

Rancang Bangun Generator AC Konstruksi *Axial Flux* Satu Fasa Menggunakan Magnet Neodymium (NdFeB) Silinder dengan Kutub Magnet Berlawanan (U-S)

Ainur Rohmah

Ainurrohmah532@gmail.com
Universitas Jember

Widyono Hadi

widyono@unej.ac.id
Universitas Jember

Widya Cahyadi

cahyadi@unej.ac.id
Universitas Jember

Abstrak

Pembangkit listrik terbarukan merupakan pilihan terbaik untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dunia mengingat mahal dan langkanya energi minyak bumi yang selama ini menjadi pilihan utama pada sistem pembangkitan energi listrik. Perancangan generator AC konstruksi axial flux satu fasa menggunakan stator ganda dan rotor tunggal, terdapat 8 coil pada tiap stator, pada rotor menggunakan 8 magnet neodymium disusun dengan kutub berlawanan (u-s). Untuk mengetahui pengaruh kutub magnet diberikan beban resistor 400, 500, 666,67, 1000, dan 2000 Ω , dengan menggunakan beban 2k Ω di susun secara paralel. Pengujian dilakukan pada tegangan output yang konstan pada tegangan 18, 20, dan 23V, selanjutnya dilakukan pengukuran arus dan kecepatan generator AC dengan menggunakan variasi beban yang berbeda. Pada saat tegangan output 18V, beban 400 Ω arus 0,045A dan kecepatan 3885rpm. Beban 2000 Ω arus 0,009A dan kecepatan 2008rpm. Pada saat tegangan output 23V, beban 400 Ω arus 0,0575A dan kecepatan 6684rpm. Saat beban 2000 Ω arus 0,0114A dan kecepatan 2526rpm. Dari penelitian ini pengaruh kutub magnet terhadap daya yang dihasilkan generator AC dengan diberikan variasi beban resistor pada tegangan output bernilai konstan yaitu semakin besar beban yang di berikan maka arus dan kecepatan yang dihasilkan akan semakin besar.

Kata Kunci — Generator, Axial Flux, NdFeB, Different Pole

Abstract

Renewable power generation is the best choice to meet the world's electrical energy needs, given the expensive and scarce petroleum energy, which has been the main choice in electrical energy generation systems. The design of a single-phase axial flux AC generator uses a double stator and a single rotor, there are 8 coils on each stator, the rotor uses 8 neodymium magnets arranged with opposite poles (u-s). To determine the effect of the magnetic poles, resistors load 400, 500, 666.67, 1000, and 2000 Ω , using a load of 2k Ω arranged in parallel. The test is carried out at a constant output voltage at a voltage of 18, 20, and 23V, then measuring the current and speed of the AC generator using different load variations. When the output voltage is 18V, the load is 400 Ω , the current is 0.045A and the speed is 3885rpm. 2000 Ω load, current 0.009A and speed of 2008rpm. When the output voltage is 23V, the load is 400 Ω , the current is 0.0575A and the speed is 6684rpm. When the load is 2000 Ω , the current is

0.0114A and the speed is 2526rpm. From this research, the effect of magnetic poles on the power generated by the AC generator is given a variation of the load resistor at a constant output voltage, namely the greater the load given, the greater the current and the resulting speed

Keywords — Generator, Axial Flux, NdFeB, Different Pole

I. PENDAHULUAN

Pada perkembangan ini konsumsi listrik yang ada di indonesia terus meningkat seiring bertambahnya akses listrik atau elektrifikasi serta perubahan gaya hidup di masyarakat. Berdasarkan data dari kementerian ESDM, konsumsi listrik di indonesia pada tahun 2017 mencapai 1.012 kilowatt per hour (KWH)/ kapita. Dan untuk tahun ini, pemerintah memperkirakan konsumsi listrik di masyarakat akan meningkat menjadi 1.129 kwh/kapita. Untuk mengantisipasi kenaikan listrik tersebut, pemerintah akan meningkatkan kapasitas terpasang pada tahun 2018 sebesar 65 Giga Watt (GW) dari realisasi tahun lalu sebesar 60 GW. Sehingga pada akhir tahun 2018, rasio elektrifikasi diperkirakan sebesar 95,15 persen dan akan mencapai 100 persen di tahun 2025 [1].

Perkembangan teknologi di era globalisasi saat ini berimbas pada peningkatan kebutuhan energi listrik yang semakin besar, baik di negara maju maupun di negara berkembang seperti indonesia. Pembangkit listrik terbarukan atau energi alternatif merupakan pilihan yang terbaik untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dunia mengingat mahal dan langkanya energi minyak bumi yang selama ini selalu menjadi pilihan utama pada sistem pembangkitan energi listrik [2].

Generator ini menggunakan magnet permanen pada rotornya sehingga dapat menghasilkan energi listrik ketika berputar, desain Axial Flux Permanen Magnet (AFPM) lebih sederhana dan lebih mudah dalam pembuatannya dibandingkan dengan generator konvensional. Dimana posisi rotor dan statornya akan tegak lurus terhadap porosnya sehingga dinamakan generator tipe aksial [3].

Pada penelitian ini akan merancang generator AC konstruksi axial flux satu fasa dengan menggunakan magnet neodmium (NdFeB) silinder dengan kutub magnet berlawanan (u-s). Prinsip kerja dari alat ini yaitu menggunakan hukum faraday yang menyatakan dimana jika sebatang penghantar berada pada medan magnet yang berubah – ubah, maka pada penghantar tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik (ggl), dan generator ini nantinya akan di kopel menggunakan motor merk national [4].

Pada penelitian sebelumnya di tahun 2015 yaitu penelitian talele dkk yang berjudul “design of electrical PM Generator with double sided stator and single rotor (DSSR) technology-part I” [5] dimana pada penelitian ini menggunakan konstruksi stator ganda dan rotor tunggal dengan menggunakan magnet permanen persegi panjang. Dengan jumlah lilitan yang digunakan berkisar 600 – 700 lilitan pada tiap kumparannya.

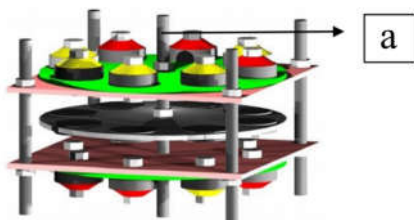
Dari Penelitian generator AC konstruksi axial fluks satu fasa dengan kutub magnet berlawanan, kutub magnet yang digunakan yaitu dengan arah utara selatan yang terletak pada rotornya. Pada penelitian ini menggunakan kawat email 0,2 mm. Pada perancangan ini dengan konfigurasi stator ganda dan rotor tunggal, menggunakan 16 coil, dan tiap statornya terdapat 8 coil, selain itu pada rotor menggunakan 8 magnet neodmium. Pada tiap kumparan terdapat 600 lilitan. Diharapkan dengan pemodelan konstruksi axial fluks satu fasa dengan kutub magnet berlawanan atau utara selatan, dengan 16 coil dan 8 magnet neodmium dapat menghasilkan daya maksimal dari generator AC konstruksi axial fluks satu fasa dengan akurasi yang lebih tinggi.

II. METODE PENELITIAN

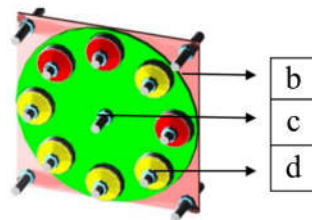
Pada penelitian ini perancangan generator AC *axial flux*. Dengan menggunakan magnet neodmium 8 buah yang dipasang secara bolak balik dan menggunakan 16 kumparan, agar tegangan yang dihasilkan memiliki akurasi yang tinggi dan dapat menghasilkan daya secara maksimal.

A. Perancangan Hardware

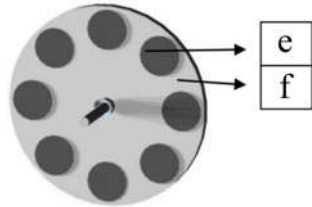
Pada generator AC konstruksi axial flux menggunakan delapan magnet permanen. Delapan magnet pemanen tersebut memanfaatkan kutub utara selatan menghadap pada stator. Generator AC ini dirancang dapat bergerak dengan dikopel oleh dinamo motor merk national. Gambar 1 menunjukan desain keseluruhan alat, gambar 2 merupakan stator, dan gambar 3 adalah rotor. Dan keterangan dari ketiga gambar tersebut yaitu a.) adalah Poros, b.) & f.) adalah Akrilik 5 mm & 3 mm, c.) adalah Bearing d.) adalah Stator, e.) adalah Magnet Neodymium



Gbr. 1 Desain Generator



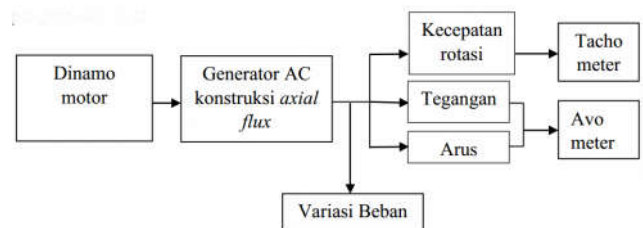
Gbr. 2 Stator



Gbr. 3 Rotor

B. Blok Diagram

Pada gambar 4 menunjukkan diagram blok sistem kerja dari generator AC konstruksi axial flux. Sumber yang digunakan pada generator AC konstruksi axial flux ini menggunakan sumber dari dinamo motor merk national. Pada generator AC konstruksi axial flux ini menggunakan magnet permanen jenis neodmium (NdeFeB) berjumlah 8 buah pada rotornya dengan stator ganda dengan 16 kumparan, dan terdapat 8 kumparan pada tiap statornya. Stator tersebut terletak di depan dan di belakang rotornya, adapun rotornya berada diantara stator ganda tersebut. Hal ini diharapkan generator yang dihasilkan dapat berputar dengan kecepatan yang tinggi. Pengujian pada generator ini yaitu untuk memperoleh karakteristik tegangan, kecepatan, dan arus dengan menggunakan alat ukur AVO meter dan tacho meter.



Gbr. 4 Blok Diagram Sistem

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kali ini akan membahas mengenai hasil pengujian pada generator AC konstruksi axial flux satu fasa yang telah dibuat dan untuk pengujian dilakukan di laboratorium konversi energi listrik, laboratorium listrik dasar Universitas Jember dan untuk selanjutnya membahas tentang data dan hasil percobaan dari generator. Pada penelitian ini akan membahas mengenai “rancang bangun generator AC konstruksi axial flux satu fasa menggunakan magnet neodmium (NdFeB) silinder

dengan kutub magnet berlawanan (u-s)”. Adapun hasil dari pengujian yang telah dilakukan di antaranya yaitu pengaruh kutub magnet terhadap output yang dihasilkan oleh generator AC konstruksi axial flux satu fasa.

A. Pengujian pada Tegangan Output 18 Volt

Adapun hasil pengujian yang dilakukan pada generator AC axial flux satu fasa dengan kutub magnet berlawanan (u-s) untuk mengetahui pengaruh beban terhadap tegangan, arus dan kecepatan yang dihasilkan pada generator. Hasil pengujian dengan tegangan output 18 volt dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

TABEL I
HASIL PENGUJIAN GENERATOR DENGAN TEGANGAN OUTPUT 18 VOLT

Beban Ω	Tegangan Output (V)	Arus Output (A)	Kecepatan (Rpm)
400	18	0,0457	3885
500		0,0369	3167
666,67		0,0274	2734
1000		0,0181	2399
2000		0,009	2008

Dari tabel 1 dapat diketahui bahwa ketika beban yang diberikan semakin besar maka arus dan kecepatan yang dihasilkan semakin besar, dikarenakan ketika beban semakin besar nilai hambatan semakin kecil. Pada pengujian tegangan output 18V pada saat beban 400 Ω yaitu nilai arus sebesar 0,0457A, dan 29 untuk kecepatannya sebesar 3885 rpm. Dan pada saat beban 2000 Ω nilai arus yang di dapatkan sebesar 0,009A, dan untuk kecepatannya sebesar 2008 rpm. Pada beban 400 Ω , beban yang diberikan yaitu beban resistif 5 buah resistor 2000 Ω yang di pasang secara paralel, dan untuk beban 2000 Ω yaitu yaitu beban resistif 1 buah resistor 2 k Ω .

