

## PEMBUATAN DAN PENGUJIAN AWAL GENERATOR AXIAL MAGNET PERMANEN KECEPATAN RENDAH

**Aris Budiman, Dhanar Yuwono Aji, Hasyim Asy'ari**

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57162

Email: siekhai@gmail.com

### Abstraks

Saat ini di negara kita di beberapa daerah mengalami kekurangan pasokan energi listrik. Cadangan energi fosil, seperti batubara, minyak, dan gas bumi juga mengalami penipisan. Di sisi lain masih banyak potensi energi terbarukan yang belum dimanfaatkan secara optimal, seperti misalnya energi angin atau air skala mikro. Proses konversi kedua jenis energi tersebut memerlukan kehadiran generator listrik, terutama jenis yang sesuai untuk kecepatan rendah. Yang dilakukan di penelitian ini adalah membuat generator axial dengan menggunakan magnet permanen. Tujuannya adalah untuk mengetahui karakteristik keluaran dari generator, agar kelak bisa diaplikasikan pada pembangkit listrik terbarukan.

Generator axial kecepatan rendah dengan menggunakan magnet permanen ini, pada bagian rotornya menggunakan magnet permanen sebanyak 8 buah dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 1 cm. Pada stator menggunakan baut baja sebanyak 12 buah dengan jumlah lilitan 800 tiap pole-nya dengan diameter kawat belitan 1mm.

Diperoleh hasil bahwa, pada jarak rotor-stator (air gap) 1 cm dengan kecepatan putar rotor 750, 1000, dan 1200 RPM menghasilkan tegangan output DC dari 24 V, 32 V, 34 V saat tanpa beban dan 8 V, 10 V, 12 V pada saat dibebani 3 buah kipas 12 Volt DC, dengan arus 12 A, 0.13 A, 0.14 A. Tegangan output AC tertinggi sebesar 60 V. Pada jarak stator-rotor 0.5 cm, output tegangan AC tertinggi yang dihasilkan adalah 78 V, serta 72 V dan 12 V DC pada kondisitan pabebandanberbeban.

**Kata kunci :** generator axial, magnet permanen, energi terbarukan

### 1. PENDAHULUAN

Secara umum, saat ini Indonesia tengah mengalami krisis energi listrik, terutama di luar Jawa. Di sisi lain potensi energi yang tersedia masih cukup besar. Ketergantungan PLN sebagai perusahaan penyedia listrik terhadap bahan bakar fosil masih sangat tinggi. Terdapat sebanyak 88% pembangkit yang masih menggunakan energi primer dari fosil, yang terdiri atas 44% batubara, 23% dari BBM, dan 21% dari gas alam. Sementara untuk pembangkit dari energi baru terbarukan seperti panas bumi, matahari, *hydro* dan lainnya baru 13,7% (Detikcom, 2013). Kondisi ini telah memaksa berbagai pihak untuk mencari solusi. Sudah mulai banyak dilakukan penelitian untuk pemanfaatan energi terbarukan tersebut, khususnya untuk tenaga air dan angin. Energi angin dan air tersebut dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin. Energi kinetik turbin/ kincir itu kemudian dikonversi menjadi energi listrik oleh generator. Generator yang banyak tersedia dipasaran biasanya berjenis *high speed induction generator* dimana pada generator jenis ini membutuhkan putaran tinggi dan juga energi listrik reaktif awal untuk membuat medan magnetnya. Melihat potensi air skala mikro yang ada, dibutuhkan generator yang berjenis *low speed* dan tanpa energi listrik awal, karena biasanya ditempatkan di daerah-daerah yang tidak memiliki aliran listrik (AbrarRidwan, dkk: 2005).

Beberapa penelitian sebelumnya telah menghasilkan desain generator magnet permanen kecepatan rendah, namun dengan tegangan output yang masih berada di bawah 220 volt, sehingga untuk menjadikan 220 volt dibutuhkan transformator step up. Proses pembuatan generator oleh peneliti sebelumnya masih bersifat manual. Hal ini dapat kita amati dari penentuan letak magnet permanen. Di mana penentuan letak magnet permanen ini dapat berpengaruh pada medan magnet yang tercipta. Apabila digunakan suatu alat khusus yang dapat menentukan posisi magnet permanen secara presisi diharapkan dapat menciptakan pola medan magnet yang lebih seragam sehingga output generator menjadi lebih maksimal. Jumlah belitan yang juga langsung mempengaruhi besar tegangan output juga perlu ditinjau ulang, tentunya dengan tetap memperhitungkan aspek desain dan ukuran belitannya.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan terciptanya rancangan generator *axial* kecepatan rendah dengan menggunakan magnet permanen secara lebih presisi. Perlu diketahui juga bagaimana karakteristik besaran listrik keluaran dari generator tersebut bila diberikan penggerak mula.

