

ANALISIS GANGGUAN ANTAR FASA PROTEKSI OCR/GFR
INCOMING DAN PENYULANG BAY TRAF0 I 16 MVA
DI APP SALATIGA GARDU INDUK 150 KV WADASLINTANG

Muhammad Wahid Ihsan Nuri¹, Wiwik Handajadi², Muhammad Suyanto³

¹Mahasiswa, ²Pembimbing 1, dan ³Pembimbing 2

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Jl. Kalisahak 28 Komplek Balapan Tromol Pos 45 Yogyakarta 55222

Telp. (0274)563029 E-mail : wahid15ikhsan@gmail.com

INTISARI

Sistem proteksi tenaga listrik sangatlah penting untuk mengantisipasi apabila terjadi gangguan. Maka dalam setiap sistem tenaga listrik pasti dibutuhkan peralatan relai proteksi. Dengan adanya relai proteksi yang terpasang dalam sistem tenaga listrik diharapkan dapat mendeteksi adanya gangguan yang dapat membahayakan peralatan sistem tenaga listrik yang kemudian memerintahkan PMT untuk bekerja, sehingga sistem dan peralatan tidak rusak akibat gangguan.

Dalam suatu kasus, terjadi suatu gangguan kegagalan proteksi yang menyebabkan relai pada penyulang walin 2 dan relai pada *incoming* bekerja. Berdasarkan *record* data OCR penyulang walin 2, arus gangguan fasa R = 2276 A relai bekerja dalam waktu 0,797 s, dan arus gangguan fasa S = 2159 A relai bekerja dalam waktu 0,826 s. Sedangkan *record* OCR *incoming*, arus gangguan fasa R = 2113 A relai bekerja dalam waktu 1,303 s, dan arus gangguan fasa S = 1937 A relai bekerja dalam waktu 1,4 s. Selanjutnya dilakukan uji individu relai kemudian dibandingkan dengan perhitungan manual menggunakan rumus karakteristik waktu *inverse* dan mengacu pada toleransi standar PLN. Hasilnya adalah normal karena relai masih bekerja sesuai seting relai *standard inverse* tetapi ada beberapa waktu kerja relai yang tidak masuk batas toleransi, sehingga relai tidak bekerja dengan maksimal.

Kata Kunci : Relai, Kegagalan Proteksi, Penyulang, *Incoming*.

ABSTRACT

Electric power protection system is so essential to anticipate when an interruption occurs. Thus within every electric power system definitely needed of protection relay equipment. In the presence of protection relays which installed in the power system electric is expected can detect the existance of disturbance that can endanger the electrical power system equipment which ordered the circuit breaker to work, so that the systems and equipment not corrupted due to disturbance.

In one cases, there did a disturbance that causes a relay failure protection on feeders Walin 2 and incoming relai do work. Based data record of the OCR on the feeders Walin 2, the current fault in phase R = 2276 A, relai worked on 0.797 secon and the current fault in phase S = 2159 A, relay worked on 0.826 secon. After that, done of relays individual test then compared with manual calculation using the formula of inverse time characteristics and refers to tolerance PLN's standard . The result is normal because the relay setting still works appropriate with relay setting inverse standart but there were relays time work did not include in the limit of tolerance, so that the relay did not work in well.

Keywords : Relay, Failure Protection, Feeder, Incoming

PENDAHULUAN

Dalam setiap sistem tenaga listrik selalu menggunakan sistem proteksi atau pengaman untuk mengantisipasi apabila terjadi gangguan. Sistem proteksi dan pengaman ini diperlukan untuk memisahkan bagian yang mengalami gangguan dengan yang tidak mengalami gangguan sehingga sistem dapat tetap menjalankan operasinya. Salah satu contoh peralatan proteksi yang dibutuhkan di gardu induk adalah relai proteksi.

Fungsi dari relai proteksi ini adalah sebagai pengaman yang bekerja memberikan respon apabila terjadi suatu gangguan abnormal. Supaya PLN dapat menekan angka gangguan. Macam-macam gangguan abnormal antara lain dari gangguan *internal*, gangguan *eksternal*, dan *human error*.

Salah satu relai proteksi yang digunakan untuk mencegah adanya suatu gangguan adalah Relai Arus Lebih/*Over Current Relay* (OCR) dan Relai Hubung

Tanah/*Ground Fault Relay (GFR)*. Relai OCR bekerja bila terjadi hubung singkat antara fasa dengan fasa sehingga terjadi gangguan arus lebih, sedangkan Relai GFR bekerja bila terjadi hubung singkat antara fasa dengan tanah.

Pada suatu kasus yang belum lama ini terjadi, ada suatu gangguan yang menyebabkan bekerjanya (trip) relai pada proteksi penyulang dan mengakibatkan relai pada proteksi *incoming* juga ikut trip. Hal ini sangat riskan terjadi, karena trip relai *incoming* mengakibatkan tripnya penyulang-penyulang lain yang mendapat suplai tegangan dari *incoming* tersebut yang tidak mengalami gangguan. Sehingga sistem proteksi pada sistem tenaga listrik sangatlah penting.

