

ANALISIS SISTEM PROTEKSI DIFFERENTIAL RELAY PADA TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA DI GARDU INDUK LANGSA MENGGUNAKAN SIMULINK MATLAB

Sayed Muhammad Farabi, Raihan Putri

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh Lhokseumawe, Muara Satu, Aceh Utara, Aceh, Indonesia
Email : sayed.170150038@mhs.unimal.ac.id

Abstrak-Transformator daya merupakan elemen penting dan harus dilindungi. Untuk mengurangi tingkat kerusakan pada transformator selama gangguan, harus dilindungi dengan cepat dan perlindungan yang sangat selektif. Untuk mencapai tujuan ini maka rele differential sangat cocok digunakan. Penelitian ini simulasi rele differensial telah berhasil dilakukan dengan menggunakan MATLAB/simulink. Pendekatan yang dilakukan ialah untuk melindungi transformator daya terhadap gangguan internal dan eksternal dari sistem tenaga. Dalam tugas akhir ini penggunaan transformator daya pada GI Langsa. Rasio CT yang terpasang pada GI Langsa adalah 300:1 pada sisi tegangan 150 KV dan 2000:1 pada sisi tegangan 20 KV. Untuk nilai *error mismatch* di dapatkan pada sisi tegangan 150 KV senilai 0,0886% dan untuk sisi tegangan 20 KV senilai 1,125%. Kemudian untuk arus sekunder CT pada sisi tegangan 150 KV didapatkan senilai 0,7689 A dan untuk sisi tegangan 20 KV di dapatkan senilai 0,8860 A. Pada arus differensial menunjukkan selisih nilai pada I1 dan I2 sebesar 0,1162 A. Selanjutnya untuk arus penahan di dapatkan nilai sebesar 0,8279 A. Untuk arus setting di dapatkan 0,1155 A tetapi untuk membuat setting rele differensial dibuat sebesar 0,3 A dengan harapan setting yang di dapatkan dapat membuat kinerja rele differensial optimal terhadap gangguan pada transformator daya.

Kata kunci :*Matlab Simulation, Matlab Modeling, Simulink Simulation, Power System Protection, Differential Protection Relay.*

I. PENDAHULUAN

Transformator daya merupakan elemen penting serta harus dilindungi. Transformator berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari tegangan tinggi ke rendah atau sebaliknya dan diharapkan beroperasi secara maksimal karena dapat mempengaruhi distribusi tenaga listrik.

Sistem proteksi merupakan suatu bentuk perlindungan terhadap peralatan listrik yang berguna menghindari kerusakan peralatan dan juga agar stabilitas penyaluran tenaga listrik tetap terjaga. Bagian dari sistem proteksi adalah trafo arus atau trafo tegangan, pengawatan, dan sumber AC/DC. Trafo arus terbagi menjadi dua fungsi yaitu sebagai pengukuran dan proteksi. Salah satu rele yang digunakan yaitu rele diferensial yang merupakan pengamanan utama transformator yang bekerja tanpa koordinasi dengan rele yang lain[2].

Sistem proteksi harus dapat bekerja untuk memutus arus gangguan yang muncul pada sistem dengan cepat dan selektif. Adanya sistem proteksi tersebut berfungsi untuk

melindungi peralatan dari kerusakan akibat adanya arus gangguan. Selain itu, sistem proteksi juga berfungsi untuk membatasi dampak gangguan sehingga kontinuitas suplai daya ke beban tetap optimal[2].

Rele Diferensial adalah suatu rele yang bekerja bila ada perbedaan vektor dari dua besaran listrik atau lebih yang melebihi besaran yang telah ditentukan. Prinsip kerja rele diferensial ini adalah dengan cara membandingkan dua besaran arus pada sisi primer dan arus pada sisi sekunder pada transformator arus (CT) serta arus yang masuk ke rele. Kerja rele diferensial ini dibantu oleh dua buah transformator arus (CT) dimana dalam keadaan normal, transformator arus yang pertama dan transformator yang kedua dibuat suatu ratio sedemikian rupa, sehingga arus pada kedua transformator arus tersebut sama besar[9].

II. DASAR TEORI

2.1 Transformator Daya

Transformator daya merupakan suatu alat listrik yang dapat memindahkan mengubah energi listrik dari rangkaian listrik yang satu kerangkaian listrik lainnya melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan kerja induksi elektromagnetik [7].

Transformator merupakan komponen utama dalam sistem tenaga listrik pada saluran distribusi dan transmisi baik di pembangkit (*power plant*) atau gardu induk (*switch yard*). Transformator daya adalah suatu alat berupa motor listrik statis yang berfungsi untuk menghantarkan arus, tegangan, daya, dan frekuensi. Sebuah transformator dapat mengubah nilai arus dan tegangan itu sendiri, artinya dalam transformator terdapat kumparan untuk menaikkan tegangan (*step up*) dan menurunkan tegangan (*step down*) dengan nilai frekuensi yang tetap sama [7].

Gangguan pada transformator daya terdiri dari gangguan internal dan gangguan eksternal.