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta dalam 3 bulan.

### 2.1 Bahan dan Peralatan

#### 2.2.1 Peralatan Utama

Bahan dan peralatan utama yang digunakan untuk mendukung penelitian ini adalah :

- a. Multimeter digital pengukur tegangan dan arus.
- b. Magnet permanen 8 buah dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 1 cm
- c. Baut ukuran 1 inch sebagai inti besi sebanyak 12 buah.
- d. Tachometer untuk mengukur kecepatan putaran generator.
- e. Belitan *email* 1 mm dengan jumlah belitan 800 x 12 *pole*.
- f. Generator magnet permanen termodifikasi.
- g. Putaran roda belakang sepeda motor yang dihubungkan dengan rotor sebagai gerakan awal generator.
- h. *Diode bridge* untuk menyearahkan tegangan AC generator.

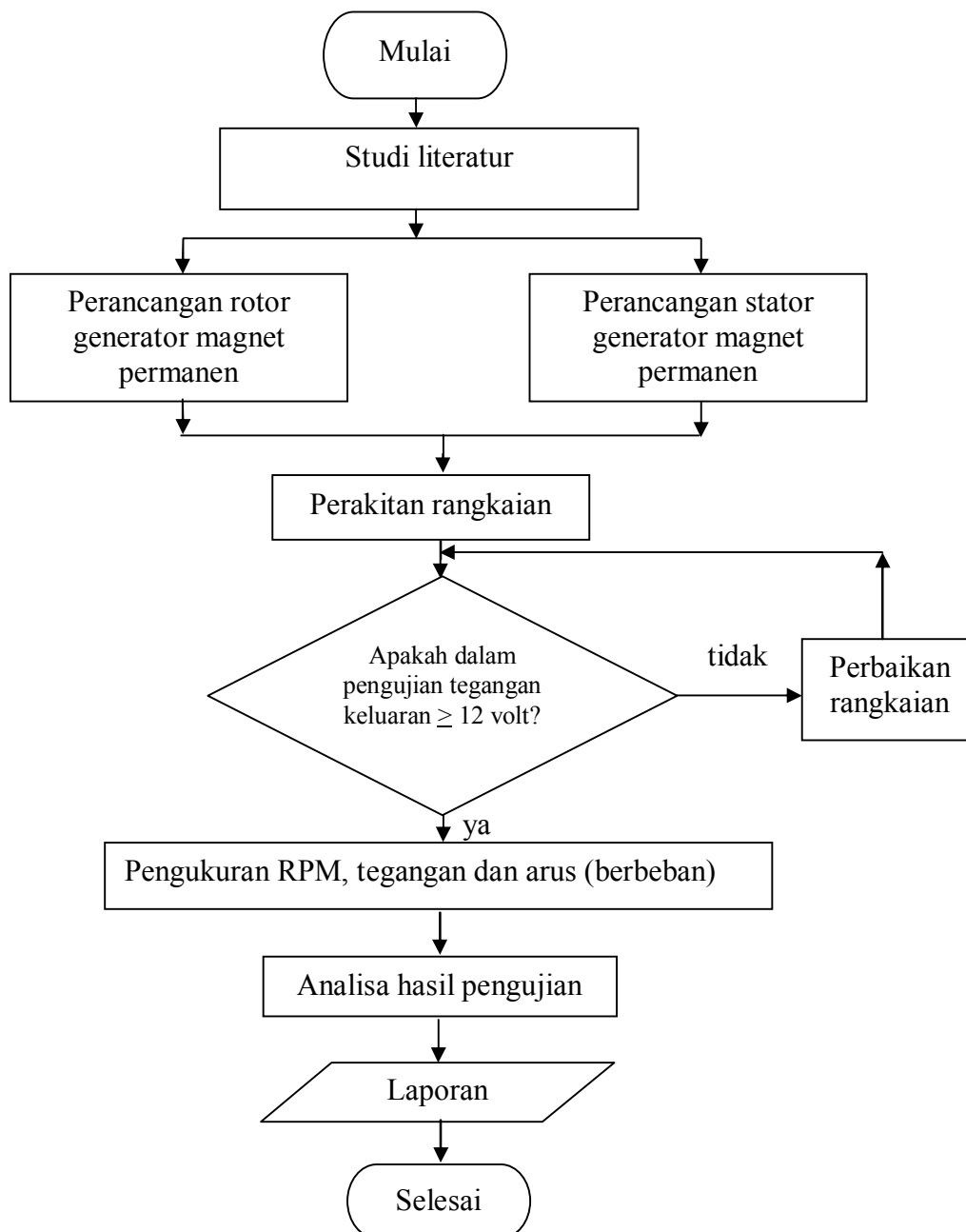
#### 2.2.2 Perlengkapan Pendukung

- a. Perangkat keras (*hardware*) yang digunakan yaitu seperangkat laptop *Compaq* CQ41-110AU yang digunakan untuk menganalisa hasil *output* generator dengan spesifikasi sebagai berikut :
  - 1) Processor AMD Turion(tm) II Dual-Core 2.2GHz.
  - 2) Memory 4096 MB DDR2.
- b. Perangkat lunak (*software*) yang digunakan yaitu *Microsoft Word* untuk penulisan laporan serta *Microsoft Excel* untuk analisa perhitungan tabel dan grafik,
- c. Printer Canon IP2770 untuk mencetak hasil analisa penelitian dan laporan.

### 2.2 Alur Penelitian

- a. Studi literatur  
Studi literatur adalah kajian penulis atas referensi-referensi yang ada baik berupa buku maupun karya-karya ilmiah yang berhubungan dengan penulisan penelitian ini.
- b. Perancangan alat meliputi :
  - 1) Merancang rotor dan stator generator.
  - 2) Merancang lilitan kumparan magnet permanen.
- c. Pembuatan alat meliputi :
  - 1) Membuat rotor dan stator generator magnet permanen sesuai dengan desain.
  - 2) Memasang magnet permanen pada rotor yang telah selesai dibuat.
  - 3) Melilit dan memasang lilitan kumparan magnet permanen.
- d. Pengujian sistem meliputi :
