

Pemodelan *Resetting Reverse Power Relay* untuk Proteksi Generator

Fahrul Rozi¹⁾, Azriyenni Azhari Zakri²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro S1, ²⁾Dosen Teknik Elektro
Laboratorium Konversi Energi Listrik
Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru Panam,
Pekanbaru, 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: fahrul.rozi3148@student.unri.ac.id

ABSTRACT

A generator is the main component in a power generation system. The generator needs a protection system to avoid internal or external faults. The protection relay on a 20 MW capacity generator in PLTG PT Riau Power was used in this case study. Furthermore, a Reverse Power Relay (RPR) model was designed and simulated using software Matlab/Simulink. In this simulation, setting the RPR results in several outputs, such as active power, voltage, current, and the delay time of the relay. The simulation results show that the reverse power obtained is -612 kW or 3% and the time delay of the relay is 0,2 second. Meanwhile, the standard of the maximum reverse power is -12.66 MW or 50% and the time delay is 30 second. Thus, there are some differences, i.e., the setting is 6% for the reverse power and 0,6% for the time delay. However, these differences show that setting the RPR still meet standard IEEE C37.102-2006. In this study, re-setting the RPR is proposed by speeding up the time delay between 50% and 95%.

Keywords : generator, protection, reverse power relay, delay time

1. PENDAHULUAN

Listrik sudah menjadi kebutuhan pokok yang tidak dapat lagi dipisahkan dengan kehidupan masyarakat Indonesia bahkan dunia. Listrik menjadi keperluan bagi masyarakat hampir disegala aspek kehidupan serta menjadi sumber energi utama bagi perindustrian. Demi memenuhi kebutuhan listrik di Indonesia, pihak Perusahaan Listrik Negara (PLN) berusaha semaksimal mungkin meningkatkan produksi setiap waktunya seperti menambah jumlah pembangkit listrik diseluruh nusantara. Salah satu pembangkit yang telah beroperasi mensuplai daya listrik untuk daerah pekanbaru adalah Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) PT Riau Power beroperasi sejak tahun 2007 silam. Pihak PLTG PT Riau Power selalu berusaha menjaga kestabilan produksinya. Salah satunya melakukan proses pemeriksaan secara rutin, serta yang paling utama adalah melakukan proteksi terhadap generator dari gangguan-gangguan,

baik dari dalam pembangkit itu sendiri maupun dari luar pembangkit.

Proteksi generator merupakan hal yang sangat penting dilakukan karena sifat dari generator sebagai komponen utama. Bila terjadi kesalahan pada generator maka akan menyebabkan terganggunya proses pembangkitan sehingga menimbulkan dampak buruk, baik terhadap konsumen maupun terhadap pihak perusahaan itu sendiri. Generator harus dilindungi dari segala jenis gangguan seperti arus lebih, tegangan lebih atau tegangan kurang, frekuensi lebih atau frekuensi kurang, panas lebih, *reverse power* (daya balik) dan lainnya.

Dari rekap data-data gangguan yang pernah terjadi di PLTG Riau Power, gejala paling sering muncul adalah gangguan frekuensi turun, *reverse power* dan *forward power*. Oleh karena itu, untuk memaksimalkan kinerja *reverse power relay* (RPR) maka dilakukan *resetting* terhadap rele.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Daya Balik

Daya balik adalah efek dari gangguan mekanis yang disebabkan oleh kegagalan kerja penggerak utama (*prime mover*) pada generator. Dalam kondisi normal generator mensuplai daya ke sistem tenaga listrik namun saat terjadi daya balik, generator menerima suplai tenaga listrik dari sistem sehingga generator akan berubah seperti motor. Untuk mencegah kerusakan akibat gangguan ini maka generator harus dilengkapi dengan rele daya balik yang sensitif (Devadig & Aprameya, 2015).

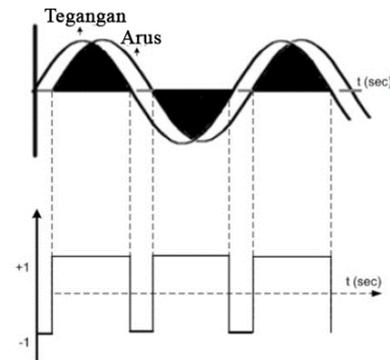
Efek generator berubah menjadi motor terjadi bila daya input mekanik ke porosnya hilang saat terhubung ke sistem tenaga. Dengan asumsi bahwa medan generator tidak terpengaruh, generator akan menjadi motor sinkron yang menggerakkan penggerak utama pada kecepatan sinkron. Bila eksitasi generator tetap bekerja, generator akan bertindak sebagai motor sinkron tanpa terjadi kerusakan. Kerusakan generator bisa terjadi jika eksitasi hilang bersamaan dengan hilangnya kerja penggerak utama. Dengan kondisi ini, generator bisa kehilangan sinkronisasi dan bertindak sebagai motor induksi yang menggerakkan penggerak utama dibawah kecepatan sinkron.

Perbedaan kecepatan antara rotor dan medan magnet stator akan menginduksi arus di rotor. Arus induksi ini adalah frekuensi rendah atau frekuensi slip, namun dapat menyebabkan kerusakan rotor dengan arus induksi frekuensi yang lebih tinggi. Gejala ini bisa terjadi disebabkan kesalahan operator, kegagalan pemutua tenaga saat bekerja atau karena kegagalan mekanis (Reimert, 2006).

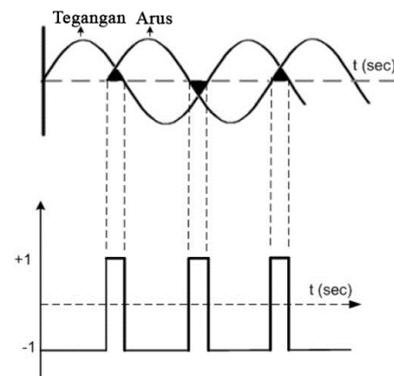
2.2. Reverse Power Relay

Rele daya balik berfungsi untuk mendeteksi aliran daya balik aktif yang masuk pada generator. Berubahnya aliran daya aktif pada arah generator akan membuat generator menjadi seperti motor (Aman, 2012).

Pada Gambar 1, misalkan ' δ ' adalah sudut antara arus dan tegangan pada fase A. Saat beban normal nilai sudut adalah $-90 < \delta < 90$ dan saat terjadi gangguan daya balik maka nilai sudut semakin besar antara $+90 < \delta < 270$.



Gambar 1. Kondisi arus dan tegangan saat keadaan normal (Aman, 2012)



Gambar 2. Kondisi arus dan tegangan saat terjadi daya balik (Aman, 2012)

Pada generator jenis turbin gas besar daya balik diatur sampai 50% dari nilai *ratingnya*. Mesin diesel tanpa silinder dapat menahan daya balik hingga 25%. Pada jenis turbin air, daya balik yang dapat diatur antara 0,2% sampai 2,0% dari nilai daya terpasang sehingga RPR yang sensitif sangat diperlukan. Untuk jenis turbin uap sekitar 0,5% sampai 3% (IEEE, 2007). Setelan RPR dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Setelan RPR} = \% \text{ Daya balik} \times S \text{ (MVA)} \times \text{PF} \quad (1)$$

a. Anti-motoring scheme (32-1)

Daya balik : Pengaturan ini pada umumnya diatur 50% dari kapasitas daya terpasang (MVA).

Waktu tunda : waktu tunda tergantung dari ketentuan jenis turbin namun umumnya berkisar sampai 30 detik.

b. Sequential trip scheme (32-2)

Daya balik : 50% dari kapasitas daya terpasang

Waktu tunda : 2 detik

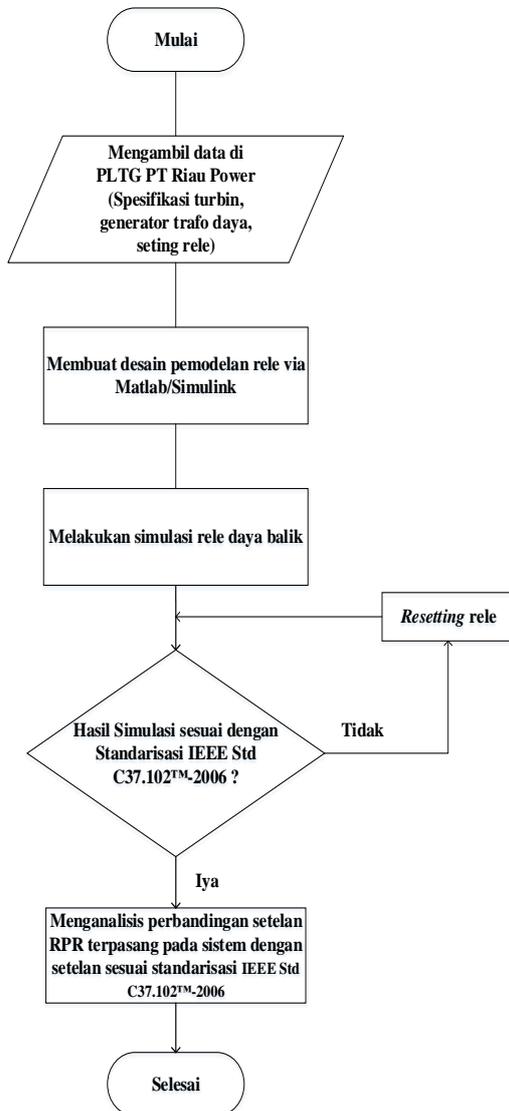
Tabel 1. Dampak daya balik terhadap pembangkit

Jenis Generator	Daya balik	Dampak Kerusakan
Turbin Uap	0.5% - 3%	Panas lebih /Ledakan
Mesin Diesel	5% - 25%	Terbakar /Ledakan
Turbin Air	0.2 - 2%	Kavitasi
Turbin Gas	> 50%	Kerusakan <i>Gear Box</i>

3. METODE PENELITIAN

3.1 Langkah Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap. secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 3 seperti berikut :

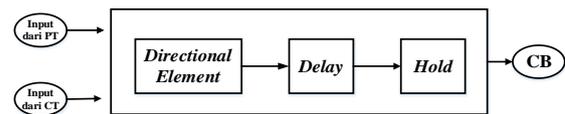


Gambar 3. Flowchart penelitian

3.2. Pemodelan RPR

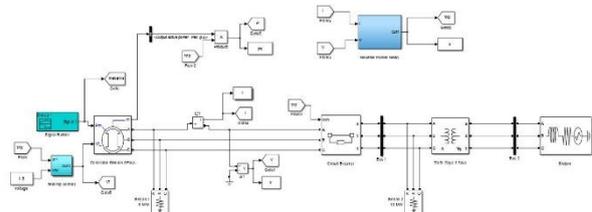
Untuk pemodelan RPR terdiri atas beberapa bagian :

1. *Directional element*, komponen ini berfungsi sebagai perasa apabila terjadi perubahan nilai arus dan tegangan keluaran generator saat terjadinya daya balik.
2. *Delay element*, komponen ini berfungsi sebagai waktu tunda rele sesaat setelah terasa gangguan oleh *directional element*.
3. *Hold element*, komponen ini berfungsi untuk menjaga kondisi kerja rele stabil saat terjadi gangguan.



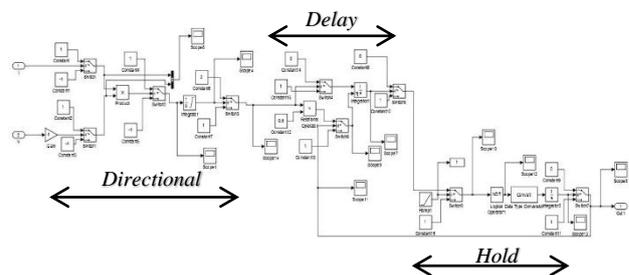
Gambar 4. Blog diagram model RPR

Pemodelan sistem pembangkit dengan Matlab/Simulink disesuaikan dengan data penelitian lihat Gambar 5.



Gambar 5. Pemodelan sistem pembangkit listrik

Sedangkan untuk rele dimodelkan berdasarkan prinsip cara kerjanya yaitu dengan mendeteksi perubahan arus dan tegangan dirasa oleh elemen arah (*derectional*) lalu waktu kerjanya di atur oleh elemen waktu tunda (*delay*) dan elemen penahan (*hold*) untuk menstabilkan kerja rele bisa dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pemodelan RPR pada generator

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

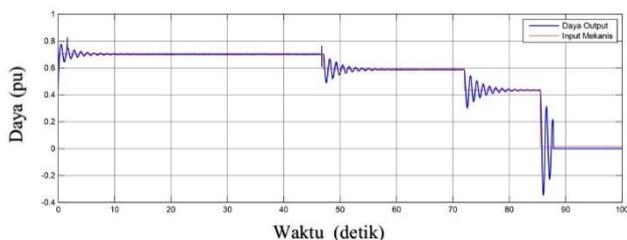
Pada penelitian ini yang dibahas adalah hasil simulasi dari dua buah sistem yaitu sistem 1 dan sistem 2. Hasil ini berupa grafik daya aktif generator, arus keluaran dan waktu tunda kerja rele. kemudian dilakukan perbandingan antara setelan terpasang dengan standarisasi.

4.1. Sistem 1

Sistem ini berdasarkan data penelitian yang telah dilakukan oleh M.M Aman tahun 2012. Sistem terdiri dari generator tiga fasa 200 MVA, tegangan fasa 11 kV dan faktor daya 0,85 frekuensi 50 Hz. Sedangkan untuk trafo daya berkapasitas 210 MV, tegangan sisi primer 11 kV dan tegangan sisi sekunder 220 kV dan terhubung ke jaringan sistem tenaga dengan setelan waktu tunda terpasang RPR 7 detik.

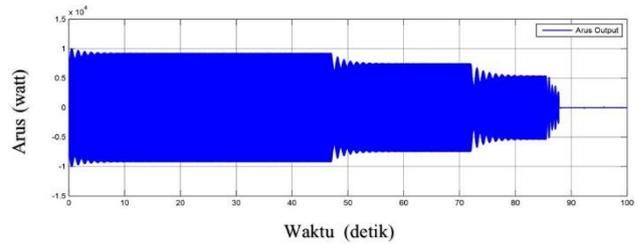
$$\begin{aligned} \text{Daya balik} &= 50 \% \times 200 \text{ MVA} \times 0.85 \\ &= -85 \text{ MW} \\ \text{Waktu tunda} &= \text{maksimal 30 detik} \end{aligned}$$

Generator dioperasikan pada *rating* daya aktifnya 0,7 pu dengan mengatur input mekanis dari generator. Gangguan mulai terjadi saat detik ke 47 pada penggerak utama menyebabkan turunnya input mekanis sehingga terjadi ketidakstabilan daya keluaran generator (Gambar 7). Akibatnya waktu 85,57 detik terjadi kegagalan pada penggerak utama sehingga muncul daya balik. Pada waktu 85,8 detik rele mulai membaca daya balik sebesar -0,0501 pu.



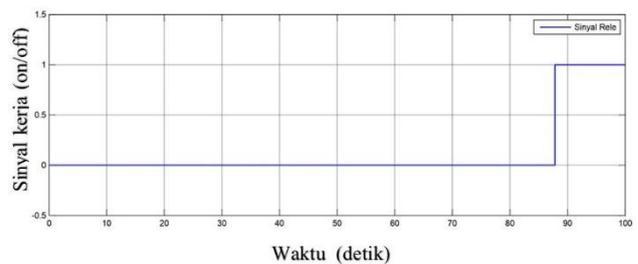
Gambar 7. Daya aktif generator sistem 1

Saat terjadinya daya balik, berdampak pada ketidakstabilan arus keluaran generator (Gambar 8). Saat input mekanis menurun menyebabkan besarnya arus keluaran semakin kecil lalu saat terjadi kegagalan total sehingga arus dari sistem mengalir menuju generator.



Gambar 8. Arus keluaran generator sistem 1

Penyetelan waktu tunda RPR 2 detik. Saat muncul daya balik pada 85,8 detik dan besarnya -0,0501 pu. RPR mengirim sinyal kerja pada CB saat 87,81 detik sehingga CB trip dan generator terputus dari jaringan sistem tenaga (Gambar 9).



Gambar 9. Sinyal kerja rele sistem 1

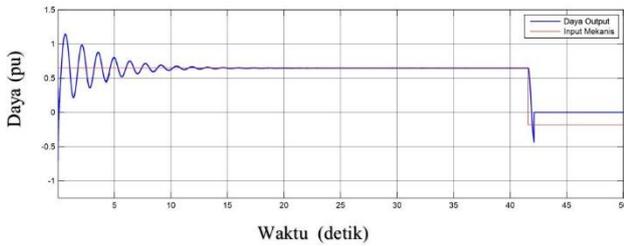
4.2. Sistem 2

Sistem ini adalah studi kasus pada generator di PLTG PT Riau Power. Sistem terdiri dari generator tiga fasa 29,6 MVA, tegangan fasa 11 kV dan faktor daya 0,85 frekuensi 50 Hz. Sedangkan untuk trafo daya berkapasitas 30 MVA, tegangan sisi primer 11 kV dan tegangan sisi sekunder 20 kV dan terhubung ke Gardu Induk Teluk Lembu dan jaringan sistem tenaga.

Tabel 2. Setelan RPR terpasang pada PLTG PT Riau Power

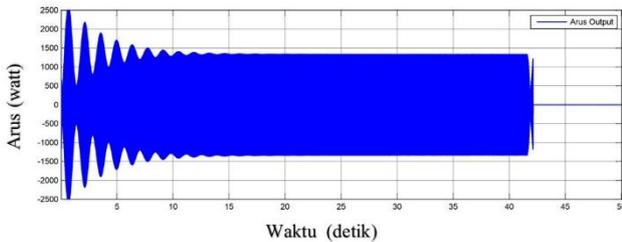
Jenis Rele	Kode Rele	Setelan Rele	Tujuan
Reverse Power	32 G	Alarm 2% = -408 kW Waktu tunda : 0,5 detik	Alarm
		Trip 3% = -612 kW Waktu tunda: 0,2 detik	52G dan eksitasi

Generator dioperasikan pada *rating* daya aktifnya 0,65 pu dengan mengatur input mekanis dari generator. Gangguan mulai terjadi saat pada penggerak utama menyebabkan turunnya input mekanis sehingga terjadi ketidakstabilan daya keluaran generator (Gambar 10). Akibatnya, waktu detik ke 41,6 terjadi kegagalan total pada penggerak utama sehingga muncul daya balik. Pada waktu 41,92 detik rele mulai membaca daya balik yaitu sebesar -0,05378 pu.

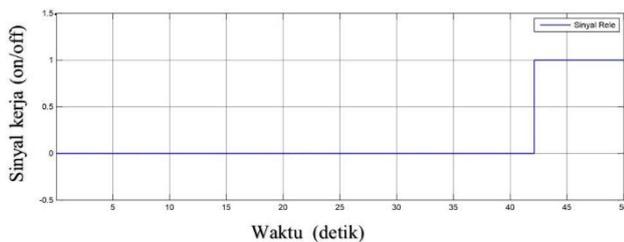


Gambar 10. Daya aktif generator sistem 2

Saat terjadinya daya balik, berdampak pada ketidakstabilan arus keluaran generator (Gambar 11). Saat input mekanis menurun menyebabkan besarnya arus keluaran semakin kecil lalu saat terjadi kegagalan total sehingga arus dari sistem mengalir menuju generator.



Gambar 11. Arus keluaran generator sistem 2



Gambar 12. Sinyal kerja rele sistem 2

Setelan waktu tunda RPR terpasang 0,2 detik. Saat muncul daya balik pada 41,92 detik dan besarnya -0,05378 pu, RPR mengirim sinyal kerja pada CB saat 42,13 detik sehingga CB trip

dan generator terputus dari jaringan sistem tenaga (Gambar 12).

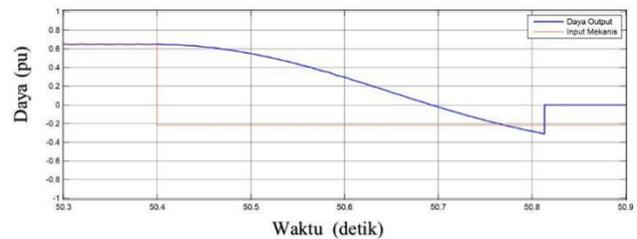
4.3. Sistem 2 Sesuai Standarisasi

Pada simulasi ini sistem 2 dilakukan penyetelan RPR sesuai standarisasi IEEE C37.102™-2006 dengan mempercepat waktu tunda rele.

$$\begin{aligned} \text{Daya balik} &= 50 \% \times 29.8 \text{ MVA} \times 0.85 \\ &= -12,665 \text{ MW} \end{aligned}$$

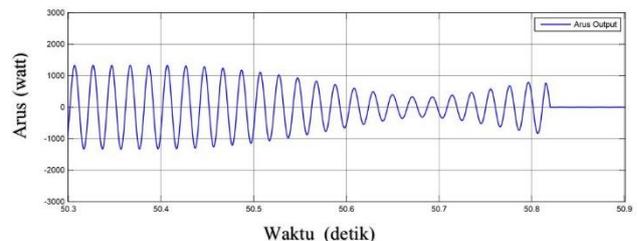
$$\text{Waktu tunda} = \text{maksimal 30 detik}$$

Generator dioperasikan pada *rating* daya aktifnya 0,65 pu dengan mengatur input mekanis dari generator. Gangguan mulai terjadi pada penggerak utama menyebabkan turunnya input mekanis sehingga terjadi ketidakstabilan daya keluaran generator (Gambar 13). Akibatnya waktu 50,4 detik terjadi kegagalan total pada penggerak utama sehingga muncul daya balik. Pada waktu 50,71 detik rele mulai membaca daya balik yaitu sebesar -0,05346 pu.



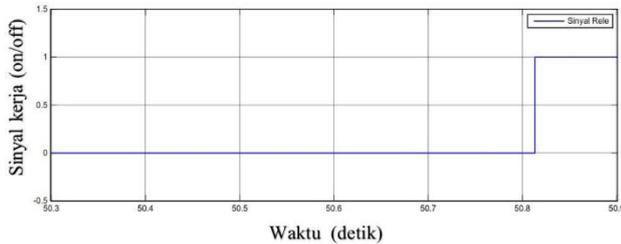
Gambar 13. Daya keluaran generator

Saat terjadinya daya balik, berdampak pada ketidakstabilan arus keluaran generator (gambar 13). Saat input mekanis menurun menyebabkan besarnya arus keluaran semakin kecil lalu saat terjadi kegagalan arus dari sistem mengalir menuju generator.



Gambar 14. Arus keluaran generator

Setelan waktu tunda RPR terpasang 0,1 detik. Saat muncul daya balik pada 50,71 detik dan besarnya -0,05346 pu. RPR mulai mengirim sinyal kerja pada CB saat 56,96 detik sehingga CB trip dan generator terputus dari jaringan sistem tenaga (Gambar 15).



Gambar 15. Sinyal kerja rele

Pada penyetelan waktu tunda RPR pada sistem 1 dan 2 sudah sesuai standarisasi IEEE C32.102-2006 dimana setelan sesuai standarisasi adalah maksimal 30 detik sedangkan yang terpasang pada sistem 1 adalah 7 detik dan yang terpasang pada sistem 2 adalah 0,2 detik.

Tabel 3. Perbandingan penyetelan waktu tunda RPR terpasang dengan standar IEEE C32.102-2006

Simulasi	Waktu Tunda (detik)	IEEE C32.102-2006 (detik)
Sistem 1	2	30
Sistem 2	0,2	

Pada penyetelan daya balik yang diizinkan pada sistem 1 dan 2 sudah sesuai standarisasi IEEE C32.102-2006 dimana maksimal daya balik adalah 50% atau 0,5 pu sedangkan yang terpasang pada sistem 1 adalah 0,1 pu atau sekitar 10% dan pada sistem 2 adalah 0,03 pu atau sekitar 3%.

Tabel 4. Perbandingan setelan daya balik RPR terpasang dengan standar IEEE C32.102-2006

Simulasi	Daya Balik (pu)	IEEE C32.102-2006 (pu)
Sistem 1	0,1	0,5
Sistem 2	0,03	

Jadi perbandingan setelan RPR yang terpasang sesuai standarisasi IEEE C32.102-

2006 adalah pada sistem 1, setelan daya balik terpasang 0,1 pu dengan persentase 20% dari nilai setelan berdasarkan standarisasi yaitu 0,5 pu dan setelan waktu tunda 2 detik dengan persentase 23,3% dari setelan berdasarkan standarisasi yaitu 30 detik.

Sedangkan pada sistem 2, setelan daya balik terpasang 0,03 pu dengan persentase 6% dari nilai setelan berdasarkan standarisasi yaitu 0,5 pu dan setelan waktu tunda 0,2 detik dengan persentase 0,6% dari setelan berdasarkan standarisasi yaitu 30 detik bisa dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Ralat setelan RPR terpasang dengan standarisasi IEEE C32.102-2006

Simulasi	Ralat (%)	
	Daya Balik	Waktu Tunda
Sistem 1	20	23,3
Sistem 2	6	0,6

5. KESIMPULAN

Setelan RPR pada generator PLTG PT Riau Power adalah nilai daya balik terpasang - 612 kW atau sekitar 3% dari kapasitas daya generator (MVA) sedangkan berdasarkan standarisasi, nilai daya balik disetel maksimal adalah sebesar -12,66 MW atau sekitar 50%. Sehingga besar persentase penyetelan antara daya balik terpasang dengan standarisasi adalah sebesar 6%.

Setelan waktu tunda rele terpasang adalah 0,2 detik sedangkan berdasarkan standarisasi penyetelan waktu tunda diatur maksimal 30 detik Sehingga besar persentase penyetelan antara waktu tunda terpasang dengan standarisasi adalah sebesar 0,6%.

Maka setelan RPR yang terpasang pada generator sudah sesuai standarisasi IEEE C37.102-2006. Kemudian untuk meningkatkan kinerja RPR dilakukan penyetelan dengan mempercepat waktu tunda rele dengan persentase setelan 50% sampai 95% dari setelan terpasang.

DAFTAR PUSTAKA

Aman, M. M., 2012. *Modeling and Simulation of Reverse Power Relay for Generator Protection. IEEE*, p. 317.

- Devadig, S. K. & Aprameya, K. S., 2015. *Motoring Protection Model Implementations and Simulations for Generator Protection*. *IJREEICE*, 3(8), p. 83.
- Fitriyani, M. O., 2015. *Evaluasi Setting Relay Proteksi pada Generator dan Trafo Generator di PLTGU Tambak Lorok Blok 1*. *Transient*, 4(3).
- IEEE, 2007. *IEEE Guide for AC Generator Protection*. New York: IEEE Power Engineering Society.
- Panjaitan, B., 2012. *Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: ANDI
- Pamungkas, A. C., 2015. *Analisis Koordinasi dan Setting Generator dan Trafo Step UP di PLTU Tanjung Jati Unit 1*. *Transient*.
- Reimert, D., 2006. *Protective Relaying for Generation System*. England: CRC Press.
- Rudy, 2015. *Analisa Setting Relay Pengaman Generator PLTG di PT Indonesia Power UBP Bali Unit Pesanggrahan*. *Spektrum*, 2(4), p. 65.
- .