

PENGENDALIAN GENERATOR INDUKSI DENGAN MENGGUNAKAN *ELECTRONIC LOAD CONTROLLER* (ELC)

Herman Nawir¹⁾, Syarifuddin²⁾, Muhammad Ruswandi Djalal¹⁾

¹⁾Dosen Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

²⁾Dosen Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

In this study using a 1 kW 3 phase induction motor with generator frequency control using ELC (electronic load controller) to control the load received by the generator with a predetermined frequency limit to maintain the stability of the distribution of power between the load and the dummy load remains balanced. From the results of the discussion it can be concluded that the 1 kW 3 phase induction motor which is operated as an induction generator with the installation of a 30 μ F capacitor which is controlled using an electronic load controller has succeeded in increasing the resulting frequency stability. MISG which is loaded with a resistive load in the form of a 130 Watt incandescent lamp produces a nominal frequency output between 49.99 Hz to 50.04 Hz so that it can be used in Micro hydro Power Plants.

Keywords: *Generator, Capacitor, Motor, Electronic Load Controller, Frequency*

1. PENDAHULUAN

Motor induksi (*asinkron*) pada dasarnya dapat menjadi generator dengan menambahkan kapasitor pada rangkaian luar stator dan menjadikan putaran di rotor lebih besar dari putaran medan stator. Motor induksi merupakan motor yang memiliki konstruksi yang baik, mudah dalam pengaturan kecepatan dan mempunyai efisiensi tinggi (Didit, 2016). Untuk itu pada penelitian ini permasalahan yang dihadapi untuk membangkitkan daya dengan kapasitas rendah dapat menggunakan motor induksi menjadi generator induksi.

Permasalahan yang terjadi pada PLTMH adalah perubahan beban yang di tanggung oleh generator karena pemakaian beban konsumen yang tidak menentu, menyebabkan terjadinya perubahan putaran pada generator yang berdampak berubahnya nilai frekuensi. Frekuensi yang tidak stabil dapat mengakibatkan kerusakan pada generator.

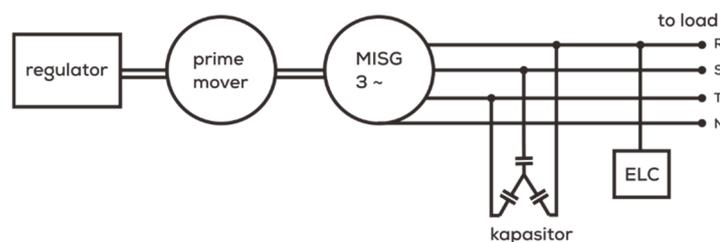
Sebuah pengaman dibutuhkan dalam PLTMH tersebut, untuk meningkatkan usia gunanya dengan mencegah berbagai kerusakan misalnya pada bagian beban, turbin, maupun generator (Erduyan, 2020). Untuk mencegah terjadinya kerusakan pada generator maupun peralatan listrik lainnya maka dibutuhkan sebuah alat untuk menjaga besar nilai beban agar tetap stabil, yaitu dengan menggunakan sebuah alat kendali pengaturan beban yaitu ELC (*Electronic Load Controller*).

Penelitian ELC ini telah dilakukan sebelumnya, di antaranya oleh Muhammad Kholifatullah pada tahun 2012 yang mendesain ELC sebagai pengendali beban komplemen dan dinamik, dengan metode deteksi arus. Berdasarkan masalah diatas penelitian yang dilakukan kali ini akan menggunakan pengendalian frekuensi generator induksi menggunakan *electronic load controller* (ELC).

2. METODE PENELITIAN

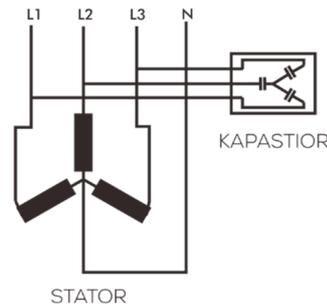
Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan. Sedangkan rangkaian instalasi, pemasangan kapasitor, dan rangkaian ekivalen ELC.

Rangkaian Sistem

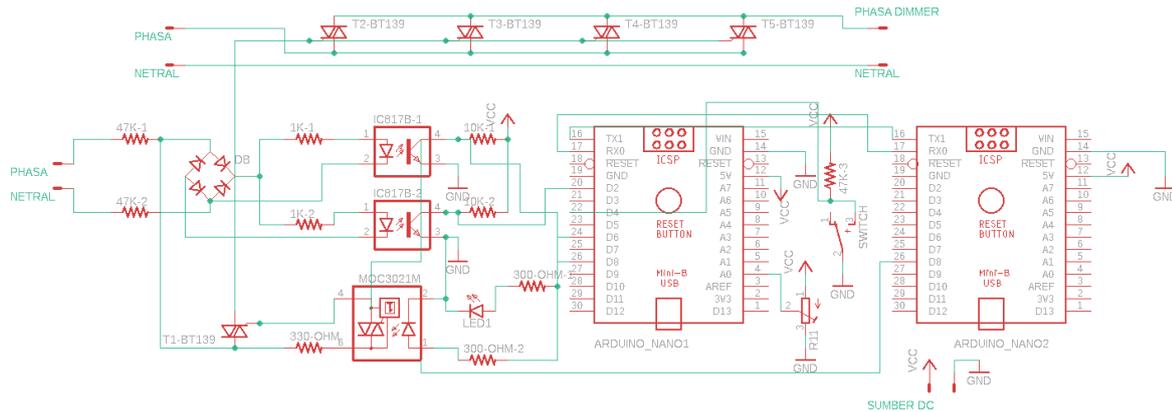


Gambar 1. Skema Instalasi

¹ Korespondensi penulis: Herman Nawir, Telp.081242271887, herman_nawir@poliupg.ac.id



Gambar 2. Skema Diagram Pemasangan Kapasitor pada Motor Induksi sebagai Generator (MISG)



Gambar 3. Rangkaian Ekuivalen ELC

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan dua cara yaitu pengujian generator dengan beban resistif bervariasi menggunakan pengendali ELC dan tanpa menggunakan pengendali ELC. Dari hasil pengujian didapatkan sebagai berikut:

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Berbeban Resistif (Lampu Pijar) tanpa Menggunakan *Electronic Load Controller (ELC)*.

No	Teg. (v)	Arus (A)	Daya (w)	Frek. (Hz)	Putaran (rpm)	Beban Kons (w)	Total Beban (w)
1	186	0,65	125	50,01	1530	130	390
2	198	0,51	100	50,31	1547	90	350
3	201	0,41	80	50,63	1551	65	325
4	207	0,32	60	51,12	1561	40	300
5	210	0,24	50	51,2	1567	25	285
6	213	0,15	30	51,67	1582	15	275
7	216	0,05	10	51,83	1593	5	265
8	222	0	0	52,15	1617	0	260
9	216	0,04	10	51,75	1579	5	265
10	213	0,14	30	51,55	1570	15	275
11	207	0,24	50	50,9	1557	25	285
12	204	0,31	60	50,8	1551	40	300
13	201	0,41	80	50,45	1550	65	325
14	198	0,5	95	50,39	1543	90	350
15	189	0,65	125	50,1	1531	130	390

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Berbeban Resistif (Lampu Pijar) Dengan Menggunakan ELC

No	Teg. Kons (v)	Arus Kons (A)	Daya Kons (w)	Teg. DL (v)	Arus DL (A)	Daya DL (w)	Frek (Hz)	Putaran (rpm)	Beban Kons (w)	Total Beban (w)
1	189	0,65	125	0	0	0	50,04	1538	130	390
2	174	0,48	85	90	0,52	40	50,02	1548	90	350
3	180	0,41	80	123	0,58	65	50,01	1554	65	325
4	180	0,29	50	135	0,6	75	50,03	1555	40	300
5	180	0,22	40	150	0,62	80	50,04	1546	25	285
6	183	0,14	25	156	0,62	90	50,03	1547	15	275
7	186	0,05	10	180	0,64	100	50	1542	5	265
8	189	0	0	180	0,64	105	49,99	1545	0	260
9	189	0,05	10	177	0,62	105	50,01	1543	5	265
10	183	0,12	25	162	0,62	100	50	1542	15	275
11	180	0,23	40	144	0,6	85	50	1540	25	285
12	180	0,29	50	123	0,58	75	49,97	1554	40	300
13	174	0,38	70	111	0,56	60	50,02	1544	65	325
14	174	0,47	85	90	0,5	45	50,01	1547	90	350
15	186	0,65	125	0	0	0	50	1538	130	390

Langkah Analisa Data

1. Menghitung daya motor induksi setelah digunakan menjadi generator induksi:

$$P_{elg} = 0,7 \times 1 \text{ kW} = 700 \text{ W}$$

Konstanta 0,7 diperoleh dari grafik perbandingan antara daya generator dengan daya nominal (P_{elg}/P_n) sehingga daya maksimum generator yang diizinkan adalah 700 Watt atau sekitar 70% daya nominal motor. Pada saat pengoperasian sebagai generator, daya yang mampu dihasilkan hanya sebesar 600 Watt untuk tiga fasa. Maka masing-masing fasa hanya mampu dibebani sebesar 200 watt, maka dari itu beban komplemen yang disiapkan sama dengan jumlah maksimum beban per. Karena pengendalian frekuensi dilakukan pada satu fasa saja sedangkan fasa lainnya dibebani secara maksimum agar pada saat pengujian generator tidak mengalami ketidakseimbangan beban.

2. Menghitung kapasitor minimum yang dibutuhkan motor induksi:

$$C_{\gamma phase} = \frac{Q}{U^2 2 \pi f}$$

Untuk mengetahui nilai daya reaktif (Q) dapat digunakan prinsip segitiga daya. Maka terlebih dahulu perlu menghitung nilai daya aktif menggunakan persamaan (3). Nilai V_L , arus dan $\text{Cos } \varphi$ dapat dilihat pada spesifikasi MISG.

$$P = \sqrt{3} \times V_L \times I \times \text{Cos } \varphi$$

$$P = \sqrt{3} \times 380 \times 2,9 \times 0,71$$

$$P = 1355,19 \text{ Watt}$$

Kemudian mengetahui daya semu (S) dengan menggunakan persamaan (4) yaitu:

$$S = \sqrt{3} \times V_L \times I$$

$$S = \sqrt{3} \times 380 \times 2,9$$

$$S = 1908,71 \text{ VA}$$

Setelah mengetahui daya aktif dan semu maka besar daya reaktif (Q) yaitu:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q = \sqrt{1908,71^2 - 1355,19^2}$$

$$Q = \sqrt{1806633,93}$$

$$Q = 1344,11 \text{ VAR}$$

Setelah mengetahui nilai daya reaktif (Q) maka dapat dihitung nilai kapasitor minimum dengan persamaan (7) yaitu:

$$C_{\gamma phase} = \frac{1344,11}{380^2 2 \pi 50}$$

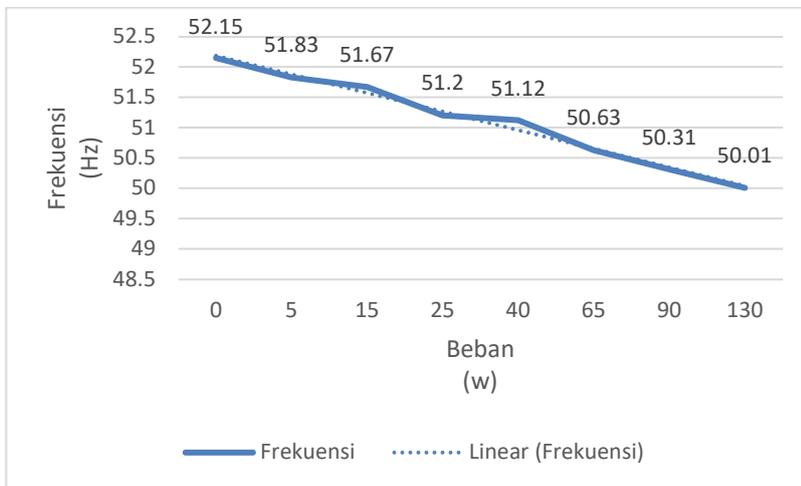
$$C_{\gamma phase} = 0,00002962 F$$

$$C_{\gamma phase} = 29,62 \mu F$$

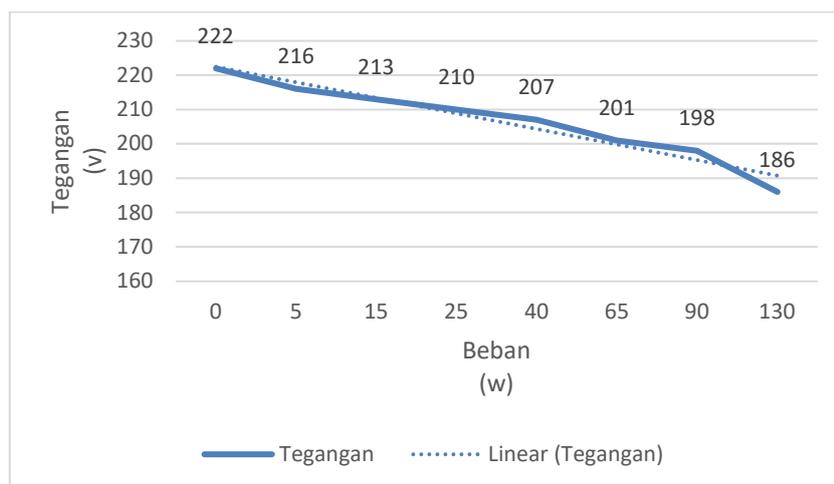
Karena kapasitor dengan nilai 29,62 μF sulit diperoleh dipasaran maka digunakan nilai kapasitor yang mendekati yaitu 30 μF yang dihubung dengan konfigurasi bintang.

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan hubungan antara frekuensi generator terhadap beban konsumen pada saat tanpa menggunakan ELC terlihat bahwa frekuensi generator cenderung meningkat diikuti dengan penurunan beban. Pada saat beban 90 Watt, frekuensi pada generator induksi masih pada keadaan batas toleransi dengan nominal 50,31 Hz. Namun pada saat beban turun hingga 65 Watt frekuensi generator naik menjadi 50,63 Hz, dimana nilai ini diluar dari batas toleransi. Sedangkan frekuensi terendahnya yaitu 52,15 Hz ketika beban konsumen nol. Oleh sebab itu dapat disimpulkan bahwa frekuensi generator induksi tanpa ELC semakin meningkat dengan berkurangnya beban.

Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan hubungan antara tegangan generator terhadap beban konsumen pada saat tanpa menggunakan ELC terlihat bahwa tegangan generator cenderung naik. Pada saat dibebani 130 Watt tegangan generator berada pada tegangan 186 Volt. Namun pada saat beban konsumen nol tegangan generator induksi meningkat menjadi 222 Volt. Oleh sebab itu dapat disimpulkan bahwa tegangan generator induksi semakin meningkat saat beban semakin menurun.



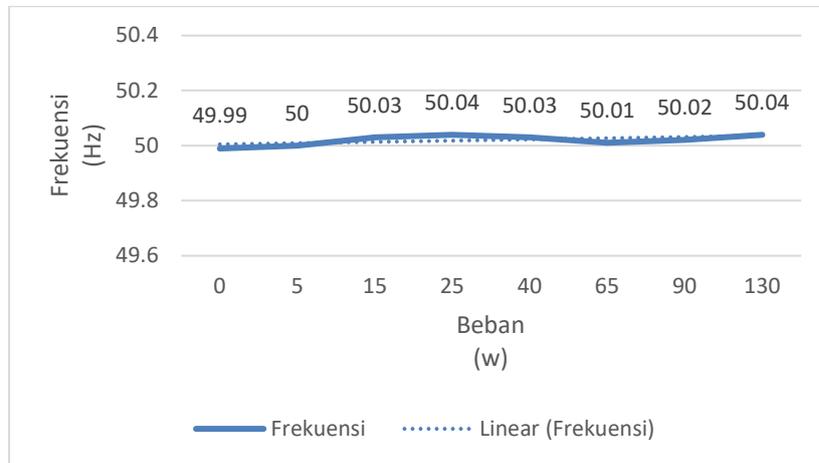
Gambar 5. Grafik Frekuensi Generator terhadap Beban Konsumen saat Tanpa Menggunakan ELC



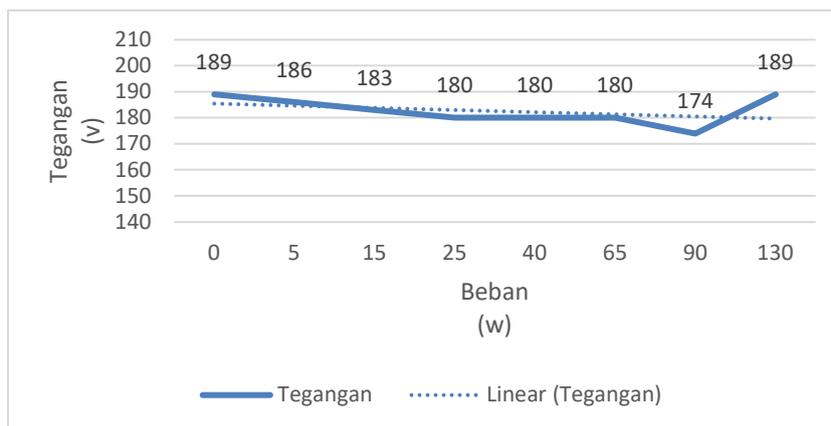
Gambar 6. Grafik Tegangan Generator terhadap Beban Konsumen saat Tanpa Menggunakan ELC

Berdasarkan Gambar 7 menunjukkan hubungan antara frekuensi generator terhadap beban konsumen pada saat menggunakan ELC terlihat bahwa frekuensi generator cenderung konstan dan nilai frekuensinya berkisar 49,99 Hz sampai dengan 50,04 Hz. Oleh sebab itu dapat disimpulkan frekuensi saat menggunakan *electronic load controller* (ELC) dapat meningkatkan kestabilan.

Berdasarkan Gambar 8 menunjukkan hubungan antara tegangan generator terhadap beban konsumen pada saat menggunakan ELC terlihat bahwa tegangan generator mengalami kenaikan. Tegangan pada saat dibebani dengan daya 130 watt nilai tegangan menjadi 189 Volt. Namun pada saat generator dibebani 90 watt tegangan turun menjadi 174 Volt yang disebabkan karena daya disuplay ke *dummy load* untuk mempertahankan putaran dan frekuensinya. Oleh sebab itu dapat disimpulkan tegangan pada saat menggunakan *electronic load controller* (ELC) tidak meningkatkan kestabilan tegangan.



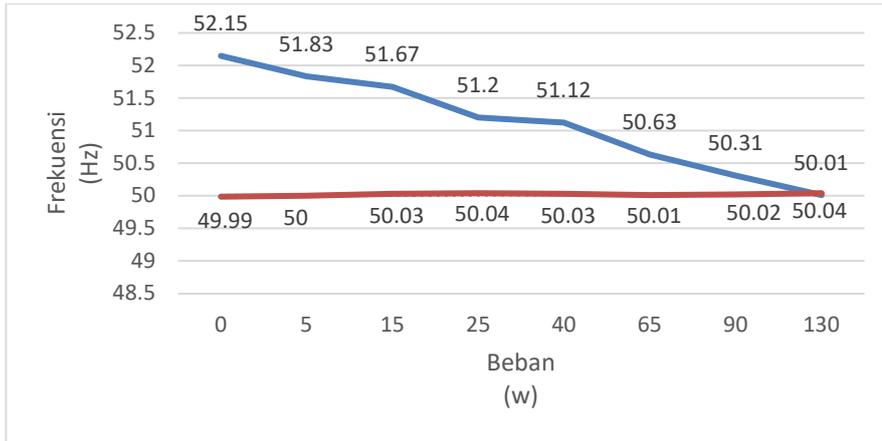
Gambar 7. Grafik Frekuensi Generator terhadap Beban Konsumen saat Menggunakan ELC



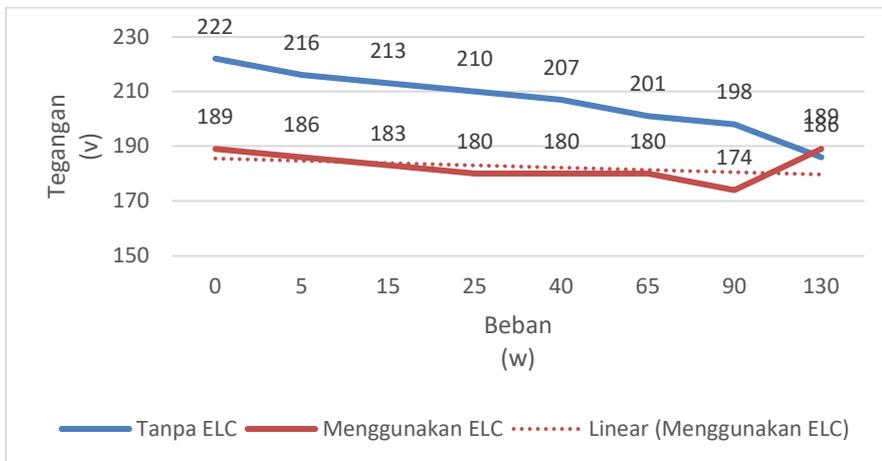
Gambar 8. Grafik Tegangan Generator terhadap beban Konsumen saat Menggunakan ELC

Berdasarkan Gambar 9 menunjukkan hubungan antara frekuensi generator terhadap beban konsumen pada saat menggunakan ELC dan tanpa ELC. Terlihat bahwa frekuensi generator yang menggunakan ELC cenderung konstan dan nilai frekuensinya berkisar 49,99 Hz sampai dengan 5,04 Hz. Sedangkan frekuensi generator pada saat tanpa menggunakan ELC cenderung meningkat dengan berkurangnya beban konsumen, dimana nilai frekuensi tertingginya yaitu 52,15 Hz pada saat beban konsumen 0 (nol). Oleh sebab itu dapat disimpulkan penggunaan *electronic load controller* (ELC) dapat meningkatkan kestabilan frekuensi pada generator induksi.

Berdasarkan Gambar 10 menunjukkan hubungan antara tegangan generator terhadap beban konsumen pada saat menggunakan ELC dan tanpa ELC. Tegangan terendah pada saat tanpa menggunakan ELC yaitu 186 Volt yang dibebani sebesar 130 Watt, sedangkan pada saat menggunakan ELC tegangan terendahnya yaitu 189 Volt yang dibebani sebesar 130 Watt. Terlihat bahwa tegangan generator yang menggunakan *electronic load controller* (ELC) lebih rendah dibandingkan pada saat tanpa menggunakan *electronic load controller* (ELC), disebabkan karena ELC membagi daya ke *dummy load* agar generator merasakan total beban yang sama.

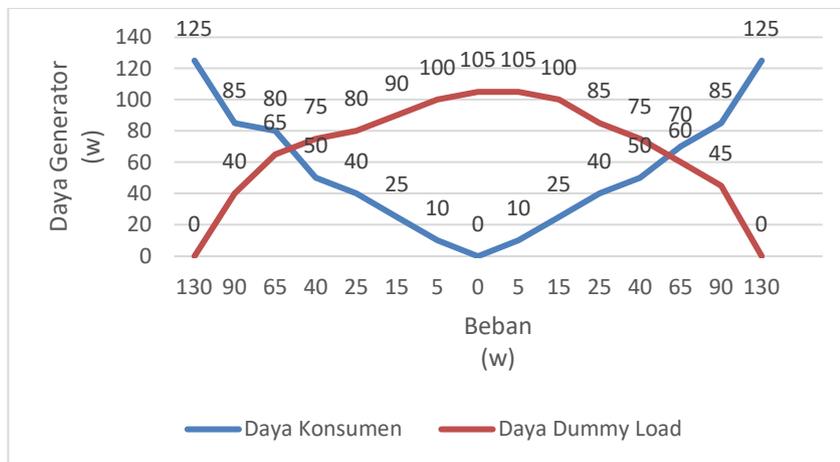


Gambar 9. Grafik Perbandingan Antara Frekuensi Generator terhadap Beban Konsumen dengan Menggunakan ELC dan Tanpa ELC



Gambar 10. Grafik Perbandingan Antara Tegangan Generator terhadap Beban Konsumen dengan Menggunakan ELC dan Tanpa ELC

Berdasarkan Gambar 11 menunjukkan hubungan antara pemakaian daya beban konsumen dan daya *dummy load*. Terlihat bahwa daya *dummy load* digunakan untuk meratakan nilai daya total generator dengan beban konsumen (beban utama). Sehingga daya keluaran generator akan cenderung stabil meskipun terjadi perubahan konsumsi daya pada beban konsumen. Dapat dilihat pada saat daya konsumen tinggi maka daya pada *dummy load* turun menyesuaikan dengan penggunaan daya pada konsumen, sedangkan pada saat daya konsumen rendah maka daya pada *dummy load* naik sehingga menjaga total daya pada generator.



Gambar 11. Grafik Pemakaian Daya Beban Konsumen dan *Dummy Load*

4. KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan penelitian pengendalian generator induksi dengan menggunakan *electronic load controller*, maka dapat disimpulkan:

- 1) Motor induksi 1 kW 3 fasa dapat berfungsi sebagai generator induksi (MISG) dengan cara mengoperasikannya diatas putaran sinkron (*ns*) 1420 rpm, serta penambahan 3 kapasitor yang dihubung dengan konfigurasi bintang (Y) sebesar 30 μF sebagai penyedia daya reaktif.
- 2) *Electronic load controller* (ELC) pada motor induksi sebagai generator (MISG) dapat menjaga kestabilan frekuensi pada rentang nominal antara 49,99 Hz sampai 50,04 Hz dengan cara menjaga daya beban yang diterima pada generator tetap konstan, ELC menyuplai daya ke *dummy load* saat terjadi perubahan pada beban konsumen sehingga daya generator konstan dan frekuensinya tetap stabil.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Arifai Muhammad, Muhammad Hadi Satria. 2017. Analisis Kestabilan Frekuensi dan Tegangan Sistem Tenaga Listrik PT. Aneka Tambang (Persero) TBK UBPB Sulawesi Tenggara. Tugas Akhir. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro. Universitas Hasanuddin: Makassar.
- Berlianti, Rahmi. 2015. Analisis Motor Induksi Fasa Tiga Tipe Rotor Sangkar Sebagai Generator Induksi dengan Variasi Hubungan Kapasitor untuk Eksitasi. *Jurnal Nasional teknik Elektro*, I (4).
- Chapallaz, J.M., J.Dos Ghali, P. Eichenberger, G. Fisher, 1992, *Manual on Induction Motors Used as Generators*, GTZ, Eschborn
- Dinata, Yuwono Marta. 2015. *Arduino Itu Mudah*. Jakarta: PT. Alex Media Komputindo.
- Effendy, Machmud, 2009. Rancang Bangun Motor Induksi sebagai Generator (MISG) pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. *Jurnal Teknik Elektro*, II (11): 71-76.
- Hasad, Andi. 2011. Operasi dan Aplikasi Triac. Teknik Elektro. UNISMA Bekasi. Universitas Islam: 1-4.
- Kristianto, Ari. 2016. Perencanaan Lilitan Motor Induksi 3 Fasa 220/380 V. Tugas Akhir. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kuswoyo, Didit Very. 2016. Sistem Proteksi Motor Induksi 3 Fasa dari Gangguan Tidak Seimbang dan Temperatur lebih Menggunakan Mikrokontroler. Tugas Akhir. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Made, I dkk. 2019. Economic Dispatch pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Gas (PLTDG) Menggunakan Fuzzy Logic Controller (FLC). *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*. I (18): 106-107.
- Najmurokhman, Asep. Kurnia, Andryansyah. Perancangan Electronic Load Controller Berbasis Mikrokontroler sebagai Stabilizer Tegangan dan Frekuensi. Universitas Jenderal Achmad Yani
- Ulum, Miftachul dkk, 2015. Desain Pengatur Beban Elektronik Menggunakan Kontrol Sudut Penyalaan (Firing Angle) Pada Generator Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). *Jurnal Ilmiah Rekayasa, Universitas Trunojoyo Madura*. II (8):111
- Utina, Adyson. 2008. Motor Induksi sebagai Generator (misg). *Metropilar* I (6)
- Parastiwi, Andriani. 2014. Pengaturan Tegangan dan Frekuensi pada Motor Induksi sebagai Generator. *Jurnal ELTEK. Politeknik Negeri Malang*. II (12): 22-23.
- Saleh, Edwin dkk. 2018. Perancangan Sistem Kontrol *Dummy Load* pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro *Standalone* Menggunakan Arduino Uno. *Dielektrika*. III (2): 105-112.
- Setyo, Erdyan dkk. Perancangan *Electronic Load Controller* (ELC) Sebagai Penstabil Frekuensi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Malang: Universitas Brawijaya.
- Siska, Dedik dkk. 2013. Perancangan Generator Induksi Bertegangan 220 Vac pada Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut. Tugas Akhir. Surabaya: ITS.
- Suprihardi dkk. 2018. Pengaturan Kapasitor Pada Generator Induksi Untuk Mendapatkan Tegangan dan Frekuensi Tetap. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*. II (1).106-109.
- Sulistiono, Dominikus dkk. 2016. Pengembangan *Monitoring System* dan *Electronic Load Controller* (ELC) pada Pembangkit Listrik Tenaga Arus Sungai (PLTAS). *Politeknik Negeri Pontianak*: II(8) 213-214
- Wahyu, Syamsul dan Abdul Multi. 2018. Pemanfaatan Motor Induksi Tiga Fasa 4 KW sebagai Generator dengan Variasi Kapasitor. *Jurnal Teknik Elektro*. Jakarta: FT UGM