

ISBN 978-602-8547-80-2



PROCEEDINGS



SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNIK (SAINSTEK)

KUPANG, 13 NOVEMBER 2012

Bidang Sains



Bidang Teknik



Penerbit UNDANA PRESS

Diselenggarakan Oleh:
Fakultas Sains dan Teknik
UNIVERSITAS NUSA CENDANA

SUSUNAN PANITIA

Pelindung	: Rektor Undana
Penasehat	: Pembantu Rektor II
Penanggung Jawab	: Dekan Fakultas Sains dan Teknik
Wakil Penanggung Jawab	: 1. Pembantu Dekan I 2. Pembantu Dekan II 3. Pembantu Dekan III

Ketua	: Dr. Drs. Frans Kia Duan, M.Si
Wakil Ketua	: Dr. Drs. Ruslan, ST, MT

Sekretaris	: Silvester Tena, ST, MT
Wakil Sekretaris	: Drs. Djeffry Amalo, M.Pd

Tim Pengarah Nasional:

1. Prof. Dr. Ir. H. Salama Manjang, MT) (Teknik Elektro: UNHAS)
2. Prof. Ir. Jamasri, Ph.D (Teknik Mesin : UGM)
3. Prof. Ir. Iswandi Imran, Ph.D (Teknik Sipil: ITB)
4. Dr. Agung Nurlindo (Teknik Pertambangan: ITB)
5. Dr. Herry Z. Kotta, MT (Teknik Pertambangan: UNDANA)
6. Prof. Mangadas L. Gaol, M.Si, Ph.D (Sains: UNDANA)
7. Prof. Dr. Mudasir, M.Eng. (UGM)
8. Yohanes Buang, Ph.D (UNDANA)
9. Prof. Dr. Kamsul Abraha, Ph.D (UGM)
10. Prof. Dr. H. Muslimin Ibrahim, M.Pd (Pendidikan Sains dan Teknik: UNESA)
11. Prof. Dr. Ir. Yohanes Hutabarat, M.Sc (UNDIP)
12. Prof. Dr. Tati Suryati Syamsudin, MS, DEA (ITB)
13. Dr. Bambang Kiranadi (IPB)
14. Prof. Ir. Frans Umbu Datta, MApp.Sc, Ph. D (UNDANA)
15. Prof. Dr. Asep K. Supriatna (UNPAD)

Seksi-Seksi

A. Seksi Kesekretariatan

- | | |
|---|------------------------------------|
| : | 1. Ali Warsito, S.Si, M.Si (Ketua) |
| | 2. Rifat Y. Maromon, ST |
| | 3. Adriana Fanggidae, SKom, M.CS |
| | 4. Woro Sundari, ST, MT |
| | 5. Ariyanto, S.Si, M.Si |
| | 6. Pius D. Olla, S.Si, M.Si |
| | 7. S. Y. Dillak |
| | 8. Oscar Y. Nabon, ST |
| | 9. Don E.G.D. Pollo, ST, MT |

B. Seksi Acara dan Seminar :

1. Yohanes Buang, S.Pd, M.Agr, Ph.D (Ketua)
2. Drs. Theo Da Cunha, M.Si
3. Verdi A. Koehuan, ST, MT
4. Yanto A. Polly, S.Kom, M.CS
5. J. F. M. Bowakh, ST, MT
6. Ir. Joice J. Bana, M.Si
7. Dra. Mona Loreta Ratukore
8. Evtaleny R. Mauboy, ST, MT
9. Fransina Toislaka, S.Si
10. Wiwik Sulandari, STp, M.AP

C. Dokumentasi dan Publikasi:

1. Kristomus Boimau, ST, MT (Ketua)
2. Sudirman S, ST, MT
3. Yusuf Rumbino, ST, MT
4. Jehunias Tanesib, S.Si, M.Sc
5. Remigildus Cornelis, ST, MT
6. Dominggus G. H. Adoe, ST, M.Eng
7. Nursalim, ST, MT
8. Hendro F. J. Lami, ST, MT

D. Usaha Dana :

1. Drs. H.L. Sianturi, M.Si (Ketua)
2. Luther Kadang, STP, M.Si
3. Suliha Neonufa, ST, MT

E. Konsumsi :

1. Yunitha Messah, ST, MT (Ketua)
2. Kristina BR. Ginting, S.Si, M.Si
3. Febri I. Nitbani, S.Si, M.Si
4. Adolfina Tuhehay, Amd

