

Pengaturan Kapasitor Pada Generator Induksi Untuk Mendapatkan Tegangan dan Frekuensi Tetap

Suprihardi¹, Yaman², Radhiah³

^{1,2,3} Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe,
Jln. B. Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA
email : ssuprihardi@yahoo.com¹, yaman_gayo@ymail.com², radhiah34@yahoo.com³

Abstrak

Abstrak - Fluktuasi beban yang dilakukan pada sebuah motor induksi sebagai generator induksi (GI) akan mengakibatkan tegangan dan frekuensi generator induksi tidak akan pernah stabil. Akibatnya beban yang menerima kualitas daya tersebut tidak bekerja dengan baik dan efisiensi rendah. Permasalahan yang akan dikaji pada penelitian ini yaitu bagaimana kestabilan tegangan yang dihasilkan generator induksi akibat pembebanan yang berfluktuasi. Metode yang digunakan yaitu, melakukan pengukuran dan pengujian terhadap perancangan prototype untuk mendapatkan kemampuannya dalam menstabilkan tegangan dengan menggunakan Voltage Controller (VC). Hasil yang dicapai yaitu Generator induksi dengan Voltage Controller (VC) terhadap variasi beban pada putaran 1540 RPM menghasilkan tegangan dan frekuensi yang tetap stabil pada 220 volt, 50 Hz. Respon yang dihasilkan oleh Voltage Controller (VC) pada generator induksi 3 phasa 1 kw 4 Kutub dengan penambahan dan pengurangan beban menghasilkan respon yang stabil dengan nilai kapasitor yang tepat.

Kata kunci : Generator induksi, tegangan, daya reaktif

Abstract — As commonly known that the load fluctuations that have been performed on an induction motor operated as an induction generator (IG) triggers unstable induced voltage and frequency. As the result, the load that receiving the power quality is not running properly and the efficiency is low. The problems that have been mitigated in this research in such way is the stability of the voltage that generated by IG due to fluctuating loading. The used method is by measuring and testing the design of prototype to get the best performance in stabilizing the voltage by using Voltage Controller (VC). The results showed that the induced generator with Voltage Controller (VC) to load variation at 1540 RPM is maintained stably for the voltage and frequency at 220 volt and 50 Hz. Furthermore, it can be said that the response that generated by voltage control system using Voltage Controller (VC) in 1kW-4 poles three-phase IG with additional and reductional load generated a stable response with capacitor value is correct.

Keywords: Induction generator, voltage, load

I. PENDAHULUAN

Motor induksi saat ini banyak digunakan sebagai pembangkit listrik (generator) dan diaplikasikan pada sistem pembangkit alternatif atau sumber energi baru terbarukan. Motor induksi dapat bertindak sebagai generator bila diberi daya reaktif pada terminalnya berupa kapasitor. Jika kapasitor mencukupi, maka generator induksi tidak harus melebihi putaran sinkron atau disebut dalam teori sebelumnya harus memiliki slip negative [1-2]. Makin besar kapasitor yang diberikan, maka tegangan yang dibangkitkan generator induksi makin besar. Semakin besar beban yang diberikan pada generator induksi (GI), maka tegangan menjadi turun [3-4]. Kelebihan penggunaan motor induksi sebagai generator yaitu sederhana, tidak rumit, dan murah, serta ukuran bentuk maupun kapasitas sangat banyak dipasaran. Turbin yang memutar generator tidak mengharuskan pada kecepatan sinkronnya [5-6]. Generator induksi bila dilakukan pembebanan maka akan mengakibatkan penurunan tegangan terlebih jika dilakukan terhadap beban induktif. Beban kapasitif dan beban induktif merupakan impedansi dengan arah arus saling berlawanan arah. Pengaturan daya reaktif pada generator induksi tersebut

dengan mengatur arus pada kapasitor atau pengaturan arus pada inductor [7].

Generator induksi (GI) sangat membutuhkan daya reaktif pada saat beroperasi untuk membangkitkan tegangan. Permasalahannya adalah bagaimana tegangan dan frekuensi yang dihasilkan generator induksi akibat pembebanan yang berfluktuasi, dan bagaimana pengaturan daya reaktif dengan mengubah nilai kapasitor menggunakan Power Factor Controller (PFC). Bagaimana jumlah dan kapasitas kapasitor yang harus digunakan untuk memberikan daya reaktif, sehingga dalam pengaturannya menggunakan *Power Factor Controller (PFC)* dapat menjaga tegangan yang dihasilkan oleh generator induksi stabil. Untuk menjawab persoalan tersebut perlu dilakukan pengujian yaitu dengan langkah awal melakukan perhitungan dalam menentukan nilai kapasitor tetap dan variasi sebagai pemberi daya reaktif Selanjutnya perhitungan dan perancangan diwujudkan dalam bentuk prototype dan diuji kemampuannya. Besar penyerapan daya reaktif yang dilakukan dengan pemberian kapasitor yang tepat.

1.1. Generator Induksi

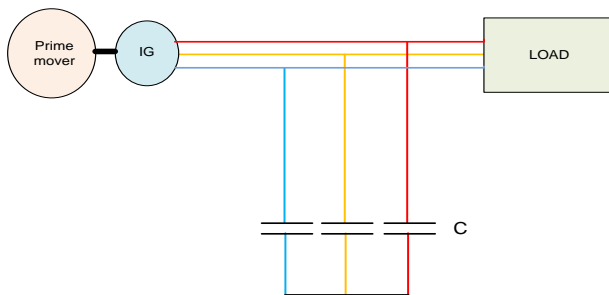
Generator induksi banyak digunakan pada system pembangkit alternatif. Aplikasi penggunaannya pada pembangkit listrik tenaga angin dan mini/mikrohidro. Turbin yang memutar generator tidak mengharuskan pada kecepatan sinkronnya, maka daya yang dibangkitkan tidak akan memenuhi frekwensi dan tegangan tetap [8]. Mesin induksi berfungsi sebagai generator, jika mesin induksi bekerja pada slip negatif. Generator Induksi banyak digunakan karena lebih sederhana dibanding generator *synchronous*. Motor induksi lebih mudah dioperasikan, pemeliharaan, tidak mempunyai permasalahan sinkronisasi, murah dan hemat.

1.2. Pembangkitan Tegangan

Pembangkitan tegangan akan terjadi bila pada rotor terdapat magnet sisa atau kapasitor yang masih menyimpan muatan yang dihubungkan ke generator induksi, dengan demikian akan mengalir arus pada rangkaian. Dengan adanya arus pada rangkaian tersebut maka akan menghasilkan fluks magnet pada celah udara antara kumparan stator dan rotor, sehingga pada kumparan stator akan membangkitkan tegangan induksi sebesar V_l [9]. Tegangan V_l selanjutnya akan mengakibatkan arus mengalir kembali ke kapasitor sebesar I_l . Arus tersebut akan menambah besar magnet pada celah udara sehingga tegangan kumparan stator akan meningkat terus sampai pada nilai tegangan generator induksi sama dengan tegangan kapasitor.

1.3. Pemasangan Kapasitor

Pembangkitan tegangan generator induksi, nilai kapasitor yang dipasang harus lebih besar dari nilai kapasitor minimum yang diperlukan untuk proses eksitasi. Jika kapasitor yang dipasang lebih kecil dari kapasitor minimum yang diperlukan, maka proses pembangkitan tegangan tidak akan berhasil. Agar eksitasi sendiri dapat terjadi maka harus diperhatikan hubungan antara nilai kapasitansi dan kecepatan minimum. Generator induksi yang bekerja stand alone diperlukan kapasitor untuk membangkitkan arus eksitasi [10-15]. Gambar 1.1 memperlihatkan diagram Rangkaian kapasitor pada motor induksi yang dioperasikan sebagai generator.



Gambar 1.1. Rangkaian kapasitor pada motor induksi

1.4. Perhitungan Nilai Kapasitor

Daya keluaran motor induksi sebagai generator adalah:

$$P_{msg} = \frac{P_{msg}}{P_n} \times P_m \dots\dots\dots (2.1)$$

Konstanta k diperoleh dari grafik perbandingan antara daya generator dengan daya nominal motor $\frac{P_{msg}}{P_n}$ dengan nilai

antara 1,2 s/d 1,6 [16], sehingga daya maksimum generator yang diijinkan sesuai daya motor terhadap efisiensi motor. Daya listrik masukan saat motor induksi berfungsi sebagai generator adalah:

$$P_{in} = \frac{P_n}{\gamma} \dots\dots\dots (2.2)$$

Daya reaktif motor pada saat beban nominal adalah:

$$Q_m = P_{in} \times \tan \alpha \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan menggunakan grafik diketahui rasio antara kebutuhan daya reaktif motor dan generator yang diwakili oleh perbandingan $\sin \Phi$, yaitu:

$$k = \frac{\sin \Phi_g}{\sin \Phi_m} \dots\dots\dots (2.4)$$

Kebutuhan daya reaktif generator adalah:

$$Q_g = k \times Q_m \dots\dots\dots (2.5)$$

Dasar perhitungan berdasarkan data name plate motor induksi tiga fasa yaitu daya, tegangan, efisiensi, dan faktor daya. Besar kebutuhan kapasitor sebagai kompensasi statik [17-18].

Reaktasi kapasitif hubungan bintang yaitu,

$$C = \frac{Q_g}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot V_p^2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Untuk kapasitor perbaikan faktor daya ditentukan dengan menentukan selisih daya reaktif yang dikompensasi,

$$\Delta Q = P_g (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \dots\dots\dots (2.7)$$

Menentukan nilai kapasitor perbaikan faktor daya

$$\Delta C = \frac{\Delta Q}{3 \times V_L^2 \times 2\pi f} \dots\dots\dots (2.8)$$

Untuk kapasitor akibat penambahan beban ditentukan dengan,

$$Q^+ = P \times \tan(\cos^{-1} \phi) \dots\dots\dots (2.9)$$

Menentukan nilai kapasitor akibat penambahan beban

$$C^+ = \frac{Q^+}{3 \times V_L^2 \times 2\pi f} \dots\dots\dots (2.10)$$

Pada keadaan tidak berbeban, besar arus kapasitor.

$$I_c = \frac{V_l}{X_c} \dots\dots\dots (2.11)$$

Nilai I_c harus sama dengan arus magnetisasi I_m yaitu,

$$I_m = \frac{V_l}{X_m} \dots\dots\dots (2.12)$$

Tegangan V_l merupakan fungsi dari I_m secara linear meningkat sampai titik saturasi inti magnetik tercapai. Besar I_m akan sangat tergantung besar tegangan yang dilewatkan oleh penyulutan sudut trigger thyristor.

Frekuensi output dari generator induksi tereksitasi sendiri adalah,

$$f = \frac{1}{2\pi C X_m} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana C adalah kapasitansi dan $\omega = 2 \pi f$

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini secara keseluruhan untuk menghasilkan tegangan dan frekuensi konstan atau stabil tanpa harmonisa dengan mengatur nilai kapasitor yang belum

pernah dilakukan sebelumnya diaplikasikan pada sebuah generator induksi. Menurut tahapan penelitian yang akan dikerjakan ada 3 tujuan yang akan dicapai, yaitu:

1. Untuk mendapatkan besar kapasitas kapasitor sebagai pemberi daya reaktif pada generator induksi melalui perhitungan dalam pembangkitan tegangan,
2. Untuk mendapatkan kemampuan *Voltage Controller (VC)* dalam mengatur daya reaktif.
3. Untuk mendapatkan data pengujian tentang pengaturan daya reaktif.

Untuk mendapatkan tegangan dan frekuensi konstan atau stabil terhadap beban berfluktuasi yang dihasilkan oleh generator induksi dengan mengatur besar kapasitor yang dibutuhkan.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode perancangan dan pengujian prototype sesuai tahapan yaitu,

2.1. Perhitungan Kapasitor

Kebutuhan kapasitor sebagai pemberi daya reaktif terhadap generator induksi (GI). Berdasarkan name plate motor induksi 3 fasa dengan daya 1 Kw, 380 volt, 50 Hz, efisiensi 80% dan faktor daya sebesar 0,76 maka, kebutuhan daya reaktif Q [1-4] yaitu;

$$P_{in} = \frac{1 \text{ kw}}{0,8} = 1,25 \text{ kw}$$

$$Q_m = P_{in} \cdot \tan \alpha = 1250 \cdot \tan 40,54^\circ = 1069,11 \text{ VAR}$$

$$Q_m \text{ per fasa} = 1069,11/3 = 356,37 \text{ VAR}$$

Nilai faktor pengali k diperoleh sebesar 1,47 berdasarkan daya motor 1 Kw Gambar 2.1, sehingga kebutuhan daya reaktif generator adalah sebesar:

$$Q_g = 1,47 \times 356,37 = 523,864 \text{ VAR}$$

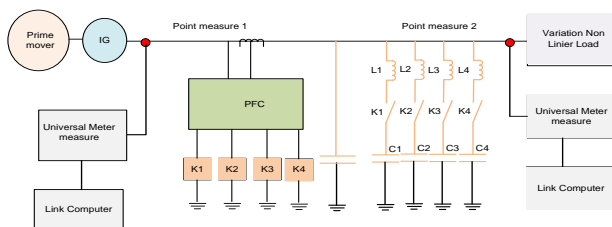
Reaktansi kapasitif hubungan bintang yaitu,

$$C = \frac{523,864}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 220^2} = 34,47 \mu F$$

Maka kebutuhan kapasitor per fasanya diambil sebesar $35 \mu F$ dihubungkan bintang.

2.2. Rangkaian Pengujian

Rangkaian pengujian dalam penelitian ini seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Pengujian GI dengan variasi kapasitor

Kapasitor $35 \mu F$ ini dipasang pada motor sebagai eksitasi tetap. Sebagai kapasitor tambahan jika dilakukan penambahan beban setiap step yang akan diuji yaitu:

Tabel 3.1. Nilai kapasitor yang diuji

Step	C tetap (uF)	C1 (uF)	C2 (uF)	C3 (uF)	C4 (uF)
Kapasitas (uF)	30	2	4	8	16
	35	2	4	8	16
	38	2	4	8	16

3.3. Penentuan step kapasitor

Kapasitor yang dipasang untuk digunakan yaitu, Tabel 3.2. Kapasitor yang digunakan secara logika terhubung ke jaringan. Logika kerja power factor controller dalam menghubungkan kapasitor ke jaringan.

Tabel 3.2. Logika kerja power factor controller kondisi terjadi perubahan beban.

Step	C tetap	C1	C2	C3	C4
Kapasitas (uF)	35	2	6	8	16
35	√				
38	√	√			
46	√	√		√	
52	√				√

III. Hasil dan Pembahasan

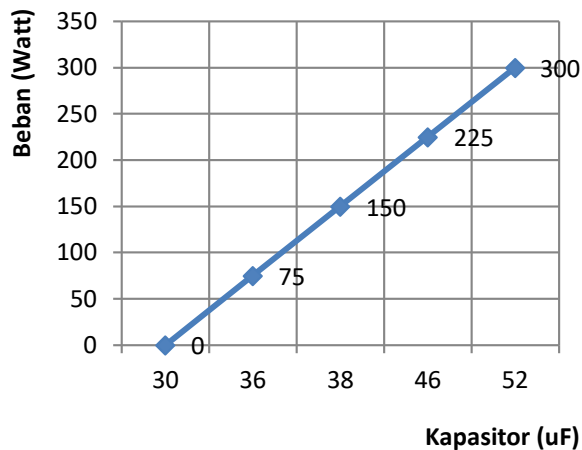
Hasil pengujian generator induksi 1 KW dengan kapasitor 36 uF tetap terhadap beban linier berupa lampu pijar dengan daya divariasikan pada putaran tetap yaitu 1540 RPM. Pengujian ini dilakukan untuk melihat tegangan dan frekuensi generator induksi dengan beban yang diberikan per fasa sebesar 25 W, 50 W, dan 75 W. Kemudian divariasikan kapasitor yang diberikan seperti hasil pengukuran pada Tabel 4.1 berikut,

Tabel 4.1. variasi beban dan kapasitor yang divariasikan

Beban (Watt)	Kapasitor yang terhubung (uf)	V(l-n) (volt)	Frekuensi (Hz)
3 x 25	36	220	50
3 x 50	38	219	49
3 x 75	46	219	49
3 x 100	52	219	49

Data pengujian dan pengukuran yang sudah dilakukan terkait terhadap perubahan beban dengan penambahan kapasitor yaitu: tegangan dan frekuensi yang dihasilkan tetap sebesar 220 volt, dan frekuensi sebesar 50/49 Hz.

Secara grafik hubungan besar kapasitor terhadap variasi beban seperti Gambar 5.2. Grafik tersebut menggambarkan tingkat linier hubungan beban dengan penambahan kapasitor. Semakin besar penambahan beban secara linier kapasitor harus ditambahkan juga agar tegangan dan frekuensi tetap. Terjadi perubahan tegangan 219 volt dengan frekuensi 49 Hz sangat kecil sekali persentasinya, dan masih pada nilai range standar yang ditetapkan.



Gambar 5.2 Hubungan kapasitor dengan beban

IV. Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan pengujian prototype yang dilakukan dalam penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Tegangan yang dibangkitkan semakin kecil saat dilakukan penambahan beban walau kecepatan generator dijaga tetap pada 1540 RPM, demikian juga torsi yang dibutuhkan semangkit meningkat.
2. Tegangan dan frekuensi tetap pada 220 Volt, 50 Hz, kondisi putaran tetap 1540 Rpm, jika nilai kapasitor yang diberikan tepat nilainya.

Referensi

- [1] Suprihardi, Yaman, Zamzami, Nelly Sayfitri, 2017, Harmonic Impact in Induction Generator Voltage Using Thyristor Control Reactor, 16/03/1054-1060, TELKOMNIKA, University Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- [2] Suprihardi, Yaman, Zamzami, 2016, *Tegangan Dan Harmonisa Generator Induksi (Gi) Dengan Single Tuned Dan Pengaturan Reaktor*, ISSN 2541-IIIX ASCNI-TECH Padang.
- [3] Supri hardi, dkk, 2016, Tegangan generator induksi (GI) Dengan pengaturan reaktor, jurnal Litek Volume 13 Nomor 2, September 2016.
- [4] Supri hardi , dkk, 2017, Pengaturan tegangan generator induksi (GI) Dengan TCR , proseding SEMNAS PNL, September 2017

- [5] Robinson L., D.G. Holmes, *A Single Phase Self-Excited Induction Generator with Voltage and Frequency Regulation for use in a Remote Area Power Supply*, Dept. of Electrical and Computer Systems Engineering Monash University.
- [6] Sirichai Dangeam, 2013, *A Design of Single Phase Induction Generator for Waterfall-hydro Turbine*. Energy Procedia 34 (2013) 130 – 141.
- [7] A.H.Besheer, *Wind Driven Induction Generator Regulation Using Ant system Approach to Takagi Sugeno Fuzzy PID Control*, WSEAS RANSACTIONS on SYSTEMS and CONTROL, ISSN: 1991-8763, Issue 12, Volume 6, December 2011
- [8] J. B. Ekanayake, *Induction generators for small hydro schemes*, Power Engineering Journal, April 2002
- [9] Yulianus songli, *perencanaan motor induksi sebagai generator*, dosen teknik elektro uki paulus makassar adiwidia edisi no. 2. 2009.
- [10] Sanjeev Kumar, Ruchi Aggarwal, *Voltage Stability Improvement of Grid Connected Wind Driven Induction Generator Using Svc*, *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, www.ijera.com ISSN : 2248-9622, Vol. 4, Issue 5(Version 2), May 2014, pp.102-105.
- [11] Dr. K. K. Ray, Subramanian Kulandhaivelu, *Load Control Of A 3-Ø Self- Excited Asynchronous Generator*, *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*, Vol. 3 No. 2 Feb 2011, ISSN : 0975-5462
- [12] Mosaad M.I. *Control of Self Excited Induction Generator using ANN based SVC*, *International Journal of Computer Applications* (0975 8 – 887) Volume 23– No.5, June 2011.
- [13] Kinnares V., B. Sawetsakulanond, *Characteristic Requirements of a Small Scale Squirrel Cage Induction Generator for Effective Electricity Generationfrom Wind Energy*, Energy Procedia 34 (2013) 26 – 49.
- [14] Ghanshyam Vishwakarma and Nitin Saxena, *Enhancement of Voltage Profile by using Fixed Capacitor-Thyristor Controlled Reactor (FC-TCR)*, *International Journal of Electrical, Electronics and Computer Engineering* 2(2): 18-22(2013) ISSN No: 2277-2626.
- [15] Vijayakumar T. A.Nirmalkumar, *Reactive Power Control in Eight Bus System Using FC-TCR* ,iJOE – Volume 6, 2010, Issue 1, [doi:10.3991/ijoe.v6i1.1136](https://doi.org/10.3991/ijoe.v6i1.1136)
- [16] Javier Guerrero, Estefanie Cure. *Reactive Power Compensator for a Single-Phase Motor using FACTS*, LATEST TRENDS on CIRCUITS. ISBN: 978-960-474-198-4, ISSN: 1792-4227.
- [17] Harpreet Singh, Durga Sharma. *Reactive Compensation Capability of Fixed Capacitor Thyristor Controlled Reactor for Load Power Faktor Improvement*. *International Journal of Scientific & Technology Research*. 2015; 4(01). ISSN 2277-8616.
- [18] Bansal R.C., *Three-Phase Self-Excited Induction Generators, An Overview*, Senior Member, IEEE