

## ***Analysis of using capacitors in 3-phase induction generators to get constant voltage***

### **Analisa pemakaian kapasitor pada generator induksi 3 fasa untuk mendapatkan tegangan yang konstan**

**Mahdi Syukri<sup>1\*</sup>, Ahmad Syuhada<sup>2</sup>, Tarmizi<sup>3</sup>, Suriadi<sup>4</sup>, Ramdhan Halid Siregar<sup>5</sup>, Syahrizal<sup>6</sup>, Nabila Mauliza Amna<sup>7</sup>**

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Universitas Syiah Kuala, Jalan T Nyak Arief, Banda Aceh, Aceh, Indonesia.

E-mail: mahdisyukri@unsyiah.ac.id

\*Corresponding Author: [mahdisyukri@unsyiah.ac.id](mailto:mahdisyukri@unsyiah.ac.id)

#### **ABSTRACT**

*Induction machine is one of the machines that can be applied as an alternative power plant and also as a new renewable energy system. Giving reactive power at the terminal in the form of a capacitor, the induction machine can be used as an induction generator. Reactive power is also needed as a voltage generation process. Because one of the weaknesses of the induction generator is that the voltage generated is very fluctuating when the load being served changes. To overcome this, several capacitors with different values are used. Identify the value of the voltage generated by the induction generator when loading occurs by setting the required capacitor value. Setting the capacitor value is done by using a simulation of the simulink circuit in the MATLAB software. Based on the simulation of loading an induction generator of 6800 watt – 7500 watt different capacitor values are needed starting from 112 uF - 140 uF and to get a constant voltage value.*

**Keywords:** *Induction generator, simulink matlab, capasitor, voltage.*

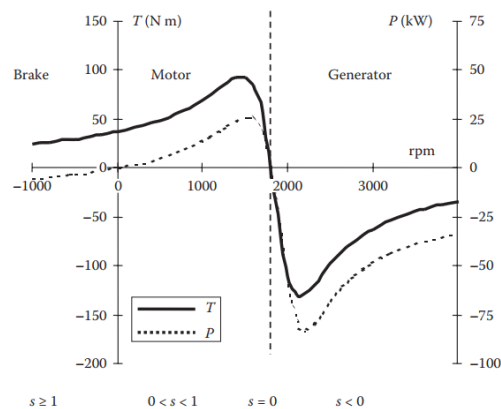
#### **ABSTRAK**

Mesin induksi merupakan merupakan salah satu mesin yang dapat diaplikasikan sebagai pembangkit listrik alternatif dan juga sebagai sistem energi baru terbarukan. Pemberian daya reaktif pada terminal berupa kapasitor maka mesin induksi dapat dijadikan sebagai generator induksi. Daya reaktif diperlukan juga sebagai proses pembangkitan tegangan. Karena salah satu kelemahan dari generator induksi yaitu tegangan yang di bangkitkan sangat fluktuatif saat beban yang dilayani berubah. Untuk dapat mengatasi hal tersebut digunakan beberapa kapasitor yang mempunyai nilai yang berbeda. Mengidentifikasi nilai tegangan yang dihasilkan generator induksi saat terjadi pembebanan dengan cara melakukan pengaturan nilai kapasitor yang dibutuhkan. Pengaturan nilai kapasitor dilakukan dengan menggunakan simulasi rangkaian simulink pada software MATLAB. Berdasarkan simulasi pembebanan generator induksi sebesar 6800 watt – 7500 watt dibutuhkan nilai kapasitor yang berbeda dimulai dari 112 uF – 140 uF dan untuk mendapatkan nilai tegangan yang konstan.

