

ITEKS**Intuisi Teknologi Dan Seni**

Analisa Koordinasi *Relay* Proteksi Dengan *Recloser* Pada Penyulang Purbalingga 05 Di PT. PLN (Persero) Rayon Purbalingga

Fitrizawati², Siswanto Nurhadiyono³ Muhammad Imron¹

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo
Jln. Semangir No. 1 Purwokerto 53132 Indonesia

email : fitrizawati@gmail.com¹

Abstraksi

Sistem proteksi pada saluran distribusi mempunyai peranan sangat penting untuk menjamin kontinuitas dan keandalan sistem penyaluran tenaga listrik. Untuk mengurangi dampak saat terjadi gangguan dalam proses penyaluran tenaga listrik berupa gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, antar fasa, dua fasa ke tanah, tiga fasa, dan tiga fasa ke tanah, diperlukan peralatan proteksi yang dapat berkoordinasi dengan baik sesuai dengan standar. Kegagalan koordinasi menyebabkan terganggunya sistem penyaluran tenaga listrik yang merugikan konsumen maupun pihak PLN. Seperti yang terjadi pada *Relay* PMT penyulang PBG05 dengan *Recloser* PBG05.062. Akibat *setting* yang belum tepat pada setelan arus kerja (*Iset*) *Relay* GFR pada PMT (2580 A) dengan *instantaneous* OCR (1200 A) pada *Recloser* dan *instantaneous* GFR (900 A). Berdasarkan analisa dengan software ETAP v12.6.0 didapat hasil berupa grafik koordinasi kerja antara PMT PBG 05 dengan *Recloser* PBG 05.062 terdapat perpotongan yang menyebabkan kegagalan koordinasi kerja. Perpotongan kurva *setting* dan perbedaan sensitivitas kerja dari pengaman mengakibatkan kegagalan koordinasi saat terjadi gangguan. Setelah dilakukan perubahan konfigurasi jaringan dengan pelimpahan sebagian jaringan ke penyulang lain serta penyetelan ulang pada *Relay Recloser* didapatkan hasil koordinasi yang lebih baik dan sesuai standar. Pengecekan setelan proteksi secara berkala dengan analisa koordinasi dan disesuaikan dengan perubahan konfigurasi serta penambahan beban perlu dilakukan agar tidak terjadi kegagalan koordinasi.

Kata Kunci : arus hubung singkat, *Relay* arus lebih, koordinasi

1. Pendahuluan

Keandalan sistem tenaga listrik dan kontinuitas penyaluran energi listrik efeknya dirasakan secara langsung oleh konsumen listrik^[1]. Suatu sistem tenaga listrik dapat dikatakan memiliki nilai keandalan yang tinggi apabila mampu memenuhi pasokan listrik yang dibutuhkan konsumen secara kontinyu atau terus – menerus dengan kualitas daya yang baik atau sesuai dengan standar maupun regulasi yang ditetapkan oleh perusahaan penyedia jasa kelistrikan^[2]. Banyak permasalahan yang dihadapi oleh suatu sistem tenaga listrik dalam upayanya mendistribusikan energi listrik secara kontinyu dengan kualitas dayanya sesuai dengan standar yang ditetapkan. Hal ini disebabkan karena semakin besar suatu sistem menyebabkan semakin kompleks jaringan dan beban yang ada^[3]. Terjadinya banyak gangguan dari dalam sistem sangat mungkin terjadi, bahkan dimungkinkan terjadinya padam listrik baik secara temporer maupun permanen. Gangguan yang sering terjadi pada sistem distribusi adalah gangguan hubung singkat^[4]. Peralatan proteksi yang terpasang tersebut meliputi : Pemutus Tenaga (PMT), Penutup Balik Otomatis (PBO) atau *Recloser*, Sakelar Seksi Otomatis (SSO), *Arrester*^[5].

ITEKS**Intuisi Teknologi Dan Seni**

=====

Peralatan proteksi harus dapat bekerja dengan baik dan terintegrasi. Dalam keadaan normal, tidak terdapat gangguan peralatan proteksi tidak bekerja. Jika terdapat gangguan maka peralatan proteksi harus bekerja sesuai dengan fungsinya dan daerah pengamanannya masing-masing^[6]. Jika salah satu peralatan proteksi gagal bekerja, maka sistem proteksi akan gagal bekerja. Untuk mencegah kegagalan kerja dalam sistem proteksi diperlukan penelitian terhadap kerja peralatan proteksi pada sistem tenaga listrik tersebut. Proteksi adalah pengamanan listrik pada sistem tenaga listrik pada sistem tenaga listrik yang terpasang pada sistem distribusi tenaga listrik, trafo tenaga, transmisi tenaga listrik dan generator listrik dipergunakan untuk mengamankan sistem tenaga listrik dari gangguan listrik maupun beban lebih, dengan cara memisahkan bagian sistem tenaga listrik yang terganggu dengan sistem tenaga listrik yang tidak terganggu, sehingga sistem kelistrikan yang tidak terganggu dapat terus bekerja (mengalirkan arus ke beban). Jadi pada hakekatnya pengamanan pada sistem tenaga listrik mengamankan seluruh sistem tenaga listrik, supaya keandalan tetap terjaga^[7].

Operasi pemutus rangkaian dikendalikan oleh *relay* yang merasakan adanya gangguan. Dalam penerapan *relay* daerah (zone) pengamanan ditentukan untuk mendefinisikan bagian-bagian sistem yang menjadi tanggungjawab berbagai *relay*. Suatu *relay* juga akan mendukung *relay* yang lain dalam daerah bersebelahan atau daerah-daerah dimana gangguan terjadi dan *relay* pada daerah yang bersebelahan itu gagal bekerja^[8]. Daya listrik selalu akan mengalir menuju beban, karena itu dalam hal ini aliran daya merupakan aliran beban. Pada dasarnya beban dapat digolongkan menjadi dua macam yaitu beban statis dan beban berputar (dinamis). Beban-beban ini dapat direpresentasikan sebagai impedansi tetap Z , sebagai daya yang tetap S , tegangan (V) ataupun arus (I) yang tetap, tetapi yang lazim pembebanan dipilih menggunakan tegangan konstan^[9].

Gangguan hubung singkat meliputi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, antar fasa, dua fasa ke tanah, tiga fasa, dan tiga fasa ke tanah. Dampak yang diakibatkan dari gangguan tersebut adalah dapat memperpendek usia peralatan-peralatan pada sistem tenaga listrik. Untuk itu sistem pendistribusian tenaga listrik perlu dilengkapi dengan sistem proteksi yang memiliki keandalan yang baik guna menyelamatkan manusia, sistem dan lingkungan^[10].

2. Metode Penelitian**A. Waktu dan Lokasi Penelitian**

Kegiatan penelitian tentang Koordinasi Relay Proteksi Dengan Recloser Pada Penyulang Purbalingga 05. Penelitian dilakukan di area kerja PT. PLN (Persero) Rayon Purbalingga, lebih khusus di jalur penyulang Purbalingga 05 (PBG05).

B. Alat dan Bahan Penelitian**1. Alat Penelitian**

- a. Laptop Asus seri K43SJ Intel Pentium CPU 2.10 GHz RAM 4GB OS.Windows 7 Ultimate 32-bit
- b. Alat tulis
- c. Kamera Digital
- d. Printer
- e. Teropong
- f. Software ETAP versi 12.6.0

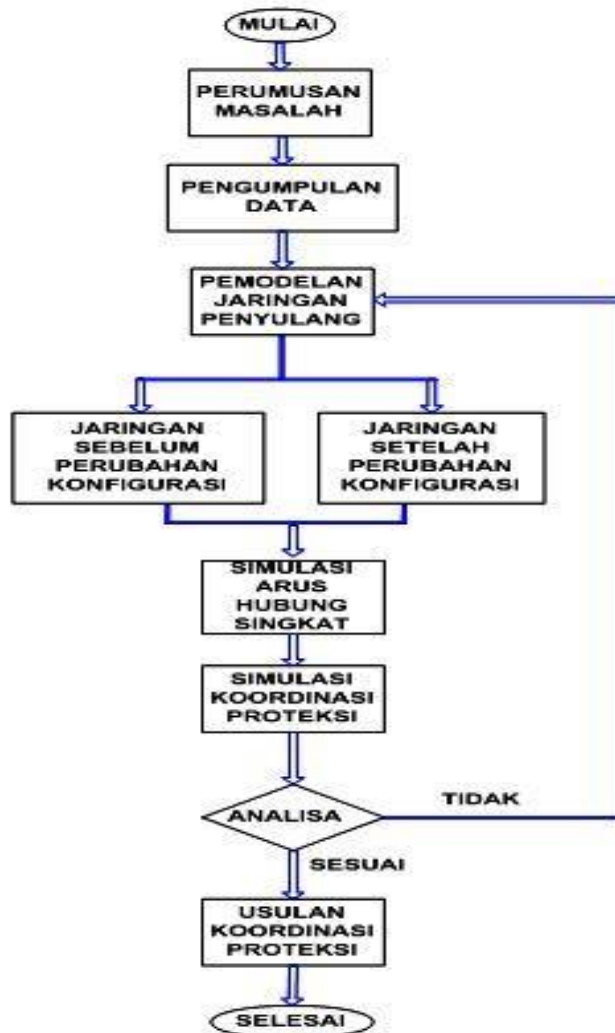
2. Bahan Penelitian

- a. Buku referensi, makalah-makalah, artikel, internet yang terkait dengan judul.
- b. Diagram satu garis jaringan 20 kV penyulang Purbalingga 05
- c. Data *Zone* dan *Section* penyulang PBG05
- d. Data beban penyulang
- e. Data *setting* PMT dan *Recloser* 20 KV
- f. Data Jenis Penghantar

ITEKS

Intuisi Teknologi Dan Seni

2.2 . Diagram Alir Penelitian



Gambar 2.1. Diagram alur penelitian

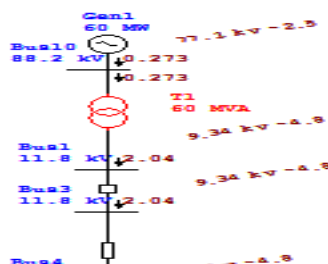
3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh terjadinya kegagalan koordinasi antara *Recloser* PBG05.062 dengan PMT PBG05, gangguan yang berada pada daerah proteksi *recloser* mengakibatkan PMT dan *recloser* *lockout* / trip bersamaan. Analisa dilakukan dengan membandingkan kondisi jaringan saat terjadi gangguan dengan kondisi setelah dilakukan perubahan konfigurasi menggunakan simulasi pada *software* ETAP versi 12.6.0.

A. Pemodelan penyulang Sebelum Perubahan Konfigurasi

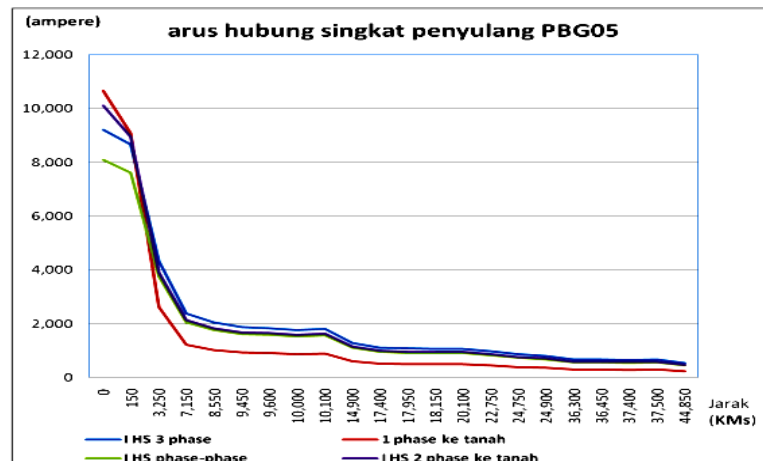
1. Menggambarkan pemodelan jaringan penyulang PBG05
2. Memasukkan data masing-masing komponen AC sesuai data yang ada.
3. Simulasi Arus Hubung Singkat

Setelah pemodelan jaringan digambarkan pada Etap dan dilakukan simulasi gangguan yang pernah terjadi di PBG05.168 didapatkan hasil simulasi arus hubung singkat berikut.



Gambar 3.1. Hubung singkat yang terjadi pada bus 207

Dari hasil Etap didapat nilai arus hubung singkat pada bus 207 sebesar **2,044 kA** untuk hubung singkat 3 fasa dan 1,845 kA pada 2 fasa tanah serta terjadi penurunan tegangan menjadi 0 kV. Bus 137 merupakan posisi gangguan penyebab kegagalan koordinasi PMT PBG05 dan *recloser* . Setelah dilakukan simulasi gangguan dalam berbagai skenario dapat ditampilkan dalam grafik pada gambar 7 berikut.



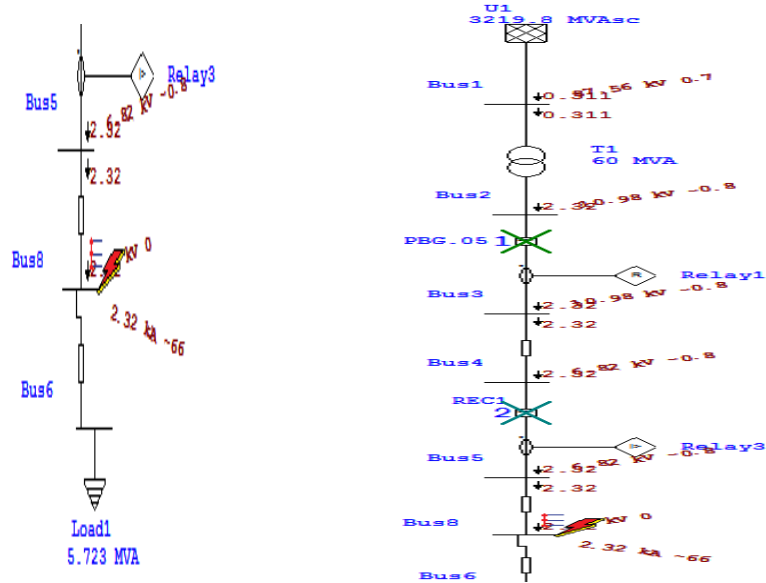
Gambar 3.2. Hubung singkat yang terjadi pada bus 207

Pada grafik dapat dilihat nilai arus gangguan hubung singkat pada jarak 7 % panjang jaringan sangat besar, dengan kondisi yang demikian perlu dicermati dalam pengaturan koordinasi *relay* OCR dan GFR.

ITEKS

Intuisi Teknologi Dan Seni

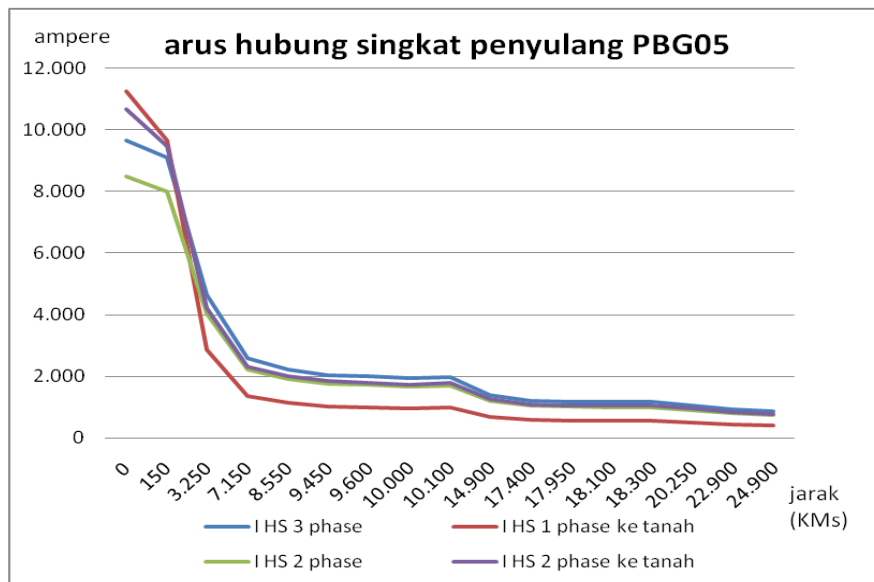
4. Simulasi Koordinasi Proteksi Antara *Recloser* dan *Relay* PMT



Gambar 3.3. Hubung singkat yang terjadi pada bus 207

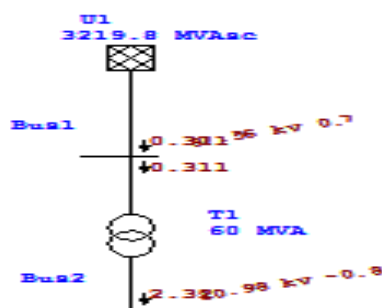
B. Pemodelan penyulang Setelah Perubahan Konfigurasi

1. Setelah dilakukan pemodelan jaringan dan dilakukan simulasi gangguan dengan berbagai skenario didapatkan nilai arus hubung singkat pada setiap *Bus*, seperti digambarkan pada gambar 8 berikut.



Gambar 3.4. Grafik Arus Hubung Singkat Setelah rekonfigurasi

2. Melakukan simulasi koordinasi proteksi sesuai pemodelan jaringan yang baru.



Gambar 3.5. Simulasi Koordinasi produksi setelah rekonfigurasi**3.2. Pembahasan**

Berdasarkan Analisa yang telah dilakukan disertai perhitungan TMS untuk kurva pemutusan PMT dan *Recloser* didapatkan hasil koordinasi pada setelan OCR sudah sesuai, sedangkan pada setelan GFR terjadi perpotongan kurva. Analisa GFR sebagai berikut .

Data setelan *Relay* gangguan tanah pada *Recloser* PBG 05 adalah *Time Multiple Setting* (TMS) 0.7, I set sekunder 1.8 A, Ratio CT 500/1, dan arus gangguan fasa ke tanah dengan asumsi gangguan dengan lokasi yang sama yaitu pada 8.5 km panjang penyulang dengan arus sebesar 1845 A sesuai dengan hasil analisa ETAP.

Besarnya arus gangguan di sisi sekunder trafo arus (CT) sebagai berikut.

$$I_{HS \text{ sekunder}} = \frac{I_{HS \text{ primer}}}{\frac{600}{1}} = \frac{1845}{\frac{600}{1}} = 3,075 \text{ A}$$

Pada saat sekunder trafo arus (CT) merasakan arus melebihi 0,4 A pada sisi sekundernya, *Relay* gangguan tanah akan bekerja dan PMT akan trip. Jika *Relay* disetel dengan TMS 0,3 dan sekunder trafo arus (CT) merasakan arus sebesar 3,075 A, maka *Relay* bekerja dengan waktu :

$$tk = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_{HS}}{I_s}\right)^{0,02} - 1} \quad (\text{standar inverse})$$

ITEKS**Intuisi Teknologi Dan Seni**

$$= \frac{0,14 \cdot 0,3}{\left(\frac{3,075}{0,4}\right)^{0,02} - 1} = 1.00875 \text{ detik}$$

Untuk setelan *highset 1* dengan karakteristik *definite* sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Highset I primer (Io>>)} &= \text{Ratio CT. I}_{\text{set sekunder}} \\ &= 600/1 \cdot 4,3 \\ &= 2580 \text{ A} \end{aligned}$$

Setelan karakteristik *definite* tersebut memiliki waktu tunda *Relay* bekerja selama 0,3 detik. Sementara untuk setelan *highset 2* dengan karakteristik *instantaneous* sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Highset II primer (Io>>>)} &= \text{Ratio CT. I}_{\text{set sekunder}} \\ &= 600/1 \cdot 8,65 \\ &= 5190 \text{ A} \end{aligned}$$

Penutup Balik Otomatis (*Recloser*) PBG 05.062 yang terpasang *existing* pada 3,72 km / 13,12 % dari panjang penyulang memiliki spesifikasi *Relay* gangguan tanah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Rasio CT} &= 500 / 1 \\ \text{I}_{\text{HS 1ø ke tanah terkecil}} &= 583 \text{ A} \\ \text{TMS} &= 0,7 \text{ detik} \end{aligned}$$

Arus kerja pada sisi primer CT adalah:

$$\text{I}_{\text{setGFR primer (Io>)}} = 140 \text{ A}$$

Arus kerja pada sisi sekunder CT adalah:

$$\begin{aligned} \text{I}_{\text{setGFR sekunder}} &= \frac{\text{I}_{\text{setGFR primer}}}{500/1} \\ &= \frac{140}{500/1} \\ &= 0,28 \text{ A} \end{aligned}$$

Jika besarnya arus gangguan diasumsikan sama seperti di PMT sebesar 1845A sesuai tabel 4.4 pada sisi primer trafo arus (CT), maka besarnya arus gangguan di sisi sekunder trafo arus (CT) sebagai berikut :

$$\text{I}_{\text{HS sekunder}} = \frac{\text{I}_{\text{HS}}}{500/1} = \frac{1845}{500/1} = 3.69 \text{ A}$$

Pada saat sekunder trafo arus (CT) merasakan arus melebihi 0,28 A pada sisi sekundernya, *Relay* gangguan tanah akan bekerja dan *Recloser* akan trip. Jika *Relay* disetel dengan TMS 0,7 dan sekunder trafo arus (CT) merasakan arus sebesar 3,69 A, maka *Relay* bekerja dengan waktu :

$$\text{Tk} = \frac{0,14 \cdot \text{TMS}}{\left(\frac{\text{I}_{\text{hs}}}{\text{I}_s}\right)^{0,02} - 1} = \frac{0,14 \cdot 0,7}{\left(\frac{3,69}{0,28}\right)^{0,02} - 1} = 1.85 \text{ detik}$$

Sementara untuk setelan *instantaneous trip* sebagai berikut

$$\text{Io>> I}_{\text{set primer}} = 900 \text{ A}$$

Berdasarkan perhitungan setelan *Relay* gangguan tanah (GFR) antara PMT PBG 05 dengan REC PBG 05.062 sudah benar terdapat selisih waktu antara *Relay* gangguan tanah pada kedua peralatan tersebut. Waktu kerja *Relay* gangguan tanah antara PMT PBG 05 dengan *Recloser* PBG05.062 dapat dilihat sesuai dengan tabel 2.

ITEKS

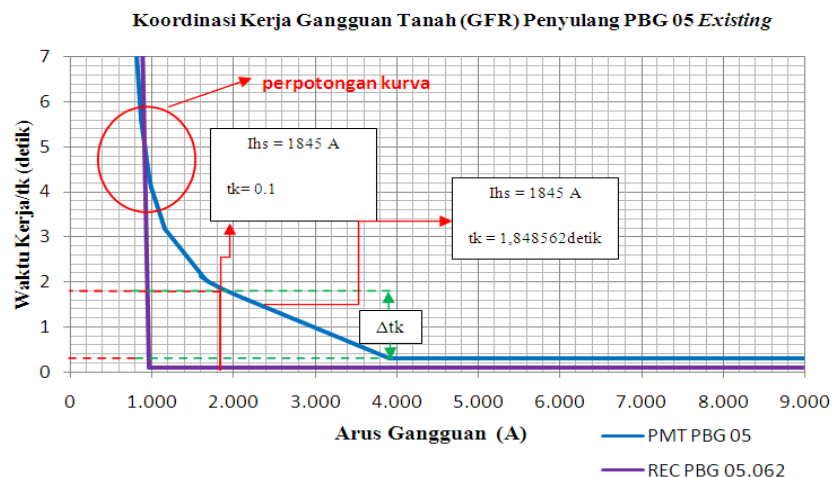
Intuisi Teknologi Dan Seni

=====

Tabel 3.1. Waktu Kerja *Relay* Gangguan Tanah Antara PMT PBG 05 dengan REC PBG05.062 Sebelum Perubahan Konfigurasi

Arus Gangguan (Ampere)	PMT PBG 05 (Detik)	RECLOSER PBG 05.062 (Detik)
10112	0,30	0,10
8944	0,30	0,10
3915	0,30	0,10
2145	1,63	0,10
1845	1,85	0,10
1692	2,00	0,10
1655	2,05	0,10
1597	2,12	0,10
1640	2,07	0,10
1156	3,18	0,10
1000	4,09	0,10
971	4,34	0,10
872	5,60	8,76
775	8,18	11,13
582	69,00	32,22
483	10,00	142,00

Sesuai dari tabel 2, ketika terjadi arus gangguan hubung singkat sebesar 1845A *Relay* gangguan tanah pada PMT PBG 05 bekerja dengan waktu 1,848562detik dan pada *Recloser*PBG05.062 bekerja dengan waktu 0,1 detik. Dari kerja waktu kedua peralatan tersebut memiliki selisih waktu kerja (Δtk) sebesar 1,748562 detik. Besarnya waktu kerja *Relay* gangguan tanah penyulang PBG 05 yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada gambar 11.



Gambar 3.6 Grafik Koordinasi Waktu Kerja *Relay* Gangguan Tanah

Penyulang PBG 05 Sebelum perubahan konfigurasiDapat dilihat pada tabel 2, pada saat terjadi arus gangguan hubung singkat sebesar 1845 A selisih waktu kerja arus lebih antara PMT PBG 05 dan *Recloser*PBG05.062 sebesar 1,748562 detik. Akan tetapi jika terdapat arus gangguan hubung singkat dibawah 1000A terjadi perpotongan kurva antara PMT PBG 05 dan *Recloser*PBG05.062 sebesar 1,6616 detik. Hal ini berakibat terjadinya *lockout*

ITEKS**Intuisi Teknologi Dan Seni**

atau terjadi trip secara bersamaan antara *Recloser* dan PMT pada saat terjadi arus hubung singkat fasa tanah sebesar 800 A sampai dengan 900 A.

Berdasarkan hasil analisa dapat diketahui bahwa setelan *relay* gangguan tanah pada *recloser* PBG05.062 masih belum sesuai dan perlu dilakukan penyetelan ulang. Nilai setting waktu kerja 0,7 terlalu tinggi jika dibandingkan dengan setelan pada relay PMT 0.3 sehingga apabila terjadi gangguan PMT PBG05 akan *lockout* / trip terlebih dahulu.

4. Kesimpulan dan saran**4.1. Kesimpulan**

Dengan menggunakan software ETAP versi 12.6.0 untuk Penyulang diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Besarnya arus hubung singkat di beberapa lokasi gangguan berbeda-beda. Semakin jauh dari hulu penyulang semakin kecil arus gangguan hubung singkat yang terjadi. Hal ini dipengaruhi oleh besarnya impedansi saluran di setiap lokasi yang berbeda-beda.
- Hasil dari analisis dapat diketahui bahwa setelan untuk *relay* gangguan tanah (GFR) baik pada peralatan PMT PBG 05 ataupun *Recloser* PBG05.062 belum tepat. Apabila dilihat dari grafik kerja *relay* gangguan tanah (GFR) terdapat perpotongan grafik yang dapat menyebabkan kegagalan koordinasi kerja antara PMT PBG 05 dengan *Recloser* PBG05.062, *setting* TMS yang terlalu besar (0,7) membuat waktu pemutusan untuk nilai arus gangguan fasa ketanah menjadi lama sehingga terjadi perpotongan pada kurva kerja PMT dan *recloser*.
- Dengan adanya perubahan konfigurasi dan penyetelan ulang *recloser* menjadikan peningkatan keandalan dari jaringan penyulang PBG05, dengan indikator penurunan jumlah gangguan penyulang. Selain daripada itu juga pembebanan lebih ringan dari 285 A menjadi 254 A, serta memberikan andil terhadap penurunan susut teknis.
- Dengan nilai arus hubung singkat berdasarkan hasil analisa ETAP jika dibandingkan dengan *setting* dari *relay* proteksi PMT dan *recloser* sudah tidak sesuai lagi, Perlu dilakukan *setting* koordinasi ulang pada *relay* arus lebih (OCR) maupun *relay* gangguan tanah (GFR), sehingga PMT PBG 05 dan PBO PBG 05.062 dapat bekerja untuk memisahkan sistem yang mengalami gangguan walaupun sekecil mungkin sesuai dengan kawasan pengamanannya.

4.2. Saran

Dari pembahasan terdapat beberapa saran yang bersifat membangun untuk beberapa pihak demi kemajuan dimasa yang akan mendatang, berikut saran yang diberikan :

- Sebaiknya dilakukan penyetelan ulang secara berkala pada setelan *relay* proteksi PMT dan *recloser* dengan dilakukan penyesuaian dengan arus hubung singkat pada PMT dan *recloser* sesuai dengan analisa yang telah dilakukan
- Penyetelan *relay* pengaman harus dihitung dan dilakukan analisa agar koordinasi pengaman dapat berjalan baik. Pemilihan waktu kerja yang tepat Pada suatu *relay* agar dapat berkoordinasi dengan baik antar peralatan pengaman dan tidak bekerja secara bersamaan ketika terjadi gangguan.
- Selain dilakukan evaluasi terhadap setelan pada peralatan pengaman, sebaiknya juga dilakukan pengecekan dan pengujian terhadap komponen-komponennya seperti DC *supply*, *current transformer* (CT), *relay*, dan kontak-kontak. Hal ini perlu dilakukan untuk mengurangi terjadinya gagal koordinasi antar peralatan pengaman yang diakibatkan selain karena setelan peralatan tersebut.
- Diusulkan untuk penambahan unit *recloser* yang baru untuk memperpendek wilayah proteksi, dengan demikian diharapkan akan mempermudah dalam pemeliharaan serta meningkatkan keandalan jaringan.

ITEKS

Intuisi Teknologi Dan Seni

=====

5. Referensi

- [1] PT. PLN (Persero) Jasa Pendidikan dan Pelatihan, 2008, *Sistem Distribusi Tenaga Listrik* PT. PLN (Persero): Jakarta.
- [2] Komari,(2003),*Proteksi Sistem Tenaga Listrik Filosofi, Strategi, dan Analisa Untuk Peningkatan Keandalan*, PT PLN (Persero) Jasa Pendidikan dan Pelatihan.
- [3] M. Weedy , B.DanJ. Cory, B, 1998, *.Electric Power Systems fourth edition*,Wiley : United State of America.
- [4] PLN Diklat 1998, *Supervisi Relai Proteksi Jaringan Tegangan Menengah* pada PT PLN (Persero) Jasa Pendidikan dan Pelatihan.
- [5] Marsudi, Djiteng Marsudi, 2006, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Graha Ilmu : Jakarta.
- [6] Pandjaitan, Bona, 2012, *Praktik-Praktik Proteksi Tenaga Listrik*. Yogyakarta.
- [7] Sarimun, Wahyudi, 2012, *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Garamond : Bekasi Barat.
- [8] Stevenson, William D, *Analisis Sistem Tenaga Listrik*.Ngupil, Erlangga: Jakarta.
- [9] Sulasno, 1993, *Analisa Sistem Tenaga Listrik*, Satya Wacana: Semarang.
- [10] Suswanto, Daman, 2009, *1Sistem Distribusi Tenaga Listrik* Universitas Negeri Padang: Padang.