  - 1) Pengujian generator dengan menempelkan rotor pada roda belakang motor.
  - 2) Pengujian dan pengukuran output tegangan dan frekuensi dari generator sebelum dan sesudah dibebani.
- e. Analisa data  
Analisa data yang dilakukan dari pengujian sistem adalah data yang akan diambil berupa data RPM, tegangan dan arus dari generator magnet permanen baik sebelum diberi beban maupun sesudah dibebani, data tersebut kemudian diolah dengan program *Microsoft Excel* yang digunakan untuk perhitungan analisa tabel dan grafik.
- f. Pengambilan kesimpulan  
Pengambilan kesimpulan dilakukan dengan melihat hasil dari pengujian sistem yang telah dilakukan.

### 2.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 2.4 Generator Hasil Rancangan

Generator menggunakan kawat *email* 1 mm dengan jumlah total lilitan 800 x 12 *pole*. Diameter generator 60 cm dan rotornya menggunakan magnet permanen 8 buah. Pada stator ditambahkan inti besi dari baut baja dengan ukuran 1 inch, untuk mendapatkan hasil output tegangan yang lebih baik.



**Gambar 2. Generator Magnet Permanen Axial**



**Gambar 3. Kumparan Stator dan Magnet Permanen pada Rotor Generator**

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **3.1 Hasil Pengujian**

Data penelitian didasarkan pada hasil pengujian generator *axial* kecepatan rendah menggunakan magnet permanen dengan penggerak bantu berupa putaran ban belakang sepeda motor. Data penelitian ini meliputi pengukuran *output* tegangan yang dihasilkan generator sebelum dibebani, pengukuran tegangan setelah dibebani, pengukuran arus setelah dibebani dan pengaruh besaran rpm pada beban yang kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel hasil pengujian dan grafik analisa.

##### **3.1.1 Percobaan Pertama**

Hasil pengujian pertama generator magnet permanen pada tanggal 24 April 2013 dapat dilihat pada tabel 1. Data diambil pada tegangan DC dari *output* generator yang sebelumnya disearahkan menggunakan *diode bridge*.

