

Rancang Bangun Generator Sinkron 1 Fasa Magnet Permanen Kecepatan Rendah 750 RPM

Herudin¹, Wahyu Dwi Prasetyo²

Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

E-mail: ¹he_roe_dien@yahoo.co.id, ²wahyudwi.prasetyo64@yahoo.co.id

Abstrak – Energi listrik merupakan hal yang sangat penting dalam kehidupan manusia untuk meningkatkan kesejahteraan hidup. Untuk memenuhi peningkatan kebutuhan akan energi listrik maka diperlukan juga pengembangan sistem pembangkit energi listrik alternatif yang dapat diperbaharui (*renewable*). Salah satu komponen utama untuk menghasilkan energi listrik alternatif yaitu generator. Generator berfungsi sebagai perubah energy mekanik menjadi energy listrik. Berdasarkan kondisi tersebut maka pada penelitian ini akan dirancang dan dibuat sebuah generator sinkron magnet permanen 8 kutub, satu fasa dengan menggunakan magnet Neodymium Ferit Boron (NdFeB) tipe Neoflux-30 yang dioperasikan pada kecepatan 750 rpm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada saat generator tidak dibebani menghasilkan tegangan sebesar 7,91 Volt dan pada saat berbeban, tegangan yang dihasilkan generator sebesar 6,11 Volt dengan efisiensi sebesar 32,84%.

Kata kunci : Energi Listrik, Generator Sinkron, Magnet Permanen.

Abstract – *Electrical energy is a very important in human life to improve welfare . To meet the increasing demand for electrical energy will require also the development of alternative electrical energy generation systems that can be updated (renewable) . One of the main components for generating electrical energy alternate is generator. Generator function as modifiers of mechanical energy into electrical energy . Under these conditions , this research will be designed and created a permanent magnet synchronous generator 8 poles , one phase by using Ferrite magnet neodymium Boron (NdFeB) type Neoflux - 30 operated at a speed of 750 rpm . The test results showed that when the generator is not encumbered generate a voltage of 7.91 volts . if the generator when loaded , the voltage generated amounted to 6.11 Volt generator with an efficiency of 32.84 % .*

Keywords : *Electrical energy , Synchronous Generator , Permanent Magnet.*

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik merupakan hal yang sangat penting dalam seluruh kehidupan manusia untuk meningkatkan kesejahteraan hidup. Pemanfaatan energi listrik ini secara luas telah digunakan untuk kebutuhan rumah tangga, komersial, instansi pemerintah, industri dan sebagainya. Untuk memenuhi peningkatan kebutuhan akan energi listrik maka diperlukan juga pengembangan sistem pembangkit energi listrik alternatif yang dapat diperbaharui (*renewable*).

Pengembangan dan penerapan sistem pembangkit energi listrik alternatif yang dapat diperbaharui (*renewable*) dengan memanfaatkan beberapa sumber energi seperti: air, angin dan surya serta untuk sistem pengisian baterai. Salah satunya diperoleh dengan melakukan konversi energi mekanik ke energi listrik melalui alat yang dikenal dengan nama generator sinkron [1][2].

Generator sinkron berdasarkan jenis magnetnya terbagi menjadi dua jenis yaitu generator magnet permanen dan generator non-magnet permanen. Perbedaan kedua jenis ini yaitu generator magnet permanen sifat kemagnetan tinggi dan tidak teroksidasi di udara sedangkan non magnet permanen sangat mudah teroksidasi di udara. Lalu, berdasarkan arah fluksi magnetik, generator magnet permanen terdiri dari

dua jenis yaitu fluksi radial dan fluksi aksial. Generator tipe fluksi aksial memiliki keunggulan yaitu tidak bising, ukurannya kecil, perawatan dan konstruksi sederhana [3][4].

Generator sinkron magnet permanen tipe aksial merupakan generator yang posisi rotor dan statornya tegak lurus terhadap porosnya. Generator ini menggunakan magnet permanen pada rotor, sedangkan stator dirancang menggunakan kawat tembaga terisolasi yang dibungkus dengan bahan komposit [5].

II. PERANCANGAN GENERATOR

Terdapat beberapa tahapan dalam pembuatan generator. Sebelum generator di buat langkah pertama adalah melakukan perhitungan beberapa parameter generator seperti, daya, kecepatan, dan jumlah kutubnya. Setelah itu mulai dilakukan fabrikasi dengan terlebih dahulu membuat stator. Setelah stator dibuat maka langkah selanjutnya adalah membuat rotor untuk kemudian digabungkan dengan stator. Setelah rotor dan stator digabungkan maka dilakukan pengujian pada generator untuk kemudian dianalisa. Berikut ini adalah tahapan-tahapan penelitian ini dalam bentuk *flowchart*.

Instrumen Penelitian

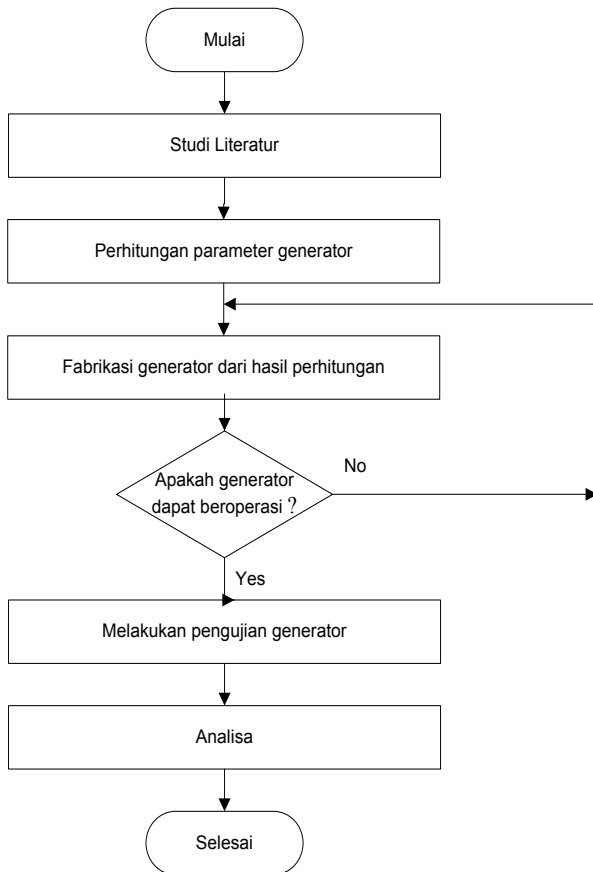
Penelitian ini menggunakan beberapa perangkat keras, yaitu :

a. Motor Induksi

Motor induksi digunakan sebagai penggerak utama (*prime mover*) dari generator. Adapun spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel. 1 Spesifikasi Motor Induksi

No.	Parameter Teknis	Data Teknis
1	Tipe	M300
2	Tegangan	380 V, 3 Fasa
3	Daya motor	3HP
4	Putaran Motor	2500 RPM



Gambar 1. Flowchart Penelitian

b. Enameled Copper Wire (Kawat Tembaga Berenamel)

Kawat tembaga berenamel ini digunakan untuk membuat kumparan stator generator. Jenis ini memiliki daya tahan terhadap suhu sampai dengan 180°C, dan telah dilapisi oleh *polyester-imide* sehingga memiliki daya tahan terhadap temperatur yang sangat tinggi, stabilitas termal baik, dan *high cut-through* (tidak mudah putus).

c. Multimeter Digital

Multimeter digital yang digunakan untuk penelitian adalah *SANWA CD800a*. Multimeter ini digunakan untuk mengukur beberapa parameter seperti tegangan masukan ke motor listrik, serta tegangan dan arus pada keluaran generator sinkron.

d. Osiloskop

Osiloskop adalah alat ukur yang berfungsi memproyeksikan bentuk sinyal listrik agar dapat dilihat dan dipelajari. Dalam penelitian ini digunakan untuk menampilkan bentuk sinyal dari tegangan per fasa dari generator sinkron dan bentuk kurva lisajouss guna mengetahui perbedaan sudut antar fasa keluaran dari generator sinkron. Osiloskop yang digunakan adalah *Tektronix 2235* yang mampu bekerja pada frekuensi 100 Mhz.

e. Neodymium Ferrite Boron Permanent Magnet

Salah satu jenis magnet permanen yang banyak digunakan adalah jenis *neodymium* (juga dikenal sebagai NdFeB, NIB atau Neo-magnet). Pada penelitian ini magnet neodymium yang digunakan berukuran 48x20x10 mm sebagai sumber medan magnet yang terpasang pada alur rotor yang telah dibuat.



Gambar 3. Magnet Neodymium

Pembuatan Stator

Tahap-tahap pembuatan stator yaitu :

- Menentukan banyaknya belitan stator ,

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{E}{4,44 \times k_d \times k_p \times f \times \phi} \quad (5) \\
 &= \frac{33,6}{4,44 \times 1 \times 1 \times 50 \times 0,0004209} \\
 &= 352,8 \text{ belitan}
 \end{aligned}$$

Sehingga banyaknya belitan tiap kumparan adalah:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Jumlah Belitan per Fasa}}{\text{Jumlah Kumparan per Fasa}} \\
 &= \frac{352,8}{4} \\
 &= 88,2 \\
 &\approx 88 \text{ belitan per kumparan}
 \end{aligned}$$

- Selanjutnya yaitu membuat alur stator. Alur ini terbuat dari beberapa lapisan plat tipis yang dijadikan satu. Berikut di bawah ini gambar alur stator.



Gambar 4. Alur Stator

- Lalu tahap selanjutnya yaitu membuat belitan kumparan yang berjumlah 88 lilitan, diameter tembaga sebesar 0,75 mm. Setelah itu, dilakukan pemasangan 88 belitan kumparan tembaga pada alur stator dan terdiri dari 4 buah kumparan.



Gambar 5. Pemasangan Kumparan

Tahap terakhir pembuatan stator yaitu pengecoran stator atau memberi resin stator agar belitan tembaga dan alur tidak terlepas. Berikut spesifikasi satator generator yang telah di buat.

Tabel 2. Spesifikasi Stator Generator

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Diameter luar	0,1665 m
2	Diameter dalam	0,069589 m
3	Panjang inti stator	0,0273 m
4	Tipe bahan kerangka	iron (besi)

Pembuatan rotor

Proses pembuatan rotor terbagi menjadi beberapa tahapan:

- Menentukan jumlah kutub, dengan Putaran per menit (n) = 750 rpm, dan Frekuensi (f) = 50Hz, maka dapat di tentukan jumlah kutub:

$$\begin{aligned}
 p &= \frac{120 \times f}{n} \\
 &= \frac{120 \times 50}{750} \\
 &= 8 \text{ kutub}
 \end{aligned}$$

- Tahap selanjutnya adalah pemasangan magnet permanen dengan sudut yang sudah di tentukan dan dengan pembatas dari kayu agar posisi magnet tidak berubah saat diputar, seperti yang terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 6. Pemasangan Magnet

Berikut adalah spesifikasi rotor yang telah di buat.

Tabel 3. Spesifikasi Rotor Hasil Rancangan

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Diameter Luar	0,1665 m
2	Diameter dalam	0,069589 m
3	Panjang inti rotor	0,0273 m
4	Panjang magnet	0,048 mm
5	Lebar magnet	0,02 m
6	Tinggi magnet	0,01 m

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

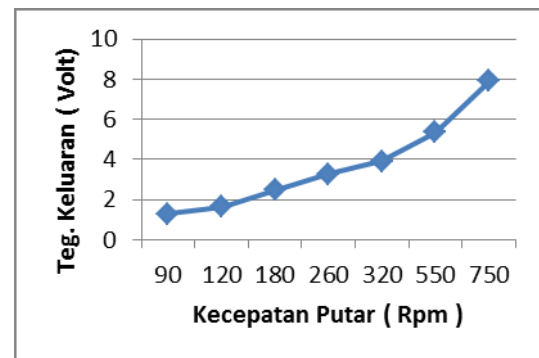
Pengujian Tanpa Beban

Pengujian generator magnet permanen tanpa beban (*no-load test*) dilakukan dengan cara memasang *shaft* generator pada bagian *spindle* motor induksi dan diputar dengan beberapa variasi kecepatan tanpa memberikan beban resistansi pada masing-masing terminal keluaran generator.

Pada proses pengujian generator tanpa beban ini menghasilkan hasil pengujian tegangan generator dengan beberapa variasi kecepatan putar dan pengujian dari tegangan dan arus masukan pada motor.

Table 4. Hasil Pengujian Tanpa Beban

Kecepatan Putar (rpm)	Teg. Keluaran (Volt)
90	1,3
120	1,65
180	2,48
260	3,27
320	3,92
550	5,36
750	7,91



Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Tegangan Generator Magnet Permanen Terhadap Kecepatan Putar

Grafik di atas merupakan grafik hubungan tegangan generator terhadap kecepatan putar, dimana tegangan pada generator semakin bertambah seiring dengan kenaikan kecepatan putar.

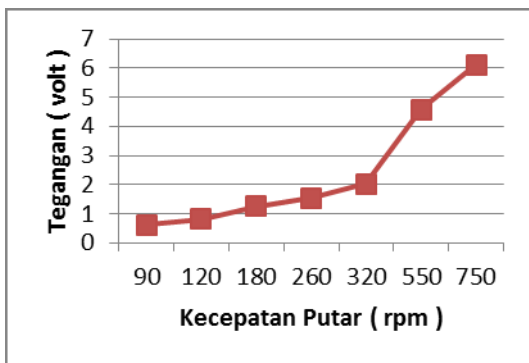
Pengujian Beban Penuh

Pengujian generator beban penuh (*full-load test*) dilakukan dengan cara memasang *shaft* generator pada bagian *spindle* motor induksi dan diputar dengan beberapa variasi kecepatan dengan memberikan beban resistansi pada masing-masing terminal keluaran generator.

Pada Gambar 8 terlihat grafik hubungan antara tegangan (V) terhadap kecepatan putar. Hasil pengujian beban penuh memperlihatkan bahwa besarnya tegangan keluaran saat tanpa beban yang dihasilkan berbanding lurus dengan besarnya kenaikan putaran generator. Adapun hasil pengujian efisiensi generator dapat dilihat pada table di bawah ini

Tabel 5. Hasil Pengujian Tegangan Keluaran Generator Saat Beban Penuh

Kecepatan Putar (rpm)	Teg. Keluaran (Volt)
90	0,61
120	0,82
180	1,26
260	1,53
320	2,03
550	4,58
750	6,11

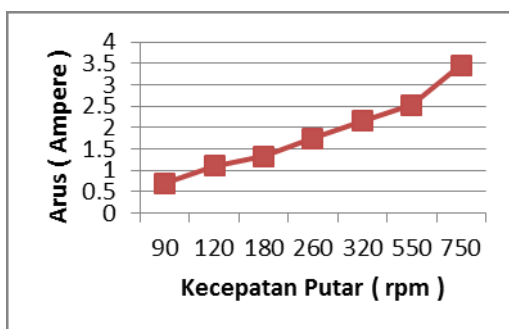


Gambar 8. Grafik Tegangan Terhadap Kecepatan Putar

Tabel 6. Hasil Pengujian Efisiensi Generator

Speed (rpm)	Teg. (Volt)	Arus (A)	P _{out} (W)	P _{in} (W)	Effici (%)
90	1,3	0,7	0,91	80,4	1,132
120	1,65	1,1	1,81	80,4	2,257
180	2,48	1,32	3,27	80,4	4,07
260	3,27	1,74	5,69	82,2	6,92
320	3,92	2,15	8,42	82,2	10,25
550	5,36	2,53	13,5	83,8	16,18
750	7,91	3,45	27,5	83,8	32,84

Pada Gambar 9 terdapat grafik hubungan antara arus beban generator terhadap kecepatan putar generator

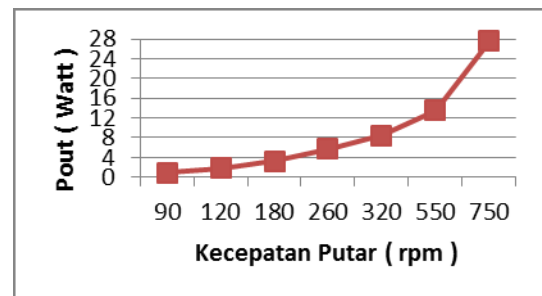


Gambar 9. Grafik Antara Arus beban Generator Terhadap Kecepatan Putar

Nilai arus beban terus bertambah seiring dengan bertambahnya kecepatan putar generator sinkron. Beban

yang digunakan bernilai tetap atau konstan. Sehingga kenaikan jumlah arus beban bukan dipengaruhi oleh kenaikan beban melainkan karena putaran generator sinkron yang bertambah,

Gambar 10 menunjukkan hubungan antara daya keluaran P_{out} terhadap kecepatan putar generator. Daya keluaran P_{out} meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan putar generator sinkron magnet permanen. Hal ini tentu saja karena kenaikan putaran generator akan menghasilkan tegangan induksi lebih besar sehingga arus yang dicatu ke beban akan semakin meningkat.



Gambar 10. Grafik Antara P_{out} Generator Terhadap Kecepatan Putar

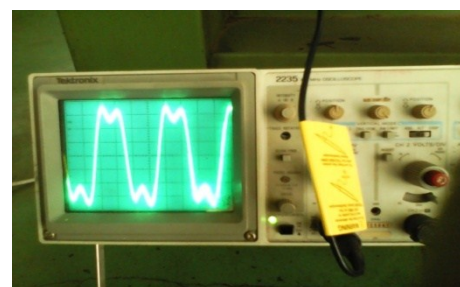
a. Menentukan Regulasi Tegangan

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh regulasi tegangan sebagai berikut:

1. $\Delta V_{(90 \text{ rpm})} = 53,07 \%$
2. $\Delta V_{(120 \text{ rpm})} = 50,3 \%$
3. $\Delta V_{(180 \text{ rpm})} = 49,19 \%$
4. $\Delta V_{(260 \text{ rpm})} = 53,21\%$
5. $\Delta V_{(320 \text{ rpm})} = 48,22 \%$
6. $\Delta V_{(550 \text{ rpm})} = 14,55 \%$
7. $\Delta V_{(750 \text{ rpm})} = 22,88 \%$

b. Menentukan Frekuensi Generator

Bentuk gelombang tegangan pada putaran 750 rpm dapat dilihat pada Gambar 11 di bawah ini.



Gambar 11. Bentuk Sinyal Fasa pada 750 rpm (7,8 Vpp 2 ms)

Dari bentuk sinyal tegangan maka dapat ditentukan nilai frekuensi generator sebesar

$$f = \frac{1}{(7,8 \times 2 \text{ ms})} = 64,1 \text{ Hz}$$

IV. KESIMPULAN

Telah dirancang sebuah generator sinkron magnet permanen satu fasa kecepatan rendah yang beroperasi

pada kecepatan putar 750 rpm dan menghasilkan tegangan sebesar 7,91 Volt pada saat pengujian tanpa beban sedangkan pada saat pengujian beban penuh menghasilkan tegangan 6,11 Volt, daya keluaran sebesar 27,523 Watt, dengan efisiensi 32,84 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muflih, Muhammad. 2004. *Alternator Kincir Angin*. Jakarta: Laporan Penelitian IPTEK
- [2] Hamid. 1994. *Design of Small Electrical Machines*. Chicester: John Wiley & Sons
- [3] Mittle, V.N. 1978. *Design of Electrical Machines*. Delhi: New Chand Jain.
- [4] Theraja, B.L. 1961. *Electrical Technology*. New Delhi
- [5] Zuhail. 2000. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka
- [6] Kadir, Abdul, Ir. 1999. *Mesin Sinkron*. Jakarta: Djambatan
- [7] Rijono, Yon, Drs. 2002. *Dasar Teknik Listrik*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta
- [8] Sulasno, Ir. 2003. *Dasar Teknik Konversi Energi Listrik dan Sistem Pengaturan*. Semarang: Universitas Semarang
- [9] Stephen, J. Chapman. 1999. *Electrical Machinery Fundamentals*. Australia: McGraw Hill.