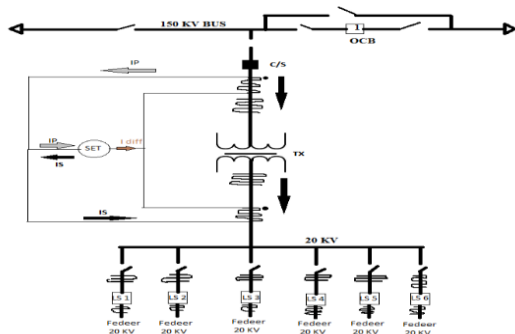
2.2 Rele Differensial

Rele diferensial memiliki banyak bentuk dan macamnya, dan tergantung dari peralatan yang diamankan. Sistem proteksi secara umumnya digunakan untuk proteksi pada generator, transformator daya, busbar dan saluran transmisi. Sistem proteksi diferensial memiliki prinsip keseimbangan (*balance*) atau membandingkan arus-arus sekunder transformator arus yang terpasang pada terminal peralatan/instalasi listrik yang diproteksi [9].

Rele differensial dikondisikan kedalam 3 yaitu sebagai berikut.

a) Rele Diferensial pada Keadaan Normal

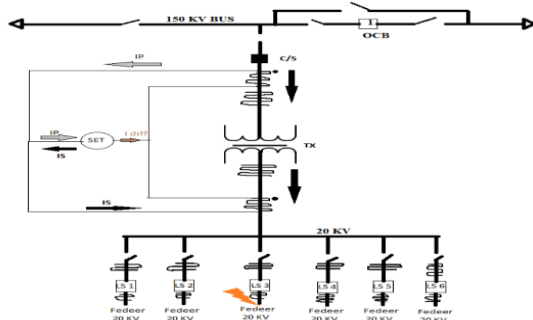
Dalam keadaan normal, arus mengalir melalui peralatan/ instalasi listrik yang diproteksi yaitu transformator daya dan arus-arus transformator arus, yaitu I1 dan I2 bersirkulasi melalui path IA. Jika rele diferensial dipasang antara terminal 1 dan terminal 2, maka dalam kondisi normal tidak akan ada arus yang mengalir melaluinya.



Gambar 2.1 Rele Diferensial Dalam Keadaan Normal

b) Keadaan Gangguan Diluar Daerah Proteksi

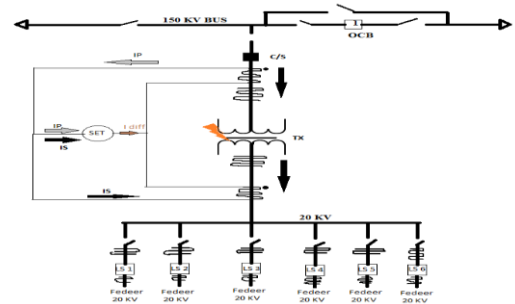
Bila dalam keadaan gangguan diluar dari transformator daya yang diproteksi (*external fault*), maka arus yang mengalir akan bertambah besar akan tetapi sirkulai akan tetap sama dengan pada kondisi normal dengan demikian rele diferensial tidak akan bekerja.



Gambar 2.2 Rele Diferensial Diluar Daerah Proteksi

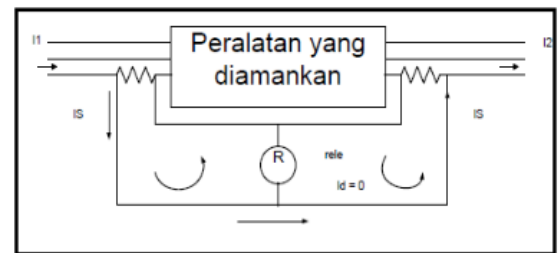
c) Keadaan Gangguan Didalam Daerah Proteksi

Jika gangguan terjadi didalam proteksinya pada transformator daya yang diproteksi (*internal fault*), maka arah sirkulasi arus disalah satu sisi akan terbalik, menyebabkan *balance* pada kondisi normal terganggu, akibatnya arus Id akan mengalir melalui rele diferensial dari terminal 1 menuju ke terminal 2 maka terjadi selisih arus didalam rele, selanjutnya rele tersebut akan mengoperasikan CB untuk memutus.



Gambar 2.3 Rele Diferensial Didalam Daerah Proteksi

Adapun Rele diferensial memiliki 2 jenis sebagaimana yang telah di jelaskan pada sebelumnya yang



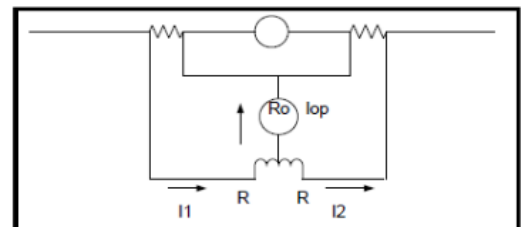
terdiri dari Rele Arus Diferensial dan Rele Persentase Diferensial.

a) Rele Arus Diferensial

Rele arus diferensial menggunakan besaran arus yang masuk dan keluar dari peralatan yang diamankan untuk dibandingkan didalam sirkuit diferensial. Setiap perbedaan arus yang digunakan untuk menggerakkan rele tersebut dengan demikian masing-masing fasa dibandingkan.

Gambar 2.4 Rele Arus Diferensial

b) Rele Persentase Diferensial



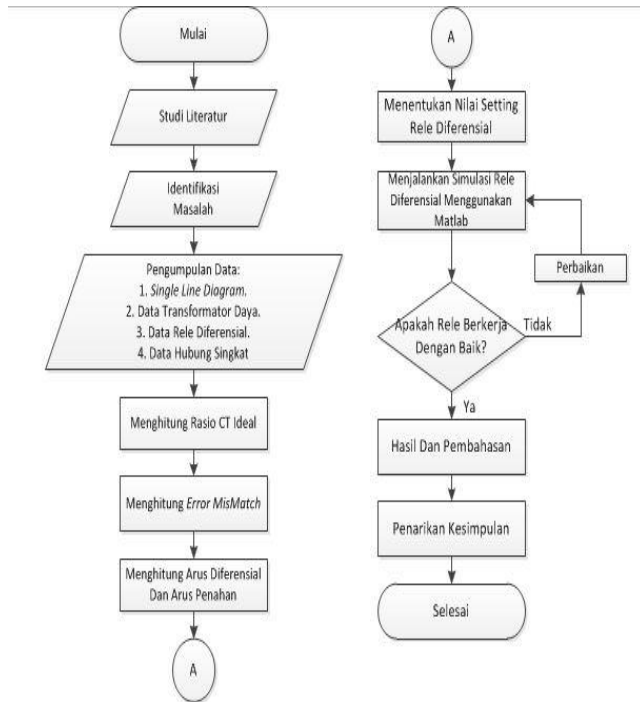
Rele persentase diferensial mempunyai ciri kerja yang hampir sama dengan rele arus diferensial, hanya saja rangkaian diferensialnya melalui kumparan penahan (*restraining coil*). Arus diferensial yang diperlukan untuk mengerjakan rele mempunyai besaran yang bervariasi masuk ke rele sebanding dengan $(I1 - I2)$ dan arus yang mengalir dalam *restrain coil* sebanding dengan $((I1 + I2)/2)$ karena kumparan kerja dihubungkan ditengah kumparan penahan (*restraining coil*).

Gambar 2.5 Rele Presentase Diferensial

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tahap Penelitian

Tahap awal dalam melakukan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di PT.PLN Gardu Induk Langsa yang terletak di jalan Medan-Banda aceh, Desa Alue Dua. Gardu Induk Langsa Memiliki dua Transformator daya dimana terdapat 1 unit transformator daya 60 MVA dan 1 unit transformator daya 30 MVA dan penelitian ini berlangsung dalam 6 (enam) bulan, yaitu dari September 2021 sampai Februari 2022.

3.3 Pengumpulan Data Sekunder

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder ada pada PT.PLN Gardu Induk Langsa adapun data yang di ambil adalah data one line diagram GI langsa, data spesifikasi Transformator Daya GI Langsa data setting rele diffrensial.

Tabel 3.1 Data Sekunder Dari Gardu Induk Langsa

Transformator Daya	Merek	Siemens
	Tipe	7SR1205
	Nomor Seri	GF1602500981
	Tegangan Sisi Primer	150 KV
	Tegangan Sisi Sekunder	20 KV
	Frekuensi	50 Hz
	Impedansi	12,275 Ohm
	Kapasitas Daya	60 MVA
Rasio CT	Sisi 150 KV	300 : 1
	Sisi 20 KV	2000 : 5
Rele Diferensial	Merek	Schneider
	Tipe	P632
	Nomor Seri	36123723/03/12
	Arus Setting	0,3 A
	Arus Nominal	1 A
	Slope 1	30%
	Slope 2	70%

3.4 Pemodelan Relai Diferensial Menggunakan MATLAB

Model sistem tenaga disimulasikan dan dilakukan menggunakan simulink pada Matlab. Rele diferensial dirancang untuk merespon pemutus sirkuit ketika ada perbedaan arus dari kedua CT. Pertama, arus pada transformator primer dan sekunder akan dibaca serta mengidentifikasi perbedaan arus yang diukur dari sisi setiap sisi. Kemudian diberikan gangguan listrik untuk menguji sistem sehingga relai akan merespon setiap perubahan arus yang mengalir melalui transformator dan informasi dikumpulkan dari hasil *tripping* dalam sistem.

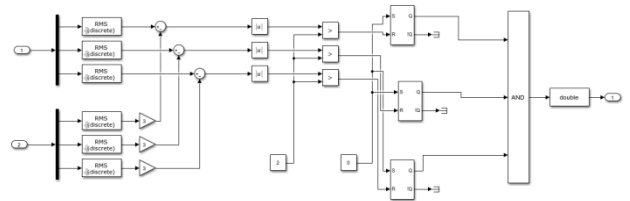
3.4.1 Operasi Sirkuit Diagram Simulink

Gambaran umum sistem distribusi tenaga listrik terdiri dari sumber tiga fasa yang dihubungkan dengan pemutus tiga fasa. Kemudian saluran transmisi dihubungkan ke pemutus dan diantaranya terdapat pengukuran VI tiga fasa yang digunakan untuk mengukur nilai arus beban. Pada bagian terakhir, beban RLC seri tiga fasa dihubungkan diujung saluran transmisi yang menyerupai beban untuk sistem tenaga.

