

Pemodelan Sistem Proteksi Terhadap Daya Balik Pada Paralel Generator Ac Tiga Phasa Dengan Perangkat Lunak Matlab

Modeling of the Protection System against Reverse Power in Parallel Three Phase Ac Generators with Matlab Software

Dedi Nono Suharno*, M.Abi Muammar Ismat

Politeknik Negeri Bandung

Gegerkalong Hilir

Politeknik Negeri Bandung

Gegerkalong Hilir

dedi.ns@polban.ac.id*, Abimuammar22@gmail.com

Abstrak – Dalam merancang sistem proteksi dalam sistem pembangkit listrik yang berkapasitas besar perlu dilakukan pengujian untuk melihat kinerjanya, akan tetapi hal ini sulit dilakukan secara nyata. Untuk melakukan pengujian dapat dilakukan dengan cara membuat model dari sebuah pembangkit yang terdiri dari 2 buah generator ac tiga phasa yang mengalami gangguan daya balik menggunakan aplikasi software MatLab Simulink yang dilengkapi pengaman Rele daya balik Reverse Power Relay (RPR) telah direalisasikan. Rele ini merupakan alat yang dapat memproteksi generator dari gangguan daya balik. RPR berfungsi mendeteksi adanya aliran daya yang masuk ke generator, ketika daya yang masuk sudah melebihi dari setting yang telah ditetapkan, maka RPR akan mengindikasikan sinyal trip ke Circuit Breaker (CB). Simulasi Rele Daya Balik sebagai Proteksi Generator AC tiga Fasa 1.5 MVA menggunakan Software MATLAB Simulink telah disimulasikan dengan hasil perbandingan kesesuaian 85% (Arus 89%, Tegangan 95%, Daya 0.68 %). Kinerja dan setting Rele Daya Balik yang dirancang sesuai dengan standar IEEE C37.102-2006 yaitu maksimal $50\% \times \text{MVA} \times \text{PF}$ dengan waktu tunda maksimal 30 detik, sementara itu hasil setting yang digunakan Pada Sistem Pembangkit Listrik adalah $15\% \times \text{MVA} \times \text{PF}$ dengan Karakteristik waktu Instant. Dari hasil analisa didapat nilai pick up RPR (nilai minimal untuk rele bisa bekerja) yaitu -163 kw atau sekitar 103.4% dengan waktu kerja 0,408 detik, untuk setting -157.5kw.

Kata Kunci: Turbin, Generator, Daya Balik, Reverse Power Relay, Matlab Simulink, Circuit Breaker

Abstract – In the protection system in a large capacity power generation system it needs to be tested to see its performance, but this is difficult to do in real terms. To carry out the test can be done by making a model of the generator consisting of 2 three-phase generators that add power reserves using MatLab Simulink software that provides a safety Relays Power Relay (RPR) has been realized. This relay is a device that can protect the generator from reverse interference. RPR regulates the incoming power flow to the generator, regulates the power that has entered from the predetermined settings, then the RPR will send a trip signal to the Circuit Breaker (CB). The Simulation of Reverse Power Rele as a Three Phase 1.5 MVA AC Generator Protection using MATLAB Simulink Software has agreed compatibility with the results corresponding to 85% compatibility (Current 89%, Voltage 95%, Power 0.68%). Performance and regulation of Reverse Power Rele designed according to the IEEE C37.102-2006 standard that is a maximum of $50\% \times \text{MVA} \times \text{PF}$ with a maximum delay of 30 seconds, while the results of the settings used

in the Power Plant System is $15\% \times MVA \times PF$ with Characteristics Instant time. From the analysis results obtained RPR pickup value (the minimum value for release can work) is -163 kw or about 103.4% with a work time of 0.408 seconds, for the setting of -157.5 kw.

Keywords: Turbine, Generator, Reverse Power, Reverse Power Relay, Matlab Simulink, Circuit Breaker

1. Pendahuluan

Sebuah pembangkit tenaga listrik dengan kapasitas yang besar terdiri dari beberapa buah generator ac tiga fasa yang bekerja secara paralel untuk melayani beban listrik. Pada kondisi normal setiap generator ac tiga fasa akan mengalirkan daya ke beban dengan pembagian daya berbanding terbalik dengan Impedansi Sinkron (Z_s) masing-masing generator. Dalam operasinya pembangkit dapat mengalami gangguan, baik gangguan internal seperti gangguan dimesin penggerak atau di generator maupun gangguan external seperti beban lebih (over load), hubung singkat. Gangguan tersebut berdampak terganggunya aliran daya ke beban dan dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan pembangkit.[1] Untuk melihat dan menganalisis fenomena pembangkit pada kondisi ada gangguan sulit dilakukan secara nyata, sehingga diperlukan sebuah model dari sebuah pembangkit yang dapat mensimulasikan operasi atau kinerja dari sebuah pembangkit baik pada kondisi normal maupun pada kondisi ada gangguan.

