

Analisis Studi Rele Pengaman (*Over Current Relay Dan Ground Fault Relay*) pada Pemakaian Distribusi Daya Sendiri dari PLTU Rembang

Yoyok Triyono, Ontoseno Penangsang, Sjamsjul Anam

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: ontosenop@ee.its.ac.id

Abstrak— Proteksi terhadap sistem kelistrikan serta peralatannya adalah hal yang sangat dibutuhkan dalam industri. Sistem proteksi berperan penting dalam mendeteksi adanya gangguan dan dapat mencegah kerusakan yang diakibatkan gangguan. Koordinasi sistem proteksi yang baik akan mengisolasi daerah gangguan dan mencegah pemadaman di daerah lain. Hal ini dapat meningkatkan keandalan sistem dengan menjaga kontinuitas suplai pada beban. Untuk menjaga dan meningkatkan performa sistem proteksi perlu dilakukan suatu studi terhadap koordinasi rele pengaman yang terpasang. Tugas Akhir ini bertujuan untuk menyajikan analisis terhadap koordinasi rele pengaman pada PLTU Rembang. Untuk membantu proses studi koordinasi rele-rele pengaman ini digunakan *software* pendukung yaitu ETAP 7.0. Dari tiga tipikal koordinasi yang dianalisis dapat diketahui bahwa ada beberapa kesalahan koordinasi pada setelan (*setting*) *pick-up* dan *time delay*. Dari hasil analisis dalam tugas akhir ini, direkomendasikan penyetelan ulang rele dan diberikan setelan dengan kurva *normal inverse time*.

Kata Kunci— koordinasi, rele pengaman, gangguan

I. PENDAHULUAN

Pembangunan Proyek Percepatan Pembangkit Tenaga Listrik berbahan bakar batubara berdasarkan pada Peraturan Presiden RI Nomor 71 Tahun 2006 tanggal 05 Juli 2006 tentang penugasan kepada PT. PLN (Persero) untuk melakukan Percepatan Pembangunan Pembangkit Tenaga Listrik yang menggunakan batubara. Perpres ini menjadi dasar bagi pembangunan 10 PLTU di Jawa dan 25 PLTU di Luar Jawa Bali atau yang dikenal dengan nama Proyek Percepatan PLTU 10.000 MW. Pembangunan proyek – proyek PLTU tersebut guna mengejar pasokan tenaga listrik yang akan mengalami defisit sampai beberapa tahun mendatang, serta menunjang program diversifikasi energi untuk pembangkit tenaga listrik ke non bahan bakar minyak (BBM) dengan memanfaatkan batubara berkalori rendah (4200 kcal/kg). Dengan mulai beroperasinya PLTU Rembang yang berada di Desa Sluke Rembang pada bulan September 2011 ikut mendukung tercapainya percepatan proyek 10.000 MW. PLTU rembang terdiri dari 2 buah generator 300 MW yang berperan menyuplai daya pada jaringan transmisi 150 kV untuk mencukupi kebutuhan pelanggan, khusus nya di sistem Jawa Tengah (Pati dan Rembang) maka memerlukan keandalan sistem kelistrikan serta kontinuitas dari operasi pembangkit.

Salah satu metoda yang dilakukan untuk memperoleh keandalan sistem adalah performa sistem proteksi dengan koordinasi rele-rele pengamannya. Oleh sebab itu untuk

meningkatkan performa sistem proteksi perlu dilakukan analisis terhadap setelan dan koordinasi rele yang ada khususnya rele pengaman arus lebih. Analisis ini dapat dilakukan dengan menggambarkan kurva karakteristik rele pengaman arus lebih. Dengan menganalisis hal ini, diharapkan akan dapat mencegah atau membatasi kerusakan jaringan beserta peralatannya ketika terjadi gangguan dan juga mencegah putusnya suplai daya listrik pada daerah yang tidak ada gangguan

II. LANDASAN TEORI

2.1. Gangguan Hubung Singkat

Pada sistem tenaga listrik tidak terlepas dari terjadinya berbagai macam gangguan. Pada sistem tenaga listrik, gangguan (*fault*) yang terjadi dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Gangguan listrik

Jenis gangguan ini adalah gangguan listrik yang timbul dan terjadi pada bagian – bagian listrik.

2. Gangguan mekanis

Jenis gangguan ini terjadi dikarenakan adanya kerusakan secara fisik dari peralatan.

3. Gangguan sistem

Jenis gangguan ini terjadi berhubungan dengan kondisi parameter pada sistem.

Bila ditinjau dari segi lamanya gangguan, jenis gangguan dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu [1]:

- a. Gangguan temporer.
- b. Gangguan permanen.

2.2. Rele Arus Lebih (*Overcurrent Relay*)

Rele arus lebih merupakan suatu jenis rele yang bekerja berdasarkan besarnya arus masukan, dan apabila besarnya arus masukan melebihi suatu harga tertentu yang dapat diatur (I_p) maka rele arus lebih bekerja. Dimana I_p merupakan arus kerja yang dinyatakan menurut gulungan sekunder dari trafo arus (CT). Bila suatu gangguan terjadi di dalam daerah perlindungan rele, besarnya arus gangguan I_f yang juga dinyatakan terhadap gulungan sekunder CT juga. Rele akan bekerja apabila memenuhi keadaan sebagai berikut [1]:

- $$\begin{aligned} I_f > I_p & \text{ rele bekerja (trip)} \\ I_f < I_p & \text{ tidak bekerja (blok)} \end{aligned}$$

2.3. Setting Rele Pengaman

a. Setting Arus

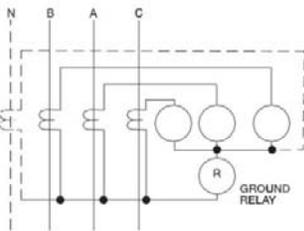
Pada dasarnya batas penyetelan rele arus lebih adalah rele tidak boleh bekerja pada saat beban maksimum. Arus settingnya harus lebih besar dari arus beban maksimumnya. Arus penyetelan pun harus memperhatikan kesalahan *pick up* sesuai dengan *British Standard Pick Up = 1.05 s/d 1.3 Iset* [3].

b. Setting Waktu

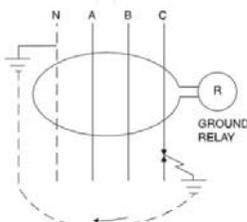
Penyetelan waktu kerja rele terutama dipertimbangkan terhadap kecepatan dan selektivitas kerja dari rele, sehingga rele tidak salah operasi, yang dapat menyebabkan tujuan pengaman tidak berarti. Untuk setting waktu sesuai *standard IEEE 242*.

2.4. Rele Gangguan ke Tanah (Ground Fault Relay)

Gangguan yang sering terjadi di sistem tenaga listrik ialah gangguan fasa ke tanah. Oleh karena itu perlu dipasang rele pengaman untuk mengamankan sistem dari terjadinya gangguan tersebut. Rele yang berfungsi untuk mengamankannya ialah *Ground Fault Relay (GFR)*. Rele ini dilengkapi *zero sequence current filter*. Rele gangguan ketanah dapat digunakan pada sistem yang mampu membatasi arus gangguan ketanah. Misalnya sistem dengan pentanahan resistansi dimana impedansi yang rendah mampu mengurangi arus gangguan ketanah. *Range setting* dari rele ini misal 20% - 80% dari rating arusnya atau bahkan lebih rendah, referensi lain menggunakan 10% - 50% [2]. Pengaman ini akan aktif jika arus sisa Iresidu = Ia+Ib+Ic yang mengalir naik melebihi *setting* arus.



Gambar. 1. Residual CT [4]



Gambar. 2. Zero CT [4]

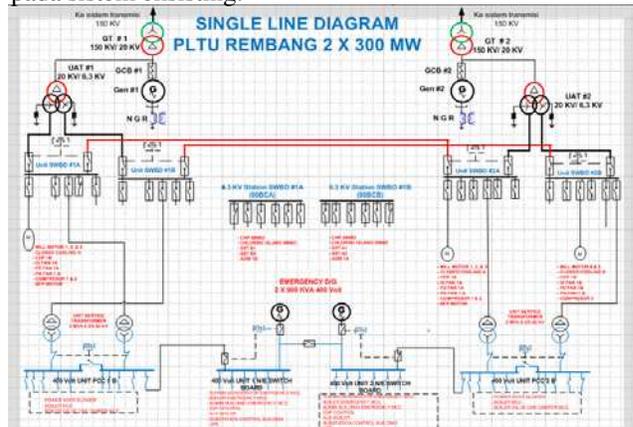
III. PERANCANGAN SISTEM SIMULASI

3. Penggabungan beban auxiliary PLTU rebang

PLTU rebang memiliki 2 unit pembangkit dengan kapasitas beban auxiliary yang sama. Namun dalam pengoperasian peralatannya hanya beberapa peralatan penting yang dioperasikan dalam mendukung proses pembangkitan listrik dikarenakan beberapa peralatan memiliki fungsi dan saluran yang sama sehingga cukup menggunakan dari salah satu unit saja. Penggabungan beban auxiliary 6,3 kV bertujuan untuk meningkatkan keandalan unit dalam proses

pembangkitan listrik dikarenakan jika Trafo UAT terjadi gangguan maka supply daya untuk tegangan 6,3 kV tidak ada back up sedangkan beban yang terdapat pada level tegangan tersebut merupakan peralatan penting dalam proses pembangkitan terutama CCCWP (pompa untuk mendinginkan seluruh peralatan PLTU).

