

## ANALISIS PERHITUNGAN KERJA RELAY GANGGUAN TANAH PADA FEEDER DI GARDU INDUK 150 KV SEI HARAPAN PT XYZ BATAM

### ANALYSIS OF CALCULATION RELAY GROUND FAULT IN POWER HOUSE FEEDER 150 KV SEI HARAPAN PT. XYZ BATAM

Chandra Noviansyah<sup>1</sup>, Muhammad Irsyam<sup>2</sup>,

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan Batam

<sup>1</sup>[chandrayansyah@gmail.com](mailto:chandrayansyah@gmail.com), <sup>2</sup>[irsyam.muaz1@gmail.com](mailto:irsyam.muaz1@gmail.com)

#### Abstrak

*Pada system proteksi, relai gangguan tanah merupakan bagian terpenting di suatu peralatan. Relai gangguan tanah harus dilakukan pengaturan agar dapat bekerja dengan baik dan handal dalam mengatasi suatu gangguan. Gangguan hubung singkat sering terjadi pada jaringan 20 KV, antar fasa, atau gangguan hubung singkat fasa ke tanah. jika proteksi kurang baik maka dapat menyebabkan pemadaman yang meluas dan rusaknya peralatan. Oleh karena itu digunakan relai gangguan tanah atau ground fault relay pada suatu peralatan, salah satunya pada feeder. Perhitungan setting kerja relai gangguan tanah di dapatkan dari nilai setting yang di terapkan dan karakteristik waktu yang digunakan. Setelah dilakukan perhitungan dan menganalisa didapatkan perbedaan atau perselisihan waktu kerja relai. Dan dari hasil penelitian diketahui bahwa relai gangguan tanah masih dalam kondisi yang sesuai dengan yang telah d setting di lapangan.*

*Kata kunci : Relay proteksi ground fault*

## I. PENDAHULUAN

Penggunaan tenaga listrik saat ini semakin maju, tidak hanya penerangan dan keperluan industri, tetapi sudah sampai untuk kebutuhan rumah tangga yang sekecil kecilnya. Dengan demikian suatu sistem tenaga listrik sangat di harapkan dapat menyalurkan daya secara terus – menerus kepada konsumen dan faktor yang harus diperhatikan adalah sistem transmisi, tegangan dan frekuensi yang konstan maupun keseimbangan sistem.

Sistem transmisi tiga fasa sangat mempengaruhi keseimbangan sistem, apabila terjadi ketidakseimbangan beban ataupun sistem maka akan berdampak negatif. Ketidakseimbangan sistem dapat disebabkan pada impedansi fasa yang tidak seimbang. Hantaran

udara formasi dari ketiga hantaran pada tiga fasa akan mempengaruhi impedansi masing – masing fasa tersebut. Kondisi fasa yang tidak seimbang umumnya terjadi pada jaringan pendistribusian, yang cenderung di hubungkan dengan transformator dan jaringan distribusi dan beban rumah tangga satu fasa. [2]

Untuk menyeimbangkan atau agar tidak terjadi gangguan pada sistem kelistrikan, maka di butuhkan sistem proteksi. Sistem proteksi ini akan bekerja apabila terjadinya gangguan pada sistem kelistrikan, sistem proteksi bekerja dan akan melepaskan *circuit breaker* (CB) atau pemutus tenaga (PMT).

Sistem proteksi pada gardu induk Sei Harapan bagian *feeder* cendrawasih atau penyulang sisi 20 KV menggunakan *relay ground fault*

atau *relay* gangguan tanah. *Relay* yang di gunakan adalah *type* sepmam 1000+.

*Relay* gangguan tanah akan bekerja apabila terjadi aliran arus urutan nol (residu) pada *relay* gangguan tanah. untuk mendapatkan arus yang meresidu ini ada beberapa metode yang harus dipergunakan dan salah satunya ada yang tidak seimbangya salah satu fasa akibat gangguan fasa ke tanah. [4]

Dalam proses pengujian kehandalan *relay* tersebut perlu di lakukan perhitungan waktu tunda kerja *relay*. Dengan demikian dapat diketahui seberapa cepat *relay* tersebut melepaskan PMT.

Berdasarkan latar belakang diatas dapat di ketahui bahwa rumusan masalahnya adalah untuk mengetahui hasil pengujian kerja *relay ground fault* terhadap gangguan fasa ke tanah pada *feeder* cendrawasih, dan apakah *feeder* cendrawasih masih layak digunakan dan bekerja sesuai karakteristik *standard inverse* yang telah di terapkan oleh PT. XYZ Batam.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Sistem kelistrikan PT. XYZ Batam

Sistem kelistrikan PT. XYZ Batam merupakan kesatuan dari beberapa *sub* sistem yang terhubung menjadi satu dan merupakan pendukung utama dalam sistem ketenagalistrikan, baik pada sisi pembangkit, transmisi, maupun distribusi.

*Sub* sistem adalah suatu tempat atau instalasi yang berfungsi untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik dari suatu pusat pembangkit

listrik ke *gird* atau jaringan. Pada *sub* sistem terdapat peralatan-peralatan listrik yang di susun sedemikian rupa sehingga membentuk pola atau konfigurasi tertentu. Gardu induk merupakan alat penghubung listrik dari jaringan transmisi ke jaringan distribusi primer.

### 1. Saluran Transmisi

Saluran transmisi merupakan media yang digunakan untuk mentransmisikan tenaga listrik dari dari pembangkit listrik sampai ke distribusi hingga sampai pada konsumen pengguna listrik tenaga listrik di transmisikan oleh suatu bahan bakar konduktor yang mengalirkan tipe saluran transmisi listrik penyaluran tenaga listrik pada transmisi menggunakan arus bolak balik (AC) ataupun arus searah (DC). [5]

Saluran transmisi dengan menggunakan sistem arus bolak balik tiga fasa merupakan sistem yang di gunakan di PT XYZ Batam, yaitu sistem tegangan pada jaringan transmisi 150 KV. Jaringan tegangan tinggi di PT. XYZ Batam hanya terdiri dari saluran udara tegangan tinggi (SUTT). [2]

### 2. Sistem Distribusi 20 KV

Sistem distribusi 20KV adalah keluaran dari *transformator* daya dikumpulkan pada *Bus* 20KV di kubikel Gardu Induk untuk kemudian di distribusikan melalui beberapa penyulang 20KV ke konsumen dengan jaringan berupa Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) atau Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM).

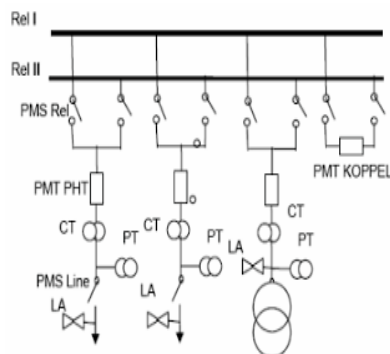
Seringnya gangguan pentanahan di jaringan menyebabkan

sering pula relai proteksi bekerja dan sesering itu pula *transformator* daya menderita pukulan hubung singkat yang dapat memperpendek umur *transformator* daya tersebut. Dengan besarnya kapasitas sistem 150 KV, boleh dikatakan hubung singkat di *Bus* 20KV tergantung dan dibatasi oleh besarnya kapasitas *transformator* daya.

### 3. Gardu Induk

Gardu induk adalah pusat untuk menerima dan mengirim kembali tenaga listrik menuju jalur – jalur yang sudah ditentukan. Peralatan-peralatan pada gardu induk antara lain:

- *Busbar* atau rel  
*Busbar* merupakan titik pertemuan antara transformator tenaga, saluran udara tegangan tinggi, saluran kabel tegangan tinggi dan peralatan listrik lainnya yang berfungsi untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik. *Busbar* yang digunakan di gardu induk sei harapan adalah *busbar* ganda.



Gambar1. Sistem busbar ganda

- Lightning Arrester  
 Pada umumnya disebut *Arrester* yang berfungsi sebagai pengaman instalasi (peralatan listrik pada instalasi Gardu Induk) dari gangguan tegangan lebih akibat sambaran petir (*lightning Surge*) maupun oleh surja hubung (*switching surge*).
- Transformator Ukur  
 Untuk proses pengukuran digardu induk diperlukan transformator *instrument*, transformator *instrument* ini dibagi atas dua kelompok yaitu transformator tegangan, transformator arus dan transformator bantu.
- Sakelar Pemisah (PMS)  
 Sakelar ini berfungsi untuk mengisolasi peralatan listrik dari peralatan lain atau instalasi lain yang bertegangan. PMS ini boleh dibuka atau ditutup hanya pada saat tidak berbeban.
- Sakelar Pemutus Tenaga (PMT)  
 Sakelar ini berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan sistem pada saat terbebani (pada kondisi arus beban normal atau pada saat terjadi arus gangguan). Pada waktu menghubungkan atau memutuskan beban, akan terjadi tegangan *recovery* yaitu suatu fenomena tegangan lebih dan busur api, oleh karena itu sakelar pemutus dilengkapi dengan media peredam busur api, seperti media udara dan gas SF<sub>6</sub>.
- Sakelar Pentanahan  
 Sakelar ini untuk menghubungkan kawat konduktor dengan tanah atau bumi yang berfungsi untuk menghilangkan atau mentanahkan tegangan induksi pada konduktor pada saat akan dilakukan perawatan atau pengisolasian

suatu sistem. Sakelar Pentanahan ini dibuka dan ditutup hanya apabila sistem dalam keadaan tidak bertegangan.

- *Kompensator*

*Kompensator* didalam sistem penyaluran tenaga listrik disebut pula alat pengubah fasa yang dipakai untuk mengatur jatuh tegangan pada saluran transmisi atau transformator, dengan mengatur daya reaktif atau dapat pula dipakai untuk menurunkan rugi daya dengan memperbaiki faktor daya. Alat tersebut ada yang berputar dan ada yang *stationer*, yang berputar adalah kondensator *sinkron* dan kondensator *asinkron*, sedangkan yang *stationer* adalah kondensator *statis* atau kapasitor *shunt* dan reaktor *shunt*.

- *Relay Proteksi dan Papan Alarm (Annunciator)*

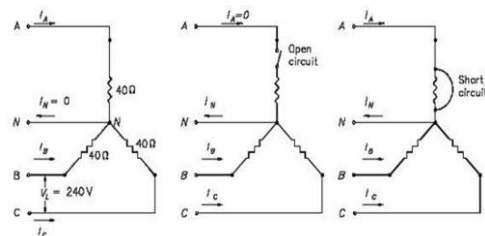
*Relay proteksi* yaitu alat yang bekerja secara otomatis untuk mengamankan suatu peralatan listrik saat terjadi gangguan, menghindari atau mengurangi terjadinya kerusakan peralatan akibat gangguan dan membatasi daerah yang terganggu sekecil mungkin. Kesemua manfaat tersebut akan memberikan pelayanan penyaluran tenaga listrik dengan mutu dan keandalan yang tinggi. Sedangkan papan *alarm* atau *annunciator* adalah sederetan nama-nama jenis gangguan yang dilengkapi dengan lampu dan suara sirine pada saat terjadi gangguan.

**B. Beban Tak Seimbang**

Suatu beban tiga fasa seimbang apabila arus yang dihasilkan

seimbang, bilamana beban tersebut dihubungkan dengan tegangan sistem yang seimbang, beban yang tak seimbang dapat ditandai dengan tidak seimbangnya arus yang mengalir pada sistem, kondisi ini dipengaruhi oleh tegangan yang dibangkitkan sistem tidak seimbang, impedansi fasanya tidak sama dan impedansi beban tidak sama.

Dalam perencanaan daya listrik, sistem direncanakan seimbang. Keseimbangan dimaksud disini adalah tegangan yang dibangkitkan seimbang dan impedansi perfasanya sama (impedansi penyalur). Munculnya ketidakseimbangan arus umumnya disebabkan oleh impedansi beban yang tidak sama perfasanya.



Gambar 2 Ketidakseimbangan beban karena gangguan [6]

**C. Impedansi Urutan**

Dalam setiap bagian rangkaian, jatuh tegangan yang disebabkan oleh arus dengan urutan tertentu tergantung pada impedansi bagian rangkaian itu terhadap arus dengan urutan tersebut. Impedansi setiap bagian suatu jaringan yang seimbang terhadap arus salah satu urutan dapat berbeda dengan impedansi terhadap arus dari urutan yang lain.

Impedansi suatu rangkaian yang hanya mengalir arus urutan-positif disebut impedansi terhadap arus urutan-positif. Demikian pula,

bila hanya ada arus urutan negatif, impedansinya dinamakan impedansi terhadap arus urutan-negatif. Jika hanya ada arus urutan nol, impedansinya dinamakan impedansi terhadap arus urutan-nol.

#### D. Transformator Arus

Transformator arus (*Current Transformer*) berfungsi untuk mentransformasi-kan arus dari nilai yang besar (sisi *primer*) menjadi nilai yang rendah (sisi *sekunder*). Arus sekunder CT biasanya digunakan sebagai masukan untuk alat ukur atau/dan sistem proteksi. Hasil transformasi pada sisi *primer* menjadi *sekunder* adalah sesuai dengan nilai perbandingan atau *rasio* yang dimiliki oleh transformator arus tersebut. *Rasio* CT yang umum dipakai untuk pengukuran TM adalah:

$$\frac{10-20}{5}, \frac{15-30}{5}, \frac{25-50}{5}, \frac{30-60}{5}, \frac{40-80}{5}$$

dan lainnya.

Maksud dari *rasio* di atas adalah pada umumnya *transformator* arus pengukuran TM memiliki 2 pengukuran yaitu sisi *low* dan sisi *high*. *Transformator* arus dengan *rating*  $\frac{150-300}{5}$ , maka sisi *low* adalah  $\frac{150}{5}$  dan sisi *high*  $\frac{300}{5}$ .

Fungsi dari transformator arus adalah:

1. Mengkonversi besaran arus pada sistem tenaga listrik dari besaran *primer* menjadi besaran *sekunder* untuk keperluan pengukuran sistem *metering* dan proteksi.
2. Mengisolasi rangkaian *sekunder* terhadap rangkaian *primer*, sebagai pengamanan terhadap

manusia atau operator yang melakukan pengukuran.

3. Standarisasi besaran *sekunder*, untuk arus nominal 1 Amper dan 5 Amper.

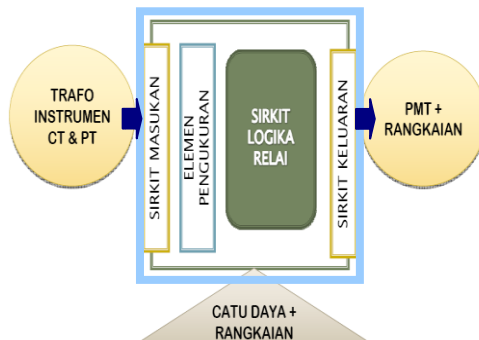
Secara fungsi transformator arus dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Transformator arus pengukuran  
 Transformator arus pengukuran untuk *metering* memiliki ketelitian tinggi pada daerah kerja (daerah pengenalnya) 5% - 120% arus nominalnya tergantung dari kelasnya dan tingkat kejenuhan yang relatif rendah dibandingkan transformator arus untuk proteksi. Penggunaan transformator arus pengukuran untuk *Ampermeter*, *Watt-meter*, *VARh-meter*, dan *cos φ meter*.
2. Transformator arus proteksi  
 Transformator arus untuk proteksi, memiliki ketelitian tinggi pada saat terjadi gangguan dimana arus yang mengalir beberapa kali dari arus pengenalnya dan tingkat kejenuhan cukup tinggi. Penggunaan transformator arus proteksi untuk *relay* arus lebih (GFR dan OCR), *relay* beban lebih, *relay* diferensial, *relay* daya dan *relay* jarak.

#### E. Relay Proteksi

*Busbar* dan diameter tidak terlepas dari kondisi *abnormal* yang disebut sebagai gangguan. Gangguan yang terjadi pada *busbar* dan diameter adalah gangguan yang bersifat destruktif. Apabila terjadi gangguan pada *busbar* atau diameter, maka kemungkinan terjadi kerusakan pada peralatan instalasi yang sangat besar. Di samping itu, keandalan

sistem dalam menyalurkan pasokan daya juga akan terganggu.



Gambar 3 Komponen Utama *Relay* Proteksi [4]

Proteksi busbar/diameter adalah suatu sistem proteksi yang berperan penting dalam mengamankan gangguan yang terjadi pada busbar atau diameter. Sistem proteksi ini harus bekerja secara sensitif, selektif, cepat dan harus stabil untuk gangguan yang terjadi di luar daerah pengamanan busbar atau diameter. Sistem proteksi busbar dan diameter merupakan suatu sistem kolektif yang meliputi : transformator arus (CT) atau transformator tegangan (PT), relay proteksi, pemutus tenaga (PMT), dan rangkaian pengawatannya. Bagian – bagian dari sistem proteksi ini dapat dilihat pada gambar 2.3 di atas.

Sistem proteksi memiliki fungsi utama, yaitu :

1. Mendeteksi adanya gangguan atau keadaan abnormal lainnya pada bagian sistem yang diamankannya.
2. Melepaskan bagian sistem yang terganggu, sehingga bagian sistem lainnya yang tidak

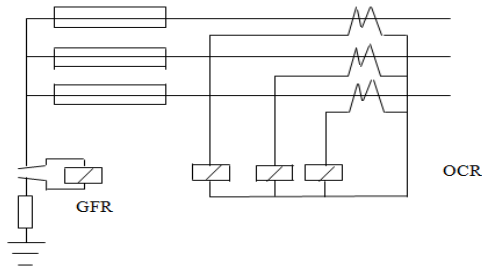
mengalami gangguan dapat terus beroperasi.

### 1. *Relay* Proteksi Gangguan Tanah (GFR)

Gangguan tanah adalah terhubungnya konduktor fasa dengan beban atau tempat yang terhubung dengan tanah sehingga beban atau tempat tersebut bertegangan dan mengalirkan arus ketanah. Gangguan ini merupakan gangguan terbesar dari semua jenis gangguan sistem daya listrik. Karena itu pengamanan terhadap gangguan tanah ini merupakan suatu hal yang terpenting.

*Relay* gangguan tanah (*Ground Fault Relay*) adalah pengamanan terhadap gangguan tanah. *Relay* ini berfungsi untuk memproteksi SUTM terhadap gangguan antara fasa atau 3 fasa dan hanya bekerja pada satu arah saja. Karena rele ini dapat membedakan arah arus gangguan. Arus atau tegangan urutan nol (residu) merupakan penggerak *relay* ini. Sistem daya listrik pada umumnya titik netralnya ditanahkan, baik pentanahan langsung (*Solid Grounded*) maupun melalui impedansi, karena itu arus residu merupakan penggerak utama *relay* gangguan tanah. Tegangan residu dipergunakan biasanya pada sistem yang tidak ditanahkan. *Relay* gangguan tanah terarah (*Directional Ground Fault Relay*) mempergunakan arus dan tegangan residu.

Prinsip kerja GFR dapat digambarkan seperti gambar di bawah ini.



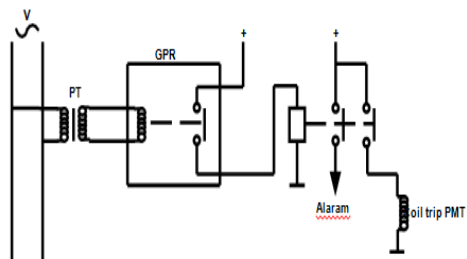
Gambar 4 Relay Hubung tanah pada pentanahan netral [4]

## 2. Relay Sepam 1000+

Relay sepam 1000+ adalah relay proteksi yang berfungsi untuk melindungi sistem tenaga listrik dari gangguan. Gangguan yang dimaksud adalah gangguan fasa ketanah atau *ground fault*, gangguan arus lebih atau *over current*, tegangan lebih, tegangan rendah, frekuensi lebih, frekuensi rendah, dan bisa berfungsi sebagai *recloser*.

## 3. Setting Relay Sepam 1000+

Untuk memperoleh suatu jaringan tenaga listrik yang baik, maka salah satu faktor pendukungnya adalah kehandalan sistem proteksi. Alat proteksi yang umum digunakan pada jaringan tegangan menengah dan jaringan tegangan tinggi maka relay proteksi yang ada pada jaringan tersebut harus memenuhi syarat – syarat teknik dan parameter – parameter yang diberikan pada relay harus benar. Parameter dapat dibuat



dengan menu pengaturan atau *setting* pada relay.

Dalam penyetelan *relay* yang digunakan perlu diperhatikan karakteristik *relay* yaitu *standard inverse*. Dalam penentuan nilai arus *setting* pada *relay* dapat digunakan dengan rumus berikut:

$$I_s = k \cdot I_n$$

Dimana:

$I_s$  = arus *setting*

$k$  = faktor pabrik (0.3 s/d 24)

$I_n$  = arus nominal

## 4. Karakteristik Standard Inverse

Karakteristik *standard inverse* merupakan pedoman yang digunakan dalam perhitungan waktu tunda kerja *relay* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$t = \frac{K}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^\alpha - 1} \cdot T^\beta$$

Dimana:

$t$  = Waktu tunda kerja *relay* (*second*)

$T$  = Karakteristik waktu tunda kerja *relay* (*second*)

$I_f$  = Arus Injeksi (A)

$I_s$  = Arus *Setting* (A)

$K$  = *Koefisien Values* ( 0,14 )

$\alpha$  = *Alpha* ( 0,02 )

$\beta$  = *Beta* ( 2,97 )

Karakteristik *relay* dapat dinyatakan dengan *time multiple*



*setting* (*tms*). Hubungan antara  $T$  dan  $tms$  dapat dipaparkan melalui rumus berikut:

$$tms = \frac{T}{\beta}$$

Dimana :

$tms = \text{time multiple setting (second)}$

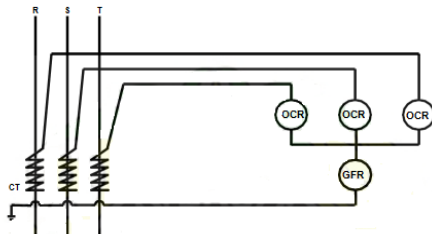
$T = \text{karakteristik waktu tunda relay (second)}$

$\beta = \text{koefisien values (2,97)}$

#### F. Ground Fault Relay Di GI Sei Harapan

Berikut rangkaian *relay ground fault* pada GI Sei Harapan.

Gambar 5 Rangkaian *relay*



Gambar 6 GFR pada tiga fasa GI Sei Harapan

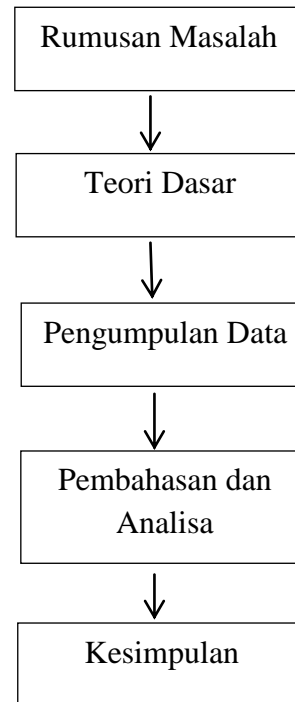
### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Alat pengujian

Alat yang di perlukan untuk penelitian ini adalah SVERKER 780. SVERKER 780 adalah salah satu alat pengujian relai satu fasa yang digunakan oleh *engineer*. Fitur ini membuat pengujian yang di lakukan lebih efisien dan lebih mudah.

Gambar 7 SVERKER 780

#### B. Alir Penelitian



Gambar 8 Alir Penelitian

Dari gambar 3.2 di atas ini dapat di ketahui langkah pertama yang harus di lakukan ialah masalah apa yang akan penulis analisis, teori apa yang akan di gunakan untuk menganalisa masalah tersebut, kemudian pengumpulan data – data yang di gunakan, pembahasan dari permasalahan yang ada, dan terakhir menyimpulkan dari hasil analisa permasalahan tersebut.

#### C. Teori Dasar

Teori dasar yang berhubungan dengan pembahasan ini ditentukan dari nilai arus *setting* pada *relay* yang digunakan rumus yaitu :

$$I_s = k \cdot I_n$$

Penentuan karakteristik *relay* sepam 1000+ dengan *standard*



*inverse* dapat digunakan rumusan yaitu:

$$t = \frac{0,14}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0,02}} \cdot \frac{T}{-1} \cdot 2,97$$

#### D. Pembahasan

Untuk pembahasan dari rumusan masalah ini, penulis membahas tentang perhitungan waktu tunda kerja *relay ground fault* menggunakan rumus *standard inverse*, dan membandingkan hasil pengujian *test trip* dengan hasil perhitungan menggunakan rumus *standard inverse*.

Dan data yang di perlukan ialah data hasil pengujian *test trip relay ground fault* pada *feeder cendrawasih* di gardu induk sei harapan.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

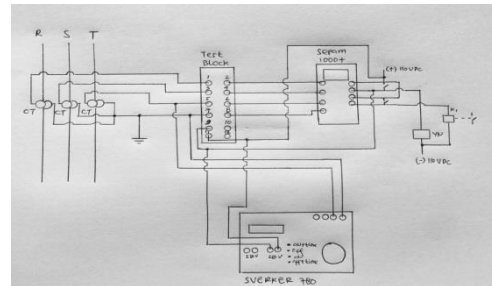
#### A. Spesifikasi Relay Sepam 1000+

Pada setiap *relay* mempunyai spesifikasi masing – masing, salah satunya *relay Sepam 1000+*. Spesifikasi *relay Sepam 1000+* yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

1. Merk *Schneider*.
2. Type *Sepam 1000+*.
3. *Power Supply* (110-120) Volt AC dan (48-250) Volt DC.
4. Tegangan kontak bantu/out (100-240) Volt AC dan (24-220) Volt DC.
5. Tegangan Kontak bantu / in (24-250) Volt DC.
6. Frekuensi (47,5 – 63) Hz.
7. Sebagai proteksi gangguan fasa ke tanah.

8. Sebagai proteksi arus lebih.

#### B. Skematik Rangkaian Test Trip



Gambar 9. Skematik rangkaian pengujian *test trip relay*

#### C. Data Pengujian Test Trip Relay Sepam 1000+

Pegujian *relay* pada *feeder cendrawasih* ini dilaksanakan hari jum'at tanggal 09 Juni 2017 jam 10.00. data tersebut dapat di lihat di bawah ini :

Tabel 1 Pengujian *test trip* pada *feeder cendrawasih*

Mata Uji	Fasa	Arus Injeksi		
		2 x Is (1,5) = 3 A	3 x Is (1,5) = 4,5 A	4 x Is (1,5) = 6 A
Waktu Kerja (s)	R	0,517	0,328	0,264
	S	0,517	0,328	0,264
	T	0,517	0,328	0,264
	N	0,417	0,250	0,205

Keterangan :

*Ratio CT* = (400/5) A dan batas setelan  $I_0$  pada GFR 120 A, tms 0,1.

$$I_s = \frac{I_0}{\text{ratio CT}}$$

$$I_s = \frac{120 \text{ A}}{80}$$

$$I_s = 1,5 \text{ A}$$

**D. Time Multiple Setting (tms)**

Untuk menentukan *time multiple setting* ini dapat dilakukan dengan menggunakan rumus yaitu :

$$tms = \frac{T}{2.97}$$

$$tms = \frac{0.25}{2.97}$$

$$tms = 0.08 \text{ s}$$

**E. Waktu Tunda Kerja Relay**

Untuk menganalisa *relay* bekerja tepat pada waktunya, maka perlu dilakukan perhitungan waktu tundanya sesuai dengan karakteristik *standard Inverse*. Jadi untuk mengetahui waktu tunda *relay* (t) ini menggunakan rumus yaitu :

$$t = \frac{0.14}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0.02} - 1} \cdot \frac{T}{2.97}$$

Analisa dilakukan pada fasa netral saja, dikarenakan untuk mengukur besaran arus yang mengalir ke pentanahan. Besaran arus injeksinya juga dilakukan dengan arus yang berbeda. Arus injeksi ini dianggap sebagai arus gangguan (If). Berdasarkan hasil pengujian dari tabel 4.1, maka diketahui arus gangguannya berbeda. Dengan itu dilakukan perhitungannya sebagai berikut :

1. Perhitungan dengan arus injeksi 3 A pada fasa N.

Diketahui : T = 0,25 s

If = 3 A

Is = 1,5 A

$$\begin{aligned} \text{Maka, } t &= \frac{0.14}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0.02} - 1} \cdot \frac{T}{2.97} \\ &= \frac{0.14}{\left(\frac{3}{1.5}\right)^{0.02} - 1} \cdot \frac{0.25}{2.97} \\ &= 0,3376 \text{ s} \end{aligned}$$

2. Perhitungan dengan arus injeksi 4,5 A pada fasa N.

Diketahui : T = 0,25 s

If = 4,5 A

Is = 1,5 A

$$\begin{aligned} \text{Maka, } t &= \frac{0.14}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0.02} - 1} \cdot \frac{T}{2.97} \\ &= \frac{0.14}{\left(\frac{4.5}{1.5}\right)^{0.02} - 1} \cdot \frac{0.25}{2.97} \\ &= 0,2121 \text{ s} \end{aligned}$$

3. Perhitungan dengan arus injeksi 6 A pada fasa N.

Diketahui : T = 0,25 s

If = 6 A

Is = 1,5 A

$$\begin{aligned} \text{Maka, } t &= \frac{0.14}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0.02} - 1} \cdot \frac{T}{2.97} \\ &= \frac{0.14}{\left(\frac{6}{1.5}\right)^{0.02} - 1} \cdot \frac{0.25}{2.97} \\ &= 0,1676 \text{ s} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka dapat dibuat tabel seperti dibawah ini :

Tabel 2 Hasil perhitungan waktu tunda *relay* (t)

Arus Setting Is (A)	Arus Gangguan If (A)	Waktu Tunda Relay (s)
1,5	3	0,337
1,5	4,5	0,212
1,5	6	0,167

**F. Perbandingan Hasil Pengujian Dengan Hasil Perhitungan**

Dari pengumpulan data – data pada *sub* bab sebelumnya, dapat di bandingkan hasil pengujian dengan hasil perhitungan. Berikut perbandingannya :

Tabel 3 Perbandingan hasil pengujian dengan hasil perhitungan

Arus injeksi (A)	Hasil Pengujian (s)	Hasil Perhitungan (s)	Selisih
3	0,417	0,337	0,08 s
4,5	0,250	0,212	0,038 s
6	0,205	0,167	0,038 s

Dari tabel di atas selisih antara hasil pengujian dan hasil perhitungan menggunakan rumus *standard inverse* ini rata – rata kecil yaitu di bawah 1 *second*. Jadi dapat di nyatakan bahwa *relay* tersebut masih bekerja dengan baik sesuai dengan kurva karakteristik *relay*. Dan *relay* tersebut masih layak digunakan pada *feeder* cendrawasih di gardu induk Sei Harapan.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian ini, dapat di simpulkan bahwa relai pentanahan dengan *type* sepam 1000+ pada *feeder* cendrawasih masih layak digunakan. Karena selisih hasil pengujian dengan hasil perhitungan kurang dari 1 *second* sesuai dengan karakteristik *standard inverse* yang telah di terapkan oleh PT. XYZ Batam.

### B. Saran

Adapun saran penulis terhadap PT. XYZ Batam ialah untuk lebih meningkatkan kualitas pelayan dan kehandalan peralatan, sebaiknya untuk pengujian sistem kerja relai –

relai proteksi dilakukan secara terjadwal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, *Protection and Control.sepam range.sepam 1000,S25,S26 and S35,S36 Installation Use Commissioning, General Characteristick.Scheider Electric*, 1999.
- [2] Fikri Ahmadsyah, *Operasi Terpisah Di Sub Sistem Gardu Induk Batu besar Untuk menghindari Pemadaman Total pada sistem kelistrikan PLN Batam.Batam, Univesitas Riau Kepulauan*, 2010.
- [3] L.Tobing Bonggas, *Peralatan Tegangan Tinggi*, Jakarta, 2003.
- [4] PLN Persero, *Draft Pedoman O&M*, Jakarta, 2010.
- [5] Purba Agus, *Proteksi Pada Transmisi Tenaga Listrik*, aguspurbaproteksi.blogspot.co.id, (02 Juni 2012), {11 Juni 2017}.
- [6] *Stevenson,WD*, *Analisa Sistem Tenaga Listrik*, Jakarta, Erlangga, 2008.