3.4.2 Blok *Subsystem* Rele Diferensial

Blok diagram *subsystem* rele diferensial merupakan tempat pengolahan data yang diterima pada sisi CT transformator daya.

3.5 Pengujian Simulasi Rele Diferensial



Gambar 3.2 *Subsystem* rele diferensial

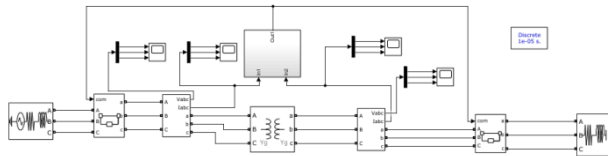
Untuk mengetahui bagaimana tingkat kordinasi relai pada penelitian ini, maka akan diuji melalui simulasi menggunakan aplikasi Matlab. Pengujian yang dilakukan pada simulasi ini ialah melakukan skenario setelah menentukan peletakan posisi gangguan, maka pengujian dilakukan dengan dua gangguan yaitu :

- a. Gangguan tiga fasa (L-L-L)
- b. Gangguan satu fasa

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

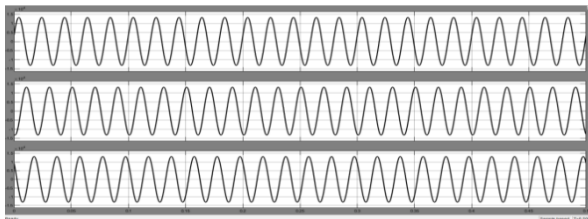
4.1 Hasil Simulasi

4.1.1 Hasil Simulasi Tanpa Gangguan

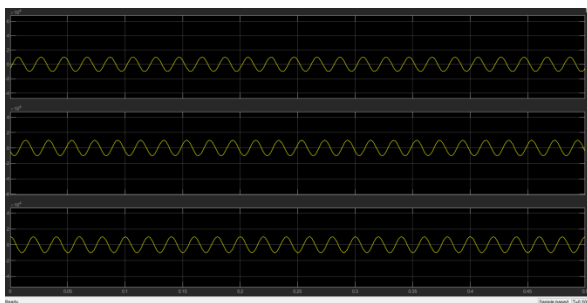


Gambar 4.1 Hasil rangkaian simulasi

Pengujian rangkaian dilakukan dengan waktu 0,5 detik. Kemudian hasil keluaran pada saat pengujian ialah grafik tegangan serta grafik arus tiga fase.



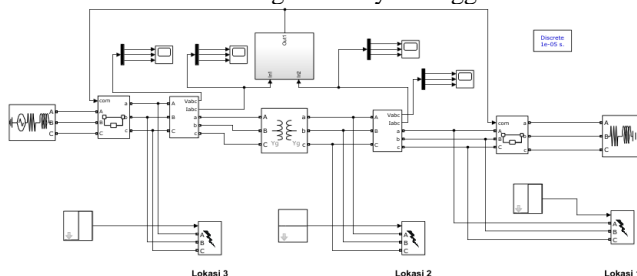
Gambar 4.2 Tampilan tegangan tanpa gangguan



Gambar 4.3 Tampilan arus tanpa gangguan

Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 menunjukkan kondisi rele diferensial tidak memberikan sinyal trip pada CB sehingga pada keadaan ini sistem tenaga listrik berjalan dengan normal.

4.1.2 Hasil Simulasi Dengan Adanya Gangguan



Gambar 4.4 Tampilan rangkaian dengan simulasi

Pengujian rangkaian dilakukan dengan waktu 0,5 detik. Kemudian hasil keluaran pada saat pengujian ialah grafik tegangan serta grafik arus tiga dengan menggunakan 3 sisi gangguan.

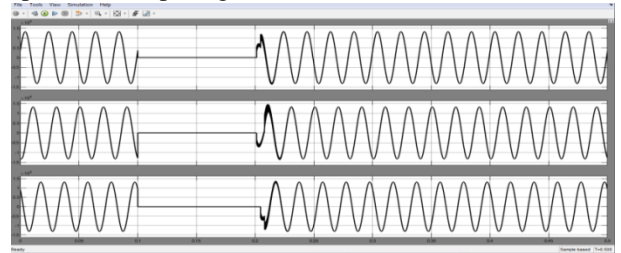
4.1.3 Gangguan Tiga Phasa (line to line to line)

a) Pada Sisi ke-I

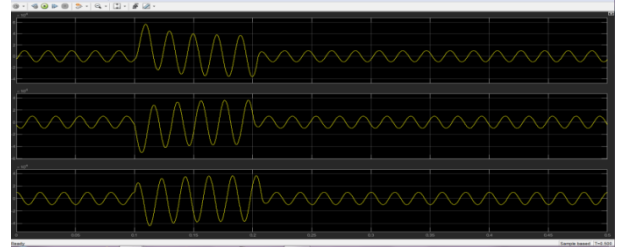
Pada sisi ini tidak terjadinya pemutusan tegangan disebabkan gangguan terjadi di luar zona proteksi dari rele diferensial.