Besarnya beban yang ada di PLTU rebang untuk satu unit adalah 10% dari kapasitas maksimal pembangkitan, ketika beroperasi normal bebannya sekitar 5-7% dari kapasitas pembangkitan maksimal (sekitar 21,864 MW). Pada unit 2 beban maksimal pada saat beroperasi sekitar 15 MW dikarenakan beberapa peralatan dapat di gunakan untuk 2 unit sehingga peralatan yang ada di unit 2 di jadikan cadangan bila terjadi gangguan. Dengan adanya integrasi tersebut akan mengakibatkan perubahan level short circuit pada system semula. Ini akan mengakibatkan perubahan setting pengaman pada sistem eksisting.



Gambar. 3. Skema penggabungan beban auxiliary PLTU Rebang

IV. HASIL SIMULASI DAN ANALISA

4.1 Analisis Gangguan Arus Hubung Singkat

Untuk perhitungan analisa hubung singkat ini digunakan dua konfigurasi yang mewakili hubung singkat minimum dan maksimum yaitu:

- Hubung singkat minimum : Salah satu generator dalam keadaan tidak beroperasi (*off*) dan yang satu posisi beroperasi (*on*)
- Hubung singkat maksimum : pada saat semua generator 1 dan 2 beroperasi (*on*).

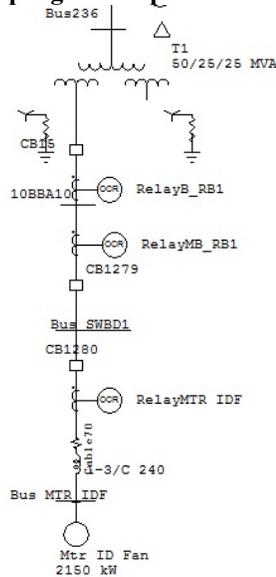
Tabel 1. Arus Gangguan Hubung Singkat

Bus ID	kV	Isc max 4 Cycle		Isc min 30 cycle	
		kA	kA	kA	kA
bus 232	20		60.094		52.28
10bba10	6.3		57.095		36.2
00BCC10	6.3		28.626		22.246
00BHC10	0.38		22.909		21.131
SWBD	6.3		57.095		36.2
Bus MTR	6.3		32.812		14.579
Bus 234	6.3		27.433		21.478
bus 236	20		60.094		52.28
00BCA10	6.3		57.095		36.2

Untuk menghitung arus hubung singkat digunakan software ETAP 7.0.0. Hubung singkat minimum adalah hubung singkat 2 fasa pada 30 cycle. Sedangkan hubung singkat maksimum adalah hubung singkat 3 fasa pada 4 cycle .

4.2 Analisis Setting Rele

4.2.1 Setting rele pengaman tipikal koodinasi 1A



Gambar. 4. Single line diagram rele dari bus MTR IDF hingga bus 236

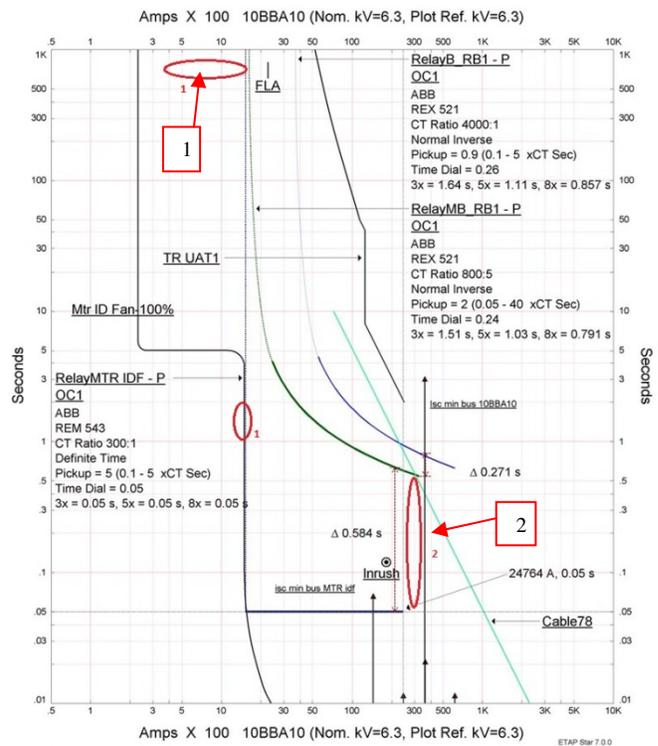
Pada kondisi eksisting kondisi yang terjadi adalah:

Point 1

Tanda lingkaran yang pertama adalah pada setelan pickup rele mtr idf 6.3kv. Dari hasil plot gambar diatas dapat kita lihat bahwa setelan pickup rele mtr idf 6.3kv ternyata tidak di gunakan. Hal tersebut sangat berisiko dikarenakan tidak ada pengaman overload pada motor tersebut sehingga akan mempengaruhi life time dari motor tersebut dikarenakan kasus over load biasanya disertai dengan panasnya suhu motor yang melebihi dari settingannya, karena panas berlebih bisa mengurangi kekuatan laminasi dari lilitan motor id fan

Point 2

Tanda lingkaran yang kedua adalah grading time waktu kerja antara rele MB_RB1 dengan rele MTR IDF. Dari hasil plot Gambar diatas dapat kita lihat bahwa Rele MTR IDF diatur sebagai pengaman utama Motor ID fan. Pengaturan low set arus beban penuh rele MTR IDF mengikuti arus beban penuh pada Motor ID fan. Pengaturan rele MTR IDF menggunakan karakteristik definite time diatur dengan waktu operasi 0.05s sehingga pada saat terjadi gangguan pada bus 235 rele MTR IDF akan mendeteksi terjadinya gangguan dan mengamankan motor ID fan. Sedangkan untuk rele backup adalah rele MB_RB1. Berdasarkan analisa kurva tersebut menunjukkan adanya koordinasi yang kurang baik, yaitu grading time yang terlalu lama antara rele MTR IDF dengan rele MB_RB1 . Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, grading time selama 0,584 detik dianggap terlalu lama karena Berdasarkan standar IEEE Std 242-1986 (batas waktu kerja antara dua buah rele : 0,2 s – 0,4 s).



Gambar. 5. Hasil plot setelan existing tipikal 1A

Perhitungan ulang pengaturan eksisting rele adalah sebagai berikut:

☑ Rele MTR IDF

- Jenis Rele = ABB REM 543
- Kurva = Normal Inverse
- Isc max 4 cycle Bus MTR IDF, 6,3 kV = 32812A
- Isc min 30 cycle Bus MTR IDF, 6,3 kV = 14579A
- CT = 300/1
- FLA(motor terbesar) = 257.5 A

Time Overcurrent Pickup

$$1,05 \times FLA \text{ Motor IDF} \leq Iset \leq 0,8 \times Isc \text{ Min. Bus MTR IDF}$$

$$1,05 \times 257.5 \leq Iset \leq 0,8 \times 14579$$

$$270.375A \leq Iset \leq 11663.2 A$$

Dipilih Iset = 330 A

$$Tap = \frac{Iset}{CT \text{ primary}} = \frac{330}{300} = 1,1$$

Time Dial

Dipilih waktu operasi (td) = t starting motor = 4 s

$$t_d = \frac{0,14 \times T}{\left[\left(\frac{I}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$T = \frac{t_d \times \left[\left(\frac{I}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$T = \frac{4 \times \left[\left(\frac{1,3 \times I \text{ starting Mtr IDF}}{Tap \times CT \text{ primary}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$= \frac{4 \times \left[\left(\frac{1673.75}{1,1 \times 300} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} = 0,943 \approx 0,94$$

Instantaneous Pickup

➤ Current setting High Set (I>>)

- 1.3 x I Starting Motor ≤ I set ≤ 0,8 x I_{sc min 30cycle bus MTR IDF}
- 1.3 x 5 x FLA ≤ I set ≤ 0,8 x 14579
- 1.3 x 5 x 257.5 ≤ I set ≤ 0,8 x 14579
- 1673.75 ≤ I set ≤ 11663.2

Dipilih Iset = 1800 A

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CT_{primary}} = \frac{1800}{300} = 6$$