B. Pengujian pada Tegangan Output 20 Volt

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada generator AC axial flux satu fasa dengan kutub magnet berlawanan (u-s) untuk mengetahui pengaruh beban terhadap tegangan, arus dan kecepatan yang dihasilkan pada generator. Hasil pengujian dengan tegangan output 20 Volt dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

TABEL II
HASIL PENGUJIAN GENERATOR DENGAN TEGANGAN OUTPUT 20 VOLT

Beban Ω	Tegangan Output (V)	Arus Output (A)	Kecepatan (Rpm)
400	20	0,0507	4823
500		0,0396	3927
666,67		0,0305	3206
1000		0,0203	2649
2000		0,0102	2266

Dari tabel 2 dapat diketahui bahwa ketika beban yang diberikan semakin besar maka arus dan kecepatan yang dihasilkan semakin besar, dikarenakan ketika beban semakin

besar nilai hambatan semakin kecil. Pada pengujian tegangan output 20V pada saat beban 400 Ω yaitu nilai arus sebesar 0,0507 A, dan untuk kecepatannya sebesar 4823 rpm. Dan pada saat beban 2000 Ω nilai arus yang didapatkan sebesar 0,0102A, dan untuk kecepatannya sebesar 2266 rpm. Pada beban 400 Ω , beban yang diberikan yaitu beban resistif 5 buah resistor 2000 Ω yang di pasang secara paralel, dan untuk beban 2000 Ω dengan beban resistif 1 buah resistor 2k Ω .

C. Pengujian pada Tegangan Output 23 Volt

Adapun hasil pengujian yang dilakukan pada generator AC axial flux satu fasa dengan kutub magnet berlawanan (u-s) untuk mengetahui pengaruh beban terhadap tegangan, arus dan kecepatan yang dihasilkan pada generator. Hasil pengujian dengan tegangan output 23 Volt dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

TABEL III
HASIL PENGUJIAN GENERATOR DENGAN TEGANGAN OUTPUT 23 VOLT

Beban Ω	Tegangan Output (V)	Arus Output (A)	Kecepatan (Rpm)
400	23	0,0575	6684
500		0,0460	4974
666,67		0,0347	3758
1000		0,0229	3084
2000		0,0114	2526

Dari tabel 3 dapat diketahui bahwa ketika beban yang diberikan semakin besar maka arus dan kecepatan yang dihasilkan semakin besar, dikarenakan ketika beban semakin besar nilai hambatan semakin kecil. Pada pengujian tegangan output 23 Volt pada saat beban 400 Ω yaitu nilai arus sebesar 0,0575 A, dan untuk kecepatannya sebesar 6684 rpm. Dan pada saat beban 2000 Ω nilai arus yang di dapatkan sebesar 0,0114A, dan untuk kecepatannya sebesar 2526 rpm. Pada beban 400 Ω , beban yang diberikan yaitu beban resistif 5 buah resistor 2k Ω yang di pasang secara paralel, dan untuk beban 2000 Ω yaitu yaitu beban resistif 1 buah resistor 2 k Ω .

D. Analisa Data Hasil Pengujian Tanpa Beban

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui output yang dihasilkan oleh generator AC konstruksi axial flux satu fasa yaitu untuk tegangan yang dihasilkan sebesar 72V dengan kecepatan yang dihasilkan yaitu sebesar 8406 rpm. Pada pengujian ini dilakukan pada saat tegangan maksimal yang dihasilkan oleh generator AC konstruksi axial flux satu fasa. Untuk mengetahui kemampuan dari generator AC konstruksi axial flux satu fasa. Dan pada pengujian ini tidak diberikan beban untuk mengetahui tegangan maksimal saat kecepatan dinamo motor maksimal.

1. Perhitungan Generator AC Konstruksi Axial Flux Satu Fasa

Perhitungan dilakukan guna untuk membandingkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan. Perhitungan yang



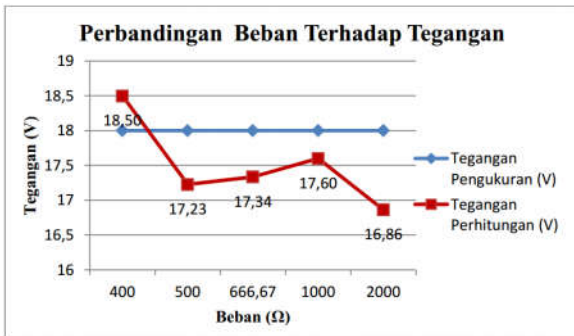
dilakukan diantaranya yaitu melakukan perhitungan tegangan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$V = Ea - I.Z \dots \dots \dots (1)$$

2. Perbandingan pada Tegangan Output 18 Volt

Dari Gambar 5 dapat diketahui bahwa tegangan pengukuran dari generator AC axial flux satu fasa bernilai konstan yaitu sebesar 18 volt, dan untuk tegangan perhitungan diketahui bahwa nilai terendah yang di dapatkan pada beban 2000 Ω yaitu sebesar 16,86 volt, untuk nilai tertinggi pada saat beban 400 Ω yaitu sebesar 18,50 volt. Perbandingan tegangan yang dihasilkan oleh generator AC axial flux satu fasa untuk mengetahui kemampuan generator dalam menghasilkan tegangan pada saat diberikan beban yang bervariasi.

Dapat dilihat pada Tabel 4 nilai frekuensi perhitungan, tegangan perhitungan, daya generator dan efisiensi. Ketika beban 400 Ω di dapatkan nilai frekuensi sebesar 518 Hz, tegangan perhitungan yang dihasilkan 18,50 volt, daya yang dihasilkan oleh generator sebesar 0,82 W dan nilai efisiensi sebesar 1,87 %. Pada beban 500 Ω di dapatkan nilai frekuensi sebesar 422,27 Hz, tegangan perhitungan yang di dapatkan sebesar 17,23 volt, daya yang dihasilkan generator sebesar 0,66 W dan nilai efisiensi yang dihasilkan sebesar 1,54 %.



Gbr. 5 Grafik Perbandingan 18 V

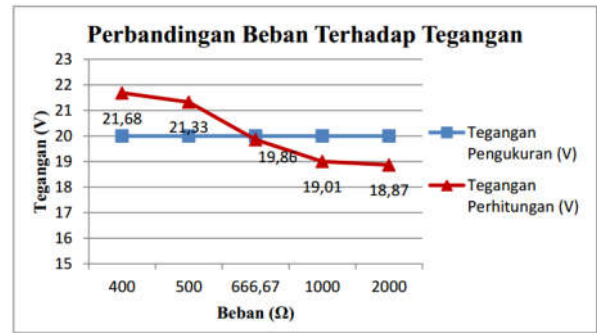
TABEL IV
HASIL PERHITUNGAN TEGANGAN PADA 18V

Beban Ω	Frekuensi Perhitungan (Hz)	Tegangan Perhitungan (V)	Daya (W)	Efisiensi (%)
400	518	18,50	0,82	1,87
500	422,27	17,23	0,66	1,54
666,67	364,53	17,34	0,49	1,23
1000	319,87	17,60	0,33	0,82
2000	267,73	16,86	0,16	0,47

3. Perbandingan pada Tegangan Output 20 Volt

Pada saat beban 1000 Ω di dapatkan nilai frekuensi sebesar 353,20 Hz, tegangan perhitungan yang diperoleh sebesar 19,01 volt, daya yang dihasilkan oleh generator sebesar 0,41 W, dan efisiensi yang dihasilkan oleh generator yaitu sebesar 1,35 %.

Dan pada saat beban 2000 Ω di dapatkan nilai frekuensi yaitu sebesar 302,13 Hz, tegangan perhitungan yaitu sebesar 18,87 volt, daya yang dihasilkan oleh generator yaitu sebesar 0,20 W, dan efisiensi pada generator tersebut sebesar 0,69 %.



Gbr. 6 Grafik Perbandingan 20 V

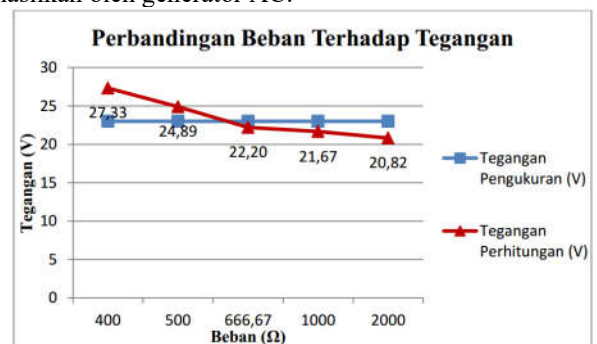
TABEL V
HASIL PERHITUNGAN TEGANGAN PADA 20V

