



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

PROSIDING

ISSN : 2086 - 2156

**Seminar Nasional
Pengkajian dan Penerapan Teknologi Industri Ke - 3
(SNPPTI 2012)**

**"Green Industry :
Principle, Research, Technology, and Its Applications"**

**Fakultas Teknik
Universitas Mercu Buana
Jakarta, 28 April 2012**



Judul dan Pemakalah

No.	Judul Makalah dan Pemakalah	Hal
1	Kajian Teoritis : Penerapan <i>Total Quality Management</i> dan <i>Customer Driven Organizations</i> Untuk Menciptakan Loyalitas Pelanggan Gita Permata Liansari, Arip Budiono	1
2	Perbaikan Kualitas Jasa Dengan Pendekatan <i>Sigma Productivity</i> Hari Supriyanto	7
3	Analisa Penerapan One Piece Flow pada Line Sub Assy Door Lock Mechanic (Studi Kasus : PT. AISIN INDONESIA) Torik, Bagoes Pratie Wanggono	11
4	Pengaruh Pelatihan, Penerapan <i>Sop</i> , dan Sistem Reward, terhadap Produktivitas Teknisi Bengkel Agung Wahyudi Biantoro	18
5	Pengaruh Penerapan Sistem Antrian Servis Dan Kendali Mutu Terhadap Minat Guna Jasa Ulang Pada Bengkel Motor S, Jakarta Barat Agung Wahyudi Biantoro	26
6	<i>Mapping</i> Sistem Distribusi Komoditas Strategis Gula Di Indonesia Defi Norita	34
7	Integrasi Sistem Informasi Penetapan Biaya - Harga Untuk Efisiensi Waktu Proses Penawaran Pada Industri Percetakan Offset Skala Kecil Indra Almahdy, Yohanes Krisanto	40
8	Rancangan Perbaikan Sistem Manajemen Kualitas Pada Proses Produksi Rubber Outsole Di PT. X Meike Elsy B., Zulfa Fitri I., Euis Nina S. Y.	46
9	Analisa Waktu Optimum Proyek Pembangunan Menara Pemancar dengan Menggunakan Metode CPM (Critical Path Methode) dan PERT (Program Evaluation And Review Technic) di PT. Netwave Multimedia Sonny Koeswara, Iwan Budi Harto	52
10	Usulan Penerapan Metode Six Sigma Dalam Upaya Menurunkan Tingkat Kecacatan Produk MJC1 195 Ml Di PT Y Resa Taruna Suhada, Daniatri Ratri Rachmat	58
11	Six Sigma Mampu Menurunkan 96% DPMO pada Produk Sakelar Tipe E426/16sl Di PT. X Herry Agung Prabowo, Farida, Muhammad Ridwan	65
12	Menurunkan Rusaknya Produk Proses <i>Die Casting</i> pada Industri Otomotif dengan Metode <i>Quality Control Circle</i> Hendri	71
13	Perancangan Perbaikan Sistem Kerja dengan Metode 5S (Studi Kasus Material Handling Dept. PT. Nissan Motor Indonesia) Golbi Tranado, Euis Nina S. Y., Imas Widowati, Elly Setiadewi	76
14	Analisa Produksi pada Kaleng Mauritius pada Departemen Printing Perusahaan Perkalengan Indonesia dengan Menggunakan Metode SPC Hayu Kartika, Hari Purnomo	82
15	Analisa Penetapan Harga Pokok Biaya Sewa Area Di PT. XYZ Alfa Firdaus, Dwi Santoso	87
16	Analisa Keputusan Pemilihan Investasi Alat Berat Hydraulic Excavator Komatsu Pc200 Atau Hitachi Zaxis 200 Didalam Proses Pertambangan Batu Bara Di Pt. IR Alfa Firdaus, Dwi Santoso	91

17	Analisa DMAIC Pada Proyek Kerja Lapangan PT Kotaminyak Internusa Muhammad Kholil, Daryono	96
18	Perencanaan Kebutuhan Material (Mrp) Dengan Menggunakan Teknik Lot Sizing Pada Pembuatan Produk Kecap Manis 620 Ml Di PT. XYZ Muhammad Kholil, Aquarina Limbong	102
19	<i>Business Process Improvement</i> Sebagai Dasar Perbaikan Proses Penerbitan Dokumen <i>Work Completion Certificate</i> (Wcc) Dengan Menggunakan Metode <i>Streamlining</i> Di PT XYZ Muhammad Kholil, Daryono	109
20	Pemanfaatan Teknologi Informasi <i>E-Commerce</i> Hasil Kerajinan Tangan Siswa- Siswi Panti Sosial Bina Netra Menggunakan Metode B2C Linda Marlinda, Harsih Rianto	115
21	<i>Citizen Science Application</i> untuk Keanekaragaman Hayati Di Daerah Perkotaan Irya Wisnubhadra, Ardianto, Pramana Yuda, Benyamin L.Sinaga	121
22	Sistem Informasi Project Tracker Menggunakan Metode Singleton dan Mediator Pattern Ratna Mutu Manikam, Arief Suwandi, Julianti Munthe	127
23	Rancang Bangun Sistem Informasi Tata Letak Puskesmas Pada Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta Sarwati Rahayu, Rizky Yoga Aditya	132
24	Mining Association Rules With Rough Sets For Clasifying E-Mail Sudirman	137
25	Rancang Bangun Perangkat Lunak Pembelajaran Komponen <i>Listening</i> <i>Comprehension</i> TOEFL dengan Sumber Soal <i>Online</i> secara <i>Asynchronous</i> dan Sumber Soal <i>Offline</i> Anis Cherid	142
26	Industri Manufaktur Turbin Air di Indonesia Suryo Busono, Endang Sri Hariatie	149
27	Analisa kinerja dan Emisi Gas Buang pada Mesin Supra X 125 FI dan Supra X 125 Karburator Tri Agustianto, Nanang Ruhyat	152
28	Analisa Pengelasan Beda Material Stainless Steel (Sus 316l) dengan Karbon (Sa 516 Gr 70) Untuk Item HP Vent Ko Drum Nanang Ruhyat, Hendry Purwanto	158
29	Peningkatan Kinerja Melalui Grafik <i>Yamazumi</i> Pada Suatu Industri Komponen Otomotif Djoko Agustono	166
30	Analisis Cacat Untuk Peningkatan Kualitas Dan Produktivitas Pada Suatu Proses Produksi Tread Ban Djoko Agustono	171
31	Fluid –Induced Vibration pada Sistem Pemipaan Minimum Flow Boiler Feed Water Yogie Maradona, Abdul Hamid	177
32	Perancangan Awal Sistem Penyala Mula Roket Padat (Studi Kasus Roket Padat Ø 320 Mm) Ganda Samosir	184
33	Rancang Bangun Rig Uji Kinerja Turbin Zanette Pada Pembebanan Konstan Bambang Sumiyarso, Susilo Adi Widyanto, Syaiful, Sugeng Ariyono	190

34	Tracking OCL IC-Engine Using PID for Vehicle Equipped with EMDAP-CVT Sugeng Ariyono , Bambang Supriyo, H.Saptono, Nanang Budi Sriyanto	195
35	Audit Energi Pada Sistem Kelistrikan Di Industri Pengolah Emas Yuriadi Kusuma	203
36	Penentuan Specific Energy Consumption (SEC) pada Industri Pengolahan Emas Yuriadi Kusuma	208
37	Kompensasi Daya Reaktif pada Saluran Distribusi Kabel bawah Tanah Hamzah, Abdullah Asuhaimi bin Mohd Zin	212
38	Simulasi Penghitungan Bit Error Rate Dengan Pengkodean Hamming Setiyo Budiyanto	218
39	Sistem Gerak Robot Barang Via Jalur Garis Hitam Berbasis Controller A. Sofwan, M.Febriansyah, H.E. Havitz, A.Priyono	226
40	Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Harmonik Pada Beban Mesin Welding Berbasis Mikrokontroler A.Sofwan, A.Ponco Putro, A.Priyono	233
41	A Low Cost Microcontroller-Based Automatic Transfer Switch For Portable Generator Budhi Anto	239
42	Penerapan Telemetry Pada Lapangan Gas dan Minyak Bumi Radita Arindya	246
43	Setting Relai Differensial Pada Transformator Daya 150/20 Kv Di Grdu Induk Menes Badaruddin, Ridwan Kurniawan	250
44	Algoritma Pembangkitan Ekonomis Untuk Komitmen Unit Termal Hamzah Hilal	255
45	Kajian Sifat Konvergensi Algoritma Aliran Daya <i>Fast Decoupled</i> Hamzah Hilal	261
46	Pengujian berat jenis dan Penyusutan berat bahan uji kabel jenis N2XSRY dan NA2XSEYBY Syafriyudin	268
47	Perancangan Dan Pembuatan Penetas Telur Berbasis Arduino Dumilanove Yudhi Gunardi	272
48	Analisa Problem Difraksi Pada Celah dengan Regularisasi TSVD dan Tikhonov Mudrik Alaydrus	278
49	Modification of Cycle Time Setting System from Over Head Conveyors using The PLC Syahril Ardi, Widya Pramudya Hartantyo	284
50	Audit dan Solusi Kualitas Daya Pada Industri Logam Achmad Hasan	288
51	Analisis Pengukuran Energi Termal pada Industri Tekstil Achmad Hasan	294
52	Proses Kultivasi <i>Spirulina Platensis</i> Menggunakan Pome (<i>Palm Oil Mill Effluent</i>) Sebagai Media Kultur Dalam <i>Raceway Open Pond Bioreactor</i> Abdullah, Elisa Mutiah, Erlinda Khoirunisa	301
53	Rancangan Dasar Energi PLTAMH DAS Bogowonto dan Serayu Kabupaten Wonosobo Muhamar Kadaffi	306
54	Pengebor PCB (Printed Circuit Board) Otomatis Andi Adriansyah, Anjar Priyanto	312
55	Evaluasi Pemanfaatan Psychomotor Vigilance Task dalam Pengukuran Beban Mental Anisah H Alatas, Hardianto Iridiastadi	316

- | | | |
|----|--|-----|
| 56 | Kontrol Ukuran Pori Logam Busa Paduan Cu-15Zn dengan Fabrikasi Padat,
Analisa Struktur Makro
D. H. Ariosuko, Sri Harjanto | 324 |
| 57 | Metoda Agregat Planning Heuristik Campuran Pada Proses Pembuatan Kertas Di
Paper Machine #9 PT.Pindo Deli Pulp And Paper Mills
Erry Rimawan, Atep Afia Hidayat, Tri Syaputra | 333 |

Setting Relai Differensial Pada Transformator Daya 150/20 KV Di Gardu Induk Menes

Badaruddin, Ridwan Kurniawan
 Program Studi Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana
 Jl. Meruya Selatan, Jakarta Barat
 Email : bsulle@gmail.com

Abstrak -- Kualitas sistem tenaga listrik diukur dengan kontinuitas pelayanan, kontrol yang baik dan pemeliharaan. Kesenambungan layanan yang baik dapat diperoleh jika semua komponen sistem tenaga dapat beroperasi dengan baik dalam setiap situasi dan kondisi, baik dalam kondisi normal atau di kondisi tidak normal. Dalam kondisi normal, sistem perlindungan memiliki peran penting dalam mendeteksi setiap gangguan dan melepaskan bagian-bagian yang terganggu dari sistem. Transformator daya merupakan komponen utama dalam sebuah gardu. Gangguan dalam transformator harus diisolasi agar tidak mengganggu sistem selama distribusi listrik daya ke beban lain. Relay diferensial pada transformator daya sebagai relai pelindung untuk mendeteksi gangguan internal. Penulisan ini membahas penyetelan relai diferensial di gardu Induk Menes.

Dalam penyetelan relai diferensial yang akan digunakan pada pengaman transformator, ada beberapa tahap perhitungan untuk mendapatkan setelan dari relai diferensial, diantaranya : Pemilihan perbandingan ratio CT utama, Menghitung besarnya arus sekunder CT utama pada sisi tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah pada transformator, Pemilihan tap dari trafo arus pembantu (ACT).

Kata Kunci : Transformator, Gardu, Relay, Gangguan, Penyetelan

I. PENDAHULUAN

Sistem proteksi merupakan bagian penting dalam sebuah sistem kelistrikan yang menjadi salah satu penentu kehandalan sebuah sistem. Relay merupakan bagian dari sistem proteksi yang berfungsi sebagai pengaman alat maupun pengaman sistem lainnya.

Relay diferensial merupakan suatu relay yang prinsip kerjanya berdasarkan keseimbangan (balance), yang membandingkan arus-arus sekunder transformator arus (CT) terpasang pada terminal-terminal peralatan atau instalasi listrik yang diamankan.

Penulisan Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyetelan relai diferensial sebagai pengaman transformator daya dari gangguan-gangguan internal pada transformator daya.

II. TEORI DASAR

Teori Kompon Simetris

Suatu sistem tak seimbang yang terdiri dari n fasor yang berhubungan dapat diuraikan menjadi n buah sistem dengan fasor yang dinamakan komponen-komponen simetris (*symmetrical components*) dari fasor aslinya, n buah fasor pada setiap himpunan komponennya adalah sama panjang dan sudut diantara fasor yang bersebelahan dalam himpunan itu sama besarnya. Tiga fasor tak seimbang dari sistem tiga fasa dapat diuraikan menjadi tiga sistem fasor yang seimbang. Himpunan seimbang komponen itu adalah :

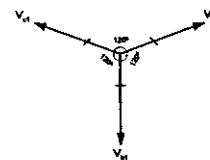
1. Komponen urutan positif, yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya, terpisah satu dengan yang lain dalam fasa sebesar 120° dan mempunyai urutan fasa yang sama seperti fasor aslinya.
2. Komponen urutan negatif, terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya, terpisah satu dengan yang lain dalam fasa sebesar 120° dan mempunyai urutan fasa yang berlawanan seperti fasor aslinya.
3. Komponen urutan nol, terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya dan dengan pergeseran fasa nol antara fasor yang satu dengan yang lain.

Karena setiap fasor tak seimbang yang asli adalah jumlah komponen fasor asli yang dinyatakan dalam suku-suku komponennya adalah :

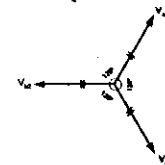
$$V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a0} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$V_b = V_{b1} + V_{b2} + V_{b0} \dots \dots \dots (2.2)$$

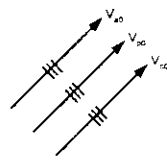
$$V_c = V_{c1} + V_{c2} + V_{c0} \dots \dots \dots (2.3)$$



Gambar 1. Komponen Urutan Postif



Gambar 2. Komponen Urutan Negatif



Gambar 3. Komponen Urutan Nol

Jenis Gangguan Dalam Sistem Tiga Fasa

Dalam sistem tenaga listrik jenis-jenis gangguan yang mungkin terjadi dalam sistem tiga fasa :

1. Gangguan shunt (hubung singkat)
 - Gangguan hubung singkat tiga fasa dibedakan menjadi dua jenis gangguan :
 - a. Gangguan hubung singkat tiga fasa simetri, terdiri dari :
 - Gangguan tiga fasa (line-line-line)
 - Gangguan tiga fasa ke tanah (line-line-line-ground)
 - b. Gangguan hubung singkat tiga fasa tidak simetris, terdiri dari :
 - Satu fasa ke tanah
 - Antar fasa
 - Antar fasa ketanah
 - 2. Gangguan seri (hubung terbuka)
 - a. Satu saluran terbuka
 - b. Dua saluran terbuka
 - c. Impedansi seri tak seimbang
 - 3. Gangguan simultan
 - a. Shunt-shunt
 - b. Shunt-seri
 - c. Seri-seri

Gangguan Hubung Singkat

Tujuan dari analisa hubung singkat adalah untuk menentukan arus dan tegangan maksimum dan minimum pada bagian-bagian atau titik-titik tertentu dari suatu sistem tenaga listrik untuk jenis gangguan yang terjadi, sehingga dapat ditentukan pengamanan, rele dan pemutus tenaga (Circuit Breaker) untuk mengamankan sistem dari keadaan tidak normal dalam waktu seminimal mungkin.

Gangguan yang terjadi dapat mengakibatkan bekerjanya rele pengamanan dan menjatuhkan pemutus tenaga (PMT), sehingga menyebabkan terputusnya aliran daya melalui PMT tersebut. Gangguan tersebut terjadi disebabkan karena adanya kesalahan teknis ataupun dikarenakan operator (*human error*).

Bila ditinjau dari segi lamanya waktu gangguan, maka dapat dikelompokkan menjadi :

- a. Gangguan sementara (*temporary*)
- b. Gangguan permanen (*stationary*)

Jenis Proteksi Pada Transformator Daya Current Transformer (CT)

Fungsi Current Transformator (CT) :

1. Memperkecil besaran arus pada sistem tenaga listrik menjadi besaran arus untuk sistem pengukuran.

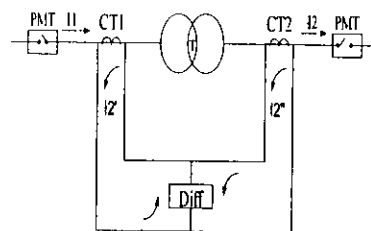
2. Mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer.
3. Standarisasi rating arus untuk peralatan sisi sekunder.

Potential Transformer (PT)

Trafo tegangan digunakan untuk menurunkan tegangan sistem dengan perbandingan transformasi tertentu. Transformator Tegangan/Potensial (PT) adalah trafo instrument yang berfungsi untuk merubah tegangan tinggi menjadi tegangan rendah sehingga dapat diukur dengan Volt meter.

Relai Differensial

Gambar dibawah ini menunjukkan prinsip kerja relai diferensial pada transformator :



Gambar 4 Prinsip Kerja Relai Differensial

Arus primer I_1 dan I_2 dideteksi oleh CT1 dan CT2, dalam keadaan normal atau ada gangguan diluar daerah pengamanannya (diantara dua CT) , arus primer yang lewat di CT1 sama dengan yang lewat di CT2. Jadi kalau kedua trafo arus itu identik (mempunya ratio yang sama), I_2' sama besar dan sefasa dengan I_2'' , sehingga $Diff = 0$ dan relai tidak akan bekerja. Jika $Diff$ tidak sama dengan nol maka relai akan bekerja.

Daerah pengamanannya dibatasi oleh pasangan trafo arus dimana relai diferensial dipasang sehingga relai diferensial tidak dapat dijadikan sebagai pengamanan cadangan untuk daerah berikutnya. Proteksi relai diferensial bekerja dengan prinsip keseimbangan arus (*current balance*).

Prinsip ini berdasarkan hukum *kirchhoff* yaitu membandingkan jumlah arus masuk ke primer (I_p) sama dengan jumlah arus yang keluar dari sekunder (I_s).

$$\dots\dots\dots(1)$$

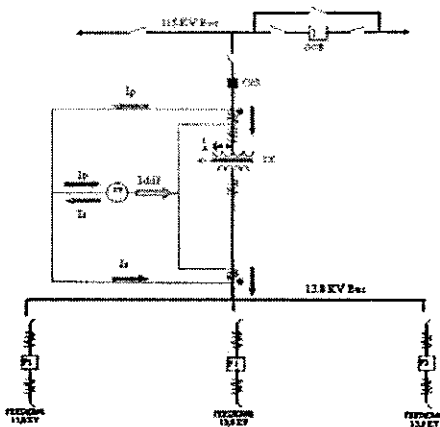
Dimana :

$$I_d = \text{Arus Diferensial (A)}$$

$$I_p = \text{Arus Sisi Masuk (A)}$$

$$I_s = \text{Arus Sisi Keluar (A)}$$

Gambar 4 menunjukkan relai diferensial dalam keadaan arus normal, dimana I_p dan I_s sama besar dan berlawanan arah.



Gambar 5 Relai Diferensial Saat Arus Normal

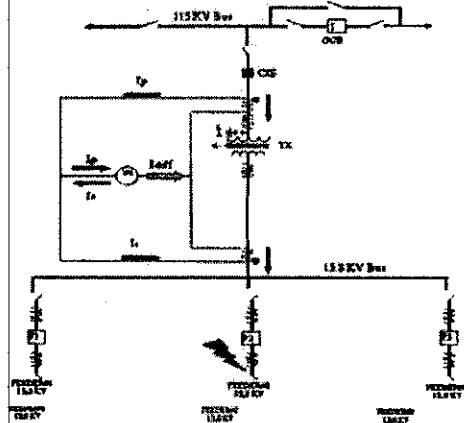
$$I_d = I_p + I_s = 0 \text{ Ampere}$$

$$I_{dif} = I_P + I_S = 0 \text{ Ampere}$$

Maka tidak ada tegangan yang melintasi coil relay dan tidak ada arus yang mengalir pada relai tersebut, sehingga relai diferensial tidak bekerja.

Gangguan Diluar Daerah yang Dilindungi

Pada gangguan diluar (eksternal) daerah proteksi relai diferensial (diluar kedua trafo arus), relai diferensial tidak akan bekerja, karena I_p dan I_s sama besar dan berlawanan arah ($I_d = I_p + I_s = 0 \text{ Ampere}$, $I_{dif} = I_P + I_S = 0 \text{ Ampere}$), seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 6. berikut.



Gambar 6 Relai Diferensial Saat Gangguan Eksternal

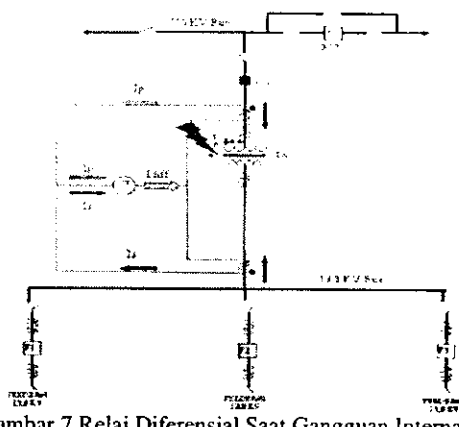
Gangguan Didalam Daerah yang Dilindungi

Untuk gangguan didalam (internal) daerah proteksi relai diferensial (diantara kedua trafo arus), I_p dan I_s searah.

$$I_d = I_p + I_s > 0 \text{ Ampere}$$

$$I_{dif} = I_P + I_S > 0 \text{ Ampere}$$

Karena arus akan menuju titik gangguan, sehingga relai diferensial akan bekerja, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Relai Diferensial Saat Gangguan Internal

Pada saat ada arus yang mengalir lewat relai, maka relai akan mengirim sinyal pada lock out relay. Sinyal ini akan di teruskan ke C/S dan memerintahkannya untuk lock out sehingga aliran energi listrik terputus, maka transformator tenaga yang diamankan bebas dari pengaruh gangguan yang ada.

Setting Relai Diferensial

Prinsip dasar untuk penyetelan relai diferensial dapat ditinjau dari beberapa hal, antara lain adalah :

1. Pemilihan perbandingan ratio dari CT utama
2. Menghitung besar arus sekunder CT utama
3. Pemilihan tap dari trafo arus pembantu (ACT)

III. PENGUJIAN

Perhitungan Penyetelan Relai Diferensial

Dari hasil pengambilan data di Gardu Induk Menes didapat data sebagai berikut :

Tabel 1 Data Transformator 150/20 kV

Daya Transformator	60 MVA
Tegangan Sistem	150/20 kV
Frekuensi	50 Hz
Vektor Group Transformator	YNyn0(d1)
Impedansi (Z%)	12 %
Arus Nominal sisi 150 kV	230,94 A
Arus Nominal sisi 20 kV	1732,05 A

Tabel 2 Data Relai Diferensial

Tipe Relai	MICOM P632
Arus Nominal	1 A
Rasio CT Primer	300/1 A
Rasio CT Sekunder	2000/5 A

Tabel 3 Data Ratio Auxirally CT

Tap kumparan primer	Jumlah kumparan (primer)		
	Ratio 1/1 A	Ratio 5/1 A	Ratio 5/5 A
1 - 2	5	1	1
2 - 3	5	1	1
3 - 4	5	1	1

4-5	5	1	1
5-6	125	25	25
X-7	25	5	5
7-8	25	5	5
8-9	25	5	5
S1-S2	125	125	125
S2-S3	90	90	90

Impedansi : %reaktansi = 12

$$X_t = \frac{12}{100} = 0,12$$

Perhitungan setelan terminal rele bantu/ Terminal Auxiliary Rele Pada Transformator sisi 150 kV

Untuk menentukan arus nominal sekunder trafo pada sisi tegangan tinggi 150 kV :

$$I_{n150S} = \frac{I_{n150P}}{\frac{U_{150P}}{U_{150S}}} = \frac{1}{1} = 0,77$$

Dari perhitungan diatas diperoleh arus nominal sebesar 0,77 A.

Karena relai tidak mempunyai nominal 0,77A sehingga dipilih $I_n = 1$ A (sekunder).

Selanjutnya mencari tap belitan sekunder :

Tap belitan sekunder : $TS150=125+9$ (sesuai tabel 3 karena Terminal S1-S2 dan S2-S3 dihubungkan)

Maka rasio Rasio act sekunder = 1/1 A.

Selanjutnya menentukan tap belitan primer dengan melihat tabel 4.1 dan tabel 4.3 :

$$TP150 = \frac{I_n}{\frac{U_{150P}}{U_{150S}}} \times TS150 = \frac{1}{\frac{150}{150}} \times (125+90) = \frac{1}{1} \times 215 = 215$$

Dari perhitungan diatas didapat tap belitan primer sebesar 161,21.

Karena di setting relai tidak bisa menggunakan nilai 161,21 maka dipilih $TP150 = 160$.

Rasio act primer sama dengan rasio act sekunder = 1/1 A.

Perhitungan setelan terminal rele bantu/ Terminal Auxiliary Rele Pada Transformator sisi 20 kV

Untuk menentukan arus nominal sekunder trafo pada sisi tegangan rendah 20 kV dapat dihitung berdasarkan tabel 1 dan tabel 3 :

$$I_{n20S} = \frac{I_{n20P}}{\frac{U_{20P}}{U_{20S}}} = \frac{1}{\frac{150}{20}} = 4,33$$

Dari perhitungan diatas diperoleh arus nominal sebesar 4,33 A.

Karena relai tidak mempunyai nominal 4,33 A sehingga dipilih $I_n = 5$ A (sekunder).

Selanjutnya mencari tap belitan sekunder dengan melihat tabel 3 :

Tap belitan sekunder : $TS150 = 125 + 90$ (sesuai tabel 4.3 karena Terminal S1-S2 dan S2-S3 dihubungkan)

Rasio act sekunder = 5/1 A

Selanjutnya menentukan tap belitan primer dengan melihat tabel 1 dan tabel 3 :

$$TP20 = \frac{I_n}{\frac{U_{150P}}{U_{20S}}} \times TS20 = \frac{5}{\frac{150}{20}} \times (125+90) = \frac{5}{7,5} \times 215 = 28,66$$

Dari perhitungan diatas didapat tap belitan primer sebesar 28,66.

Karena di setting relai tidak bisa menggunakan nilai 28,66 maka dipilih $TP20 = 28$.

Rasio act primer sama dengan ratio act sekunder = 5/1 A.

Perhitungan setelan bias aktual dengan memperhatikan tap OLTC

Untuk menentukan Tegangan di sisi 150 kV pada tap tertinggi (18) adalah $VTP18 = 165,75$ kV adalah sebagai berikut :

$$ITP18 = \frac{I_n}{\frac{U_{150P}}{U_{150S}}} = \frac{1}{\frac{150}{150}} = 1741,6 \text{ A (primer)}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh arus tertinggi OLTC di sisi 150 kV didapat arus sebesar 1741,6 A.

Selanjutnya menentukan arus sekunder CT dengan melihat tabel.2 :

$$ITP18S = \frac{ITP18}{\frac{U_{150P}}{U_{150S}}} = \frac{1741,6}{\frac{150}{150}} = 5,8 \text{ A (sekunder)}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh arus CT tertinggi pada sisi 150 kV sebesar 5,8 A.

Untuk menentukan Tegangan disisi 20 kV pada Tap tertinggi (18) adalah $VTS18 = 22,1$ kV adalah sebagai berikut:

$$ITS18 = \frac{I_n}{\frac{U_{150P}}{U_{20S}}} = \frac{1}{\frac{150}{20}} = 13062,2 \text{ A (primer)}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh arus tertinggi OLTC pada sisi 20 kV sebesar 13062,2 A.

Selanjutnya menentukan arus sekunder CT dengan melihat tabel 2 :

$$ITS18S = \frac{ITS18}{\frac{U_{150P}}{U_{20S}}} = \frac{13062,2}{\frac{150}{20}} = 32,65 \text{ A (sekunder)}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh arus CT tertinggi pada sisi 20 kV sebesar 32,65 A.

Selanjutnya mencari rasio ACT sisi 150 dan 20 kV sebagai berikut

Rasio ACT sisi 150 kV adalah :

$$\begin{aligned} RACT150 &= \frac{12115}{7713} \\ &= \frac{157065}{11000} \\ &= 1,34 \text{ A} \end{aligned}$$

Diperoleh rasio ACT pada sisi tegangan tinggi sebesar 1,34 A

Rasio ACT sisi 20 kV adalah :

$$\begin{aligned} RACT20 &= \frac{7500}{7713} \\ &= \frac{111480}{11000} \\ &= 7,68 \text{ A} \end{aligned}$$

Diperoleh rasio ACT pada sisi tegangan tinggi sebesar 7,68 A.

Selanjutnya menghitung arus yang keluar dari CT bantu pada sisi tegangan tinggi 150 kV :

$$\begin{aligned} IACT150 &= \frac{111480}{RACT150} \times \sqrt{3} \\ &= \frac{111480}{1,34} \times \sqrt{3} \\ &= 7,49 \text{ A} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh arus yang keluar dari CT bantu pada sisi tegangan tinggi sebesar 7,49 A.

Selanjutnya menghitung arus yang keluar dari CT bantu pada sisi tegangan rendah 20 kV :

$$\begin{aligned} IACT20 &= \frac{111480}{RACT20} \times \sqrt{3} \\ &= \frac{111480}{7,68} \times \sqrt{3} \\ &= 7,36 \text{ A} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh arus yang keluar dari CT bantu pada sisi tegangan rendah sebesar 7,36 A.

Selanjutnya menghitung % Bias differensial dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} \%S &= \left| \frac{IACT150 - IACT20}{\frac{IACT150 + IACT20}{2}} \right| \times 100 \\ &= \left| \frac{7,49 - 7,36}{\frac{7,49 + 7,36}{2}} \right| \times 100 \\ &= \left| \frac{0,13}{7,425} \right| \times 100 \end{aligned}$$

$$\%S = 1,75 \%$$

Dari perhitungan diatas diperoleh persentase bias differensial sebesar 1,75%

IV. PENUTUP

Dari hasil perhitungan dan analisa maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Relai differensial transformator adalah relai utama yang bekerja mengamankan transformator tenaga dari gangguan didalam transformator tenaga dan tidak bekerja saat terjadi gangguan di luar transformator tenaga.
2. Dalam perhitungan untuk penyetelan relai differensial pada transformator daya perlu diperhatikan beberapa faktor, diantaranya :
 - > Pemilihan perbandingan ratio trafo arus.
 - > Perhitungan besar arus sekunder trafo arus utama.

> Pemilihan Tap dari trafo arus pembantu (ACT).

3. Berdasarkan perhitungan yang diperoleh nilai setting relai untuk nilai rasio ACT di sisi 150 kV sebesar 1/1 sedangkan pada sisi sekunder 5/1, dan untuk bias differensial sebesar 1,75%

DAFTAR PUSTAKA:

- Gönen, Turan. *Modern Power System Analysis*, John Wiley And Sons Inc, Canada, 1988.
- Instruction Manual BE1-851 Overcurrent Protection System*, Basler Electric, Highland Illinois USA.
- Instruction Manual GEC Overcurrent Relay for Phase and Earth Faults*.
- Komari Ir. *Proteksi Sistem Tenaga Listrik Filosofi, Strategi Dan Analisa Untuk Peningkatan Keandalan*, PT. PLN (Persero) Jasa Pendidikan Dan Pelatihan, Jakarta, 2003.