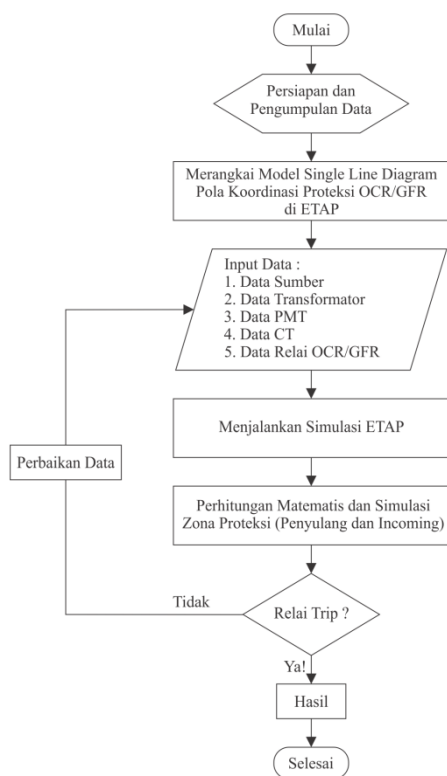
Berdasarkan hal tersebut masalah dibatasi pada :

1. Representasi terjadinya kegagalan proteksi pada saat terjadi gangguan.
2. Menganalisis karakteristik waktu kerja relai OCR/GFR pada *Incoming* dan Penyulang .

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik waktu kerja relai pada saat terjadi gangguan dan ketika dilakukan pengujian individu relai sehingga dapat diketahui kerja relai dalam melakukan pengamanan sistem tenaga listrik.

METODE

Dalam penelitian ini, penulis melakukan 2 metode yaitu secara matematis dan secara simulasi. Dimana metode secara matematis ini dilakukan dengan perhitungan secara manual dengan rumus karakteristik waktu *standard inverse*.



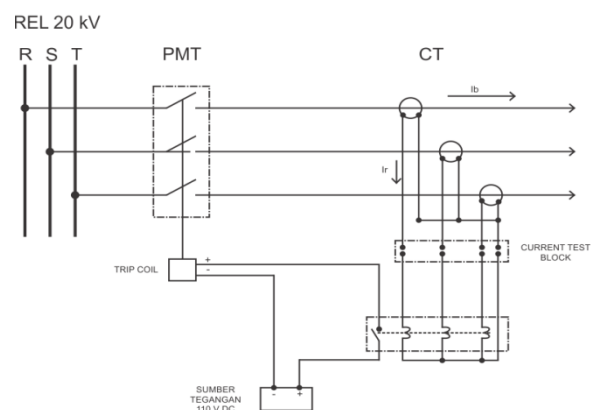
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Selanjutnya dalam metode simulasi dilakukan menggunakan program ETAP yaitu dengan relai OCR/GFR diseting berdasarkan karakteristik kurva relai *standard inverse* dan data sistem serta komponen peralatan sistem tenaga listrik mengacu pada data yang diambil dari PT PLN (Persero) P3B Jawa Bali Area Pelaksana Pemeliharaan Salatiga BC.Yogyakarta Gardu Induk 150 kV Wadaslintang. Serta sebagian data merupakan data standar yang telah ada pada program ETAP. Kemudian setelah memasukan data, selanjutnya adalah representasi terjadinya gangguan pada penyulang dan pada saat terjadinya kegagalan proteksi pada penyulang, sehingga menyebabkan relai pada *incoming* bekerja.

Peralatan proteksi sistem tenaga listrik terdiri dari Relai, Transformator Arus (CT), Pemutus Tenaga (PMT), Catu Daya (Baterai) yang terintegrasi dan saling berhubungan dalam suatu rangkaian untuk bekerja dalam satu tujuan yaitu mengamankan peralatan tenaga listrik dari berbagai macam gangguan. Sehingga sistem tenaga listrik tetap dapat beroperasi secara berkelanjutan. Dalam sistem proteksi terdapat peralatan relai proteksi utama dan relai proteksi cadangan, yang mana relai proteksi utama di prioritaskan dapat bekerja mengamankan sistem tenaga listrik dari gangguan. Kemudian relai yang bekerja sebagai proteksi cadangan bekerja ketika relai proteksi utama tidak mampu mengamankan sistem tenaga dari gangguan.

1. RELAI OCR

Relai OCR merupakan peralatan yang mendeteksi adanya arus lebih, baik yang disebabkan oleh adanya gangguan hubung singkat atau *over load* yang dapat merusak peralatan sistem tenaga yang berada dalam wilayah proteksinya.



