JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), Vol. 5, No. 2, Desember 2020, Hal. 185-190
Terakreditasi "**Peringkat 3"** oleh Kemenristek/BRIN, Nomor SK: 85/M/KPT/2020
DOI: 10.31544/jtera.v5.i2.2020.185-190
p-ISSN 2548-737X
e-ISSN 2548-8678

Perancangan *Load Controller* 1300 Watt Sebagai Pengendali Tegangan Generator Induksi Tiga Fasa

Hanny Madiawati[#], Dedi Nono Suharno
Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir,Ciwaruga, Kec. Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat, Indonesia
[#]hannymadiawati@polban.ac.id

Abstrak

Energi listrik merupakan suatu kebutuhan yang sangat vital bagi setiap orang. Hal ini memicu semakin berkembangnya teknologi dibidang pembangkit tenaga listrik yang memilikidaya tinggi maupun rendah. Pada pembangkit listrik berdaya rendah biasanya memanfaatkansumber daya diesel, mikrohidro, dan angin. Untuk sistem pembangkitannya pada umumnya menggunakan generator induksi AC tiga atau satu fasa. Generator induksi memiliki banyak kelebihan namun juga terdapat beberapa kekurangan. Salah satu kekurangannya adalahtegangan keluaran yang dihasilkan berubah terhadap nilai pembebanannya. Agar tegangan keluaran generator konstan meskipun beban berubah maka diperlukan sistem pengendali tegangan. Padapenelitian ini telah dirancang sistem pengendalian tegangan keluarangenerator induksi berbasis mikrokontroler Arduino. Sistem pengendalian ini memanfaatkan *dummy load* sebagai beban tambahan agar daya beban yang dicatu oleh generator tetap meskipun beban utama berubah sehingga tegangan keluaran generator berharga konstan. Sistem pengendalian tegangan ini dapat menekan perubahan tegangan keluaran lebih kecil sekitar 5 % dari nilai tegangan nominal.

Kata kunci:e nergi listrik, generator AC tiga fasa, pengendalian, Arduino, *dummy load*

Abstract

Electrical energy is a very vital need for everyone. This has triggered the development of technology in the field of electric power generation that has high and low power. Low power plants usually use diesel, micro hydro, and wind sources. The generation system generally uses a three or one phase AC induction generator. The induction generator has many advantages but also some disadvantages. One of the drawbacks is that the resulting output voltage changes with its loading value. In order for the generator output voltage to be constant even though the load changes, a voltage control system is needed. In this research, Arduino-based induction generator output voltage control system has been designed. This control system utilizes dummy load as an additional load so that the load power supplied by the generator remains even though the main load changes so that the generator output voltage can be constant. With this voltage control system, it can suppress the change in output voltage to be less than ± 5% of the nominal voltage value.

Keywords: *electrical energy, three-phase AC generator, controlling, Arduino, dummy load*

I. PENDAHULUAN

Motor induksi AC tiga fasa rotor sangkar sudah banyak sekali kita temui sebagai penggerak mekanik. Hal ini karena selain konstruksinya yang sederhana sertaharga yang lebih terjangkau [1]. Pada dasarnya motor induksi menggubah energi listrik menjadi energi mekanik. Namun motor induksi ini dapat dimanfaatkan sebagai generator induksi yang justru merubah energi mekanik menjadi energi listrik [2]. Hal ini dapat dilakukan karena secara umum konstruksi dari keduanya sama. Namun, untuk menjadikan motor induksi tiga fasa sebagai generator induksi maka kecepatan putaran rotor harus lebih besar dari kecepatan putaran sinkronnya.

Generator induksi banyak sekali digunakan pada pembangkit yang memiliki daya pembangkit kecil dan sedang. Hal ini karena harga dari generator induksi relatif lebih murah jika dibandingkan dengan generator sinkron. Selain itu sistem pengontrolannya relatif lebih sederhana [3]-[4].

Diterima: 15 Agustus 2020; Direvisi: 14 September 2020; Disetujui: 23 September 2020
JTERA, Vol. 5, No. 2, Desember 2020

© 2020 JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), Politeknik Sukabumi

