

Sistem Pengaturan Beban Generator Tiga Fasa Secara Otomatis Berbasis Internally Triggered TRIAC

Muhammad Deval Efendi¹, Abdul Muis Prasetia², Linda Sartika³

^{1,2,3}Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

¹devalgps@gmail.com

²prasetia.electric@gmail.com

³lindasartika75@gmail.com

Abstract—A generator is an electrical machine that converts mechanical/motion energi into electrical energi. The performance of the generator is strongly influenced by the load, so when the load exceeds the generator limit, it is called overload disturbance. In this study, the author makes a generator load regulation sistem based on Internally Triggered TRIAC which functions to reduce the voltage value to the load automatically so that the current value can always be at the set point, which is 0.50 A. In this study, a resistive load in the form of an incandescent lamp with specifications of 100 W is used. As many as two and one 5 W incandescent lamp. For one 100 W incandescent lamp, the current value is 0.40 A and for one 5 W incandescent lamp, the current value is 0.06 A. When all loads are on, the current value ready by the sensor is 0.86 A so that the sistem responds to a load. More because the current value exceeds the set point. The sistem lowers the voltage value to 17.67 V so that the current value can always be at the set point of 0.50 A.

Keywords—Electrical Energi, Generator, Overload, Current Sensor, Internally Triggered Triac.

Intisari—Generator merupakan mesin listrik yang mengubah energi mekanik/gerak menjadi energi listrik. Kinerja generator sangat dipengaruhi oleh adanya beban, sehingga ketika beban melebihi batas generator maka disebut gangguan beban lebih. Dalam penelitian ini penulis membuat sistem pengaturan beban generator berbasis Internally Triggered TRIAC yang berfungsi untuk menurunkan nilai tegangan ke beban secara otomatis agar nilai arus bisa selalu berada di setpoint yang ditetapkan yaitu 0.50 A. Pada penelitian ini menggunakan beban resistif berupa lampu pijar dengan spesifikasi 100 W sebanyak dua buah dan lampu pijar 5 W sebanyak satu buah. Untuk satu buah lampu pijar 100 W terukur nilai arus sebesar 0.40 A dan untuk satu buah lampu pijar 5 W terukur nilai arus sebesar 0.06 A. Ketika semua beban dalam kondisi nyala maka nilai arus yang terbaca oleh sensor sebesar 0.86 A sehingga sistem merespon telah terjadi beban lebih karena nilai arus melebihi setpoint. Sistem menurunkan nilai tegangan hingga ke 17.67 V agar nilai arus bisa selalu berada disetpoint yaitu 0.50 A.

Kata Kunci—Energi Listrik, Generator, Beban Lebih, Sensor Arus, Internally Triggered Triac.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi membuat semua pekerjaan manusia menjadi lebih mudah terutama pada bidang energi listrik [10]. Energi listrik merupakan bentuk energi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat yang

penggunaannya tidak hanya terbatas oleh suatu kalangan aja baik itu kalangan atas, menengah maupun bawah. Energi listrik diproduksi oleh generator [8]. Kinerja dari generator sangat dipengaruhi oleh beban. Ketika beban telah melebihi batas generator maka disebut gangguan beban lebih [1]. Ketika terjadi beban lebih maka dapat merusak generator [9]. Untuk itu penulis membuat sistem pengaturan beban generator berbasis Internally Triggered TRIAC yang bertujuan untuk menstabilkan nilai arus ketika terjadi beban lebih dengan cara menurunkan nilai tegangan yang mengalir ke beban menggunakan Internally Triggered TRIAC.

Generator AC merupakan mesin listrik yang bekerja dengan mengubah energi mekanik/gerak menjadi energi listrik. Generator ini disebut juga generator sinkron karena kecepatan putar medan magnet stator harus sama dengan kecepatan putar medan magnet rotor. Penelitian terdahulu yang menjadi acuan penulis dalam penelitian ini salah satunya adalah sistem pengaturan beban generator satu fasa berbasis Arduino Uno. Penelitian ini berfokus dengan nilai arus lebih pada beban. Pada beban dipasang relai sebagai pemutus arus saat terjadi beban lebih [2].

Penelitian selanjutnya yaitu merancang rangkaian pengatur iluminasi lampu pijar menggunakan Internally Triggered TRIAC. Penelitian ini merupakan bentuk implementasi rangkaian *dimmer* untuk mengatur iluminasi lampu pijar. Proses pengaturan iluminasi lampu pijar ini dipengaruhi oleh impedansi dari lampu sehingga saat impedansi bisa diatur maka akan mempengaruhi nilai arus, tegangan dan frekuensi yang melintasi beban. Sehingga terjadilah perubahan iluminasi lampu pijar tersebut [6].

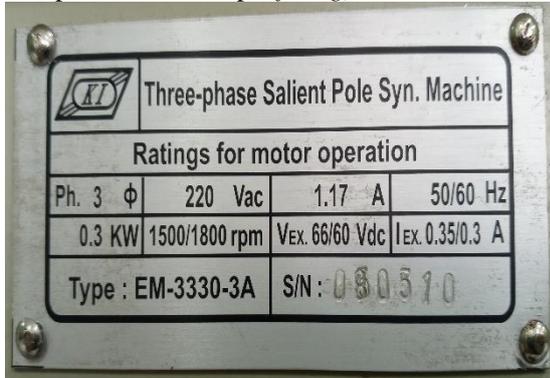
Penelitian selanjutnya yaitu merancang modul proteksi arus beban lebih yang bertujuan untuk memutus aliran listrik ke beban ketika terjadi beban lebih dengan menggunakan relai arus lebih. Penelitian ini menggunakan generator sinkron tiga fasa dengan penggunaan beban resistif. Sensor arus untuk membaca nilai arus pada beban. Serta adanya sebuah indikator yang menandakan telah terjadinya beban lebih dengan menggunakan lampu indikator atau *buzzer* [3].

Penelitian selanjutnya yaitu rancang bangun sistem proteksi beban lebih pada perangkat elektronik berbasis Arduino. Tujuannya adalah untuk melindungi peralatan elektronik dari kerusakan atau paling tidak meminimalisir terjadinya kerusakan. Pada penelitian ini menggunakan relai arus lebih sebagai pemutus dan sensor arus serta tegangan untuk membaca nilai arus dan tegangan pada

peralatan elektronik. *Keypad* digunakan untuk memasukkan nilai batas daya yang digunakan pada beban sehingga jika terjadi beban lebih maka relai akan bekerja [7].

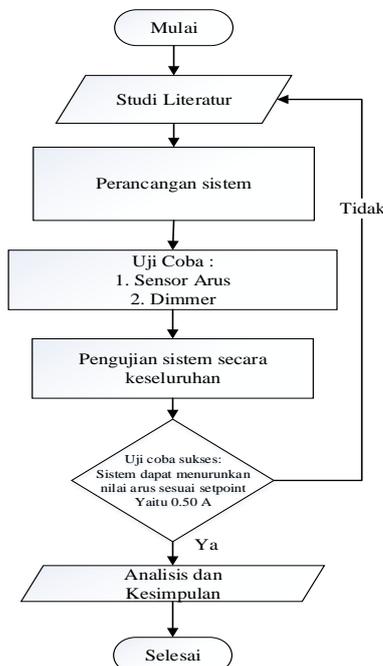
II. METODE PENELITIAN

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah generator sinkron tiga fasa, sensor arus untuk membaca nilai arus pada beban, mikrokontroller, modul *Internally Triggered TRIAC*, *trainer*, kabel jumper, lampu pijar sebagai beban resistif pada generator, LCD sebagai penampil karakter, multimeter atau clampmeter, laptop, osiloskop dan rumah lampu (*fitting*).



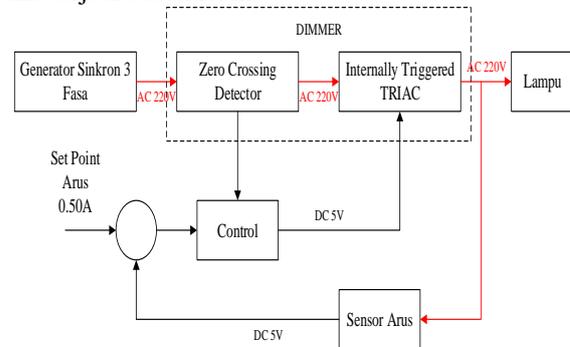
Gambar 1. Spesifikasi Generator Sinkron Tiga Fasa

Internally Triggered TRIAC merupakan komponen terintegrasi yang terdiri dari *DIAC* dan *TRIAC*. *DIAC* akan mengalirkan arus ketika tegangan breakdown terlampaui sesuai tegangan pemicu oleh *TRIAC* sehingga *TRIAC* aktif untuk bisa mengatur tegangan keluaran yang mengalir ke beban [4]. Tegangan yang diatur oleh *Internally Triggered TRIAC* akan mempengaruhi nilai arus yang mengalir ke beban. Hal ini karena tegangan berbanding lurus dengan arus.



Gambar 2. Flowchart Penelitian

Pertama-tama dilakukan studi literatur yang berkaitan dengan penelitian ini. Selanjutnya dilakukan perancangan sistem yang terdiri dari mikrokontroller, sensor arus, LCD. Semua komponen dirancang menjadi satu di dalam sebuah kotak plastic. Kemudian dilanjutkan dengan perancangan beban resistif yaitu lampu pijar 100 W sebanyak dua buah dan lampu pijar 5 W sebanyak satu buah. Ketiga lampu tersebut dihubung parallel. Tahapan berikutnya adalah uji coba *Internally Triggered TRIAC* dan sensor arus. Kemudian dilakukan uji coba sistem secara keseluruhan untuk melihat respon sistem dalam menstabilkan nilai arus sesuai *setpoint* yang ditetapkan ketika terjadi beban lebih.



Gambar 3. Diagram Blok Sistem

Pada sistem sudah ditetapkan nilai *setpoint* yaitu 0.50 A. Keluaran generator terhubung dengan *Internally Triggered TRIAC* dimana pada modul ini sudah terdapat rangkaian *Zero Crossing Detector*. Sensor arus terhubung dengan beban untuk membaca nilai arus pada beban. Ketika nilai arus yang terbaca sensor diatas *setpoint* maka sistem akan merespon untuk menstabilkan kembali nilai arus ke *setpoint* yang ditetapkan yaitu 0.50 A.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini berdasarkan uji coba *Internally Triggered TRIAC* dan sensor arus. Kemudian dilakukan uji coba sistem keseluruhan. Jika nilai arus yang terbaca sensor diatas 0.50 A maka dianggap beban lebih dan sistem melakukan penurunan nilai tegangan ke beban agar nilai arus bisa kembali stabil sesuai *setpoint* yaitu 0.50 A.

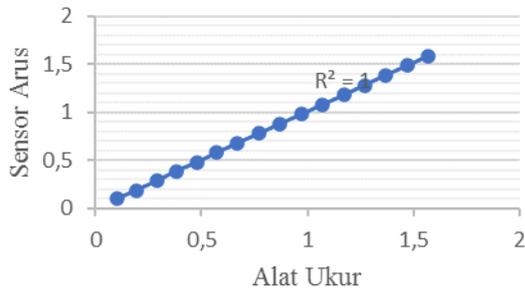
A. Kalibrasi Sensor Arus

Sebelum dapat digunakan sensor arus harus dikalibrasi terlebih dahulu dengan cara menyamakan nilai yang terbaca pada alat ukur dengan pembacaan sensor.

Tabel 1 Data Hasil Kalibrasi Sensor Arus

Alat Ukur (A)	Sensor Arus (A)	Error %
0.57	0.58	1.72
0.67	0.68	1.47
0.77	0.78	1.28
0.87	0.88	1.13
0.97	0.98	1.02
1.07	1.08	0.92
1.17	1.18	0.84
1.27	1.28	0.78
1.37	1.39	1.43
1.47	1.49	1.34
1.57	1.59	1.25

Berdasarkan data pada tabel diatas maka didapatkan grafik linearitas sensor arus. Dalam uji coba ini akan memperlihatkan linearitas nilai arus dari alat ukur dengan pembacaan sensor. Dari gambar dapat dilihat bahwa R^2 atau nilai korelasi untuk sensor adalah 1, memiliki tingkat hubungan linieritas yang sangat tinggi. Dikatakan sangat tinggi karena tingkat hubungan atau korelasi antara dua variabel yang dibandingkan antara pembacaan dari sensor dengan alat ukur memiliki nilai korelasi antara 0.8 sampai dengan 1.



Gambar 4. Grafik Kalibrasi Sensor Arus

B. Uji Coba Sensor Arus

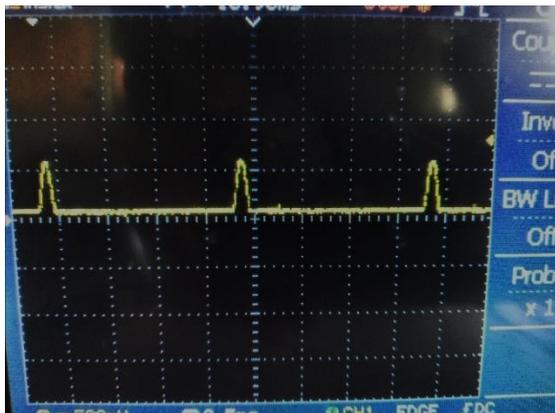
Pada tahapan ini sensor arus diuji dengan menggunakan beberapa kombinasi lampu pijar sebagai beban resistif. Kombinasi lampu yang digunakan formasinya dapat dilihat pada Tabel 2, tabel ini digunakan untuk mempermudah dalam proses pengujian sistem.

Tabel 2 Hasil Uji Coba Sensor Arus Terhadap Beban

No.	Beban					Arus (A)
	100 W	15 W	15 W	5 W	5 W	
1.	on	off	off	off	off	0.40
2.	on	on	off	off	off	0.47
3.	on	on	on	off	off	0.54
4.	off	off	on	on	on	0.19

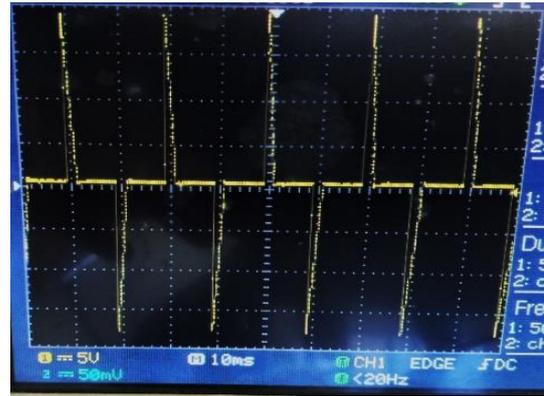
C. Uji Coba Internally Triggered TRIAC

Pada tahapan ini modul Internally Triggered TRIAC diuji untuk mengatur tegangan keluaran yang mengalir ke beban dengan cara mengatur nilai duty cycle melalui program. Pengujian pertama melihat bentuk sinyal Zero Crossing Detector pada osiloskop. Zero Crossing Detector berfungsi untuk mendeteksi nilai nol pada persilangan sinyal sinusoidal.



Gambar 5. Bentuk Sinyal Zero Crossing Detector

Pengujian berikutnya adalah untuk melihat tegangan keluaran Internally Triggered TRIAC dengan cara mengatur nilai duty cycle.



Gambar 6. Bentuk Sinyal Keluaran Internally Triggered TRIAC Duty Cycle 20%

Tabel 3 Tegangan Keluaran Internally Triggered TRIAC

PWM	Tegangan Keluaran (V)	Duty Cycle (%)
25.5	20	10
51	47	20
76.5	87	30
102	124	40
127.5	157	50
153	183	60
178.5	205	70
204	215	80
229.5	218	90
255	219	100

D. Uji Sistem Keseluruhan

Pada tahapan ini sistem keseluruhan diuji dan terhubung ke beban yang sudah dirangkai. Dalam sistem ini sudah ditetapkan nilai setpoint yaitu 0.50 A. Jika nilai arus yang terbaca sensor diatas 0.50 A maka dianggap terjadi beban lebih. Sehingga sistem memberikan respon dengan menurunkan nilai tegangan oleh Internally Triggered TRIAC yang mengalir ke beban agar nilai arus bisa stabil sesuai setpoint yang ditetapkan. Tegangan masukkan generator yang digunakan adalah 220 V.

Tabel 4 Data Pengaruh Beban Terhadap Tegangan Keluaran Generator

Beban			Tegangan Generator (V)	
L1	L2	L3	Masukan (V)	Keluaran (V)
off	off	off	220	220
on	off	off	220	202
off	on	off	220	202
off	off	on	220	215
on	on	off	220	194
off	on	on	220	198
on	on	on	220	192

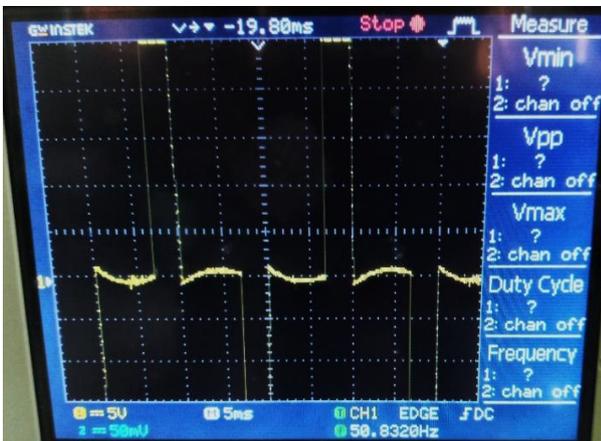
Berdasarkan data Tabel 4 dapat dianalisa bahwa tegangan generator dipengaruhi oleh adanya beban. Semakin banyak beban ditambahkan maka tegangan

generator akan menurun seiring bertambahnya beban tersebut. Hal ini menyebabkan pada lampu terjadi kedip cahaya akibat menurunnya tegangan generator.

Tabel 5 Data Keluaran Sistem Terhadap Arus Generator

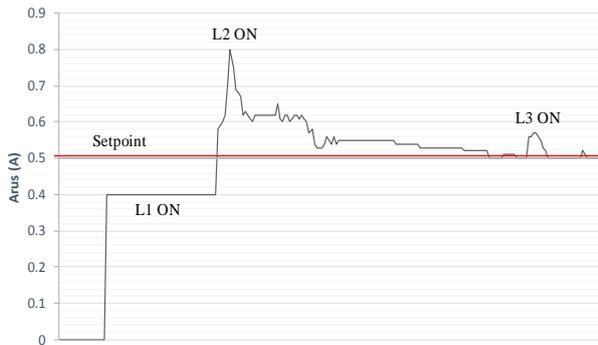
Beban			Arus Open Loop (A)	Arus Close Loop (A)	PWM
L1	L2	L3			
off	off	off	0	0	255
on	off	off	0.40	0.40	255
off	on	off	0.40	0.40	255
off	off	on	0.07	0.07	255
on	on	off	0.80	0.50	42
off	on	on	0.46	0.46	255
on	on	on	0.86	0.50	37

Berdasarkan data Tabel 5 dapat dianalisa bahwa sistem bekerja sesuai yang diinginkan. Bertambahnya beban menyebabkan nilai arus semakin besar. Sistem dapat merespon saat terjadi arus beban lebih dengan menurunkan nilai tegangan yang mengalir ke beban agar nilai arus bisa stabil kembali pada *setpoint* yang ditetapkan yaitu 0.50 A.



Gambar 7. Bentuk Sinyal Keluaran Sistem (Puncak Atas)

Berdasarkan perhitungan diatas dapat diketahui bahwa tegangan yang mengalir ke beban diturunkan ke nilai 17.67 V agar nilai arus bisa selalu stabil pada *setpoint* yang ditetapkan yaitu 0.50 A.



