

## DESAIN GENERATOR TIPE AXIAL KECEPATAN RENDAH DENGAN MAGNET PERMANEN

Hasyim Asy'ari, Dhanar Yuwono Aji, Fahrur Septian Candra  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani tromol pos 1 pabelan kartasura surakarta  
asy\_98ari@yahoo.com

### ABSTRAKSI

Generator adalah mesin listrik yang mengubah energy mekanik menjadi energy listrik, pembangkit listrik konvensional secara umum menggunakan generator sinkron kecepatan tinggi, hal ini dikarenakan generator yang ada dipasar banyak yang memiliki putaran tinggi dan energy yang didapatkan oleh penggerak utama berasal dari bahan bakar minyak dan batubara. Menipisnya cadangan bahan bakar minyak dan batubara berdampak terjadinya krisis energy, hal ini banyak mengundang perhatian secara khusus oleh kalangan peneliti dan praktisi untuk memanfaatkan potensi alam yang sifatnya terbarukan, salah satunya adalah cahaya matahari, angin dan air. Pembangkit listrik tenaga angin dan air sangat cocok menggunakan generator kecepatan rendah mengingat potensi yang ada pada level sedang. Sehingga penelitian ini bertujuan mendesain generator kecepatan rendah dengan penguatan medan magnet permanen.

Penelitian ini terbagi dalam tiga tahap yaitu menentukan kerangka berdasarkan ukuran magnet permanen yang digunakan yaitu 10 x 10 x 1 cm, perakitan tiap komponen dari desain, email yang digunakan berdiameter 1 mm, dan tahap yang terakhir adalah pengujian generator magnet permanen skala laboratorium.

Hasil penelitian *generator magnet permanen adalah pada jarak rotor-stator 1 cm dengan kecepatan putar rotor 750, 1000, dan 1200 RPM menghasilkan tegangan output DC dari 24 V, 32 V, 34 V pada kondisi tanpa beban dan 8 V, 10 V, 12 V pada kondisi dibebani 3 buah kipas 12 Volt DC. Sedangkan arus akibat pembebanan adalah 0.12 A, 0.13 A, 0.14 A.*

**Kata Kunci:** *Generator Axial, Kecepatan Rendah, Magnet Permanen*

### 1. Pendahuluan

Menipisnya cadangan minyak bumi yang dimiliki Indonesia berdampak terhadap membengkaknya biaya operasional Perusahaan Listrik Negara (PLN), hal ini disebabkan 80% pembangkit listrik yang ada di Indonesia terkategori sebagai pembangkit konvensional yang energy primer berasal dari minyak dan batubara, untuk itu perlu kajian yang spesifik dan berkesinambungan terhadap pemanfaatan potensi alam yang sifatnya terbarukan (*wind energy*, Mikrohidro, Sinar Matahari). Banyak sekali peneliti membuat kincir angin dan kincir air untuk dirubah menjadi energi listrik. Kedua jenis kincir ini pastilah membutuhkan generator untuk merubah energi mekanis menjadi energi listrik yang dinamakan generator.

Generator yang tersedia dipasaran biasanya berjenis *high speed induction generator*, pada generator jenis ini

membutuhkan putaran tinggi dan juga membutuhkan energi listrik awal untuk membuat medan magnetnya. Sedangkan pada penggunaan kincir angin dan kincir air membutuhkan generator yang berjenis *low speed* dan tanpa energi listrik awal, karena biasanya ditempatkan di daerah-daerah yang tidak memiliki aliran listrik. Oleh sebab itulah, kajian ini terkait bagaimana mengembangkan generator mini yang bisa digunakan pada kincir angin/air ataupun sumber penggerak yang lain. Generator yang dibuat haruslah murah, mudah dibuat, mudah perawatannya, *low speed, high torque* serta bisa dikembangkan (*scaled up*). Desain generator magnet permanen kecepatan rendah yang dikembangkan, yaitu generator mini dengan menggunakan permanent magnet berjenis *rare magnet* (NdFeB), *axial flux*.

Generator magnet permanent sangat efisien untuk digunakan karena mampu

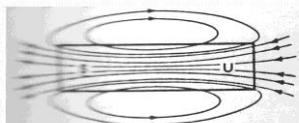
bekerja baik pada kecepatan putar yang rendah. Kemudahan dalam pembuatan dan juga *scale up* generator magnet permanen sangat memudahkan dalam mendesain generator dengan kapasitas daya tertentu, tegangan tertentu dan kecepatan kerja tertentu hanya dengan mengubah parameter seperti kekuatan fluks magnet, jumlah kumparan dan belitannya, jumlah magnet serta ukuran diameter kawat (Hariyotejo P, 2009).