**Tabel 1. Data ukur untuk celah udara stator–rotor 1 cm dengan beban 3 buah kipas 12 V**

No	Kecepatan Putar / RPM	Tegangan AC (VAC)	Tegangan DC (VDC)		Arus (A)	Keterangan
			Tanpa Beban	Ada Beban		
1	750	50	24	8	0.12	2 Kipas berputar
2	1000	55	32	10	0.13	3 kipas berputar pelan
3	1200	60	34	12	0.14	3 kipas berputar kencang

**3.1.2 Percobaan Kedua**

Hasil pengujian kedua generator magnet permanen pada tanggal 26 April 2013 dapat dilihat pada tabel 2. Data diambil pada tegangan DC dari *output* generator yang sebelumnya disearahkan menggunakan *diode bridge*.

**Tabel 2. Data ukur untuk celah udara stator–rotor 0.5 cm dengan beban 3 buah kipas 12 VDC**

No	Kecepatan Putar / RPM	Tegangan AC (VAC)	Tegangan DC (VDC)		Arus (A)	Keterangan
			Tanpa Beban	Ada Beban		
1	750	42	40	10	0.15	2 Kipas berputar
2	1000	68	64	10	0.16	3 kipas berputar kencang
3	1200	78	72	12	0.17	3 kipas berputar kencang

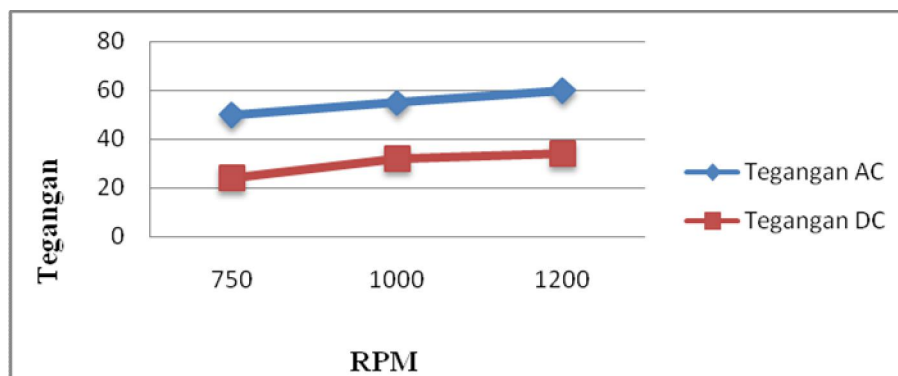
**3.2 Analisis Data**

Sesuai prinsip dasar generator, nilai tegangan yang dibangkitkan generator dipengaruhi oleh :

- a. Jumlah lilitan
- b. Kuat medan magnet ( di sini magnet permanen)
- c. Kecepatan putar rotor

**3.2.1 Analisis Percobaan Pertama**

Percobaan pertama ini dilakukan dengan seting celah udara sebesar 1 cm.

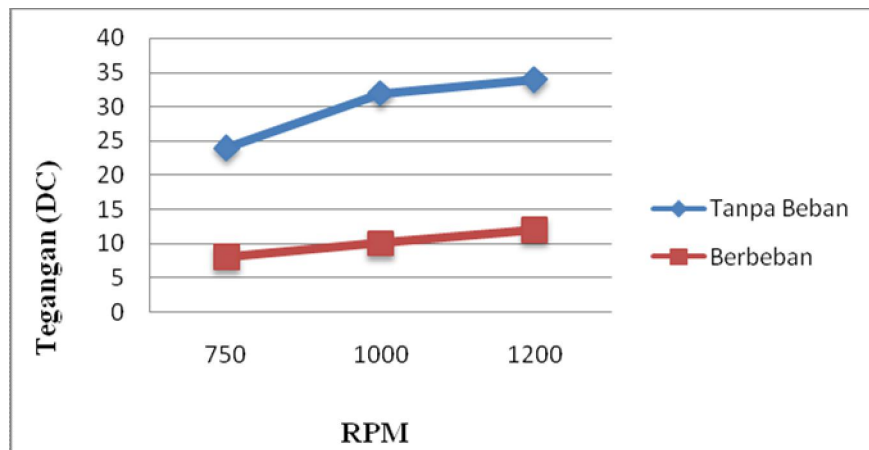


**Gambar 4. Hubungan tegangan output AC dan DC terhadap kecepatan putar rotor**

Gambar 4 menunjukkan bahwa pada kecepatan putar rotor 750 RPM tegangan *output* AC sebesar 50 Volt dan tegangan *output* DC sebesar 24 Volt. Pada kecepatan putar rotor 1000 RPM tegangan *output* AC sebesar 55 Volt dan tegangan *output* DC sebesar 32 Volt. Pada kecepatan

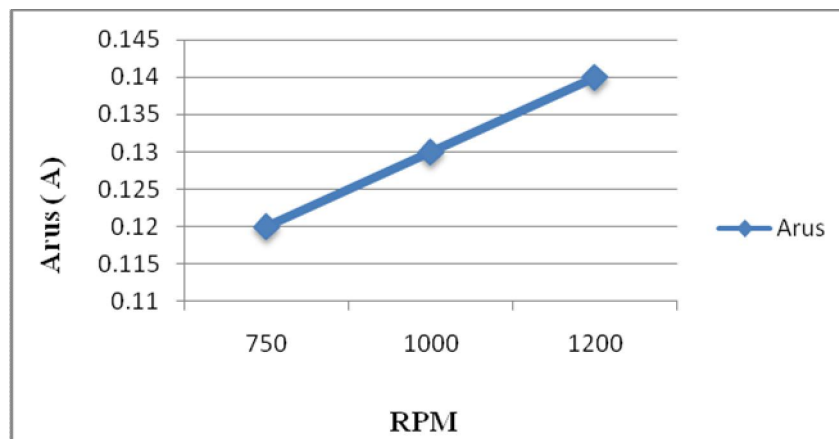
putar rotor 1200 RPM tegangan *output* AC sebesar 60 Volt dan tegangan *output* DC sebesar 34 Volt.

Semakin tinggi kecepatan putar rotor (RPM) semakin tinggi pula tegangan *output*-nya. Tegangan *output* DC merupakan tegangan keluaran searah setelah dilewatkan melalui dioda bridge. Tegangan DC dipilih karena pada tegangan *output* AC generator tidak mencapai target yang diharapkan setelah melalui beberapa *treatment*.



**Gambar 5. Hubungan tegangan *output* DC dan RPM saat tanpa beban dan setelah diberi beban**

Gambar 5 menunjukkan bahwa pada RPM 750, tegangan *output* generator sebesar 24 Volt sebelum dibebani dan 8 Volt setelah dibebani. Saat RPM 1000, tegangan *output* generator sebesar 32 Volt sebelum dibebani dan 10 Volt setelah dibebani. Pada RPM 1200, tegangan *output* generator sebesar 34 Volt dalam keadaan tanpa beban dan 12 Volt setelah diberi beban.



**Gambar 6. Grafik hubungan nilai arus yang mengalir terhadap RPM akibat pembebanan**

Gambar 6 menunjukkan bahwa pada kecepatan putar rotor 750 RPM arus yang mengalir sebesar 0.12 A, pada kecepatan putar rotor 1000 RPM arus yang mengalir sebesar 0.13 A, pada kecepatan putar rotor 1200 RPM arus yang mengalir sebesar 0.14 A. Semakin tinggi kecepatan putar rotor (RPM) semakin tinggi pula arus yang mengalir ke beban.

Tegangan *output* DC mengalami penurunan atau drop tegangan ketika terpasang beban. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.3.

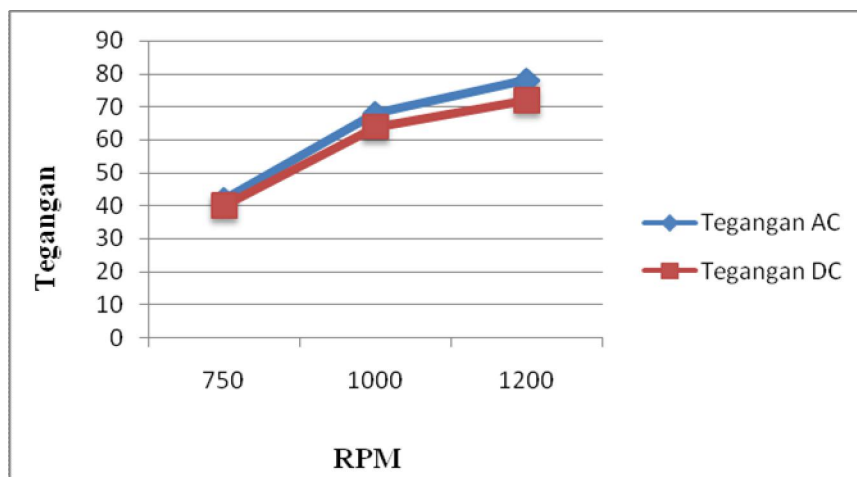
**Tabel 3. Drop tegangan pada percobaan pertama**

No	Kecepatan Putar / RPM	Tegangan DC		Arus (A)	Drop Tegangan (Volt)
		Tanpa Beban	Ada Beban		
1	750	24	8	0.12	16
2	1000	32	10	0.13	12
3	1200	34	12	0.14	12

Pembebanan sebesar 9 Watt pada putaran rotor 750 RPM mengakibatkan terjadinya penurunan tegangan *output* generator sebesar 66.7 %. Pada nilai beban yang sama, kenaikan kecepatan putar rotor menyebabkan *drop* tegangan sebesar 37.5 % dan 35 %. *Drop* tegangan ini sebanding dengan arus yang ditarik beban dan impedansi.

**4.1.1. Analisis Hasil Percobaan Kedua**

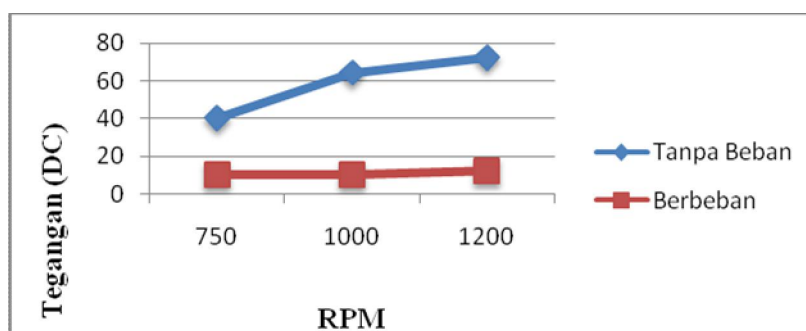
Hasil percobaan kedua yang ditunjukkan pada gambar 7 menunjukkan nilai tegangan AC dan tegangan DC generator pada celah udara rotor -stator 0.5 cm.



**Gambar 7. Hubungan tegangan *output* AC dan DC (Volt) terhadap kecepatan putar rotor (RPM).**

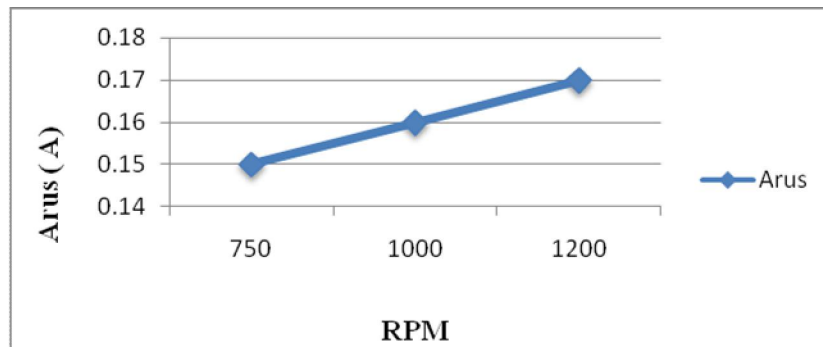
Grafik pada gambar 7 menunjukkan bahwa pada kecepatan putar rotor 750 RPM, tegangan *output* AC sebesar 42 Volt dan tegangan *output* DC sebesar 40 Volt. Pada kecepatan putar rotor 1000 RPM, tegangan *output* AC sebesar 68 Volt dan tegangan *output* DC sebesar 64 Volt. Pada kecepatan putar rotor 1200 RPM tegangan *output* AC sebesar 78 Volt dan tegangan *output* DC sebesar 72 Volt.

Semakin tinggi kecepatan putar rotor (RPM) semakin tinggi pula tegangan *output*-nya. Tegangan *output* DC merupakan tegangan keluaran searah setelah dilewatkan melalui *diode bridge*. Tegangan *output* DC dipilih karena pada tegangan *output* AC generator yg dibuat tidak mencapai target yang diharapkan setelah melalui beberapa *treatment*.