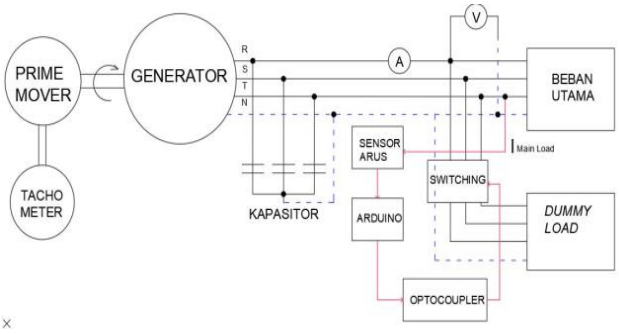
Generator induksi juga dapat digunakan untuk sistem pembangkitan dengan tenaga penggerak turbin yang memiliki putaran rendah serta kecepatannya tidak tetap. Dengan demikiangenerator induksi banyak sekali digunakan pada sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro, tenaga angin, dan lainnya dengan beban listrik rumah tangga [5]. Namun generator induksi memiliki kekurangan yaitu tegangan yang dihasilkannya berubah terhadap nilai pembebanannya [6]. Hal ini tentu dapat mengurangi kualitas catu daya dimana regulasi tegangan pada PUIL 2011 (amandemen 1:2013) yaitu nilainya sebesar 5% dari nilai tegangan nominal [7].

Untuk itu pada penelitian ini telah dilakukan rancang bangun *load controller*1300 Watt sebagai pengendali tegangan generator induksi tiga fasa berbasis mikrokontroler Arduino. Tujuannya untuk melakukan pengendalian tegangan keluaran generator induksi tiga fasa dengan perubahan maksimum sebesar 5% dari nilai tegangan nominal berdasarkan PUIL2011(amandemen 1:2013).Sistem kontrol ini dapat juga digunakan untuk mengontrol tegangan generator induksi tiga fasa yang berkapasitas lebih kecil dari 5000 Watt.

II. METODE PENELITIAN

A. Perancangan Fungsional

Diagram blok sistem yang dirancang diperlihatkan pada Gambar 1. Secara konsep, sistem yang dibuat pada penelitian ini memiliki fungsi untuk mengatur atau mengendalikan tegangan *output* dari generator induksi. Cara kerjanya yaitu dengan membuat nilai dari pembebanan pada generator tetap,sehinggadengan daya beban yang tetap maka tegangan dan arus pada generator akan konstan. Untuk menjadikan nilai daya pembebanan tetap maka dibutuhkan *dummyload* yang akan berubah nilainya terbalik dengan perubahan nilai beban utama. Dengan demikian maka beban total yang dicatu generator adalah beban utama ditambah beban *dummy load.* Perubahan nilai *dummy load* diatur secara otomatis oleh mikrokontroler Arduinoyang dikoneksikan dengan sensor arus. Sensor arus akan membaca arus yang mengalir ke beban utama. Nilai arus yang terukur akan diolah sehingga sinyal keluaran mikrokontrolerArduino dapat sesuai dengan *input optocoupler*. Sinyal keluaran tersebut akan diterima oleh *optocoupler* yang kemudian akan menjadi *trigger* ke *gate* TRIAC pada rangkaian *switching.*



Gambar 1. Diagram blok sistem pengendalian

Tabel 1. Spesifikasi generator induksi rotor sangkar

No	Spesifikasi	Nilai
1	Tegangan hubungan Δ/Y	220/380 Volt
2	Arus hubunganΔ/Y	6,6/3,8 Ampere
3	Daya	1,5 kW
4	Faktor daya	0,79
5	Putaran generator	1416 rpm
6	Frekuensi	50 Hz

B. Menetukan Nilai Kapasitor

Kapasitor digunakan sebagai eksitasi untuk generator induksi karena pada dasarnyagenerator induksi yang digunakan adalahmotor induksi rotor sangkar yang tidakmempunyai sistem eksitasi sendiri ketikadigunakan sebagai generator [8]. Terdapatdua cara dalam menentukan nilaikapasitor, cara pertama yaitu melalui perhitungan dengan melihat *nameplate*,cara kedua melalui percobaan ketika *running* tanpa beban dengan beberapa nilai kapasitor yang berbeda. Spesifikasi generator yang digunakandicantumkan dalam Tabel 1. Berdasarkan data padaTabel 1, daya semu total dapat dihitung berdasarkan [9]:

$$P_{total} = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos\varphi \qquad (1)$$

dengan P_{total} adalah daya total V_L adalah tegangan beban, I_L adalah arus beban, dancos φadalah faktor daya Setelah diketahui nilai daya aktifnya, daya reaktif dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_{total} = S_{total} \times \sin(\varphi) \qquad (2)$$

Dari data reaktif total tersebut, daya reaktif per fasa bernilai:

$$Q_{fasa} = \frac{Q_{total}}{3} \qquad (3)$$

Setelah didapatkan daya reaktif per fasa, nilaikapasitorpadakonfigurasi Ydapat dicari sebagai berikut:

$$CY_{fasa} = \frac{Q_{fasa}}{{V_{pY}}^2 \times 2 \times \pi \times 50} \qquad (4)$$

Tabel 2. Hasil tegangan generator untuk beberapa nilai kapasitor

C (µF)	Vout L-N (V)	Nr (rpm)
30	162	1600
34	186	1600
36	203	1600
40	222	1600
44	238	1600

Sedangkan untuk nilai kapasitor jika dihubung delta dapat diketahui dengan cara

$$C\Delta_{fasa} = \frac{Q_{fasa}}{V_{p\Delta}{}^2 \times 2 \times \pi \times 50} \quad (5)$$

Dari hasil perhitungan didapatkan dua hasil yaitu 33,8 µF untuk kapasitor dihubung Y dan 11,3 µF untuk kapasitor dihubung Δ. Berdasarkan hasil tersebut maka dipilih nilai kapasitor yang dihubung Y karena dalam proses perangkaiannya akan lebih mudah serta konfigurasi generator yang dihubung Y juga meskipun nilai kapasitor ketika dihubung Δ lebih kecil nilainya. Nilai kapasitor 33,8 µF adalah nilai minimum.

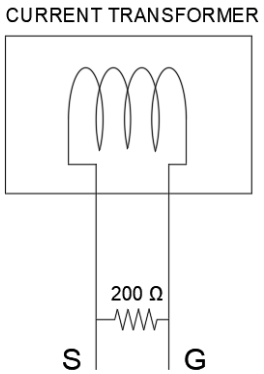
Untuk menentukan nilai kapasitor juga dapat dilakukan dengan cara *running* tanpa beban. Generator dioperasikan tanpa beban dengan nilai kapasitor 34µF, 36µF, 40µF, dan 44µF. Hasil pengukuran tegangan keluaran generator dapat dilihat pada Tabel 2. Dari hasil pengukuran terlihat bahwa tegangan generator yang mendekati nilai tegangan nominal (220V) yaitu 222 V yang dihasilkan generator ketika kapasitor bernilai 40µF.

C. Dummy Load

Konsep utama sistem pengendalian yang dibuat padapenelitianiniadalah dengan mengatur beban yang dicatu oleh generator induksi agar nilainya tetap. Dengan demikian, selain beban nyata yang dicatu oleh generator induksi maka harus ada beban *dummy load* untuk menggenapkan beban total yang dicatu generator induksi, sehingga secara sederhana ketika beban nyata nilainya naik maka *dummy load* akandiatur agar nilainya turun. Sebaliknya, jika beban nyata nilainya turunmaka nilai beban *dummy load* akan dinaikan. Berdasarkan konsep tersebut maka *dummy load* harus memiliki nilai daya yang sama dengan nilai daya pembebanan maksimum dari generator. Berdasarkan *name plate* generator induksi yang digunakan, daya total dari *dummyload*adalah 1,3 kW (80% dari daya maksimum generator). Penentuan ini berdasarkan keamanan serta *durability* dari generator induksi. Pada *name plate*, beban maksimum (100%) dari generator adalah 1500 Watt, maka dengan menurunkan pembebanan menjadi 80%, diharapkan generator akan lebih aman dari adanya arus beban lebih serta umur generator akan lebih panjang.

Tabel 3. Spesifikasi Sensor TA 12-100

No	Spesifikasi	Nilai
1	Kemampuan pengukuran arus	0-5 Ampere
2	Frekuensi kerja	20 Hz-20 kHz
3	Arus keluaran	0-5 mA
4	Rasio lilitan	1000:1
5	Resistor sampling	200 Ω



Gambar 3. Skematik sensor arus TA 12-100

D. Sensor Arus TA12-100

Sensor ini banyak sekali digunakan pada sistem kendali tegangan. Meskipun memiliki ukuran yang cukup kecil, namun mampu mengukur arus dari 0 A sampai dengan 5 A. Didalam sensor arus ini terdapat *current transformer* yang memiliki ratio 1000:1 [10]. Dengan adanya trafo arus ini maka kehandalan dalam mengukur arus AC lebih tinggi. Selain itu juga dengan adanya trafo arus maka dapat mengisolasi rangkaian dengan peralatan yang diukur [11]. Spesifikasi sensor arus TA 12-100 diberikan pada Tabel 3.Adapun skematik dari sensor arus TA 12-100 yang digunakan pada penelitian ini diberikan pada Gambar 3.

E. MikrokontrolerArduino Uno

Mikrokontroler Arduino Uno digunakan untuk memproses data yang dikirimkan oleh sensor arus. Setelah data tersebut diolah kemudian mikrokontroler Arduino akan memberikan sinyal yang nantinya akan menjadi acuan untuk mengatur nilai *dummy load.* Adapun spesifikasi mikrokontroler Arduino Uno yang digunakan dicantumkan dalam Tabel 4.

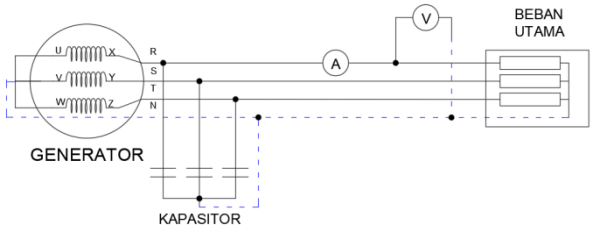
Tabel 4. Spesifikasi Arduino Uno

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Mikrokontroler	ATmega328
2	Tegangan pengoperasian	5V
3	Batas tegangan input	6-20V
4	Jumlah pin I/O digital	14(6 menyediakan keluaran PWM)
5	Jumlah pin input analog	6
6	Arus DC tiap pin I/O	40 mA
7	Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
8	Memori Flash	32Kb
9	SRAM	2 Kb
10	EEPROM	1 Kb
11	*Clock Speed*	16 MHz

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Berbeban Tanpa Pengendali

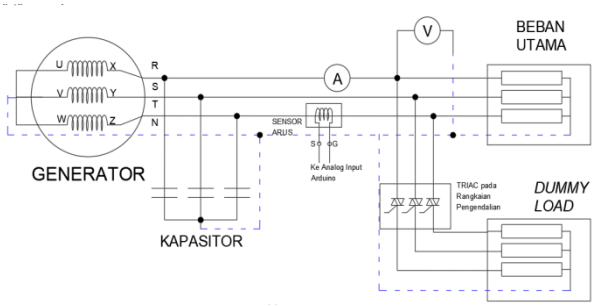
Pengujian dilakukan dengan nilai kapasitor 40 µF dengan beban berbeda-beda. Beban yang digunakan dalam pengukuran adalah *rheostat* tiga fasa. Untuk rangkaian pengujian dapat dilihat pada Gambar 4. Hasil pengujian generator induksi tanpa pengendali diberikan dalam Tabel 5.



Gambar 4. Rangkaian pengujian generator berbeban tanpa pengendalian

Tabel 5. Hasil pengujian generator tanpa pengendali tegangan

Arus *main load* (A)	Arus generator (A)	Tegangan generator (V)
2,0	2,07	222,3
1,8	2,04	243,0
1,6	1,96	245,2
1,4	1,96	261,5
1,2	1,93	265,6



Gambar 5. Rangkaian pengujian generator berbeban dengan pengendalian

Tabel 5. Hasil pengujian generator dengan pengendali tegangan

Arus *main load* (A)	Arus generator (A)	Tegangan generator (V)
2,05	2,07	221,3
1,9	2,07	222,8
1,8	2,04	223,0
1,7	1,97	224,7
1,6	1,96	225,6
1,5	1,98	226,5
1,4	1,96	225,4
1,3	1,96	226,6
1,2	1,93	227,8
1,1	1,94	227,4
1,0	2,00	223,6

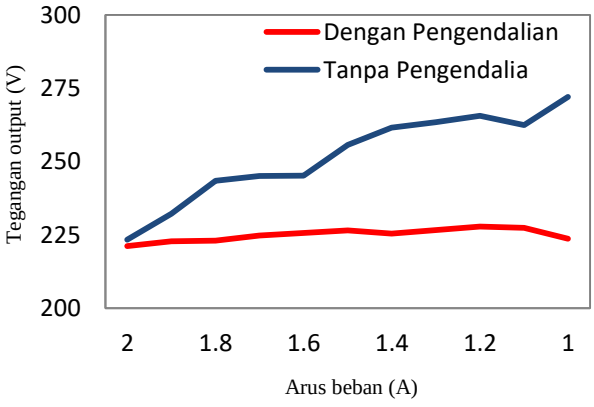
Dari hasil pengujian tanpa beban terlihat tegangan keluaran generator menurun seiring kenaikan arus beban (I_L), dikarenakan adanya drop tegangan didalam generator yang berbanding lurus dengan kenaikan beban.

B. Pengujian Berbeban dengan Pengendali

Setelah dipastikan rangkaian pengendalian bekerja dengan baik maka selanjutnya rangkaian tersebut dikoneksikan dengan rangkaian seperti diperlihatkan pada Gambar 5. Pengujian dilakukan dengan nilai beban *main load* yang bervariasi dan hasil pengujian dapat dilihat dalam Tabel 5.

Berdasarkan pengujian dengan pengendali, maka dapat dilihat bahwa setelah menggunakan sistem pengendalian tegangan tegangan keluaran generator mendekati nilai nominal sebesar 220 Volt. Untuk nilai tegangan yang melebihi nilai nominal paling besar adalah 227,8 Volt. Besarnya perubahan tegangan generator terbesar dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\Delta V_{generator} = \frac{V_{gen\ maks} - V_{nominal}}{V_{nominal}} x\ 100\% \quad (6)$$



Gambar 6. Kurva perbandingan tegangan keluaran tanpa pengendali dan dengan pengendali

Dari hasil perhitungan diperoleh perubahan tegangan terbesar yaitu 3,54%. Kurva perbandingan tegangan keluarangenerator induksitanpa pengendali dengan tegangan generator yang dilengkapidenganpengendali digambarkan dalam Gambar 6. Setelah menggunakan sistem pengendalian, maka perubahan tegangan generator maksimum sebesar 227,8 Volt. Perubahan tegangan tersebut adalah 3,54% dari tegangan nominal sebesar 220 Volt. Dengan demikian, perubahan tegangan ini masih sesuai standar PUIL 2011 (amandemen 1:2013) dimana perubahan tegangan maksimum sebesar 5%.

IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah berhasil dilakukan rancang bangun *load controller* 1300 Watt sebagai pengendali tegangan generator induksi tiga fasa berbasis mikrokontroler Arduino. Dengan pengendalian, nilai tegangan generator maksimum dicapai sebesar 227,8 Volt dengan *error* atau simpangan sebesar 3,54% dari tegangan nominal sebesar 220 Volt. Nilai inisudah memenuhi standar PUIL 2011 dimana perubahan tegangan maksimum sebesar 5%.Penelitian ini dapat dikembangkan untuk menghasilkan *error* yang lebih kecil dari dengan merancang metode pengendalian yang lebih handal seperti kontrol *fuzzy*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politeknik Negeri Bandung yang telah mendukung dan mendanai dalam menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

[1] A. Kurniawan and A. Harumwidiah, "Strategi Kendali Kecepatan Motor Induksi Menggunakan PWM Inverter Berbasis Jaringan Saraf Tiruan," *Jurnal Transmisi*, vol. 17, no. 2, pp.83-88, 2015.

[2] S. Sonong, H. Nawir, and M. R. Djalal, "Designing Electric Workshop Learning Modules," *Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA*, vol. 3, no. 1, pp. 1-39, 2019.

[3] R. Berlianti, "Analisis Motor Induksi Fasa Tiga Tipe Rotor Sangkar Sebagai Generator Induksi Dengan Variasi Hubungan Kapasitor Untuk Eksitasi," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol.4, no. 1, pp. 110-119, 2015.

[4] D. Dzikri, N. Muhammad, and A.Supardi, "Perancangan Pembangkit Listrik Dengan Mengkonversi Motor Induksi Sebagai Generator Induksi Magnet Permanen," *Thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 2016.

[5] H. M. A. S. Kelian, " Kajian Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Di Sungai Wae Bobot Kecamatan Werinama Kabupaten Seram Bagian Timur," *Jurnal Simetrik*, vol. 7, no.1, pp. 8-12, 2017.

[6] A. Parastiwi, "Pengaturan Tegangan Dan Frekuensi Pada Motor Induksi Sebagai Generator," *Jurnal ELTEK*, vol. 12, no. 2, pp. 16-29, 2017.

[7] B. Sayogo, F. Widjaja, S.T. Sinaga, S. Soemarjanto, D.S. Soetarman, and S.Simangunsong, *Penjelasan PUIL 2011(Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011)*, Direktorat Jendral Ketenagalistrikan, 2014.

[8] R. Berlianti, A. Multi, and B. Abhi, "Motor Induksi Fasa Tiga Tipe Rotor Sangkar Sebagai Generator Induksi Dengan Variasi Hubungan Kapasitor Untuk Eksitasi," *Sainstech*, vol. 26, no. 2, pp. 22-41, 2016.

[9] Z. Zuhal, "Dasar Tenaga Listrik", *Institut Teknologi Bandung*, 1988.

[10] Beijing Yaohuadechang Electronic Co., 2011, "Epoxy Resin Encapsulated Precision Current Transformer", *Datasheet*. Beijing.

[11] P. Richardo, "Perancangan Transformator Arus Untuk Pengukuran Arus Bocor Pada Isolator," *Diploma Thesis, Universitas Andalas*, 2018.