Generator magnet permanen cocok untuk kapasitas antara 25 kW sampai dengan 100 kW. Generator magnet permanen memiliki karakter ukuran dan berat yang lebih kecil dibandingkan dengan generator jenis lain (Keith Bennett, 2005).

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan listrik (Anya P. Damastuti, 1997).

Apabila sepotong bahan *magnetik* keras mengalami suatu gaya *pemagnetan* yang kuat, domain-domainnya akan tersusun secara teratur pada arah yang sama. Jika gaya *pemagnetan* dihilangkan, maka sebagian besar domain tetap dalam kedudukan yang teratur dan dihasilkan suatu *magnet permanen*. Kutub utara merupakan tempat keluarnya garis gaya *magnetik* dari *magnet* dan kutub selatan merupakan tempat garis masuk ke *magnet*.

Telah diterangkan bahwa garis gaya yang mengelilingi kawat pembawa arus akan saling tolak menolak jika garis-garis tersebut mempunyai arah yang sama. Magnet tersebut akan saling tarik menarik jika mempunyai arah yang berlawanan. Hal tersebut berlaku pula pada medan *magnet permanen*.



Gambar 1. Kutub-kutub *Magnet*

Gambar 1 menunjukkan arah garis-garis gaya keluar melalui utara, masuk ke selatan. Jika kutub yang sama didekatkan satu sama lain, maka garis-garis yang sama arah akan saling berlawanan, sehingga cenderung untuk saling memisahkan kedua *magnet* secara fisik. Kutub-kutub yang berlainan jika didekatkan satu sama lain akan menghasilkan suatu efek tarik-menarik secara fisik karena garis-garis gaya dari kedua *magnet* akan bergabung menjadi simpal (loop) panjang yang menyatu.

Medan dengan garis-garis yang sama mendorong dan memisahkan kedua *magnet*. Garis-garis yang tidak sama akan tarik-menarik, bergabung dan menarik magnet secara bersama-sama.

## 2. Metode Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan terdiri dari 3 tahapan, yaitu mendesain stator dan rotor, merakit setiap kompoen dan pengujian, secara detail ditunjukkan pada gambar 2.

## 3. Hasil dan Analisa

Hasil pengujian generator magnet permanent kecepatan rendah dengan diameter belitan 2 mm dan 8000 turn pada dapat dilihat pada tabel 1.

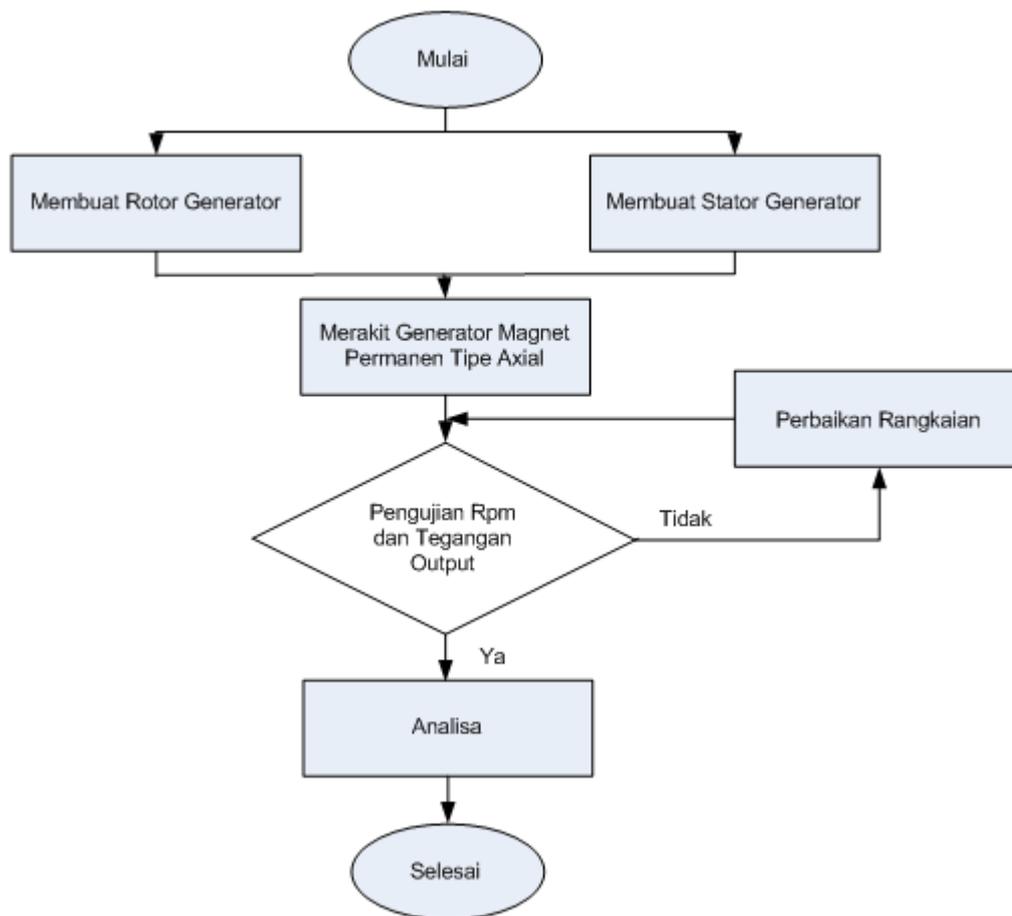
Grafik pada gambar 3 menunjukkan bahwa pada kecepatan putar rotor 750 RPM tegangan *output* AC sebesar 50 Volt dan tegangan *output* DC sebesar 24 Volt. Pada kecepatan putar rotor 1000 RPM tegangan *output* AC sebesar 55 Volt dan tegangan *output* DC sebesar 32 Volt. Pada kecepatan putar rotor 1200 RPM 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 4 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

