

ANALISIS PENGGUNAAN RELE DIFERENSIAL SEBAGAI PROTEKSI TRANSFORMATOR 66 MVA DI PLTMG SUMBAGUT 2 PEAKER POWER PLANT 250 MW

Deuria Keumala, Andik Bintoro, Salahuddin, Habib Muharry Yusdartono

Jurusan Teknik Elektro Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe
Jl. Cot Tengku Nie Reuleut, Utara, Reuleut Timur, Aceh.
E-mail : andik@unimal.ac.id

Abstrak— Salah satu proteksi pada transformator daya adalah relay diferensial, relay diferensial adalah relay yang mampu bekerja tanpa adanya koodinasi dari relay lainnya. Sehingga cara waktu kerja relay diferensial bisa dibuat secepat mungkin dari relay lainnya. Sistem proteksi yang didukung oleh setting yang bagus pada relay diferensial untuk menghindari kegagalan proteksi dan meningkatkan operasional sistem transmisi. Metode penelitian ini menggunakan data yang didapat dari PLTMG SUMBAGUT 2 PEAKER POWER PLANT 250 yang kemudian dilakukan perhitungan secara matematis untuk menentukan rasio current transformator , error mismatch, arus sekunder CT, arus diferensial, arus restelain, percent slope, dan arus setting. Ketika terjadi arus setting 0,147 ampere relay diferensial akan merespon sehingga akan membuka CB dengan besar arus yang terjadi pada saat terganggu adalah 50.000 ampere. Ketika terjadinya masukan 66 MVA dengan arus 50.000 ampere dan tegangan 7.000 volt sehingga akan direspon oleh relay diferensial untuk mengamankan transformator. Ketika transformator dihubungkan kembali namun tidak mengalami permasalahan serius karena tegangan kecil dan durasi gangguannya juga kecil sehingga masih aman untuk transformator.

Keywords— Relay Diferensial, Proteksi, Transformator Daya

I. PENDAHULUAN

Sistem kelistrikan memiliki komponen utama dalam penyaluran energi listrik yaitu transformator, energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit disalurkan ke konsumen melalui sistem tenaga listrik. Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari beberapa bagian yaitu pembangkitan, pengiriman daya pada bagian transmisi dan penyaluran (distribusi). Jarak antara pembangkit listrik dengan beban letaknya sangat jauh sehingga membutuhkan transformator daya untuk menaikkan dan menurunkan tegangan agar rugi-rugi yang terjadi selama proses penyaluran tenaga listrik dapat diminimalisir. Pada saat pengoperasian dari transformator sering mengalami gangguan, sehingga dapat menghambat kerja dari transformator, oleh sebab itu dibutuhkan pengamanan serta pengaturan untuk memproteksi transformator agar berkerja dengan normal untuk kelancaran operasional pada suatu sistem tenaga listrik. Proteksi tenaga listrik merupakan suatu bentuk perlindungan terhadap peralatan listrik yang berfungsi untuk menghindari

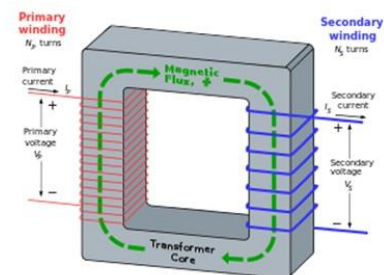
kerusakan dari peralatan dan untuk menjaga stabilitas penyaluran tenaga listrik. Pada transformator daya salah satu pengamanan yang digunakan adalah rele diferensial. Salah satu pengamanan utama transformator adalah rele diferensial. Prinsip kerja rele Diferensial yaitu apabila ada perbedaan vektor dari dua besaran listrik atau lebih [1].

II. DASAR TEORI

Transformator Daya

Fungsi dari transformator daya adalah memindahkan daya dari satu rangkaian ke rangkaian lain, dengan mengubah tegangan, tanpa mengubah frekuensi. Transformator terdiri atas kumparan dan satu induktansi mutual.

Bentuk fisik transformator merupakan induktansi mutual (timbal balik) antara kedua rangkaian yang dibutuhkan oleh suatu fluks magnetik bersama yang melewati suatu jalur dengan reluktansi rendah. Dua buah kumparan transformator memiliki induktansi mutual yang tinggi. Apabila suatu kumparan disambungkan pada suatu sumber listrik tegangan bolak-balik, maka didalam inti yang berlaminiasi akan timbul fluks bolak-balik, yang sebagian besar akan mengait pada kumparan lainnya, dan di dalamnya akan terinduksi suatu gaya gerak listrik (ggl).

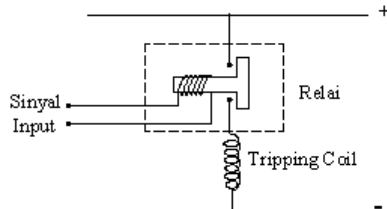


Gambar 1. Gambar Elektromagnetik pada Trafo

Rele Proteksi

Rele proteksi merupakan susunan dari peralatan yang difungsikan untuk dapat merasakan atau mengukur ketika terjadi gangguan atau mulai merasakan adanya ketidak normalan pada suatu peralatan atau bagian dari sistem tenaga listrik, pengamanan akan secara otomatis memberi perintah untuk memutuskan dan memisahkan peralatan atau

bagian dari sistem yang mengalami gangguan, serta memberi isyarat berupa lampu atau bel. Rele proteksi merasakan adanya gangguan pada peralatan yang diamankan dengan melakukan pengukuran atau membandingkan besaran-besaran yang diterimanya, misalnya arus, tegangan, daya, sudut fase, frekuensi, impedansi dan sebagainya, dengan besaran yang telah ditentukan, kemudian bekerja secara seketika ataupun dengan perlambatan waktu membuka pemutus tenaga.



Gambar 2. Prinsip Kerja Relay Proteksi

Relay Differensial

Proteksi utama pada transformator adalah relay differensial, bekerja secepat mungkin saat terjadi gangguan. Relay differensial tidak dapat dijadikan sebagai relay cadangan dikarenakan pemasangannya dibatasi oleh kedua transformator arus disisi incoming dan outgoing. Proteksi relay differensial bekerja dengan metode keseimbangan arus yakni sesuai dengan hukum arus kirchoff yaitu , arus yang menuju/masuk sama dengan arus yang meninggalkan/keluar pada titik sambungan/cabang [2].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Transformator

| | |
|--------------------------|--------------------------------------|
| Project Name | Sumbagut 2 Peaker Power Plant 250 MW |
| Standart | IEC 60076 |
| Rated frequency | 50 Hz |
| Range Type | MPT |
| Range Capacity (MVA) | 40/66 |
| Rated voltage (kV) | |
| • High Voltage (HV) | 275 |
| • Low Voltage (LV) | 11 |
| Rated Current (A) | |
| • High Voltage (HV) | 840/138.6 |
| • Low Voltage (LV) | 2099.5/3464.1 |
| Quantity | 1 |
| Vector Group | Ynd1 |
| Placement Position | Outdoor |
| Winding Arrangement | Core/LV/HV/Tap |
| Rating Voltage (kV) | |
| • Primary winding (HV) | 275 |
| • Secondary Winding (LV) | 11 |

| | |
|---|--------------------------------------|
| Project Name | Sumbagut 2 Peaker Power Plant 250 MW |
| Highest Voltage (Um-Kv) | |
| • Primary winding (HV) | 12 |
| • Secondary Winding (LV) | 300 |
| Impluse Withstand Voltage (LI-kVp) | |
| • Primary winding (HV) | 75 |
| • Secondary Winding (LV) | 1050/ $HV_N = 95$ |
| Power Frequency Withstand Voltage (Ac-kv) | |
| • Primary winding (HV) | 28 |
| • Secondary Winding (LV) | 460/ $HV_N = 38$ |
| Switching Impluse Withstand Voltage (Ac-kv) | |
| • Primary winding (HV) | NA |
| • Secondary Winding (LV) | 850 |
| Tap Changer at Primary Winding | |
| • Type of regulating voltage | On load |
| • Number of step | +8/-8 Step |
| • % turn per step | 01.25 |
| • Tap changer manufacture | MR |
| • Type-varian | VM III 300Y-123-10193WR |

Hasil

Untuk menghitung rasio CT, terlebih dahulu menghitung arus rating. Arus *rating* berfungsi sebagai batas pemilihan rasio CT.

Perhitungan arus *rating* menggunakan rumus :

$$I_{rating} = 110\% \times I_{nominal}$$

Dimana :

$$I_{nominal} = \frac{S}{\sqrt{3} \times v}$$

I_n = Arus Nominal (A)

S = Daya tersalur (MVA)

V = teganga pada sisi primer dan sekunder (kV)

I_n atau arus nominal merupakan arus yang mengalir pada masing-masing jaringan (tegangan tinggi dan tegangan rendah).

Arus nominal tegangan tinggi 275 kV :

$$I_n = \frac{66.000.000}{\sqrt{3} \times 275.000}$$

$$I_n = 141,17 A$$

Arus nominal tegangan rendah 11 kV :

$$I_n = \frac{66.000.000}{\sqrt{3} \times 11.000}$$

$$I_n = 3.529,41 \text{ A}$$

I_{rating} untuk tegangan tinggi 275 kV :

$$I_{rat} = 110\% \times 141,17$$

$$I_{rat} = 155,287 \text{ A}$$

I_{rating} untuk tegangan rendah 11 kV :

$$I_{rat} = 110\% \times 3.529,41$$

$$I_{rat} = 3.882,35 \text{ A}$$

Error mismatch adalah pada sisi primer dan skunder transformator terjadi perbedaan arus dan tegangan serta terjadi pergeseran fasa di trafo tersebut. Menghitung besarnya arus *mismatch* yaitu dengan cara membandingkan rasio *CT* ideal dengan *CT* yang ada di pasaran, dengan ketentuan *error* tidak boleh melebihi 5% dari rasio *CT* yang dipilih. Perhitungan besarnya *mismatch* menggunakan rumus :

$$\text{Error mismatch} = \frac{CT \text{ ideal}}{CT \text{ terpasang}} \%$$

Dimana :

$$\frac{CT_2}{CT_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

CT (ideal) = Trafo arus ideal

V_1 = tegangan sisi tinggi

V_2 = tegangan sisi rendah

Error mismatch disisi tegangan tinggi 275 kV :

$$CT_1 \text{ (ideal)} = CT_2 \times \frac{V_2}{V_1}$$

$$CT_1 \text{ (ideal)} = \frac{4000}{1} \times \frac{11}{275}$$

$$CT_1 \text{ (ideal)} = 160 \text{ A}$$

$$\text{Error mismatch} = \frac{160}{200} \%$$

$$\text{Error mismatch} = 0,8 \%$$

Error mismatch disisi tegangan rendah 11 kV :

$$CT_1 \text{ (ideal)} = CT_2 \times \frac{V_2}{V_1}$$

$$CT_1 \text{ (ideal)} = \frac{200}{1} \times \frac{11}{275}$$

$$CT_1 \text{ (ideal)} = 8 \text{ A}$$

$$\text{Error mismatch} = \frac{8}{4000} \%$$

$$\text{Error mismatch} = 0,002 \%$$

Arus sekunder *CT* merupakan arus yang di keluarkan *CT*.

$$I_{sekunder} = \frac{1}{rasio \text{ CT}} \times in$$

Arus sekunder *CT* sisi tegangan tinggi 275 kV :

$$I_{sek} = \frac{1}{200} \times 141,17 \text{ A}$$

$$I_{sek} = 0,705 \text{ A}$$

$$I_{sekunder} = \frac{1}{rasio \text{ CT}} \times in$$

Arus sekunder *CT* sisi tegangan rendah 11 kV :

$$I_{sek} = \frac{1}{4000} \times 3.529,41 \text{ A}$$

$$I_{sek} = 0,88 \text{ A}$$

4.2.4 Arus Diferensial

Arus diferensial merupakan arus selisih antara arus sekunder *CT* sisi tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah. Rumus untuk menentukan arus diferensial yaitu :

$$I_{dif} = I_2 - I_1$$

Dimana :

I_{dif} = Arus Diferensial

I_1 = Arus Sekunder CT_1

I_2 = Arus Sekunder CT_2

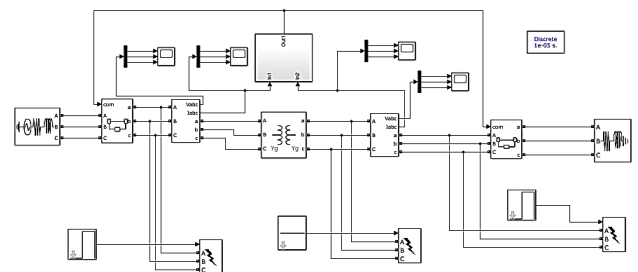
Perhitungan arus diferensial :

$$I_{dif} = 0,705 - 0,88$$

$$I_{dif} = -0,175$$

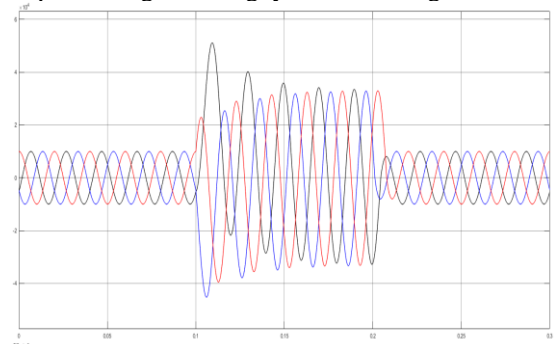
$$I_{dif} = 0,175 \text{ A}$$

Setelah melakukan perhitungan secara manual, penulis melakukan perbandingan menggunakan bantuan software *MATLAB* dengan simulasi Simulink model system relay diferensial yang dapat dilihat pada Gambar 3.

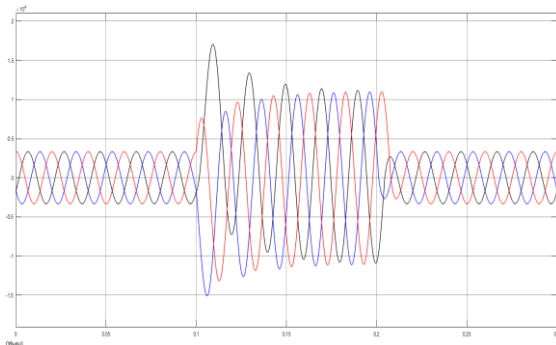


Gambar 3. Simulasi Simulink Model Sistem Relay Diferensial

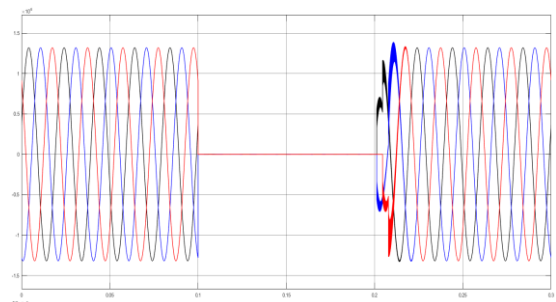
Setelah membuat design menggunakan *MATLAB* akan mendapatkan hasil gambar gelombang tegangan dan arus yang masuk ke trafo step up dan keluar dari trafo step up. Pada simulasi ini dilakukan tiga percobaan untuk membandingkan tiga kondisi waktu terjadinya gangguan pada relay diferensial. Dimana pada kondisi pertama dibuat waktu gangguan selama 0.2 detik. Kemudian kondisi kedua dibuat dengan waktu 0.3 detik dan kondisi ketiga selama 0.5 detik. Dari hasil simulasi diperoleh gelombang 3 fasa yaitu fasa R,S,T. Dimana warna hitam adalah fasa R, warna biru adalah fasa S, dan warna merah adalah fasa T. Adapun hasil gelombangnya adalah sebagai berikut:



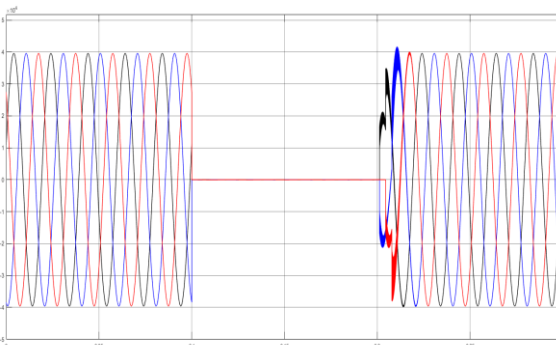
Gambar 4. Hasil Gelombang Arus pada Scope 1 pada Percobaan Pertama



Gambar 5. Hasil Gelombang Arus pada Scope 2 pada Percobaan Pertama



Gambar 6. Hasil Gelombang Tegangan pada Scope 3 pada Percobaan Pertama



Gambar 7. Hasil Gelombang Tegangan pada Scope 4 pada

Pembahasan

Dengan menghitung besarnya arus *mismatch* yaitu dengan cara membandingkan rasio *CT* ideal dengan *CT* yang ada di pasaran, *CT* yang dipilih ketentuan *error* tidak boleh melebihi 5% dari rasio. Hasil dari perhitungan yang telah dilakukan diperoleh nilai *CT*₁ ideal sebesar 160 A dan *error mismatch* yang diperoleh sebesar 0,8% dan *Error mismatch* pada *CT*₂ sebesar 0,002% dengan hasil perhitungan *CT* ideal sebesar 8 A. Kemudian diperoleh nilai selisih antara trafo arus terpasang dan trafo arus ideal sebesar 40 A pada sisi tegangan tinggi dan 3.992 A pada sisi tegangan rendah.

Pada perhitungan ini juga bisa kita dapatkan arus *restrain* yaitu sebesar 0,792A. Muncunya nilai ini disebabkan oleh perubahan tap trafo daya ketika arus diferensial naik akibat perubahan rasio di sisi tegangan tinggi dan tegangan rendah sehingga rele diferensial tidak bekerja karena bukan merupakan gangguan. Selanjutnya *Slope* didapat dengan cara membagi antara arus diferensial dengan arus *restrain*.

Slope 1 akan menentukan arus diferensial dan arus *restrain* pada saat kondisi normal, sedangkan *slope* 2 berguna supaya rele diferensial tidak bekerja oleh gangguan eksternal dengan arus gangguan yang besar sehingga salah satu *CT* mengalami saturasi. Setelah arus *restrain* dan *Slope* didapatkan maka kita dapat mencari nilai arus setting.

Pada percobaan pertama waktu gangguan yang dimasukkan pada sistem model Simulink relay diferensial dengan waktu selama 0.2 detik. Adapun gambar gelombang arus yang dihasilkan seperti pada Gambar 4 dan 5, sedangkan bentuk gelombang tegangannya terlihat pada Gambar 6 dan 7. Kemudian pada percobaan kondisi kedua dibuat waktu gangguannya selama 0.3 detik.

Selanjutnya dan kondisi ketiga dibuat waktu gangguannya selama 0.5 detik. Pada bentuk gelombang arus yang mengalami gangguan ditandai dengan bentuk amplitudo gelombang besar yaitu berada di tengah. Sedangkan pada bentuk gelombang tegangan yang mengalami gangguan ditandai dengan bentuk amplitudo gelombang yang kecil atau seperti garis lurus.

Percobaan kedua bentuk gelombang arus yang dihasilkan pada saat mengalami gangguan sama dengan percobaan pertama hanya saja bentuk amplitudonya semakin panjang karena waktu gangguannya lama dari percobaan pertama. Begitu juga pada bentuk gelombang tegangan yang dihasilkan, gelombang lurus semakin panjang karena lama waktu gangguannya dari percobaan pertama. Pada percobaan ketiga juga hampir sama dengan percobaan sebelumnya hanya saja waktu gangguannya lebih lama sehingga bentuk gambar gelombang arusnya yang mengalami gangguan lebih panjang, begitu juga dengan bentuk gambar gelombang tegangannya, dimana gambar gelombang yang mengalami gangguan yaitu bentuk garis lurusnya lebih panjang dari percobaan sebelumnya. Pada percobaan ini bentuk gelombang arus dan tegangan yang dihasilkan dari gelombang masukan ke transformator dan gelombang keluaran dari transformator sama atau tidak berbeda.

IV. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dengan melakukan setting waktu selama 0.2 detik dengan gangguan 50.000 ampere maka relay akan merespon melakukan trip pada sisi incoming dan out going maka *CT* akan bekerja dengan arus setting 0,174 ampere. Begitupun pada setting waktu 0.3 detik, dan 0,5 detik.
2. Ketika terjadi gangguan arus yang mengalami perubahan yang sangat signifikan, sedangkan tegangannya tidak mengalami gangguan yang tidak signifikan. Terjadinya transien ketika terjadi penghubung kembali antara transistem

V. REFERENSI

- [1] D. Hariyono, "Analisa Proteksi Relay Diferensial Terhadap Gangguan Eksternal Transformator," *Saintek*

- ITM*, vol. 32, no. 2, pp. 37–43, 2019, doi: 10.37369/si.v32i2.60.
- [2] E. S. Nasution, F. I. Pasaribu, Yusniati, and M. Arfianda, “Rele diferensial sebagai proteksi pada transformator daya pada gardu induk,” *Ready Start*, vol. 02, no. 1, pp. 179–186, 2019.
- [3] N. R. Fitriani, “Analisis penggunaan rele diferensial sebagai proteksi pada transformator daya 16 mva di gardu induk jajar,” *Publ. Ilm. Progr. Stud. Tek. ELEKTRO Fak. Tek. Univ. MUHAMMADIYAH SURAKARTA 2017*, 2017.
- [4] Badaruddin and R. Kumiawan, “Setting Relai Diferensial Pada Transformator Daya,” *Pros. SNPPTI*, 2012.
- [5] M. Simulink, “Memulai Simulink.”
- [6] T. Dengan and M. Matlab, “Simulasi Differential Relay Trafo Dengan Menggunakan Matlab,” pp. 3–5.
- [7] “Model-Based and System-Based Design Writing S-Functions How to Contact The MathWorks ;,” *Direct*.
- [8] A. W. M. (Jos. van Schijndel, “A review of the application of SimuLink S-functions to multi domain modelling and building simulation,” *J. Build. Perform. Simul.*, vol. 7, no. 3, pp. 165–178, 2014, doi: 10.1080/19401493.2013.804122.