

GENERATOR TURBIN ANGIN PUTARAN RENDAH

Frasongko Budiyanto¹, Mustaqim², Hadi Wibowo³

¹Mahasiswa Teknik Mesin_

^{2,3} Dosen Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pancasakti Tegal

ABSTRAK

Pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan sebagai penanggulangan krisis energi listrik di Indonesia perlu dikembangkan dan ditingkatkan, dengan memanfaatkan energi angin sebagai penggerak turbin yang dikopel dengan generator sebagai mesin pembangkit listrik. Dengan memanfaatkan energi primer yang ada, generator yang dirancang dapat bekerja pada putaran rendah dan daya yang dihasilkan untuk mengisi aki. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen terhadap generator yang dibuat dengan melakukan perhitungan secara teoritis dan pengukuran secara nyata terhadap daya yang dibangkitkan oleh generator yang dibuat. Jenis generator yang dirancang bangun adalah generator fluks aksial, cakram tunggal dengan 18 magnet permanen jenis Neodymium iron –boron (NdFeB), stator tanpa inti besi. Tegangan keluaran AC satu fasa, kumparan stator hubung seri non overlapping, putaran generator maksimum 200rpm. agar energi listrik yang dihasilkan bisa disimpan pada aki maka tegangan AC generator dirubah ke tegangan DC dengan penyearah tegangan. Dari hasil pengujian, pada pengujian berbeban dengan akumulator 12 Volt, pada putaran 200 rpm dengan 300 lilitan tiap 1 kumparan, sistem satu fasa dengan 6,7,8, 9, kumparan generator mampu mengisi akumulator, tegangan DC yang dihasilkan 11,8V, 12,8V, 13,14V dan 13,64 V. Arus yang dihasilkan 0,09A, 0,136A, 0,182A dan 0,228 A. Daya yang dihasilkan 1,0558 Watt, 1,7406Watt, 2,3912Watt dan 3,1096 Watt. Sedangkan dengan 5 kumparan generator belum mampu untuk mengisi aki karena tegangan yang dihasilkan 10.16 Vdc dan Arus 0.02A jadi belum mencukupi untuk proses pengisian aki 12 volt.

Kata Kunci : *Putaran Rendah, Fluks Aksial, Generator, Magnet Permanen, Penyearah Tegangan*

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG MASALAH

Perkembangan teknologi yang pesat mendorong penggunaan energi dalam jumlah yang besar. Hal ini mengakibatkan semakin menipisnya cadangan bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama. Selain itu penggunaan bahan bakar fosil tersebut juga mengakibatkan pencemaran lingkungan. Permasalahan ini juga berdampak pada bidang energi listrik. Untuk itu diperlukan energi alternatif sebagai penghasil energi listrik. Diantaranya adalah pemanfaatan energi air dan angin, dimana dua sumber energi ini ramah lingkungan, dan bisa diperbaharui. (Nurhadi.2012).

Turbin angin adalah sebuah sistem yang mampu mengkonversi energi angin secara langsung menjadi energi listrik. salah satu bagian komponen turbin angin yang

berfungsi mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik adalah generator. Generator turbin angin memiliki karakter yang spesifik dibandingkan dengan generator lainnya, yakni mampu menghasilkan energi listrik pada putaran rendah. (Nurtjahmulyo.2006).

Generator magnet permanen sangat efisien karena mampu bekerja dengan baik pada kecepatan putar yang rendah. Kemudahan dalam pembuatan dan juga *scaled 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 jumlah lilitan kumparan stator, jumlah magnet serta ukuran diameter kawat. (Ridwan.2009).

Menurut arah laju fluks magnetnya generator dibagi menjadi dua yaitu generator fluks radial dan generator fluks aksial, dengan mempertimbangkan kondisi disuatu wilayah dan kecepatan angin yang tersedia maka generator fluks aksial ini tepat untuk di terapkan dengan turbin angin yang bekerja pada putaran rendah. Jenis generator yang digunakan adalah generator tipe aksial fluks magnet permanen tanpa inti stator (*stator coreless*) dengan putaran kerja maksimum 200rpm, dimana desain dan aplikasinya lebih mudah. Untuk mendapatkan generator aksial yang ideal juga perlu diperhatikan beberapa aspek mengenai kebutuhan akan daya yang akan dibangkitkan, dengan putaran generator maksimum sampai 200rpm generator ini dapat mengeluarkan daya untuk mengisi baterai kapasitas 12volt 5ah. Dengan memanfaatkan energi primer yang ada maka perlu dilakukan suatu penelitian untuk membahas generator turbin angin putaran rendah dengan menggunakan parameter jumlah kumparan pada stator terhadap daya yang dibangkitkan oleh generator sehingga didapatkan hasil yang optimal dari generator tersebut sebagai mesin pembangkit energi listrik.

BATASAN MASALAH

Untuk mempersempit ruang lingkup permasalahan utama yang akan dibahas dalam penelitian ini, maka perlu diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Generator dirancang untuk kecepatan 200 rpm putaran generator diperoleh dari Motor DC brushless sebagai penggerak mula, menggunakan magnet permanent jenis NdFeB 18 buah, lilitan kumparan 300 lilitan, diameter kawat 0,6 mm, jenis kawat tembaga beremail, variasi kumparan pada stator yang diteliti yaitu 5,6,7,8,9.
2. Jenis generator yang dibuat yaitu generator axial fluks magnet permanen cakram tunggal stator tanpa inti besi, tegangan keluaran AC 1 fasa kumparan stator hubung seri *non overlapping*. Penyearah tegangan 1 fasa

tak terkontrol gelombang penuh dengan dioda bridge 6A. Proses pengujian berbeban menggunakan aki 12V 5Ah, daya yang dihasilkan oleh generator untuk pengisian baterai atau aki kapasitas 12Volt 5Ah.

3. Pada penelitian ini hanya merujuk pada Tegangan (V), Arus (A) dan Daya (Watt) yang dihasilkan generator. Kerugian daya pada generator dan tingkat efisiensi generator tidak diperhitungkan.

RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan batasan masalah yang telah diuraikan, maka permasalahan utama yang akan dibahas pada penelitian ini adalah Pengaruh jumlah kumparan stator terhadap Tegangan (V), Arus (A) dan Daya (Watt) yang dibangkitkan oleh generator dengan putaran maksimal 200rpm, yang diperoleh dari motor DC Brushless dan daya yang dihasilkan generator mampu untuk mengisi baterai kapasitas 12Volt 5ah.

TUJUAN

Merancang bangun generator axial fluks magnet permanen putaran rendah cakram tunggal stator tanpa inti besi dengan putaran kerja 200rpm, untuk mengisi battery atau aki berkapasitas 12V 5Ah.

MANFAAT

Dari penelitian ini diharapkan akan memberi manfaat dan kontribusi terhadap pembangunan nasional serta ilmu pengetahuan dan teknologi yaitu :

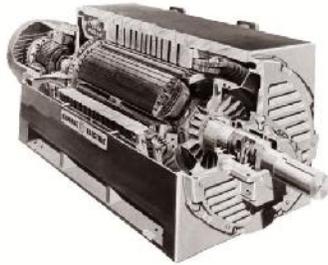
Generator yang dirancang bangun bisa diaplikasikan pada turbin angin yang memiliki putaran rendah dan daya listriknya bisa digunakan sebagai pengisi battery.

LANDASAN TEORI

Generator Sinkron Magnet Permanen

Secara umum generator adalah suatu mesin yang dapat mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik, arus yang dihasilkan oleh generator ada dua macam yaitu arus searah (DC) dan arus bolak-balik (AC), generator sinkron merupakan

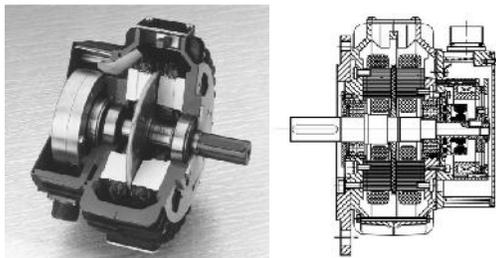
generator yang menghasilkan frekuensi arus listrik yang sebanding dengan kecepatan rotasi mekanik dari generator



Gambar 1. Potongan generator sinkron
sumber : Stephen J.Chapman.2005

Mesin Fluks Magnet Permanen (MFMP)

Secara umum MFMP adalah jenis mesin motor atau generator jadi fungsi MFMP ini tergantung dari energi primer yang diberikan, untuk MFMP ini pada bagian rotornya menggunakan magnet permanen untuk menghasilkan medan magnet yang digunakan sebagai penginduksi lilitan kawat kumparan pada stator, menurut arah fluks magnetiknya MFMP dibagi menjadi dua yaitu Radial Fluks Magnet Permanen (RFMP) dan Aksial Fluks Magnet Permanen (AFMP), pada penelitian ini mesin AFMP akan dibahas sebagai generator yang merubah energi mekanis menjadi energi listrik, konstruksi dari AFMP dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Double-sided AFPM.
Sumber : Jacek. F. Gieras.2005

Prinsip Kerja Generator Aksial Fluks Magnet Permanen

Prinsip kerja generator aksial menganut hukum Faraday, bahwa apabila jumlah garis gaya yang melalui kumparan diubah, maka garis gaya listrik (GGL) di

induksikan dalam kumparan itu, besarnya garis gaya listrik (GGL) yang di induksikan berbanding lurus dengan laju perubahan jumlah garis gaya yang melalui kumparan.

$$E = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad (1)$$

Dimana : E : tegangan induksi (v)
 N : jumlah lilitan
 Φ : perubahan fluks (Wb)
 t : waktu (s)

Fluks magnetik yang dihasilkan oleh medan magnet dari rotor menembus kumparan lebih besar sesuai dengan persamaan :

$$= Br.A.cos\theta \quad (2)$$

Dimana :

Br : fluks magnetik (Wb)
 Br : medan magnet (T)
 A : luas permukaan bidang penampang kumparan stator (cm²)
 θ : sudut antara garis gaya medan magnet rotor dengan garis normal bidang penampang kumparan stator.

Medan magnet yang dihasilkan oleh rotor akibat putaran akan menginduksi kumparan pada stator dan menghasilkan tegangan (Erms) dimana bisa diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$Erms = \frac{Emax}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} .N.f.\Phi ma. \frac{Ns}{Nph} \quad (3)$$

Dimana :

$Erms$: tegangan yang dibangkitkan (V)
 f : frekuensi listrik yang dihasilkan (Hz)
 N : jumlah lilitan pada stator
 Φ : fluks yang dihasilkan (Wb)
 Ns : jumlah kumparan
 Nph : jumlah fasa

Untuk frekuensi yang dihasilkan adalah :

$$f = \frac{n.P}{120} \quad (4)$$

Dimana:

f : frekuensi listrik yang dihasilkan (Hz)
 n : kecepatan putar rotor dalam rpm dan
 p : jumlah kutub pada rotor.

Nilai luasan magnet dengan bentuk rotor cakram (*Disk*) dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$A_{magn} = \frac{\pi(r_o^2 - r_i^2) - t_f(r_o - r_i)Nm}{Nm} \quad (5)$$

Dimana:

- A_{magn} : Luasan magnet (m²)
- r_o : radius luar magnet (m)
- r_i : radius dalam magnet (m)
- Nm : jumlah magnet
- t_f : jarak antar magnet (m)

Nilai besaran fluks maksimum yang melalui celah udara bisa diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$B_{max} = Br \cdot \frac{lm}{lm + a} \quad (6)$$

- Dimana : Br : residual induction (T)
- L : tinggi magnet (m)
- a : lebar celah udara (m)

B_{max} : fluks maksimal (T)

Nilai fluks maksimum yang dihasilkan dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

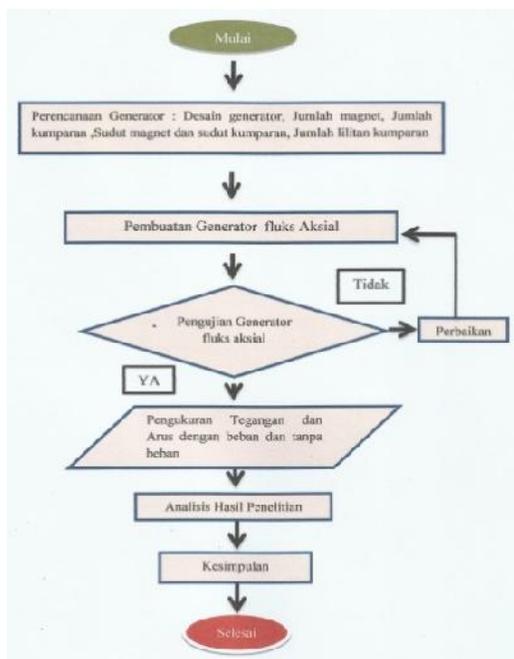
$$\Phi_{max} = A_{magn} \times B_{max} \quad (7)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Metode Penelitian

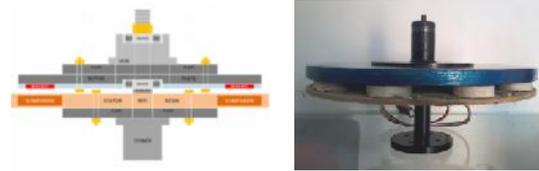
Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimental terhadap generator yang dibuat. Metode analisis data yang digunakan adalah metode statistik deskriptif

Diagram Alur Penelitian



Desain dan Konstruksi Generator

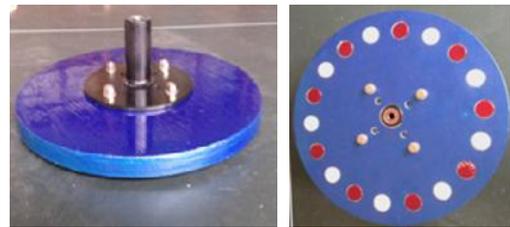
Desain generator dibuat dengan ukuran sebenarnya (Skala 1:1) tipe generator yang dibuat adalah generator fluks aksial rotor tunggal magnet permanen dan stator tunggal tanpa inti besi.



Gambar 3. Desain generator fluks aksial rotor tunggal stator tunggal

Rotor

Tipe rotor yang dibuat cakram tunggal (*single disc*), magnet disusun melingkar dengan luas juring sebesar 20° terhadap diameter cakram. dengan pola N-S.



Gambar 4. Desain rotor dengan 18 magnet permanen

Tabel 1. Data teknis rotor generator aksial cakram tunggal

Data teknis rotor	
Jumlah Rotor	1
Panjang Poros	0.20m
Diameter Puli	0.010m
Tipe Bearing	6902zz
Diameter Pelat Besi	0.34m
Jumlah Magnet	18
Kerapatan Fluks Magnet	0.257 T
Diameter Magnet	0.0024m
Tebal Magnet	0.005m
Radius dalam Magnet	0.126m
Radius Luar Magnet	0.15m
Jarak Antar Magnet	0.022m
Tipe Peletakan Magnet	Permukaan rata (tertanam)
Tipe Magnet Permanen	NdFeB
Tipe Penyebaran fluks	Aksial

Stator

Jenis stator yang dibuat cakram tunggal, susunan kumparan melingkar dengan luas juring 40° dengan bentuk kumparan lingkaran. Penyambungan kumparan dilakukan secara berurutan, 1b-2a, 2a-3a, 3b-4a, 4b-5a, 5b-6a, 6b-7a, 7b-8a, 8b-9a, dan untuk keluaran arus listriknya 1a dan 9b.



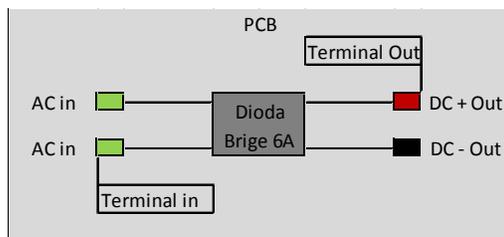
Gambar 5. Desain stator dengan 9 kumparan hubung seri

Tabel 2. Data teknis stator generator aksial cakram tunggal

Data teknis stator	
Jumlah Stator	1
Jenis Kawat	Tembaga Beremail
Diameter Kawat	0.6 mm
Diameter Kumparan Luar	50mm
Diameter Kumparan Dalam	20 mm
Tebal Kumparan	12 mm
Hubung Antar Kumparan	Seri
Tipe Susunan Kumparan	Sejajar
Hambat Jenis Kawat	0.0000000168 m
Jumlah Kumparan	9 kumparan
Tipe Stator	Stator Tanpa Inti Besi
Jenis Tegangan Keluaran	AC 1 fasa

Penyearah

Penyearah tegangan dari AC ke DC yang digunakan adalah penyearah 1 fasa tak terkontrol gelombang penuh. Komponen yang digunakan adalah PCB dan Dioda bridge 6A.



Gambar 6. Skema Penyearah tegangan satu fasa gelombang penuh tak terkontrol

Perencanaan Tegangan Keluaran Generator

Menghitung daya keluaran generator, nilai besaran fluks yang dihasilkan dengan celah udara () 2mm (0,002m) adalah:

$$B_{max} = B_r \cdot \frac{l_m}{l_m + \delta}$$

$$= 0,257 T \cdot \frac{0,005m}{0,005m + 0,002m}$$

$$B_{max} = 0,18357 T \quad (1.1)$$

Nilai luas area magnet dapat diketahui dengan persamaan 2.1

$$A_{magn} = \frac{\pi (r_o^2 - r_i^2) - \sqrt{(r_o - r_i) N m}}{18}$$

$$= \frac{3,14 (0,15^2 - 0,126^2) - 0,022 (0,15 - 0,126) 18}{18}$$

$$A_{magn} = 0,000627 m^2 \quad (1.2)$$

Generator yang dirancang bangun untuk bekerja pada kecepatan putar 200rpm, dengan jumlah kutub magnet 18 buah, dengan persamaan (4) maka diperoleh frekuensi generator sebagai berikut:

$$f = \frac{N \times P}{120} = \frac{200 \times 18}{120} = 30 Hz \quad (1.3)$$

Nilai fluks maksimum yang dihasilkan dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Phi_{max} = A_{magn} \times B_{max}$$

$$= 0,000627 m^2 \times 0,18357 T$$

$$= 0,000115 Wb \quad (1.4)$$

Tegangan yang dihasilkan pada kondisi tanpa beban dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$E_{rms} = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} \cdot N \cdot f \cdot \Phi_{max} \cdot \frac{Ns}{Nph}$$

$$E_{rms} = 4,44 \cdot N \cdot f \cdot \Phi_{max} \cdot \frac{Ns}{Nph} \quad (1.5)$$

Maka tegangan keluaran secara teoritis yang dihasilkan dapat diketahui dengan persamaan 1.5 dan memasukan nilai dari hasil perhitungan persamaan (1.1), (1.2), (1.3), (1.4) sebagai berikut:

$$E_{rms} = 4,44 \times 300 \times 30 \times 0,000115 \times \frac{9}{1} = 41,4 Volt$$

Tabel 3. Hasil perhitungan tegangan keluaran generator

Constanta	Φ_{max} (Wb)	N	f (Hz)	Ns	Nph	V out AC (V)
4.44	0,00012	300	30	5	1	23
4.44	0,00012	300	30	6	1	27,6
4.44	0,00012	300	30	7	1	32,2
4.44	0,00012	300	30	8	1	36,8
4.44	0,00012	300	30	9	1	41,4

HASIL DAN PEMBAHASAN

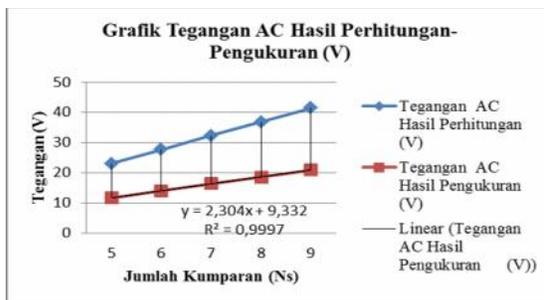
Hasil Pengujian

Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Pengukuran

Dari hasil pengujian antara variasi jumlah kumparan terhadap tegangan hasil perhitungan dan pengukuran dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. Data hasil pengujian generator

Putaran (Rpm)	Kumparan (Ns)	Tegangan AC (V)				Selisih	Persentase (%)
		Pengukuran	Kenaikan	Perhitungan	Kenaikan		
200	5	23	0	11,58	0	11,42	50,34
200	6	27,6	4,6	13,96	2,38	13,64	50,57
200	7	32,2	4,6	16,34	2,38	15,86	50,7
200	8	36,8	4,6	18,52	2,18	18,28	50,32
200	9	41,4	4,6	20,82	2,3	20,58	50,28



Gambar 7. Grafik hubungan tegangan AC hasil perhitungan dan pengukuran

Dari tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan dan pengukuran terdapat selisih tegangan AC dengan jumlah kumparan 5-9 antara 11,42V - 20,58V dan kenaikan tegangan antara kumparan yaitu tetap 4,6V dan untuk tegangan hasil pengukuran kenaikan tegangan antar kumparan yaitu

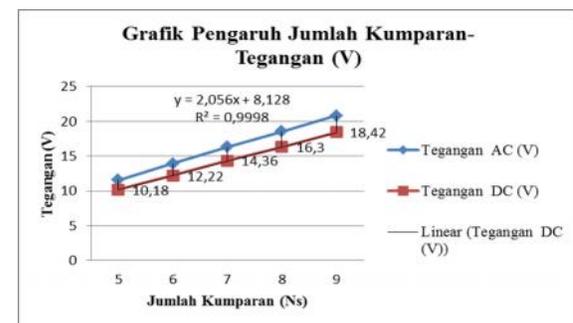
2,18V - 2,38V. Tegangan terendah dan tertinggi hasil pengujian terdapat pada kumparan 5 dan 9 yaitu 11,58V - 20,82V. Perbedaan antara hasil perhitungan dan pengukuran ini dipengaruhi oleh faktor akurasi perakitan, pengukuran, kondisi tidak ideal serta rugi-rugi daya. Pada gambar 4.1 menunjukkan tegangan AC yang dibangkitkan oleh generator mempunyai hubungan yang linear terhadap jumlah kumparan.

Pengujian Variasi Jumlah Kumparan Tanpa Beban

Hasil pengujian terhadap variasi jumlah kumparan stator dengan putaran rotor 200rpm dihasilkan tegangan keluaran sebagai berikut :

Tabel 5. Data hasil pengujian generator tanpa beban

Putaran (Rpm)	Kumparan (Ns)	Tegangan Keluaran (V)				Selisih AC-DC
		AC	Kenaikan	DC	Kenaikan	
200	5	11,58	0	10,18	0	1,4
200	6	13,96	2,38	12,22	2,04	1,74
200	7	16,34	2,38	14,36	2,14	1,98
200	8	18,52	2,18	16,3	1,94	2,22
200	9	20,82	2,3	18,42	2,12	2,4



Gambar 8. Grafik pengaruh jumlah kumparan terhadap tegangan AC dan DC tanpa beban

Dari tabel 5 dapat diketahui bahwa hasil pengujian generator tanpa beban menunjukkan adanya kenaikan tegangan AC tiap penambahan 1 kumparan sekitar 2,18V - 2,38V, dan pada tegangan DC 1,94V - 2,14V. Tegangan terendah dan tertinggi hasil

pengujian terdapat pada kumparan 5 dan 9 yaitu 11,58Vac- 20,82Vac.dan 10,18Vdc-18,42V dc. Selisih tegangan keluaran hasil pengujian generator antara tegangan AC dan DC yaitu 1,4 V - 2,4 V, dari pengujian dapat diketahui bahwa tegangan DC lebih rendah dibandingkan tegangan AC hal ini disebabkan karena tegangan AC yang dikonversikan ke DC mengalami hambatan pada Penyearah(*Rectifier*) sehingga tegangan yang dihasilkan mengalami penurunan. Pada gambar 8 menunjukkan tegangan AC dan tegangan DC generator tanpa beban, tegangan yang dibangkitkan oleh masing-masing variasi jumlah kumparan stator mempunyai hubungan yang linear terhadap tegangan yang dibangkitkan.

Pengujian Variasi Jumlah Kumparan Stator Berbeban

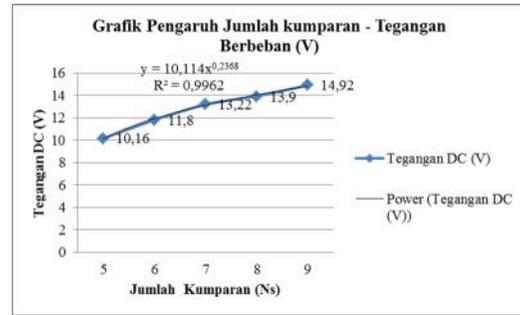
Pengujian generator diberikan beban tetap yaitu akumulator 12v 5Ah dengan putaran 2000rpm tegangan keluaran yang dihasilkan sebagai berikut :

Tabel 6. Data hasil pengujian generator berbeban

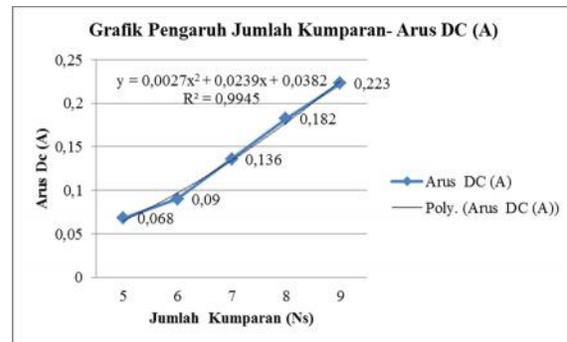
Beban	Ns	V DC (V)	Kenaikan	Arus DC (A)	Kenaikan	Daya (Watt)	Kenaikan
Accu 12v 5Ah	5	10,16	0	0,068	0	0,6884	0
Accu 12v 5Ah	6	11,8	1,64	0,09	0,022	1,0558	0,3674
Accu 12v 5Ah	7	12,8	1	0,136	0,046	1,7406	0,6848
Accu 12v 5Ah	8	13,14	0,34	0,182	0,046	2,3912	0,6506
Accu 12v 5Ah	9	13,64	0,5	0,228	0,046	3,1096	0,7184

Tabel 7. Perbandingan tegangan DC tanpa beban dan tegangan DC berbeban yang dibangkitkan generator

Putaran (Rpm)	Ns	Tegangan DC (V)				Selisih
		Non Load	Kenaikan	Load	Kenaikan	
200	5	10,18	0	10,16	0	0,02
200	6	12,22	2,04	11,8	1,64	0,42
200	7	14,36	2,14	12,8	1	1,56
200	8	16,3	1,94	13,14	0,34	3,16
200	9	18,42	2,12	13,64	0,5	4,78



Gambar 9. Grafik hubungan pengaruh jumlah kumparan terhadap tegangan DC berbeban yang dihasilkan generator



Gambar 10. Grafik hubungan pengaruh jumlah kumparan terhadap Arus DC yang dihasilkan generator



Gambar 11. Grafik hubungan pengaruh jumlah kumparan terhadap Daya (Watt) yang dihasilkan generator

Perbandingan Tegangan DC tanpa beban dan Tegangan DC berbeban

Dari tabel 7 hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan berbeban cenderung mengalami penurunan dibandingkan tanpa beban. Penurunan

tegangan yang terjadi disebabkan oleh beban yang diberikan oleh generator sehingga tegangan akan disesuaikan dengan beban itu sendiri, jika beban itu aki 12 Volt maka tegangan generator akan mendekati tegangan tersebut, karena generator sedang menyuplai daya ke aki tersebut.

Pengaruh jumlah kumparan terhadap tegangan keluaran generator berbeban

Pengaruh setiap penambahan 1 kumparan maka tegangan DC berbeban yang dibangkitkan akan semakin bertambah antara 0.5 V sampai 1,64 V. Peningkatan jumlah tegangan ini dikarenakan banyaknya medan magnet yang menginduksi kumparan. Pada gambar 9 menunjukkan hubungan yang berbanding lurus antara jumlah kumparan dan tegangan, jika kumparan bertambah maka tegangan pun akan bertambah. Tegangan DC berbeban terendah dan tertinggi hasil pengujian generator terdapat pada kumparan 5 dan 9 yaitu 10,16 V dan 1.64V. Selisih tegangan DC tanpa beban dan berbeban pada kumparan 5,6,7,8,9 yaitu, 0,02 V. 0,42V. 1,56V. 3,16 dan 4,78V.

Pengaruh jumlah kumparan terhadap arus generator berbeban

Semakin banyak jumlah kumparan maka arus yang dihasilkan semakin besar, ini disebabkan oleh besarnya tegangan yang meningkat. Dengan beban yang tetap yaitu aki 12v 5Ah, maka besarnya arus yang mengalir ke aki tergantung dari tegangan dan besarnya daya yang disuplai generator. Dari tabel 6 hasil pengujian generator menunjukkan bahwa tiap penambahan 1 kumparan maka terjadi penambahan arus sebesar 0.22 A -0.46A. Arus terendah dan tertinggi hasil pengujian generator berbeban yaitu 0.68 A dan 0.223A pada kumparan 5 dan 9. Perbedaan ini disebabkan oleh besarnya daya yang dihasilkan masing-masing variasi jumlah lilitan kumparan generator.

Gambar 10 menunjukkan hubungan pengaruh antara jumlah kumparan dengan Arus menunjukkan hubungan yang

berbanding lurus dimana setiap penambahan kumparan dengan besaran yang mengalir ke baterai juga akan bertambah. Dari data tersebut juga dapat diketahui bahwa dengan putaran 200rpm, generator sudah mampu untuk mengisi akumulator dengan jumlah kumparan 6,7,8,9, sedangkan pada 5 kumparan generator belum bias mengisi akumulator karena tegangan yang dibangkitkan belum mencukupi untuk proses pengisian aki yang mempunyai kapasitas 12volt.

Pengaruh jumlah kumparan terhadap daya generator berbeban

Banyak sedikitnya jumlah kumparan akan berpengaruh terhadap besar dan kecilnya daya. karena daya dipengaruhi oleh tegangan dan arus, dari gambar 11 bisa kita lihat hubungan antara jumlah kumparan dan daya menunjukkan hubungan yang berbanding lurus, bahwa daya yang dihasilkan generator bertambah tiap penambahan jumlah kumparan, tegangan dan arus mengalami kenaikan jadi secara otomatis daya yang dihasilkan akan naik sesuai dengan hukum joule dimana $P = V.I$, bahwa daya berbanding lurus dengan tegangan dan arus.

Tabel 6 menunjukkan besar daya dan karakteristiknya. Daya yang dibangkitkan dengan variasi kumparan 5,6,7,8,9 pada generator yaitu 0,6884Watt, 1,0558Watt, 1,7406Watt, 2,3912Watt dan 3,1906 Watt. Selisih daya bangkitan antar jumlah kumparan yaitu berkisar antara 0,3674Watt sampai 0,7184Watt.

KESIMPULAN

Generator aksial cakram tunggal yang dirancang bangun dapat mengisi baterai aki pada kecepatan 200 rpm dan bisa diaplikasikan pada turbin angin yang memiliki putaran rendah, sehingga dengan energi yang terbatas generator bisa beroperasi sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan. Jika putaran generator tetap, tegangan, arus dan daya yang dibangkitkan dipengaruhi oleh konstruksi generator

seperti, jenis magnet permanen, banyak kutub magnet, luas kumparan stator, banyak lilitan pada kumparan, tipe penyebaran fluks dan celah udara. Pada pengujian berbeban dengan akumulator 12 volt, pada putaran 200 rpm dengan 300 lilitan tiap 1 kumparan generator satu fasa hubung seri mampu mengisi akumulator dengan jumlah kumparan 6,7,8, 9, tegangan DC yang dihasilkan 11,8v, 12,8v, 13,14v dan 13,64 v. Arus yang dihasilkan 0,09A, 0,136A, 0,182A dan 0,228 A. Daya yang dihasilkan 1,0558 Watt, 1,7406Watt, 2,3912Watt dan 3,1096 Watt.

SARAN

Penelitian tentang generator turbin angin putaran rendah ini dapat dikembangkan lebih lanjut serta dikaji ulang agar mendapatkan rancangan generator yang cocok dan ideal sesuai dengan kondisi sumber energi yang tersedia di wilayah tersebut. Daya yang dibangkitkan oleh generator bisa ditingkatkan sesuai kebutuhan dengan merubah parameter- parameternya seperti jenis magnet permanen yang digunakan, besar medan magnet, jumlah kutub magnet, jumlah lilitan, jumlah kumparan, diameter kawat lilitan, celah udara, putaran generator, serta jumlah hubung fasa yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Chapman, Stephen J. 2005. "Electric Machinery and Power System Fundamentals, fourth edition". McGraw-Hill, New York.

Gieras, Jacek F. Dkk. 2004. "Axial Flux Magnet Permanent Brushless Machine". Dordrecht: Kluwer Academic Publisher. Springer Business Media Inc. IEEE - All rights reserved

Jati, Dimas Waluyo. Dkk. 2012. "Perancangan Generator Fluks Aksial Putaran Rendah Magnet Permanen Jenis Neodymium (NdFeB) dengan Variasi Celah Udara". Teknik Elektro. Universitas Diponegoro Semarang.

Nurhadi, Arif. Dkk. 2012. "Perancangan Generator Putaran Rendah Magnet Permanen Jenis Fe Fluks Aksial". Teknik Elektro. Universitas Diponegoro Semarang

Nurtjahmulyo, Agus. 2006. Jurnal Teknologi Dirgantara "Rancang Bangun Generator Turbin Angin Tipe Axial Kapasitas 200W". Vol .04 No. 02. Desember. Hal. 96-101. Peneliti Bidang Konversi Energi Dirgantara. LAPAN

Ridwan, Abrar. Dkk. 2009. "Pengembangan Generator Mini dengan Menggunakan Magnet Permanen". 19 maret Manajemen Konservasi dan Audit Energy. Departemen Teknik Mesin. Universitas Indonesia