**Gambar 8. Hubungan tegangan *output* DC generator dan nilai RPM saat tanpa beban dan setelah diberi beban**

Gambar 8 menunjukkan bahwa pada RPM 750, tegangan *output* generator sebesar 40 Volt sebelum dibebani dan 10 Volt setelah dibebani. Saat RPM 1000, tegangan *output* generator sebesar 64 Volt sebelum dibebani dan 10 Volt setelah dibebani. Pada RPM 1200, tegangan *output* generator sebesar 72 Volt dalam keadaan tanpa beban dan 12 Volt setelah diberi beban.



**Gambar 10. Grafik hubungan arus terhadap RPM**

Gambar 10 menunjukkan bahwa pada kecepatan putar rotor 750 RPM arus yang mengalir sebesar 0.15 A, pada kecepatan putar rotor 1000 RPM arus yang mengalir sebesar 0.16 A, pada kecepatan putar rotor 1200 RPM arus yang mengalir sebesar 0.17A. Semakin tinggi kecepatan putar rotor (RPM) semakin tinggi pula arus yang mengalir ke beban. Ini terkait dengan kondisi tegangannya.

Tegangan *output* DC mengalami penurunan atau *drop* tegangan ketika terpasang beban. Hal ini ditunjukkan oleh tabel 4.4.

**Tabel 4. Drop tegangan pada percobaan kedua**

No	Kecepatan Putar / RPM	Tegangan DC		Arus (A)	Drop Tegangan (Volt)
		Tanpa Beban	Ada Beban		
1	750	40	10	0.15	30
2	1000	64	10	0.16	54
3	1200	72	12	0.17	60

Pembebanan sebesar 9 Watt pada putaran rotor 750 RPM mengakibatkan terjadinya penurunan tegangan *output* generator sebesar 75 %. Seperti juga di percobaan sebelumnya, nilai drop tegangan ini terkait dengan impedansi rangkaian dan nilai arus yang ditarik. Sedangkan nilai arus dipengaruhi oleh tegangannya. Nilai tegangannya inilah yang terkait langsung dengan putaran mesin.

## 5. KESIMPULAN

Generator jenis axial magnet permanen dalam pembuatannya secara umum lebih sederhana dibanding jenis silinder fluks radial, mengingat untuk tipe radial, letak statornya melingkupi rotor. Hal ini membuat konstruksi generator axial lebih mungkin dibuat dalam skala bengkel kecil, yang tentu saja akan membuatnya lebih mudah diaplikasikan untuk daerah yang lebih terpencil.

Data besaran listrik yang diperoleh menunjukkan bahwa kinerja generator axial hasil rancangan sudah memenuhi target tegangan DC sebesar 12 volt, namun masih memiliki daya output yang kecil, yang ditunjukkan dengan kemampuannya dalam memikul beban. Tegangan output ini sangat dipengaruhi oleh aspek celah udara, banyak belitan, dan putaran mesin. Secara umum celah udara yang sempit akan memberikan tegangan yang lebih besar, karena ini akan membuat fluks magnet sampai di belitan dengan lebih besar pula. Besar tegangan juga sebanding dengan banyak belitan. Putaran mesin yang cepat akan membuat nilai kecepatan perubahan fluks yang besar. Ini akan menaikkan tegangan induksinya.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Irasari, Pudji, (2008), *Analisis Prototipe Generator Kecepatan Rendah untuk Pembangkit Listrik Skala Kecil*, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).
- Pradana, Andi, (2012), *Desain Jarak Stator Dengan Rotor yang Paling Optimal pada Generator Magnet Permanen*. Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ridwan, Abrar, dkk, (2005), *Pengembangan Generator Mini dengan Menggunakan Magnet Permanen*, Program Pasca Sarjana, Universitas Indonesia.
- Dhany, Rista Rama, (2013), *Ring of Fire Geothermal: Indonesia Krisis Listrik di Lumbung Energi*, [www.detik.com](http://www.detik.com), diakses tanggal 22 November 2013 jam 11.08 wib.
- Siregar, Obil Parulian, (2012), *Desain Motor untuk Sepeda Listrik*, Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta.