

ANALISA SISTEM PROTEKSI RELE DEFERENSIAL PADA TRAFO 60MVA DI GARDU INDUK BANDUNG UTARA MENGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6.0

Heri Budi Utomo¹, Muhammad Ilham R²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

¹E-mail : iatki.hbu@gmail.com

²E-mail : milhamr26@gmail.com

ABSTRAK

System proteksi pada peralatan listrik berfungsi untuk mengidentifikasi adanya gangguan serta mengurangi terjadinya kerusakan dengan membatasi daerah yang terganggu. Proteksi utama pada transformator tenaga yaitu Rele deferensial. Rele deferensial adalah salah satu alat proteksi utama pada transformator yang bekerja dengan waktu cepat tanpa koordinasi dengan rele lain.. Maka dari itu penulis akan menganalisa system proteksi Rele deferensial pada Trafo 60MVA di GI Bandung Utara dengan melakukan pengambilan data dan perhitungan secara manual serta disimulasikan menggunakan ETAP 12.6.0 . Hasil yang didapatkan dari hasil perhitungan rasio ct pada sisi 150 KV senilai 230,94 A dan sisi 20 KV senilai 1732,05 A, error mismatch senilai 1,125%, arus sekunder CT I1 senilai 0,769 A dan I2 senilai 0,866 A, Id senilai 0,097 A, Ir senilai 0,817 A, Slope senilai 11,18%, dan Isetting senilai 0,397 A. Melihat hasil yang di peroleh dari perhitungan dan hasil uji di lapangan terjadi perbedaan hasil di lapangan Idef 0,096A, Irestrain 0,818 A,dan Iset 0,3 A dikarenakan ada beberapa factor seperti tahanan gangguan, hasil uji di lapangan, dan human error. Hasil dari simulasi rele deferensial yaitu rele deferensial dapat bekerja apabila arus deferensial lebih besar dari arus setting maka rele deferensial akan bekerja secara optimal dengan memerintahkan CB untuk trip.

Kata Kunci

Transformator, system proteksi, Rele Deferensial

1. Pendahuluan

Pada saat ini Perkembangan Teknologi sangat berperan penting untuk kepentingan individu di era modern ini. Seiring Dengan kemajuan Teknologi pada era modern ini, sumber energi listrik adalah elemen paling penting dan sangat dibutuhkan oleh Masyarakat dan khususnya dikalangan Industri. Gardu Induk adalah Transformator daya yang salah satunya harus dilindungi dari gangguan. Sering kali terjadi gangguan pada saat penyaluran daya listrik dengan daya yang cukup besar sehingga mengakibatkan terputusnya kelangsungan pelayan energi listrik ke konsumen.[1] Transformator adalah suatu alat atau mesin yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga atau daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah ataupun sebaliknya. Pada proses penyuplaian tenaga listrik sering terjadi gangguan , sehingga diperlukan peralatan proteksi agar dapat mengamankan gangguan tersebut.[2] Salah satu system proteksi yang dapat digunakan pada transformator yaitu Rele Deferensial. Rele diferensial adalah salah satu alat proteksi utama pada transformator yang bekerja dengan waktu cepat tanpa koordinasi dengan rele lain. Rele deferensial bekerja bila ada perbedaan vektor dari dua besaran listrik atau lebih yang melebihi besaran yang telah ditentukan, rele deferensial juga tidak dapat digunakan sebagai backup protection atau proteksi cadangan .[3] Tujuan penelitian ini untuk menganalisa system proteksi Rele deferensial pada Trafo 60MVA di Gardu Induk Bandung Utara dengan melakukan

pengambilan data dan melakukan perhitungan secara manual serta disimulasikan menggunakan ETAP 12.6.0. Data penelitian ini diambil dari hasil pengujian pada Gardu Induk Bandung Utara. Metode yang digunakan peneliti menggunakan Perangkat lunak Etap 12.6.0 dan perhitungan secara matematis. Hasil penelitian ini adalah membandingkan hasil perhitungan dengan hasil uji di lapangan serta mensimulasikan Sistem proteksi rele deferensial pada saat kondisi normal dan pada saat kondisi gangguan.

2. Teori dasar

2.1 Pengertian Transformator

Transformator daya merupakan suatu alat listrik statis, yang dipergunakan untuk memindahkan daya dari satu rangkaian ke rangkaian lain, dengan mengubah tegangan, tanpa mengubah frekuensi. Dalam bentuknya yang paling sederhana transformator terdiri atas kumparan dan satu induktansi mutual. Kumparan primer adalah yang menerima daya, dan kumparan sekunder tersambung pada beban. Kedua kumparan dibelit pada suatu inti yang terdiri atas material magnetik berlaminasi.[4]

Landasan fisik transformator adalah induktansi mutual (timbal balik) antara kedua rangkaian yang dibutuhkan oleh suatu fluks magnetik bersama yang melewati suatu jalur dengan reluktansi rendah.

2.1.1 Bagian bagian Transformator

1. Inti Besi

Inti besi (core) berfungsi untuk mempermudah jalan fluks, yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang diisolasi oleh silicon, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh arus pusar atau eddy current.

2. Belitan

Belitan atau winding terdiri dari tembaga ataupun aluminium berisolasi yang mengelilingi inti besi, dimana saat arus bolak-balik mengalir pada belitan tersebut, inti besi akan terinduksi dan menimbulkan fluks magnetik.

3. Bushing

Hubungan antara kumparan transformator ke jaringan luar melalui terminal yaitu bushing, yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator, yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki transformator.

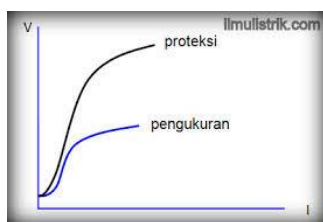
4. Tangki dan Radiator T

Tangki transformator berfungsi sebagai tempat diletakkannya belitan dan tempat minyak transformator, tangki transformator terhubung dengan radiator..[5]

2.2 Transformator Arus CT

Trafo arus (CT) adalah peralatan pada sistem tenaga listrik yang berupa trafo yang digunakan untuk pengukuran arus yang besarnya mencapai ratusan ampere dan arus yang mengalir pada jaringan tegangan tinggi.

CT dalam sistem tenaga listrik digunakan untuk keperluan pengukuran dan proteksi. Perbedaan mendasar pada kedua pemakaian di atas adalah pada kurva magnetisasinya



Gambar 2.1 Kurva kejenuhan untuk pengukuran dan proteksi

Sumber: Jurnal Arfiandi

- Untuk pengukuran, memiliki kejenuhan sampai dengan 120% arus rating tergantung dari kelasnya, hal ini untuk mengamankan meter pada saat gangguan
- Untuk proteksi, memiliki kejenuhan cukup tinggi sampai beberapa kali arus rating.[6]

2.1.1 Ratio Transformator Arus

Transformator arus pada pengaman rele diferensial dipasang pada sisi tegangan primer dan sisi tegangan sekunder transformator, oleh karena itu rasio

transformasi harus dipilih sedemikian rupa sehingga besar arus sekunder pada kedua trafo arus sama atau paling tidak mendekati sama, Untuk menghitung arus rating menggunakan rumus :[7]

$$I_{rat} = 110\% \times I_{nominal} \quad (1)$$

Dimana :

I_{rat} = Arus Rating (A)

$I_{nominal}$ = Arus Nominal (A)

2.1.2 Error Mismatch

Error mismatch merupakan kesalahan dalam membaca perbedaan arus dan tegangan di sisi primer dan sekunder transformator serta 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. Untuk menghitung besarnya nilai error mismatch menggunakan rumus :

$$Error\ mismatch = \frac{ct\ ideal}{ct\ terpasang} \% \quad (2)$$

$$\frac{CT_2}{CT_1} = \frac{V_1}{V_2} \quad (3)$$

Dimana :

CT (Ideal) = Trafo Arus (Ideal)

V_1 = Tegangan dibagian sisi tinggi

V_2 = Tegangan dibagian rendah

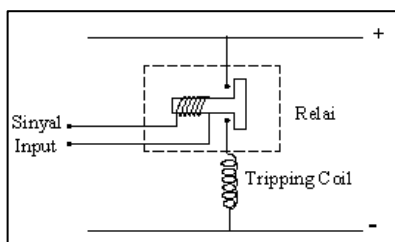
2.1.3 Arus Sekunder Current

Arus sekunder pada CT (Current Transformator) adalah arus yang dikeluarkan dari CT itu sendiri. Arus sekunder CT dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$I_{sekunder} = \frac{1}{rasio\ CT} \times I_n \quad (4)$$

2.4 Relai Proteksi

Relai proteksi adalah susunan peralatan yang direncanakan untuk dapat merasakan atau mengukur adanya ketidak normalan pada peralatan atau bagian sistem tenaga listrik dan bekerja secara otomatis untuk mengatur atau memberikan informasi agar segera membuka pemutus tenaga.[8] Rele dapat bekerja apabila mendapatkan sinyal input yang melebihi dari setting rele tersebut. Besaran ukur yang dipakai untuk sinyal input yaitu berupa arus, tegangan, impedansi, daya, arah daya, pemanasan, pembentukan gas, frekuensi, gelombang eksplosi dan sebagainya. Rele dikatakan kerja (operasi), apabila kontak-kontak dari rele tersebut bergerak membuka dan menutup dari kondisi awalnya. Apabila rele mendapat satu atau beberapa sinyal input sehingga dicapai suatu harga pick-up tertentu, maka rele kerja dengan menutup kontak-kontaknya. Maka rele akan tertutup sehingga tripping coil akan bekerja untuk memutuskan beban.



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Rele proteksi
Sumber: jurnal Hima

Pada keadaan ini system tenaga listrik akan terputus karena disebabkan oleh adanya gangguan

2.5 Rele Differensial

Rele diferensial merupakan rele pengaman yang bekerja berdasarkan keseimbangan, yang membandingkan arus-arus sekunder transformator arus (CT) yang terpasang pada terminal peralatan atau instalasi listrik yang diamankan.

Rele diferensial berkerja dengan cara membandingkan arus yang masuk dan arus yang keluar di wilayahnya Perbandingan tersebut menunjukkan ada atau tidaknya gangguan di dalam trafo. [9]

2.5.1 Jenis-Jenis Rele Deferensial

1. Rele Arus Deferensial

Rele arus diferensial menggunakan besaran-besaran arus yang masuk dan yang keluar dari peralatan yang diamankan untuk dibandingkan di dalam sirkuitdiferensial

2. Rele Presentase Diferensial

Rele presentase diferensial mempunyai ciri kerja yang hampir sama dengan rele arus diferensial, hanya saja rangkaian diferensialnya melalui kumparan penahan (restraining coil).

2.5.2 Fungsi Rele Deferensial

Fungsi rele diferensial pada trafo adalah sebagai pengaman utama dari gangguan hubung singkat dari kumparan trafo. Pada operasi normalnya sebuah rele diferensial hanya akan melihat gangguan di daerah kerjanya dan tidak terpengaruh dengan gangguan dari luar. [10]

2.5.3 Prinsip Kerja Rele Deferensial

Prinsip dasar rele diferensial berdasarkan Hukum Kirchoff dimana arus masuk dari suatu titik sama dengan arus keluar pada titik tersebut ($I_1=I_2$), yang dimaksud titik pada rele diferensial adalah daerah pengaman yang dibatasi oleh dua CT.[11]

Adapun prinsip kerja rele diferensial ini terjadi dalam tiga keadaan, yaitu dalam keadaan normal, keadaan gangguan diluar daerah proteksi dan gangguan didalam daerah proteksi.

1. Rele diferensial pada keadaan normal

Dalam keadaan normal, arus mengalir melalui peralatan / instalasi listrik yang diproteksi yaitu transformator daya, dan arus-arus tranformator arus, yaitu I_1 dan I_2 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.

2. Rele diferensial pada gangguan di luar daerah proteksi

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

3. Rele diferensial pada gangguan di dalam daerah proteksi.

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

2.5.4 Setting Kerja Rele Defferensial

Untuk menentukan besarnya nilai arus diferensial, arus restrain (penahan), slope dan arus setting pada rele diferensial menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$I_d = I_2 - I_1 \quad (5)$$

$$I_r = \frac{I_1 + I_2}{2} \quad (6)$$

$$\text{slope} = \frac{I_d}{I_r} \times 100\% \quad (7)$$

$$I_{\text{setting}} = \% \text{slope} \times I_r \quad (8)$$

Dimana :

I_d = Arus diferensial

I_r = Arus restrain (penahan)

I_{setting} = Arus setting pada rele diferensial Slope = Batas ambang kemampuan kumparan penahan[12]

3. Metode Penelitian

3.1 Studi Literatur

Untuk memudahkan dalam penyusunan tugas akhir , penulis melakukan studi literatur tugas akhir melalui jurnal jurnal serta penelitian yang telah dilakukan dan berkaitan dengan system proteksi rele deferensial pada trafo 60mva di Gardu Induk. Setelah mendapatkan jurnal yang cocok untuk di jadikan peneltian kemudian penulis menentukan metode penelitian yang akan digunakan.

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data diambil dari hasil uji lapangan di Gardu Induk Bandung utara.

3.3 Perhitungan Data

Data yang sudah dikumpulkan kemudian di hitung secara matematis seperti rasio CT, error mismatch, arus sekunder CT, arus defferensial, arus panahan, presentase slope, dan arus setting Rele deferensial

3.4 Simulasi Sistem Proteksi Rele Defferensial pada Trafo 60 MVA menggunakan Software Etap 12.6.0

Setelah dilakukan Perhitungan secara matematis dan di bandingkan dengan hasil uji dilapangan, kemudian mensimulasikan system proteksi rele deferensial pada trafo 60 MVA untuk mengetahui kinerja dari system proteksi rele defferensial tersebut.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Spesifikasi dan Setting

Pengambilan data yang telah didapatkan di Gardu Induk Bandung Utara 150KV dengan trafo tenaga kapasitas daya 60MVA dan memiliki tegangan primer 150KV dan tegangan sekunder 20KV. Data data yang di peroleh dari Gardu Induk Bandung Utara adalah sebagai berikut.

Tabel 1, Data Spesifikasi Trafo

Data Transformator Daya	
Merk/Tipe	Pauwels
No.Serial	3011100068
Pabrik	-
Kapasitas trafo	60MVA
Tegangan sisi primer	150KV
Tegangan Sisi Sekunder	20KV
Sambungan	YNyn0 (d)
Impedansi	12,36%
Frekuensi	50 HZ

Tabel 2. Data rasio CT

Tabel 3. Data rele deffere nsial

Rasio CT			
150KV		20KV	
Primer	Sekunder	Primer	Sekunder
300	5	2000	5

Rele Defferensial	
Merk	Schneider electric
Type	MICOM P632
No. Serial	36057706/10/11
Rasio CT1	300/5
Rasio CT2	2000/5

Tabel 4. Data Pengujian menggunakan injek 1phasa-1

Phasa	R,S,T	
Sisi Tegangan	150 KV	120 KV
	Hasil Ukur	Hasil Ukur
I pick up (Amp)	1,70 A	1,94 A
Drop Off (Amp)	1,68 A	1,89 A
Waktu Kerja	0,047	0,0766

Tabel 5. Data Uji Karakteristik Defferensial

Phasa R,S,T	Hasil Ukur
HV	0,77 A
LV	0,866 A
Id = i2-i1	0,097 A
$ir = \frac{i1 + i2}{2}$	0,818 A

4.2 Hasil perhitungan Secara Matematis Setting Rele deferensial

Pada perhitungan setting rele deferensial memerlukan rumus untuk mencari nilai rasio CT pada trafo dengan memperhitungkan nilai pada arus nominal dan arus rating. Setelah itu menghitung nilai error mismatch, menentukan arus sekunder CT, arus diferensial, arus panahan, persentase slope, arus setting rele deferensial.

4.2.1 Perhitungan Rasio CT

Perhitungan Arus nominal pada sisi primer 150 KV dan sisi sekunder 20 KV

$$I1 \text{ nominal } 150 \text{ KV} = \frac{60 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 150 \text{ KV}} = 230,94 \text{ A}$$

$$I2 \text{ nominal } 20 \text{ KV} = \frac{60 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ KV}} = 1732,05 \text{ A}$$

Perhitungan Arus rating pada sisi primer 150KV dan sisi Sekunder 20KV

$$I \text{ rating sisi primer } 150 \text{ KV} = 110\% \times 230,94 = 254,034 \text{ A}$$

$$I \text{ rating sisi sekunder } 20 \text{ KV} = 110\% \times 1732,05 = 1905,25 \text{ A}$$

4.2.2 .Perhitungan error Missmatch

Perhitungan error mismatch dapat ditentukan dengan membandingkan arus rasio CT Ideal dengan CT terpasang

$$CT1 \text{ (ideal)} = \frac{2000}{5} \times \frac{20}{150}$$

$$= 53,3 \text{ A}$$

$$\text{error miss match} = \frac{53,3}{300}$$

$$= 0,177\%$$

$$CT2 (ideal) = \frac{300}{1} \times \frac{150}{20}$$

$$= 2250 A$$

$$error\ mismatch = \frac{2250}{2000}$$

$$= 1,125\%$$

4.2.3 Perhitungan Arus sekunder CT

Perhitungan arus sekunder CT pada sisi tegangan primer 150KV

$$I_{sekunder1} = \frac{1}{300} \times 230,94 = 0,769 A$$

$$I_{sekunder2} = \frac{1}{2000} \times 1732,05 = 0,866 A$$

4.2.4 Perhitungan Arus Rele Deferensial

Arus rele deferensial merupakan hasil pengurangan dari arus sekunder CT pada sisi primer dan pada isis sekunder

$$I_{deferensial} = 0,866 - 0,769 = 0,097 A$$

4.2.5 Perhitungan Arus panahan

Perhitungan arus panahan merupakan mengambil dari setengah jumlah dari jumlah arus sekunder CT pada sisi tegangan 150KV dan 20KV sebagai berikut:

$$I_{restraint} = \frac{0,769 + 0,866}{2} = 0,817 A$$

4.2.6 Perhitungan Arus presentase slope

Presentase slope merupakan pembagian nilai arus differensial dengan nilai arus restrain dan menghasilkan presentase slope

$$slope\ 1 = \frac{0,097}{0,817} \times 100\% = 11,18\%$$

$$slope\ 2 = \left(\frac{0,097}{0,817} \times 2\right) \times 100\% = 23,74\%$$

Hasil Perhitungan yang diperoleh dari Slope 1 senilai 11,18% dan slope 2 senilai 23,74%.

4.2.7 Perhitungan Arus Setting Rele Defferensial

Perhitungan arus setting rele defferensial merupakan hasil dari nilai presentase slope 1 di kalikan dengan arus panahan

$$i_{setting} = 11,18\% \times 0,817 = 0,097 A$$

. Hasil arus defferensial yang ideal adalah nol sedangkan untuk hasil pada penyetelan tidak mungkin nol karena ada rasio CT yang telah ditentukan. Penyetelan setting standart PLN yaitu 0,3 A , maka 0,3 + 0,097 A maka arus setting rele defferensial sebesar 0,397 A.

4.3 Hasil Perbandingan hasil perhitungan dan Hasil uji di lapangan

Perbandingan yang akan dibahas adalah hasil perhitungan matematis dan hasil uji di lapangan.

Tabel 6. hasil perbandingan matematis dan dilapangan

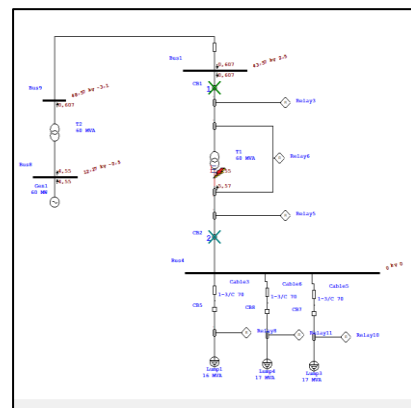
	Hasil Perhitungan	Hasil Ukur
Id(Arus defferensial)	0,097 A	0,096 A
Ir (Arus Panahan)	0,817 A	0,818 A
Iset (Arus Setting)	0,397 A	0,3 A

Melihat hasil yang diperoleh dari hasil perhitungan Matematis dan hasil ukur di lapangan terjadi perbedaan di karenakan nilai itu sendiri dapat terjadi karena beberapa factor seperti tahanan gangguan , hasil uji di lapangan,dan human error.

4.4 Simulasi Sistem Proteksi defferensial pada trafo 60 MVA menggunakan Software Etap 12.6.0

Pada Simulasi ini bertujuan untuk memastikan Kinerja Rele Defferensial pada saat terjadi gangguan dan pada saat kondisi normal.

4.4.1 Simulasi system proteksi rele deferensial ketika terjadi gangguan 3 fasa pada trafo



Gambar 3. simulasi system proteksi rele deferensial ketika terjadi gangguan 3 fasa pada trafo

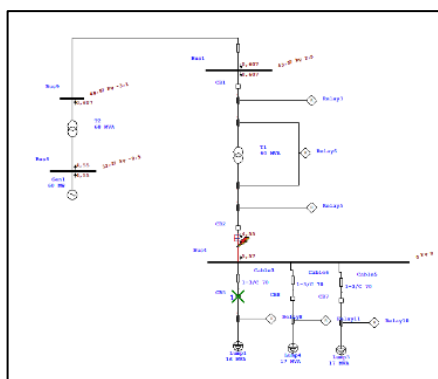
Time (ms)	ID	I (A)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
0.0	Relay11	1,878	0.0		Phase - OC1 - 50
20.0	Relay6		20.0		Phase - 87
30.0	CB1		10.0		Tripped by Relay6 Phase - 87
30.0	CB2		10.0		Tripped by Relay6 Phase - 87

Gambar 4. Analisa Simulasi Gangguan 3 fasa pada transformator

Hasil Analisa pada gambar 3. Metode yang digunakan dengan melakukan simulasi percobaan dan Analisa kerja rele defrensial atau relay 6 saat berada pada zonanya. Ketika di transformator terdapat gangguan tiga fasa maka rele diferensial atau relay 6 akan bekerja dan memerintahkan CB1 dan CB 2 untuk trip agar tidak

menjalar ke komponen yang lain dengan waktu delay 10 ms . proteksi rele deferensial akan bekerja apabila terdapat gangguan pada bagian internal saja , terlihat dari hasil simulasi gambar di atas rele deferensial menerima gangguan dengan time delay 20 ms kemudian memerintahkan CB 1 dan CB 2 untuk trip pada waktu delay 30 ms.dan apabila terdapat gangguan di luar trafo maka proteksi yang akan bekerja yaitu proteksi OCR dengan memerintahkan CB untuk trip.

4.4.2 Simulasi system proteksi rele deferensial ketika terjadi gangguan 3 phasa pada sisi tegangan sekunder 20KV



Gambar 5. simulasi system proteksi rele deferensial ketika terjadi gangguan 3 phasa sisi 20 KV

Sequence-of-Operation Events - Output Report: Untitled

3-Phase (Symmetrical) fault on connector between Bus4 & CB2. Adjacent bus: Bus4

Date Rev: Base Config: Normal Date: 18-07-2021

Time (ms)	ID	I1 (A)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
0.0	Relay0	1.811	0.0		Phase - OC1 - 50
0.0	Relay10	1.878	0.0		Phase - OC1 - 50
0.0	Relay11	1.878	0.0		Phase - OC1 - 50
100	CB5		100		Tripped by Relay0 Phase - OC1 - 50
100	CB7		100		Tripped by Relay10 Phase - OC1 - 50
100	CB8		100		Tripped by Relay11 Phase - OC1 - 50
1043	Relay3	0.607	< 1043		Overload Phase - Thermal
1043	Relay5	4.954	< 1043		Overload Phase - Thermal
1053	CB1		10.0		Tripped by Relay3 Overload Phase - Thermal
1053	CB2		10.0		Tripped by Relay5 Overload Phase - Thermal
2243	Relay5	4.954	2243		Phase - OC1 - 51
2253	CB2		10.0		Tripped by Relay5 Phase - OC1 - 51
3329	Relay3	0.607	3329		Phase - OC1 - 51
3348	CB1		10.0		Tripped by Relay3 Phase - OC1 - 51

Gambar 6. Analisa Simulasi Gangguan 3 phasa sisi 20 KV

Hasil analisis dari gambar 5 dan 6. Metode yang digunakan dengan melakukan gangguan 3phasa pada sisi tegangan 20KV. Melihat dari hasil analisis pada gambar diatas ketika terjadi gangguan pada sisi 20KV terdapat nilai Ir sebesar 1811 KA yang dibaca oleh relay OCR atau relay 8. Maka arus yang masuk pada rele deferensial bisa dibuktikan dengan rumus perhitungan yaitu :

$$I_{frele2} = 1811 \times \frac{1}{2000} = 0,905 \text{ A}$$

$$I_d = I_{frele2} - I_1 = 0,905 - 0,769 = 0,136 \text{ A}$$

Melihat dari hasil perhitungan di atas diperoleh arus gangguan yang mengalir melalui rele deferensila pada sisi sekunder 20 KV senilai 0,136 A. dari hasil perhitungan membuktikan bahwa nilai arus rele deferensila senilai 0,136 A lebih kecil dari arus setting

senilai 0,3 A maka rele arus rele deferensial tidak dapat bekerja

5. Kesimpulan & Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan secara matematis,simulasi serta hasil peneletian Di Gardu Induk bandung Utara sebagai berikut:

- System proteksi rele deferensial berfungsi untuk mengamankan transformator ketika terjadi gangguan di internal pada trafo sehingga arus deferensial lebih besar dari pada arus setting maka rele deferensial akan bekerja
- Perhitungan data setting rele defferensial rasio ct pada sisi 150 KV senilai 230,94 A dan sisi sekunder 20 KV senilai 1732,05 A, error mismatch senilai 1,125%, arus sekunder CT I1 senilai 0,769 A dan I2 senilai 0,866 A, Ideferensial senilai 0,097 A, Irestrain senilai 0,817 A, Slope senilai 11,18%, dan Isetting senilai 0,397 A
- Adanya perbedaan hasil perhitungan dan hasil uji lapangan dikarenakan ada beberapa factor seperti tahanan gangguan, hasil uji di lapangan, serta human error
- Percobaan simulasi rele deferensial pada ETAP 12.6.0, rele deferensial bekerja ketika terjadi gangguan pada zona internal saja dengan memerintahkan CB1 dan CB2 untuk trip dengan time delay 10ms , dan ketika terjadi gangguan pada zona eksternal rele deferensial tidak akan bekerja.

5.2 Saran

Untuk menghindari kemungkinan gangguan yang tidak diinginkan maka disarankan melakukan pemeliharaan dengan baik terhadap rele pengaman utama ataupun rele cadangan. Akan tetepi tidak hanya pemeliharaan saja yang dilakukan baiknya rele di uji coba dengan jangka waktu tertentu agar mengetahui rele tersebut benar-benar bekerja dengan baik apabila terjadi gangguan

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada GI Bandung Utara yang bersedia untuk membantu dalam penelitian serta Politeknik Negeri Bandung atas dukungannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Shobole, "Protection Coordination in Electrical Substation Part-2 Unit Protections," pp. 163–171, 2017.
- [2] & N. P. S. T.Raja Pandi, MKNM.Sakthi Nagaraj, "The Analysis of Power Transformer from Differential," *India Int. J. ISSN*, p. 2320, 2016.
- [3] S. U. Primawati,n Era, "Analisa Pengaturan Proteksi Rele Diferensial Pada Trafo III 60 MVA di Gardu Induk Banyudono 150KV/22KV," *Univ.*

Muhammadiyah Surakarta, 2019.

- [4] Arfiandi, “ANALISA PENGGUNAAN RELE DIFERENSIAL SEBAGAI PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR DAYA GARDU INDUK PAYA PASIR (PT. PLN PERSERO),” p. 25, 2019.
- [5] F. A. F. Badaruddin, “ANALISA MINYAK TRANSFORMATOR PADA TRANSFORMATOR TIGA FASA,” *J. Teknol. Elektro, Univ. Mercu Buana*, vol. 7, p. 76, 2016.
- [6] S. Hardi, “Analisis Kerja Rele Overall Diferensial Pada Generator Dan Transformator PLTG Paya Pasir PT. PLN Persero.,” *J. Tek. Elektro 2.2*, pp. 53–54, 2020.
- [7] U. F. Rohman and S. T. A. Supardi, “Analisis Proteksi Rele Diferensial Pada Trafo Gardu Induk Konsumen Tegangan Tinggi Di Gardu Induk Semen Merah Putih Rembang,” *Univ. Muhammadiyah Surakarta*, 2017.
- [8] V. M. Hima A. Patel, “Relay Coordination using ETAP,” *canada Int. J. Sci. Eng. Res.*, 2016.
- [9] D. Bien, L. E., & Helna, “Studi Penyetelan Relai Diferensial Pada Transformator PT Chevron Pacific Indonesia,” vol. 6, pp. 41–48, 2017.
- [10] A. ISTIMAROH, “Penentuan Setting Rele Arus Lebih Generator dan Rele Diferensial Transformator,” p. 201, 2017.
- [11] N. U. Maharani, “Evaluasi Kinerja Rele Arus Lebih dan Rele Diferensial pada Generator Kapasitas 100 Mw.,” *THETA OMEGA J. Electr. Eng. Comput. Inf. Technol. 2.1*, pp. 44–49, 2021.
- [12] A. A. G. Dwi, I. M., Jaya, C., Arjana, I. G. D., Maharta, “STUDI KOORDINASI KERJA RELE DIFERENSIAL DAN RELE RESTRICTED EARTH FAULT SETELAH UPRATING PADA TRANSFORMATOR II,” *Udayana*, vol. 5, pp. 49–54, 2016.