Gambar 2. Rangkaian Pengawatan OCR

Jika terjadi gangguan, maka arus gangguan akan masuk transformator arus (CT) dan akan ditransformasikan ke besaran sekunder, kemudian arus gangguan masuk pada kumparan relai. Karena arus yang masuk melebihi nilai seting pada relai, maka relai akan memerintahkan PMT untuk bekerja. Sehingga saluran sistem tenaga listrik yang terganggu dipisahkan dari jaringan.

a. Arus setting OCR

Penyetelan OCR pada sisi primer dan sisi sekunder transformator tenaga terlebih dahulu harus dihitung arus nominal transformator tenaga. Arus setting untuk OCR baik pada sisi primer maupun sisi sekunder transformator tenaga adalah :

$$I_{set}(primer) = 1,05 \times I_{nominal\ trafo} \quad (1)$$

Nilai tersebut adalah nilai primer, untuk mendapatkan nilai sekunder yang dapat disetkan pada OCR, maka harus dihitung dengan menggunakan rasio trafo arus (CT) yang terpasang pada sisi primer maupun sisi sekunder transformator tenaga.

$$I_{set}(sek) = I_{set}(primer) \times \frac{1}{Rasio\ CT} \quad (2)$$

b. Waktu operasi relai *inverse time*

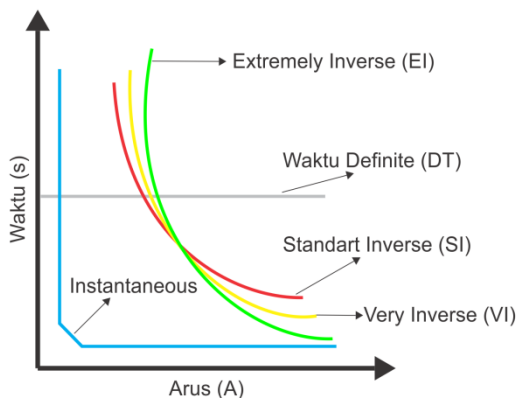
Rumus untuk menentukan nilai T bermacam-macam sesuai dengan desain pabrik pembuat relai.

Tabel 1. Karakteristik waktu operasi relai *inverse time*

| Tipe Relai | Waktu Kerja Relai (T) |
|------------------------------|---|
| <i>Standard Inverse</i> | $T = \frac{0,14 \times td}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right)^{0,02} - 1}$ |
| <i>Very Inverse</i> | $T = \frac{13,5 \times td}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right) - 1}$ |
| <i>Extremely Inverse</i> | $T = \frac{80 \times td}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right)^2 - 1}$ |
| <i>Long Time Earth Fault</i> | $T = \frac{120 \times td}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right) - 1}$ |

- Dimana :
- T : Waktu Kerja Relai
 - td : Time Dial (Waktu Seting)
 - I_{hs} : Arus Hubung Singkat
 - I_s : Arus Seting

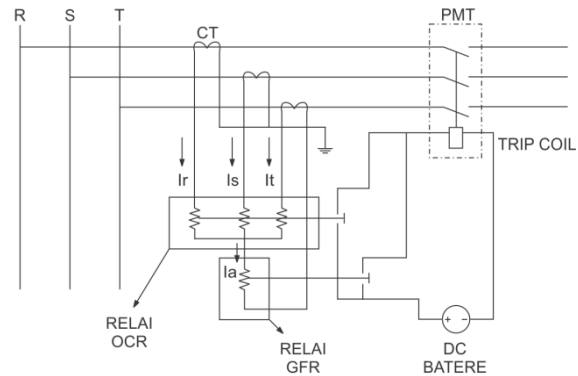
Karakteristik relai *inverse* adalah jika semakin tinggi arus gangguan maka waktu kerja relai akan semakin cepat, dan sebaliknya. Seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Kurva Karakteristik Relai *Inverse*.

2. RELAI GFR

Relai GFR pada dasarnya mempunyai prinsip kerja yang sama dengan relai OCR namun memiliki perbedaan dalam kegunaannya. Bila OCR mendeteksi adanya hubung singkat antara fasa dengan fasa, sedangkan GFR mendeteksi adanya hubung singkat antara fasa dengan tanah.



Gambar 4. Rangkaian Pengawatan GFR

Pada kondisi normal beban seimbang I_r, I_s, I_t sama besar, sehingga pada kawat netral tidak timbul arus dan relai hubung tanah tidak dialiri arus. Bila terjadi ketidakseimbangan arus atau terjadi gangguan hubung singkat ke tanah, maka akan timbul arus urutan nol pada kawat netral, sehingga relai hubung tanah akan bekerja.

a. Arus Seting GFR

Penyetelan GFR pada sisi primer dan sisi sekunder transformator tenaga terlebih dahulu harus dihitung arus nominal transformator tenaga. Arus setting untuk GFR baik pada sisi primer maupun sisi sekunder transformator tenaga adalah :

$$I_{set}(primer) = 0,2 \times I_{nominal\ trafo} \quad (3)$$

Nilai tersebut adalah nilai primer, untuk mendapatkan nilai sekunder yang dapat disetkan pada GFR, maka harus dihitung dengan menggunakan rasio trafo arus (CT) yang terpasang pada sisi primer maupun sisi sekunder transformator tenaga.

$$I_{set}(sek) = I_{set}(primer) \times \frac{1}{Rasio\ CT} \quad (4)$$

b. Karakteristik waktu operasi relai *inverse time*

Untuk menentukan nilai waktu kerja relai (T). Sama halnya dengan OCR, GFR menggunakan rumus penyetingan T yang sama dengan OCR.

PEMBAHASAN

Berdasarkan dari data hasil investigasi terjadi 2 kali gangguan. Gangguan pertama menyebabkan relai pada penyulang walin 2 bekerja dan PMT penyulang walin 2 trip. Kemudian PMT walin 2 dicoba dimasukan dan menyebabkan gangguan yang kedua terjadi yaitu dengan bekerjanya PMT pada *incoming*. Hal ini disebabkan karena belum diketemukannya gangguan yang pertama kali terjadi,

tetapi PMT walin 2 dimasukan sehingga menyebabkan kegagalan proteksi.

Dari data tersebut dapat dilakukan analisis perhitungan karakteristik waktu kerja OCR/GFR pada penyulang dan *incoming* dengan cara memasukan data gangguan dan data hasil pengujian individu relai.

| Seting Relai | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Incoming</i> | Penyulang |
| I seting OCR = 1 A Td = 0,27 s | I seting OCR = 1,5 A Td = 0,18 s |
| I seting GFR = 0,34 A Td = 0,46 s | I seting GFR = 0,5 A Td = 0,23 s |
| Kurva = <i>Standard Inverse</i> | Kurva = <i>Standard Inverse</i> |

1. DATA GANGGUAN

Dengan perhitungan secara manual maka didapatkan waktu kerja OCR seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Record Gangguan Pertama Penyulang Walin 2 Trip

| Fasa | Record OCR | Waktu Kerja Relai |
|------|------------|-------------------|
| R | 2274 A | 0,8 s |
| S | 2156 A | 0,828 s |
| T | 82 A | - |
| N | 52 A | - |

Tabel 3. Record Gangguan Kedua Penyulang Walin 2 Trip

| Fasa | Record OCR | Waktu Kerja Relai |
|------|------------|-------------------|
| R | 2276 A | 0,797 s |
| S | 2159 A | 0,826 s |
| T | 236 A | - |
| N | 22 A | - |

Tabel 4. Record Gangguan Kedua *Incoming* Trip

| Fasa | Record OCR | Waktu Kerja Relai |
|------|------------|-------------------|
| R | 2113 A | 1,303 s |
| S | 1937 A | 1,4 s |
| T | 130 A | - |
| N | 74 A | - |

Perhitungan difokuskan pada fasa yang mengalami arus gangguan besar (diatas arus kerja seting relai OCR/GFR).

2. HASIL UJI INDIVIDU RELAI

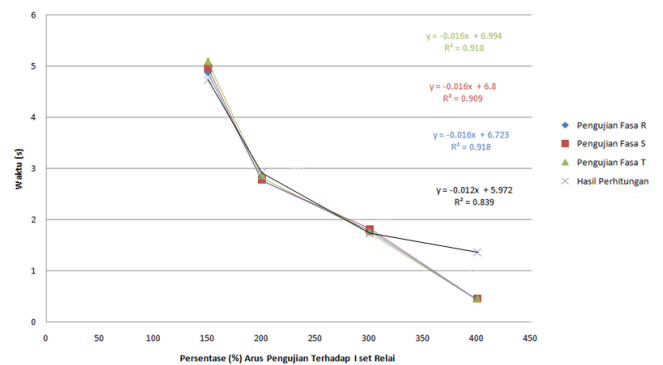
Dengan perhitungan secara manual menggunakan rumus kemudian dibandingkan dengan data hasil uji individu relai. Selanjutnya hasil dari keduanya di analisis dengan mengacu pada standar toleransi PT. PLN (Persero) yaitu untuk relai jenis elektrostatis adalah dengan impedansi $\pm 10\%$ dan waktu kerja $\pm 5\%$.

Setelah melakukan perhitungan dengan rumus dan pengujian, maka didapat waktu kerja relai seperti pada tabel dibawah.

Tabel 5. Analisis Karakteristik Waktu Kerja Relai OCR pada *Incoming*

| Arus Hubung Singkat | Analisis Karakteristik Waktu OCR (s) | | | | | Ket |
|-----------------------|--------------------------------------|--------------|-----------------|-------|-------|---------------------|
| | Hasil Perhitungan | Toleransi | Hasil Pengujian | | | |
| | | | R | S | T | |
| 150% I _{set} | 4,725 | $\pm 0,236$ | 4,88 | 4,969 | 5,099 | Tdk Masuk Toleransi |
| 200% I _{set} | 2,907 | $\pm 0,145$ | 2,8 | 2,78 | 2,867 | Masuk Toleransi |
| 300% I _{set} | 1,718 | $\pm 0,085$ | 1,763 | 1,807 | 1,766 | Tdk Masuk Toleransi |
| 400% I _{set} | 1,35 | $\pm 0,0675$ | 0,44 | 0,443 | 0,448 | Tdk Masuk Toleransi |

Analisis Waktu Kerja OCR *Incoming*

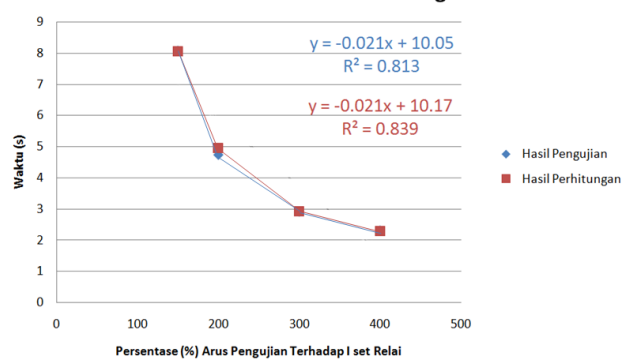


Gambar 5. Grafik Pengujian Waktu Kerja Relai OCR pada *Incoming*

Tabel 6. Analisis Karakteristik Waktu Kerja Relai GFR pada *Incoming*

| Arus Hubung Singkat | Analisis Karakteristik Waktu GFR (s) | | | Keterangan |
|-----------------------|--------------------------------------|--------------|-----------------|-----------------|
| | Hasil Perhitungan | Toleransi | Hasil Pengujian | |
| 150% I _{set} | 8,05 | $\pm 0,4025$ | 8,086 | Masuk Toleransi |
| 200% I _{set} | 4,95 | $\pm 0,247$ | 4,747 | Masuk Toleransi |
| 300% I _{set} | 2,93 | $\pm 0,146$ | 2,923 | Masuk Toleransi |
| 400% I _{set} | 2,3 | $\pm 0,115$ | 2,323 | Masuk Toleransi |

Analisis GFR *Incoming*



Gambar 6. Grafik Analisis Karakteristik Waktu Kerja Relai GFR pada *Incoming*

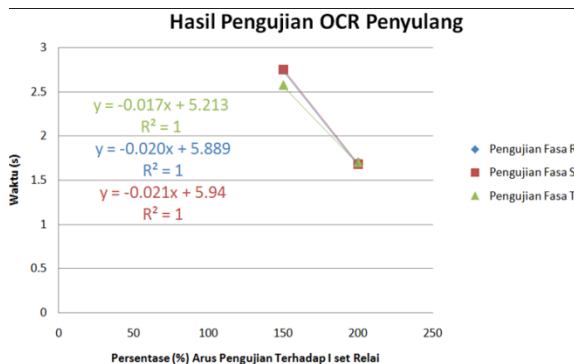
Tabel 7. Perhitungan Karakteristik Waktu Relai Kerja OCR pada Penyulang

| Hasil Perhitungan Karakteristik Waktu OCR (s) | | |
|---|-------------------|--------------|
| Arus Hubung Singkat | Hasil Perhitungan | Toleransi |
| 150% I_{set} | 3,15 | $\pm 0,1575$ |
| 200% I_{set} | 1,81 | $\pm 0,09$ |
| 300% I_{set} | 1,145 | $\pm 0,057$ |
| 400% I_{set} | 0,9 | $\pm 0,045$ |

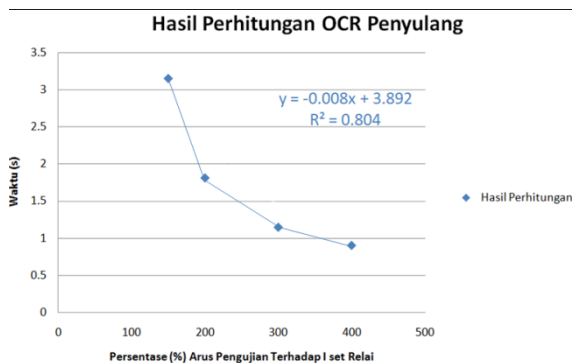
Tabel 8. Hasil Pengujian Karakteristik Waktu Kerja Relai OCR pada Penyulang

| Hasil Pengujian Karakteristik Waktu OCR (s) | | | |
|---|-------|-------|-------|
| Fasa | R | S | T |
| 150% I_{set} | 2,748 | 2,748 | 2,579 |
| 200% I_{set} | 1,701 | 1,684 | 1,701 |

Berdasarkan tabel 7 dan tabel 8 setelah dilakukan perhitungan dan pengujian maka dapat disimpulkan bahwa nilai hasil pengujian relai OCR dengan arus hubung singkat 150% I_{set} dan 200% I_{set} tidak masuk batas toleransi standar buku operasional PLN yang sudah ditentukan. Selanjutnya pada arus hubung singkat 300% I_{set} dan 400% I_{set} , PLN tidak melakukan pengujian sehingga waktu kerja relai dengan arus hubung singkat tersebut tidak bisa dilakukan perbandingan.



