

PERLINDUNGAN DAN PEMANTAUAN GANGGUAN DAYA BALIK PADA GENERATOR TIGA FASE 1 KVA BERBASIS PADA ARDUINO MEGA 2560

Protection and Monitoring of Reverse Power Fault on a 1 kVA Three-Phase Generator Based on Arduino Mega 2560

Muhammad Ulul Azmi¹, I Made Ari Nrartha¹, dan Sultan¹

¹) Jurusan Teknik Elektro, Universitas Mataram. Jl. Majapahit 62, Mataram, 83125 Lombok, Indonesia

E-mail : uazmi25@gmail.com, nrарtha@unram.ac.id, sultandarma@unram.ac.id

ABSTRAK

Generator adalah bagian utama pada pembangkitan energi listrik untuk mensuplai daya ke sistem. Generator dapat terganggu akibat gangguan daya balik, yaitu generator menyerap daya dari sistem. Gangguan daya balik dapat merusak generator, sehingga generator harus diisolir dari sistem. Penelitian ini merancang sebuah sistem perlindungan dan pemantauan gangguan daya balik pada generator tiga fase 1 kVA menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai komponen utama. ACS712-20A sebagai sensor arus dan ZMPT101B sebagai sensor tegangan. TFT touchscreen sebagai antarmuka yang digunakan untuk seting daya balik dan waktu pemutusan. Hasil pengujian sensor, kesalahan ukur sensor arus 1.47%, 4.10%, dan 3.59%, sensor tegangan 0.20%, 1.22%, dan 0.77% untuk fase R, S dan T. Simulasi ganggun daya balik dilakukan dengan cara menurunkan dengan cepat kemampuan penggerak mula sehingga daya generator menjadi negatif. Sehingga daya dari sistem mengalir ke generator, mengakibatkan sistem perlindungan daya balik pada generator bekerja. Semua operasi generator tersebut terpantau secara real time pada TFT touchscreen.

Kata Kunci: ACS712, Arduino Mega 2560, Generator 1 kVA, Gangguan Daya Balik, TFT LCD, ZMPT101B.

Abstract

The generator is the main part of the generation of electrical energy to supply power to the system. The generator can be interrupted due to reverse power, ie the generator absorbs power from the system. Reverse power failure can damage the generator, so the generator must be isolated from the system. This study designed a protection and monitoring system for reverse power fault in a 1 kVA three-phase generator using Arduino Mega 2560 as the main component. Current sensor is ACS712-20A and voltage sensor is ZMPT101B. Touchscreen of TFT as the interface used for setting the reverse power and disconnection time. Sensor test results, current sensor measuring error 1.47%, 4.10%, and 3.59%, voltage sensors 0.20%, 1.22%, and 0.77% for phase R, S and T. Reverse power interruption simulations are performed by quickly reducing the ability prime movers so the generator power becomes negative. The power from the system flows to the generator, so a reverse power protection system at the generator works. All generator operations are monitored in real time on the TFT touchscreen.

Keywords : ACS712, Arduino Mega 2560, 1 kVA Generator, Reverse Power Fault, TFT LCD, ZMPT101B.

PENDAHULUAN

Generator adalah komponen utama dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Gangguan daya balik merupakan fenomena berubahnya unjuk kerja sebuah mesin listrik yang awalnya adalah sebagai generator, berubah menjadi motor.

Pada Penelitian ini gangguan pada generator perlu diproteksi dengan cara melepaskan generator dari sistem, untuk melindungi generator dari gangguan daya balik, maka dibuat sistem *monitoring dan* proteksi daya balik untuk generator. Hal ini dapat dilakukan dengan mengukur unjuk kerja generator menggunakan sensor arus ACS712-20A, sensor tegangan ZMPT101B

yang kemudian diolah oleh mikrokontroler Arduino Mega 2560, sehingga ditampilkan pada layar TFT LCD (*Thin Film Transistor Liquid Crystal Display*). Hasil *monitoring* yang diperoleh akan dijadikan indikasi awal untuk mencegah terjadinya kerusakan pada generator. Karena saat normal, generator itu beroperasi nilai daya aktifnya adalah bernilai positif, tetapi dalam gangguan daya balik nilai daya aktifnya berubah menjadi negatif.

A. Generator sinkron

merupakan jenis mesin listrik yang berfungsi untuk menghasilkan tegangan bolak-balik dengan cara mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Energi mekanis diperoleh dari putaran rotor yang digerakkan oleh penggerak mula (*prime mover*), sedangkan energi listrik diperoleh dari proses dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan stator dan rotornya.

B. Sinkronisasi generator

adalah proses menggabungkan dua generator atau lebih dan kemudian dioperasikan secara bersama-sama, persyaratan yang harus dipenuhi adalah :

- Kedua generator harus mempunyai amplitudo yang sama.
- Kedua generator harus mempunyai frekuensi yang sama, dan
- Kedua generator harus sefasa.

C. Perhitungan Daya dan Faktor Daya

C1. Nilai Sesaat

$$v(t) = V_m \cos \omega t + \dots \dots \dots (1)$$

$$i(t) = I_m \cos(\omega t + \phi) \dots \dots \dots (2)$$

Merupakan nilai tegangan atau arus pada waktu atau phase tertentu. Lambang nilai sesaat adalah $v(t)$ dan $i(t)$.

C2. Nilai RMS

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2 dt} \dots \dots \dots (3)$$

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \dots \dots \dots (4)$$

Merupakan nilai tegangan atau arus AC yang setara dengan suatu tegangan atau arus DC yang memberikan daya nyata yang sama.

C3. Daya Aktif

$$P = \frac{1}{T} \int v(t) i(t) dt \dots \dots \dots (5)$$

Daya nyata atau daya aktif merupakan daya yang digunakan suatu perangkat untuk

melakukan kerja yang nyata. Satuan daya nyata adalah watt (W)

C4. Faktor Daya

$$PF = \frac{P}{V_{rms} I_{rms}} \dots \dots \dots (6)$$

Faktor daya merupakan perbandingan antara daya aktif dengan perkalian dari nilai tegangan RMS dan arus RMS

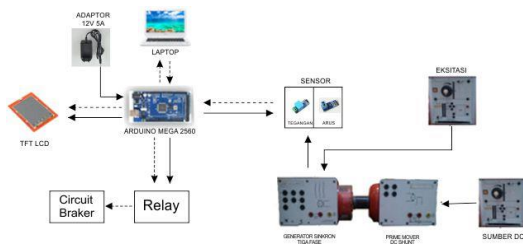
METODELOGI PENELITIAN

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Arduino Mega 2560, Sensor arus ACS712 20A, sensor tegangan ZMPT101B dan lain-lain. Untuk lebih lengkapnya ditunjukkan pada Tabel 1 berikut :

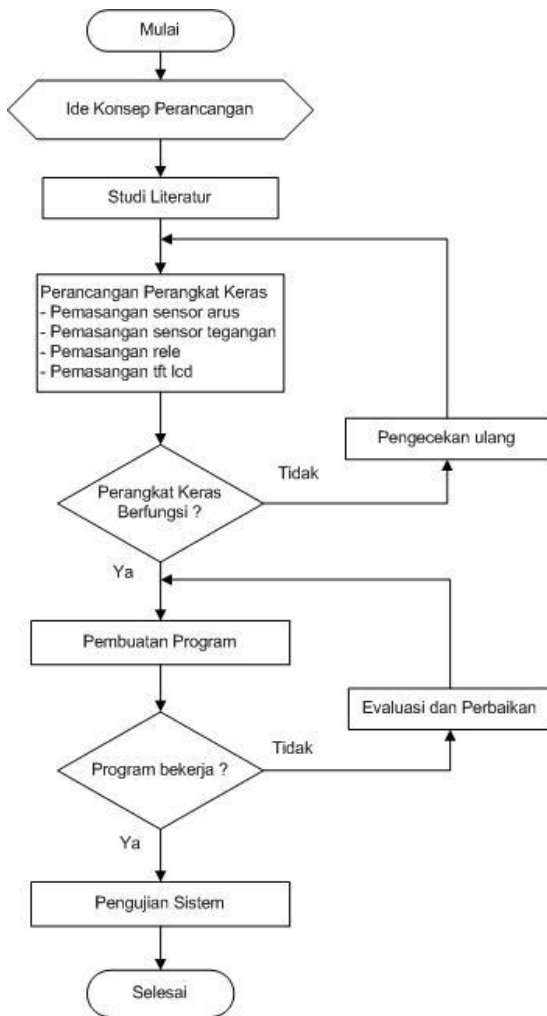
Tabel 1. Bahan Penelitian

Bahan	Jumlah	Keterangan
Arduino Mega 2560	1	Sebagai otak utama sistem proteksi
Sensor arus ACS712 20A	3	Mengukur arus fase A, B dan C
Tacho Generator LEYBOLD DIDACTIC GMBH tipe 732 59	1	Mengukur kecepatan putaran generator
Sensor tegangan ZMPT101B	3	Mengukur tegangan fase A, B dan C
TFT LCD 2.4 inch	1	Menampilkan parameter generator
Generator Sinkron 3 fase LEYBOLD DIDACTIC GMBH tipe 733 07	1	Objek utama penelitian
Prime Over Motor DC LEYBOLD DIDACTIC GMBH tipe 732 68	1	Penggerak utama generator
Modul Rele single 5 Vdc	4	Pemutus sistem pada fase A, B, C dan N
Eksperimental transformator tipe 725 77	1	Sebagai DC supply eksitasi generator.
Jumper	Secukupnya	Penghubung arduino dengan sensor-sensor

Pada penelitian ini dibangun sebuah sistem yang dapat mengamankan dan *memonitoring* gangguan daya balik pada generator, dengan melakukan pengukuran nilai-nilai kerja generator berupa arus, tegangan, faktor daya dan daya dari generator, kemudian terlihat pada TFT LCD yang dijadikan acuan untuk sistem pengamanan generator tersebut.

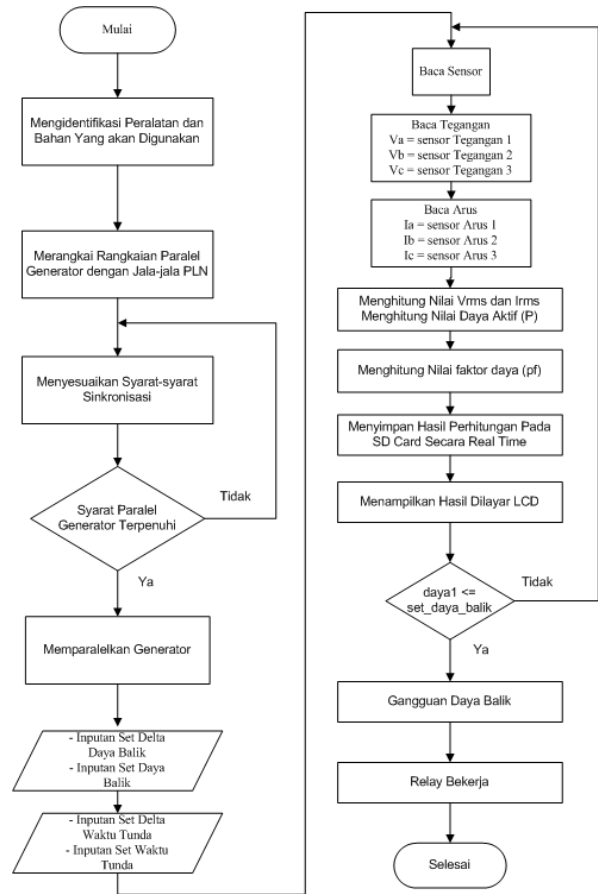


Gambar 1. Skema Perancangan Pengaman Gangguan Daya Balik



Gambar 2. Diagram Alir Perancangan Sistem

Proses penelitian dilakukan proses sinkronisasi generator dengan jala-jala PLN kemudian mengambil unjuk kerja generator dan mensimulasikan proses telah terjadi gangguan daya balik.

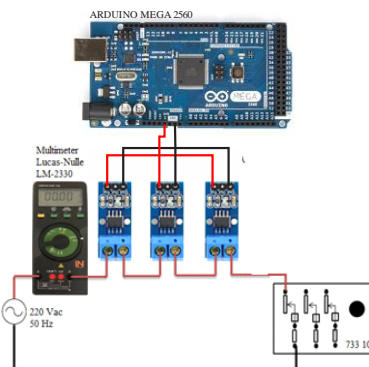


Gambar 3. Diagram alir program

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sensor Arus

Pada pengujian sensor arus, digunakan tiga buah sensor arus (ACS712-20A-T), yang masing-masing digunakan untuk mengukur arus pada fase A, B dan C. Ke tiga sensor arus diuji secara seri dengan sumber tegangan 220 V_{AC}, amperemeter Lucas- Nulle LM-2330, dan beban resistor variable DL tipe 733 10, Gambar 4 menunjukkan rangkaian pengujian sensor arus.



Gambar 4. Rangkaian pengujian sensor arus

Setelah semua perangkat dirangkai, selanjutnya nilai resistor variable di ubah-ubah untuk mendapatkan nilai arus keluaran (Irms) seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai arus input dan tegangan output sensor arus

Arus Input (A _{AC})	Arus Keluaran (Irms)		
	Sensor arus 1	Sensor arus 2	Sensor arus 3
0	0	0	0
0.25	0.25	0.24	0.24
0.5	0.5	0.47	0.48
0.75	0.73	0.72	0.71
1	0.99	1.04	1.03
1.25	1.21	1.3	1.26
1.5	1.47	1.6	1.55
1.75	1.7	1.85	1.87
2	1.97	2.05	2.1

Dengan diperolehnya arus keluaran, maka dapat dibuat persamaan liner antara arus input dengan arus keluaran yang kemudian dapat dimasukkan kedalam program IDE arduino. Berikut hasil pengukuran arus yang diperoleh dari tiap sensor.

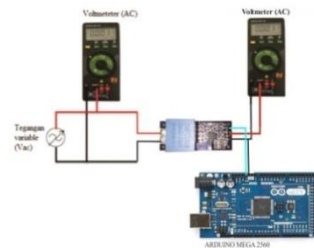
Tabel 3. Hasil pengukuran sensor arus dengan amperemeter

Arus Input (A)	Pengukuran sensor arus (A)						Error (%)	
	arus 1	arus 2	arus 3	arus 1	arus 2	arus 3		
0	0	0	0	0.00	0.00	0.00		
0.25	0.25	0.24	0.24	0.00	4.00	4.00		
0.50	0.5	0.47	0.48	0.00	6.00	4.00		
0.75	0.73	0.72	0.71	2.67	4.00	5.33		
1.00	0.99	1.04	1.03	1.00	4.00	3.00		
1.25	1.21	1.3	1.26	3.20	4.00	0.80		
1.50	1.47	1.6	1.55	2.00	6.67	3.33		
1.75	1.7	1.85	1.87	2.86	5.71	6.86		
2.00	1.97	2.05	2.1	1.50	2.50	5.00		
Minimal				0.00	0.00	0.00		
Maksimal				3.20	6.67	6.86		
Rata-rata Error				1.47	4.10	3.59		

Dari Tabel 3 dapat dilihat pengukuran sensor arus memiliki rata-rata error pengukuran yang relatif kecil, yaitu 1.47%, 4.10%, 3.59% sehingga sensor arus yang dipakai dapat digunakan untuk mengukur arus keluaran generator sinkron tiga fase.

B. Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan

Untuk mengukur tegangan keluaran generator tiga fase, maka digunakan 3 buah potensial transformer ZMPT101B dengan tegangan primer 220 Vac dan tegangan sekunder 5 Vdc, berikut adalah gambar rangkaian yang digunakan.



Gambar 5. Pengujian sensor tegangan

Selanjutnya dilakukan pengukuran tegangan output sensor tegangan dengan cara memberi input nilai tegangan yang berbeda-beda (100-240) dengan output maksimal dari sensor tegangan sebesar 5V AC. Berikut tabel hasil pengukuran rata-rata output sensor tegangan.

