

Analisa Koordinasi Rele Pengaman Transformator Pada Sistem Jaringan Kelistrikan di PLTD Buntok

Yusuf Ismail Nakhoda, Awan Uji Krismanto, dan Maskur Usmanto
Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang
e-mail: yusuf_nakhoda@lecturer.itn.ac.id

Abstrak—Gangguan hubung singkat fasa ke tanah dan fasa ke fasa merupakan salah satu permasalahan yang sering terjadi dalam pengoperasian transformator daya pada sistem pembangkitan listrik di PLTD Buntok Kalimantan Tengah. Permasalahan yang dihadapi di sini adalah terjadinya miskoordinasi antara pengaman transformator daya sehingga ketika salah satu trafo dari pembangkit mengalami gangguan maka trafo lain juga akan terputus dari saluran sehingga akan mengurangi keandalan atau kontinuitas dari penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Salah satu penyebabnya adalah koordinasi rele pengaman pada masing-masing trafo yaitu OCR, DR, dan GFR yang tidak sesuai dengan standar keandalan yang ditentukan. Untuk meningkatkan kinerja dari rele pengaman, maka perlu dilakukan analisa koordinasi rele pengaman dengan menggunakan ETAP Power Station. Setelah dilakukan koordinasi ulang didapatkan perbaikan seting OCR dan GFR lebih cepat 0,4 detik dari setingan awal, seting DR lebih cepat 0,03 detik dari seting awal 0,05 detik menjadi 0,02 detik. Uji coba menunjukkan bahwa pada saat terjadi gangguan hubung singkat di salah satu trafo, hanya PMT dari trafo tersebut yang trip tanpa mengganggu rele pengaman trafo yang lain.

Kata Kunci—Koordinasi relay, ETAP

I. PENDAHULUAN

Sistem proteksi merupakan komponen penting dalam di semua bagian sistem tenaga listrik baik di sisi pembangkitan, transmisi, distribusi maupun pada pemakaian di industri dan rumah tangga. Sistem proteksi yang handal memungkinkan tenaga listrik yang dihasilkan dapat ditransmisikan dan didistribusikan dengan tingkat kualitas dan keandalan yang tinggi kepada konsumen. Selain itu sistem proteksi berfungsi sebagai sistem pengaman terhadap peralatan-peralatan yang terpasang pada sistem distribusi untuk melindungi peralatan saat terjadi gangguan pada sistem.

Dalam sistem jaringan pada pembangkit listrik tidak menutup kemungkinan terjadi gangguan terutama gangguan yang disebabkan oleh alam. Gangguan yang sering terjadi antara lain kawat penghantar putus, kerusakan pada pembangkit, gangguan pada saluran akibat petir, gangguan hubung singkat maupun gangguan dari peralatan itu sendiri. Dengan adanya gangguan yang tidak dapat diprediksi maka diperlukan suatu peralatan pengaman (sistem proteksi) yang tepat dan dapat diandalkan pada peralatan sistem tenaga listrik serta pengoperasian dan pemeliharaan yang baik. Relai proteksi harus dapat mengenal kondisi abnormal pada sistem tenaga dan melakukan langkah-langkah yang dianggap perlu untuk menjamin pemisahan gangguan

dengan kemungkinan gangguan terkecil terhadap operasi normal.

PLTD Buntok sebagai satu-satunya sumber pembangkitan energi listrik di daerah Buntok harus memiliki sistem proteksi yang handal, untuk menjamin kontinuitas pelayanan energi listrik kepada masyarakat. Selain itu harga dari peralatan pembangkitan khususnya transformator yang cukup mahal menuntut adanya sistem pengaman yang dapat melindungi peralatan tersebut.

Paper ini akan membahas koordinasi peralatan pengaman pada transformator daya di PLTD Buntok dengan menggunakan *software* ETAP *Powerstation*. Koordinasi relay yang akan dianalisa adalah OCR (*Over Current Relay*), GFR (*Ground fault Relay*) dan *Differential relay* yang terpasang pada transformator pembangkitan. Tujuan dari koordinasi ulang relay pengaman ini adalah untuk mengatur kembali seting relai yang lebih tepat, selektif dan sensitif, agar dapat meminimalisasi kerusakan transformator yang disebabkan karena gangguan hubung singkat dan meningkatkan kontinuitas dan keandalan penyaluran tenaga listrik ke konsumen.

II. DASAR TEORI

A. Sistem Proteksi

Keandalan dan kemampuan sistem tenaga listrik dalam sebuah jaringan sangat tergantung pada sistem proteksi yang digunakan. Oleh sebab itu dalam perencanaan suatu sistem tenaga listrik, perlu dipertimbangkan kondisi-kondisi gangguan yang mungkin terjadi pada sistem, melalui analisa gangguan. Sistem proteksi dipasang pada peralatan-peralatan listrik suatu sistem tenaga listrik, seperti generator, transformator, jaringan dan lain-lain terhadap kondisi abnormal operasi sistem itu sendiri. Kondisi abnormal itu dapat berupa hubung singkat, tegangan lebih, beban lebih. Dengan demikian sistem proteksi itu berfungsi untuk:

- 1) Menghindari ataupun mengurangi kerusakan peralatan-peralatan akibat gangguan (kondisi abnormal sistem). Semakin cepat reaksi perangkat proteksi yang digunakan maka akan semakin kecil pengaruh gangguan terhadap kemungkinan kerusakan alat.
- 2) Cepat melokalisir jangkauan daerah yang terkena gangguan, menjadi sekecil mungkin.
- 3) Dapat menyalurkan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada beban yang dialiri dan juga mutu listrik yang baik.
- 4) Mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

Pengetahuan mengenai arus-arus yang timbul dari berbagai tipe gangguan pada suatu lokasi merupakan hal yang sangat dasar bagi kelangsungan operasi proteksi secara

efektif. Jika terjadi gangguan pada sistem, para operator yang merasakan adanya gangguan tersebut diharapkan segera dapat mengoperasikan pemutus-pemutus tenaga yang tepat untuk mengeluarkan sistem yang terganggu atau memisahkan peralatan dari jaringan yang terganggu.