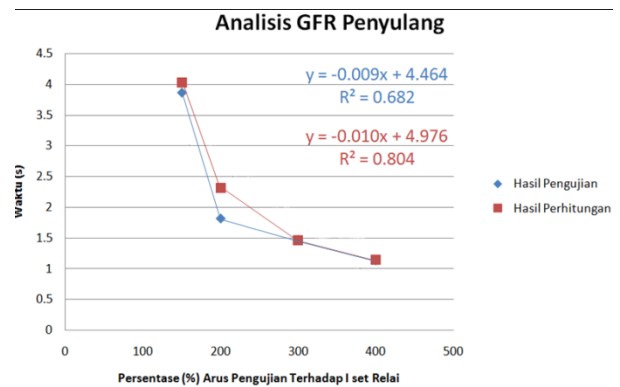
Gambar 7. Grafik Pengujian Waktu Kerja Relai OCR pada Penyulang



Gambar 8. Grafik Perhitungan Waktu Kerja Relai OCR pada Penyulang

Tabel 9. Analisis Karakteristik Waktu Kerja Relai GFR pada Penyulang

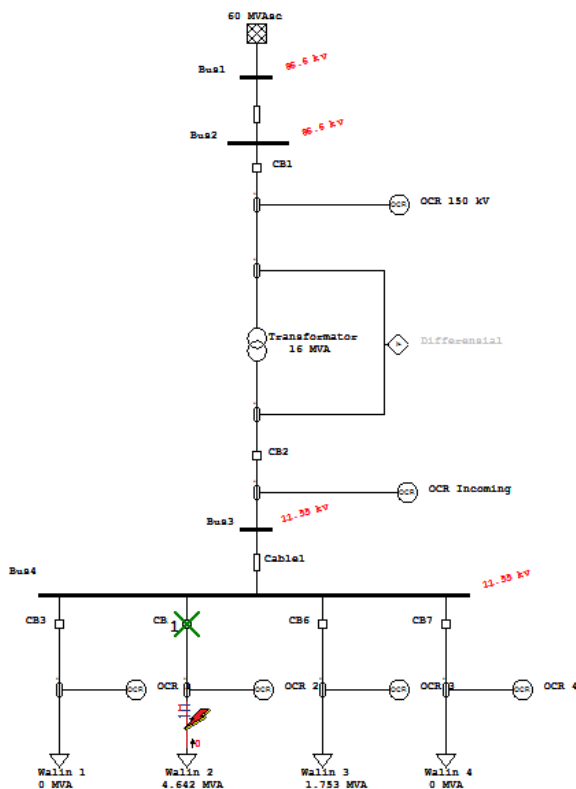
| Arus Hubung Singkat | Analisis Karakteristik Waktu GFR (s) | | | Keterangan |
|---------------------|--------------------------------------|--------------|-----------------|-----------------------|
| | Hasil Perhitungan | Toleransi | Hasil Pengujian | |
| 150% I_{set} | 4,025 | $\pm 0,201$ | 3,858 | Masuk Toleransi |
| 200% I_{set} | 2,316 | $\pm 0,1158$ | 1,816 | Tidak Masuk Toleransi |
| 300% I_{set} | 1,463 | $\pm 0,073$ | 1,473 | Masuk Toleransi |
| 400% I_{set} | 1,15 | $\pm 0,0575$ | 1,135 | Masuk Toleransi |



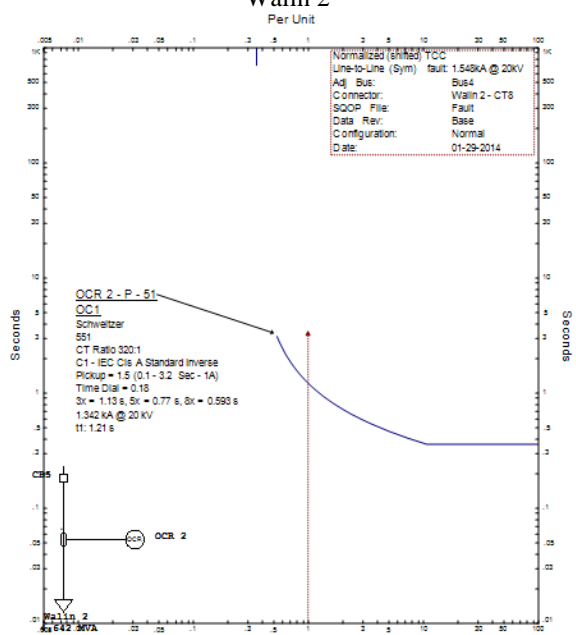
Gambar 9. Grafik Analisis Karakteristik Waktu Kerja Relai GFR pada Penyulang

Dari hasil pengujian dan perhitungan waktu kerja relai didapatkan gambar grafik karakteristik waktu kerja relai *standart inverse* yaitu jika terkena arus gangguan yang semakin besar maka relai akan cepat dalam bekerja, tetapi jika arus gangguannya kecil maka relai akan lebih lama dalam bekerja. Seperti menurut Yaman dan Cut Sukmayati (2013) dalam jurnalnya yang berjudul Pengujian Seting Relai Arus Lebih Woodward XII-I di Laboratorium Proteksi dan Distribusi Jurusan Teknik Elektro bahwa waktu trip relai berbanding terbalik dengan arus gangguan. Semakin besar arus gangguan, waktu trip relai akan semakin cepat.

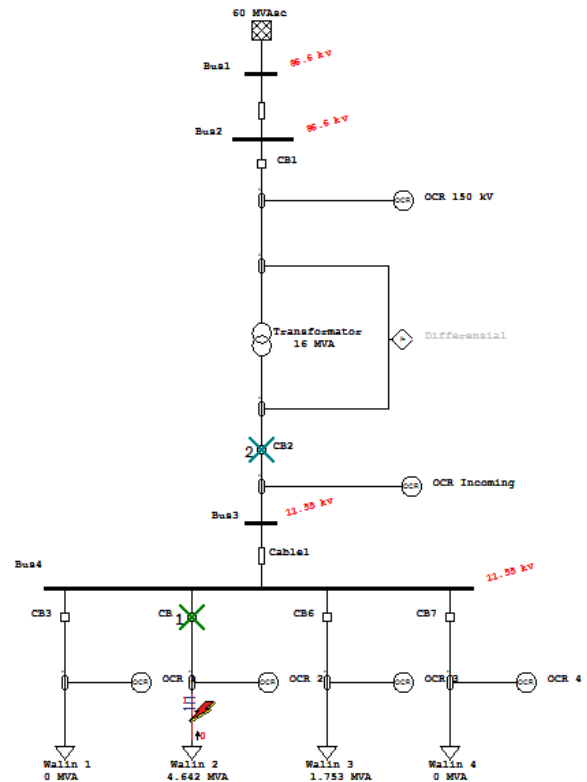
3. SIMULASI GANGGUAN DENGAN ETAP



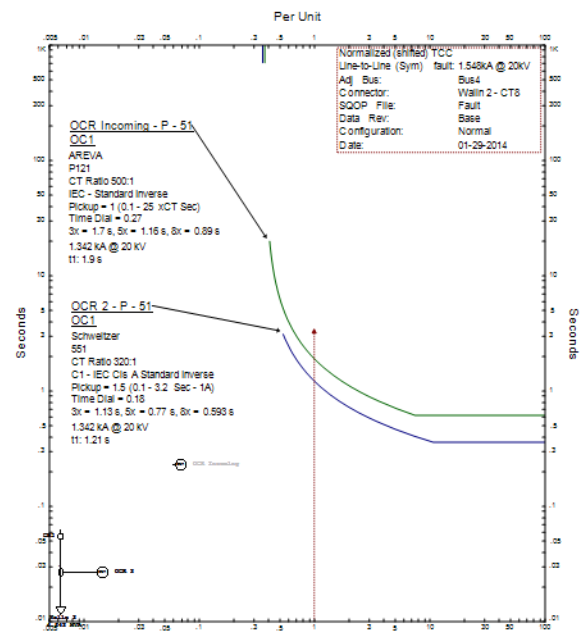
Gambar 10. Simulasi Gangguan Pada Penyulang Walin 2



Gambar 11. Kurva Karakteristik Waktu Kerja Relai Saat Simulasi Gangguan Kegagalan Proteksi Antara Penyulang Walin 2 dengan Incoming



Gambar 12. Simulasi Gangguan Kegagalan Proteksi Antara Penyulang Walin 2 dengan Incoming



Gambar 13. Kurva Karakteristik Waktu Kerja Relai Saat Simulasi Gangguan Kegagalan Proteksi Antara Penyulang Walin 2 dengan Incoming

Pada program ETAP hanya dilakukan simulasi terjadinya gangguan, karena dalam program ini tidak bisa dimasukan data besaran gangguan seperti pada keadaan yang sebenarnya. Seperti menurut Rachmat Hidayatulloh (2012) yang menulis jurnal tentang Analisa Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan SUTT 150 kV Jalur Kebasen-

Balapulang-Bumiayu Menggunakan Program ETAP bahwa program ETAP hanya dapat digunakan untuk mensimulasikan arus hubung singkat saja, untuk menentukan besaran nilai seting relai hanya bisa dilakukan melalui perhitungan manual dimana parameter untuk perhitungan tersebut bisa didapatkan dari hasil simulasi arus hubung singkat.

Sehingga analisis hasil perhitungan karakteristik waktu kerja relai pada saat gangguan tidak dapat di bandingkan dengan menggunakan program. Jadi hanya dapat dilakukan dengan perhitungan manual saja, dan mengacu pada toleransi buku petunjuk batasan operasi dan pemeliharaan dari PLN.

KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian dan perhitungan maka penulis dapat menarik beberapa kesimpulan, yaitu :

- a. Pada analisis gangguan pertama penyulang walin 2 trip didapat karakteristik waktu kerja OCR adalah normal. Hasil perhitungan dengan arus gangguan pada fasa R = 2274 A diperoleh waktu kerja relai 0,8 s, dan dengan arus gangguan pada fasa S = 2156 A diperoleh waktu kerja relai 0,828 s.
- b. Pada analisis gangguan yang kedua yaitu OCR *incoming* trip yang disebabkan kegagalan proteksi pada penyulang walin 2 didapat karakteristik waktu kerja relai adalah normal. Hasil perhitungan pada penyulang walin 2 dengan arus gangguan fasa R = 2276 A diperoleh waktu kerja relai 0,797 s, dan dengan arus gangguan fasa S = 2159 A diperoleh waktu kerja relai 0,826 s. Untuk hasil perhitungan pada sisi *incoming* dengan arus gangguan fasa R = 2113 A diperoleh waktu kerja relai 1,303 s, dan dengan arus gangguan pada fasa S = 1937 A diperoleh waktu kerja relai 1,4 s.
- c. Pada analisis uji individu karakteristik waktu kerja OCR *incoming*, waktu kerja OCR adalah normal. Hasil perhitungan dengan $I_{hs} = 200\% I_{set}$ diperoleh waktu kerja OCR = 2,907 s (masuk toleransi) sedangkan dengan $I_{hs} = 400\% I_{set}$ diperoleh waktu kerja OCR = 1,35 s (tidak masuk toleransi/kurang dari batas toleransi normal) dan dengan $I_{hs} = 300\% I_{set}$ diperoleh waktu kerja OCR = 1,718 s (tidak masuk toleransi/melebihi batas toleransi normal). Untuk analisis uji individu karakteristik waktu GFR *incoming*, waktu kerja GFR adalah normal. Hasil analisa perhitungan dengan hasil pengujian dalam batas nilai toleransi.
- d. Pada analisis uji individu karakteristik waktu OCR penyulang, analisis hasil perhitungan dengan hasil pengujian tidak masuk nilai toleransi. Untuk analisis uji individu GFR penyulang, $I_{hs} = 200\% I_{set}$ diperoleh waktu kerja GFR = 2,316 s (tidak masuk nilai toleransi)

sedangkan pada pengujian dengan arus hubung singkat yang lainnya masuk dalam nilai toleransi.

Dari semua analisis perhitungan dapat disimpulkan bahwa karakteristik waktu kerja relai OCR/GFR adalah normal yaitu masih seperti seting waktu kerja relai yaitu *standart inverse* (SI), yang mana jika arus gangguan semakin besar maka relai akan bekerja semakin cepat dan sebaliknya jika arus gangguan kecil maka relai akan bekerja semakin lama. Tetapi ada beberapa waktu kerja relai yang tidak memenuhi batas toleransi standar PT. PLN, sehingga menyebabkan kerja relai tidak maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi I, 2009. "Analisa Seting Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah Pada Penyulang Sadewa di GI Cawang", Skripsi : Universitas Indonesia
- Alawiy Taqiyudin M, 2006. "Proteksi Sistem Tenaga Listrik Seri Relai Elektromagnetis", Malang : Fakultas Teknik Elektro Universitas Islam Malang
- Aviariadi A A, 2007. "Sistem Proteksi *Over Current Relai* Pada Transformator Gardu Induk Jajar Surakarta 150/20 KV", Skripsi : Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
- Hia Fa'ano, 2011. "Prinsip Kerja dan Dasar Relai Arus Lebih Pada PT. PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengaturan Beban Region Jawa Tengan dan DIY", Skripsi : Universitas Diponegoro
- Laksana Dwi C, 2013. "Analisis Koordinasi Relai Proteksi pada Transformator Tenaga 60 MVA Menggunakan Aplikasi ETAP 7.0.0 di PT. PLN (Persero) APP Salatiga Gardu Induk Bantul Yogyakarta", Skripsi : Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
- Hidayatulloh R, 2012. "Analisa Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan SUTT 150 kV Jalur kebasen – Balapulang – Bumiayu Menggunakan Program ETAP", Tugas Akhir : Universitas Diponegoro
- Marsudi Djiteng, 2006. "Operasi Sistem Tenaga Listrik", Yogyakarta : Graha Ilmu
- Nur Suroso M, 2006. "Analisa Koordinasi Proteksi Trafo 150 KV Pada Gardu Induk Klaten", Skripsi : Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
- Pandjaitan B, 2012. "Praktik-praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik", Yogyakarta : Andi Offset
- Purba Pidelis S, 2012. "Proteksi Sistem Tenaga Listrik", Medan : Tugas Akhir Universitas Negeri Medan
- Subagyo Heru, 2008. "Operasi dan Pemeliharaan Sistem Proteksi Penyaluran", Surabaya :

- Asosiasi Profesionalis Elektrikal Indonesia (APEI)
- Tim Penyusun PT. PLN (Persero), 2010. "Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik Bagian Proteksi dan Kontrol Penghantar", Jakarta : PT. PLN (Persero)
- Tim Penyusun PT. PLN (Persero) Jawa Timur Area Pengaturan Distribusi Surabaya, 2010. "Trip Relai *Incoming* Akibat Keterlambatan Sistem Proteksi Pada Penyulang", Surabaya : PT. PLN (Persero)
- Widya Benzana K, 2012. "Analisis Terjadinya *Malfunction* Antara Recloser dan PMT Outgoing 20 KV (Studi Kasus Pada *Recloser* di Tiang B4-47 *Fedder* Jajar 4 GI Jajar PT. PLN (Persero) APP Surakarta)", Skripsi : Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
- Wisnu Murdianto D, 2006. "Sistem Koordinasi Peralatan Proteksi Arus Lebih Jaringan Distribusi 20 KV di PT. PLN (Persero) Cabang Yogyakarta", Skripsi : Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
- Yaman & Sukmayati C, 2013. "Pengujian Setting Relay Arus Lebih Woodward Xi1-I Di Laboratorium Proteksi Dan Distribusi Jurusan Teknik Elektro", Jurnal : Politeknik Negeri Lhokseumawe