Tabel 4. Nilai tegangan output sensor tegangan

Tegangan Input (V _{AC})	Tegangan output sensor (V _{AC})		
	Sensor tegangan 1	Sensor tegangan 2	Sensor tegangan 3
100	0.14	0.14	0.14
120	0.18	0.18	0.17
140	0.21	0.20	0.21
160	0.23	0.22	0.23
180	0.27	0.27	0.26
200	0.31	0.31	0.30
220	0.33	0.32	0.33
240	0.35	0.35	0.35

Dengan diperolehnya tegangan output sensor, maka dapat dibuat persamaan liner antara tegangan input dengan tegangan keluaran sensor yang kemudian dapat dimasukkan kedalam program IDE arduino. Berikut hasil pengukuran arus yang diperoleh dari tiap sensor.

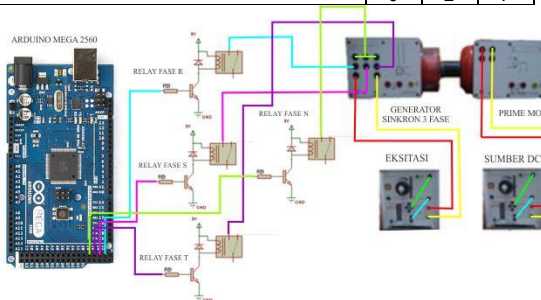
Dari Tabel 5 dapat dilihat pengukuran sensor tegangan memiliki rata-rata error pengukuran yang relatif kecil, yaitu 0.20%, 1.22%, 0.77% sehingga sensor arus yang dipakai dapat digunakan untuk mengukur tegangan keluaran generator sinkron tiga fase.

C. Rangkaian Relay sebagai pemutus

Untuk mencegah terjadinya gangguan, maka dilakukan dengan cara pemutus tegangan keluaran, eksitasi dan *prime mover* generator sinkron tiga fase, menggunakan relay seperti Gambar 6.

Tabel 5. Hasil pengukuran sensor Tegangan dengan Voltmeter

Tegangan fase ke netral V_{LN} (Volt)			Tegangan hasil pembacaan sensor (Volt)			Error pembacaan sensor tegangan (%)		
V_a CA-N	V_b B-N	V_c C-N	V_a A-N	V_b B-N	V_c C-N	V_a A-N	V_b B-N	V_c C-N
100	100	100	100	98.1	98.2	0.2	2.1	1.9
.2	.2	.2	.2	3	3	0	0	7
120	118	119	120	117.	118.	0.3	1.1	1.0
.9	.5	.5	.45	5	2	8	8	9
140	140	140	140	136.	138.	0.0	2.3	1.0
.3	.3	.3	.25	99	8	4	6	7
160	158	159	160	156.	158.	0.3	0.9	0.1
.2	.2	.2	.5	65	7	1	8	9
180	178	179	180	177.	178.	0.2	0.7	0.3
.7	.2	.2	.38	3	5	1	8	9
200	198	199	201	196.	199.	0.5	1.2	0.2
.3	.6	.2	.45	15	7	7	3	5
220	220	220	219	219.	219.	0.0	0.3	0.0
			.86	32	97	6	1	1
240	240	240	240	237.	236.	0.0	0.8	1.6
			.08	94	01	3	6	6
Minimal						0.0	0.3	0.0
						6	1	1
Maksimal						0.5	2.3	1.9
						7	6	7
Rata-rata						0.2	1.2	0.7
						0	2	7



Gambar 6. Rangkaian pensaklaran sistem

Dengan menggunakan rangkaian seperti pada Gambar 6, maka generator sinkron tiga fase akan dapat dimatikan ketika terjadi gangguan.

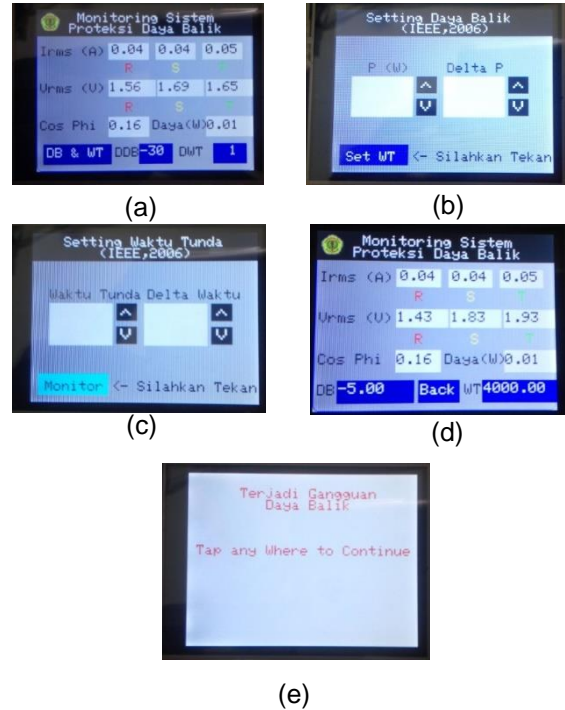
D. Pembuatan tampilan monitoring daya pada TFT LCD

Pembuatan tampilan *monitoring* pada penelitian ini digunakan TFT LCD, untuk membaca unjuk kerja dari generator. Kemudian dari layar TFT LCD yang *touchscreen* dapat menentukan seting daya balik dan waktu tunda saat terjadi gangguan daya balik. Berikut program untuk membuat tampilan *monitoring* pada TFT LCD. Untuk program yang lengkap bisa dilihat pada lampiran.

Berikut tampilan-tampilan *monitoring* daya dan proteksi daya balik.

a. Pada tampilan *monitoring* 1 (Gambar 7.a) merupakan nilai *setting* Default Daya Balik (DDB) sebesar -50W dan nilai

setting Default Waktu Tunda (DWT) sebesar 1 detik.



Gambar 7.a. Tampilan monitoring 1. b. Tampilan seting daya balik. c. Tampilan seting waktu tunda. d. Tampilan monitoring 2. e. Tampilan terjadi gangguan daya balik

- b. Kemudian apabila ingin mengulang *setting* daya balik dan waktu tundanya bisa dengan menekan DB & WT (Gambar 7.a). Maka tampilan selanjutnya yakni *setting* besar daya balik. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.b.
- c. Setelah melakukan *setting* daya balik maka langkah selanjutnya yakni memberikan *setting* waktu tunda dengan menekan Set WT dilayar TFT LCD (Gambar 7.b). Maka tampilan selanjutnya yakni *setting* waktu tunda dalam satuan mili second (ms). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.c.
- d. Setelah melakukan *setting* waktu tunda, untuk kembali pada tampilan *monitoring* bisa menekan Monitor pada layar TFT LCD (Gambar 7.c) maka tampilan *monitoring* 2 muncul. Pada tampilan monitoring 2, Daya Balik (DB) sesuai dengan *setting* Daya Balik (DB) yang telah diberikan dan Waktu Tunda (WT) sesuai dengan *setting* waktu tunda yang telah

diberikan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.d.

- e. Kemudian apabila sistem mendeteksi adanya gangguan daya balik yang terjadi pada generator, maka akan menampilkan pemberitahuan dan rele bekerja. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.e

E. Monitoring dan Pengujian Proteksi Daya Balik

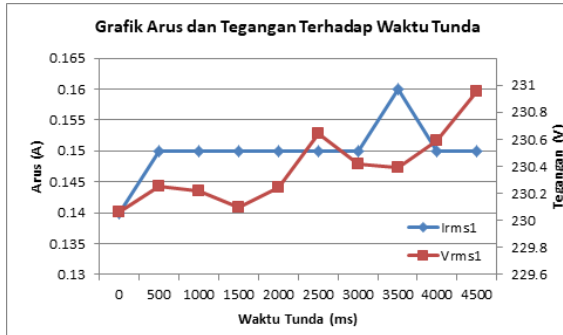
Pengujian ini terdiri dari generator tiga fasa, daya keluaran 1 kW, faktor daya 1.0,

frekuensi 50 Hz. Kemudian generator disinkronisasi dengan jala-jala PLN dan mensuplai beban R dan L. Apabila hasil daya keluaran pada generator lebih kecil atau sama dengan nilai *setting* daya balik yang diberikan pada generator, maka rele bekerja untuk memutus/melepas generator dari sinkronisasi. Berikut data pengujian *setting* daya balik 5 Watt dan waktu tunda 5 detik ditunjukkan pada Tabel 6 berikut :

Tabel 6. Hasil Pengujian daya balik 5 Watt dan waktu tunda 5 detik

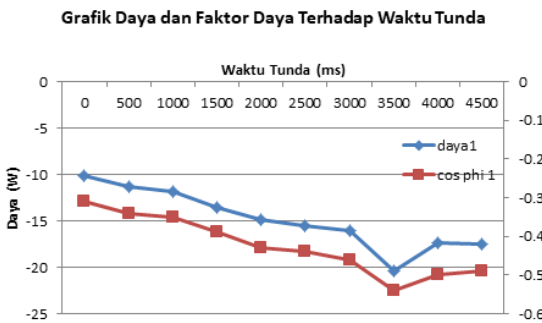
No.	R (Ω)	L (H)	set daya balik (W)	Waktu Tunda (ms)	Parameter keluaran generator fase R				Kec. (rpm)	f (Hz)	Kondisi sistem
					Vrms1 (V)	Irms1 (A)	Daya1 (W)	Cos phi			
Keadaan Normal											
1	500	0.2	-5	0	230.01	0.39	75.45	0.82	1503	50.11	Aman
Keadaan ketika penggerak mula turun											
2	500	0.2	-5	0	230.02	0.39	73.35	0.82	1504	50.12	Aman
3					230.3	0.37	69.95	0.81	1503	50.11	Aman
4					229.86	0.33	59.08	0.78	1504	50.12	Aman
5					230.06	0.28	47.04	0.72	1504	50.13	Aman
6					229.83	0.26	42.45	0.7	1504	50.13	Aman
7					229.77	0.22	31.79	0.62	1504	50.14	Aman
8					230.23	0.19	22.6	0.51	1504	50.13	Aman
9					229.96	0.17	15.09	0.38	1504	50.12	Aman
10					229.92	0.16	9.18	0.26	1503	50.10	Aman
11					229.16	0.15	2.25	0.07	1503	50.09	Aman
12					229.11	0.15	-1.73	-0.05	1503	50.09	Warning
13	229.19	0.14	-3.65	-0.11	1502	50.08	Warning				
Keadaan nilai daya1 kurang dari <i>setting</i> daya balik											
14	500	0.2	-5	0	230.06	0.14	-10.09	-0.31	1502	50.08	Warning
15				500	230.25	0.15	-11.33	-0.34	1502	50.07	Warning
16				1000	230.22	0.15	-11.83	-0.35	1502	50.06	Warning
17				1500	230.1	0.15	-13.52	-0.39	1502	50.06	Warning
18				2000	230.24	0.15	-14.85	-0.43	1502	50.05	Warning
19				2500	230.64	0.15	-15.55	-0.44	1501	50.03	Warning
20				3000	230.42	0.15	-16.12	-0.46	1501	50.02	Warning
21				3500	230.39	0.16	-20.36	-0.54	1501	50.03	Warning
22				4000	230.59	0.15	-17.37	-0.5	1501	50.03	Warning
23				4500	230.95	0.15	-17.49	-0.49	1501	50.04	Trip

Berikut grafik unjuk kerja dari generator ketika terjadi gangguan daya balik terhadap waktu tunda.



Gambar 8 Grafik arus dan tegangan generator terhadap waktu tunda

Saat terjadi gangguan daya balik, berdampak pada ketidakstabilan arus keluaran generator (Tabel 6). Saat input *prime mover* menurun menyebabkan besarnya arus keluaran semakin kecil. Kemudian saat terjadi kegagalan pada *prime mover*, arus dari sistem mengalir menuju generator sedangkan tegangan keluaran pada generator tidak stabil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Untuk Grafik daya dan faktor daya dapat dilihat pada Gambar 9.

