

Rancang Bangun dan Unjuk Kerja Generator Mini Magnet Permanen NdFeB Fluks Radial sebagai Lampu Indikator *Emergency*

Achmad Maulana Soehada S.

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No. 1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail: maulana@gmail.com

Masuk : 24 Oktober 2017

Direvisi : 1 November 2017

Disetujui : 14 November 2017

Abstrak: Rancang bangun generator mini tipe fluks radial telah berhasil dibuat dimana rotor didesain dengan menggunakan bahan magnet permanen NdFeB berbentuk *rectangular* sebanyak 8 buah (kepadatan fluks magnet 1,28 T). Stator dibuat dengan menggunakan 7 buah kumparan dari kawat tembaga dengan diameter sebesar 0,3 mm dan jumlah lilitan sebanyak 218. Unjuk kerja generator minifluks radial diukur sebagai fungsi kecepatan putar rotor (540 sampai 660 rpm) terhadap output tegangan, arus listrik, daya listrik dan intensitas cahaya yang dihasilkan. Hasil unjuk kerja generator listrik tanpa beban menunjukkan output tegangan maksimum adalah sebesar 219 volt pada kecepatan putar rotor 660 rpm. Pada saat kecepatan putar yang sama dan diberi beban lampu pijar 10 W diperoleh output tegangan, arus listrik, daya listrik dan intensitas cahaya masing-masing sebesar 185 V, 0,36 A, 66,6 W dan 280 Cd. Dengan demikian generator minifluks radial ini dapat diaplikasikan sebagai lampu indikator emergensi (tanda bahaya), khususnya di jalan tol (daerah licin).

Kata kunci: magnet NdFeB, generator mini, fluks radial, output tegangan, intensitas cahaya

Abstract: A flux radial generator have been constructed and tested where the rotor was designed using 8 NdFeB permanent magnets that have rectangular shape (flux density of 1,28 T each). The stator was designed using 7 coils from copper wire with the diameter of 0,3 mm and 218 winding each. The performances of this flux radial generator were tested using different rotation variations (540-660 rpm) as a function of output voltage, current, electrical power and light intensity. The tests suggested that the maximum output voltage of 219 V can be obtained at the rotation of 660 rpm. At the same condition with 10 W load from the lamp, some parameters were achieved: output voltage, current, electrical power and light intensity of 185 V; 0,36A; 66,6 W and 280 Cd, respectively. Thus this mini flux radial generator can be applied as an emergency lamp indicator, particularly on the highway (slippery road).

Keywords: NdFeB magnet, mini generator, flux radial, output voltage, light intensity

PENDAHULUAN

Masih banyak wilayah Indonesia yang belum teraliri listrik, terutamadaerah terpencil, perbatasan dan pulau-pulau terluar [1]. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dibutuhkan sumber energi alternatif, seperti energi baru dan terbarukan sebagai penghasil listrik. Salah satu upaya mengatasi kelangkaan energi listrik adalah dengan pemanfaatan energi air dan angin dalam pembangkit energi listrik baik dalam skala besar maupun dalam skala kecil [2]. Indonesia memiliki potensi angin yang cukup besar terkait dengan bidang energi, namun sistem ini juga memerlukan batere atau media penyimpanan energi. Inovasi terhadap teknologi konversi energi terutama pada generator listrik magnet permanen NdFeB tipe fluks radial dan aksial telah banyak dikembangkan [3-8]. Generator listrik adalah sebuah peralatan yang dapat mengubah energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik [9,10].

Prinsip dari pembangkit listrik tenaga angin tipe Savonius adalah mengubah energi kinetik dari sudu-sudu turbin yang berputar akibat kecepatan angin sehingga memutar generator dan menghasilkan listrik [11-14]. Kinerja komponen generator pada tipe pembangkit listrik ini sangat tergantung pada jumlah dan distribusi

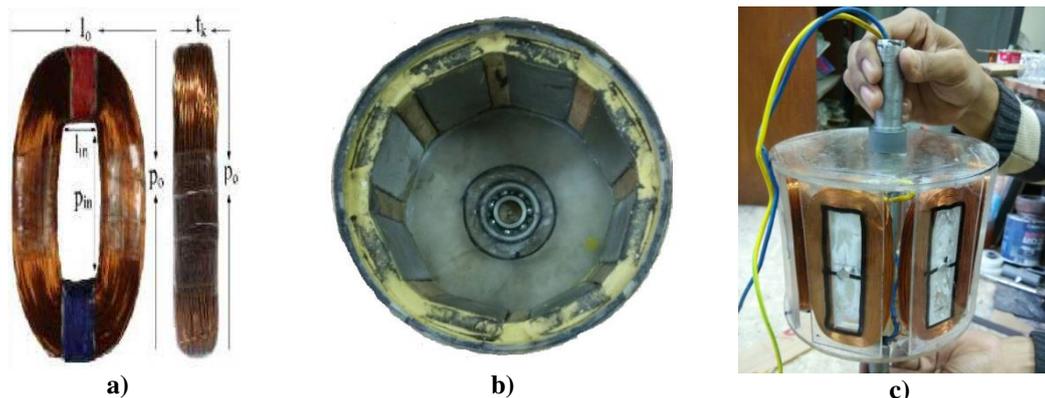
medan magnetik dari magnet permanen NdFeB yang digunakan [2,3]. Selain itu pengaruh parameter desain, kecepatan putar juga mempengaruhi unjuk kerja generator tersebut [15-16].

Pada penelitian ini akan dilakukan rancang bangun generator listrik magnet permanen NdFeB fluks radial model sederhana untuk *emergency lamp*. Variabel penelitian adalah kecepatan putar rotor sebagai fungsi dari output tegangan tanpa dan dengan beban lampu pijar 10 W, arus listrik, daya listrik dan intensitas cahaya. Sedangkan besaran lainnya, seperti: jumlah kumparan, jumlah magnet, jumlah sudu turbin dan besaran lainnya adalah tetap. Berdasarkan daya luaran dari generator listrik magnet permanen NdFeB tipe fluks radial sangat dimungkinkan dapat diaplikasikan sebagai sumber energi listrik pada lampu darurat (*emergency lamp*) di jalan tol khususnya daerah tikungan dan licin.

METODOLOGI

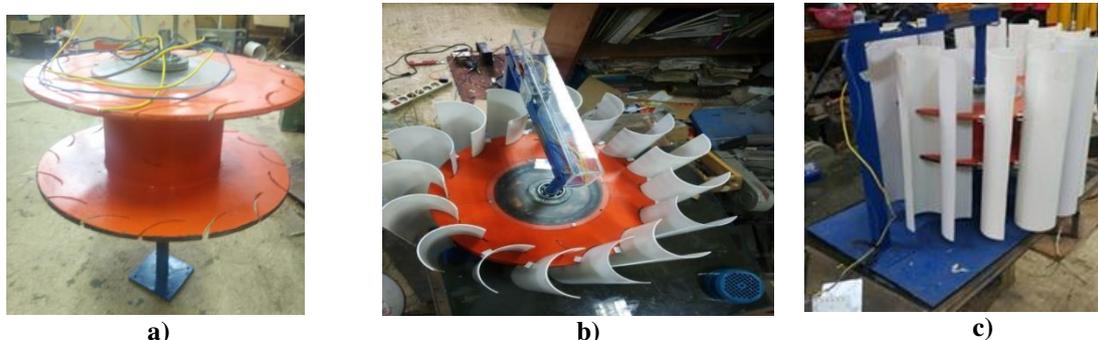
Disain dan konstruksi generator fluks radial manet permanen NdFeB satu fasa yang dibuat terdiri dari stator dan rotor. Stator terdiri dari kumparan kawat tembaga (koil) dengan diameter kawat tembaga 3 mm, digulung hingga mencapai jumlah 218 lilitan dan dibentuk seperti terlihat pada Gambar 1a. Panjang bagian luar, $P_O = 120$ mm, bagian dalam, $P_{IN} = 85$ mm, lebar bagian luar, $I_O = 50$ mm, bagian dalam, $I_{IN} = 20$ mm dan tebal kumparan, $T_K = 10$ mm. Kumparan koil ini dibuat satu fasa, $N_{PH} = 1$ dan mempunyai hambatan total = $97,7 \Omega$.

Rotor dibuat berbentuk cincin selinder, diameter 200 mm, tinggi 130 mm dan tebal 2 mm, berfungsi sebagai tempat kedudukan magnet permanen NdFeB sebanyak 8 buah. Magnet NdFeB yang digunakan berbentuk kotak dengan dimensi, panjang, $P = 150$ mm, lebar, $L = 50$ mm dan tebal, $T = 10$ mm. Susunan magnet diperlihatkan seperti terlihat pada Gambar 1b, dengan jarak antara magnet adalah 20 mm. Sedangkan model generator fluks radial diperlihatkan seperti pada gambar 1c. Jarak celah udara (*air gap*) antara stator dan rotor dibuat tetap sebesar 5 mm, dan poros turbin dipasang tegak lurus pada posisi tengah dengan diameter poros adalah 20 mm.



Gambar 1. a). Bentuk dan dimensi kumparan stator, b). Susunan magnet permanen NdFeB pada rotor, dan c). Model generator fluks radial.

Pada Gambar 2, ditunjukkan bentuk fisik generator fluks radial yang telah dibuat (a), bentuk sudu turbin yang dipasang pada generator (b) dan (c) potongan atas dan depan generator fluks radial yang sudah siap untuk diujicoba. Jumlah sudu turbin dibuat tetap sebanyak 16 buah yang terbuat dari pipa paralon dengan diameter 100 mm, panjang 500 mm dan tebal 2 mm.

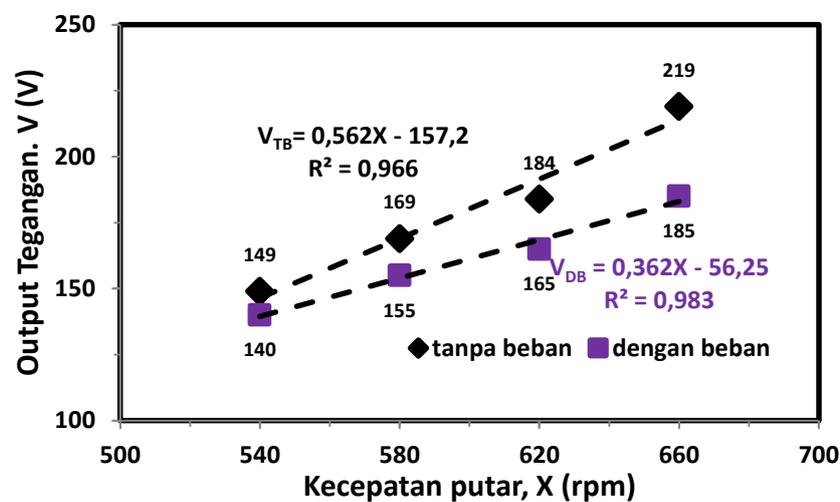


Gambar 2. a). Bentuk generator fluks radial, b). Tampak atas susunan sudu turbin pada generator magnet permanen NdFeB dan c). Tampak depan generator fluks radial.

Pengujian unjuk kerja generator magnet permanen NdFeB fluks radial dilakukan meliputi kecepatan putar rotor diukur dengan menggunakan *tachometer*, output tegangan dan arus diukur dengan *multimeter* dan intensitas cahaya diukur dengan Lux meter dalam satuan candela (Cd). Candela adalah satuan cahaya yang dianggap sama dengan cahaya lilin yang mempunyai sifat menyebar dan dihitung dari kekuatan intensitas cahayanya. Sedangkan daya listrik dihitung berdasarkan nilai output tegangan dan arus yang dihasilkan dengan menggunakan beban lampu pijar 10 watt.