b) Pada Sisi ke-II

Pada Sisi ini sistem tenaga listrik terjadi pemutusan seperti terlihat pada gambar 4.5 dan 4.6



Gambar 4.5 Tampilan grafik tegangan pada sisi ke-II

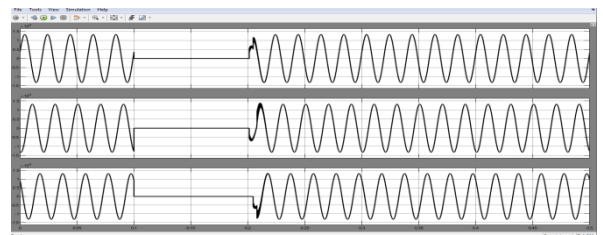


Gambar 4.6 Tampilan grafik arus pada sisi ke-II

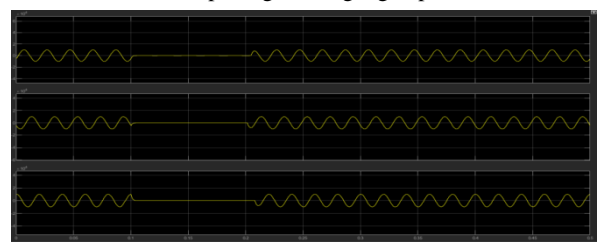
Gambar 4.5 dan 4.6 merupakan grafik tegangan dan grafik arus tiga phasa yang dihasilkan dengan gangguan tiga phasa pada jalur sisi ke-II. Gambar diatas juga menunjukkan bahwasanya subsistem atau rele diferensial mendeteksi arus dalam keadaan abnormal sehingga mengirimkan sinyal pada CB untuk melakukan pemutusan sistem tenaga pada phasa R,S dan T.

c) Pada Sisi ke III

Pada Sisi ini sistem tenaga listrik terjadi pemutusan sistem tenaga listrik seperti terlihat pada Gambar 4.7 dan 4.8



Gambar 4.7 Tampilan grafik tegangan pada sisi ke-III



Gambar 4.8 Tampilan grafik arus pada sisi ke-III

Pada grafik tegangan 4.7 dapat dilihat putusnya aliran tegangan mengakibatkan tegangan yang mengalir pada saat

terjadi gangguan bernilai nol. Sedangkan nilai arus yang mengalir pada transformator daya juga bernilai nol. Hal ini berbeda pada saat dilakukan pengujian dengan gangguan pada lokasi output. Fungsional dari SR *flip-flop* bekerja dengan baik dikarenakan pada saat kondisi tidak ada arus yang mengalir rele differensial tetap mengirimkan sinyal pemutusan pada CB sehingga transformator di isolasi dari grid seperti terlihat pada Gambar 4.8.

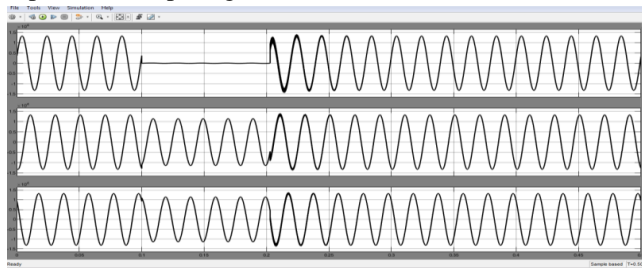
4.1.4 Gangguan Satu Fasa

a) Pada Sisi Ke-I

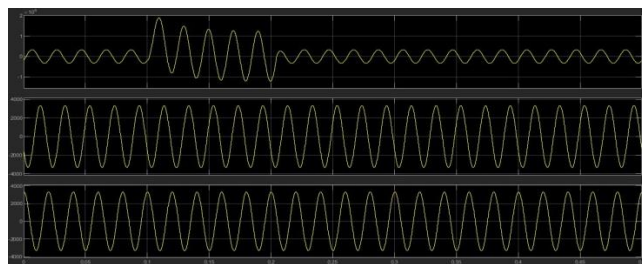
Pada Sisi ini tidak terjadinya pemutusan tegangan disebabkan gangguan terjadi di luar zona proteksi dari rele differensial.

b) Pada Sisi Ke-II

Pada Sisi ini sistem tenaga listrik terjadi pemutusan seperti terlihat pada gambar 4.9 dan 4.10



Gambar 4.9 Tampilan grafik tegangan pada sisi ke-II

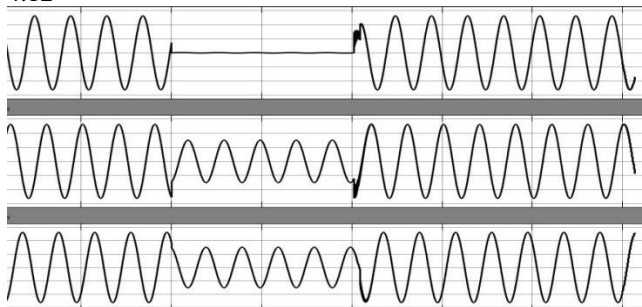


Gambar 4.10 Tampilan grafik arus pada sisi Ke-II

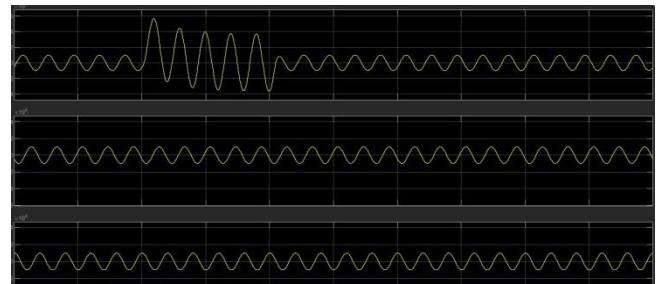
Gambar 4.9 dan 4.10 merupakan grafik tegangan dan arus yang dihaikan dari gangguan satu fasa pada jalur sisi ke-II. Gambar diatas juga menunjukkan bahwasanya rele differensial mendeteksi arus dalam keadaan tidak normal pada paha R sehingga mengirimkan sinyal pada CB untuk melakukan pemutusan sistem tenaga pada paha R.

c) Pada Sisi Ke-III

Pada Sisi ini sistem tenaga listrik terjadi pemutusan sistem tenaga listrik seperti terlihat pada Gambar 4.11 dan 4.12



Gambar 4.11 Tampilan grafik tegangan pada Sisi ke-III



Gambar 4.12 Tampilan grafik arus pada sisi ke-III

Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 merupakan tampilan grafik hasil simulasi gangguan satu fasa pada sisi ke-III. Hasil simulasi tegangan yang didapatkan dengan lokasi input terjadinya pemutusan pada aliran paha R serta mengalami penurunan tegangan pada paha S dan T. Perubahan yang terjadi pada kedua grafik ini ialah gangguan yang terjadi pada satu fasa sehingga menyebabkan pergeseran paha.

4.2 Hasil Perhitungan Matematis

Hasil perhitungan matematis akan dijelaskan pada poin-poin yang terdapat dibawah ini:

4.2.1 Perhitungan Nilai Rasio CT

a. Arus Nominal Pada Sisi Primer 150 KV

$$I_{N1} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_p}$$

$$I_{N1} = \frac{60.000.000}{\sqrt{3} \times 150.000}$$

$$I_{N1} = \frac{60.000.000}{259.807,62}$$

$$I_{N1} = 230,940 \text{ A}$$

b Arus Nominal Pada Sisi Sekunder 20 KV

$$I_{N2} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_s}$$

$$I_{N2} = \frac{60.000.000}{\sqrt{3} \times 20.000}$$

$$I_{N2} = \frac{60.000.000}{34.641,03}$$

$$I_{N2} = 1732,051 \text{ A}$$

c Arus Rattng Pada Sisi Primer 150 KV

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

$$I_{rat} = 110\% \times 230,940 \text{ A}$$

$$I_{rat} = 254,034 \text{ A}$$

d Arus Rattng Pada Sisi Sekunder 20KV

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

$$I_{rat} = 110\% \times 1732,051 \text{ A}$$

$$I_{rat} = 1905,256 \text{ A}$$

4.2.2 Perhitungan Error Mismatch

a. Error mismatch pada sisi tegangan primer 150 KV

$$ErrorMistach = \frac{CT_{ideal}}{CT_{terpasang}} \%$$

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

$$CT_1 (Ideal) = CT_2 \times \frac{v_1}{v_2} = \frac{2000}{1} \times \frac{20}{150}$$

$$= 2000 \times 0,1333 = 266,6 A$$

$$Error\ mismatch = \frac{266,6}{300} \% = 0,886\%$$

b. *Error mismatch* pada sisi tegangan sekunder 20 KV

$$ErrorMistach = \frac{CT_{ieal}}{CT_{terpasang}} \%$$

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

$$CT_2 (Ideal) = CT_1 \times \frac{v_1}{v_2} = \frac{300}{1} \times \frac{150}{20} = 300 \times 7,5$$

$$= 2250 A$$

$$Error\ mismatch = \frac{2250}{2000} \% = 1,125\%$$

4.2.3 Perhitungan Nilai Arus Sekunder CT

a. Arus sekunder pada sisi tanganan tinggi 150KV

$$I_{sekunder} = \frac{1}{rasioCT} \times I_n$$

$$I_{sekunder} = \frac{1}{300} \times 230,940 A$$

$$I_{sekunder} = 0,7698 A$$

b. Arus sekunder pada sisi tegangan rendah 20KV

$$I_{sekunder} = \frac{1}{rasioCT} \times I_n$$

$$I_{sekunder} = \frac{1}{2000} \times 1732,051 A$$

$$I_{sekunder} = 0,8860 A$$

4.2.4 Perhitumgan Nilai Arus Diferensial

$$I_{diff} = I_2 - I_1 = 0$$

$$I_{diff} = 0,7698 - 0,8860$$

$$I_{diff} = 0,1162 A$$

4.2.5 Perhitungan Nilai Arus Penahan (Restain)

$$I_r = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

$$I_r = \frac{0,7689 + 0,8860}{2}$$

$$I_r = 0,8279 A$$

4.2.6 Perhitungan Nilai Slope

a. Perhitungan Slope1

$$slope1 = \frac{I_d}{I_r} \times 100\%$$

$$slope1 = \frac{0,1162}{0,8279} \times 100\%$$

$$slope1 = 14\%$$

b. Perhitungan Slope2

$$slope2 = \left(\frac{I_r}{I_d} \times 2 \right) \times 100\%$$

$$slope2 = \left(\frac{0,1162}{0,8279} \times 2 \right) \times 100$$

$$slope2 = 28\%$$

4.2.7 Perhitungan Nilai Arus Setting

$$I_{set} = \%slope \times I_{restain}$$

$$I_{set} = 14\% \times 0,8279 A$$

$$I_{set} = 0,14 \times 0,8279 A$$

$$I_{set} = 0,1159 A$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan tersebut Dengan di dapatkan nilai setting relay diffrensial menggunakan teori perhitungan matematis maka berikut perbandingan nilai setting perhitungan teori matematis dengan nilai setting yang terdapat pada gardu induk langsa yang akan di tunjukkan pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Data perbandingan nilai seting relay diffrensial

Data Setting Relay Diffrensial	Setting GI Langsa	Setting hasil penghitungan teori
Arus Setting	1 A	0,1159 A
Slope 1	30%	14%
Slope 2	70%	28%
Arus Retting Sisi Primer 150 KV	300 A	230,940 A
Arus Retting Sisi Sekunder 20 KV	2000 A	1732,051 A
Arus diferensial	0,3 A	0,1159 A

Berdasarkan tabel 4.2 terdapat perbedaan yang sangat jelas antara nilai setting GI Langsa dan nilai perhitungan teori. Hal tersebut dikarnakan pada saat pemasangan rele diffrensial pada setiap GI perlu adanya pertimbangan arus *inrush* saat transformator *energize* dan arus eksitasi transformator.

4.2.8 Perhitungan Gangguan Pada Transformator Daya

Perhitungan gangguan pada transformator daya dapat kita berikan contoh pada gardu induk langsa yang pernah terjadi gangguan hubung singkat sebesar 21075 A pada sisi 20 KV yang menyebabkan rele diffrensial bekerja. Adapun perhitungan matematisnya sebagai berikut:

a. Arus gangguan pada sisi 20 KV sebesar 21075 A

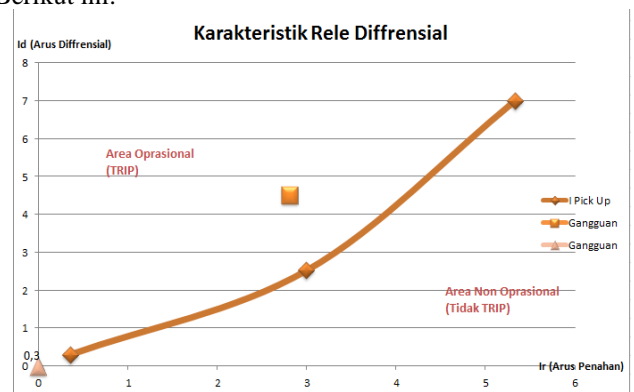
$$I_{sekunderCT} = \frac{I_f}{CT_2} = \frac{21075}{2000} = 10,53 A$$

$$I_{sekunderACT} = \frac{I_{sekunderCT}}{I_2} = \frac{10,53}{0,866} = 12,16 A$$

$$I_d = I_{sekunderACT} - I_1 = 12,16 - 0,769 = 11,391 A$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat di buat grafik karakteristik rele diffrensial seperti gambar 4.13

Berikut ini:



Gambar 4.13 Grafik Krakteristik Rele Diffrensial Pada Gangguan 21075 A

Berdasarkan perhitungan dan gambar 4.16 arus gangguan pada sisi 20 KV adalah 21075 A dan menghasilkan nilai arus sekunder CT2 sebesar 12,16 A serta arus diffrensial sebesar 11,391 A, Oleh karena itu rele difrensial akan mengirim perintah agar PMT trip di sebabkan nilai arus diffrensial lebih besar dibandingkan dengan arus setting rele.

- b. Arus gangguan yang dapat menyebabkan I_{diff} menjadi 0,3 A

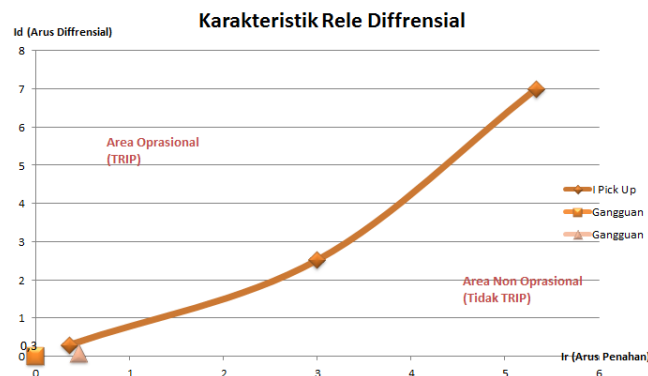
Adapun arus gangguan yang dapat menjadikan I_{diff} menjadi 0,3 adalah sebagai berikut:

$$I_{seksunder}^{ACT} = I_1 + I_d = 0,769 + 0,3 = 1,069 \text{ A}$$

$$I_{seksunder}^{CT} = I_{seksunder}^{ACT} \times I_2 = 1,069 \times 0,866 = 0,925 \text{ A}$$

$$I_N \text{ 20kV} = I_{seksunder}^{CT} \times CT_2 = 0,925 \times 2000 = 1850 \text{ A}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat di buat grafik karakteristik rele diffrensial seperti gambar 4.14 Berikut ini:



Gambar 4.14 Grafik Karakteristik Rele Diffrensial Pada Gangguan Idiff

Berdasarkan dari perhitungan dan gambar 4.14 dapat di simpulkan bahwa pada saat I_{diff} sebesar 0,3 A maka arus maksimal yang dapat mengalir pada sisi tegangan rendah sebesar 1850 A, artinya batas arus yang boleh melewati pada sisi tegangan rendah adalah 1850 A jika melebihi 1850 A maka rele diffrensial akan memberi perintah PMT untuk trip.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

- Menurut perhitungan data setting rele diffrensial rasio CT pada sisi 150 KV senilai 230,940 A dan sisi 20 KV senilai 1732,051 A, error mismatch sebesar pada sisi 150 KV atau primer senilai 0,886% dan sisi 20 KV atau sekunder senilai 1,125%, untuk nilai arus sekunder CT pada sisi primer senilai 0,7689 A dan sisi sekunder senilai 0,8860 A, untuk arus diffrensial senilai 0,1162 A, dan untuk arus penahan senilai 0,8279 A, untuk slope 1 senilai 14% untuk slope 2 senilai 28%, sedangkan untuk arus setting senilai 0,1159 A.
- Menurut pemodelan sistem proteksi diferensial untuk gangguan yang terjadi pada transformator

daya yang disimulasikan menggunakan SIMULINK MATLAB dengan parameter yang aktual (nyata), bentuk gelombang arus untuk setiap jenis gangguan muncul sesuai terhadap kasus yang faktual serta asumsi setandart penilaian. Maka rele diferensial dapat dimodelkan sertadi simulasikan dengan menggunakan Simulink Matlab.

VI. REFERENSI

- A. S. F. Rajagukguk, M. Pakiding, dan M. Rumbayan, "Kajian Perencanaan Kebutuhan dan Pemenuhan Energi Listrik di Kota Manado," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 4, no. 3, hal. 1–11, 2015. [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/view/7972>.
- Subianto, "Studi Sistem Proteksi Rele Diferensial Pada Transformator Pt. Pln (Persero) Keramasan Palembang," hal. 32–41, 2015.
- H. Prasetyo dan F. Romadhona, "Analisis Kerja Rele Overall Differential Pada Generator Unit I PLTA Ketenger PT Indonesia Power UBP Mrica," *Din. Rekayasa*, vol. 6, no. 2, hal. 67–78, 2010.
- A. S. Sampeallo, Nursalim, dan M. A. S. Sagho, "Evaluasi Penyetelan Rele Jarak Pada Jaringan," vol. IX, no. 1, hal. 1–9, 2020.
- A. R. Priambodo, T. Sukmadi, dan M. Facta, "Analisis Setting Dan Koordinasi Rele Jarak," *Transient*, vol. 7, no. 1, hal. 223–229, 2018.
- N. Tenda dan L. S. Patras, "Penyusutan Daya Listrik Pada Penyulang Jaringan Transmisi Isimu Marisa," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 5, no. 1, hal. 75–83, 2016, doi: 10.35793/jtek.5.1.2016.11612.
- E. Pratama dan I. Lestari, "MAINTENANCE PREVENTIVE PADA TRANSFORMATOR STEP-DOWN AV05 DENGAN KAPASITAS 150KV DI PT. KRATAU DAYA LISTRIK," *Pros. Semin. Nas. Pendidik. FKIP*, vol. 3, no. 01, hal. 485–493, 2020.
- Y. Badruzzaman dan F. Himawati, "Keandalan Rele Differential sebagai Pengaman Utama Transformator terhadap Gangguan Arus Hubung Singkat di GIS Randugarut," *Jtet*, vol. 3 No.3, hal. 159–167, 2014.
- H. B. Utomo, M. I. R. T. Elektro, P. N. Bandung, dan K. Kunci, "ANALISA SISTEM PROTEKSI RELE DEFERENSIAL PADA TRAFU 60MVA DI GARDU INDUK BANDUNG UTARA MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6.0," hal. 4–5, 2021.
- N. S. Azizan *et al.*, "Simulation of differential relay for transformer protection," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 767, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/767/1/012004.
- A. Hashim dan H. Waleed, "Modeling and simulation of Differential Protection Relay Based on MATLAB Simulation," vol. 7, no. August 2018, hal. 1–8, 2020.