**Kata Kunci:** generator induksi, matlab simulink, kapasitor, tegangan.

## 1. PENDAHULUAN

Mesin induksi merupakan salah satu mesin yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik alternatif dan juga sebagai sistem energi baru terbarukan. Pemberian daya reaktif oleh kapasitor eksitasi pada terminalnya membuat mesin ini dapat dijadikan sebagai generator induksi (A. N. Akbar, 2015). Perbedaan relatif antara kecepatan putar rotor  $N_r$  dengan kecepatan medan putar stator  $N_s$  disebut dengan kecepatan Slip. Jika kecepatan  $N_s$  lebih cepat dari pada kecepatan  $N_r$  maka slip akan positif (A. Supardi, 2009). Begitu juga sebaliknya ketika kecepatan  $N_r$  pada mesin induksi lebih cepat dari kecepatan  $N_s$  menghasilkan slip negative. Kondisi ini menyebabkan mesin induksi beroperasi sebagai generator induksi. Akan tetapi jika kapasitor mencukupi maka kecepatan medan magnet stator pada generator induksi tidak harus menghasilkan slip negatif (Mahdi Syukri, dkk, 2022).



Gambar 1. Kurva karakteristik mesin induksi

Gambar 1. Memperlihatkan karakteristik dari mesin induksi dimana saat torsi negatif mesin induksi berfungsi sebagai generator induksi.

Generator induksi dapat membangkitkan tegangannya sendiri dengan syarat terdapat muatan listrik pada fluks magnet sisa yang ada di rotor atau kapasitor eksitasi tegangan awal yang dibutuhkan pada saat proses pembangkitan tegangan selanjutnya disebut dengan muatan kapasitor. Apabila telah memenuhi syarat maka proses pembangkitan tegangan akan terjadi.

Pengaturan kapasitansi dari kapasitor eksitasi dapat memberi pengaruh terhadap proses pembangkitan tegangan pada generator induksi. Dilakukan pemasangan kapasitor yang memiliki nilai lebih besar dari kapasitansi minimum yang diperlukan oleh proses eksitasi agar mendapat membangkitkan tegangan pada generator. Apabila kapasitor yang terpasang lebih kecil daripada nilai kapasitansi minimumnya maka proses pembangkitan tegangan tidak akan berhasil. Dan juga supaya terjadinya eksitasi, maka yang diperlukan yaitu hubungan antara nilai kapasitansi dengan kecepatan minimum (J. K. Tambunan, 2009).

Mesin induksi yang digunakan sebagai generator induksi mempunyai berbagai kelebihan diantaranya tidak rumit, biaya perawatan yang murah maupun kapasitas yang mudah untuk didapatkan. Akan tetapi saat generator induksi dioperasikan pada daerah yang terisolir maka daya reaktif yang terpasang harus sesuai dengan nilai yang diinginkan (Suhendri and R. Harahap, 2016).

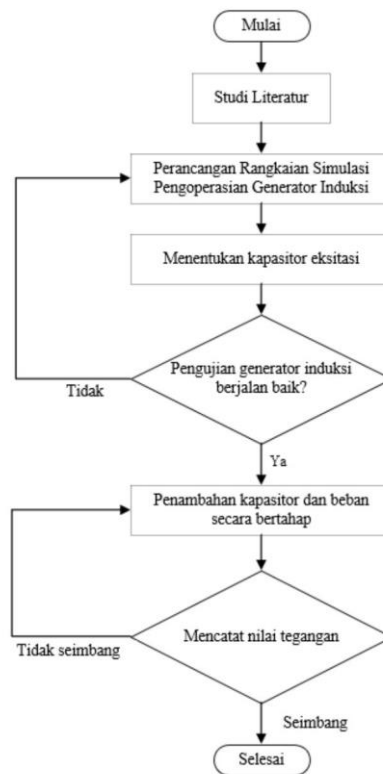
Mesin induksi yang dioperasikan sebagai generator induksi sering dioperasikan pada daerah terisolir (S. Abubakar, dkk, 2017). Terutama jenis generator induksi berpenguatan sendiri atau *self excitation generator induction* (SEIG).

**2. METODE PENELITIAN**

**A. Perancangan Penelitian**

Penelitian dimulai dengan studi literatur dengan mengumpulkan teori-teori yang mendukung penulisan seperti teori mengenai prinsip generator induksi dan hal-hal yang bersangkutan serta teori lainnya yang bersumber dari jurnal dan buku. Kemudian melakukan perancangan rangkaian simulasi pengoperasian generator induksi pada Matlab Simulink. Pada terminal generator induksi dihubungkan kapasitor dengan hubungan bintang serta beban resistif dan juga peralatan ukur, setelah itu dilakukan pengujian pada generator induksi.

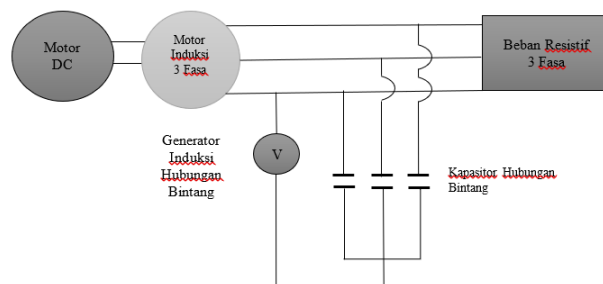
Pengujian akan dilakukan dengan penambahan kapasitor secara bertahap hingga terget yang diinginkan yaitu tegangan yang didapatkan harus konstan. Prinsip kerja dari rancangan sistem untuk penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2. Diagram prinsip kerja sistem.**

**B. Perancangan Blok Diagram**

Adapun tahap perancangan blok diagram pengoperasian generator induksi melalui simulasi Simulink Matlab yang dapat dilihat pada gambar 3.

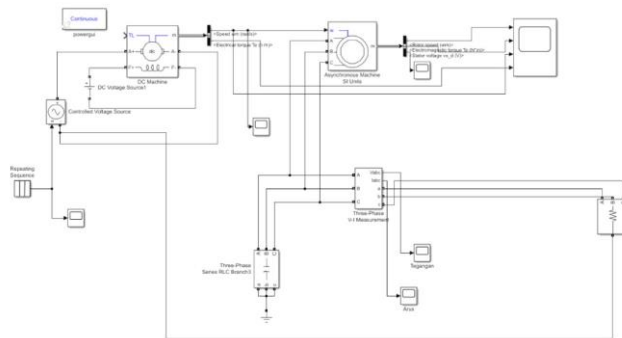


**Gambar 3. Blok Diagram generator induksi.**

Pada Gambar 3 merupakan blok diagram dari generator induksi 3 fasa, yang mana motor DC berfungsi menggerakkan motor induksi sehingga beroperasi sebagai generator induksi. Kapasitor yang terhubung secara bintang akan menyalurkan daya reaktif pada generator induksi untuk proses eksitasi. Penggunaan kapasitor pada generator induksi sebagai penyuplai daya reaktif yang dibutuhkan generator induksi untuk membangkitkan tegangan.

#### A. Perancangan Desain Rangkaian Simulasi pada Matlab Simulink

Perancangan *Desain* rangkaian pada penelitian ini menggunakan simulasi Matlab Simulink. Rangkaian yang dirangkai merupakan rangkaian simulasi generator induksi yang dioperasikan dari hasil slip negatif motor dc dan motor induksi 3 fasa. Dengan adanya rangkaian simulasi dapat menganalisa pengaruh kapasitor terhadap tegangan pada generator induksi. Berikut gambar 4 yang merupakan desain rangkaian yang digunakan pada saat menjalankan simulasi di matlab Simulink.



Gambar 4. Rangkaian Simulasi Generator Induksi pada Matlab Simulink

#### B. Penentuan Besar Nilai Kapasitor

Dimana pada motor induksi dan motor DC terdapat parameter yang akan digunakan sebagai perhitungan penentuan besar nilai kapasitor. Berikut adalah parameter yang digunakan untuk pengoperasian generator induksi.

Tabel 1. Spesifikasi Motor DC

Power (HP)	10 HP
Voltage	240 v
Nominal Speed	1750 RPM

Tabel 2. Spesifikasi Motor Induksi

Power (HP)	10 HP (7.5 KW)
Voltage	400 V
Phase	3
Nominal Speed	1440 RPM
Frequency	50 Hz
No. of pole pair	2
Power Factor	0.8

Untuk penentuan nilai kapasitor, yang pertama dilakukan yaitu mencari nilai daya reaktif yang dibutuhkan motor induksi sebagai generator induksi. Sehingga menghitung nilai daya semua terlebih dahulu.

$$\cos\theta = 0.8 \quad P = 7500 \text{ Watt}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$S = \frac{P}{\cos\theta}$$

$$S = \frac{7500}{0.8}$$

$$S = 9375 \text{ VA} \quad (1)$$

Setelah mendapat nilai daya semua, selanjutnya mencari nilai daya reaktif dari persamaan 2 berikut.

$$\theta = \arcsin 0.8 = 37^\circ$$

$$\sin \theta = 0.6$$

$$Q = S \sin \theta$$

$$Q = 9375 \times 0.6$$

$$Q = 5625 \text{ VAR}$$

$$Q_{fasa} = \frac{Q}{3}$$

$$Q_{fasa} = \frac{5625}{3}$$

$$Q_{fasa} = 1875 \text{ VAR}$$

Kemudian menghitung nilai arus dan tegangan secara perfasanya dengan menggunakan persamaan

$$V_{fasa} = \frac{V}{\sqrt{3}}$$

$$V_{fasa} = \frac{400}{\sqrt{3}}$$

$$V_{fasa} = 230 \text{ V}$$

$$I_{fasa} = \frac{Q_{fasa}}{V_{fasa}}$$

$$I_{fasa} = \frac{1875}{230}$$

$$I_{fasa} = 8.15 \text{ A}$$

Dari nilai arus perfasa dan tegangan perfasa yang didapatkan maka untuk mencari nilai kapasitor minimumnya dengan menggunakan persamaan berikut.

$$C = \frac{I}{2\pi fV}$$

$$C = \frac{8.15 \text{ A}}{2 \times 3.14 \times 50 \times 230}$$

$$C = 112 \mu\text{f}$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pengujian saat Menggunakan Kapasitor 112 $\mu\text{F}$ dengan Hubungan Wye dan Beban R

Hasil pengujian yang dilakukan pada generator induksi 3 fasa dengan kapasitor 112  $\mu\text{F}$  tetap terhadap beban resistif yang divariasikan mulai dari 6800 watt sampai dengan 7500 watt. Pengujian ini dilakukan untuk melihat nilai tegangan yang dihasilkan oleh generator pada saat terjadi pembebanan. Hasil pengukuran tegangan untuk nilai kapasitor tetap dan beban resistif yang divariasikan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

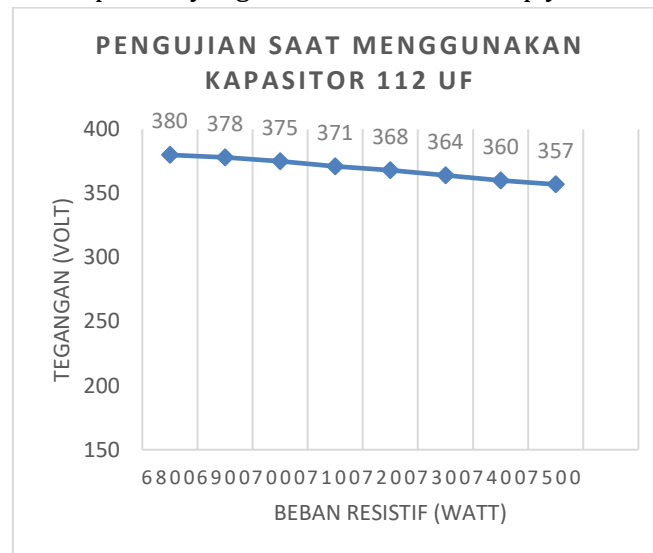
Tabel 3. Pengukuran tegangan pada nilai kapasitor 112  $\mu\text{F}$  tetap dan variasi beban resistif

Beban Resistif (Watt)	VLL (Volt)	Arus Total (A)	Kapasitor ( $\mu\text{F}$ )
6800	380	18	112
6900	378	18.1	112
7000	375	18.2	112
7100	371	18.3	112

7200	368	18.35	112
7300	364	18.4	112
7400	360	18.5	112
7500	357	18.55	112

Data pengujian dan pengukuran yang sudah dilakukan terhadap perubahan beban resistif dengan nilai kapasitor 112  $\mu\text{F}$  tetap menghasilkan tegangan yang tidak konstan adapun nilai tegangan yang dihasilkan seiring bertambahnya nilai beban resistif yaitu 380V, 378V, 375V, 371V, 368V, 364V, 360V, 357V. Dari nilai tegangan yang tidak konstan maka dapat diketahui bahwasanya nilai beban resistif dapat berpengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan pada generator induksi 3 phasa.

Hubungan dari nilai beban resistif terhadap tegangan pada generator ditunjukkan pada Gambar 5 Grafik tersebut menggambarkan tingkat linear hubungan tegangan dengan variasi nilai beban resistif dan nilai kapasitor yang diberikan adalah tetap yaitu 112  $\mu\text{F}$ .



Gambar 5. Grafik pengaruh beban resistif terhadap tegangan pada generator.

### B. Pengujian saat Menggunakan Beban Resistif 7200 watt dengan Hubungan Wye

Hasil pengujian yang dilakukan pada generator induksi 3 phasa dengan menggunakan kapasitor yang bervariasi mulai dari 112  $\mu\text{F}$  hingga 124  $\mu\text{F}$  dan beban resistif tetap yaitu 7200 Watt. Pengujian ini dilakukan untuk melihat nilai tegangan yang dihasilkan oleh generator pada saat menggunakan kapasitor yang berbeda. Hasil pengukuran tegangan untuk nilai kapasitor yang bervariasi dan beban resistif yang tetap yaitu 7200 Watt dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

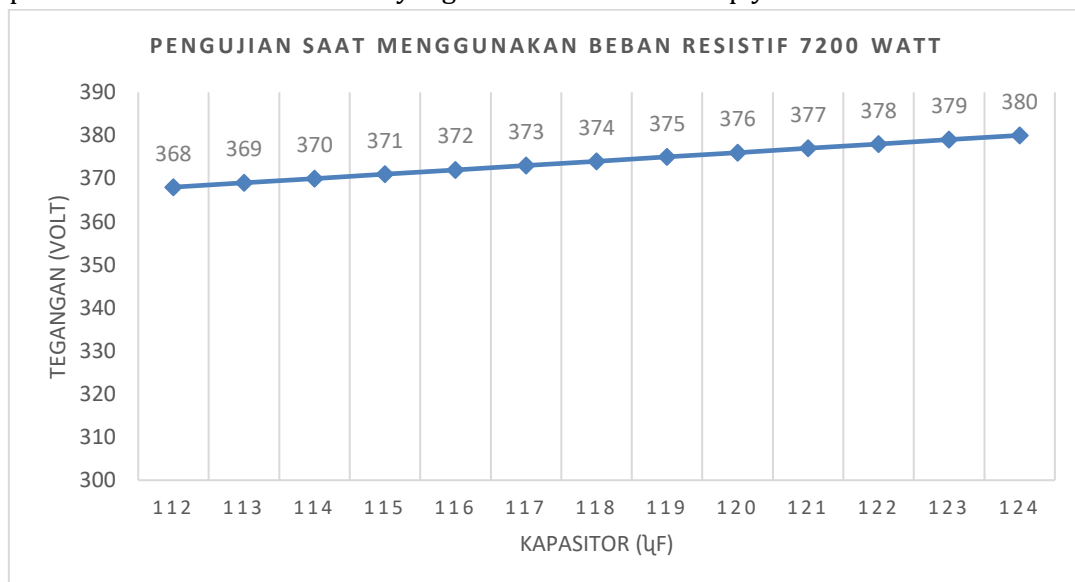
Tabel 4. Pengukuran tegangan pada nilai resistif 7200 Watt dan variasi nilai kapasitor

Beban Resistif (Watt)	VLL (Volt)	Arus Total (A)	Kapasitor ( $\mu\text{F}$ )
7200	368	18.35	112

7200	369	18.4	113
7200	370	18.45	114
7200	371	18.5	115
7200	372	18.56	116
7200	373	18.6	117
7200	374	18.7	118
7200	375	18.72	119
7200	376	18.75	120
7200	377	18.8	121
7200	378	18.85	122
7200	379	18.88	123
7200	380	18.9	124

Data pengujian dan pengukuran yang sudah dilakukan terhadap perubahan nilai kapasitor dengan nilai beban resistif tetap yaitu 7200 Watt menghasilkan tegangan yang tidak konstan adapun nilai tegangan yang dihasilkan seiring bertambahnya kapasitor yang diberikan yaitu 368V, 369V, 370V, 371V, 372V, 373V, 374V, 375V, 376V, 377V, 378V, 379 V, 380V. Dari nilai tegangan yang tidak konstan maka dapat diketahui bahwasanya nilai kapasitor dapat berpengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan pada generator induksi 3 phasa.

Hubungan dari nilai kapasitor terhadap tegangan pada generator ditunjukkan pada Gambar 6 Grafik tersebut menggambarkan tingkat linear hubungan tegangan dengan variasi nilai kapasitor dan nilai beban resistif yang diberikan adalah tetap yaitu 7200 Watt.



Gambar 6. Grafik pengaruh kapasitor terhadap tegangan pada generator.

**C. Pengujian** Tegangan Stabil saat Menggunakan Kapasitor dimulai dari 112 µF

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan adalah mensimulasikan sistem generator induksi dengan menggunakan beban resistif dan kapasitor yang divariasikan. Untuk generator

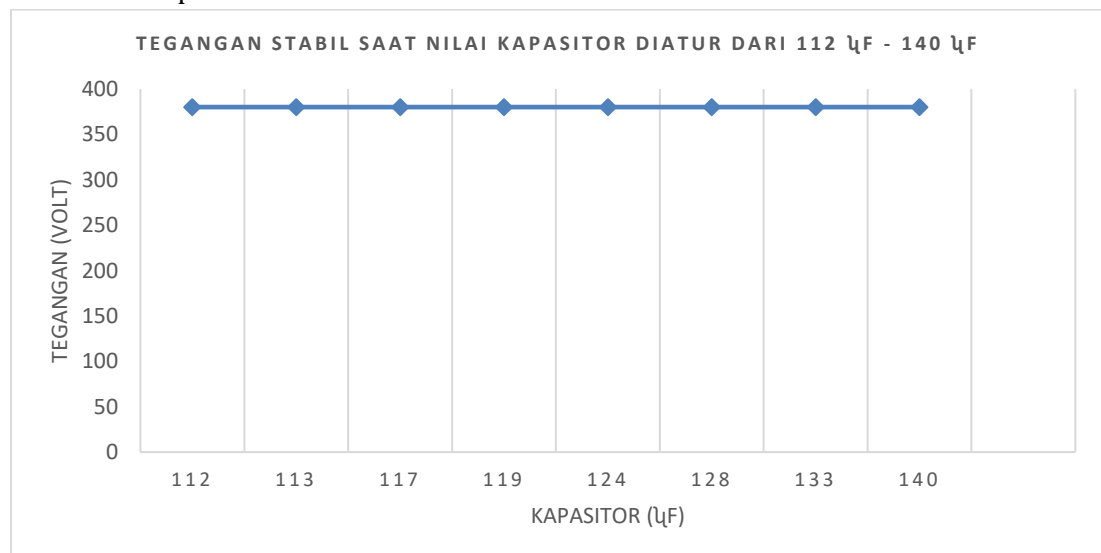
induksi dilengkapi dengan nilai kapasitor mulai dari 112  $\mu\text{F}$ - 140  $\mu\text{F}$  dan beban resistif yang bervariasi dari 6800 Watt -7200 watt menghasilkan tegangan seimbang untuk ketiga fasa. Hasil pengukuran tegangan untuk nilai kapasitor dan beban resistif yang divariasikan dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Pengukuran tegangan pada nilai resistif dan nilai kapasitor yang variasi

Beban Resistif (Watt)	VLL (Volt)	Arus Total (A)	Kapasitor ( $\mu\text{F}$ )
6800	380	18	112
6900	380	18.15	113
7000	380	18.43	117
7100	380	18.62	119
7200	380	18.9	124
7300	380	19.2	128
7400	380	19.43	133
7500	380	19.72	140

