

## MOTOR INDUKSI SEBAGAI GENERATOR (MISG)

Adyson Utina<sup>1</sup>

### ABSTRACT

*The Induce Motor as Generator (MISG) is induction motor operated by generator. MISG are a lot of applied in The Power Plant of Micro hydro (PLTMh).*

*This Research Target is to control potentials voltage used the contactor and ballast load. This controller has simple technology so that it is applied in PLTMh. The Research done by determining characteristic of high voltage output MISG function of load at constant input energy. The Controller design based on it's characteristic. The Research done in Laboratory of Transmission and Distribution of Majors of Electrotechnic FT-UNHAS.*

*The Result of research shows that manageable output MISG voltage at about from 198 volt to 231 volt. If without controller, so voltage of output MISG about 220 volt to 335 volt. With utilization of voltage Controller also minimize the percentage of unbalance voltage and also frequency reach.*

**Key words:** motor, induksi, tegangan, generator

### PENDAHULUAN

Motor induksi tiga fase merupakan motor yang banyak digunakan. Motor induksi sangkar tupai sangat kokoh, sederhana, murah, dan mudah perawatannya (Wildi, 2002). Motor induksi tiga fase dapat dioperasikan sebagai generator dengan cara memutar rotor pada kecepatan di atas kecepatan medan putar. Motor listrik tiga fase dapat dioperasikan sebagai generator satu fase maupun tiga fase (Chapallaz, 1992).

Pada umumnya, PLTMh tidak menggunakan *governor* dikarenakan harga *governor* relatif mahal. Pada motor induksi yang dioperasikan sebagai generator tidak terdapat pengatur tegangan. Oleh karena di PLTMh tidak terdapat *governor* dan generator yang digunakan adalah MISG maka tegangan keluaran sangat dipengaruhi oleh besar beban (Widmer, 1992). Nilai kapasitor eksitasi juga mempengaruhi tegangan keluaran MISG (Pii, 2003).

Pada umumnya pengendalian tegangan generator induksi menggunakan IGC. IGC merupakan piranti elektronis yang menyensor tegangan, kemudian mengatur besar beban penyeimbang. IGC berbasis komputer dan berbasis komparator memperlihatkan unjuk kerja yang tidak berbeda (Ambarisi, 2003). Kelemahan IGC adalah menggunakan teknologi yang tidak sederhana.

### KONSEP TEORI MEDAN

Kecepatan medan putar di dalam motor induksi dinyatakan oleh persamaan 1.

$$n_s = \frac{120f}{p} \dots\dots\dots (1)$$

dengan  $n_s$  : kecepatan medan putar, rpm

$f$  : frekuensi sumber daya, Hz

$p$  : jumlah kutub motor induksi

Kecepatan putar rotor tidak sama dengan kecepatan medan putar. Perbedaan tersebut dinyatakan dengan slip.

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \dots\dots\dots (2)$$

dengan  $s$  : Slip

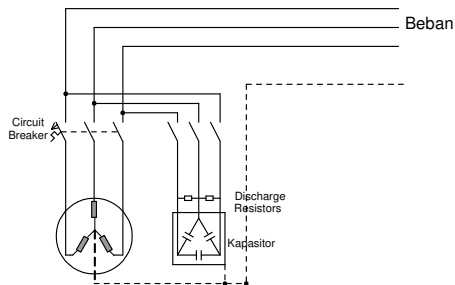
$n_s$  : kecepatan medan putar, rpm

$n_r$  : kecepatan putar rotor, rpm

Motor induksi tiga fase dapat dioperasikan sebagai generator dengan cara memutar rotor pada kecepatan di atas kecepatan medan putar atau mesin bekerja pada slip negatif.

Agar motor induksi dapat berfungsi sebagai generator maka diperlukan arus eksitasi. Pada MISG yang bekerja *stand alone* diperlukan kapasitor untuk membangkitkan arus eksitasi. Pada Gambar 1. diperlihatkan diagram pengawatan kapasitor pada motor induksi yang dioperasikan sebagai generator.

<sup>1</sup> Dosen Tetap Pada Fakultas Teknik Universitas Haluoleo



Gambar 1. Skema pemasangan kapasitor pada MISG

Nilai kapasitor yang diperlukan oleh generator dinyatakan dengan rumus :

$$C_{\Delta \text{ per phase}} = \frac{\Delta Q}{3U^2 2\pi f} \dots\dots(3)$$

dengan

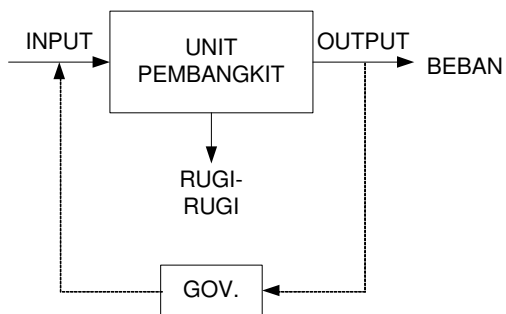
U = tegangan fase-fase (jika terhubung delta)

F = frekuensi jaringan

$\Delta Q$  = daya reaktif yang dikompensasi

Jika kapasitor terhubung bintang, kapasitansi yang dibutuhkan per fase adalah tiga kali dari persamaan 3.

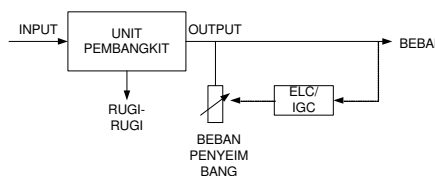
Daya beban suatu pembangkit tenaga listrik selalu berubah-ubah. Perubahan beban dapat menyebabkan perubahan pada tegangan dan frekuensi listrik MISG. Perubahan beban dikompensasi dengan mengubah daya masukan. Pengendali daya masukan adalah *governor*. Pada Gambar 3. diperlihatkan diagram blok pengendalian daya masukan.



Gambar 2. Diagram blok pengendalian daya masukan

Pada pembangkit mikrohidro sistem ini jarang digunakan. Salah satu alternatif untuk mengendalikan tegangan maupun frekuensi adalah

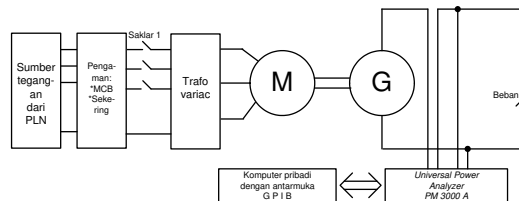
dengan mengatur beban (*output*) generator. Unit pembangkit beroperasi secara kontinu pada tingkat tertentu sesuai dengan beban maksimum yang diperkirakan. Apabila beban nyata berkurang maka ada mekanisme yang mengatur penambahan beban penyeimbang (*ballast load*) agar terjadi keseimbangan antara masukan dan keluaran unit pembangkit. Pengaturan ini dapat dilakukan secara otomatis menggunakan piranti yang disebut *Electronic Load Controller (ELC)* untuk generator sinkron atau *Induction Generator Controller (IGC)* untuk generator induksi. Pada Gambar 3. diperlihatkan diagram blok pengendalian daya keluaran.



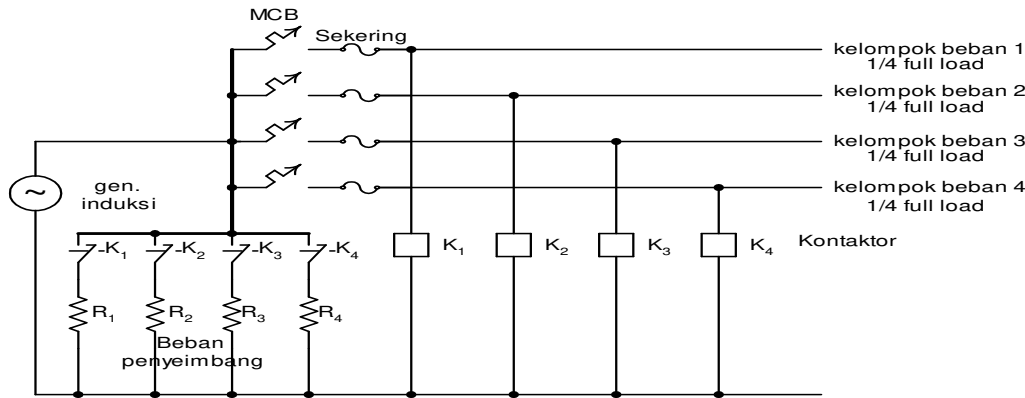
Gambar 3. Diagram pengendalian daya keluaran

**METODE PENELITIAN**

Pada penelitian ini bahan utama yang digunakan adalah motor induksi sangkar tupai 3 fase, 3 hp, 220/380 Volt sebagai penggerak dan motor induksi 3 fase, 380 V, kutub empat, kecepatan nominal 1420 rpm, daya nominal P=1,5 kW, efisiensi  $\eta=80\%$ , faktor daya  $pf=0,79$  sebagai pembangkit (generator) serta kontaktor 220 Volt. Alat ukur yang digunakan adalah voltmeter, ampermeter, frekuensi meter, wattmeter, power analyzer dan komputer pribadi (pc). Bahan dan alat dirangkai seperti pada Gambar 4. Rangkaian dasar pengendali tegangan diperlihatkan pada Gambar 5. Kecepatan putar motor diatur menggunakan trafo variac. Tegangan generator diukur untuk berbagai nilai beban untuk keadaan tanpa pengendali dan dengan pengendali.



Gambar 4. Untai penelitian karakteristik pembebanan



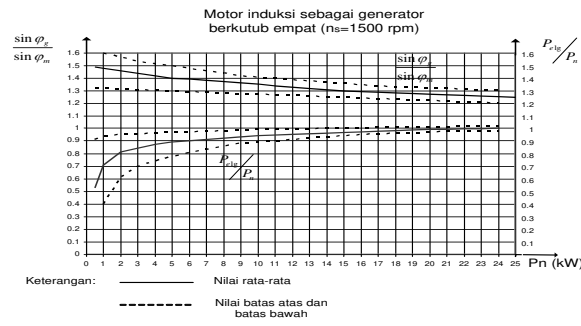
Gambar 5. Diagram dasar pengendali tegangan

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Daya keluaran mesin saat digunakan sebagai generator adalah:

$$P_{elg} = 0,775 \cdot 1,5 = 1,16 kW$$

Konstanta 0,775 diperoleh dari Gambar 7 (untuk daya motor 1,5 kW rasio  $P_{elg}$  dan  $P_n$  adalah sekitar 0,775).



Gambar 6. Rasio  $\sin \phi$  generator dan  $\sin \phi$  motor serta daya generator dan daya motor sebagai fungsi rating daya nominal motor  $P_n$ .

Daya maksimum generator yang diijinkan adalah 1,16 kW atau sekitar 77% daya nominal motor.

Daya listrik masukan saat mesin berfungsi sebagai motor adalah:

$$P_1 = \frac{P_n}{\eta_m} = \frac{1,5}{0,8} = 2 kW$$

Daya reaktif motor pada saat beban nominal adalah:

$$Q_m = P_1 \tan \phi = 2 \tan(37,8^\circ) = 1,55 kVAR$$

$$\phi = \cos^{-1}(0,79) = 37,8^\circ$$

Dengan menggunakan grafik pada Gambar 6. dapat diketahui rasio antara kebutuhan daya reaktif motor dan generator yang diwakili oleh perbandingan  $\sin \phi$ , yaitu:

$$\frac{\sin \phi_g}{\sin \phi_m} = 1,475$$

Kebutuhan daya reaktif generator adalah:

$$Q_g = 1,475 \cdot Q_m = 2,29 kVAR$$

Kapasitor yang dihubungkan secara  $\Delta$  yang dibutuhkan:

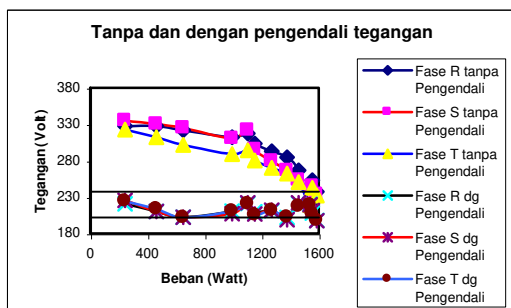
$$C_{antarfase} = \frac{Q_g}{3U^2 2\pi f} = 16,8 \mu F$$

Jadi kapasitor antar fase terhubung  $\Delta$  yang dibutuhkan generator untuk dapat membangkitkan tenaga listrik sebesar 16,8  $\mu F$ . Untuk kapasitor yang terhubung secara Y, kapasitor per fase yang dibutuhkan tiga kali kapasitor yang terhubung secara  $\Delta$ , yaitu 50,4  $\mu F$ . Kapasitor dengan nilai 16,8  $\mu F$  maupun 50,4  $\mu F$  sulit diperoleh di pasaran. Oleh karena adanya alasan kemudahan memperoleh komponen di pasaran dalam hal pembangunan PLTMh maka pada penelitian ini digunakan hubungan Y dengan kapasitor 2x30  $\mu F \pm 5\%$  yang mudah diperoleh di pasaran.

Pada penelitian ini, motor yang difungsikan sebagai generator dibebani lebih (*over load*) sampai sekitar 160% agar jangkauan tegangan keluaran dan frekuensi menjadi lebih lebar. Pembebanan lebih dapat dilakukan karena motor yang digunakan adalah peralatan khusus laboratorium yang mempunyai kemampuan di atas ratingnya.

Pembebanan seimbang maupun tidak seimbang dilakukan agar terlihat pengaruhnya terhadap keseimbangan tegangan masing-masing fase.

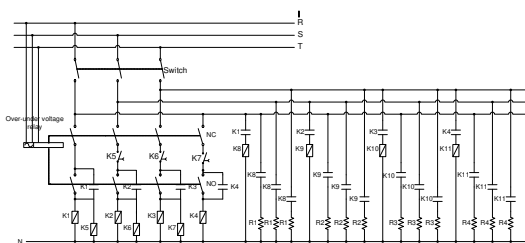
Pada Gambar 7. diperlihatkan grafik tegangan fungsi beban Tampak pada Gambar 7. bahwa tegangan sangat dipengaruhi nilai beban, yaitu beban semakin besar, tegangan semakin kecil. Hubungan tegangan dan beban tidak linear. Batas atas tegangan yang diijinkan adalah 231 Volt, sedangkan batas bawahnya adalah 198 Volt. Terlihat bahwa sebagian besar tegangan berada di luar jangkauan tegangan yang diijinkan. Pada nilai beban sekitar 330 Watt tegangan dapat mencapai sekitar 320 Volt.



Gambar 7 Grafik tegangan fungsi beban

Prinsip kerja pengendalian tegangan adalah dengan cara menjaga agar generator induksi selalu bekerja pada beban yang relatif konstan. Beban generator induksi dikelompokkan menjadi dua yaitu beban konsumen dan beban penyeimbang. Besar beban konsumen tidak dapat dikendalikan karena merupakan kewenangan konsumen. Beban penyeimbang diatur besarnya sesuai dengan perubahan beban konsumen sehingga beban total yang dirasakan oleh generator relatif konstan.

Perubahan beban konsumen akan menyebabkan tegangan naik atau turun. Apabila tegangan naik sampai lebih dari 231 Volt atau turun sampai kurang dari 198 Volt maka rele *over-under voltage* akan bekerja.



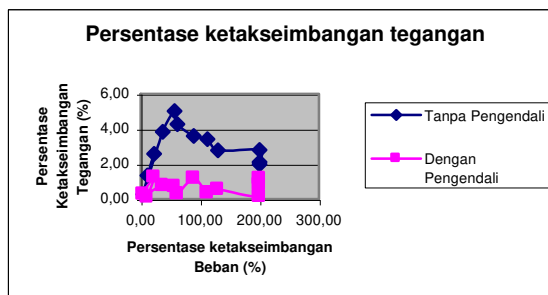
Gambar 8. Rangkaian Pengendali Tegangan

Tampak pada Gambar 7. bahwa tegangan relatif konstan pada berbagai nilai beban. Dengan adanya pengendali tegangan, batas atas dan batas bawah tegangan tidak dilanggar. Tegangan berada dalam jangkauan 198 Volt s/d 231 Volt sehingga tidak merusak peralatan.

Penggunaan pengendali tegangan juga dapat memperkecil persentase ketidakseimbangan tegangan. Persentase ketidakseimbangan didefinisikan sebagai:

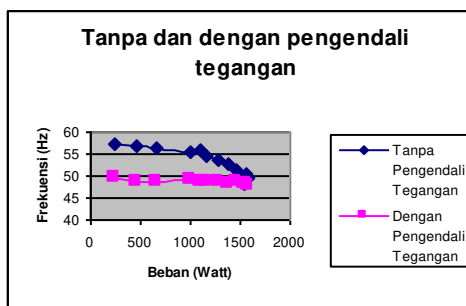
$$\text{Persentase Ketakseimbangan} = \frac{\text{Simpangan Maksimum dari Rata-rata}}{\text{Rata-rata}} \times 100$$

Persentase tersebut menyatakan besarnya simpangan terhadap rata-rata. Pada Gambar 9. diperlihatkan grafik persentase ketidakseimbangan tegangan fungsi persentase ketidakseimbangan beban. Tanpa pengendali tegangan, persentase ketidakseimbangan tegangan tertinggi sekitar 5%, sedangkan dengan pengendali tegangan hanya sekitar 1,5%.



Gambar 9. Grafik Persentase ketidakseimbangan tegangan

Frekuensi gelombang listrik menjadi relatif konstan akibat penggunaan pengendali tegangan seperti yang terlihat pada Gambar 10. Tanpa pengendali tegangan, jangkauan frekuensinya adalah 8 Hz sedangkan dengan pengendali tegangan hanya 1,5 Hz.



Gambar 10. Grafik frekuensi fungsi beban

Pada Tabel 1. diperlihatkan perbedaan tegangan dan frekuensi pada keadaan tanpa pengendali dan dengan pengendali tegangan.

Tabel 1. Tegangan dan frekuensi tanpa dan dengan pengendali

	Tanpa Pengendali	Dengan Pengendali
Tegangan	*sangat dipengaruhi beban  * 234 s/d 335 Volt	*Tidak terlalu dipengaruhi beban (tegangan relatif konstan)  * 198 s/d 224 Volt
Persentase Ketakseimbangan Tegangan rata-rata	2,8 %	0,6 %
Frekuensi	49,4 s/d 57,47 Hz	47,87 s/d 49,33 Hz

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium dan pembahasan hasil penelitian dapat diperoleh beberapa kesimpulan:

1. Tegangan keluaran MISG sangat dipengaruhi besar beban. Semakin besar beban, tegangan semakin kecil. Hal itu disebabkan generator induksi tidak memiliki sistem eksitasi yang dapat dikendalikan.
2. Rele *over-under voltage*, kontaktor dan beban penyeimbang dapat digunakan untuk mengendalikan tegangan sehingga kualitas tegangan dan frekuensi MISG menjadi lebih baik. Pengendali tegangan menggunakan kontaktor dan beban penyeimbang pada dasarnya mengatur pembebanan sehingga MISG merasakan beban yang relatif konstan meskipun beban konsumen berubah-ubah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ambari, S., 2003, *Pengendalian Tegangan Output Motor Induksi Sebagai Generator Menggunakan Ballast-Load pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Stand Alone*, FT UGM
- Chapallaz, J.M., J.Dos Ghali, P. Eichenberger, G. Fisher, 1992, *Manual on Induction Motors Used as Generators*, GTZ, Eschborn
- Kusharbugiargi, P., 2003, *Pengaruh Nilai Kapasitor terhadap Tegangan, Frekuensi, dan Efisiensi Motor Induksi Sebagai Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Stand Alone*, FT UGM
- Utina, Adyson., 2000, "The Simulation of Experiment and Testing to Generator Protection", Modul of Co.KG. no pub.Ujung Pandang.
- Widmer, R., A. Arter, 1992, *Village Electrification*, SKAT, Switzerland
- Wildi, T., 2002, *Electrical Machines, Drives, and Power Systems*, Pearson Education, Inc., New Jersey