

SIMULASI KOORDINASI PROTEKSI PADA JARINGAN TRANSMISI MENGUNAKAN SIMULATOR TRANSMISI

¹⁾ Kurniawati Naim

Abstrak:Penelitian ini bertujuan menghitung dan menganalisis penyetelan koordinasi rele porteksi sehingga sistem tidak terganggu. Luaran yang ingin dicapai yaitu penyetelan koordinasi rele sesuai dengan fungsinya. Metode yang digunakan dalam penelitian evaluasi rugi daya dan jatuh tegangan adalah metode studi literatur, wawancara/interview dan metode analisa data. Dari data yang telah terkumpul, maka dilakukan pengelompokan data sesuai identifikasi permasalahannya sehingga diperoleh analisa dan pemecahan masalah yang efektif dan terarah. Data yang diperoleh akan dianalisa dan dihitung berapa settingan nominal rele yang bagus untuk jaringan transmisi kemudian membuat scenario untuk melihat koordinasi proteksinya. Percobaan ini menghasilkan enam scenario yaitu pertama dengan settingan arus yang sama tapi setting waktu main proteksi lebih cepat. Kedua, back up proteksi dinonaktifkan dan main proteksi diaktifkan, Sebaliknya, ketiga, main proteksi dinonaktifkan dan back up proteksi diaktifkan. Keempat, setting waktu main proteksi lebih cepat daripada back up proteksi. Lima, setting arus main proteksi lebih besar daripada back up proteksi. Sebaliknya, Enam, setting arus main proteksi lebih kecil daripada back up proteksi.

Kata Kunci: Jaringan transmisi, koordinasi proteksi, simulator

1. PENDAHULUAN

Saat ini, kebutuhan akan tenaga listrik disamakan dengan sembako yang merupakan pokok dari kehidupan. oleh karena itu, tenaga listrik harus tersedia dengan memperhatikan mutu baik tegangan maupun frekwensi dan keandalan lagi murah dan juga diperlukan kontinuitas pelayanan yang baik kepada konsumen. Untuk menjaga kelangsungan tenaga listrik diperlukan sistem proteksi yang sesuai dengan kebutuhan dan diperlukan koordinasi sistem proteksi yang baik agar kontinuitas pelayanan untuk distribusi tenaga listrik dapat terjaga.

Sistem proteksi yang baik adalah sistem proteksi yang cepat memisahkan bagian yang terkena gangguan dan peka terhadap segala macam gangguan dengan tepat yakni gangguan yang terjadi di daerah perlingkungannya, andal dan selektif mampu membedakan kondisi dimana relai tersebut harus bereaksi, memperlambat reaksinya dan tidak bereaksi sama sekali, Dalam mengamankan suatu sistem, sistem proteksi terdiri dari beberapa rele. Jika salah satu rele tidak berfungsi atau gagal trip maka sesaat kemudian, rele yang lain akan trip. Inilah yang disebut dengan koordinasi proteksi. Jika gangguan terjadi di sistem yang besar dan proteksi gagal menganulir gangguan

Sub-Sistem Transmisi

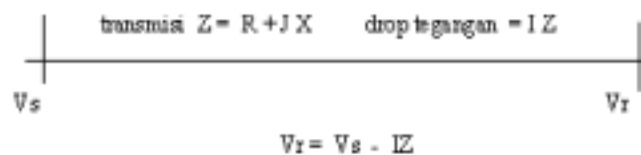
Sub-Sistem Transmisi berfungsi menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit ke pusat beban melalui saluran transmisi. Agar rugi-rugi energi listrik (losses) berkurang, maka energi listrik tersebut ditransmisikan dengan saluran transmisi tegangan tinggi (150 kV) maupun tegangan ekstra tinggi(500 kV).

Untuk itu sebelum ditransmisikan, tegangan listrik terlebih dahulu dinaikkan pada trafo penaik tegangan (step-up transformer). Saluran transmisi tegangan tinggi di PLN kebanyakan mempunyai tegangan 66 kV, 150 kV dan 500 kV (SUTET). Saluran transmisi ada yang berupa saluran udara dan ada yang berupa kabel tanah, atau kabel laut. Misalnya yang menghubungkan pulau Jawa dan Madura, serta antara pulau Jawa dan Bali adalah kabel laut 150 kV.

Saluran transmisi direpresentasikan sesuai panjangnya. Transmisi jarak

pendek yang panjang ± 80 km direpresentasikan sebagai impedansi seri, transmisi jarak menengah yang panjangnya (80 – 240) km dan transmisi jarak panjang dengan jarak lebih dari 240 km, direpresentasikan sebagai rangkaian nominal π . Tegangan terima di gardu Induk (V_r) adalah selisih vector antara tegangan kirim (V_s) dengan drop tegangan di sepanjang konduktor transmisi yaitu perkalian arus

(I) dengan Impedansi (Z). Impedansi ini merupakan jumlah vektor dari resistensi (R) dan reaktansi (X) penghantar dimana semakin panjang penghantar maka semakin besar pula R dan X nya sehingga Z juga semakin besar dan akibatnya drop tegangan $I Z$ juga semakin besar ; dengan demikian V_r kecil . Tegangan pelayanan diperbolehkan turun s/d 10 % dari V nominal . Dengan demikian panjang jeringan dibatasi oleh drop tegangan.



Gambar 2. Model Transmisi tenaga listrik (<http://distribusitenaga.blogspot.co.id/2013/11/01/archive.html>, diakses pada tanggal 11 maret 2016)

Agar V_r memenuhi standar maka sebaiknya semakin panjang transmisi, tegangan transmisi dinaikkan. Output dari Generator di pembangkit (pembangkit besar) bertegangan s/d tegangan menengah di naikkan tegangannya menjadi tegangan tinggi (150 kV)/ekstra tinggi (500 kV) dengan menggunakan Trafo Step Up. Tegangan Transmisi ini diterima oleh Trafo GI (Trafo Step Down) dan diturunkan dari 150 kV menjadi 20 kV, 500 kV menjadi 150 kV dan ada juga dari 500 kV menjadi 20 kV. Penghantar transmisi terbuat dari ACSR dan Isolatornya terbuat dari Porselin dan menaranya konstruksi besi/baja dan di kota tertentu menggunakan Kabel tanah (150 kV). Transmisi dari Jawa ke Madura dan dari Jawa ke Bali menggunakan Kabel laut 150 kV 50 Hz. Rencananya Transmisi interkoneksi Sumatera (P3B Sumatera) bertegangan 275 kV, 50 Hz.



Gambar 3. Sistem Transmisi 150 kV/20 kV (<http://distribusitenaga.blogspot.co.id/2013/11/01/archive.html>, diakses pada tanggal 11 maret 2016)

B. Sistem proteksi

Proteksi adalah pengaman pada sistem tenaga listrik yang dipergunakan untuk mengamankan sistem tenaga listrik yang terganggu dengan sistem tenaga listrik yang tidak terganggu, sehingga sistem kelistrikan yang tidak terganggu dapat terus mengalirkan arus ke beban. (Sarimun 2012:1)

i. Prinsip Dasar Proteksi

Dalam suatu daerah proteksi, pada umumnya terdapat sistem proteksi yang berfungsi sebagai proteksi utama (*main protection*) dan yang berfungsi sebagai proteksi cadangan (*back-up protection*). Proteksi utama (*main protection*) adalah sistem proteksi yang pertama-tama bereaksi apabila terjadi gangguan didalam daerah proteksinya, dialah yang memerintahkan pengisoliran sistem yang terganggu, yang berada di dalam daerah proteksi tersebut dari sistem lainnya secara sempurna. Hal ini dilakukan dengan membuka PMT yang berada didalam daerah proteksinya, baik yang dialiri arus hubung singkat, maupun yang tidak dialiri arus hubung singkat.

Proteksi cadangan (*back-up protection*), adalah sistem proteksi yang harus bereaksi untuk mengisolir sistem yang terganggu tersebut, apabila proteksi utama gagal mengisolir gangguan tersebut. Dimana pengisolasian tersebut dilakukan dengan hanya membuka PMT yang dilewati oleh arus hubung singkat. Proteksi cadangan, ada yang berada pada daerah proteksi yang sama (*local back-up*), atau pada daerah proteksi lain (*remote back-up*).

ii. Fungsi dan Peranan Proteksi

Adapun fungsi dan peranan proteksi dalam sistem tenaga listrik adalah sebagai berikut (Parhusip, 2012):

- a. Mendeteksi adanya gangguan atau keadaan *abnormal* lainnya yang dapat membahayakan peralatan atau sistem.
- b. Memisahkan bagian sistem yang terganggu secepat mungkin sehingga kerusakan dibatasi seminimum mungkin dan bagian sistem lainnya tetap dapat beroperasi.

iii. Sifat-Sifat Sistem Proteksi

Agar dapat memenuhi fungsinya dengan baik, sistem proteksi harus

memiliki sifat-sifat sebagai berikut (Mudassir dan Syamsurijal, 2007):

- a. Kecepatan kerja (*work speed*)
Tujuan terpenting dari rele proteksi adalah memisahkan bagian yang terkena gangguan secepat mungkin, sehingga dapat mencegah timbulnya kerusakan yang lebih merugikan.
- b. Sensitivitas/kepekaan (*sensitivity*)
Sebuah rele proteksi harus peka, sehingga dapat merasakan dan bereaksi untuk gangguan sekecil apapun. Sensitivitas adalah kepekaan rele proteksi terhadap segala macam gangguan dengan tepat yakni gangguan yang terjadi di daerah perlindungannya.
- c. Selektivitas (*selectivity*)
Selektivitas adalah kemampuan sistem proteksi untuk mengetahui di tempatmana terjadinya gangguan dan memilih pemutus jaringan yang terdekat dari tempat gangguan untuk membuka. Sebuah rele proteksi harus cukup selektif, sehingga mampu membedakan kondisi dimana rele tersebut

harus bereaksi, memperlambat reaksinya dan tidak bereaksi sama sekali.

d. Keandalan (*reability*)

Sifat dimana pada saat rele proteksi diharapkan dengan kecepatan, kepekaan dan selektivitas yang cukup maka rele itu harus dapat berfungsi sebagaimana yang diharapkan, misalnya membuka PMT (pemutus tenaga).

e. Faktor ekonomis

Dalam perencanaan sistem proteksi, maka faktor ekonomis harus dipertimbangkan. Semakin banyak rele proteksi yang digunakan pada sistem tenaga akan menyebabkan semakin besar biaya yang dikeluarkan.

iv. Elemen Sistem Proteksi

- Transformator

Arus/Transformator Tegangan
Memberikan informasi mengenai keadaan tenaga listrik (normal atau terganggu) juga berfungsi untuk

mengisolasi bagian yang bertegangan tinggi (jaringan yang diamankan) terhadap bagian tegangan rendah (rele pengaman).

- Rele Pengaman

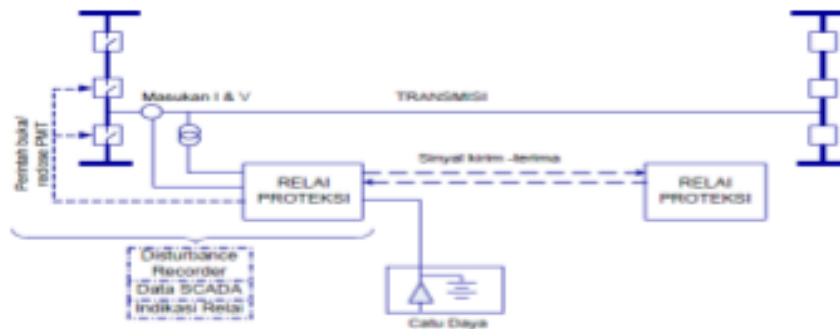
Berfungsi mendeteksi gangguan atau kondisi abnormal lainnya yang selanjutnya memberi perintah trip pada PMT.

- PMT

Berfungsi untuk menghubungkan dan memisahkan satu bagian dari jaringan yang beroperasi normal maupun jaringan yang sedang terganggu.

- *DC System Power supply*

Berfungsi untuk menyuplai daya ke rele proteksi dan PMT agar rele tersebut dapat mengolah informasi yang diterima dan memberikan perintah ke PMT yang diperlukan. Dengan *power supply* tersebut PMT dapat melaksanakan perintah yang diterima dari rele pengaman.



Gambar 4. Elemen Sistem Proteksi

v. Penyebab Kegagalan Proteksi

Kegagalan atau kelambatan kerja proteksi dapat disebabkan antara lain karena (Parhusip, 2012):

- a. Relenya telah rusak atau tidak konsisten bekerjanya.
- b. *Setting* relenya tidak benar (kurang sensitif atau kurang cepat).
- c. Baterainya lemah atau kegagalan sistem DC *supply* sehingga tidak mampu mengetriapkan PMT.
- d. Hubungan kontak kurang baik.
- e. Kemacetan mekanisme *tripping* pada PMT karena kotor, karat, patah atau meleset.
- f. Kegagalan PMT dalam memutuskan arus gangguan yang bisa disebabkan oleh arus gangguannya terlalu besar melampaui kemampuan

pemutusan atau kemampuan pemutusannya telah menurun.

- g. Kegagalan saluran komunikasi teleproteksi
- h. Trafo arus terlalu jenuh.

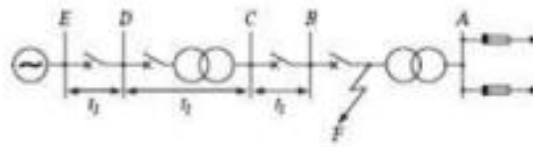
C. Koordinasi Proteksi

Untuk membuat proteksi yang handal, diperlukan sistem koordinasi yang baik, pada artikel kali ini saya akan membahas sedikit mengenai rele koordinasi.

Prinsip dasar rele koordinasi terbagi dua, yaitu :

1. Diskriminasi Waktu

Metoda ini bekerja berdasarkan waktu *setting*, sehingga rele akan bekerja jika waktu *setting* terpenuhi. Dibawah ini sistem distribusi radial sederhana untuk melihat aplikasi dari diskriminasi waktu.



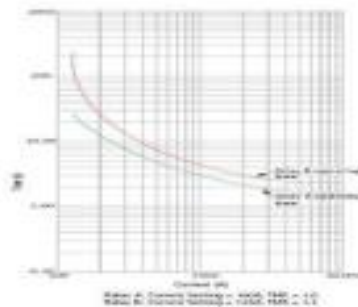
Gambar 5. koordinasi proteksi
 (<http://switchgear-system.blogspot.co.id/2010/01/proteksi-arus-lebih-dengan-koordinasi.html>, diakses tanggal 11 maret 2016)

Proteksi arus lebih terdapat pada *feeders* E, D, C, B dan A. Rele pada *feeder* B mempunyai setting waktu yang paling pendek. Ketika terjadi *fault* maka rele akan bekerja setelah waktu setting (t) terpenuhi, dan rele pada *feeder* C akan mengaktifkan waktu tundanya setelah waktu setting rele B terpenuhi. Begitu seterusnya hingga rele E. Kekurangan dari metode ini, jika terjadi gangguan di bagian terdekat dari *power source* yang memiliki arus gangguan terbesar.

2. Diskriminasi Arus

Metoda ini bekerja Berdasarkan arus, hal ini disebabkan karena besarnya arus disetiap posisi/bagian bervariasi. Sehingga dengan metoda ini, semakin besar arus gangguan yang terjadi maka *time trip* nya pun akan semakin pendek.

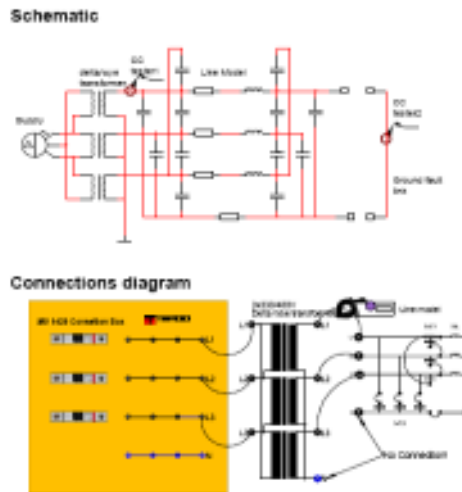
Dibawah ini merupakan kurva karakteristik diskriminasi dengan arus.



Gambar 6. Kurva karakteristik Arus
 (<http://switchgear-system.blogspot.co.id/2010/01/proteksi-arus-lebih-dengan-koordinasi.html>, diakses tanggal 11 maret 2016)

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Tegangan Menengah. Adapun tahapan-tahapan penelitiannya sebagai berikut :



Gambar 7. Skema dan diagram koneksi alat

Prosedur penelitiannya sebagai

berikut :

1. Melepaskan gangguan hubung singkat ke tanah
2. Menghidupkan sumber tenaga
3. Catat arus idle
4. Mematikan sumber tenaga
5. Memberikan gangguan hubung singkat ke tanah
6. Membaca Arus Line dan Arus ke tanah.

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

- Observasi/pengamatan langsung
- Pengambilan data dengan metode observasi (pengamatan langsung)

dilakukan dengan cara mencari data teknis secara langsung ke laboratorium. Data tersebut berupa panjang transmisi, data generator, data tegangan transmisi, dan data rele proteksi.

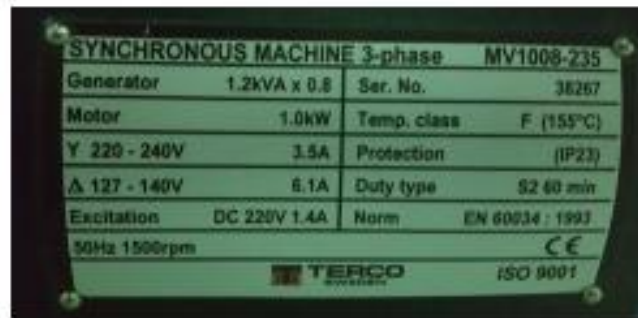
Dari data yang telah terkumpul, maka dilakukan pengelompokan data sesuai identifikasi permasalahannya sehingga diperoleh analisa dan pemecahan masalah yang efektif dan terarah. Data yang diperoleh akan dianalisa dan dihitung berapa settingan nominal rele yang bagus untuk jaringan transmisi

kemudian membuat scenario untuk melihat koordinasi proteksinya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Simulator Transmisi

Peralatan Simulator Transmisi ini, terdiri dari beberapa bagian. Bagian pertama adalah generator sinkron yang berfungsi untuk membangkitkan tegangan untuk simulator transmisi. Generator ini dikopel dengan motor sinkron yang dihubungkan ke tegangan jala-jala PLN. Motor sinkron ini berfungsi pre mover. Data sheet generator dapat dilihat pada gambar 8 dan data sheet motor dapat dilihat pada gambar 9.



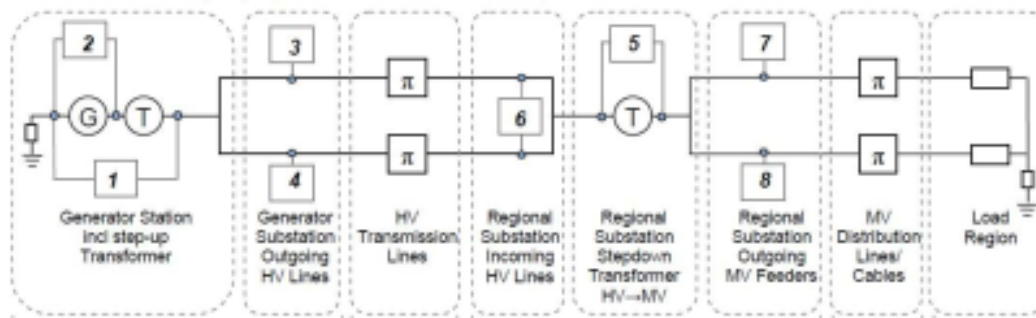
Gambar 8. data sheet generator



Gambar 9. data sheet motor

Bagian kedua adalah bagian kendali seperti pada gambar 13. bagian ini terdiri dari empat modul. Modul pertama PST2210 terdiri dari kendali generator dan transformator step-up, Synchronizing gear, Bus HV A-B, Substasiun HV keluarannya terdiri dari saluran HV 1 dan 2, Blok Transfer, panel simulator fault, Aux contactors dan proteksi. Modul kedua adalah PST2220 Stasiun Saluran Transmisi dan Distribusi terdiri dari modul saluran HV/MV OH, modul kabel saluran, dan Blok Transfer. Modul ketiga adalah PST2230

Substasiun Regional (Substasiun Penerima) yang terdiri dari Saluran Incoming HV 1 dan 2, Bus HV A-B, Transformator Stepdown (HV-MV), Bus MV A-B, Saluran Outgoing MV 1 dan 2, Blok Transfer, panel simulator fault, Aux contactors dan proteksi. Dan modul terakhir adalah PST2240 Stasiun Beban terdiri dari Beban Domestik dan Industri dan Blok Transfer. Rangkaian modulnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 10. Rangkaian modul simulator transmisi

Keterangan:

1. Generatorstation All- Over Protection (RET630).
2. Generatorstation Generator Protection (RET615).
3. Generator Substation Outgoing Line 1 Protection (REF615).
4. Generator Substation Outgoing Line 2 Protection (REF615).
5. Regional Substation Transformer Protection (RET630).
6. Regional Substation Incoming Line 1/Line 2 Protection (REF615).
7. regional Substation Feeder 1 Protection (REF615).
8. Regional Substation Feeder 2 Protection (REF615).

Adapun data sheet dari modul di atas dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. data sheet modul simulator transmisi

Turbin/ generator / transformator step-up (Stasiun generator)	<ol style="list-style-type: none"> 1. DC-machine 2.0kW, simulasi turbin 2. Generator sinkron 4 kutub, 1.2kVA, cos phi 0.8 3. Rectifier Statikuntuk kontrol kecepatan / W 4. unit PWM untuk kontrol tegangan / VAR 5. Transformator Step-up Delta/Y 230/400V, 2.0kVA
Substasiun transformator Step-down	Y-Delta-Y: 400/230/400, 4.0kVA
Data Generator	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tegangan nominal 3 x 230 v 2. Arus nominal 3,5 A 3. Frekuensi 50/60 hz 4. Kecepatan 1500/1800 rpm 5. Reaktansi sinkron 97 % 6. Reaktansi transien 17 % 7. Reaktansi subtransien 8 %
Saluran transmisi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dua HV sambungan phi, 230 kV, 110 MVA, 100 km 2. Satu MV sambungan phi, 70 kV, 50 MVA, 50 km 3. Dua MV sambungan phi, 35 kV, 20 MVA, 30 km 4. Satu OH Distribusi sambungan phi 11 kV, 5 MVA, 5 km 5. Satu kabel Distribusi sambungan phi 11 kV, 5 MVA, 5 km

Grup beban 1 fasa	1. Resistif 6 x 100 watt 2. Kapasitif 6 x 100 VAr 3. Induktif 6 x 140 VAr
Bank beban 3 fasa yang dikontrol sebanyak 13 step	1. Resistif 13 x 300 watt 2. Kapasitif 13 x 300 VAr 3. Induktif 13 x 300 VAr 4. Motor induksi dengan pengereman flywheel dan mekanikal 0.25 kW

3.2 Data Existing

1. Sisi generator dan Trafo (back up protection)
 - Rele overcurrent type ABB RET630
 - ratio CT 2 : 1
2. Sisi transmisi (main protection)
 - Rele overcurrent type ABB REF615
 - ratio CT 2 : 1

Penentuan Setting Arus Dan Waktu

1. Sisi generator dan trafo (back up protection)

Rele overcurrent type ABB RET630

$I_{sc} = 1.2 \text{ A}$

Ratio CT = 2 : 1

$$FLA = \frac{VA}{\sqrt{3}V} = \frac{1200}{\sqrt{3} \times 220} = 3.15 \text{ A}$$

Setting Arus ($I>$)

$I_{set} < 0.8 \times I_{sc}$

$I_{set} < 0.8 \times \frac{1.2}{2} I_n$

$I_{set} < 0.48 I_n$

Dipilih $I_{set} = 0.15 I_n$

Time delay = $0.1 + \Delta t = 0.1 + 0.3 = 0.4 \text{ sekon}$

2. Sisi transmisi (main protection)

Rele overcurrent type ABB REF615

$I_{sc} = 1.2 \text{ A}$

Ratio CT = 2 : 1

$$FLA = \frac{VA}{\sqrt{3}V} = \frac{1200}{\sqrt{3} \times 220} = 3.15 A$$

Setting Arus (I>)

$$I_{set} < 0.8 \times I_{sc}$$

$$I_{set} < 0.8 \times \frac{I_n}{2}$$

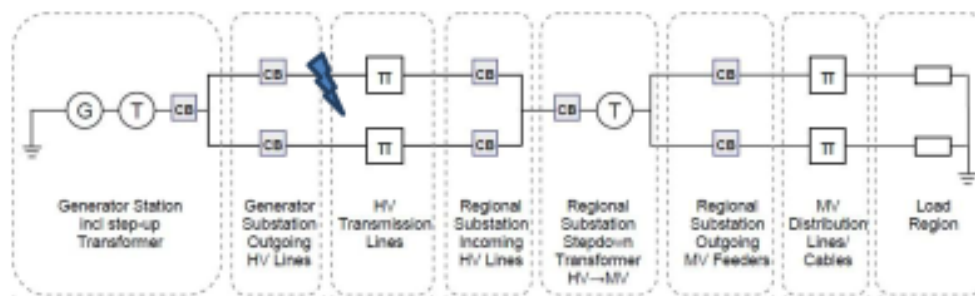
$$I_{set} < 0.48 I_n$$

Dipilih Iset = 0.15 In

$$\text{Time delay} = 0.1 + \Delta t = 0.1 + 0.3 = 0.4 \text{ sekon}$$

3.3. Koordinasi Proteksi

Gangguan diberikan pada sisi transmisi. Gangguan yang diberikan adalah gangguan satu fasa ke tanah. Relay utama yang merespon adalah Over Current Relay (OCR). Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar 5.4. Secara garis besar, pada kasus ini, ada dua acara membuat koordinasi proteksi. Pertama, time delay proteksi utama lebih lambat disbanding time delay proteksi cadangan. Kedua, proteksi utama dinyalakan dan proteksi cadangan dimatikan atau proteksi utama dimatikan dan proteksi cadangan dinyalakan.



Gambar 11. gangguan yang diberikan pada modul

Percobaan ini menghasilkan enam scenario.

Enam scenario tersebut adalah

1. Skenario pertama setting arus relai OCR RET630 0.15 A dan setting operate time delay 0.4 detik sedangkan setting arus relai OCR REF6150.15 A

dan setting operate time delay 0.4 detik. Relai OCR RET630 (proteksi cadangan) dan relai OCR REF615 (proteksi utama) aktif kemudian diberi gangguan sebesar 0.329 A, main proteksi REF615 trip dalam waktu 0.4 detik.

2. Skenario pertama relai OCR RET630 tidak aktif (rele dianggap gagal trip) dan relai OCR REF615 aktif dengan settingan arus dan waktu yang sama dengan scenario pertama kemudian diberi gangguan pada salah satu saluran sebesar 0.329 A, main proteksi REF615 trip dalam waktu 0.4 detik.

3. Relai OCR REF615 dinonaktifkan, rele ini dianggap gagal trip. Kemudian Diberi gangguan pada salah satu fasa sebesar 0.329 A, RET630 dengan settingan arus dan waktu yang sama dengan scenario pertama yang berfungsi sebagai backup proteksi, trip dalam waktu 0.5 detik. Respon trip lebih lambat dari main proteksi.

4. Relai OCR RET630 dan REF615 aktif tetapi setting waktu REF615 0.5 detik dan setting waktu RET630 0.4 detik kemudian diberi gangguan sebesar 0.329 A, backup proteksi RET630 trip dalam waktu 0.4 detik.

5. Relai OCR RET630 dan REF615 aktif tetapi setting arus REF615 0.16 A

dan setting arus RET630 0.15 A kemudian diberi gangguan sebesar 0,329 detik, backup proteksi RET630 trip.

6. Relai OCR RET630 dan REF615 aktif tetapi setting arus REF615 0.15 A dan setting arus RET630 0.16 A kemudian diberi gangguan sebesar 0,329 detik, main proteksi REF615 trip.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Percobaan yang dilakukan menghasilkan enam scenario koordinasi proteksi. Skenario pertama dengan settingan arus yang sama tapi setting waktu relai OCR REF615 lebih cepat, relai OCR REF615 (main proteksi) yang bekerja. Scenario kedua, back up proteksi dinonaktifkan dan main proteksi diaktifkan, relai OCR REF615 (main proteksi) yang bekerja. Sebaliknya, skenario ketiga main proteksi dinonaktifkan dan back up proteksi diaktifkan, relai OCR RET630 (back up proteksi) yang bekerja. Scenario keempat, setting waktu OCR REF615 (main proteksi) lebih cepat daripada relai OCR RET630 (back up proteksi), relai OCR REF615 (main proteksi) yang bekerja. Scenario lima, setting arus OCR REF615 (main

proteksi) lebih besar daripada relai OCR RET630 (back up proteksi), relai OCR RET630 (back up proteksi) yang bekerja. Sebaliknya, Scenario enam, setting arus OCR REF615 (main proteksi) lebih kecil daripada relai OCR RET630 (back up proteksi), relai OCR REF615 (main proteksi) yang bekerja.

4.2.Saran

Untuk percobaan berikutnya disarankan untuk mencoba menggunakan relai yang lain seperti differential relay kemudian diberikan gangguan phasa to phasa.

DAFTAR PUSTAKA

http://distribusitenaga.blogspot.co.id/2013_1_01_archive.html, diakses pada 11 maret 2016

<http://docplayer.info/278434-Pengantar-operasi-sistem-tenaga-listrik->

toto_sukisno-umy-ac-id.html, diakses pada tanggal 11 maret 2016

<http://switchgear-system.blogspot.co.id/2010/01/proteksi-arus-lebih-dengan-koordinasi.html>, diakses tanggal 11 maret 2016

- Pandjaitan, Bonar. 2012. *Praktik-praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta.
- Terco. 2014. *Power System and Transmission Simulator Manual Book*. Swedia.
- Stevenson, William D, Jr. 1994. *Analisis Sistem Tenaga Listrik Edisi-4*. Jakarta : Erlangga.
- Tanyadji, Sonny dan Sarma Thaha. 2015. *Sistem Proteksi Tenaga Listrik*. Makassar: Inimnawa.