Salah satu jenis gangguan pada pembangkit adalah gangguan daya balik pada generator yang disebabkan oleh beberapa hal diantaranya, hilangnya catu daya mekanik pada penggerak utama (*move prime*) pada generator, sehingga akibatnya generator tidak mendapat suplai daya mekanik untuk menggerakkan generator akibatnya generator berubah menjadi motor[2]

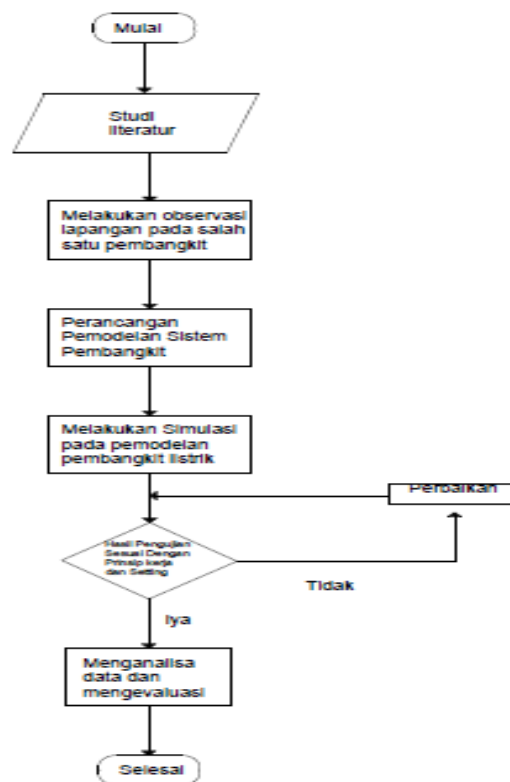
Sudah banyak penelitian yang dilakukan sebelumnya yang berkaitan dengan fenomena Daya Balik pada generator serta Sistem Proteksinya[3], juga Pemodelan Sistem Pembangkit Mikro Hydro yang menggunakan Simulink [4]

Pada penelitian ini akan dibuat Model dari sebuah pembangkit yang terdiri dari 2 buah generator ac tiga fasa yang mengalami gangguan daya balik menggunakan software MatLab Simulink yang dilengkapi pengaman Rele daya balik (*Reverse Power Relay/RPR*). Rele daya balik (*Reverse Power Relay/RPR*) merupakan alat yang dapat memproteksi generator dari gangguan daya balik. RPR berfungsi mendeteksi adanya aliran daya yang masuk ke generator, ketika daya yang masuk sudah melebihi dari setting yang telah ditetapkan, maka RPR akan mengindikasikan sinyal trip ke *Circuit Breaker*.

Dari hasil pengujian simulator dapat diketahui kinerja sistem pembangkit pada kondisi normal atau tanpa gangguan, dan kinerja pembangkit pada saat terjadi gangguan daya balik untuk beberapa setting rele daya balik

2. Metode Penelitian

Penelitian ini mulai dari studi literatur, observasi lapangan, dan pembuatan rancangan model sistem yang ditunjukkan gambar.1. Penelitian dan pengujian simulasi dilaksanakan di Laboratorium PDML Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung (Polban).



Gambar.1 Diagram alur penelitian

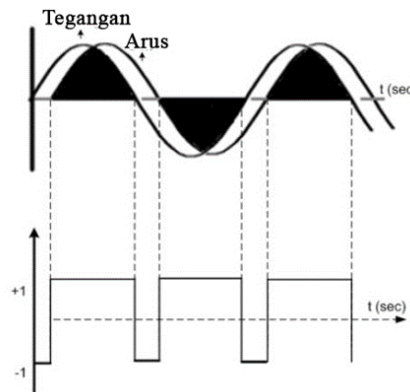
2.1. Daya Balik

Daya balik merupakan 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 [5].

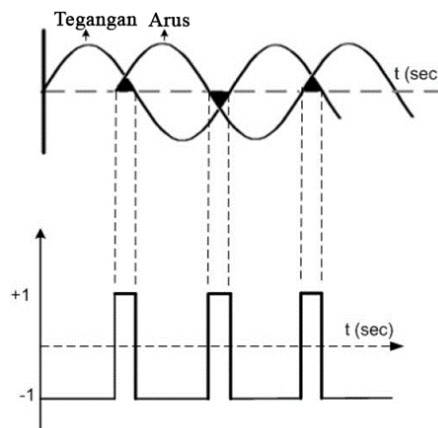
Efek generator berubah menjadi motor terjadi bila daya input mekanik ke porosnya hilang saat terhubung ke sistem tenaga. Perbedaan kecepatan antara rotor dan medan magnet stator akan menginduksi arus di rotor. Arus induksi ini adalah frekuensi rendah atau frekuensi slip, namun dapat menyebabkan kerusakan rotor dengan arus induksi frekuensi yang lebih tinggi.

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 [1] [2]. Gambar .1, dapat dijelaskan bahwa misalkan ' δ ' adalah sudut antara arus dan tegangan pada fasa A. Saat beban normal nilai sudut adalah $-90 < \delta < 90$ dan saat terjadi gangguan daya balik maka nilai sudut semakin besar antara $+90 < \delta < 270$. [5]



Gambar .2 Kondisi arus dan tegangan generator saat keadaan normal.[5]



Gambar .3. Kondisi arus dan tegangan generator saat terjadi daya balik[5].

Gambar .2 menunjukkan kondisi arus dan tegangan terjadi pada saat daya balik. 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). Setelah RPR dapat dihitung sebagai berikut :

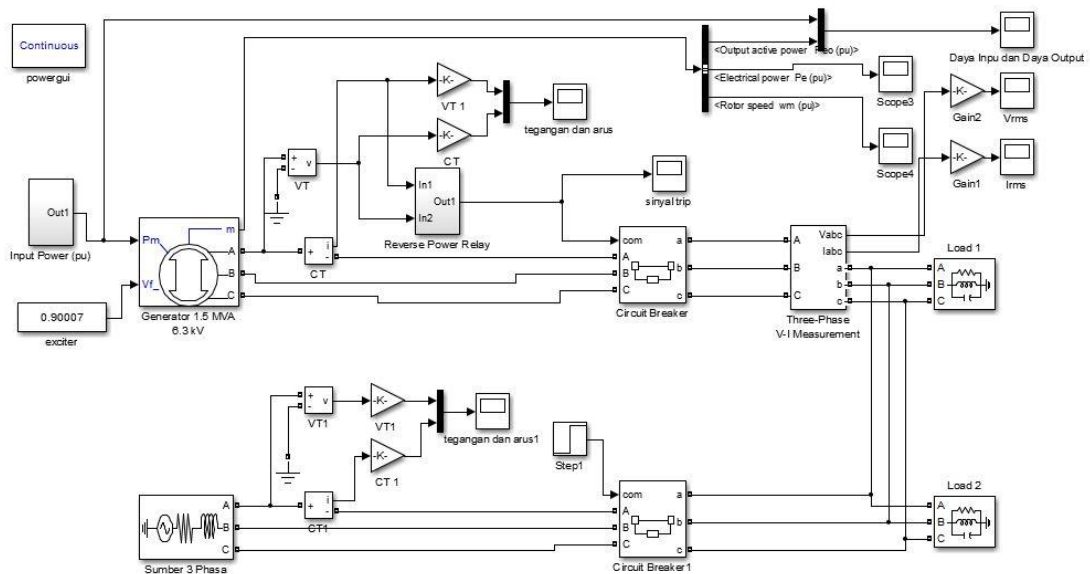
$$RPR = \% \text{ Daya balik} \times S \text{ (MVA)} \times PF. \tag{1}$$

2.3. Matlab Simulink

Matlab digunakan untuk keperluan analisis numerik, aljabar linier dan teori tentang matriks. Saat ini, kemampuan dan fitur yang dimiliki oleh Matlab sudah jauh lebih lengkap dengan ditambahkannya *toolbox-toolbox* yang sangat luar biasa. Beberapa manfaat yang didapatkan dari Matlab antara lain: perhitungan matematika, komputasi numeric, Simulasi dan pemodelan, Visualisasi dan analisis data, Pembuatan grafik untuk keperluan sains dan teknik, Pengembangan aplikasi, misalnya dengan memanfaatkan GUI. Dengan menggunakan aplikasi simulink ini bisa diimplementasikan untuk masalah model sistem pembangkitan [6],[7],[8].

2.4. Rancangan pemodelan

Hasil rancangan merupakan model dari sistem pembangkit yang terdiri dari generator tiga fasa yang bekerja paralel dilengkapi dengan RPR dan Circuit Breaker seperti ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Model Sistem Pembangkit Listrik.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini ditampilkan hasil rancangan dalam bentuk Gambar Model Sistem Pembangkit, hasil pengujian dari simulator dalam bentuk tabel, grafik dan gambar gelombang tegangan, arus dan daya pada beberapa kondisi

Untuk melakukan simulasi sistem jaringan digunakan data sebagai berikut:

1). Data Generator

- Tegangan :6300Volt
- Arus : 138 A
- Cos Phi : 0.7
- Daya : 1050 kW
- Kecepatan : 750 RPM
- Frekuensi : 50 Hz
- Sehingga S (Daya Semu dapat dihitung)

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{P}{\cos \phi} \\
 &= \frac{1050}{0.7} \\
 &= 1500\text{KVA} \\
 &= 1.5 \text{ MVA}
 \end{aligned}$$

2) Kapasitas Turbin

- Type turbin : Francis Horizontal
- Kapasitas : 1500 PK
- Putaran : 750 RPM
- Debit : 1,36 m³/det
- Head : 104 M
- Maka dari kapasitas tersebut bisa didapat Pmech
- Pmech = 0,986 x 1500 = 1479,48 Hp

3) Kapasitas Eksiter

- Type : E06 4 17
- Tegangan tanpa beban : 125 V
- Tegangan Beban Penuh : 128 V
- Arus : 136 A
- Kecepatan : 750 RPM

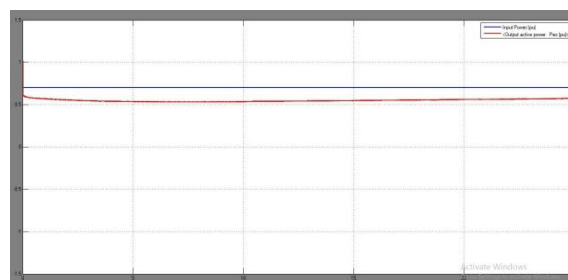
Kapasitas diatas merupakan parameter yang harus dicapai pada pengujian hasil simulasi pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air. Pada pembuatan simulasi ini komponen utama yang digunakan merupakan Generator, Sistem Penggerak Utama, dan Sistem Eksitasi. Pada simulasi tersebut Generator dapat mengalirkan daya aktif sebesar 1050 kw (0,7 pu), sehingga Penggerak Utama harus menyuplai daya mekanik untuk bisa mengalirkan daya sekurang kurangnya 1408,073Hp ($>0,7$ pu), untuk mendapatkan Daya Output yang sesuai dengan namplate, pada sistem eksitasi penulis mengkonfigurasi untuk dibuat konstant yaitu 0,9 pu dan untuk beban diatur sebesar (0.7pu) 1050 kW

3.2. Pengujian Sistem Pembangkit Tanpa Proteksi.

Pengujian dilakukan pada dua kondisi daya input yaitu pada kondisi daya input 0,7 pu konstan, pada kondisi daya input menurun sampai 0

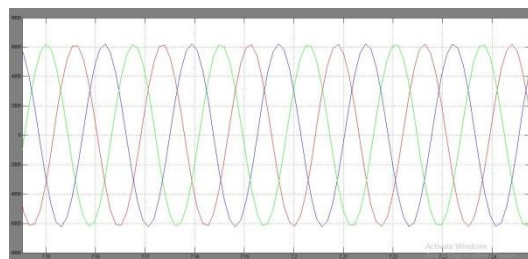
1) Kondisi daya input tetap 0.7.pu :

Pada kondisi ini yang disimulasikan merupakan sistem pembangkit listrik tenaga air, tanpa dipararel dengan sumber lain, dan tanpa sistem proteksinnya, simulasi ini bertujuan untuk melihat kinerja sistem pembangkit listrik tenaga air dalam menghasilkan daya listrik. Dalam kasus ini penulis mengasumsikan bahwa daya input ke generator adalah konstan dengan nilai (0,7 pu) atau 1408,07Hp. Berikut hasil gambar gelombang hasil simulasinya :

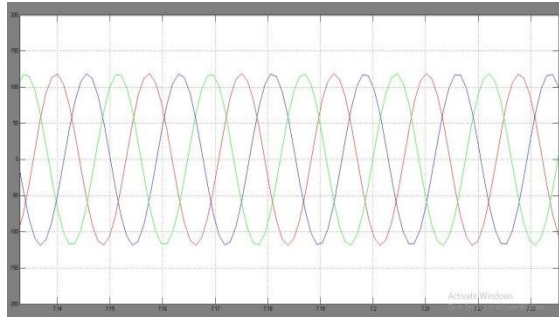


Gambar .5. Tampilan Respon Daya input dan Daya Output..

Dari gambar 5. dapat dilihat bahwan daya input dijaga agar tetap konstan, sehingga berpengaruh terhadap daya keluaran generator dengan nilai (0.55 pu). Daya output yang dihasilkan generator pasti lebih kecil dibandingkan daya input, dikarenakan adanya rugi rugi. Selanjtunnya ada hasil simulasi Tegangan dan Arus Keluaran Generator sebagai berikut :



Gambar 6. Tampilan respon gelombang tegangan output tiga fasa dari generator.

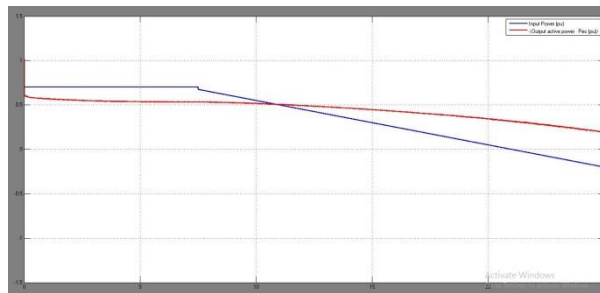


Gambar 7. Tampilan respon gelombang arus tiga fasa dari generator.

Respon gelombang dari arus dan tegangan keluaran generator ditunjukkan oleh gambar 6. dan gambar 7, dari gambar tersebut maka terukurlah Tegangan maksimum Generator sebesar 6220 V dan dan Arus maksimum Generator sebesar 118 A.

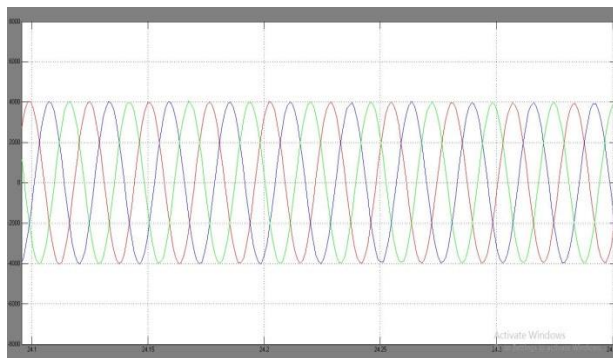
2) Kondisi daya input berubah.

Pada kondisi ini masih daya input dibuat variable dengan menggunakan fungsi *ramp* sehingga daya input akan berkurang hingga menuju nilai nol.

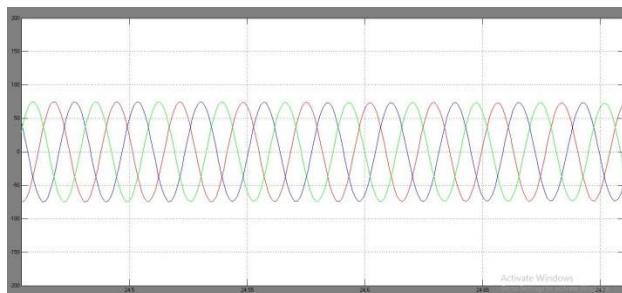


Gambar 8. Tampilan respon daya input dan daya output generator.

Pada 7,5 detik pertama daya *input* dibuat konstan dengan nilai 0,7 pu, selanjutnya pada detik 7,6 daya input di *ramp* sehingga akan menurun, dan akan berdampak pada daya *output* yang akan mengecil hingga mencapai nilai 0.2 pu



Gambar 9. Tampilan respon gelombang tegangan output generator tiga fasa.



Gambar 10. Tampilan Respon gelombang arus tiga fasa dari generator.

Menurunnya Daya *input* berpengaruh terhadap arus dan tegangan keluaran generator. Gambar 9. dan Gambar 10. menunjukkan respon arus yang menurun hingga nilai 74 A dan Tegangan menurun hingga nilai 4000 V.

3.3. Pengujian Simulasi Rele Daya Balik (RPR)

Pengujian simulasi rele daya balik yaitu bertujuan untuk mengetahui performa rele yang di desain. Sehingga bisa diketahui bahwa rele itu dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya atau belum. Pada pengujian kali ini sistem pembangkit dilengkapi dengan rele daya balik dan *circuit breaker*, namun untuk dapat menguji dan melihat hasil simulasinya, Sistem pembangkit terdiri dari dua buah generator tiga fasa yang terhubung paralel, sehingga apabila terjadi kegagalan fungsi pada sistem penggerak utama salah satu generator menyebabkan generator menyerap daya dari sumber yang lain, sehingga daya balik dapat disimulasikan.

Diketahui :

- S = 1.5 MVA
- V = 6300 V
- Cos phi = 0.7
- Kecepatan = 750 RPM
- Frekuensi = 50 Hz
- I_{beban maks} = $\frac{S}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi}$
 - = $\frac{1500 \text{ kw}}{\sqrt{3} \times 6300 \times 0,7}$
 - = 196,37 A

CT yang digunakan adalah 200/5 A

Pada pengaturan setting RPR memiliki nilai setting $-(MVA \times 50\% \times PF)$ sesuai persamaan 1, namun untuk menghindari kerusakan yang lebih parah yang diakibatkan daya balik, maka setting RPR biasanya berkisar antara 10- 50% daya balik.

$$\begin{aligned} \text{Setting RPR 1} &= -(MVA \times 50\% \times PF) \\ &= -(1,5 \times 50\% \times 0,7) \\ &= - 525 \text{ kw} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Setting RPR 2} &= -(MVA \times 25\% \times PF) \\ &= - 0,2625 \text{ MW} \\ &= - 262,5 \text{ kw} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Setting RPR 3} &= -(MVA \times 15\% \times PF) \\ &= -0,1575 \text{ MW} \\ &= - 157,5 \text{ kw} \end{aligned}$$

$$\text{Setting Tunda Waktu} = \text{Instant}$$

Untuk mengetahui performa rele maka dilakukan beberapa pengujian simulasi. Pengujian ini dilakukan dengan cara daya input diberikan nilai konstan pada 12.5detik pertama dan selanjutnya akan diturunkan nilainya, untuk dapat melihat proses daya balik, ketika generator kehilangan daya input.

Tabel.2. Kinerja Sistem ketika RPR disetting 50%.

No	Daya Input (pu)	Daya Output (pu)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (kW)	Status	Waktu (S)
1	0.7	0.48	5999	123	730	Tidak trip	-
2	0.5	0.33	6232	80	508	Tidak trip	-
3	0.3	0.2	6450	47	305	Tidak trip	-
4	0.2	0.132	6455	30	198	Tidak trip	-
5	0.1	0.067	6420	14.5	91	Tidak trip	-
6	0	-0.367	5500	99	-550	Trip	0.287
7	-0.1	-0.503	5320	138	-735	Trip	0.255
8	-0.2	-0.612	5020	173	-918	Trip	0.235

Tabel.3. Kinerja Sistem ketika RPR disetting 25% .

No	Daya Input (pu)	Daya Output (pu)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (kW)	Status	Waktu (S)
1	0.7	0.48	5999	123	730	Tidak trip	-
2	0.5	0.33	6232	80	508	Tidak trip	-
3	0.3	0.2	6450	47	305	Tidak trip	-
4	0.2	0.132	6455	30	198	Tidak trip	-
5	0.1	-0.246	5710	67	-370	Trip	0.325
6	0	-0.367	5500	99	-550	Trip	0.287
7	-0.1	-0.503	5320	138	-735	Trip	0.255
8	-0.2	-0.612	5020	173	-918	Trip	0.235

Tabel 4. . Kinerja Sistem ketika RPR disetting 25% .

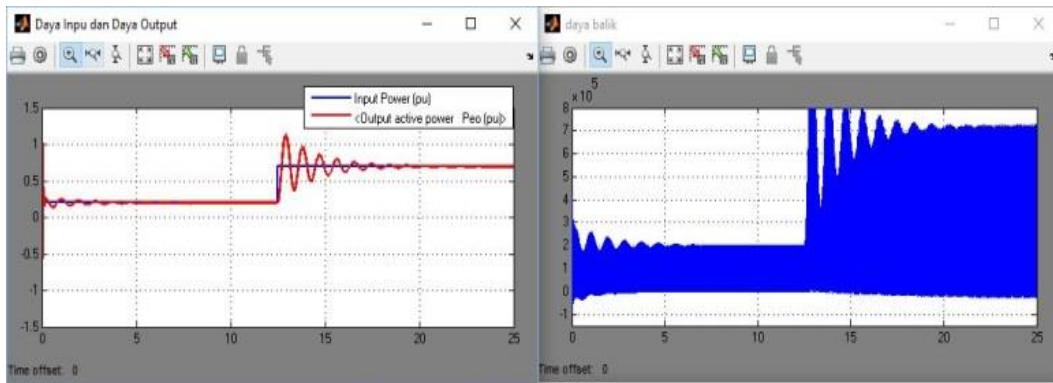
No	Daya Input (pu)	Daya Output (pu)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (kW)	Status	Waktu (S)
1	0.7	0.48	5999	123	730	Tidak trip	-
2	0.6	0.4	6167	101	614	Tidak trip	-
3	0.5	0.33	6232	80	508	Tidak trip	-
4	0.4	0.269	6350	62	404	Tidak trip	-
5	0.3	0.2	6450	47	305	Tidak trip	-
6	0.2	-0.18	5800	41	-270	Trip	0.408
7	0.1	-0.246	5710	67	-370	Trip	0.325
8	0	-0.367	5500	99	-550	Trip	0.287
9	-0.1	-0.503	5320	138	-735	Trip	0.255
10	-0.2	-0.612	5020	173	-918	Trip	0.235

3.4. Pengujian Simulator Sistem Pembangkit.

Pengujian sistem dilakukan pada tiga kondisi , yaitu kondisi daya input 0.7 pu, kondisi daya input 0.5 pu dan kondisi daya input 0.2 pu.

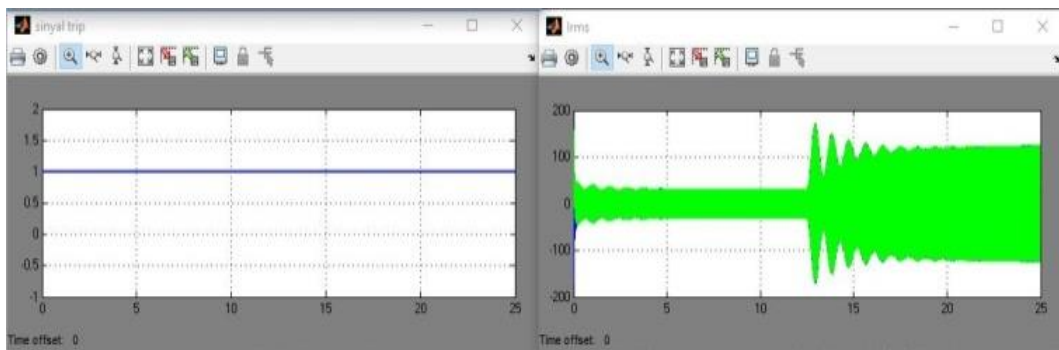
1) Kondisi saat daya input 0.7 pu.

Pada kondisi normal dimana daya input mekanik dinaikan dari 0.2 pu menjadi 0.7 pu dalam 12.5 detik. Hal yang diamati pada pengujian ini adalah respon rele terhadap perubahan daya input. Pada kondisi ini rele tidak memberikan sinyal trip ke CB, walaupun ada osilasi pada awal transisi berubahnya daya input. Berikut hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 11, 12, 13, 14



Gambar 11. Daya input dan output generator.