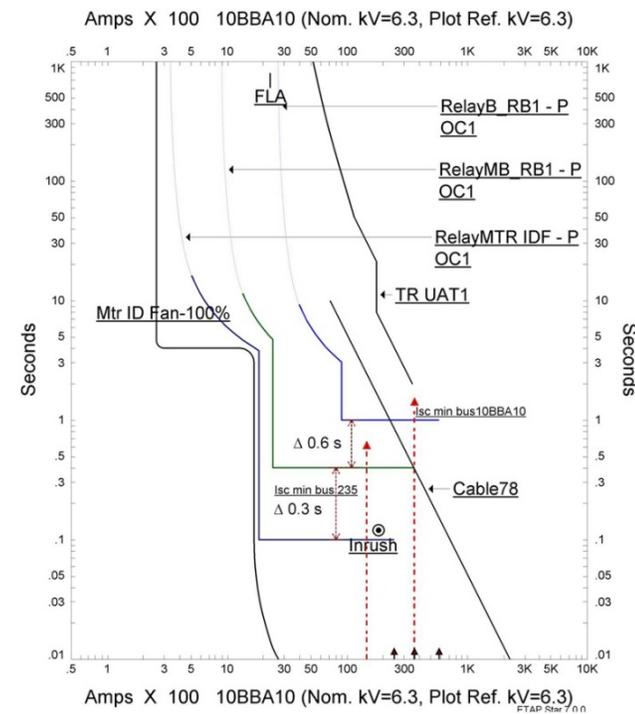
Time Delay

Dipilih time delay = 0,1 s

Dengan cara perhitungan yang sama dengan perhitungan rele MTR IDF dilakukan perhitungan untuk rele-rele yang lain agar diperoleh *setting* rele yang tepat sehingga rele-rele tersebut dapat terkoordinasi dengan baik. Dari hasil perhitungan didapatkan *setting* rele *typical 1A* sebagai berikut:

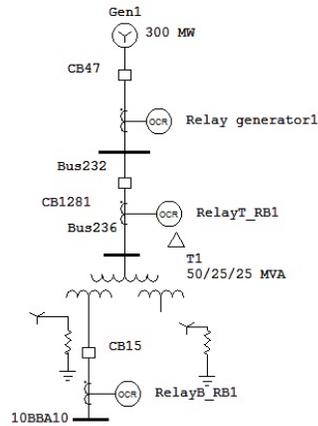
Tabel 2.
Setting Rele Typical 1

	Rele MTR IDF	Rele MB RB1	RelayB_RB1
Jenis Rele	ABB REM 543	ABB REX 521	ABB REX 521
Type	Normal Inverse	Normal Inverse	Normal inverse
CT rasio	300/1	800/5	4000/1
Pick-up (I>)	1.1 In	1.1 In	0.65 In
Time Dial	0.94	0.68	0.54
Instant (I>>)	6	2.6	2.2
Time Delay	0.1	0.4	1

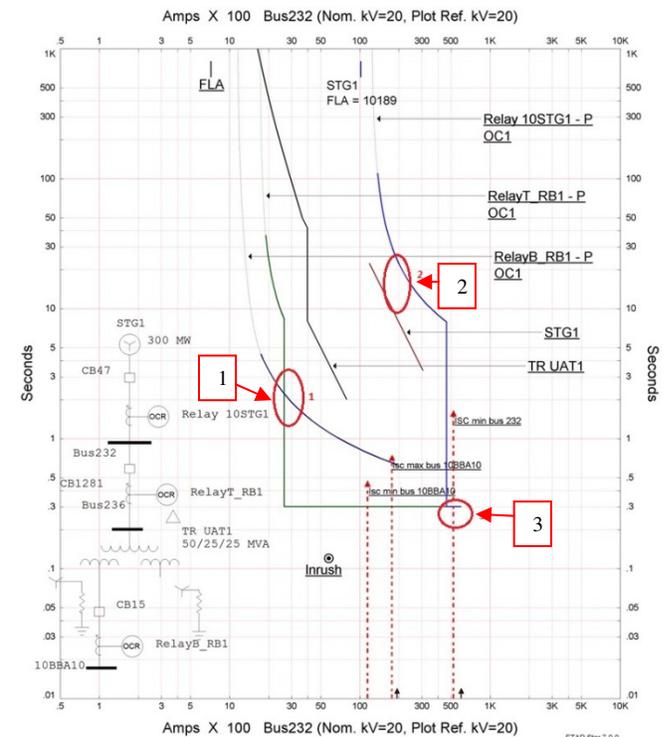


Gambar. 6. Hasil plot setelah Resetting tipikal 1A

4.2.2 Setting rele pengaman tipikal koordinasi 1B



Gambar. 7. Single line diagram rele dari bus 10BBA10 hingga Generator1



Gambar. 8. Hasil plot setelah existing tipikal 1B

Pada kondisi eksisting kondisi yang terjadi adalah:

Point 1

Tanda lingkaran yang pertama adalah terlihat adanya *miss-coordination*. Kurva Rele B_RB1 *overlap* dengan kurva Rele TR_RB1, hal ini memungkinkan rele TR_RB1 akan *trip* terlebih dahulu ketika terjadi gangguan hubung singkat maksimum di Bus 10BBA10. Seharusnya *pickup* rele *instantaneous* TR_RB1 berada di atas level arus hubung singkat pada Bus 10BBA10 yang menjadi daerah pengamanan rele B_RB1 sehingga adanya *miss-coordination* dapat dihindari ketika terjadi gangguan hubung singkat dengan arus maksimum pada Bus 10BBA10.

Point 2

Tanda lingkaran yang kedua adalah Kurva koordinasi setting eksisting rele 10STG1 disetting diatas *damage curve* Generator STG1 sehingga bila terjadi hubung singkat di bus

232 maka rele tidak mampu mengamankan Generator sehingga dapat menyebabkan generator rusak.

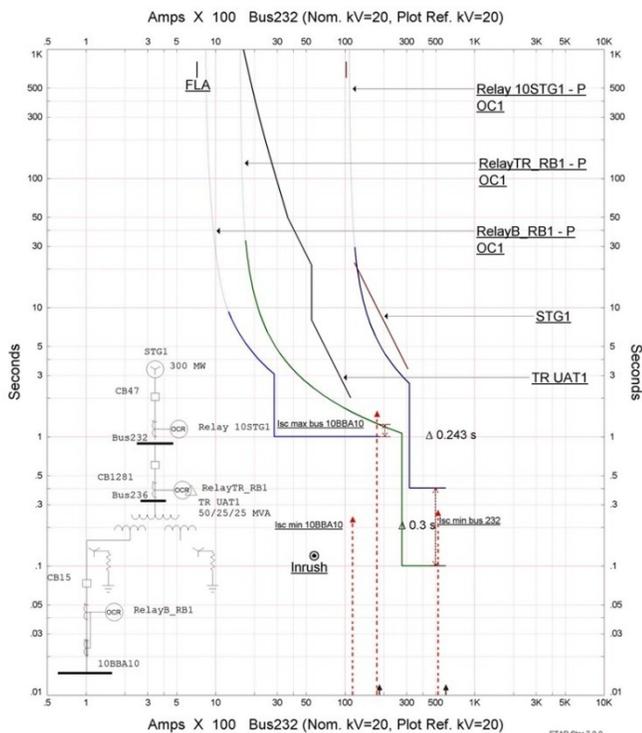
Point 3

Pengaturan rele 10STG1 adalah *back up* dari rele TR RB1. Pada kondisi eksisting pengaturan *definite* tidak ada koordinasi waktu antara rele utama dan rele back up. Jika terjadi gangguan maka akan trip bersamaan. Jadi perlu dikoordinasikan ulang dengan baik

Dari kesalahan eksisting rele yg tidak terkoordinasi, maka diperlukan pengaturan ulang untuk mencapai koordinasi yang handal. Berikut adalah setting rele-rele pada *typical 1B* menggunakan perhitungan yang sama seperti pada *setting* rele *typical 1A* (*setting* rele MTR IDF):

	RelayB_RB1	Relay TR RB1	Relay 10STG1
Jenis Rele	ABB REX 521	Areva Micom P122	Areva Micom P122
Type	Normal inverse	Standard Inverse	Standard Inverse
CT rasio	4000/1	2500/1	15000/5
Pick-up (I _{>})	0.65 I _n	0.62 I _n	0.72 I _n
Time Dial	0.54	0.45	0.4
Instant (I _{>>})	2.2	11	2.1
Time Delay	1	0.1	0.4

Berdasarkan setting rele-rele pengaman pada tabel 3 didapatkan kurva koordinasi sebagai berikut:

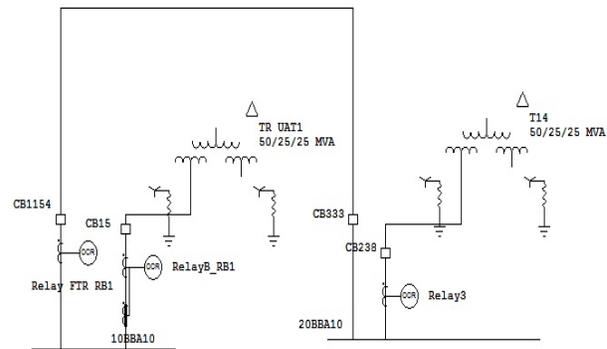


Gambar. 9. Hasil plot setelah *Resetting* tipikal 1B

4.3 Analisa Kurva Koordinasi Penggabungan beban auxiliary PLTU Rembang

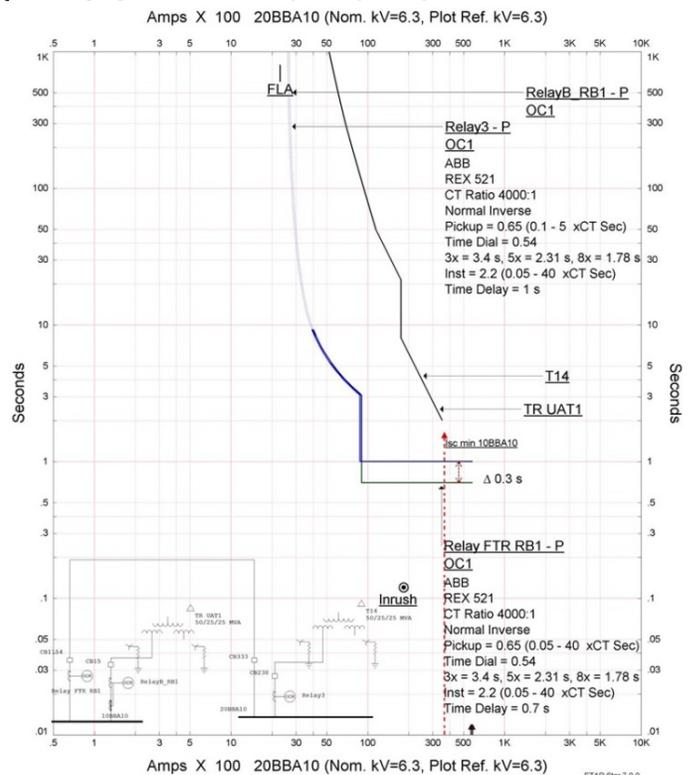
Pengaturan arus beban penuh rele FTR RB1 disesuaikan dengan arus beban penuh yang melewati rele tersebut yaitu sebesar outgoing trafo UAT sebesar 2291A.

Hasil penyesuaian arus beban penuh ini telah sesuai *Standard BS 142-1983* batas penyetelan antara 1,05 – 1,3 I_{nominal}.



Gambar. 10. *Single line diagram* Koordinasi Penggabungan beban auxiliary PLTU Rembang

Pengaturan *time delay* untuk rele *definite* (50) pada rele B RB1 dan B RB2 dengan FTR RB1 yaitu sebesar 0.3s. pengaturan *time delay* tersebut agar tidak terjadi trip secara bersamaan sehingga suplai daya tetap terjaga. Hal ini sudah memenuhi *standard IEEE 242* yaitu antara 0.2-04 untuk setiap prosesnya yaitu mulai dari *pick-up* sampai kotak CB terbuka.



Gambar. 11. Hasil *plot* setelah penggabungan bus 6,3 kV

4.4 Koordinasi Rele Gangguan ke Tanah (*Ground Fault Relay*)

sistem kelistrikan eksisting pada PLTU Rembang dibedakan dengan tiga level tegangan utama yaitu 20 kV, 6,3 kV, 0.38kV. Sedangkan pentanahan yang digunakan ialah sebagai berikut :

Tabel 4.
Pentanahan Sistem

Peralatan	Tegangan	Hubungan Belitan	Pentanahan
Generator	20 kV	Bintang	NGR 400A
Transformator	20/6.3 kV	Delta/Wye/Wye	NGR 300 A
Transformator	6.3/0.38 kV	Delta/Bintang	solid

Berdasarkan tabel 4 dapat diketahui bahwa koordinasi peralatan pengaman arus gangguan ke tanah dapat dipisahkan pada tiap level tegangan, karena jika terjadi gangguan pada satu level tegangan tertentu, pengaman yang berada pada tegangan yang berbeda tidak akan merasakan gangguan hubung singkat ke tanah. Pada koordinasi rele gangguan ke tanah ini akan diambil tipikal koordinasi di level tegangan 6.3 dan 20 kV yaitu pada tipikal terpanjang dan sisi pembangkitan

4.4.1 Setting rele ground fault feeder 6,3 kV

Transformator TR UAT1 mempunyai hubungan delta-wye-wye dengan pentanahan resistan pada belitan sekundernya. *Neutral grounding resistor* (NGR) yang digunakan yaitu 300 A, sehingga arus hubung singkat ketanah nilainya dibatasi sampai 300 A. Dengan adanya hubungan delta-wye maka bila terjadi hubung singkat ketanah di sisi bawah Transformator TR UAT1, arus hubung singkat tidak bisa mengalir ke sisi primer transformator. Dengan demikian rele TR RB1 dapat disetting lebih rendah daripada time delay rele pada sisi sekunder trafo.

Untuk meningkatkan sensitivitas dan selektivitas dalam mengenali gangguan maka untuk memperbaiki sensitivitas maka untuk CT Ground direkomendasikan untuk diganti dengan yang lebih kecil yaitu sebesar 300/5 seperti yang terpasang pada CT ground di NGR UAT. Untuk mempermudah koordinasi mulai dari trafo UAT hingga Trafo chlorine 1A

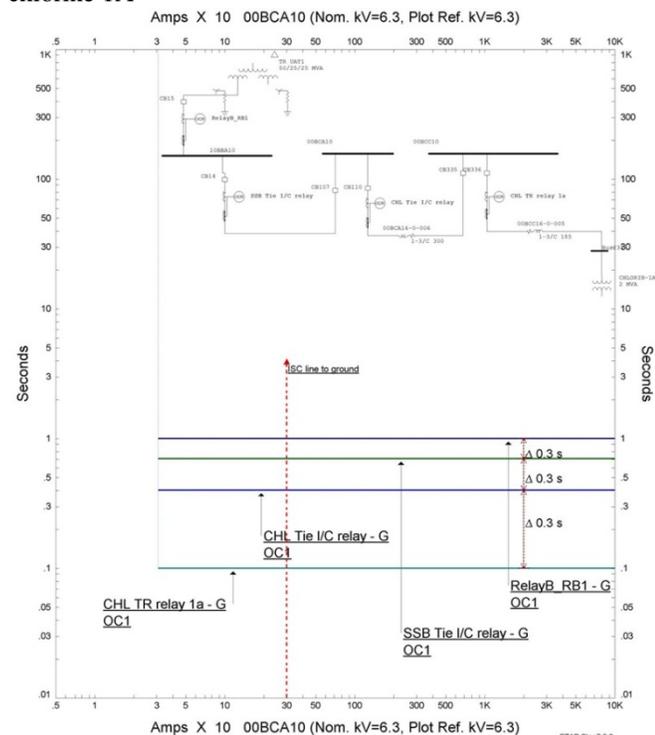
V. PENUTUP

Berdasarkan hasil studi dan analisis koordinasi rele pengaman pada PLTU Rembang yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat beberapa setelan rele yang belum tepat dan koordinasi yang kurang baik, terutama pada setelan *pickup* dan *grading time* antar rele pengaman. Pada beberapa rele, setelan *pickup* kurva inversnya masih menyentuh arus *full load* beban. Hal ini dapat menyebabkan rele tersebut *trip* meski tidak terjadi gangguan.
2. Terdapat setelan instan pada beberapa rele yang belum maksimal, karena belum mencakup seluruh *level* arus hubung singkat. Hal ini mengakibatkan rele tidak dapat bekerja secepat mungkin untuk mengamankan peralatan ketika terjadi gangguan hubung singkat minimum.
3. Terdapat setelan overload pada beberapa rele motor yang belum di fungsikan, Hal ini mengakibatkan rele tidak dapat mendeteksi adaya kelebihan beban pada motor sehingga akan mengurangi lifetime dari peralatan tersebut karena dibebani penuh secara terus menerus
4. *Grading time* yang diberikan terlalu lama, yakni 0,584 detik. Hal ini dapat membahayakan bus yang mengalami gangguan dan membahayakan bus yang lain karena terlalu lama mengisolasi system yang mengalami gangguan
5. Pada koordinasi *ground fault relay*, Untuk meningkatkan sensitivitas dan selektivitas dalam mengenali gangguan maka untuk memperbaiki sensitivitas direkomendasikan untuk CT Ground untuk diganti dengan yang lebih kecil yaitu sebesar 300/5. Selain itu penggantian nilai CT ground yang sama dalam satu feeder dapat mempermudah dalam koordinasi rele.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Wahyudi, R, "DiktatKuliah Sistem Pengaman Tenaga Listrik", Teknik Elektro-ITS,Surabaya, 2008.
 [2] Davies. T, Protection of Industrial Power System second edition, Great Britain, 2006.
 [3] IEEE Standart 242- 1986
 [4] Gers, Juan M., dan Holmes, Edward J., "Protection of Electrical Distribution Network 2nd Edition", The Institution of Electrical Engineers, London, Ch. 5, 2004



Gambar. 4.12. Hasil plot setelan resetting Ground fault relay sisi 6,3 kV