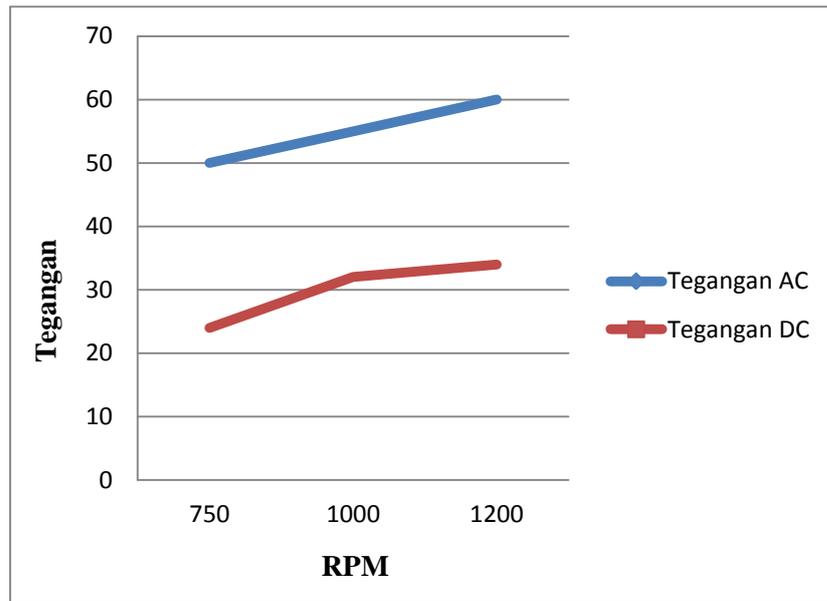
dalam keadaan tanpa beban dan 12 Volt setelah diberi beban.



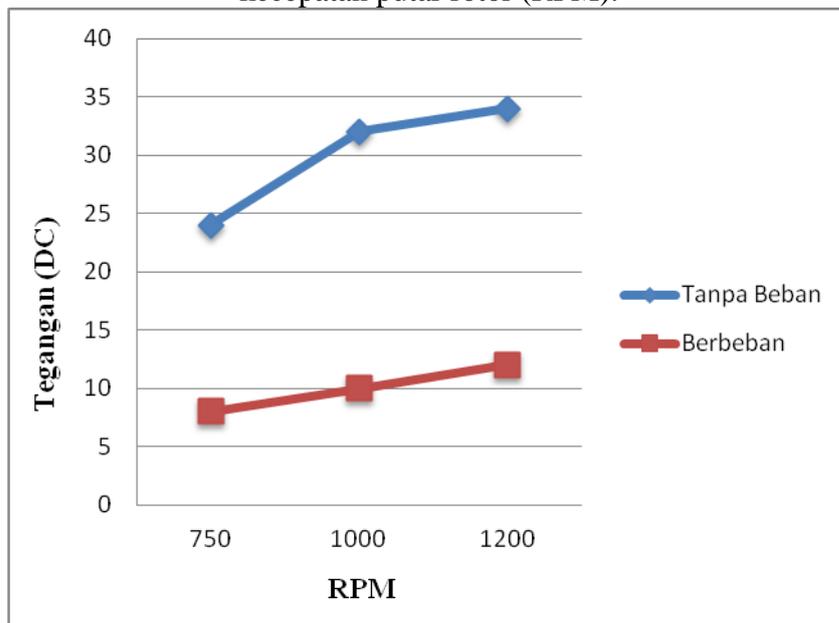
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Tabel 1 Pengukuran RPM, tegangan dan arus pada jarak stator–rotor 1 cm dengan beban 3 buah kipas 12 VDC

No	Kec. Putar / RPM	Teg. (VAC)	Tegangan (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



Gambar 3 Grafik hubungan tegangan *output* AC (Volt) dan tegangan *output* DC (Volt) terhadap kecepatan putar rotor (RPM).