Gambar 12. Gelombang daya aktif keluaran Generato

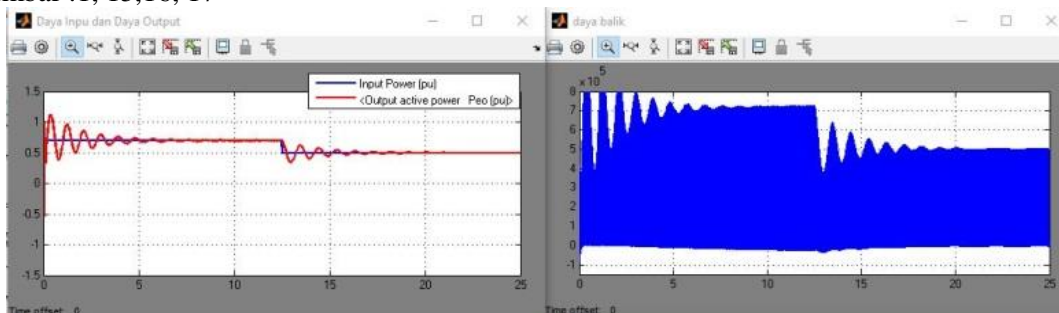


Gambar 13. Sinyal trip pada kondisi normal

Gambar 14. Gelombang arus pada kondisi nolmal

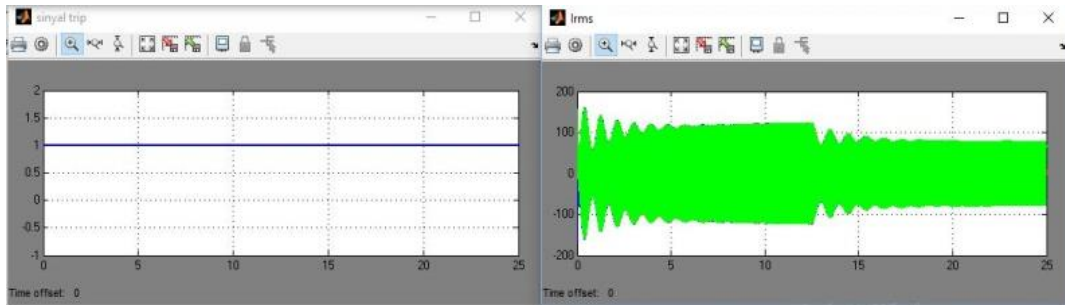
2). Kondisi daya input 0.5 pu

Kasus kedua adalah kondisi dimana daya input diturunkan dari 0.7 pu menjadi 0.5 pu dalam waktu 12.5 detik. Pada kasus ini rele masih tidak memberikan sinyal trip, yang artinya daya balik belum melewati batas setting yang ditentukan. Berikut hasil simulasi dapat dilihat pada gambar .1, 15,16, 17



Gambar 15. Daya output generator saat input 0.5pu.

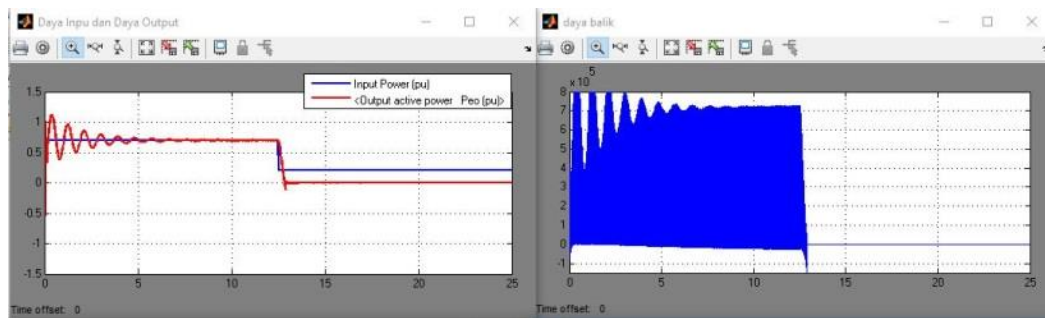
Gambar 16. Gelombang daya aktif saat input 0.5pu.



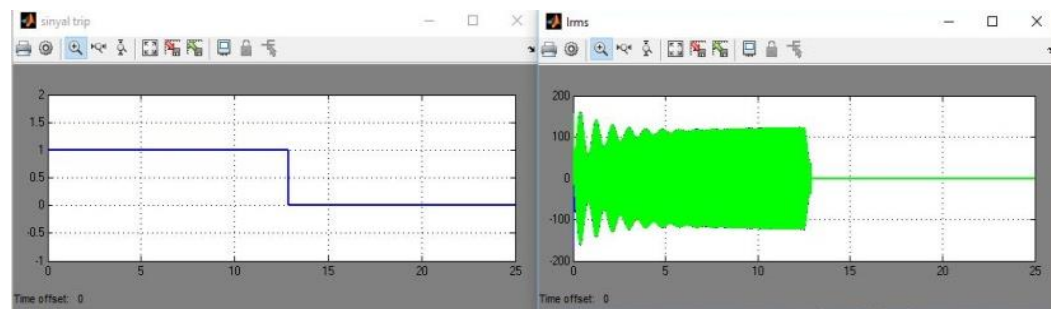
Gambar 17. Sinyal keluaran RPR saat input 0.5pu. Gambar 18. Gelombang arus saat input 0.5pu.

3) Kondisi daya input 0.2 pu.

Pada kondisi ini daya input diturunkan dari 0.7 pu menjadi 0.2 pu dalam waktu 12.5 detik. Pada kondisi ini rele mendeteksi adanya gangguan daya balik pada nilai *pick up* -163 kw dan memberikan sinyal trip pada detik 12.9, yang artinya ada daya balik yang melewati batas setting rele yang ditentukan. Berikut hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 19, 20, 21, 22.



Gambar 19. Daya output generator saat input 0. 2pu. Gambar 20. Gelombang daya aktif saat input 0.2pu.



Gambar 21. Sinyal keluaran RPR saat input 0.5pu Gambar 21. Gelombang arus saat input 0.5pu.

3. 5. Analisa Hasil Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tanpa Sistem Proteksi.

Simulasi sistem Pembangkit Listrik, dilakukan dengan dua kondisi yaitu kondisi pembangkit tanpa proteksi dan kondisi pembangkit dengan sistem proteksi. Pada pertama daya input diatur dari 0.7 menurun secara perlahan. Hasil dari simulasi sistem pembangkit memiliki kesesuaian 85% (Arus 89%, Tegangan 95%, Daya 0.68) dengan spesifikasi komponen di lapangan.

Sedangkan pengujian sistem pembangkit listrik yang dilengkapi sistem proteksi dilakukan pada setting RPR , 50%, 25%, 15%, dimana ketiga setting tersebut tidak keluar dari standar yang berlaku. Hasil dari pengujian ini mendapatkan tiga data yang dapat dikomparasi.

- 1) Pada pengujian setting 50% (-0.525kW), rele mulai bekerja ketika daya input diturunkan hingga 0 pu dimana daya balik yang terukur oleh *Scope* adalah -550 kw. Dapat dilihat pada tabel 2.

- 2) Pada pengujian setting 25% (-262.5kW), rele mulai bekerja ketika daya input diturunkan hingga 0.1 pu dimana daya balik yang terukur oleh *Scope* adalah -370kW. Dapat dilihat pada tabel 3.
- 3) Pada pengujian setting 15% (-157.5kW), rele mulai bekerja ketika daya input diturunkan hingga 0.2 pu dimana daya balik yang terukur oleh *scope* adalah -270 kW. Dapat dilihat pada tabel 4

Dari tiga settingan diatas kita dapat mengetahui bahwa nilai *pick up* RPR adalah -163 kw dengan karakteristik waktu kerja instant (0.408 s). Ketika setting rele daya balik semakin kecil, maka keandalan sistem proteksi semakin baik terbukti dengan hasil pengujian pada tabel 2, tabel 3 dan tabel 4., yaitu ketika generator mengalami penurunan daya mekanik hingga 0.2 pu maka rele akan bekerja untuk mengamankan generator, namun apabila setting terlalu kecil juga maka Generator akan gagal starting.

4. Kesimpulan

Model Sistem Proteksi Daya Balik pada Paralel Generator Tiga Fasa menggunakan *Software* MATLAB *Simulink* telah disimulasikan dengan hasil perbandingan kesesuaian 85% (Arus 89%, Tegangan 95%, Daya 0.68 %). Kinerja dan setting Rele Daya Balik yang dirancang sudah sesuai dengan standar *IEEE C37.102-2006* yaitu setting maksimal 50% x MVA x PF dengan waktu tunda maksimal 30 detik, sementara itu hasil setting yang digunakan Pada Sistem Pembangkit Listrik adalah 15% x MVA x PF dengan Karakteristik waktu Instant. Dari hasil analisa didapat nilai *pick up* RPR (nilai minimal untuk rele bisa bekerja) yaitu -163 kw atau sekitar 103.4% dengan waktu kerja 0,408 detik, untuk setting -157.5kw.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Politeknik Negeri Bandung a yang memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian melalui Hibah Penelitian Mandiri dengan Nomor Kontrak 637.23/PL.1.R7/LT/2019

Referensi

- [1]. Tzuu Bin Ng, G.J. Walker and J.E. Sargison. *Modelling of Transient Behaviour in Francis Turbine Power Plant*. Journal universitas sydney, Australia. 2004.
- [2]. Aman, Mohsin dkk. *Modeling and Simulation of Reverse Power Relay for Generator Protection*. Journal Internasional power engineering. Malaysia, 2012
<https://www.researchgate.net/publication/261345137>. [Diunduh pada tanggal 14 Februari 2019]
- [3]. Eko, Budi dkk. . *Analisis Gangguan Reverse Power Dan Under Frequency Pada Generator 153,75 Mva Unit Gas Turbine 3.1 Di Pltgu Gresik*. *Jurnal ELTEK*, Vol 16 No 01. 2018
- [4]. Auwal Abubakar Usman, Rabiul Aliyu Abdulkadir. *Modelling and simulation of micro hydro power plant using matlab simulink* .International Journal of advanced technology in engineering and science. 2015
- [5]. Rozi, Fahrul. *Pemodelan Resetting Reverse Power Relay untuk Proteksi Generator*. Jom FTEKNIK Volume 5 Edisi 1 Januari s/d Juni 2018
<https://www.researchgate.net/publication/326020883>. [Diunduh pada tanggal 14 Februari 2019]
- [6]. Mathworks. 2006. *Simulink 6.0 Simulation and Model-Based Design*. The Mathworks, inc
www.mathworks.com [Diunduh pada tanggal 14 Februari 2019]
- [7]. Gonen, Turan. . *Electrical Machines with MATLAB*. 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300. CRC Press Taylor & Francis Group. 2012

- [8]. The MathWorks, Inc. *MATLAB for Engineers –Applications in Control, Electrical Engineering, IT and Robotics*. Edited By Karel Perutka. Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. 2011
www.mathworks.com [Diunduh pada tanggal 14 Februari 2019]