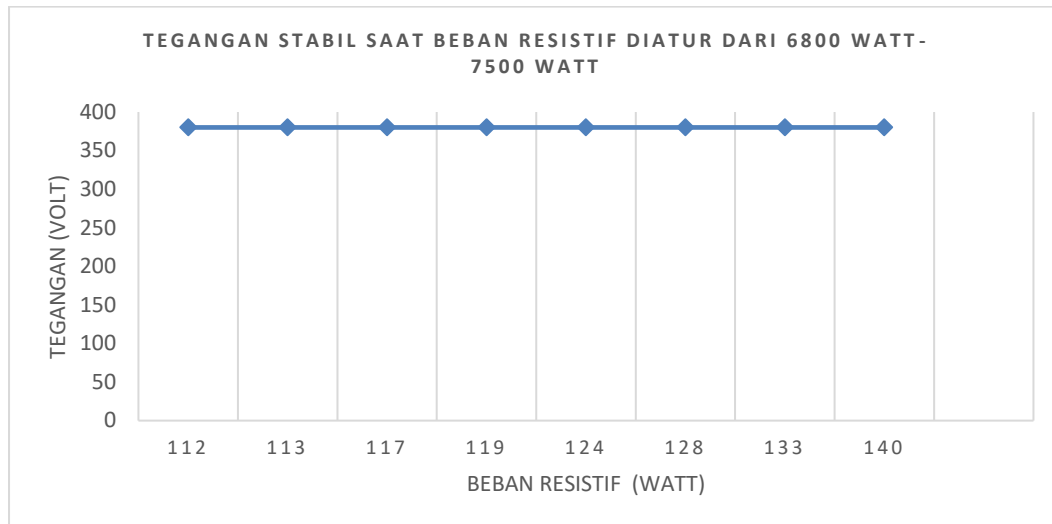
Data pengujian dan pengukuran yang sudah dilakukan terhadap pengaturan nilai kapasitor dan nilai beban resistif yang bervariasi sehingga menghasilkan tegangan yang konstan. Adapun nilai tegangan konstan yang dihasilkan yaitu 380V. Dari nilai tegangan konstan yang dihasilkan maka dapat diketahui bahwasanya nilai kapasitor dan juga beban resistif dapat berpengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan pada generator induksi 3 fasa.

Hubungan dari nilai kapasitor dan beban resistif terhadap tegangan pada generator ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8. Grafik tersebut menggambarkan tingkat linear hubungan tegangan dengan variasi nilai kapasitor dan nilai beban resistif yang diberikan pada generator induksi 3 fasa.



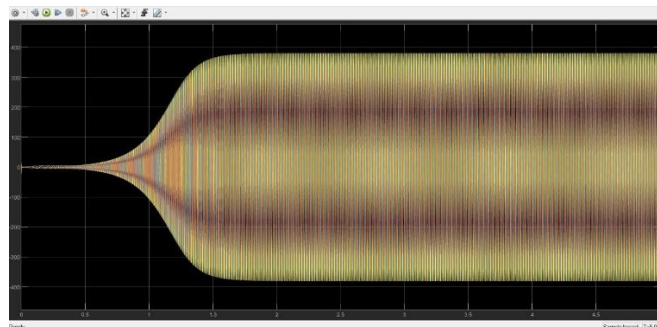
Gambar 7. Grafik tegangan stabil pada kapasitor 112  $\mu\text{F}$  - 140  $\mu\text{F}$





Gambar 8. Grafik tegangan stabil pada beban resistif 6800 – 7500 (Watt)

Pada pengujian generator induksi tereksitasi sendiri diperoleh tegangan dan arus dalam bentuk keluarannya berupa gelombang sinusoidal. Output dari gelombang yang dihasilkan untuk tegangan stabil pada nilai 380 Volt ditunjukkan pada Gambar 9 berikut ini.



Gambar 9. Output sistem berupa gelombang sinusoidal yang dihasilkan untuk tegangan stabil pada nilai 380 Volt

Pada penelitian ini dari beberapa hasil pengujian sistem menunjukkan bahwasanya nilai dari kapasitor dan juga beban resistif mempunyai pengaruh terhadap tegangan pada generator induksi 3 phasa. Tegangan pada generator induksi 3 phasa dapat mencapai stabil di nilai 380 V dengan mengatur beban resistif dan juga kapasitor. Pengaturan beban resistif dan juga kapasitor yang dapat mempengaruhi tegangan dapat dilihat pada Tabel 5, dimana dari hasil yang ditunjukkan pada tabel dapat diketahui bahwasanya saat nilai kapasitor minimum didapatkan sebesar 112  $\mu\text{F}$  mencapai nilai tegangan yang konstan yaitu 380 V saat beban resistif sebesar 6800 Watt. Dan pada saat penambahan beban resistif sebesar 7500 watt maka akan mencapai nilai tegangan yang konstan yaitu 380 V saat kapasitor ditambahkan yaitu sebesar 140  $\mu\text{F}$ .

## PENUTUP

Setelah melakukan penelitian dan pengujian maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai tegangan yang dihasilkan generator induksi saat terjadi perubahan beban resistif mulai dari 6800 Watt – 7500 Watt dengan menggunakan kapasitor 112  $\mu\text{F}$  menghasilkan nilai tegangan yang semakin menurun seiring bertambahnya nilai beban resistif yaitu 380V, 378V, 375V, 371V, 368V, 364V, 360V, 357V. Maka dapat diketahui bahwa penambahan beban dapat mempengaruhi nilai tegangan
2. Hasil pengujian saat menggunakan kapasitor yang bervariasi mulai dari 112  $\mu\text{F}$  – 124  $\mu\text{F}$  dengan beban resistif tetap yaitu 7200 watt menghasilkan nilai tegangan yang tidak konstan yaitu 368V, 369V, 370V, 371V, 372V, 373V, 374V, 375V, 376V, 377V, 378V, 379 V, 380V. Dari nilai tegangan yang tidak konstan maka dapat diketahui bahwa nilai kapasitor dapat berpengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan.
3. Untuk mengatur besaran kapasitor agar mendapatkan tegangan konstan yang dihasilkan generator induksi dengan mengatur beban resistif dan kapasitor yang dapat mempengaruhi tegangan, dimana saat nilai kapasitor minimum didapatkan sebesar 112  $\mu\text{F}$  mencapai nilai tegangan yang konstan yaitu 380 V saat beban resistif sebesar 6800 Watt. Dan pada saat penambahan beban resistif sebesar 7500 watt maka akan mencapai nilai tegangan yang konstan yaitu 380 V saat kapasitor ditambahkan yaitu sebesar 140  $\mu\text{F}$ .

## DAFTAR PUSTAKA

### Jurnal

- A. N. Akbar, M. Ashari, and D. C. Riawan, "Pengaturan tegangan dan frekuensi generator induksi menggunakan VSI untuk sistem tiga fasa empat kawat." pp. 1-6, 2015.
- A. Supardi, J. Susilo, and Faris, "Pengaruh pembebanan terhadap karakteristik keluaran generator induksi 1 fase," J. Emit, vol. 14, no. 02, pp. 1-6, 2009.
- Mahdi Syukri, Raden Saleh<sup>1</sup>, and Rakhmad Syafutra Lubis, "Analisis Pemilihan Nilai Kapasitor pada Generator Induksi Tereksitasi Sendiri Tiga Fasa untuk Beban Resistif," Jurnal Geuthèe: Penelitian Multidisiplin, Vol. 05, No. 01, pp. 72-78, 2022.
- J. K. Tambunan, "Pengaruh Variasi Nilai Kapasitor Terhadap Karakteristik Tegangan pada Pembebanan Mesin Induksi Tiga Fasa sebagai," Universitas Sumatera Utara, 2009.
- Suhendri and R. Harahap, "Analisis dan Simulasi Pengaturan Tegangan Generator Induksi Berpenguatan Sendiri Menggunakan STATCOM," no. 1. pp. 83-88, 2016.
- S. Abubakar, S. Hardi, and R. Alfayumi, "Sistem Pengendali Tegangan pada Generator Induksi 3 Fasa Menggunakan Kontrol PI," JET (Journal of Electrical Technology), vol. 2, no. 3. pp. 18-26, 2017.