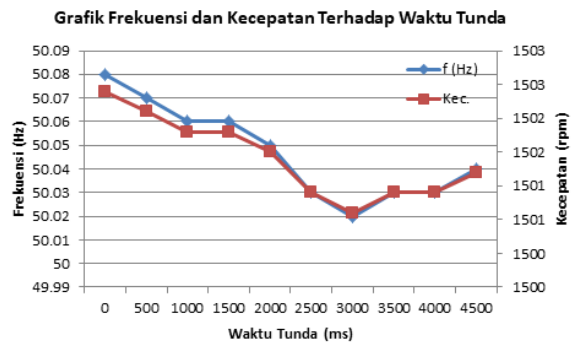


Gambar 9 Grafik daya dan factor daya generator terhadap waktu tunda

Semakin menurunnya daya keluaran generator, yang semula bernilai positif. Berubah menjadi nilai negatif karena melemahnya input *prime mover* generator atau yang biasa disebut dengan daya balik. Semakin besar penurunan input *prime mover* tersebut maka semakin besar pula daya balik pada generator. Seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Sedangkan nilai cos phi berbanding lurus dengan daya keluaran pada generator.

Saat sinkronisasi antara jala-jala PLN dan generator. Frekuensi PLN dan generator

relatif sama, Sehingga antara jala-jala PLN dan generator saling menjaga frekuensi. Jadi apabila frekuensi pada generator terjadi penurunan maka PLN akan mensuplai generator. Batas frekuensi yang diizinkan yakni 49.5 Hz - 50.5 Hz. Untuk grafik frekuensi dan kecepatan terhadap waktu tunda dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Grafik frekuensi dan kecepatan generator terhadap waktu tunda

KESIMPULAN

Sensor tegangan tiap fase mempunyai error pengukuran masing-masing 0.20%, 1.22% dan 0.77% untuk fase R, S dan T. Sensor arus pada setiap fase mempunyai error pengukuran masing-masing 1.47%, 4.10% dan 3.59% untuk fase R, S dan T. Sistem proteksi daya balik yang dirancang berhasil melepas generator dari sistem apabila daya balik yang diterima oleh generator melebihi dari seting daya balik. Seting proteksi daya balik sebesar -50 W, sistem proteksi dapat mendeteksi daya balik sebesar -66.4 W dengan waktu tunda 5 detik, dan mendeteksi daya balik -59.39 W pada waktu 1 detik. Untuk seting daya balik -20 W, sistem proteksi dapat mendeteksi daya balik sebesar -64.31 W dengan waktu tunda 5 detik dan mendeteksi daya balik sebesar -20.76 W pada waktu 1 detik. Untuk seting daya balik -30 W, sistem proteksi mendeteksi daya balik sebesar -34.52 W dengan waktu tunda 1 detik. Seting proteksi daya balik -5 W, sistem proteksi dapat mendeteksi daya balik sebesar -10.09 W dengan waktu tunda 5 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Allegro, 2017. *ACS712-Datasheet*. Allegro MicroSystems, LLC.
- [2] Aman, M. M., 2012. *Modeling and Simulation of Reverse Power Relay for*

- Generator Protection.*, IEEE International Power Engineering and Optimization Conference on Power and Energy (PEOCO2012), Melaka, Malaysia.
- [3] Arduino, 2017, *Arduino Board Uno*, <https://www.arduino.cc/en/Main/products>, Diakses pada 24 April, 2018
- [4] Darmawan, A., 2012, *Rancang Bangun Sistem Pengaman dan Monitoring Motor Sinkron Tiga Fasa (Hardware)*, Jurusan Teknik Elektro Industri ITS.
- [5] Ghozi, A.F. 2012. *Rancang Bangun Reverse Power Relay (RPR) untuk Proteksi Generator pada PLTMH*. Bandung (ID): Politeknik Negeri Bandung.
- [6] Hayt, W., *Rangkaian Listrik I*, Erlangga, Jakarta, 2010.
- [7] Hidayat, S. 2018., *Perancangan Proteksi Dan Monitoring Generator Sinkron Tiga Fase Berbasis Arduino Mega 2560*: Universitas Mataram.
- [8] Peter Rush Network Protection & Automation Guide ALSTOM T&D Energy Automation & Information (2002) ASIN: B00480IKQO.
- [9] Ramdhani, M., 2005., *Rangkaian Listrik (Revisi)*. Laboratorium Sistem Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Telkom Bandung.
- [10] Rokonuzzaman, M.D., 2014, *Design of microcontroller Based Generator Protection Scheme*. Electronic and Communication Engineering Department Military Institute of Science and Technology, Dhaka, Bangladesh
- [11] Sunil S. Rao, 1978, *Swicth Gear and Protection*, India: Khanna Publisher