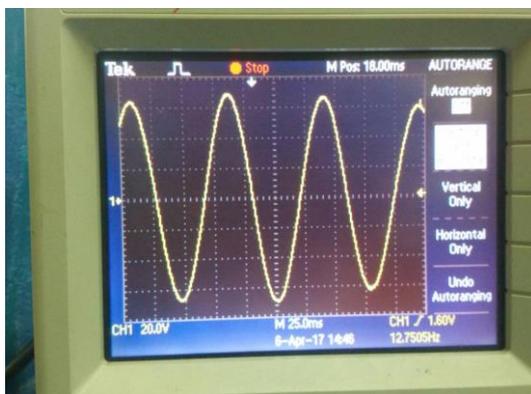
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 3, diperlihatkan hubungan antara kecepatan putar rotor terhadap output tegangan baik tanpa maupun dengan beban lampu pijar 10 watt. Dari gambar 1, terlihat bahwa output tegangan tanpa beban (V_{TB}) relatif lebih tinggi dibanding output tegangan dengan beban (V_{DB}) pada kecepatan rotor (X) yang sama. Perbedaan ini diakibatkan torsi yang dihasilkan dengan beban lampu pijar 10 watt lebih besar dibanding tanpa beban. Output tegangan tanpa beban (V_{TB}) memenuhi persamaan $V_{TB} = 0,562X - 157,2$ dengan tingkat ketelitian mencapai 96,6%. Sedangkan output tegangan dengan beban, $V_{DB} = 0,362X - 56,25$ dan ketelitian mencapai 98,3%. Persamaan di atas hanya berlaku dengan syarat batas kecepatan rotor, X antara 540 sampai 660 rpm.

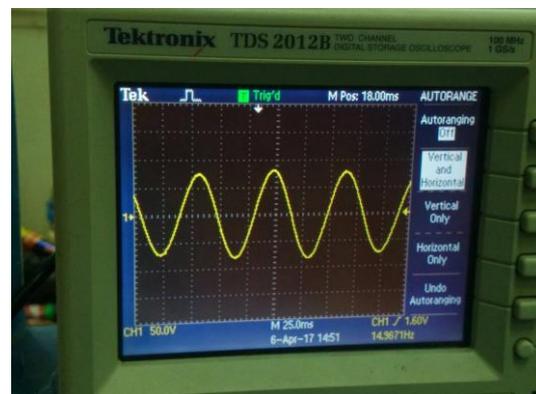


Gambar 3. Hubungan antara kecepatan putar rotor terhadap output tegangan tanpa dan dengan beban lampu pijar 10 W.

Pada Gambar 4, menunjukkan bentuk gelombang sinusoidal dari generator fluks radial satu fasa dengan a). tanpa beban dan b). beban lampu pijar 10 W. Dari gambar sumbu Y berkorelasi dengan amplitudo atau output tegangan dan sumbu X berkorelasi dengan periode, waktu, panjang gelombang dan atau frekuensi. Gelombang sinusoidal ini merupakan hasil dari gerakan rotasi yang dihasilkan oleh rotor dan berputar secara periodik.



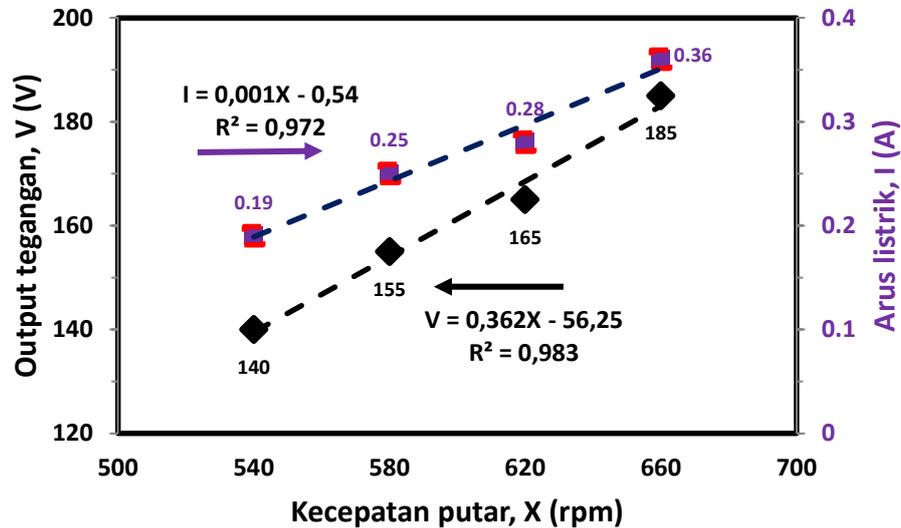
a)



b)

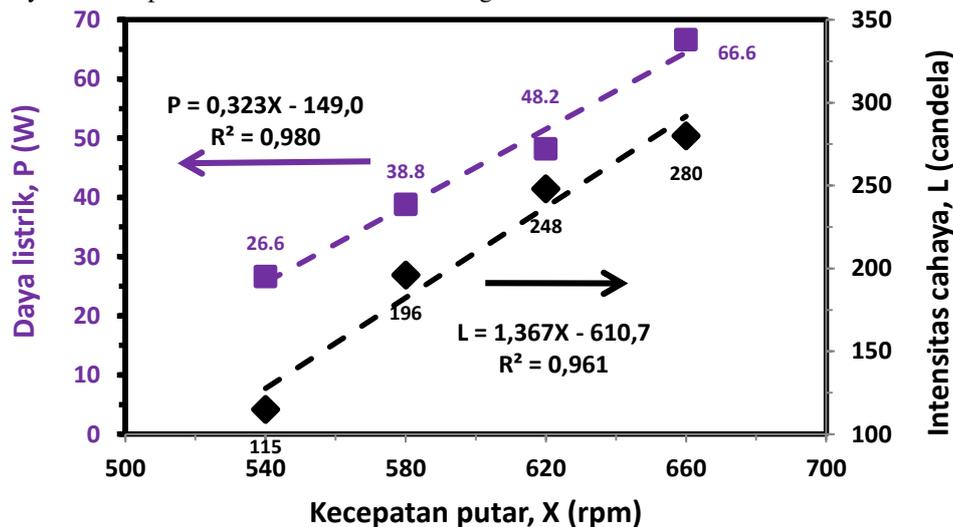
Gambar 4. a).Bentuk sinusoidal dari output tegangan tanpa beban dan b).Bentuk sinusoidal dari output tegangan dengan beban lampu pijar 10 W.

Pada Gambar 5, diperlihatkan hubungan antara kecepatan putar rotor (X) terhadap output tegangan (V) dan arus listrik (I) dengan beban lampu pijar 10 W. Korelasi output tegangan, V terhadap arus listrik, I adalah berbanding lurus, artinya semakin besar tegangan yang dihasilkan maka arus listrik juga akan semakin besar. Dari hubungan antara V dan I ini menunjukkan adanya besaran yang tetap (konstan) merupakan nilai dari resistansi, R dalam satuan ohm. Akan tetapi nilai resistansi, R akan turun dengan naiknya kecepatan putar rotor atau bertambahnya output tegangan generator tersebut. Nilai arus listrik, $I = 0,001X - 0,54$, merupakan persamaan garis dan X adalah kecepatan putar rotor dan tingkat ketelitiannya adalah sebesar 97,2%. Formula ini hanya berlaku dengan syarat batas nilai X antara 540 sampai 660 rpm.



Gambar 5. Hubungan antara kecepatan putar rotor (X) terhadap output tegangan (V) dan arus listrik (I) dengan beban lampu pijar 10 W.

Pada Gambar 6, diperlihatkan hubungan antara kecepatan putar rotor (X) terhadap daya listrik (P) dan intensitas cahaya (L) dengan beban lampu pijar 10 W. Hubungan antara daya listrik, P (W) dan intensitas cahaya, L (candela = Cd) masing-masing terhadap kecepatan putar rotor (X) memenuhi persamaan garis, yaitu: $P = 0,323X - 149$ dan $L = 1,367X - 610,7$. Tingkat ketelitian pengukuran daya listrik, P mencapai 98% dan intensitas cahaya, L sebesar 96,1%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa daya listrik semakin besar tentu intensitas cahaya dari lampu tersebut akan semakin terang.



Gambar 6. Hubungan antara kecepatan putar rotor (X) terhadap daya listrik (P) dan intensitas cahaya (L) dengan beban lampu pijar 10 W.

KESIMPULAN

Telah berhasil dibuat rancang bangun generator minifluks radial magnet permanenNdFeB sederhana.Dari hasil rancang bangun generator minifluks radialmagnet permanen ini menunjukkan adanya korelasi linier antara output tegangan, arus listrik, daya listrik dan intensitas cahaya terhadap kecepatan putar rotor. Pada saat generator listrik bekerja tanpa beban dan kecepatan putar rotor maksimum sebesar 660 rpm diperoleh output tegangan 219 V. Sedangkan pada saat diberi beban lampu pijar 10 W dihasilkan output tegangan, arus listrik, daya listrik dan intensitas cahaya masing-masing sebesar 185 V, 0,36 A, 66,6 W dan 280 Cd. Dengan demikian generator minifluks radial ini lebih tepat diaplikasikan sebagai lampu emergensi (tanda bahaya), khususnya di jalan tol daerah tikungan dan licin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Daryanto Y 2007 *Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu* (Balai PPTAGG-UPT-LAGG)
- [2] Gieras J F, Wang R J dan Kamper M J 2008 *Axial Flux Permanent Magnet Brushless Machines, 2nd ed.* (Springer)
- [3] Muljadi, Sardjono P dan Suprapedi 2015 *Energy Procedia* **68** 282
- [4] Soehada A M, Sebayang P dan Kurniawan C 2017 *Piston* **1** 6
- [5] Nurdianyansyah L F, Tetuko A P, Aryanto D dan Sebayang P 2016 *Telaah* **32** 9
- [6] Simbolon S, Tetuko A P, Sebayang K dan Sebayang P 2017 *Piston* **1** 1
- [7] Tetuko A P, Kurniawan C dan Sebayang P 2013 Simulasi Flux Density Permanent Magnet NdFeB untuk Aplikasi Generator Listrik *Prosiding Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia, Solo, 23 Mei 2013*, **6** 85
- [8] Yanti Y, Nurdianyansyah L F, Tetuko A P, Siregar M R T dan Sebayang P 2013 *Rancang Bangun Generator Mini Tipe Aksial Dengan Menggunakan Magnet Permanen NdFeB dan Kajiannya*, Seminar dan Focus Group Discussion (FGD) Material Maju: Magnet dan Aplikasinya.
- [9] Davila-Vilchis J M dan Mishr R S 2014 *Energy* **65** 631
- [10] Gargov N P, Zobia A F dan Pisica I 2014 *Electric Power Systems Research* **109** 63
- [11] AhSahaUK dan RajkumarMJ *Renewable Energy* **31** 1776
- [12] Loganathan B, Mustary I, Chowdhury H dan Alam F 2017 *Energy Procedia* **110** 555
- [13] Ahmed D and Ahmad A 2013 *Journal of Physics: Conference Series* **439** 012039
- [14] Eriksson S dan Bernhoff H 2011 *Applied Energy* **88** 265
- [15] Feiand W dan Luk P C K 2009 Design and performance analysis of a high-speed air-cored axial-flux permanentmagnet generator with circular magnets and coils *Proc. IEEE int. Eletric Machines & Drives conf.* p.1
- [16] Kurt E, Gör H dan Demirtas M 2014 *Energy Conversionand Management* **77** 163`