Gambar 4. Grafik hubungan tegangan *output* DC generator dan nilai RPM saat kondisi tanpa beban dan setelah diberi beban.

Pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa setiap kenaikan beban sebesar 1 watt akan menaikkan arus sebesar 0,044 ampere. Korelasi ini ditunjukkan oleh persamaan  $y = 0,625x - 0,669$  dengan  $y$  arus yang dihasilkan (Ampere) serta  $x$  merupakan beban resistif (watt) yang diujikan.

Pengukuran arus pada kwh meter digital serta Power *Quality Analyzer* untuk beban induktif tertera pada tabel 4.

Pengujian daya aktif beban resistif ditunjukkan pada tabel 5. Hasil pengukuran juga telah dihitung dengan memberikan perkalian tegangan efektif dengan arus efektif yang menghasilkan daya aktif beban. Namun yang terjadi pada hasil pengukuran adalah terjadinya pembulatan sehingga hasil yang ditunjukkan berbeda antara hasil perhitungan dengan hasil pengukuran.

Pengukuran juga dilakukan pada beban induktif dengan beban berupa kipas angin 60 watt, motor mesin jahit 120 watt serta motor mesin jahit 250 watt pada tegangan kerja 220 volt dengan frekuensi 50 hz. Hasil pengukuran ditunjukkan tabel 6.

Perhitungan energi aktif diambil dari hasil pengukuran daya aktif tiap beban yang diukur pada alat ukur referensi *Power Quality Analyzer* dengan asumsi tiap waktunya mengalami perpindahan energi yang sama dari daya jala-jala listrik ke dalam beban yang diukur. Hasil perhitungan dibandingkan terhadap tampilan alat ukur KWH meter digital tiap satuan waktu yang sama. Pengukuran dilakukan selama satu menit (60 detik) dengan pengukuran daya dalam satuan watt sehingga diperoleh energi tiap watt jam sebesar 0,00278 kali daya terukur.

Pengukuran yang dilakukan pada beban induktif dapat dilihat pada tabel 7 dimana membandingkan hasil pengukuran kwh meter digital dengan hasil perhitungan data *Power Quality Analyzer* begitu pula pada pengukuran energi untuk beban resistif yang dirangkum dalam tabel 8.

Pengujian faktor daya dilakukan pada beban resistif didapatkan hasil pengukuran yang ditunjukkan pada tabel 9.

Hasil pengukuran terhadap beban induktif yang dilakukan terdapat pada tabel 10 dengan variasi beban antara 60 watt, 120 watt serta 250 watt.

#### 4. Kesimpulan

KWH meter digital memiliki kelebihan yang sensor arus berupa induktor yang mampu mengisolasi sumber daya listrik utama dari rangkaian KWH meter digital. Penggunaan efek induktansi pada sensor arus memiliki pembacaan lebih akurat dibandingkan dengan penggunaan sensor arus berupa transformator hal ini dibuktikan dari nilai hambatan yang ada pada induktor lebih kecil dari transformator.

Sensor tegangan berupa kapasitor juga mampu mengisolasi KWH meter digital dari sistem utama sumber daya listrik dengan sistem *galvanis*. Kepekaan sensor ditentukan pula dari pengondisi sinyal tegangan serta resolusi ADC mikrokontroler atmega16.

Energi yang terukur pada beban resistif dan induktif dari KWH meter digital ditampilkan melalui penampil LCD dan monitor PC melalui komunikasi serial.

Faktor daya ditentukan oleh pergeseran gelombang arus terhadap gelombang tegangan yang diukur melalui timer mikrokontroler atmega16.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2002. *Linear & switching voltage regulator handbook 4<sup>th</sup> ed.* Denver, Colorado, USA: ON semiconductor
- Anonim. 2004. *Application Note AVR465: Single-Phase Power/Energy Meter with Tamper Detection.* San Jose, USA: Atmel corporation
- Baurly, Stefan. 2007. *Method And Apparatus For Transformerless Safety Isolation In A Power Supply.* Canada (USA):United State Patent Application Publication.
- Condit, Reston. 2004. *Transformerless Power Supplies: Resistive and Capacitive.* Microchip Technology Inc :AN954
- D'Souza, Stan. 1996. *Transformerless Power Supply.* Microchip Technology Inc:TB008
- Forghani, Pooya H dan zاده. 2006. *An integrated, lossless, and accurate current-sensing technique for high-performance switching regulators.* Electrical and Computer Engineering, Georgia Institute of Technology.
- Sumanto. 1996. *Alat - Alat Ukur Listrik.* Yogyakarta: Andi
- Taryo. 2008. *Kwh Meter Digital Satu Fasa Berbasis Mikrokontroler ATmega 16.* Surakarta: Tugas akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta.