

Analisis Setting Proteksi Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah Pada Trafo Daya 60 MVA di Gardu Induk 150 kV Cibatu

Fauzia Haz, Ichsan Aditya M N

Program Studi Teknik Elektro
Universitas Jenderal Achmad Yani (UNJANI)
Jalan Terusan Jend. Sudirman PO.BOX 148 Cimahi 40531
fauzia.haz@lecture.unjani.ac.id

Abstract

The function of the protection system is to identify and distinguish interruptions in the power grid from other networks which are not to prevent greater losses. Many factors causing the disruption of electrical power system both 3 phase, 2 phase and 1 phase to ground. To secure a variety of interference on the power system, especially the transformer, then using protection relay. The protective relay used by the transformer is one of the OCR / GFR releases. The calculation steps based on single line diagram and equipment data specifications. The methods undertaken in this research include evaluation of relay settings and simulation modeling to determine the coordination of relays using the ETAP 16. Calculations are done against short circuit current, OCR and GFR settings in the form of TMS and current in each relay. Then the result of evaluation of calculations and simulation compared to the Data existing field. Result of short circuit calculation obtained the largest short circuit current value at 3 phase that is 18619 A and smallest at 1 phase disturbance that is 103,92 A. The calculation result for OCR setting on incoming side got value of TMS = 0,11, while setting OCR side 150 kV obtained value of TMS = 0,17. Setting GFR on the incoming side obtained TMS value = 0.12, while setting the GFR side 150 kV obtained TMS value = 0.08. Standard setting releases using parameters or calculations in accordance with the book "Guidelines and Guidelines Transmission Protection System and Substation of Java-Bali" owned by PT. PLN. Coordination between rele on the calculation is in accordance with the standard IEC 60255 with a granding time of 0.3-0.5 seconds, so setting releases are still in good reliability.

Keywords : *Protection system; short circuit disturbance; over current relay (OCR) and ground fault relay (GFR); OCR and GFR settings*

Abstrak

Fungsi sistem proteksi adalah untuk mengetahui dan memisahkan gangguan pada jaringan tenaga listrik dari jaringan lainnya yang tidak terkena gangguan secepat mungkin dengan maksud agar menghindari kerugian yang besar. Banyak faktor yang menyebabkan terjadinya gangguan sistem tenaga listrik diantaranya gangguan 3 fasa, 2 fasa dan 1 fasa ke tanah. Untuk mengamankan berbagai gangguan pada sistem tenaga listrik khususnya transformator, digunakan relai proteksi. Relai proteksi yang digunakan oleh transformator diantaranya adalah relai arus lebih (OCR) dan relai gangguan tanah (GFR). Adapun langkah-langkah perhitungannya berdasarkan single line diagram dan spesifikasi data-data peralatan. Metode yang dilakukan pada penelitian ini berupa perhitungan evaluasi setting relay dan pemodelan simulasi untuk mengetahui koordinasi relai menggunakan ETAP 16. Perhitungan dilakukan terhadap arus hubung singkat, setting OCR dan GFR berupa nilai TMS dan arus pada masing-masing relai. Kemudian hasil evaluasi perhitungan dan simulasi dibandingkan dengan data existing lapangan. Hasil perhitungan hubung singkat diperoleh nilai arus hubung singkat terbesar pada 3 fasa yaitu 18619 A dan nilai arus hubung singkat terkecil yaitu gangguan 1 fasa sebesar 103,92 A. Hasil perhitungan untuk setting OCR pada sisi 20 kV didapat nilai TMS = 0,11, sedangkan setting OCR sisi 150 kV didapat nilai TMS = 0,17. Penyetelan GFR pada sisi incoming didapat nilai TMS = 0,12, sedangkan setting GFR sisi 150 kV didapat nilai TMS=0,08. Standar setting rele menggunakan parameter atau perhitungan yang sesuai dengan buku "Buku Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa-Bali" milik PT. PLN. Koordinasi antar relai pada perhitungan sudah sesuai dengan standart IEC 60255 dengan granding time 0,3-0,5 detik, sehingga setting relai masih dalam keandalan yang baik.

Kata kunci : Sistem proteksi; arus hubung singkat; rele arus lebih (OCR) dan rele gangguan tanah (GFR); setting OCR dan GFR

I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik adalah suatu sistem yang mengubah energi listrik, kemudian energi listrik yang dihasilkan disalurkan melalui jaringan transmisi menuju ke Gardu Induk (GI) [1]. Operasi sistem tenaga listrik dalam memasok daya ke konsumen harus selalu terjaga, maka dari itu diperlukan sistem proteksi untuk menjaga dari berbagai jenis gangguan [2]. Diperlukan sistem proteksi yang handal untuk mengamankan peralatan ketika mengalami gangguan. Bentuk gangguan yang biasa terjadi pada umumnya yaitu hubung singkat dapat berupa hubung singkat tiga fasa, antar fasa ataupun hubung singkat fasa ke tanah [3].

Sistem proteksi terdiri dari beberapa peralatan yang diintegrasikan dalam suatu pengawatan [4]. Pada penelitian ini penulis menganalisa relai proteksi OCR (*Over Current Relay*) dan GFR (*Ground Fault Relay*) sebagai proteksi di transformator, peran proteksi OCR dan GFR yaitu sebagai proteksi cadangan, kedua alat proteksi tersebut akan bekerja jika pengamanan utama gagal bekerja.

Pemasangan relai cadangan berfungsi untuk mengamankan transformator dari gangguan luar. Jika gangguan tidak segera diisolasi akan menyebabkan beban lebih (*overload*) pada transformator sehingga dapat menyebabkan panas yang berlebih (*overheat*) serta kegagalan (*failure*) dari fungsi transformator [2]. Gangguan luar tidak dapat diisolasi oleh relai pengamanan utama, maka dari itu perlu adanya relai cadangan yaitu OCR dan GFR untuk mengamankan transformator dari kerusakan.

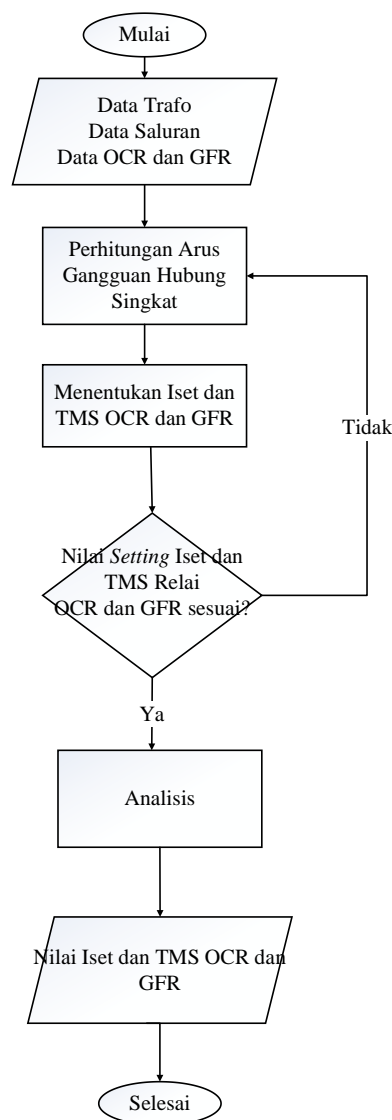
Pada penelitian sebelumnya dilakukan analisa untuk menghitung arus hubung singkat, kemudian hasil perhitungan arus hubung singkat akan digunakan untuk menghitung setting relai OCR dan GFR dengan nilai impedansi trafo sebesar 12.5%. Selanjutnya hasil perhitungan dan setting yang ada di lapangan dianalisis, guna mengurangi dan membatasi gangguan atau kerusakan yang terjadi [5]. Pada penelitian ini akan dilakukan analisa serupa yaitu menghitung kembali arus hubung singkat karena memiliki nilai impedansi yang berbeda yang kemudian hasil perhitungan arus hubung singkat akan digunakan untuk menghitung setting relai OCR dan GFR, dilakukan kembali perhitungan dalam penelitian ini disebabkan dilakukannya

pergantian unit trafo di PT. PLN (Persero) GI dan GITET Cibatu, Bekasi, Jawa Barat, selanjutnya dilakukan simulasi pada *software* ETAP 16, guna membandingkan data hasil perhitungan manual dengan simulasi pada *software* dan kondisi di lapangan (PLN).

II. METODE

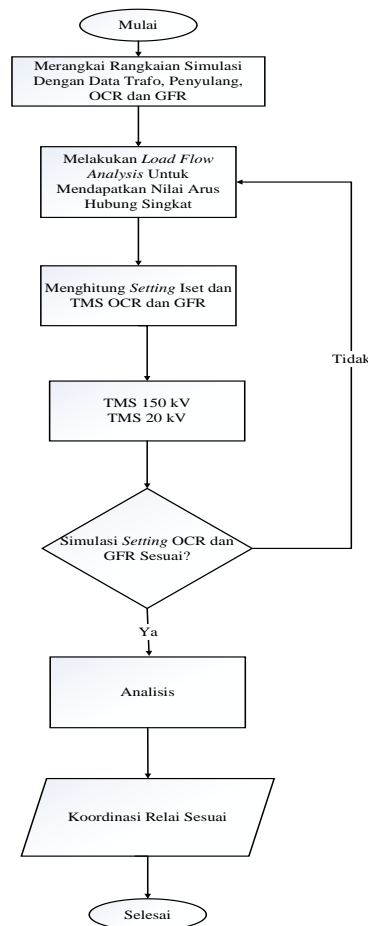
Penelitian ini merupakan penelitian dekriptif dengan analisis data. Subjek yang diteliti adalah relai arus lebih (OCR) dan relai gangguan tanah (GFR) pada transformator 60 MVA.

Peneliti mendapatkan data penelitian dari penelitian sebelumnya dan dari data satu bulan terakhir di PLN. Data tersebut diperoleh dari PT. PLN (Persero) TRANS-JBT Area Pelaksana Pemeliharaan Karawang di GI dan GITET Cibatu, Bekasi, Jawa Barat.



Gambar 1. Diagram Alir Analisis dan Perhitungan Manual.

Analisis Setting Proteksi Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah
 (Fauzia Haz, Ichsan Aditya M N : 66 - 73)



Gambar 2. Diagram Alir Simulasi ETAP.

Untuk mendapat hasil perhitungan arus hubung singkat dan karakteristik relai, maka diperlukan data spesifikasi peralatan

1. Spesifikasi Transformator

- Merk : Unindo
- Daya : 60 MVA
- Tegangan primer : 150 kV
- Tegangan sekunder : 20 kV
- Impedansi : 12.11 %
- Ratio CT primer : 300/1 A
- Ratio CT sekunder : 2000/5 A
- Arus nominal primer : 230.940 A
- Arus nominal sekunder : 1732.05 A
- Hubungan belitan : Ynyn0+d
- R NGR : 12 ohm

2. Data Relai OCR/GFR

- Merk : Schneider
- Type : P141
- Arus Nominal : 1 A
- Karakteristik : SI (standard inverse)

TABEL 1. NILAI DATA TRAF0, RELAI, DAN PENYULANG

| No. | Parameter | Keterangan |
|-----|-------------------------------|------------------|
| 1. | Merk Trafo | Unindo |
| 2. | Daya Trafo | 60 MVA |
| 3. | Tegangan Trafo | 150/20 kV |
| 4. | Impedansi Trafo | 12.11% |
| 5. | Arus nominal primer trafo | 230.940 A |
| 6. | Arus nominal sekunder trafo | 1732 A |
| 7. | Arus Hubung Singkat | 10392 MVA |
| 8. | Ratio CT primer trafo | 300 / 1 A |
| 9. | Ratio CT sekunder trafo | 2000 / 5 A |
| 10. | Hubungan belitan trafo | Ynyn0+d |
| 11. | R NGR trafo | 12 ohm |
| 12. | Z1= Z2 Penyulang (AAAC 240mm) | 0,1344 + j0,3158 |
| 13. | Z0 Penyulang (AAAC 240mm) | 0.2824 + j1.6034 |
| 14. | Merk OCR/GFR | Schneider |
| 15. | Type OCR/GFR | P141 |
| 16. | Karakteristik Relai | Standard Inverse |
| 17. | Arus Nominal OCR/GFR | 1 A |

Subjek proteksi ditujukan pada transformator, yang mana transformator merupakan suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya (mentransformasikan tegangan) [6]. Untuk peralatan proteksi pada transformator, relai yang digunakan yaitu relai arus lebih dan relai gangguan tanah.

Relai arus lebih (*over current relay*) adalah relai yang bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman tertentu dan jangka waktu tertentu. Fungsi utama dari relai arus lebih ini adalah untuk merasakan adanya arus lebih kemudian memberikan perintah kepada pemutus beban (PMT) untuk membuka atau memutus [7].

Analisis Setting Proteksi Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah
 (Fauzia Haz, Ichsan Aditya M N : 66 - 73)

TABEL 3. HASIL PERHITUNGAN ARUS HUBUNGAN SINGKAT

| Panjang | K m | 3fasa (A) | | 2fasa (A) | | 1fasa (A) | |
|---------|-----|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| | | 20 kV | 150 kV | 20 kV | 150 kV | 20 kV | 150 kV |
| 25% | 1, | 186 | 248 | 160 | 213 | 885 | 118 |
| | 25 | 19 | 2,4 | 21 | 6,19 | ,05 | ,01 |
| 50% | 2, | 961 | 128 | 808 | 107 | 866 | 115 |
| | 5 | 2,6 | 1,7 | 8,4 | 8,5 | | ,47 |
| 75% | 3, | 614 | 891 | 531 | 708, | 815 | 108 |
| | 75 | 8,6 | ,83 | 7,2 | 9 | ,45 | ,54 |
| 100% | 5 | 460 | 614 | 398 | 531, | 780 | 103 |
| | 12 | 7, | ,3 | 3,6 | 16 | ,75 | ,92 |

TABEL 4. HASIL PERHITUNGAN SETTING RELE SISI 20 KV

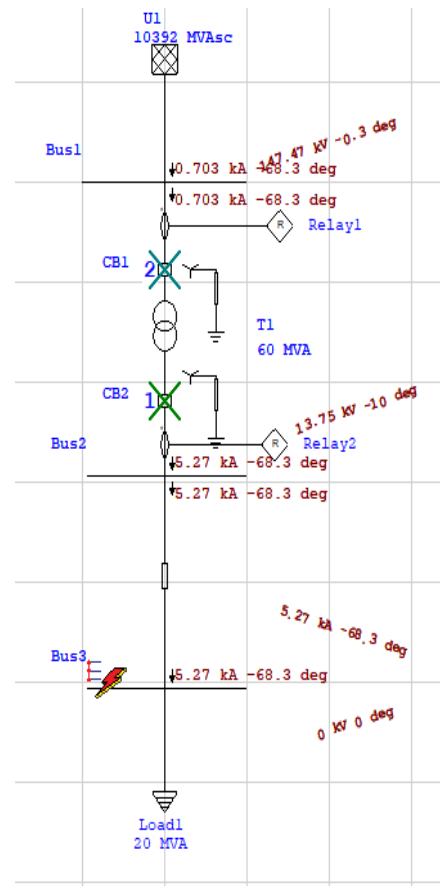
| Setting Relai OCR/GFR sisi 20 kV | | | |
|----------------------------------|----------|------------|------------|
| No. | 20kV | OCR | GFR |
| 1. | Iset | 5.196 A | 0.86 A |
| 2. | TMS | 0.11 detik | 0.12 detik |
| 3. | Ratio CT | 2000/5 | - |

TABEL 5. HASIL PERHITUNGAN SETTING RELE SISI 150 KV

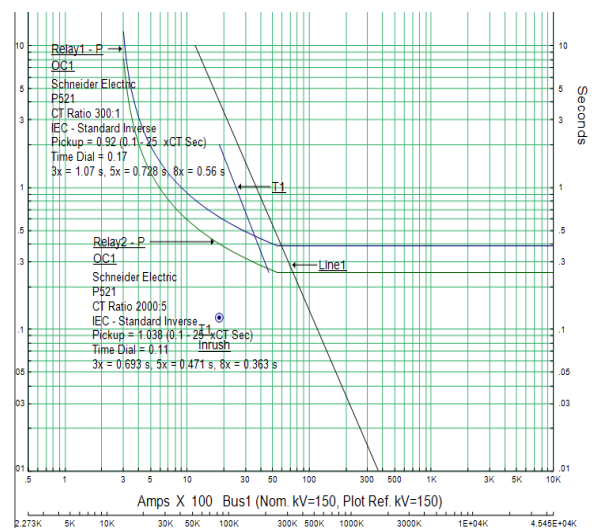
| Setting Relai OCR/GFR sisi 150 kV | | | |
|-----------------------------------|----------|------------|------------|
| No | 20kV | OCR | GFR |
| 1. | Iset | 0.92 A | 0.23 A |
| 2. | TMS | 0.17 detik | 0.08 detik |
| 3. | Ratio CT | 300/1 | - |

Setelah mendapatkan hasil perhitungan, langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi koordinasi OCR dan GFR menggunakan Software ETAP dengan memasukan nilai setting OCR dan GFR baik arus setting CT masing – masing di *Incoming* 150 kV dan *Outgoing* 20 kV untuk memproteksi sistem tenaga listrik tersebut. Nilai arus hubung singkat yang didapat pada

simulasi tidak sama persis dengan perhitungan manual, hal ini disebabkan pemilihan nilai impedansi yang terdapat pada penyulang dan pada tiap bus. Maka berdasarkan simulasi tersebut dihasilkan koordinasi proteksi dengan gambar dan grafik sebagai berikut:



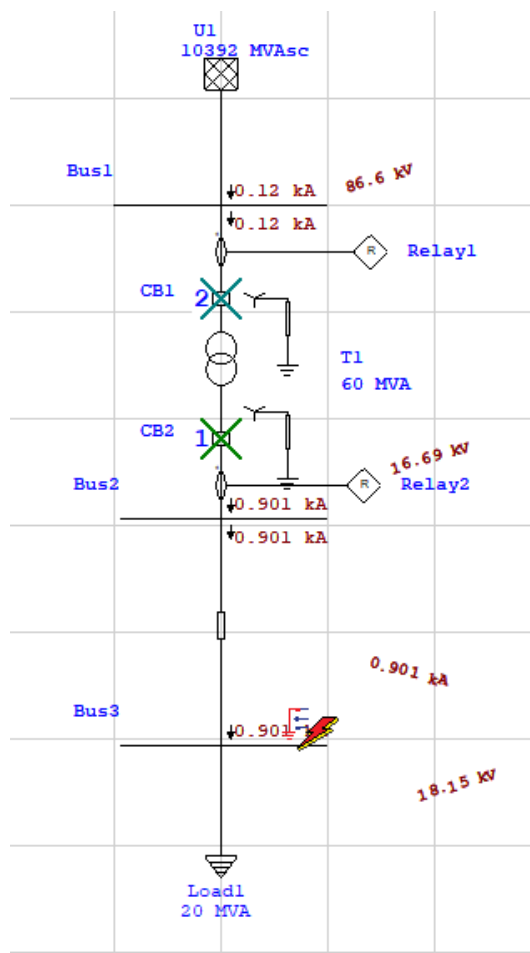
Gambar 3. One Line Diagram OCR dan GFR setelah di beri arus hubung Singkat 3 Fasa



Gambar 4. Grafik OCR dan GFR setelah di beri arus hubung Singkat 3 Fasa

| 3-Phase (Symmetrical) fault on bus: Bus3 | | | | | |
|--|--------|----------------|---------|------------------|------------------------------------|
| Data Rev.: Base | | Config: Normal | | Date: 06-07-2020 | |
| Time (ms) | ID | If (kA) | T1 (ms) | T2 (ms) | Condition |
| 818 | Relay2 | 5.273 | 818 | | Phase - OC1 - 51 |
| 828 | CB2 | | 10.0 | | Tripped by Relay2 Phase - OC1 - 51 |
| 1261 | Relay1 | 0.703 | 1261 | | Phase - OC1 - 51 |
| 1271 | CB1 | | 10.0 | | Tripped by Relay1 Phase - OC1 - 51 |

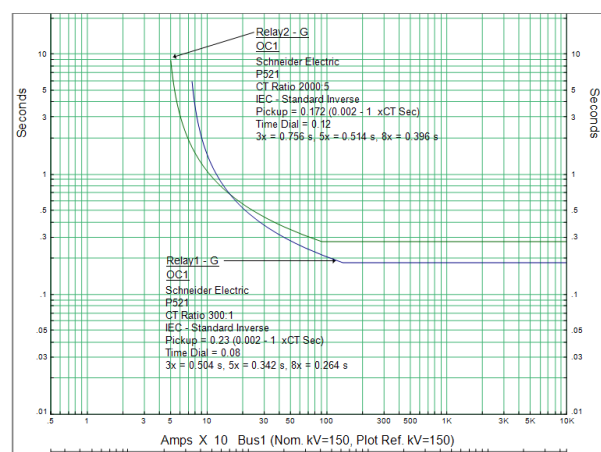
Gambar 5. Urutan Operasi OCR dan GFR arus hubung Singkat 3 Fasa



Gambar 6. One Line Diagram OCR dan GFR setelah di beri arus hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah

Berdasarkan Gambar 4 grafik koordinasi *setting* relai OCR dan GFR tidak ada yang saling berhimpitan antara OCR dan GFR sisi 150 kV dan sisi 20 kV. Sedangkan berdasarkan Gambar 5 untuk urutan operasi relai menunjukkan terjadi gangguan pada sisi penyulang sebesar 5,273 kA, CT akan mengubah arus hubung singkat tersebut sesuai rasio yang akan dibaca oleh OCR dan GFR dan relai 2 memerintahkan CB untuk trip dengan waktu 0,818 detik sebagai relai yang paling dekat dengan titik gangguan dan dengan arus gangguan hubung singkat yang lebih besar. Relai 1 bekerja jika terjadi gangguan pada sisi 150 kV sebesar

0,703 kA, dengan waktu kerja relai 1,26 detik, peran dari kedua relai ini sebagai relai cadangan pengaman pada sisi 150 kV dan 20 kV dimana waktu kerja relai sesuai dengan arus hubung singkat yang terjadi semakin besar arus hubung singkat maka semakin cepat waktu kerja relai begitupun sebaliknya semakin kecil arus hubung singkat semakin lama waktu kerja relai untuk trip. Kerja antara relai 2 dan relai 1 akan diutamakan waktu trip lebih cepat untuk relai yang dekat dengan titik lokasi gangguan dengan arus hubung singkat yang besar, serta didapat juga data berdasarkan Gambar 5 jika diberi gangguan 3 fasa relai yang bekerja adalah OCR.



Gambar 7. Grafik OCR dan GFR setelah di beri arus hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah

| Line-to-Ground (Symmetrical) fault on bus: Bus3 | | | | | |
|---|--------|----------------|---------|------------------|-------------------------------------|
| Data Rev.: Base | | Config: Normal | | Date: 06-07-2020 | |
| Time (ms) | ID | If (kA) | T1 (ms) | T2 (ms) | Condition |
| 864 | Relay2 | 0.901 | 864 | | Ground - OC1 - 51 |
| 874 | CB2 | | 10.0 | | Tripped by Relay2 Ground - OC1 - 51 |
| 1004 | Relay1 | 0.12 | 1004 | | Ground - OC1 - 51 |
| 1014 | CB1 | | 10.0 | | Tripped by Relay1 Ground - OC1 - 51 |

Gambar 8. Urutan Operasi OCR dan GFR arus hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah

Berdasarkan Gambar 7 grafik koordinasi *setting* relai *setting* relai OCR dan GFR terdapat garis berpotongan antara OCR dan GFR sisi 150 kV dan sisi 20 kV hal ini disebabkan penentuan TMS relai pada sisi 150 kV lebih cepat dibandingkan sisi 20 kV. Sedangkan berdasarkan Gambar 8 untuk urutan operasi relai menunjukkan terjadi gangguan pada sisi penyulang sebesar 0,901 kA, CT akan mengubah arus hubung singkat tersebut sesuai rasio yang akan dibaca oleh OCR dan GFR

**Analisis Setting Proteksi Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah
(Fauzia Haz, Ichsan Aditya M N : 66 - 73)**

dan relai 2 memerintahkan CB untuk trip dengan waktu 0,864 detik sebagai relai yang paling dekat dengan titik gangguan dan dengan arus gangguan hubung singkat yang paling besar. Relai 1 bekerja jika terjadi gangguan pada sisi 150 kV sebesar 0,12 kA, dengan waktu kerja relai 1,004 detik, peran dari kedua relai ini sebagai relai cadangan pengaman pada sisi 150 kV dan 20 kV dimana waktu kerja relai sesuai dengan arus hubung singkat yang terjadi semakin besar arus hubung singkat maka semakin cepat waktu kerja relai begitupun sebaliknya semakin kecil arus hubung singkat semakin lama waktu kerja relai untuk trip. Kerja antara relai 2 dan relai 1 akan diutamakan waktu trip lebih cepat untuk relai yang dekat dengan titik lokasi gangguan dengan arus hubung singkat yang besar, serta didapat juga data berdasarkan Gambar 8 jika diberi gangguan 1 fasa ke tanah relai yang bekerja adalah GFR.

Setelah didapat hasil perhitungan *setting* OCR dan GFR, langkah selanjutnya adalah membandingkan data hasil perhitungan dengan kondisi di PLN.

TABEL 6. PERBANDINGAN HASIL PERHITUNGAN DENGAN KONDISI DI PLN SISI 150 KV

| Perbandingan <i>Setting</i> Relai OCR/GFR sisi 20 kV | | | | | |
|--|----------------|------------|------------|-------------------|------------|
| No. | <i>Setting</i> | PLN | | Hasil Perhitungan | |
| | | OCR | GFR | OCR | GFR |
| 1. | Iset | 5.2 A | 0.85 A | 5.196 A | 0.86 A |
| 2. | TMS | 0.18 detik | 0.15 detik | 0.11 detik | 0.12 detik |

TABEL 7. PERBANDINGAN HASIL PERHITUNGAN DENGAN KONDISI DI PLN SISI 150 KV

| Perbandingan <i>Setting</i> Relai OCR/GFR sisi 150 kV | | | | | |
|---|----------------|------------|------------|-------------------|------------|
| No. | <i>Setting</i> | PLN | | Hasil Perhitungan | |
| | | OCR | GFR | OCR | GFR |
| 1. | Iset | 0.92 A | 0.39 A | 0.92 A | 0.23 A |
| 2. | TMS | 0.38 detik | 0.42 detik | 0.17 detik | 0.08 detik |

Pada tabel 6 dan 7 dapat dilihat terdapat perbedaan nilai hasil perhitungan dengan kondisi di PLN, perbedaan nilai tersebut terjadi disebabkan oleh berbedanya penentuan Iset dan waktu kerja relai (*Top*), dimana arus kerja relai dipengaruhi oleh nilai arus hubung singkat.

Relai arus lebih (OCR) harus terputus pada nilai arus hubung singkat 2 fasa minimum, $I_{max} < I_{set} < 0.8 I_{hs2\phi min}$ [5]. Jika I_{max} tidak diketahui maka bisa digunakan I_n pada trafo, jika dilihat dari kaidah tersebut nilai *setting* relai OCR dan GFR baik hasil perhitungan maupun kondisi di PLN yang terdapat pada pada tabel 6 dan 7 telah sesuai, dengan nilai arus hubung singkat 2 fasa minimum sebesar 3983.6 A maka 1732.05 A < 1905.255 A < 3186.88 A.

Arus gangguan tanah yang terjadi dapat bernilai kecil atau bahkan besar tergantung nilai hambatan yang dilalui arus ketika terjadi gangguan 1 fasa. Jika yang dilalui nilai impedansi nya besar, maka arus hubung singkat satu fasa tanah nilainya menjadi kecil, begitupun sebaliknya jika yang dilalui nilai impedansi nya kecil, maka arus hubung singkat satu fasa tanah nilainya menjadi besar. Relai GFR juga mempertimbangkan pola pengamanan pentanahan (*grounding*) pada jaringan listrik dan peralatan-peralatan listrik.

Berdasarkan tabel 6 dan 7 dapat dilihat nilai hasil perhitungan mendapat waktu kerja lebih cepat daripada kondisi waktu kerja relai di PLN, yang berarti OCR dan GFR hasil perhitungan memiliki keandalan yang baik dibandingkan dengan *setting* waktu relai kondisi di PLN, sehingga saat terjadi gangguan relai dapat bereaksi untuk memerintahkan CB agar membuka lebih cepat tetapi masih dalam tingkat keandalan yang baik, dengan *Grading Time* untuk waktu kerja relai yaitu 0.3 detik. Nilai tersebut memenuhi syarat *grading time* sesuai IEC 60255, sehingga *setting* relai sesuai dan dalam keadaan baik dan andal.

IV. KESIMPULAN

Hasil perhitungan arus hubung singkat baik untuk hubung singkat 3 fasa, 2 fasa dan 1 fasa ke tanah, arus gangguan hubung singkat yang terbesar terjadi pada jarak 25% dari panjang penyulang, untuk arus hubung singkat 3 fasa sebesar 18619 A pada sisi 20 kV, arus hubung singkat 2 fasa sebesar 16021 A pada sisi 20 kV, dan untuk 1 fasa ketanah sebesar 885,05 A pada

sisi 20 kV juga. Sedangkan arus hubung singkat terkecil terjadi pada jarak 100% dari panjang penyulang dan pada sisi 150 kV, untuk arus hubung singkat 3 fasa sebesar 2482,4 A, arus hubung singkat 2 fasa sebesar 2136,19 A dan untuk arus hubung singkat 1 fasa ke tanah sebesar 103,92 A. Besarnya arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak titik gangguan, semakin jauh jarak titik gangguan maka semakin kecil arus gangguan hubung singkatnya begitu pula sebaliknya semakin dekat jarak titik gangguan maka semakin besar arus gangguan hubung singkatnya.

Pada setting rele OCR dan GFR menggunakan karakteristik *standard inverse* (SI). Untuk *setting* OCR sisi 20 kV didapat nilai TMS=0,11, sedangkan *setting* OCR sisi 150 kV didapat nilai TMS=0,17. Penyetelan GFR pada sisi 20 kV didapat nilai TMS=0,12, sedangkan *setting* GFR sisi 150 kV didapat nilai TMS=0,08. *Grading time* untuk waktu kerja relai sebesar 0,3 detik. Nilai tersebut masih memenuhi syarat *grading time* sesuai IEC 60255 sehingga, *setting* relai masih dalam keadaan baik dan andal.

Pada simulasi ETAP 16 koordinasi relai pada sisi 150 kV dan 20 kV menunjukkan tidak ada garis yang berpotongan pada saat diberi gangguan 3 fasa, tetapi terdapat garis berpotongan pada saat diberi gangguan 1 fasa ke tanah dikarenakan penentuan nilai TMS pada relai sisi 150 kV lebih cepat dibandingkan sisi 20 kV, tetapi untuk koordinasi waktu kerja sudah baik dimana relai dengan gangguan arus hubung singkat lebih besar memiliki waktu kerja lebih cepat dibandingkan relai dengan arus gangguan hubung singkat yang lebih kecil.

Setting relai terdapat perbedaan antara nilai hasil perhitungan dengan kondisi di PLN, perbedaan nilai tersebut terjadi disebabkan oleh berbedanya penentuan *Iset* dan waktu kerja relai (*Top*), nilai hasil perhitungan mendapat waktu kerja lebih cepat daripada kondisi waktu kerja relai di PLN, yang berarti OCR dan GFR hasil perhitungan memiliki keandalan yang baik dibandingkan dengan *setting* waktu relai kondisi di PLN, sehingga saat terjadi gangguan relai dapat bereaksi untuk memerintahkan CB agar membuka lebih cepat tetapi masih dalam tingkat keandalan yang baik

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Ilmiah, M. P. Alfidin, P. Studi, T. Elektro, F. Teknik, and U. M. Surakarta, "PENGARUH SISTEM PENGETANAHAN TERHADAP ARUS GANGGUAN TANAH PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 kV DI PLN PALUR DENGAN MENGGUNAKAN ETAP 12.6," 2016.
- [2] P. P. (PERSERO) P. D. P. P. B. JAWA-BALI, "Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali Edisi Pertama : September 2013," no. September, p. 513, 2013.
- [3] A. Laksono, H. Hermawan, and A. Nugroho, "Evaluasi Koordinasi Proteksi Relay Arus Lebih Dan Relay Gangguan Tanah Pada Penyulang Kedonganan Dan Gardena Gi Nusa Dua Menggunakan Etap 12.6.0," *Transient*, vol. 7, no. 1, p. 277, 2018.
- [4] P. D. A. N. Kontrol, "Proteksi dan kontrol busbar," p. 2014, 2014.
- [5] L. Sugesti, A. N. Afandi, and H. Putranto, "Analisis Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah Pada Sistem Proteksi Transformator 60 MVA di Gardu Induk 150 kV Cibatu," pp. 20–23.
- [6] J. Pltn, "Transformator Daya dan Cara Pengujiannya," no. April 2001, pp. 1–6, 2020.
- [7] T. T. D. Ngedi, "Pengggunaan Over Current Relay Dalam System Tenaga Listrik," *Pengggunaan Over Curr. Relay Dalam Syst. Tenaga List.*, pp. 5–16, 2016.
- [8] G. F. Relay, R. Earth, and F. Relay, "Ground Fault Relay and Restricted Earth Fault Relay," pp. 1–8, 2020.
- [9] A. Populer and T. D. Kami, "Posted by Alif Permana | Jun 12, 2018 | Teknologi | 0 □ | □ □ □ □," 2020.
- [10] D. S. Arum, P. Studi, T. Elektro, F. Teknik, and U. M. Surakarta, "Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik," 2018.