) yang terjadi pada distribusi tenaga listrik PT. X sebesar 10 A, besar arus hubung singkat tersebut didapatkan dari hasil perhitungan secara teori dan juga simulasi menggunakan ETAP 12.6.0. Nilai arus hubung singkat 1 fasa ke tanah sebesar 10 A dipengaruhi oleh sistem pentanahan netral dengan resistor (NGR) sebesar 400 Ohm. *Setting* GFR rele REF610 pada Medium Voltage MCC700 PT. X belum tepat. Hal ini disebabkan *setting* arus yang terlalu besar dan juga *setting* waktu yang terlalu lama.

Kurang tepatnya koordinasi antara rele REF610 L11 dengan REF610 K12, nilai *setting* GFR dari rele REF610 K12 terlalu kecil, sehingga rele REF610 K12 selalu mendahului rele REF610 L11 yang semestinya harus beroperasi terlebih dahulu. Pada perhitungan dan simulasi karakteristik kurva rele GFR yang digunakan yaitu standar *inverse* atau normal *inverse*. *Setting* proteksi GFR pada feeder transformator dan generator dilengkapi dengan *setting low set* dan *high sett*, artinya di dalam rele proteksi tersebut memiliki *setting Low set* dengan kurva standar *inverse*, dan *setting* untuk *high sett* menggunakan kurva *instantaneous*.

Hasil perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah dipengaruhi oleh jarak distribusinya, semakin jauh dari sumber maka nilai arus hubung singkatnya semakin kecil, dan semakin dekat ke sumber nilai arus hubung singkatnya semakin besar. Kegagalan proteksi GFR berakibat fatal pada penghantar atau kabel, karena kabel akan mengalami panas yang melebihi temperatur maksimum dari kabel, sehingga akan memicu terbakarnya isolasi kabel dan terjadinya kebakaran.

REFERENSI

- An Nisa, Aghnia Nur, Marwan Marwan, and Ahmad Rosyid Idris. 2019. "Analisis Sistem Proteksi Di PT. PLN (Persero) Sektor Pembangkitan Kendari Unit PLTD Wua Wua." *Tekno* 29(2): 177.
- Bruce, 2011. 2013. "04. Bab 2." *Journal of Chemical Information and Modeling* 53(9): 1689–99.
- Friadi, J. (2021). Design of Religious Tourism Information System in the Batam City Based on Android Smartphone *Corresponding Author* : 17–22.
- Friadi, J., Agestira, D., Rumayar, M. A., Dewiwin, N., & Friadi, J. (2022). Sosialisasi dan Penyuluhan Strategi Pemasaran Digital Pada UMKM Baby Smart Bubur Bayi Berbasis E-Commerce. *Jurnal Pengabdian Bareleng*, 4(1), 71–77.
- Haries, T. M., Husnan, R., & Friadi, J. (2021). *Pengembangan E-Commerce UMKM Ikan Cupang Hias AJO BETA dengan Metode SWOT*. 15(2), 36–40.
- Hidayat, AW. 2013. "Analisa Setting Rele Arus Lebih Dan Rele Gangguan Tanah Pada Penyulang TopanGardu Induk Teluk Betung." *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro Analisa* vol.7 No.5: 5–28.
- Kamal, Andi Rahmi Wahyuni, Siti Mustabsyirah Dahlan, Bakhtiar dan A.Wawan Indrawan. 2016. "Analisis Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah Terhadap PMT Di Penyulang Takalar 20 KV GI Sungguminasa." *Prosiding Seminar Teknik Elektro & Informaika* 1(1): 152–60.
- Kharisma, Muhammad Iqbal. 2016. "Analisa Setting Ground Fault Relay (Gfr) Terhadap Sistem Pentanahan Netral Semarang."
- Kurniawan, D. E., Iqbal, M., Friadi, J., Hidayat, F., & Permatasari, R. D. (2021). Login Security Using One Time Password (OTP) Application with Encryption Algorithm Performance. *Journal of Physics: Conference Series*, 1783(1), 6–11. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1783/1/012041>
- Maliky, Alen Tri. Haryudo, Subuh Isnur. 2020. "Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20kV".
- Noval Alfian Jaya, Dwi Wahyuni, Dwi Arfinanta, John Friadi, S. (2021). Perancangan & Implementasi Aplikasi E-Commerce Pemasaran UMKM Alpokat Kocok Mr. Black Berbasis Web. *Jurnal Tikar*, 2(2), 102–106.

Pi, R., Notifications, W., Kurniawan, D. E., Iqbal, M., Friadi, J., & Borman, R. I. (2019). *Smart Monitoring Temperature and Humidity of the Room Server Using Smart Monitoring Temperature and Humidity of the Room Server Using Raspberry Pi and Whatsapp Notifications*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1351/1/012006>