Mengingat arus gangguan yang cukup besar, maka perlu secepat mungkin dilakukan proteksi untuk mendeteksi keadaan-keadaan yang tidak normal tersebut dan selanjutnya menginstruksikan pemutus tenaga yang tepat untuk bekerja memutuskan rangkaian atau sistem yang terganggu.

B. Rele Pengaman

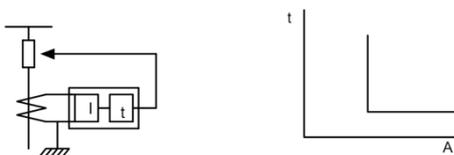
Rele pengaman pada sistem tenaga listrik berfungsi untuk (1) mendeteksi, mengukur dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkan secara cepat dan tepat sehingga sistem lainnya tidak terganggu dapat beroperasi secara normal, (2) mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu, (3) mengurangi pengaruh gangguan terhadap bagian sistem yang lain yang tidak terganggu di dalam sistem tersebut serta mencegah meluasnya gangguan, dan (4) memperkecil bahaya bagi manusia. Sedangkan un tuk melaksanakan fungsi di atas maka rele pengaman harus memenuhi persyaratan-persyaratan antara lain dapat diandalkan (reliable), selektif, waktu kerja rele cepat, peka, dan ekonomis.

Di dalam sistem proteksi banyak sekali jenis rele pengaman yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan, jenis gangguan maupun tergantung dari jenis peralatan yang diproteksi, antara lain rele pengaman arus lebih (*over current relay*), rele pengaman gangguan ke tanah (*ground fault relay*), rele keseimbangan arus (*differential rele*), dll.

C. Rele Arus Lebih (Over Current Relay)

Rele arus lebih bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman tertentu dan jangka waktu tertentu. Fungsi utama dari rele arus lebih ini adalah untuk mendeteksi adanya arus lebih kemudian memberi perintah kepada pemutus tenaga (PMT) untuk membuka (*open circuit*). Rele arus lebih dapat dibedakan berdasarkan kecepatan responnya sebagai berikut.

1) *Rele Arus Lebih waktu tertentu (Definite Time Relay)*. Rele ini memberikan perintah kepada pemutus tenaga (PMT) pada saat terjadi gangguan bila besar arus dan waktu terjadinya gangguan melebihi seting dari rele, jangka waktu kerja rele mulai “*pick up*” sampai kerja rele diperpanjang dengan waktu tertentu tidak tergantung pada besarnya arus gangguan.



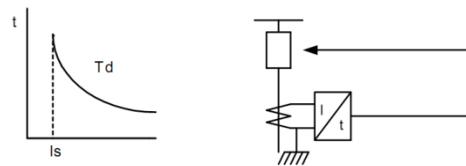
Gambar 1. Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Tertentu

Waktu operasi rele dapat diset pada suatu nilai tertentu untuk arus yang sama dan lebih besar dari nilai “*pick up*”nya, sehingga waktu operasi rele dapat diatur sesuai dengan kebutuhan koordinasi. Adapun keuntungan dari

Definite Time Relay yaitu koordinasinya mudah dan waktu kerjanya tidak tergantung oleh kapasitas pembangkit, sedangkan kelemahannya terjadi komulasi waktu pada rele di hulu untuk sistem yang besar, yaitu akumulasi waktu tidak diharapkan dan bila diterapkan pada pengaman gangguan tanah jaringan distribusi radial, bisa menimbulkan masalah *simpatetik tripping*.

2) *Rele Arus Lebih Waktu Terbalik (Inverse Time Relay)*. Rele arus lebih terbalik memberikan perintah kepada pemutus tenaga (PMT) pada saat terjadi gangguan bila besar arus gangguannya melampaui arus penyetelannya dan jangka waktu kerja rele dari *pick up*, waktunya berbanding terbalik dengan besar arusnya.

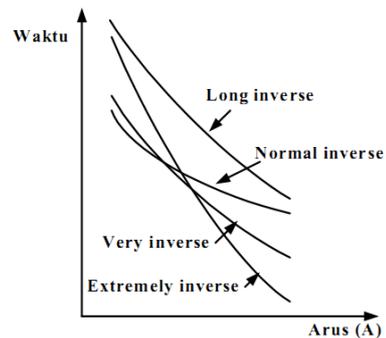
Jadi dapat dikatakan bahwa rele arus lebih waktu tertentu terbalik mempunyai waktu operasi yang semakin singkat untuk arus gangguan yang semakin besar dan waktu operasi yang semakin lama untuk arus gangguan yang semakin kecil.



Gambar 2. Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Tertentu

Rele arus waktu terbalik ini dapat dibagi lagi menjadi empat, yaitu [3]:

1. Berbanding terbalik (*inverse*)
2. Sangat berbanding terbalik (*very inverse*)
3. Sangat berbanding terbalik sekali (*extremely inverse*)
4. *Long inverse*



Gambar 3. Perbandingan Kurva Rele Arus Lebih Waktu terbalik

Sedangkan lamanya waktu kerja *relay inverse*, *veri inverse*, *extremely inverse* dan *long inverse* dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$(inverse) \quad t = \frac{0.14}{(I^{0.02} - 1)} \quad (1)$$

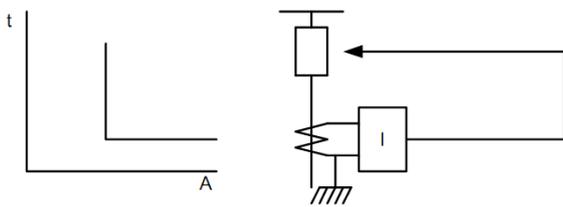
$$(very inverse) \quad t = \frac{13.5}{(I - 1)} \quad (2)$$

$$(extreme inverse) \quad t = \frac{80}{(I^2 - 1)} \quad (3)$$

$$(long\ inverse) \quad t = \frac{120}{(I^2 - 1)} \quad (4)$$

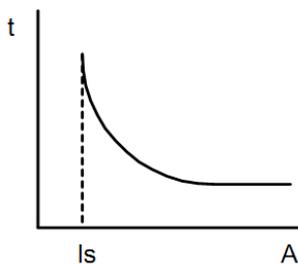
dimana I adalah perbandingan arus dan t adalah waktu kerja rele.

3) *Rele arus Lebih Waktu Seketika (Instantenous Relay).* Rele arus lebih waktu seketika yaitu rele yang jangka waktu mulai *pick up* sampai selesainya kerja rele sangat singkat (20-40 ms) tanpa penundaan waktu. Kerja dari rele ini tidak tergantung dari besarnya arus gangguan / arus yang menggerakkannya. Jadi rele ini akan memberikan perintah kepada pemutus beban (PMT) pada saat terjadi gangguan biloa besar arus gangguannya melampaui penyetelannya (I_n) dan jangka waktu kerjanya singkat.



Gambar 4. Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Seketika

4) *Rele Arus Lebih Inverse Devinite Minimum Time (IDMT).* Rele arus lebih IDMT merupakan kombinasi karakteristik anantara rele arus lebih waktu terbalik dan rele arus lebih waktu tertentu. Rele arus lebih dengan karakteristik IDMT merupakan rele yang mempunyai karakteristik kerja waktu arus berbanding terbalik untuk arus gangguan yang kecil dan waktu tertentu untuk arus gangguan yang besar. Rele tersebut berkerja dengan jangka waktu mulai rele *pick up* sampai selesainya kerja rele dengan waktu arus berbanding terbalik untuk nilai arus gangguan kecil setelah *pick up* dan berubah menjadi waktu tertentu untuk nilai arus gangguan besar.



Gambar 5. Karakteristik Rele Arus Lebih IDMT

5) *Rele Gangguan Tanah (Ground Fault Relay).* Gangguan satu fasa ke tanah dan dua fasa ke tanah dapat diamankan dengan rele gangguan tanah. Karakteristik rele sangat penting untuk diperhatikan guna mendapat sistem pengamanan yang sesuai. Rele gangguan tanah dirancang sedemikian rupa dengan kecepatan kerja yang seketika. Dari hasil pengesetan kurva karakteristik seperti pada gambar terlihat bahwa semakin besar arus gangguan yang mengalir ketanah, semakin cepat trip dari rele gangguan tanah. Untuk memudahkan perhitungan arus gangguan ke tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5)

$$|I_{gg,1\phi}| = \left| \frac{C_x V_f}{Z_0 + Z_f} \right| \quad (5)$$

dimana:

$I_{gg,1\phi}$ = arus gangguan antar fasa

V_f = tegangan fasa netral

C = faktor tegangan

Z_f = impedansi titik gangguan

Z_1, Z_2, Z_0 = impedansi urutan positif, negatif, nol

6) *Rele Keseimbangan Arus (Differential Relay) [5].*

Relai keseimbangan arus adalah satu rele pengamanan utama sistem tenaga listrik yang bekerja seketika tanpa koordinasi rele disekitarnya, sehingga waktu kerja dapat dibuat secepat mungkin. Daerah pengamanannya dibatasi oleh pasangan trafo arus (CT) dimana rele diferensial dipasang sehingga rele differential tidak dapat dijadikan sebagai pengamanan cadangan untuk daerah berikutnya. Rele proteksi differeftial bekerja dengan prinsip keseimbangan arus masuk dan arus keluar (*current ballance*). Prinsip kerja rele ini adalah untuk membandingkan arus yang masuk ke peralatan dengan arus yang keluar dari peralatan tersebut. Jadi secara umum fungsi dari rele diferensial adalah untuk mengamankan transformator terhadap gangguan hubung singkat yang terjadi di dalam daerah pengamanan peralatan atau sistem.

Prinsip kerja tersebut berdasarkan hukum *kirchoff* arus yaitu besar arus yang masuk pada suatu titik sama besarnya dengan besar arus yang keluar dari titik tersebut, dengan kata lain membandingkan jumlah arus masuk ke sisi primer (I_p) sama dengan jumlah arus yang keluar dari sisi sekunder (I_s). Rele keseimbangan arus akan mendeteksi dan mengirim sinyal ke pemutus tenaga (PMT) jika terjadi perbedaan arus yang masuk dengan arus yang keluar.

$$I_d = \left| \vec{I}_p \right| + \left| \vec{I}_s \right| \quad (6)$$

dimana

I_d : arus diferensial (A)

I_p : arus sisi masuk (A)

I_s : arus sisi keluar (A)



Gambar 6. Pemasangan Diferensial Rele dan Trafo Arus (CT)

III. SISTEM PEMBANGKITAN PLTD BUNTOK

Sistem pembangkit listrik di Buntok Kalimantan Tengah (Gbr. 7) menggunakan tenaga *diesel* sebagai pembangkit utama dimana terdapat 9 unit mesin *diesel* utama dan 7 mesin *diesel* pembantu, yang mana masing-masing unit untuk menggerakkan generator. Spesifikasi dari masing-masing pembangkit beragam tipe maupun kapasitasnya berdasarkan tahun pemasangan dan penambahan disesuaikan dengan kebutuhan. Selain mesin pembangkit di PLTD Buntok terdapat transformator daya yang terhubung

pada masing-masing mesin pembangkit untuk penaik tegangan. Terdapat 16 unit transformator penaik tegangandi pusat pembangkit listrik PLTD Buntok yang spesifikasinya disesuaikan dengan kapasitas generator.

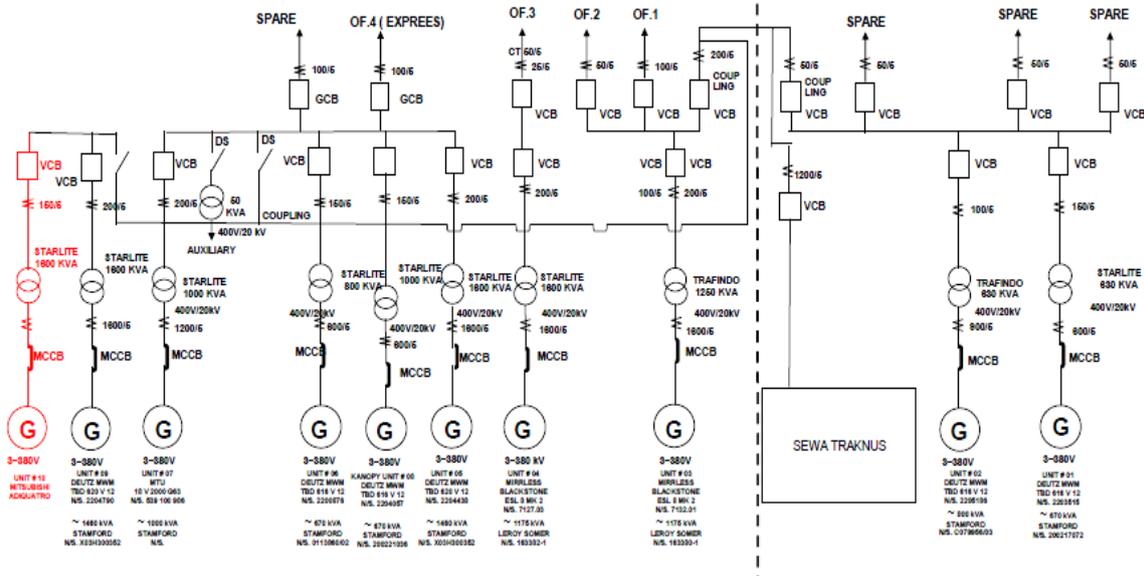
Pada setiap unit transformator terpasang sistem proteksi untuk melindungi transformator dari kerusakan akibat gangguan. Sistem proteksi/pengaman yang digunakan adalah rele pengaman yaitu rele arus lebih (*over current relay*), rele gangguan tanah(*ground vault relay*), dan rele keseimbangan arus (*differential relay*). Rele pengaman yang digunakan adalah ABB tipe TPU 2000, yang didalamnya sudah fungsi dari ketiga rele tersebut.

$$I_{set primer} = \frac{1.1}{1.0 \times I_{max}} \tag{7}$$

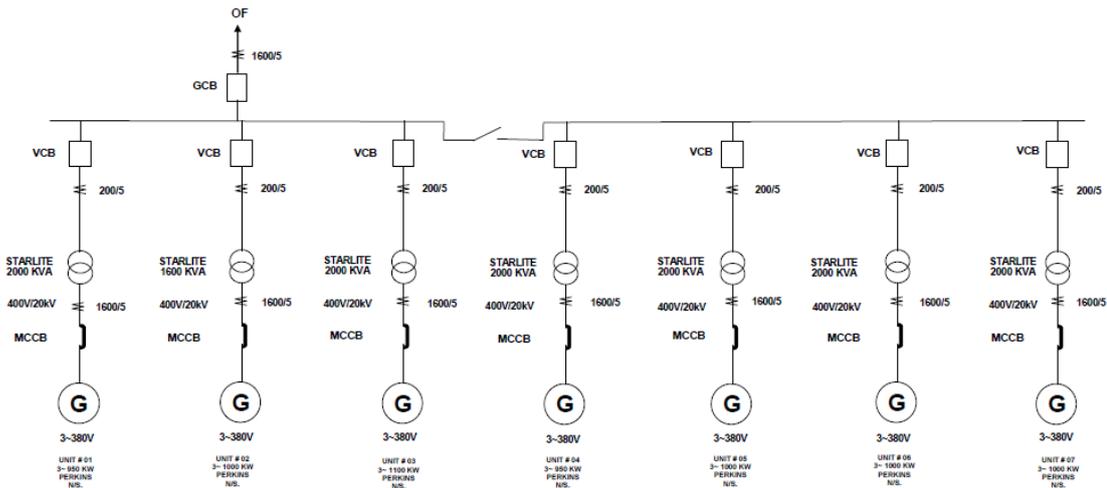
$$I_{set sekunder} = I_{set primer} \times \frac{1}{Rasio CT} \tag{8}$$

Sedangkan setting waktu untuk aktivasi rele didasarkan pada perasamaan berikut ini:

$$t = \frac{80 \times TMS}{\left(\frac{I_{gangguan}}{I_{set sekunder}}\right)^2 - 1} \tag{9}$$



Gambar 7. Single Line Sistem Kelistrikan di PLTD Buntok (unit utama)



Gambar 8. Single Line Sistem Kwlistrikan di PLTD Buntok (unit bantu)

IV. HASIL DAN ANALISA

A. Seting Rele Arus Lebih

Seting arus pada rele arus lebih dengan memperhatikan interfase dengan trafo arus (CT) didapatkan dari persamaan (7) dan (8).

dimana:

$I_{set primer}$: arus primer yang di masukkan untuk penyetelan *relay*

$I_{set sekunder}$: arus sekunder yang di masukkan untuk penyetelan *relay*

I_{max} : arus kerja maksimal trafo

Selektivitas rele arus lebih mengikuti ketentuan berdasarkan pembagian atas daerah-daerah pengamanan (zona pengamanan) dan Koordinasi dengan pertingkatan waktu (*time grading*).

B. Setting Rele Differential

Total waktu yang dibutuhkan differential rele untuk mengisolir peralatan yang mengalami gangguan adalah total waktu kerja dari rele ditambah dengan waktu kerja dari PMT.

C. Kondisi Awal Sebelum dilakukan Reseting Rele

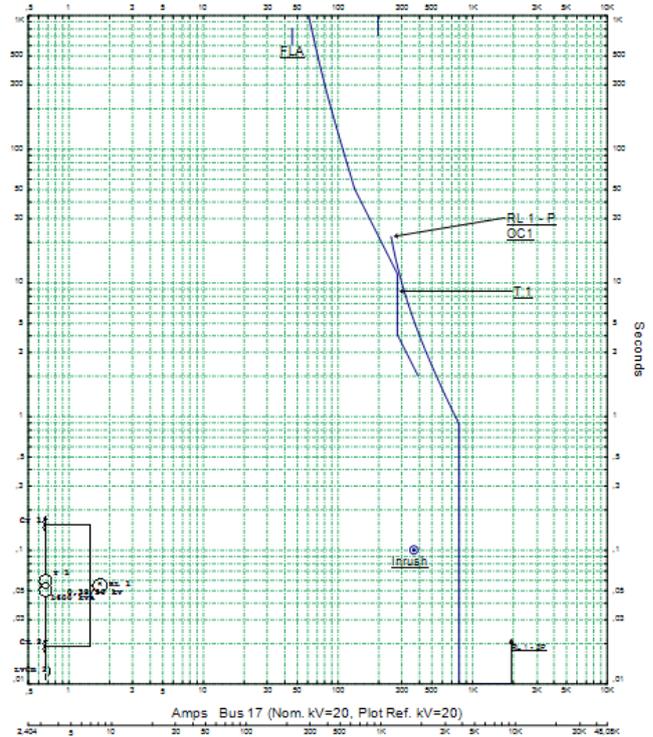
Kondisi awal sebelum penyetelan ulang rele dilakukan untuk menganalisa kerja dari koordinasi rele pengaman apakah sesuai dengan kriteria yang diharapkan. Data yang dimasukan adalah data awal yang diperoleh dari lapangan.

Tabel I memperlihatkan penyetelan awal dari koordinasi rele pengaman trafo yang terpasang pada masing-masing trafo. Dari tabel seting rele tersebut terlihat arus seting (I_{set}) rele masih dalam kondisi standar pabrik yang lebih mengutamakan pengamanan peralatan, dan kurang baik jika digunakan pada sistem yang kompleks dengan daerah isolasi gangguan sekecil mungkin.

Seting parameter untuk rele 1 (*overcurrent relay*) dengan I_{set} maksimum 5A dengan *pickup time* 1-12 detik dan *time dial* 1,6 detik pada merupakan seting yang sangat sensitif terhadap penanganan gangguan tetapi mengakibatkan rele tidak dapat membedakan jika gangguan yang terjadi dari daerah pengamanan lain, dikarenakan seting I_{set} yang terlalu kecil.

TABEL I
SETTING AWAL RELE PENGAMAN TRAFO

Reley/CT in		Tap (Pickup)			Time Dial / Mult.	
Relay ID	CT Ratio	Range/ (sec A)	Set (A)	Primary (A)	Range (S)	Set (S)
RL 1	200:5	1-12/5	5.00	200.00	0-10	1.600
RL 2	200:5	1-12	5.00	200.00	0-10	1.600
RL 3	200:5	1-12	5.00	200.00	0-10	1.600
RL 4	200:5	1-12	5.00	200.00	0-10	1.600
RL 5	200:5	1-12	5.00	200.00	0-10	1.600
RL 6	250:5	1-12	5.00	250.00	0-10	1.600
RL 7	200:5	1-12	5.00	200.00	0-10	1.600
RL 8	200:5	1-12	5.00	200.00	0-10	1.600
RL 9	100:5	1-12	5.00	100.00	0-10	1.600
RL 10	100:5	1-12	5.00	100.00	0-10	1.600
RL 11	150:5	1-12	5.00	150.00	0-10	1.600
RL 12	100:5	1-12	5.00	100.00	0-10	1.600
RL 13	100:5	1-12	5.00	100.00	0-10	1.600
RL 14	200:5	1-12	5.00	200.00	0-10	1.200
RL 15	200:5	1-12	5.00	200.00	0-10	1.600
RL 16	250:5	1-12	5.00	250.00	0-10	1.200

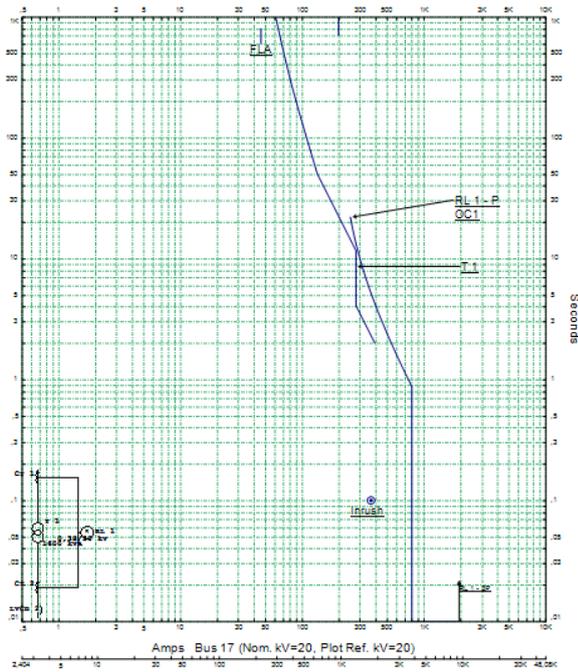


Gambar 9. Kurva Kerja Rele 1 Sebelum Dilakukan Penyetelan Ulang

Seting arus dari rele (I_{set}) apabila dibandingkan dengan karakteristik trafo terlalu dekat dengan arus kerja trafo, sehingga rele menjadi sangat sensitif dan tidak dapat membedakan antara gangguan yang terjadi di area pengamanan sendiri maupun gangguan dari luar area pengamanan sendiri. Hal tersebut ditunjukkan oleh Gambar 9 yang menunjukkan kurva kerja rele 1.

Pada kondisi awal, setting dari *differential relay* 1 adalah 0,5 detik, *differential relay* ini bekerja pada saat terjadi gangguan di dalam trafo berdasarkan dari presentasi perbedaan arus antara sisi primer dan sekunder trafo. Idealnya perbedaan arus primer (I_p) dan arus sekunder (I_s) adalah 0, terkecuali saat terjadinya *inrush current* atau arus pengisian awal trafo (*line charging*).

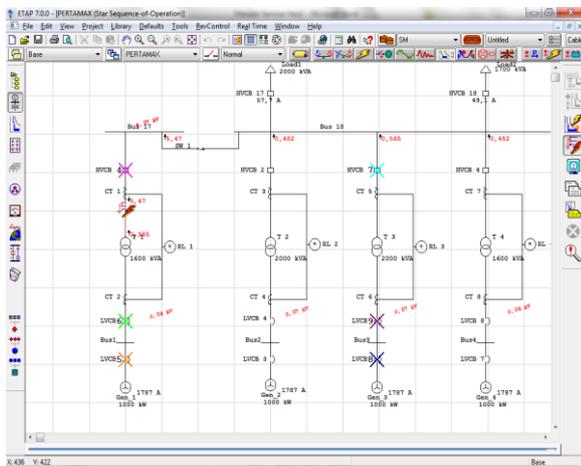
Seting awal rele arus lebih dan rele *differential* tersebut mengakibatkan kesalahan koordinasi yaitu saat diberi gangguan hubung singkat tiga fasa pada daerah pengamanan trafo 1, justru rele pada trafo 3 juga ikut trip padahal gangguan di trafo 1 di luar daerah pengamanan rele arus lebih dan *differential* pada trafo 3. Kesalahan koordinasi tersebut ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Kurva Kerja Rele 1 Sebelum Dilakukan Penyetelan Ulang

Bus3	0,38	4,134	-41,769	4,342	-34,346
Bus4	0,38	3,756	-37,464	4,076	-32,325
Bus5	0,38	3,845	-38,218	4,051	-31,957
Bus6	0,38	3,899	-39,512	4,346	-34,716
Bus7	0,38	3,863	-38,649	4,152	-32,900
Bus8	0,38	3,845	-38,218	4,051	-31,957
Bus9	0,38	1,762	-15,438	1,634	-12,353
Bus10	0,38	2,908	-15,722	2,273	-13,266
Bus11	0,38	2,933	-22,470	2,524	-17,825
Bus12	0,38	2,449	-17,666	1,765	-12,206
Bus13	0,38	2,869	-21,102	2,068	-14,396
Bus14	0,38	3,384	-32,340	3,370	-26,184
Bus15	0,38	3,322	-30,930	2,978	-22,751
Bus16	0,38	2,941	-27,712	3,001	-23,321
Bus 18	20,00	0,118	-1,761	0,234	-2,475
Bus 19	20,00	0,118	-1,761	0,234	-2,475
Bus 20	20,00	0,118	-1,761	0,234	-2,475
Bus 21	20,00	0,118	-1,761	0,234	-2,475
Bus 22	20,00	0,118	-1,761	0,234	-2,475
Bus22	20,00	0,118	-1,761	0,234	-2,475

Tabel II menunjukkan hasil simulasi gangguan hubung singkat pada *software* ETAP *powerstation* yaitu gangguan fasa ke fasa dan fasa-fasa ke tanah.



Gambar 11. Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat dan Kerja Rele Pengaman

D. Resetting Rele Pengaman

1) *Analisa Arus Hubung Singkat*. Simulasi gangguan hubung singkat bertujuan untuk menganalisa dan mengukur besarnya arus gangguan hubung singkat pada tiap-tiap bus, yang nantinya dijadikan parameter dalam melakukan penyetelan ulang rele pengaman. Tabel II menunjukkan hasil simulasi gangguan hubung singkat pada *software* ETAP *powerstation* dengan model gangguan berupa gangguan hubung singkat 3 fasa dan fasa ke tanah.

TABEL II
HASIL SIMULASI GANGGUAN HUBUNG SINGKAT
(3-FASA, SALURAN KE TANAH)

Bus ID	kV	3-Phase Fault (kA)		Line to Ground Fault (kA)	
		Real	Imag.	Real	Imag
		Bus1	0,38	1,366	-34,707
Bus2	0,38	3,863	-38,649	4,152	-32,900

2) *Setting Koordinasi Rele*. Setelah data arus gangguan hubung singkat diperoleh maka data-data tersebut digunakan untuk penyetelan ulang rele pengaman. Karena besar arus gangguan pada tiap-tiap bus berbeda maka seting dari rele pengaman masing-masing trafo juga berbeda.

Perhitungan seting koordinasi rele dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* ETAP. Tabel IV menunjukkan hasil perhitungan ulang rele pengaman dengan metode kurva pada *software* ETAP *powerstation*. Arus seting (Iset) dari masing-masing rele pengaman bervariasi nilainya berdsakan besar arus gangguan yang telah didapatkan dari studi hubung singkat. Waktu kerja rele (*time dial*) juga mengalami perubahan yaitu lebih cepat dari nilai awal dari 1,6 detik menjadi 1,2 detik. Kurva 10 menunjukkan bentuk kurva dari rele 1 setelah dilakukan seting ulang.

TABEL III
HASIL SIMULASI GANGGUAN HUBUNG SINGKAT
(ANTAR SALURAN, ANTAR SALURAN KE TANAH)

Bus ID	kV	Line to Line Fault (kA)		Line-Line-Ground Fault (kA)	
		Real	Imag	Real	Imag
		Bus1	0,38	30,376	1,587
Bus2	0,38	33,800	3,830	-35,440	10,370
Bus3	0,38	36,536	4,116	-38,204	10,348
Bus4	0,38	32,763	3,719	-34,390	10,373
Bus5	0,38	33,417	3,802	-34,999	9,818
Bus6	0,38	34,567	3,887	-36,319	11,451
Bus7	0,38	33,800	3,830	-35,440	10,370
Bus8	0,38	33,417	3,802	-34,999	9,818

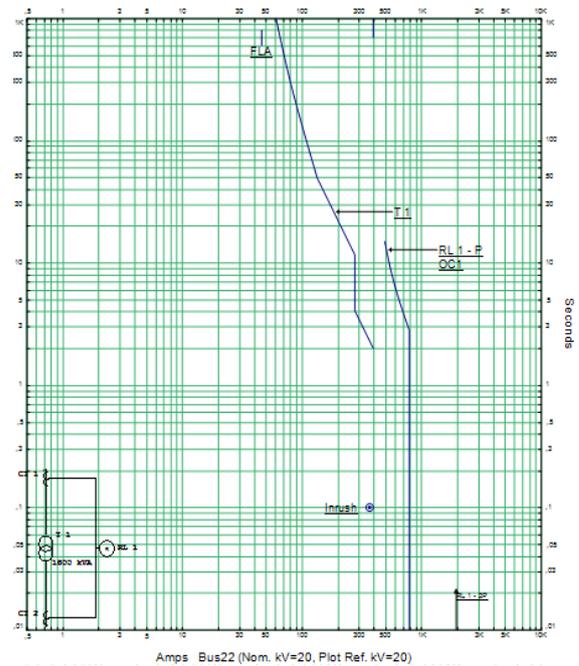
Bus9	0,38	13,457	1,653	-14,098	3,467
Bus10	0,38	13,705	2,662	12,856	8,296
Bus11	0,38	19,597	2,753	18,602	10,007
Bus12	0,38	15,385	2,257	14,744	6,855
Bus13	0,38	18,385	2,659	17,638	8,042
Bus14	0,38	28,251	3,291	-29,551	7,633
Bus15	0,38	26,999	3,196	-28,087	5,752
Bus16	0,38	24,200	2,843	-25,396	7,152
Bus 18	20,00	1,553	0,141	-1,687	1,849
Bus 19	20,00	1,553	0,141	-1,687	1,849
Bus 20	20,00	1,553	0,141	-1,687	1,849
Bus 21	20,00	1,553	0,141	-1,687	1,849
Bus 22	20,00	1,553	0,141	-1,687	1,849
Bus22	20,00	1,553	0,141	-1,687	1,849

TABEL IV
HASIL SETING ULANG RELE PENGAMAN

Relay/CT in		Tap (Pickup)		Time Dial / Mult.		
Relay ID	CT Ratio	Range (1-12) Sec	Setting (A)	Primary (A)	Range (S)	Setting (S)
RL 1	200:5	5A	9,900	396,000	0-10	1,200
RL 2	200:5	5A	9,800	392,000	0-10	1,200
RL 3	200:5	5A	9,800	392,000	0-10	1,200
RL 4	200:5	5A	9,800	392,000	0-10	1,200
RL 5	200:5	5A	9,800	392,000	0-10	1,200
RL 6	250:5	5A	8,000	400,000	0-10	1,200
RL 7	200:5	5A	9,900	396,000	0-10	1,200
RL 8	200:5	5A	9,800	392,000	0-10	1,200
RL 9	100:5	5A	7,400	148,000	0-10	1,200
RL 10	100:5	5A	7,400	148,000	0-10	1,200
RL 11	150:5	5A	6,500	195,000	0-10	1,200
RL 12	100:5	5A	8,400	168,000	0-10	1,200
RL 13	100:5	5A	9,600	192,000	0-10	1,200
RL 14	200:5	5A	7,300	292,000	0-10	1,200
RL 15	200:5	5A	7,400	296,000	0-10	1,200
RL 16	250:5	5A	5,900	295,000	0-10	1,200

Rele akan bekerja sesuai dengan besarnya arus gangguan pada daerah pengamanan trafo 1 tanpa mengganggu kerja rele pengamanan pada daerah lain lain.

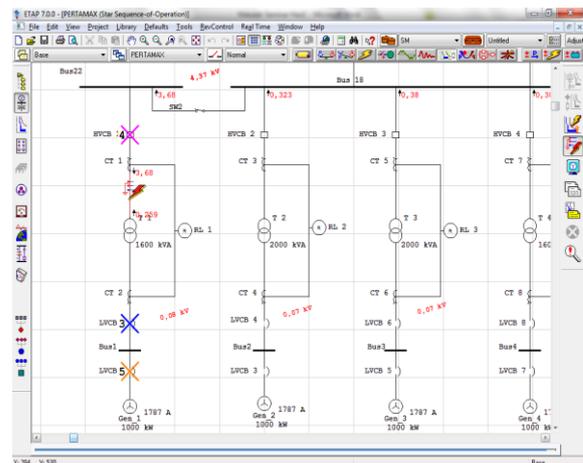
Hal itu dikarenakan seting arus (Iset) dari rele pengamanan tidak berdekatan dengan arus kerja dari trafo, dan dengan waktu kerja (*time dial*) yang lebih cepat.



Gambar 10. Kurva dari Rele 1 Setelah Dilakukan seting Ulang

Untuk penyetelan ulang *differential rele* cukup dengan merubah waktu kerja dari *differential rele*, yang awalnya diset 0,05 detik menjadi 0,02 detik. Lebih cepat 0,03 detik dari setingan awal, tentunya akan mempercepat pemisahan saluran trafo pada saat trafo mengalami gangguan. Seting ini juga mempertimbangkan waktunya agar tidak terlalu dekat dengan waktu arus pengisian trafo (*inrush current*) yaitu 0,01 detik.

3) *Pengujian Setting Koordinasi Rele Pengaman.* Gambar 11 menunjukkan pengujian setting rele pengamanan yang baru dengan trafo 1 diberi gangguan hubung singkat 3 fasa. Setelah dilakuka pengujian ternyata pada saat gangguan terjadi di daerah pengamanan rele 1, rele yang bekerja hanya rele 1 dan tidak mempengaruhi rele pengamanan yang lain. Hal ini berarti bahwa setting ulang rele pengamanan telah menghasilkan koordinasi rele pengamanan seperti yang diharapkan. Pada Gambar 11, tanda silang merupakan tanda CB yang membuka (trip) dan nomor dari tanda silang adalah urutan CB yang terbuka (trip).



Gambar 11. Hasil Simulasi Gangguan dan Kerja Rele Pengaman Setelah Penyetelan

V. KESIMPULAN

Setelah melakukan perancangan dan menganalisa koordinasi rele proteksi transformator pada sistem kelistrikan di PLTD Buntok, maka kesimpulan bahwa untuk mendapatkan koordinasi rele pengaman yang dapat bekerja secara optimal, seting OCR dan GFR diubah menjadi lebih cepat 0,4 detik dari seting awal, Seting DR diubah lebih cepat 0,03 detik dari seting awal. Hasil Seting OCR dan GFR menjadi lebih sensitif dan selektif. Rele bekerja jika gangguan yang terjadi di daerah pengamanan rele tersebut tanpa terpengaruh dari daerah pengamanan yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anderson Anvenue, Markham, Ontario “*Transformer Management Relay Instruction Manual*” GE Power Management. Canada . 2001.
- [2] Denno, K , “*Electric Protective Device : Protection With Energy Saving*” McGraw-Hill.1994.
- [3] J lewis, Blackburn “ *Protective Relaying “Principles And Applications”*”second edition. 2004
- [4] Levallois, Perret, “ *Network Protection & Automation Guide*” .ALSTOM, France. 2002
- [5] Sukmawidjaja, Maula. 1995. Edisi ke-2. “*Teori Soal Dan Penyelesaian Analisa Sistem Tenaga Listrik II*”. Jakarta: Jurusan Teknik Elektro, Universitas Trisakti.