Gambar 8. Grafik Sistem Nilai Arus Terhadap Beban



Gambar 9. Kombinasi Beban L1 dengan L2 dan L3

Dari grafik dapat dilihat bahwa saat L1 nyala nilai arusnya adalah 0.40 A. Ketika L2 dinyalakan maka nilai arus naik hingga 0.80 A. Sistem merespon terjadinya beban lebih sehingga sistem menurunkan nilai tegangan yang mengalir ke beban agar nilai arus bisa kembali stabil pada *setpoint* yang ditetapkan. Saat L3 dinyalakan nilai arus kembali naik. Sistem merespon kembali bahwa terjadi beban lebih dan menurunkan nilai tegangan ke beban agar nilai arus bisa stabil kembali pada *setpoint* yang ditetapkan yaitu 0.50 A.

IV. KESIMPULAN

Dari pengujian serta pembahasan yang ada maka dapat disimpulkan bahwa sensor arus PZEM-004T merupakan sensor dengan pembacaan digital yang dapat mengukur nilai tegangan, arus, faktor daya, dan frekuensi. Memiliki tingkat akurasi dalam pengukuran yang cukup baik. Hasil kalibrasi sensor arus memiliki nilai error rata-rata sebesar 1.12%. Sistem dapat menstabilkan nilai arus saat terjadi beban lebih pada *setpoint* yang sudah ditetapkan yaitu 0.50 A. Hanya saja tegangan keluaran generator menjadi tidak stabil karena pengaruh pembebanan. Ada baiknya sistem ini dilengkapi dengan AVR agar tegangan keluaran generator saat diberi beban bisa stabil pada nilai 220 V. Tegangan yang mengalir ke beban telah diturunkan saat terjadi beban lebih ke nilai 17.67 V agar nilai arus bisa stabil pada *setpoint* yang sudah ditetapkan yaitu 0.50 A.

REFERENSI

- [1] Alfaq, M. M., Sadana, M. F. I., Amiruddin, M., and Carsoni. (2020). Sistem Kendali Frekuensi Generator Metode On – Off. *Prosiding Seminar Nasional NCIET, 1*, 111–117.
- [2] Andriansah, A. K., & Haryudo, S. I. (2020). Sistem Pengaturan Beban Generator Satu Fasa Secara Otomatis Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro, 09(02)*, 339–346.
- [3] Daud, A. (2019). Rancang Bangun Modul Proteksi Arus Beban Lebih Dan Hubung Singkat. *Jurnal Teknik Energi, 9(1)*, 37–44.
- [4] Dewi, K., Rapi, S., Naim, M., & Sari, E. U. (2016). Implementasi Zero Crossing Pada Kontrol Unit untuk pengaturan Iuminasi Lampu Pijar dan Kipas Angin Berbasis Nuvoton. *Prosiding Seminar Teknik Elektro & Informaika*, 320–326.

- [5] Guntoro, H., Somantri, Y., & Haritman, E. (2013). Rancang Bangun Magnetic Door Lock Menggunakan Keypad dan Solenoid Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Electrans*, 12(1), 39–48.
- [6] Herlan, & Prabowo, B. A. (2009). Rangkaian Dimmer Pengatur Iluminasi Lampu Pijar Berbasis Internally Triggered TRIAC. *INKOM Journal of Informatics, Control Systems, and Computers*, 3(1), 14–21.
- [7] Ningsih, M. Y., & Adam. (2018). Rancang Bangun Sistem Proteksi Beban Lebih pada Perangkat Elektronik Berbasis Arduino. *Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT)*, 55–60.
- [8] Tandioaga, R., Marhatang, Payung, T. T. R., & Khatimah, H. (2014). Analisis Pengaturan Tegangan Generator Sinkron Tiga Fasa Hubungan Bintang Akibat Pembebanan Tidak Seimbang. *SINERGI*, 2, 170–180.
- [9] Yani, A. (2018). Pengaruh Perubahan Beban Resistif Terhadap Sistem Tenaga Listrik. *Journal of Electrical Technology*, 3(1), 18–21.
- [10] Yusniati, & Matondang, N. N. S. (2020). Analisis Sistem Pembebanan Pada Generator Diesel Titi Kuning. *SEMNASSTEK UISU*, 59–64.