

# Studi Rele Gangguan Tanah Pada Jaringan Distribusi Primer di PT PLN (Persero) Wilayah Papua Cabang Merauke

Bagus Wardoyo  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik  
Universitas Musamus  
Merauke - Papua, Indonesia  
bagus@yahoo.ac.id

Damis Hardiantono  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik  
Universitas Musamus  
Merauke - Papua, Indonesia  
damis@unmus.ac.id

Paulus Mangera  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik  
Universitas Musamus  
Merauke - Papua, Indonesia  
paulus@unmus.ac.id

**Abstrak** - Jaringan distribusi primer merupakan salah satu bagian sistem tenaga listrik dan peranannya sangat penting dalam penyaluran daya listrik dari gardu-gardu induk sisi beban sampai ke pusat beban. Oleh karena itu jaringan distribusi primer harus senantiasa beroperasi dengan baik untuk menjaga kontinuitas penyaluran daya listrik ke konsumen tersebut. Tetapi dalam pengoperasiannya, jaringan distribusi primer tidak luput dari gangguan sehingga harus dilindungi dengan menggunakan sistem proteksi yang baik.

Jaringan distribusi primer di PLTD Kelapa Lima Merauke menggunakan sistem pentanahan dengan resistansi rendah 40 Ohm dan rele proteksi yang khusus terpasang untuk mendeteksi arus hubung singkat yang terjadi akibat gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah yaitu rele gangguan tanah (ground fault relay/GFR). Tinjauan terhadap rele GFR ditiitikberatkan pada penentuan besarnya arus hubung singkat satu fasa ke tanah maksimum yang terjadi pada setiap feeder dengan menggunakan metode analisis berdasarkan konsep literature dan kemudian digunakan sebagai dasar untuk perhitungan setting arus GFR.

Hasil analisis menunjukkan bahwa besarnya arus hubung singkat satu fasa ke tanah maksimum yang terbesar yaitu terdapat pada feeder KOTA I dan feeder MERKURI masing-masing sebesar 274,527 Ampere. setting arus rele GFR pada feeder KOTA I dan feeder MERKURI masing-masing sebesar 27,4527 Ampere dan

feeder POLDER, KOMPI C, MULI dan KOTA II masing-masing sebesar 26,4222 Ampere. Setting arus ini masih dalam batas interval setting arus yaitu 20 Ampere – 70 Ampere.

**Kata Kunci**— GFR, Feeder.

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Sistem tenaga listrik dirancang dan dibangun secara cermat, agar dapat beroperasi dengan baik, tetapi dalam operasinya, gangguan (fault) dapat saja terjadi. Gangguan tersebut dapat berupa hubung singkat maupun beban lebih yang dapat mengakibatkan kerusakan isolasi sehingga kerja peralatan listrik dan terganggunya stabilitas system. Sedangkan fungsi sistem tenaga listrik itu sendiri adalah membangkitkan daya listrik, dan menyalurkannya ke konsumen yang membutuhkan. Oleh karena itu, suatu sistem tenaga listrik harus mampu beroperasi secara kontinyu, seiring dengan kebutuhan tenaga listrik konsumen.(Stevenson W. 1997)

Menurut: Samaulah H. 2000 cara yang digunakan untuk mengurangi atau memperkecil dampak dari gangguan tersebut, yaitu dengan memasang suatu sistem proteksi yang baik. Setiap sistem proteksi dituntut memiliki keandalan yang tinggi, selektif, operasi yang cepat dan memiliki sifat diskriminasi yang baik. Selain itu suatu sistem proteksi juga harus memperhatikan faktor ekonomis, semakin mahal harga alat yang dilindungi, semakin mahal pula harga peralatan proteksi yang terpasang. Peralatan-peralatan proteksi yang terpasang pada suatu sistem tenaga listrik, terletak mulai dari unit-unit pembangkitan saluran transmisi, jaringan distribusi primer, jaringan distribusi skunder dan konsumen. Berdasarkan letaknya peralatan-peralatan proteksi tersebut bekerja sesuai dengan fungsinya masing-masing tergantung besaran penggerak dari rele proteksi yang terpasang.

Salah satu bagian terpenting dari sistem tenaga listrik yang perlu dilindungi yaitu: Jaringan distribusi karena bagian ini langsung terhubung dengan konsumen di mana kontinuitas penyaluran daya listrik harus tetap terjaga. Berdasarkan uraian tersebut di Atas Maka Penulis Mengambil Judul Skripsi: “Studi Rele Arus Lebih Gangguan Tanah Pada Jaringan Distribusi Primer Di Pt. Pln(Persero) Wilayah Papua Cabang Merauke”

#### B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut di atas, maka permasalahan dapat dirumuskan pada kinerja dari GFR (ground fault relay), OCR (Over current relay) terhadap pengaruh arus dan gangguan tanah berdasarkan settingan rele GFR gangguan tanah.

#### C. Batasan Masalah

Permasalahan dalam skripsi ini dibatasi pada :

- Bagaimana mengetahui besarnya arus hubung singkat satu fasa ke tanah pada jaringan distribusi primer di PT. PLN (Persero) Wilayah Papua Cabang Merauke?
- Bagaimana menentukan settingan arus dan waktu rele gangguan tanah GFR pada jaringan distribusi primer di PT. PLN (Persero) Wilayah Papua Cabang Merauke?
- Bagaimana mengetahui kelayakan rele gangguan tanah GFR pada jaringan distribusi primer di PT. PLN (Persero) Wilayah Papua Cabang Merauke?

#### D. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian yang akan dilakukan adalah:

- Mengetahui besarnya arus hubung singkat satu fasa ke tanah pada jaringan distribusi primer di PT. PLN (Persero) Wilayah Papua Cabang Merauke?
- Menentukan settingan arus dan waktu rele gangguan tanah GFR pada jaringan distribusi primer di PT. PLN (Persero) Wilayah Papua Cabang Merauke?
- Mengetahui kelayakan rele gangguan tanah GFR pada jaringan distribusi primer di PT. PLN (Persero) Wilayah Papua Cabang Merauke?

## II. LANDASAN TEORI

### A. Penyebab Gangguan

Gangguan atau kondisi abnormal biasanya diakibatkan oleh kegagalan isolasi di antara penghantar fasa atau antara penghantar fasa dan tanah, atau pada kabel tanah terjadi kebocoran disekitar pelindungnya. Secara nyata kegagalan isolasi dapat menghasilkan arus yang cukup besar,

atau mengakibatkan adanya impedansi diantara konduktor fasa atau antara penghantar fasa dan tanah yang nilainya di bawah dari impedans terendah beban normal pada jaringan. Secara umum gangguan dibedakan pada dua kondisi tegangan saat terjadinya gangguan, yaitu gangguan terjadi pada tegangan normal dan gangguan terjadi pada tegangan lebih. (Samaulah H, 2000.)

Dampak pengaruh gangguan yang diakibatkan oleh hubung singkat pada jaringan distribusi primer, adalah :

- Tegangan di bus 20 kV turun.
- Pengaruh tegangan turun dirasakan oleh semua feeder yang tersambung ada bus bersama.
- Berpengaruh pada trafo tenaga dan generator.
- Saat PMT (Pemutus tenaga) terbuka tegangan naik.
- Hubung singkat satu fasa ke tanah dapat menaikkan tegangan pada fasa yang sehat atau tidak mengalami gangguan.

## B. Sistem Proteksi

Peralatan proteksi sistem tenaga listrik dituntut memiliki empat persyaratan dasar dalam menentukan kualitas suatu sistem proteksi yang terpasang pada suatu sistem tenaga listrik, yaitu :

### 1. Keandalan (reliability)

Merupakan probabilitas keberhasilan yang tinggi. Hal ini dapat dihasilkan dari desain yang baik, perawatan yang teratur dan kualitas operator yang memadai. Desain yang baik menyangkut hal seperti :

- Tekanan kontak yang tinggi
- Rumah / penutup yang bebas debu
- Sambungan-sambungan yang dipatri dengan sempurna
- Koil yang diresapi penahan lembab
- Pembuatan dan perakitan yang cermat.

- Komponen-komponen yang dikembangkan untuk mencegah kontaminasi.

### 2. Selektivitas (selectivity)

Selektivitas adalah sifat proteksi yang hanya mengisolir bagian yang mengalami gangguan saja, bagian lainnya yang sehat dibiarkan beroperasi terus. Selektivitas dikatakan absolut jika sistem proteksi tersebut hanya merespons gangguan pada daerahnya sendiri (proteksi unit sistem). Selektivitas disebut relatif apabila sistem proteksi tersebut dapat merespons wilayah proteksinya sendiri dan juga wilayah proteksi di dekatnya (sebagai back up).

### 3. Kecepatan Operasi

Rele proteksi dikehendaki memiliki kecepatan yang tinggi karena :

- Tidak boleh melebihi critical clearing time, agar sistem tetap stabil
- Agar peralatan tidak sampai rusak parah
- Rendahnya tegangan tidak bertahan lama
- Dalam hal ini rele juga tidak boleh terlalu cepat (kurang dari 10 mili detik), agar tidak merespon arus kerja dari pengaman surya.

### 4. Kepekaan (sensitivity)

Kepekaan adalah kemampuan sistem proteksi gangguan yang sekecil mungkin. Harga ini dapat dinyatakan dengan besarnya arus dalam jaringan aktual (arus primer CT) atau sebagai prosentase dari arus sekunder CT. (Samaulah, 2000.)

## C. Komponen Sistem Proteksi

Pengamanan-pengamanan perlindungan di lakukan melalui proteksi pada peralatan atau instalasi tenaga listrik agar berfungsi dengan baik, maka dibutuhkan beberapa perangkat utama yang mendukungnya, yaitu :

### a. Rele (relay)

Fungsi utama rele proteksi adalah memberikan perintah kepada peralatan pemutus atau mengontrol kerja pemutus daya CB (circuit breaker) untuk mengisolasi daerah yang terganggu ketika terjadi kondisi abnormal. Rele didisain untuk dapat mendeteksi dan merasakan kondisi abnormal kemudian menutup kontak-kontak rangkaian trip-nya. Apabila kontak-kontak rele menutup maka rangkaian-rangkaian trip CB yang terkait mendapat energi dan kontak-kontak CB membuka, mengisolir bagian yang terganggu dari sistem keseluruhan.

#### b. Pemutus Tenaga (PMT)

Pemutus tenaga adalah saklar yang dapat digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan arus atau daya listrik sesuai dengan batas kemampuannya. Pada waktu pemutusan atau menghubungkan arus atau daya listrik akan terjadi busur api. Pemadaman busur api listrik pada waktu pemutusan dapat dilakukan oleh beberapa macam bahan yaitu minyak, udara atau gas.

#### c. Baterai

Merupakan suatu sumber atau menghasilkan energi listrik arus searah DC (Direct current) yang dapat digunakan untuk keperluan yang bermacam-macam dan beraneka ragam. Pada pusat-pusat pembangkit tenaga listrik dan di Gardu-gardu induk baterai berfungsi untuk keperluan pelayanan bantu (auxiliary service) yang meliputi :

- Kontrol, pengawasan (security), tanda-tanda, isyarat (signalling and alarm system).
- Motor-motor untuk pemutus tenaga (circuit breaker), pemisah (disconnecting switch) dan pengubah tap trafo (tap chager).

#### d. Trafo-trafo Instrumen

Trafo-trafo Instrumen untuk pemasangan alat-alat ukur dan alat-alat proteksi pada instalasi tegangan tinggi, menengah dan rendah

Trafo-trafo pengukuran tersebut adalah:

- Trafo arus CT (current transformer)

Trafo arus berfungsi untuk menurunkan arus yang besar pada tegangan tinggi atau menengah (arus primer) menjadi arus yang kecil pada tegangan rendah yang biasanya disebut arus sekunder. Sisi primer trafo arus (CT) dihubungkan seri dengan beban atau saluran daya. Sekunder CT dihubungkan ke rangkaian pengukur atau rele.

- Trafo tegangan PT (potential transformer)

Trafo tegangan berfungsi untuk menurunkan tegangan tinggi atau menengah menjadi tegangan rendah yang digunakan sebagai besaran ukur sesuai dengan alat-alat ukur atau alat-alat pengaman. Trafo-trafo ini menyediakan suatu tegangan yang jauh lebih rendah dari pada tegangan pada sistem. Tegangan nominal sekunder biasanya adalah 110 V.

#### D. Peralatan Proteksi Arus Lebih

##### 1. Sikring (Fuse)

Berdasarkan fungsinya sikring berisi suatu unsur metal yang akan meleleh jika arus yang melewatinya melebihi kemampuannya. Besar arus pemutusannya akan berbanding terbalik dengan waktu. Sikring biasanya bekerja untuk mengatasi gangguan permanen dengan membuka atau memisahkan daerah atau peralatan yang mengalami gangguan dari sistem. Sikring dirancang untuk melebur (blow) pada waktu tertentu sesuai dengan nilai arus gangguannya.

Pemilihan rating pemutusan dari sikring secara umum berdasarkan:

- Tipe dari sistem, sistem saluran udara atau saluran bawah tanah, sistem segitiga atau bintang dengan pentanahan.
- Tegangan dari sistem.
- Arus gangguan maksimum yang mungkin terjadi pada titik penempatan sikring.
- dan faktor-faktor lainnya, seperti pertumbuhan beban atau perubahan kebutuhan beban. Di dalam PUIL, rating arus sikring untuk pengamanan disyaratkan  $\geq 250\%$ . Dengan alasan ini, sikring hanya efektif untuk melindungi sistem terhadap arus lebih akibat hubung singkat.

#### E. Rele Arus Lebih

Sistem proteksi pada saluran udara tegangan tinggi menggunakan rele arus lebih dan rele gangguan tanah sebagai proteksi cadangan lokal (local back up protection). Rele arus lebih atau OCR merupakan rele yang bekerja ketika arusnya melebihi ambang-batas settingan yang telah ditentukan sebelumnya. Rele arus lebih memiliki beberapa karakteristik kerja yaitu :

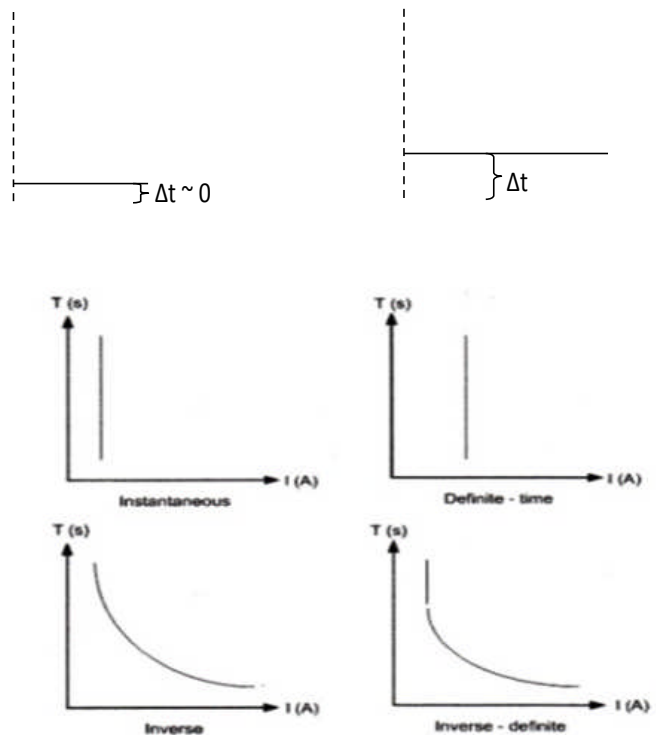
- Rele sesaat (Instantaneous relay), rele yang bekerja secara langsung atau tanpa waktu tunda berdasarkan perbedaan tingkat arus gangguan pada lokasi yang berbeda.
- Rele arus lebih waktu pasti (definite independent time)
- Rele yang bekerja berdasarkan waktu tunda yang telah ditentukan sebelumnya dan tidak tergantung pada perbedaan besarnya arus.
- Rele waktu terbalik (inverse time)  
Rele yang bekerja dengan waktu operasi berbanding terbalik terhadap besarnya arus yang

terukur oleh rele. Rele ini mempunyai karakteristik kerja yang dipengaruhi baik oleh waktu maupun arus.

- Inverse Definite Time Relay

Rele ini mempunyai karakteristik kerja berdasarkan kombinasi antara rele invers dan rele definite. Rele ini akan bekerja secara definite bila arus gangguannya besar dan bekerja secara inverse jika arus gangguannya kecil.

Berikut adalah gambaran kurva karakteristik rele arus lebih :



Gambar 2.2 Kurva karakteristik rele arus lebih (Samulah, 2000.)

Umumnya ada dua pengaturan yang harus dilakukan terhadap rele arus lebih. Pertama adalah menghitung besarnya setting arus dan yang ke dua adalah menghitung setting waktu pengali atau TMS (Time Multiplier Setting). TMS merupakan faktor pengali terhadap waktu kerja dasar rele arus lebih.

#### F. Settingan Pengaman untuk Sistem yang Ditanahkan

Gangguan satu fasa ke tanah sangat tergantung dari jenis pentanahan dan sistemnya. Gangguan satu fasa umumnya bukan merupakan hubung singkat secara metalik tetapi melalui tahanan gangguan, sehingga arus gangguannya yang sudah dibatasi. Karena itu rele gangguan antar fasa pada sistem yang tidak ditanahkan dengan suatu tahanan tertentu tidak dapat mendeteksi arus gangguan yang sudah dibatasi tersebut. Oleh karena itu perlu di pasang rele gangguan tanah secara khusus dan disesuaikan dengan sistem pentanahannya. Misalnya gangguan satu fasa ke tanah karena pohon. Berdasarkan hal ini karena pohon memiliki tahanan gangguan cukup besar, maka arus gangguannya kecil. Dengan demikian agar arus lebih ini dapat dideteksi maka setinganya harus sekecil mungkin. Tetapi kita ketahui bahwa pada saat terjadinya gangguan satu fasa ke tanah maka penyulang yang tidak terganggu juga akan mengalir arus kapasitansi ke tanah yang tergantung panjang serta jenis jaringannya. Arus kapasitansi ini yang membatasi setingan GFR, terutama pada pengaman yang hanya menggunakan arus lebih saja, yaitu pada sistem yang menggunakan pentanahan rendah.

Berdasarkan sistem yang ditanahkan langsung arus gangguannya besar, maka pengaturan rele gangguan tanah pada dasarnya sama dengan rele untuk gangguan antar fasa, tetapi tahanan gangguan diperhitungkan dengan demikian setingan arusnya harus kecil, kecil dari arus bebannya tetapi tidak lebih kecil dari arus ketidak seimbangan yang timbul pada keadaan normal. Tinjauan settingan rele gangguan tanah terutama ditujukan pada sistem distribusi tegangan menengah.

#### G. Perhitungan Impedansi

##### Harga Dasar

Perhitungan harga dasar meliputi arus dasar dan impedansi dasar yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

Menurut : William Stevenson, Analisa Sistem Tenaga.

$$I_{\text{dasar}} = \frac{kVA_{3\text{-fasa}}}{kV_{LL\text{dasar}} \times \sqrt{3}}$$

dan :

$$Z_{\text{dasar}} = \frac{(kV_{LL\text{dasar}})^2}{MVA_{3\text{-fasa}}}$$

dengan:

$$kVA_{3\text{-fasa}} = \text{Daya dasar 3 fasa}$$

$$kV_{LL\text{dasar}} = \text{Tegangan dasar line to line}$$

$$MVA_{3\text{-fasa}} = \text{Daya dasar tiga fasa}$$

#### H. Impedansi Transformator

Impedansi suatu transformator dapat ditinjau dari sisi tegangan tinggi maupun dari sisi tegangan rendah. Apabila persen atau per unit dari impedansi suatu trafo ditinjau dari sisi tegangan rendah maka dasarnya juga dipilih pada sisi tegangan rendahnya begitupun sebaliknya. Untuk perhitungan tersebut digunakan persamaan :

$$X_{tr(pu)} = X_{tr(\%)} \frac{(kV_{LL\text{dasar}})^2}{MVA_{3\text{-fasa}}}$$

dengan :

$X_{tr(pu)}$  : reaktansi trafo per satuan (per unit)

$X_{tr(\%)}$  : reaktansi dalam persen

#### I. Impedansi Feeder

Impedansi feeder dihitung berdasarkan data impedansi feeder yang diberikan dalam satuan Ohm/ km. Perhitungan tersebut dilakukan dengan mengasumsikan letak titik gangguan misalnya terletak pada 25%, 50%, 75% dan 100% dari panjang feeder. Selengkapnya dapat dilihat pada persamaan berikut :

Impedansi Feeder = panjang feeder x Zper km

J. Tinjauan Perhitungan Arus Gangguan

Menurut: Ir. Pribadi Kadarisman, Overcurrent Feeder Protection.

1. Gangguan tiga fasa :

$$I_f = \frac{V_{fn}}{Z}$$

dengan:

- $I_f$  = Arus gangguan (Ampere)
- $V_{fn}$  = Tegangan Fasa – Netral (Volt)
- $Z$  = Impedansi ekivalen (Ohm)

2. Gangguan dua fasa :

Menurut: PT. Jalamas Berkatama, Koordinasi Rele OC dan GFR untuk Feeder , Hal. 7.

$$I_f = \frac{V_{ff}}{Z}$$

dengan:

- $I_f$  = Arus gangguan (Ampere)
- $V_{ff}$  = Tegangan Fasa – Fasa (Volt)
- $Z$  = Impedansi ekivalen ( $z_1 + z_2$ ) (Ohm)

3. Gangguan dua fasa ke tanah :

$$I_f = \frac{V_{ff}}{Z}$$

dengan:

- $I_f$  = Arus gangguan (Ampere)
- $V_{ff}$  = Tegangan Fasa – Fasa (Volt)
- $Z$  = Impedansi ekivalen ( $z_1 + \frac{z_2 \cdot z_0}{z_2 + z_0}$ ) (Ohm)

4. Gangguan satu fasa ke tanah :

$$I_f = \frac{V_{fn}}{Z}$$

dengan:

- $I_f$  = Arus gangguan (Ampere)
- $V_{fn}$  = 3 x Tegangan Fasa – Netral (Volt)
- $Z$  = Impedansi ekivalen ( $z_1 + z_2 + z_0$ ) (Ohm)

K. Tinjauan Penentuan Setting Waktu Rele Arus Lebih Gangguan Tanah

Berdasarkan pengaturan waktu rele dengan karakteristik standart inverse dihitung dengan menggunakan rumus kurva waktu dan arus. Rumus ini bermacam-macam sesuai pabrik pembuatnya. Dalam hal ini diambil rumus kurva waktu arus dari standar British, sebagai berikut :

Menurut: PT. Jalamas Berkatama, Koordinasi Rele OC dan GFR untuk Feeder , Halaman 9.

$$t = \frac{0,14 \times Tms}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^k - 1} \text{ detik}$$

$$Tms = \frac{t \times \left[\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^k - 1\right]}{0,14}$$

dengan:

$t$  = Waktu trip (detik).

$Tms$  = faktor perkalian waktu (Time multiple setting).

$I_{fault}$  = Besarnya arus gangguan Hubung Singkat (Ampere)

Faktor k tergantung pada kurva arus- waktu, sebagai berikut:

IEC standard Inverse  $k = 0,02$

IEC very Inverse  $k = 1$

IEC Extremely Inverse  $k = 2$

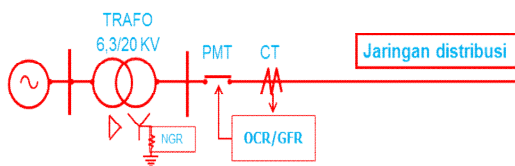
IEEE standard Inverse  $k = 0.02$

IEEE Short Inverse  $k = 0.02$

IEEE Very Inverse  $k = 2$

IEEE inverse  $k = 2$

IEEE Extremely Inverse  $k = 2$



	19.	Komatsu	SAA 12 V 140	132 19	1000
2006	20.	VOLVO	TAD 1242 GE	2012453203	250
	21.	VOLVO	TAD 1242 GE	2012453203	250

Gambar 2.4 Peletakan rele arus lebih gangguan tanah pada jaringan distribusi primer ( PT. PLN (Persero) Wilayah Papua Cabang Papua, 2009.)

L. Sistem Kelistrikan PT. PLN (Persero) Wilayah Papua Cabang Merauke

Sejarah Singkat Perusahaan

PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) Merauke sudah ada sejak jaman belanda. PLTD pertama ini masih terletak didekat rumah sakit umum Merauke, tepatnya pada jalan raya mandala Merauke dan pada tahun 1963 pengelolaan PLTD dialihkan ke pemerintah kemudian mulai dioperasikan pada tahun 1969. Pada pengoperasian pertama ini PLTD kelapa lima mengoperasikan empat unit pembangkit dengan daya terpasang masing-masing 225 kW.

Tabel 3.1 Riwayat penyediaan pembangkit tenaga listrik pada PLTD Kelapa Lima Merauke

Tahun	No	Merek	Type	No. seri	Daya Terpasang (KW)
1969	1.	Strok Diesel	BR 215	BR 34560	225
	2.	Strok Diesel	BR 215	BR 34561	225
	3.	Strok Diesel	BR 215	BR 34562	225
	4.	Strok Diesel	BR 215	BR 34563	225
1977	5.	SWD Drok	218 K	1083 - 2	560
1982	6.	SWD	DRO 216	10844 - 1	336
	7.	SWD	DRO 218 K	10831 - 2	560
1984	8.	Deutz MWM	TDB 616V12	616.12.001479	500
1985	9.	Deutz	BA 12M8 16 W	6985226	-
	10.	Deutz	BA M 816 W	6985223	-
1994	11.	CAT	3508	23705223	508
	12.	CAT	3412	81Z016618	364
1995	13.	MAN 1	6L 28/32 H	SB 6L - 1589	1000
	14.	MAN 2	6L 28/32 H	SB 6L - 1589	1000
1997	15.	Deutz	BA 6M 8164	7073505	260
	16.	Deutz	BA 6M 8164	7073505	260
2002	17.	Daihatsu	6L 28	6L 628Z. 0373	1250
2003	18.	Komatsu	SAA 12 V 140	132 18	1000

( PT. PLN (Persero) Wilayah Papua Cabang Papua, 2009.)

Lima tahun berjalan perusahaan swasta Wahana digantikan dengan perusahaan Swasta lain yaitu PT.Sumber Daya Sewatama dengan 4 unit pembangkit masing-masing berkapasitas 1200 kW.

Tabel 3.2 PT. Sumber Daya Sewatama yang menyewakan 4 unit pembangkit

No	Merek	Type	No. Seri	Daya Terpasang (KW)
1	CAT	CATT. 35/6	-	1200
2	CAT	CATT. 35/7	-	1200
3	CAT	CATT. 35/8	-	1200
4	CAT	CATT. 35/9	-	1200

( PT. PLN (Persero) Wilayah Papua Cabang Papua, 2009.)

M. Distribusi Tenaga Listrik pada PLTD Kelapa Lima Merauke

Tenaga listrik yang disediakan oleh PT. PLN (Persero) Merauke untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik di kota Merauke, dilayani oleh 19 buah generator melalui 6 (enam) penyulang (feeder) yaitu : feeder Kota II, feeder Kota I, feeder Polder, feeder Muli, feeder Kompi dan feeder Merkury. Selengkapnya dapat dilihat pada gambar (3.1).

Selanjutnya beban-beban yang dilayani oleh masing-masing feeder dapat dilihat pada single line diagram

III. PERHITUNGAN ARUS HUBUNG SINGKAT SATU FASA KE TANAH MINIMUM

Perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah minimum dilakukan dengan menghitung arus hubung singkat 1 fasa ke tanah pada titik-titik



gangguan dengan asumsi titik gangguan terjadi pada 25%, 50%, 75% dan 100% panjang saluran. Impedansi gangguan standar untuk perhitungan gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah adalah sebesar 35 Ohm (sesuai dengan SPLN 64 : 1985).

Titik gangguan 25% panjang saluran :

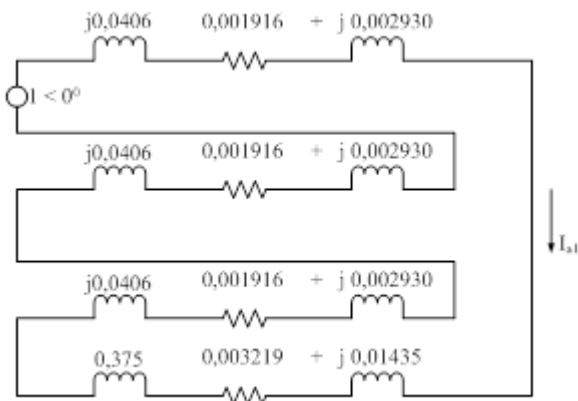
$$Z1 = Z2 = 0,25 \times 11,35 \times (0,2162 + j 0,3305) \\ = 0,6134 + j 0,9377 \text{ Ohm}$$

$$Z0 = 0,25 \times 11,35 \times (0,3631 + j 1,6180) \\ = 1,0302 + j 4,5910$$

dalam pu :

$$Z1 = Z2 = (0,6134 + j 0,9377)/320 \\ = 0,001916 + j 0,002930 \text{ pu}$$

$$Z0 = (1,0302 + j 4,5910)/320 \\ = 0,003219 + j 0,01435 \text{ pu}$$



Gambar 4.2 Jaringan urutan untuk gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada titik gangguan 25% panjang saluran (Samaulah H. 2000.)

Maka arus hubung singkat 1 fasa ke tanah minimum:

$$I_{a1} = \frac{1}{0,375 + 0,003219 + j 0,01435 + 3 \times (0,001916 + j 0,002930)} \\ = \frac{1}{0,3839 + j 0,14494} \\ = \frac{1}{0,4201 \angle 20,18^\circ}$$

$$= 2,3804 \angle -20,18^\circ \text{ pu}$$

dalam satuan ampere :

$$I_{f1\Phi \text{ min.}} = 2,3804 \times I_{\text{dasar}} \\ = 2,3804 \times 36,084 \\ = 85,8943 \text{ Ampere}$$

Titik gangguan 50% panjang saluran :

$$Z1 = Z2 = 0,50 \times 11,35 \times (0,2162 + j 0,3305) \\ = 1,2268 + j 1,8754 \text{ Ohm}$$

$$Z0 = 0,50 \times 11,35 \times (0,3631 + j 1,6180) \\ = 2,0604 + j 9,1820$$

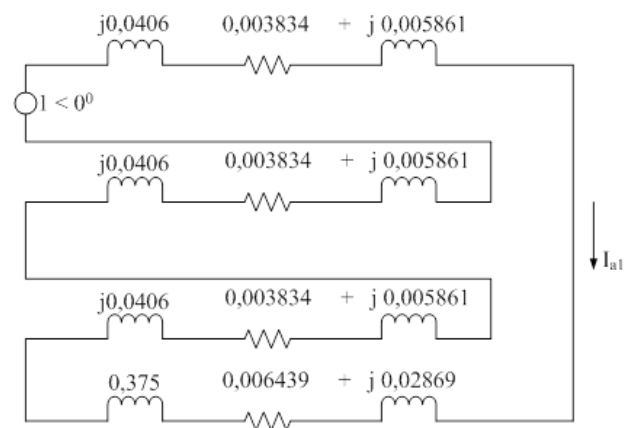
dalam pu :

$$Z1 = Z2 = \frac{1,2268 + j 1,8754}{320} \\ = 0,003834 + j 0,005861 \text{ pu}$$

pu

$$Z0 = \frac{2,0604 + j 9,1820}{320}$$

$$= 0,006439 + j 0,02869 \text{ pu}$$



Gambar 4.3 Jaringan urutan untuk gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada titik gangguan 50% panjang saluran

Maka arus hubung singkat 1 fasa ke tanah minimum

:

$$I_{a1} = \frac{1}{0,375 + 0,006439 + j 0,02869 + 3 \times (0,003834 + j 0,005861)} \\ = 1/(0,3929 + j 0,16807)$$

$$= 1/(0,4273 \angle [23,16]^\circ)$$

$$= 2,3401 \angle -23,160 \text{ pu}$$

dalam satuan ampere :

$$I_{f1\Phi \text{ min.}} = 2,3401 \times I_{\text{dasar}}$$

$$= 2,3401 \times 36,084$$

$$= 84,4402 \text{ Ampere}$$

Titik gangguan 75% panjang saluran :

$$Z_1 = Z_2 = 0,75 \times 11,35 \times (0,2162 + j 0,3305)$$

$$= 1,8404 + j 2,8134 \text{ Ohm}$$

$$Z_0 = 0,75 \times 11,35 \times (0,3631 + j 1,6180)$$

$$= 3,0909 + j 13,7732$$

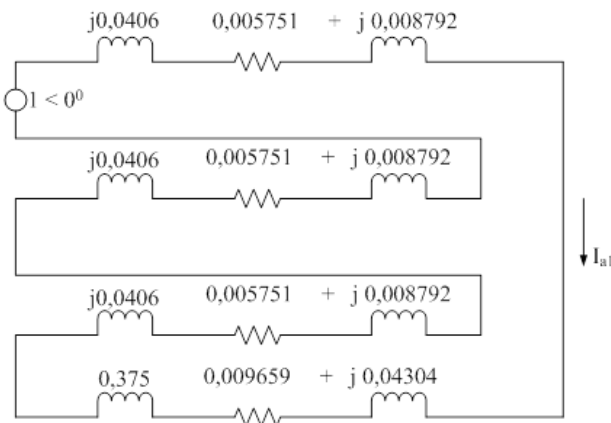
dalam pu :

$$Z_1 = Z_2 = (1,8404 + j 2,8134) / 320$$

$$= 0,005751 + j 0,008792 \text{ pu}$$

$$Z_0 = (3,0909 + j 13,7732) / 320$$

$$= 0,009659 + j 0,04304 \text{ pu}$$



Gambar 4.4 Jaringan urutan untuk gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada titik gangguan 75% panjang saluran

$$= 2,2468 \angle -25,440 \text{ pu}$$

dalam satuan ampere :

$$I_{f1\Phi \text{ min.}} = 2,2468 \times I_{\text{dasar}}$$

$$= 2,2468 \times 36,084$$

$$= 81,0735 \text{ Ampere}$$

Titik gangguan 100% panjang saluran :

$$Z_1 = Z_2 = 1,00 \times 11,35 \times (0,2162 + j 0,3305)$$

$$= 2,4527 + j 3,7512 \text{ Ohm}$$

$$Z_0 = 1,00 \times 11,35 \times (0,3631 + j 1,6180)$$

$$= 4,1212 + j 18,3643$$

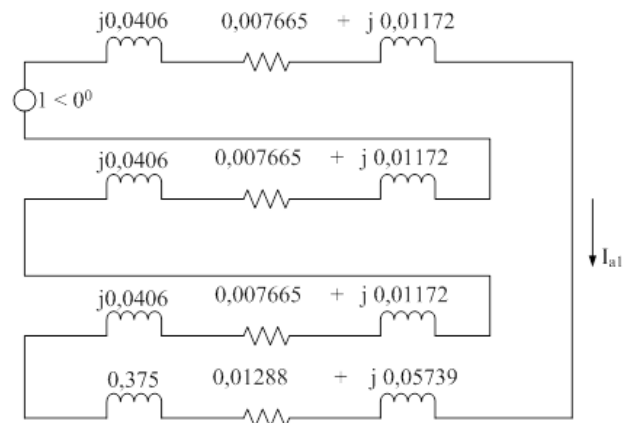
dalam pu :

$$Z_1 = Z_2 = (2,4527 + j 3,7512) / 320$$

$$= 0,007665 + j 0,01172 \text{ pu}$$

$$Z_0 = (4,1212 + j 18,3643) / 320$$

$$= 0,01288 + j 0,05739 \text{ pu}$$



Gambar 4.5 Jaringan urutan untuk gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada titik gangguan 100% panjang saluran

Maka arus hubung singkat 1 fasa ke tanah minimum:

$$I_{a1} = \frac{1}{0,375 + 0,009659 + j 0,04304 + 3 \times (0,005751 + j 0,008792)}$$

$$= 1/(0,4019 + j 0,1912)$$

$$= 1/(0,4451 \angle [25,44]^\circ)$$

Maka arus hubung singkat 1 fasa ke tanah minimum:

$$I_{a1} = \frac{1}{0,375 + 0,01288 + j 0,05739 + 3 \times (0,007665 + j 0,01172)}$$

$$= \frac{1}{0,5268 + j 0,5308}$$

$$= \frac{1}{0,7478 < 45,22^0}$$

$$= 1,3372 < -45,220 \text{ pu}$$

dalam satuan ampere :

$$If1\Phi \text{ min.} = 1,3372 \times I_{\text{dasar}}$$

$$= 1,3372 \times 36,084$$

$$= 48,2515 \text{ Ampere}$$

Settingan arus kerja rele gangguan tanah pada penyulang Kota I :

Berdasarkan persamaan (2.2) :

$$I_{\text{set GFR}} = 10\% \times If1\Phi\text{-maks.}$$

$$= 0,1 \times 274,527$$

$$= 27,4527 \text{ Ampere}$$

Setting faktor perkalian waktu (time multiple setting)

rele gangguan tanah pada penyulang Kota I :

$$tms = \frac{t_n \left\{ \left[ \frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}} \right]^{0,02} - 1 \right\}}{0,14}$$

$$= \frac{0,2 \times \left\{ \left[ \frac{85,8943}{27,4527} \right]^{0,02} - 1 \right\}}{0,14}$$

$$= 0,033$$

Selanjutnya untuk penyulang yang lain dapat dihitung dengan cara yang sama seperti pada penyulang Kota I (selengkapnya dapat dilihat pada lampiran A). Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil perhitungan arus hubung singkat 1 fasa ke tanah dan setting arus dan waktu kerja rele gangguan tanah pada setiap penyulang

Feeder	Arus Hubung Singkat 1 fasa ke tanah				Setting Rele GFR			
	Minimum (A)				Maks. (A)	Arus (A)	Waktu (ms)	tms
	25 %	50%	75%	100 %				
KOTA I	85,8943	84,4402	81,0735	48,2515	274,527	27,4527	0,2	0,033
POLDER	85,3026	82,6721	80,0307	58,0628	264,222	26,4222	0,2	0,034
MULI	81,9178	76,2419	63,1578	56,9442	264,222	26,4222	0,2	0,033
KOMPI C	84,0126	80,1389	70,2884	65,8115	264,222	26,4222	0,3	0,033
KOTA 2	84,8276	81,7064	78,7581	75,9191	264,222	26,4222	0,2	0,034
MERKURI	65,5702	49,2522	38,9474	32,0606	274,527	27,4527	0,5	0,025

( PT. PLN (Persero) Wilayah Papua Cabang Papua, 2009.)

#### IV. BAHASAN HASIL PERHITUNGAN

Hasil perhitungan yang telah diperoleh pada pembahasan sebelumnya memperlihatkan bahwa besarnya arus gangguan satu fasa ke tanah maksimum untuk setiap feeder sangat tergantung kepada besarnya kapasitas transformator dan reaktansi transformator yang melayani setiap feeder sehingga arus hubung singkat satu fasa ke tanah maksimum pada feeder KOTA I dan MERKURI nilainya sama yaitu sebesar 274,527 Ampere. Begitupun untuk feeder POLDER, MULI, KOMPI C dan KOTA II, nilai arus hubung singkat satu fasa ke tanah maksimum sebesar 264,222 Ampere.

Sementara itu perbedaan besar arus hubung singkat satu fasa ke tanah minimum disebabkan karena tiap feeder memiliki panjang yang berbeda-beda sehingga impedansi setiap titik gangguan yang ditinjau juga berbeda.

Rele gangguan tanah (ground fault relay) yang diperoleh dari hasil perhitungan dengan setting rele gangguan tanah (ground fault relay) berdasarkan data yang diperoleh di PT. PLN (Persero) Wilayah Papua Cabang Merauke dapat di lihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Perbandingan setting rele gangguan tanah

Feeder	Setting Rele			
	Hasil Perhitungan (Ampere)	Berdasarkan Data		
		Setting Terendah (Ampere)	Setting Tertinggi (Ampere)	Setting Terpasang (Ampere)
KOTA I	27,4527	20	70	25
POLDER	26,4222	20	70	25
MULI	26,4222	20	70	25
KOMPI C	26,4222	15	50	20
KOTA II	26,4222	10	50	20
MERKURI	27,4527	25	90	25

( PT. PLN (Persero) Wilayah Papua Cabang Papua, 2009.)

Perbandingan setting rele yang terlihat pada tabel di atas menunjukkan bahwa setting yang diperoleh dari hasil perhitungan masih dalam interval setting terendah dan tertinggi dari GFR yang terpasang saat ini. Antara settingan hasil perhitungan dengan

settingan yang terpasang tidak terlalu jauh berbeda, oleh karena itu settingan rele yang terpasang saat ini masih memenuhi syarat, artinya rele GFR masih layak untuk melindungi setiap feeder yang terdapat di PLTD Kelapa Lima Merauke.

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan rele gangguan tanah pada PT. PLN (Persero) Wilayah Papua Cabang Merauke, maka dapat ditarik simpulan sebagai berikut :

- Besarnya arus hubung singkat satu fasa ke tanah maksimum pada feeder KOTA I dan MERKURI yaitu masing-masing sebesar 274,527 Ampere sedangkan feeder POLDER, MULI, KOMPI C dan KOTA II masing-masing sebesar 264,222 Ampere.
- Setting rele gangguan tanah (ground fault relay/GFR) pada feeder KOTA I dan MERKURI yaitu masing-masing sebesar 27,4527 Ampere sedangkan feeder POLDER, MULI, KOMPI C dan KOTA II masing-masing sebesar 26,4222 Ampere. Setting faktor perkalian waktu (time multiple setting/tms) untuk feeder KOTA I, MULI dan KOMPI C masing-masing sebesar 0,033. Untuk feeder POLDER dan KOTA II sebesar 0.034 dan untuk feeder MERKURI sebesar 0,025.
- Rele GFR yang terpasang saat ini di setiap feeder PLTD Kelapa Lima Merauke masih layak digunakan untuk melindungi feeder dari gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.

## B. Saran

- Hasil perhitungan ini sekiranya dapat menjadi dasar perhitungan jika diperlukan pengembangan pada jaringan di setiap feeder dan penambahan kapasitas pembangkit di PT. PLN (Persero) Wilayah Papua Cabang Merauke.
- Untuk mempermudah perhitungan dan mengurangi tingkat kesalahan setting rele pada setiap feeder maka disarankan menggunakan suatu aplikasi komputer (seperti program MATLAB dan sebagainya).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. Jalamas Berkatama, 2003. Anonimous, Koordinasi Rele OC dan GFR Untuk Feeder di Pembangkit,
- [2] Hutauruk T.S.,1987 Pengetanahan Netral Sistem Tenaga & Pengetanahan Peralatan, Jakarta: Erlangga.
- [3] Kadarisman. P. Over Current Feeder Protection, PT. PLN (Persero ) Udiklat Palembang.
- [4] Samaulah. H. 2000 Dasar-Dasar sistem Proteksi Tenaga Listrik. Universitas Negeri Sriwijaya.
- [5] Stevenson. W, 1997 Analisa Sistem Tenaga Listrik , Edisi ke-4, Erlangga, Jakarta.