F. Akomodasi dan Transportasi:

1. Drs. Jemi J. Benu, M.Si (Ketua)
2. Arifin S, ST, MT
3. Vincentius Melur
4. Atika Ahab, S.Si, M.Si
5. Herry Lalus, S.Si
6. Nelson Astawa
7. Kamaruddin Usman
8. Oktovianus Ha'e
9. Eben Kupa, ST
10. Esron Mau

GENERATOR AXIAL MAGNET PERMANEN ND-35

A. Prasetyadi^{1,2}

²Politeknik Mekatronika Sanata Dharma Paingan, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta
¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sanata Dharma Paingan, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta,
Telp. (0274)803037
E-mail: pras@usd.ac.id

ABSTRAK

Salah satu tantangan pembangkitan energi skala kecil yang cocok bagi kawasan marginal adalah ketersediaan mesin pembangkit yang efisien dalam putaran rendah. Dilakukan pengembangan generator axial putaran rendah dengan 12 pasang kutub dari magnet permanen ND-35 berdimensi 20 mm x 1,5 mm x 0,5 mm dan 9 buah kumparan dengan diameter penampang 1,5 cm dan panjang lilitan 4 cm. Kumparan dibuat dari kawat 0,45 mm dan inti dari besi paku. Jarak antara kutub magnet dengan inti rata – rata 3 mm. Kumparan disusun menjadi sistem 3 fase dan disearahkan dengan dioda dalam rangkaian star. Pengujian dilakukan dengan mesin mill pada putaran 125, 205 dan 345 rpm. Tegangan keluaran diukur dalam keadaan tanpa beban dan kombinasi beban yang diperoleh dari susunan bola lampu pijar. Pada putaran 125 rpm diperoleh keluaran tegangan 9 volt dalam keadaan tanpa beban dan berturut-turut 7,8 volt, 6,6 volt, 5,7 volt, 5 volt, 4,2 volt, 3,5 volt pada beban 5 watt, 10 watt, 15 watt, 20 watt, 25 watt, 35 watt. Pada putaran 205 rpm, dipunyai keluaran tanpa beban 14,70 volt. Sedangkan dalam keadaan dibebani 10 watt, 15 watt, 20 watt, 25 watt, 35 watt diperoleh keluaran 11,8 volt, 10,2 volt, 8,9 volt, 7,8 volt, dan 6,9 volt. Sedangkan dalam putaran 345 rpm didapat keluaran tanpa beban 25,60 volt dan keluaran dengan beban 35 watt dan 70 watt secara berturut – turut adalah 12,55 volt dan 4,95 volt

Kata Kunci: Generator Axial, Generator Putaran Rendah, Generator Kecil

1. PENDAHULUAN

Pengembangan energi terbarukan bagi kawasan marginal dengan sumber daya terbatas mempunyai tantangan pada ketersediaan piranti pembangkit yang efisien dalam putaran rendah [Fauzi, dkk., 2007, Prasetyadi, 2009]. Generator – generator konvensional biasa berputar pada putaran 1500 rpm atau lebih. Penggunaan roda gigi menjadi tidak efisien untuk sumber daya yang kecil, misalnya pikohidro atau energi angin skala kecil. Putaran yang diharapkan untuk generator jenis ini adalah pada kisaran 200 rpm [Irasari, 2006, Diding, 2007].

Pengembangan pembangkit skala kecil yang efisien untuk sistem mini biasanya menggunakan magnet permanen yang mempunyai rapat fluks magnetik tinggi untuk memperkecil volume. Magnet permanen dari bahan Neodymium biasanya dipilih karena memiliki karakteristik magnetik yang baik sekalipun memiliki kekurangan pada ketahanan pada temperatur tinggi dan korosi [Prasetyadi, 2011].

Daerah kerja pada putaran rendah dicapai dengan menambah jumlah pasangan kutub. Penambahan jumlah pasangan kutub berkonsekuensi pada peningkatan ukuran generator. Untuk mempertahankan pada ukuran layak, dapat dipilih penyearahan keluaran, sehingga frekuensi tidak berpengaruh pada keluaran. Usaha membuat reluktansi magnetik kecil juga dapat dilakukan.

Dengan tujuan mendapatkan sebuah generator dengan magnet permanen yang sederhana dan cocok untuk pembangkit ukuran skala piko yang bekerja pada putaran sekitar 200 rpm, hendak dibuat sebuah generator dengan konstruksi axial dan memiliki 12

pasang kutub magnetik. Keluaran generator disearahkan dengan menggunakan rangkaian dioda star. Kumparan diberi inti dari paku dengan tujuan meningkatkan permeabilitas relatif sehingga reluktansi dapat berkurang.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Konstruksi Generator

Generator yang diuji, dirancang memiliki 12 buah pasang kutub 3 fase. Kutub – kutub disusun dari magnet permanen ND-35 berukuran 20 mm x 15 mm x 5 mm. Magnet – magnet ini disusun pada piringan besi yang dipasangkan pada puli untuk membentuk piringan magnet. Kedua piringan magnet ini disusun secara berhadapan – hadapan dengan kutub utara magnet piringan pertama berhadapan dengan kutub selatan piringan magnet ke -2.

Generator uji memiliki 9 buah kumparan yang diseri dalam 3 fase. Sedangkan masing – masing kumparan dibuat dengan diameter 1,5 cm dan panjang 4 cm. Kumparan – kumparan tersebut dibuat dari kawat e-mail dengan ukuran 4,5 cm dengan jumlah lilitan sebanyak 400 buah.

Penyearahan dilakukan dengan menggunakan rangkaian diode yang memiliki arus maksimum 10 A dalam bentuk star.

2.2 Pengukuran

Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin mill pada putaran 125 rpm, 205 rpm dan 345 rpm. Keluaran DC dihubungkan dengan rangkaian beban

yang tersusun dari lampu – lampu pijar berdaya 5 W yang dipasang secara paralel.

Pengukuran dilakukan pada tegangan keluaran yang dengan menggunakan voltmeter pada variasi jumlah lampu yang disambungkan dan kecepatan putar yang diberikan oleh mesin mill.

Beban diperhitungkan secara teori dengan mencari hambatan masing – masing lampu. Faktor regulasi diperhitungkan dari grafik hambatan terhadap tegangan. Sedangkan faktor koefisien dihitung dari grafik rpm vs tegangan keluaran dengan keadaan tanpa beban.

2.3 Analisis Hasil

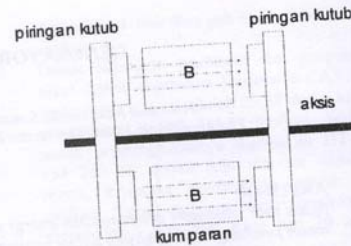
Analisis dilakukan dengan menggunakan grafik hubungan antara beban dan tegangan keluaran. Selain itu, grafik antara rpm dan tegangan keluaran dipergunakan untuk memperhitungkan faktor koefisien dikalikan dengan kuat medan rata – ratanya.

3. HASIL DAN DISKUSI

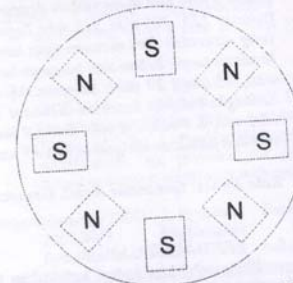
3.1 Generator Axial

Konstruksi generator axial adalah bentuk konstruksi generator dengan arah medan magnet searah dengan aksis generator. Kutub – kutub medan serta kumparan – kumparan terletak sejajar dengan aksis. Kumparan – kumparan dipasang pada piringan kumparan yang akan menjadi stator dan diletakkan di antara kutub – kutub magnetik. Kutub – kutub medan dipasang pada piringan kutub yang sekaligus menjadi rotor dan di lekatkan ke aksis sehingga ketika aksis berputar, kutub – kutub medan ikut berputar. Berputarnya kutub – kutub medan mengakibatkan medan magnetik di antara kutub – kutub tadi ikut berputar dan melewati kumparan – kumparan yang terletak di antaranya. Dengan menyusun kutub – kutub medan secara berurutan antara kutub utara dan selatan, maka arah medan magnetik yang melewati kumparan – kumparan akan berubah – ubah sehingga menimbulkan induksi magnetik yang menghasilkan GGL pada ujung – ujung kumparan. Semakin tinggi putaran kutub – kutub magnetik, akan semakin tinggi pula GGL induksi yang dihasilkan oleh kumparan – kumparan yang dilewati oleh kutub medan tersebut.

Generator axial mempunyai keuntungan dalam bentuk konstruksi yang sederhana. Kelemahan generator jenis ini adalah piringan kutub perlu sangat kuat, karena pada saat bersamaan menahan gaya tarik menarik seluruh pasangan kutub yang dipunyai. Selain itu, untuk ukuran yang besar, konstruksi jenis ini membutuhkan ukuran yang sangat besar.



Gambar 1. Konstruksi Dasar Generator Axial. Arah Medan Magnet Seajar dengan Aksis Generator



Gambar 2. Tampak Muka Posisi Kutub – Kutub Magnetik pada Piringan Kutub (Kutub Magnetik Diletakkan secara Berselang-Seling)

3.2 Sistem Fase Jamak

Generator fase jamak merupakan generator dengan keluaran AC yang memiliki fase lebih dari 1. Dengan jumlah kutub yang sama, penggunaan fase jamak dapat meningkatkan efisiensi. Untuk mendapatkan generator dengan 3 fase AC, diperlukan perbandingan kombinasi jumlah pasang kutub dan kumparan 4 : 3.

GGL induksi yang dihasilkan dari sistem fase jamak dapat dinyatakan sebagai

$$\epsilon = -CN \frac{N_k N_p}{N_{ph}} \phi f \quad (1)$$

dengan ϕ = fluks per kutub, f = putaran per sekon, N = jumlah lilitan kumparan, N_k = jumlah kumparan, N_p = jumlah pasangan kutub, N_{ph} = jumlah fasa, C = koefisien rangkaian fasa.

Daya yang merupakan fungsi tegangan dan arus dapat dipandang sebagai fungsi ggl. Pada sistem dengan fase jamak yang disearahkan menjadi DC, daya dapat dinyatakan dengan persamaan berikut

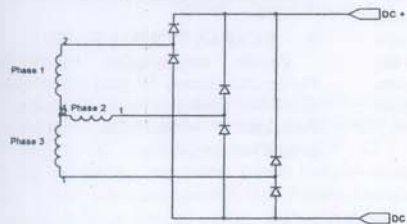
$$\|P\| = \frac{2N_{ph}}{\tau} \int_0^{\tau} \{ \max\{\epsilon(t)\} \}^2 dt \quad (2)$$

dengan N_{ph} = jumlah fasa dan $\epsilon(t) = \epsilon_{max} \sin(\omega t)$.

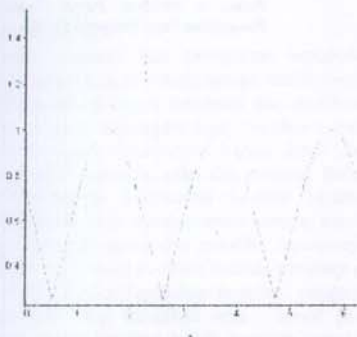
3.3 Penyearah Star

Pada sistem fase banyak, dapat dipilih penyearahan star untuk mendapatkan keluaran DC –

nya. Disebut penyearahan star karena keluaran dan masukkan DC terhubung secara star dengan ujung – ujung kumparan untuk masing – masing fase. Sistem penyearahan star untuk sistem 3 fase ditunjukkan dalam Gambar 3. Sedangkan pola ggl induksi yang disearahkan dengan rangkaian dioda star dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 3. Skematik Penyearahan Star Terhadap Masukan Generator 3 Fase (DC + diperoleh dari tegangan maksimal dari 3 fase yang ada. DC – diperoleh dari minimum dari 3 fase yang ada)



Gambar 4. Pola Tegangan Sinusoidal 3 Fasa yang Disearahkan.

Grafik warna kuning menyatakan tegangan hasil penyearahan dalam konfigurasi star. Grafik lainnya menyatakan tegangan karena penyearahan gelombang penuh (hasil tegangan maksimal dan hasil tegangan minimal). Konfigurasi star menghasilkan tegangan resultan sebagai hasil jumlahan tegangan maksimal dan minimal.

3.4 Hasil Percobaan

Hasil percobaan terhadap generator yang dibuat secara lengkap ditunjukkan dalam Tabel 1. Beberapa beban dilewati untuk menghindari kerusakan beban yang hanya akan bekerja dengan tegangan maksimum 12 volt.

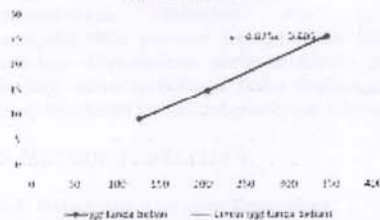
Tabel 1. GGL Induksi sebagai Fungsi Variasi RPM dan Beban

rpm	beban (watt)							
	0	5	10	15	20	25	35	75
125	9	7.8	6.6	5.7	5	4.2	3.5	
205	14.7		11.8	10.2	8.9	7.8	6.9	
345							12.55	4.95

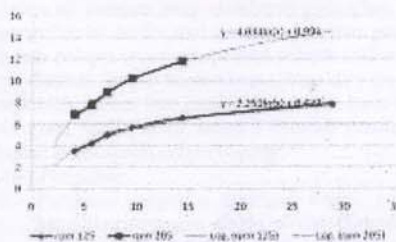
Secara umum, generator ini masih menghasilkan tegangan keluaran yang sebanding dengan putaran dalam keadaan tanpa beban. Hal ini ditunjukkan oleh gambar 5. Semakin tinggi putaran, ggl tanpa beban semakin besar. Pada putaran 125 rpm, tegangan tanpa bebannya adalah 9 volt. Sedangkan pada rpm 205 dan 345 berturut – turut, tegangan keluaran tanpa bebannya mencapai 14,7 V dan 25.6 V. Pada beban 10 watt dan putaran 205 rpm, generator ini masih menghasilkan tegangan hampir 12 volt, yang berarti cukup untuk dipergunakan pada sistem sederhana. Hasil ini lebih dari yang dikerjakan oleh Abrar dalam Haryotejo [...] serta Irasari [2006].

Grafik pada Gambar 5, sekaligus menunjukkan bahwa kuat medan magnet rata – rata tiap kutubnya adalah 8.68 Wb, sehingga rapat medan tiap kutubnya adalah $4,9 \cdot 10^{-4}$ T. Rapat medan ini lebih kecil dari yang dikerjakan Irasari, (2006) yang memberikan tegangan 37 volt pada rapat medan 0,05 T. Sangat mungkin bahwa rendahnya rapat medan ini disebabkan oleh jarak antara kutub dengan kumparan yang masih sangat jauh (hampir mendekati ketebalan magnet permanen itu sendiri).

ggl tanpa beban



Gambar 5. Ggl Tanpa Beban sebagai Fungsi Putaran (Ggl dalam Volt dan Putaran dalam RPM).



Gambar 6. Ggl dengan Beban dalam Ohm.

Tegangan keluaran menurun bersamaan dengan bertambahnya beban. Penurunan tegangan tidak linear, yang berarti bahwa arus juga menurun dengan bertambahnya beban. Penurunan ini ditunjukkan oleh grafik pada gambar 6. Jika sistem tidak dalam keadaan maksimum, sistem akan mempunyai fungsi bagian koefisien 2. Semua koefisien mempunyai nilai yang lebih dari 2, dapat dikatakan bahwa semua sistem dalam keadaan maksimum, sehingga tegangan akan menurun drastis dengan menurunnya beban. Artinya arus yang dihasilkan tidak mengkompensasi penurunan tegangan. Hal ini menunjuk pada kemampuan maksimum magnet yang ditentukan oleh koersifitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Diding Suhardi, " Generator Listrik 100 watt Putaran Rendah untuk Pembangkit Listrik dan Angin Mikro : Disain, Perencanaan, dan Pembuatan", Laporan Penelitian Universitas Negeri Malang, 2007.
- Fauzi Suleiman, T.A., P. Tandian, Nathanael., Rosidin, Nanang, "Perancangan, Pembuatan dan Pengujian Prototipe SKEA Menggunakan Rotor Savonius dan Windside untuk Penerangan Jalan Tol", Riset ITB No 0010/K01.03.2/PL2.1.5/1/2007.
- Haryoto Pujowidodo, Jefri Helian, Gatot Eka Pramono, Abrar Ridwan, "Pengembangan Generator Mini dengan Menggunakan Magnet Permanen", abraridwan.wordpress.com.

4. SIMPULAN

Telah berhasil dibuat generator aksial dengan 12 pasang medan dan 9 kumparan dalam 3 fase dengan medan tersusun dari magnet permanen ND-35. Generator dapat bekerja pada kisaran 200 rpm dengan ggl induksi dari 6.9 V dengan beban sampai 14.7 V dalam keadaan tanpa beban. Beban optimal untuk sistem ini adalah 10 watt,

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih untuk Universitas Sanata Dharma untuk dukungan dana penelitian generator putaran rendah, dan untuk Politeknik Mekatronika untuk dukungan pembiayaan perjalanan.

- Irasari, Pudji., Dwi Hidayati, Nurafni., " Analisis Prototipe Generator Kecepatan Rendah untuk Pembangkit Listrik Skala Kecil", Teknologi Indonesia, 2006, LIPI.
- Prasetyadi, dkk., Membuat Sendiri Kincir Listrik Tenaga Angin Model Horizontal", Modul Pelatihan. 2009.
- Prasetyadi, " Pelatihan Pembuatan Perangkat Kincir Angin Sederhana dari Pipa PVC bagi Masyarakat Petani - Nelayan Pantai Drini ", Laporan Pengabdian Pada Masyarakat. 2011