

ANALISIS KOORDINASI RELAI PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR
TENAGA 60 MVA MENGGUNAKAN APLIKASI ETAP 7.0.0 DI PT. PLN
(PERSERO) APP SALATIGA GARDU INDUK BANTUL YOGYAKARTA

Dwi Cahya Laksana¹, Syafrudin², Mujiman³

¹Mahasiswa, ²Pembimbing 1, dan ³Pembimbing 2

Jurusan Teknik Elektro , Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Jl. Kalisahak 28 Komplek Balapan Tromol Pos 45 Yogyakarta 55222

Telp. (0274)563029 E-mail : c4hkom3t@gmail.com

INTISARI

Dalam setiap sistem tenaga listrik selalu digunakan sistem proteksi atau pengamanan untuk mengantisipasi apabila terjadi gangguan. Dengan adanya relai proteksi yang terpasang sesuai dengan fungsi pengamanan daerah kerjanya diharapkan dapat bekerja dengan baik mendeteksi gangguan yang dapat membahayakan peralatan atau sistem, selanjutnya relai dapat memerintahkan PMT untuk memisahkan sistem atau bagian yang terganggu secepat mungkin. Sehingga kerusakan instalasi yang terganggu yang dilalui oleh arus gangguan dapat dihindari atau dibatasi seminimum mungkin.

Hasil Penelitian ini menggambarkan koordinasi trip (gangguan) yang terjadi pada transformator yang disebabkan oleh gangguan internal dan eksternal transformator dengan menggunakan relai diferensial sebagai relai utama dan relai arus lebih OCR sebagai relai cadangan. Berdasarkan hasil setting dan simulasi didapatkan koordinasi pemutusan antara kedua relai yaitu untuk relai diferensial 63 ms sementara relai OCR 20 kV 0.47 detik dan OCR 150 kV 0.87 detik.

Kata Kunci : Relai , Proteksi, Trip, Koordinasi

ABSTRACT

In any power system is always used protection or safety system to anticipate when disruption. With the protection relays which installed in accordance with the security functions work area, protection relays be expected to work properly to detect of disruption or abnormal condition which can endanger the equipment or system, relay can be ruled the circuit breaker (CB) to separate the system or part which disturbed as soon as possible so the failure installation that impaired traversed by the fault current could avoided or restricted to a minimum.

This study describes the trip coordination (disorder) that occurs in the transformer caused by internal and external disturbances using differensial relay as the main relay and OCR (Over Current Relay) as a reserve relay. Based on the result of the setting and simulation, the disconnection coordination between the two relays, differential relay 63 ms while OCR 20 kV relay 0,47 seconds and OCR 150 kV relay 0,87 seconds.

Keyword : Relay, Protection, Tripping, Coordination

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sistem tenaga listrik harus dapat mempunyai keandalan yang baik, yang secara kontinyu dapat melayani kebutuhan listrik. Salah satu penunjangnya adalah system pengaman yang baik. Di dalam pengaman sistem tenaga listrik, seluruh komponen harus diamankan dengan tetap menekankan selektivitas kerja peralatan/relai proteksi. Maksud dan tujuan pemasangan Relai proteksi adalah untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian jaringan yang terganggu dari bagian lain yang masih sehat serta sekaligus mengamankan bagian yang masih sehat dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar. Salah satu komponen yang harus dilindungi adalah transformator tenaga.

Transformator dalam sistem tenaga membutuhkan tipe proteksi yang berbeda-beda. Proteksi ini disediakan oleh berbagai jenis relai, baik elektromagnetik maupun statik. Secara umum proteksi transformator berfungsi untuk memproteksi transformator apabila terjadi gangguan, sehingga transformator dapat terhindar dari kerusakan. Relai yang akan digunakan untuk memproteksi transformator adalah relai differensial

sebagai proteksi utama dan relai arus lebih sebagai proteksi cadangan. Relai ini bekerja apabila terdapat perbedaan arus pada Current Transformer [CT] sisi primer dan sekunder. Apabila gangguan terjadi di luar zona proteksi, relai tidak akan bekerja. Sedangkan arus lebih mendeteksi adanya arus berlebih yang masuk dalam kumparan relai. Untuk memenuhi fungsi di atas, relai proteksi harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Selektif
2. *Reliable* (Dapat Diandalkan)
3. Cepat
4. Sensitif
5. Ekonomis dan Sederhana.

Rumusan Masalah

Berdasarkan hal tersebut masalah dibatasi pada :

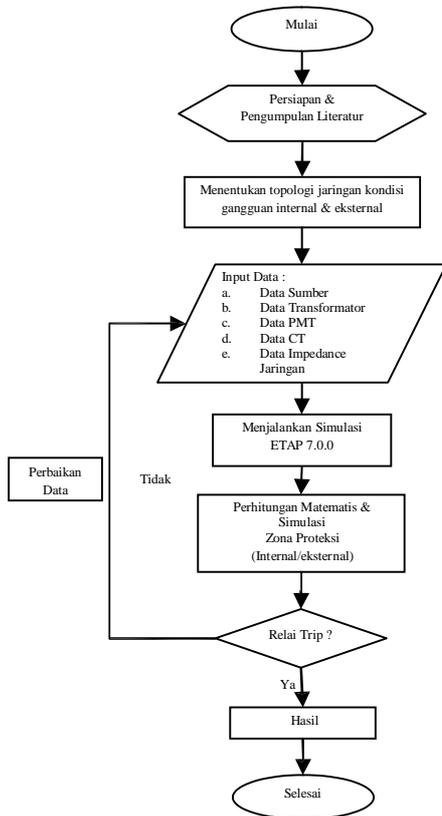
1. Bagaimana simulasi koordinasi proteksi antara relai diferensial, relai OCR dan pemutus tenaga serta waktu yang dibutuhkan untuk melakukan koordinasi
2. Bagaimana *men-setting* relai diferensial dan relai OCR yang benar sehingga dapat mempengaruhi unjuk kerja relai dan selektivitasnya
3. Bagaimana hubungan antara arus diferensial (I_d) dan arus penahan (I_r) dalam menentukan karakteristik slope

relai diferensial. Serta karakteristik relai OCR

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan relai differensial dan relai OCR dalam memproteksi transformator terhadap gangguan internal dan external zona proteksi transformator.

Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis melakukan 2 metode yaitu secara matematis dan secara simulasi

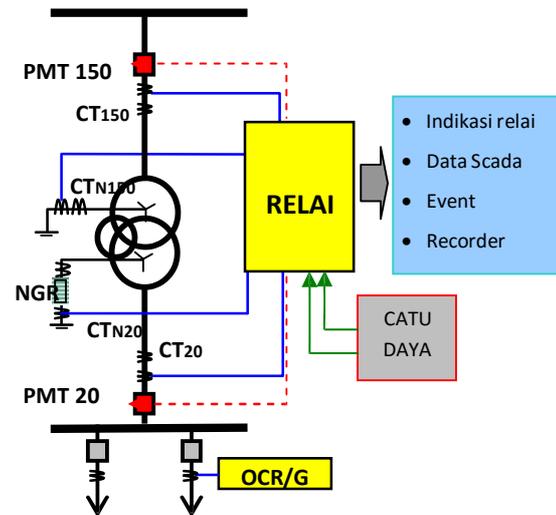


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Dasar Teori

Peralatan proteksi transformator tenaga terdiri dari Relai Proteksi, Transformator Arus (CT), Transformator

Tegangan (PT/CVT), PMT, Catu daya AC/DC yang terintegrasi dalam suatu rangkaian, sehingga satu sama lainnya saling keterkaitan. Dalam sistem proteksi transformator tenaga terdapat peralatan relai proteksi utama dan relai proteksi cadangan, relai proteksi utama merupakan suatu sistem proteksi yang diharapkan sebagai prioritas untuk mengamankan gangguan atau menghilangkan kondisi tidak normal pada transformator tenaga. Proteksi tersebut biasanya dimaksudkan untuk memprakarsainya saat terjadinya gangguan dalam kawasan yang harus dilindungi. (IEC 15-05-025).



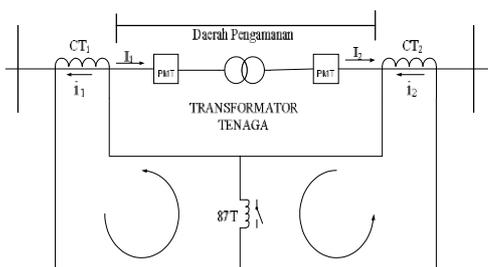
Gambar 2. Peralatan Sistem Proteksi Transformator Tenaga 150/20 KV

1. Relai Diferensial Dan OCR

a) Relai Diferensial

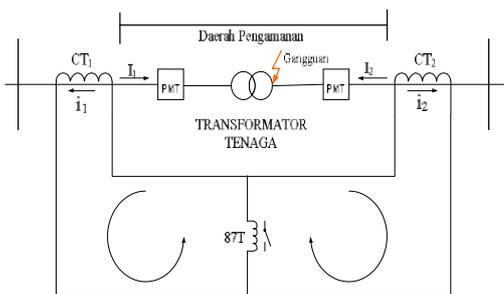
Sebuah relai differensial didefinisikan sebagai relai yang bekerja ketika perbedaan fasor dari dua atau lebih listrik

melebihi jumlah yang ditentukan. Hampir seluruh tipe relai, ketika dihubungkan dengan cara tertentu dapat bekerja menjadi relai differensial. Relai differensial bekerja dengan membandingkan nilai arus pada CT sisi kumparan primer dan CT sisi kumparan sekunder. Apabila selisih antara kedua CT.



Gambar 3. Rangkaian Ekvivalen Relai Diferensial Kondisi Normal

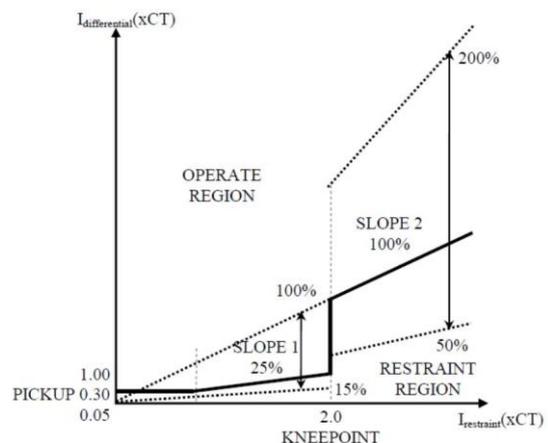
Untuk gangguan internal transformator akan terjadi perubahan besaran dan arah arus sehingga arus saling menjumlahkan. Seperti gambar dibawah ini



Gambar 4. Rangkaian Ekvivalen Relai Diferensial Kondisi Gangguan Internal

Sedangkan untuk gangguan daerah eksternal relai differensial tidak elakukan perintah pada PMT karena diluar daerah pengamanannya, karena arah arus sama seperti keadaan normal

Karakteristik (*Slope*) merupakan nilai selisih *operating* coil dibagi dengan nilai selisih *restraint* coil. Slope 1 akan menentukan arus diferensial dan arus penahan pada saat kondisi normal dan memastikan sensitifitas relai pada saat gangguan internal dan eksternal, sedangkan slope 2 berguna supaya relai tidak bekerja oleh gangguan eksternal yang berarus sangat besar. Biasanya slope 2 diset lebih dari 50%.



Gambar 5. Karakteristik Relai Diferensial

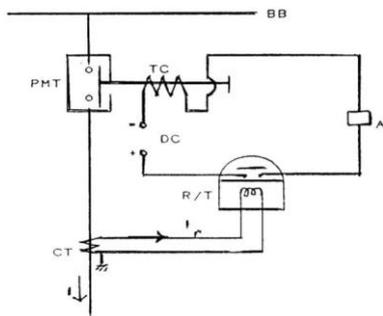
Daerah di atas kurva adalah daerah kerja relai differensial, sedangkan pada daerah di bawah kurva, relai tidak akan bekerja karena adanya kumparan penahan (*restraint*). Oleh sebab itu perlu dilakukan analisis matematis terhadap hal tersebut.

b) Relai Arus Lebih (OCR)

Prinsip kerja relai arus lebih adalah berdasarkan pengukuran arus, yaitu relai akan bekerja apabila merasakan arus diatas nilai settingnya. OCR dirancang sebagai pengaman cadangan

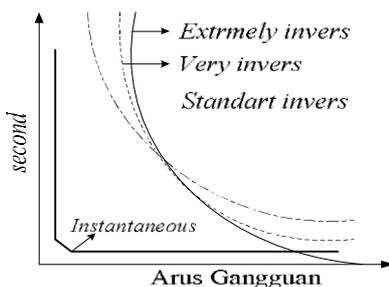
Transformator jika terjadi gangguan hubung singkat baik dalam transformator maupun gangguan eksternal. Oleh karena itu, setting arus OCR harus lebih besar dari kemampuan arus nominal transformator yang diamankan (110 – 120% dari nominal), sehingga tidak bekerja pada saat transformator dibebani nominal, akan tetapi harus dipastikan bahwa setting arus relai masih tetap bekerja pada arus hubung singkat fasa-

fasa minimum.



Gambar 4. Rangkaian ekivalen relai arus lebih *standart inverst*

Karakteristik dari relai jenis ini adalah kemudian menentukan arus yang mengalir pada relai arus lebih sebesar jika semakin tinggi arus gangguan maka waktu kerja relai OCR semakin cepat. Seperti tampak pada gambar berikut



2. Setting Relai Diferensial Dan Relai Arus Lebih (Ocr)

Sebelum melakukan simulasi relai terlebih dahulu dilakukan perhitungan secara matematis terhadap relai diferensial dan relai arus lebih.

a) Analisis Relai Diferensial

Menentukan nilai arus nominal dengan cara

$$I_{set} = \frac{I_{nom}}{\sqrt{3}} \quad (1)$$

$$I_{set} = I_{set} \quad (2)$$

$$I_{set} = I_{set} \quad (3)$$

selanjutnya menghitung hubungan antara arus diferensial I_d dan arus penahan/*restraint* I_r sebagai berikut:

$$I_{set} = |I_d| + |I_r|$$

$$(4)$$

$$I_{set} = \frac{I_d}{\epsilon} + \frac{I_r}{\epsilon} \quad (5)$$

Setting slope I dapat ditentukan dengan rumus :

$$I_{setting} = \text{Slope \%} \times I_r \quad (6)$$

$$\% \text{ Slope} = \frac{I_{setting}}{I_r} \times 100\% \quad (7)$$

Arus Hubung singkat transformator

Gam

bar 5. Karakteristik OCR tipe *invers*

$$\frac{V}{I} = \frac{0,0001}{0,0001 \sqrt{I}} \quad (8)$$

dimana :

- I_nFLA = arus beban penuh
- I_d = arus diferensial
- I_r = arus penahan (restraint)
- I_{set} = arus setting
- S = daya semu transformator
- $\%Z$ = impedansi transformator

b) Analisis Relai Arus Lebih (OCR)

Untuk mendapatkan nilai setting relai arus lebih terlebih dahulu dilakukan dengan rumus matematis. Arus nominal yang masuk kedalam relai arus lebih sebesar:

$$I_{set} = \frac{I_nFLA}{K} \quad (9)$$

Selanjutnya dapat dihitung waktu operasi, time dial seperti dibawah ini :

$$T = \frac{K}{I} \quad (10)$$

$$t_d = \frac{K}{I} \quad (11)$$

- Dimana : t_d : Waktu operasi relai OCR
- T : Time dial
- I_{sc} : arus hubung singkat (A)
- I_{set} : arus setting
- α : konstanta kurva invers

Tabel 1 Koefisien *Invers Time Dial*

No	Tipe Kurva	A	α
1	IEC Inverse	0.14	0.02
2	IEC Very Inverse	13.5	1.00
3	IEC Extremely Inverse	80	2.00

Analisis & Pembahasan

Dengan model matematis terdahulu yang telah dibangun maka perhitungan kinerja relai diferensial dapat dilakukan. Data yang diperoleh dari Gardu Induk Bantul diolah dan dimasukkan kedalam sistem perhitungan.

1. Setting Relai Diferensial

Dengan menggunakan metode matematis yang ada didapatkan setting relai arus lebih seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Setting Relai Diferensial

No	Keterangan	Transformator III 60 MVA	
		Sisi Primer	Sisi Sekunder
1	Inominal FLA	230.9 A	1732.05 A
2	Arus Masuk Relai	0.77 A	0.86 A
3	Rasio CT	300/1	2000/1
4	CT Ideal	266.67 A	2250 A
5	Error mismatch	0.89%	1.125%
6	Arus ACT	1.33 A	1.5 A
7	Tap Aux. CT	0.886	
8	Arus Diferensial	0.17%	
9	Arus Penahan (<i>restraint</i>)	1.145 A	
10	Slope %	20%	
11	Arus Setting	0.3 A	
12	Arus Gangguan Trafo	1869.96 A	14024 A

2. Setting Relai OCR

Dengan menggunakan metode

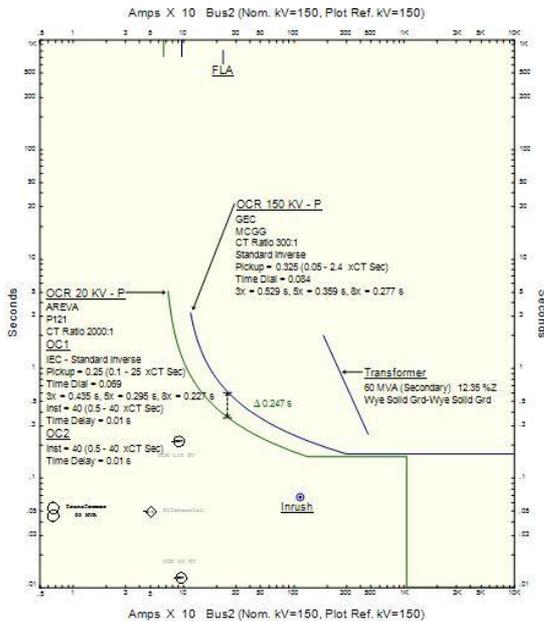
matematis yang ada didapatkan setting

relai arus lebih seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Setting relai arus lebih (OCR)

Over Current Relai (OCR) sisi 150kV			
Standart inverse			
I>>	0.92	T	0.084
Tms (Td)	0.375	Rasio	300/1
Over Current Relai (OCR) sisi 150kV			
Standart inverse			
I>>	1.04	T	0.069
Tms (Td)	0.25	Rasio	2000/1

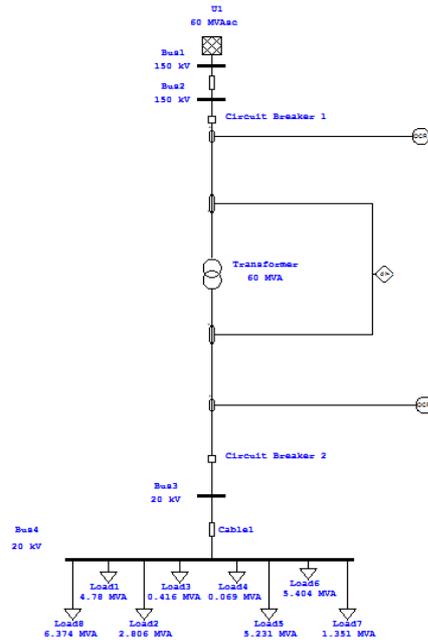
Setelah mengetahui setting relai dilakukan simulasi relai sehingga didapatkan karakteristik relai arus lebih sebagai berikut.



Gambar 6. Karakteristik Waktu Backup Relai OCR

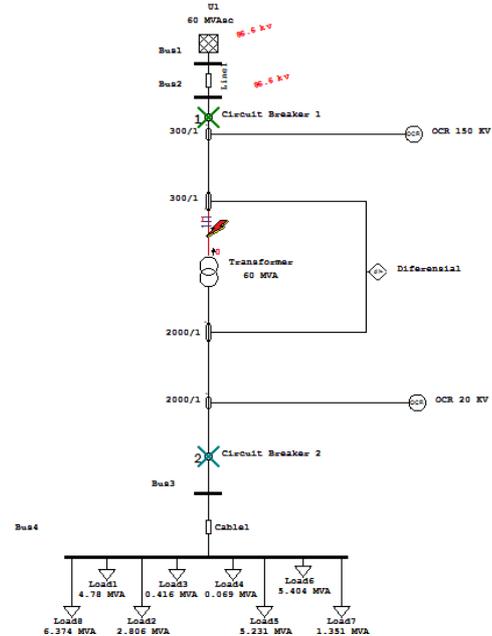
3. Simulasi Unjuk Kerja Relai Proteksi

Untuk melakukan simulasi koordinasi relai terlebih dahulu menentukan topologi jaringan relai proteksi seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 7. Topologi Jaringan koordinasi relai proteksi pada transformator

Setelah itu dapat dilakukan simulasi relai pada program ETAP 7.0.0 untuk gangguan internal dan eksternal transformator. seperti gambar dibawah ini:



Gambar 8. Unjuk kerja relai gangguan internal

- melakukan koordinasi dengan pemutus tenaga PMT dengan waktu 30 ms. Dan berhasil memutuskan kontaktor pemutus tenaga PMT dalam waktu 63 ms.
2. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa koordinasi relai pada gardu induk Bantul berjalan dengan baik dengan beda waktu antara relai antara 0.2 s – 0.4 s sesuai dengan interval *grading time* (IEE 242-2001).
 3. Dari hasil setting relai diferensial didapatkan bahwa arus yang mengalir dalam relai diferensial dalam kondisi normal adalah 1.33 A pada sisi primer dan 1.5 A di sisi sekunder
 4. Arus setting pada relai OCR adalah Iset relai OCR 150 kV 0.92 In dan sisi 20 kV 1.04 In

Daftar Pustaka

- Afni Nur, 2006, “ Sistem Proteksi Diferensial Persentase Transformator Pada Gardu Induk Jajar Surakarta 150/20 kV” Skripsi, Yogyakarta: Institut Sains & Teknologi AKPRIND
- Helna Dita.dkk, 2007, “Studi Penyetelan Relay Diferensial Pada Transformator PT Chevron Pacific Indonesia” Jakarta: Jurnal Elektro Universitas Trisakti
- Marsudi Djiteng , 2006 , “Operasi Sistem Tenaga Listrik” , Yogyakarta : Graha ilmu
- Rafi Muhammad,”analisis rele pengaman peralatan switchyard GITET baru 500kV PT. PLN (Persero) di Kediri”, Surabaya, Skripsi ITS
- Tim Pusat Pendidikan dan Pelatihan PT. PLN (Persero), 2009,”Dasar-dasar Sistem Proteksi Tegangan Tinggi,” Jakarta: PUSDIKLAT PT. PLN (Persero)
- Zulkarnaini, Saputra Eko H. 2012, “Evaluasi Koordinasi Relay Proteksi Pada Feeder distribusi Tenaga listrik (Gh Tahjung Ampalu) Padang: Jurnal Teknik Elektro Itp, Volume 1.