Beban Ω	Frekuensi Perhitungan (Hz)	Tegangan Perhitungan (V)	Daya (W)	Efisiensi (%)
400	643,07	21,68	1,01	2,11
500	523,60	21,33	0,79	1,80
666,67	427,47	19,86	0,61	1,52
1000	353,20	19,01	0,41	1,35
2000	302,13	18,87	0,20	0,69

Pada beban 500 Ω di dapatkan nilai frekuensi sebesar 523,60 Hz, tegangan perhitungan yang di dapatkan sebesar 21,33 volt, daya yang dihasilkan generator sebesar 0,79 W dan nilai efisiensi yang dihasilkan sebesar 1,80 %. Sedangkan pada beban 666,67 Ω diperoleh nilai frekuensi sebesar 427,47Hz, tegangan perhitungan sebesar 19,86 volt, daya yang dihasilkan oleh generator sebesar 0,61 W dan efisiensi yang diperoleh yaitu sebesar 1,52 %.

4. Perbandingan pada Tegangan Output 23 Volt

Dapat diketahui bahwa tegangan pengukuran dari generator AC axial flux satu fasa bernilai konstan yaitu sebesar 23 volt, dan untuk tegangan perhitungan diketahui bahwa nilai terendah yang di dapatkan pada beban 2000 Ω yaitu sebesar 20,82 volt, untuk nilai tertinggi pada saat beban 400 Ω yaitu sebesar 27,33 volt. Perbandingan tegangan yang dihasilkan oleh generator AC.



Gbr.7 Grafik Perbandingan 23 V

Dapat dilihat pada tabel 6 nilai frekuensi perhitungan, tegangan perhitungan, daya generator dan efisiensi. Ketika beban 400 Ω di dapatkan nilai frekuensi sebesar 891 Hz,

tegangan perhitungan yang dihasilkan 27,33 volt, daya yang dihasilkan oleh generator sebesar 1,32 W dan nilai efisiensi sebesar 2,20 %.

TABEL VI
HASIL PERHITUNGAN TEGANGAN PADA 20V

Beban Ω	Frekuensi Perhitungan (Hz)	Tegangan Perhitungan (V)	Daya (W)	Efisiensi (%)
400	891	27,33	1,32	2,20
500	663	24,89	1,06	2,12
666,67	501	22,20	0,80	1,81
1000	411	21,67	0,53	1,25
2000	337	20,82	0,26	0,87

Pada beban 500 Ω di dapatkan nilai frekuensi sebesar 663 Hz, tegangan perhitungan yang di dapatkan sebesar 24,89 volt, daya yang dihasilkan generator sebesar 1,06 W dan nilai efisiensi yang dihasilkan sebesar 2,12 %. Sedangkan pada beban 666,67 Ω diperoleh nilai frekuensi sebesar 501 Hz, tegangan perhitungan sebesar 22,20 volt, daya yang dihasilkan oleh generator sebesar 0,80 W dan efisiensi yang diperoleh yaitu sebesar 1,81 %.

Pada saat beban 1000 Ω di dapatkan nilai frekuensi sebesar 411 Hz, tegangan perhitungan yang diperoleh sebesar 21,67 volt, daya yang dihasilkan oleh generator sebesar 0,53 W, dan efisiensi yang dihasilkan oleh generator yaitu sebesar 1,25 %. Dan pada saat beban 2000 Ω di dapatkan nilai frekuensi yaitu sebesar 337Hz, tegangan perhitungan yaitu sebesar 20,82 volt, daya yang dihasilkan oleh generator yaitu sebesar 0,26 W, dan efisiensi pada generator tersebut sebesar 0,87%.

5. Perbandingan Tegangan Generator

Dari tabel 7 dapat diketahui perbandingan error persen tegangan pengukuran dan tegangan perhitungan. Dari ketiga pengujian tersebut di dapatkan nilai error persen terbesar yaitu pada saat beban 400 Ω dengan tegangan output yang bernilai konstan sebesar 23 Volt dengan nilai error persen 15,83 %.

TABEL VII
HASIL PERHITUNGAN TEGANGAN PADA 20V

Beban Ω	Tegangan Pengukuran (V)	Tegangan Perhitungan (V)	Error Persen (%)
400	18	18,50	2,68 %
500		17,23	4,49 %
666,67		17,34	3,83 %
1000		17,60	2,28 %
2000		16,86	6,74 %
400	20	21,68	7,76 %
500		21,33	6,62 %
666,67		19,86	0,72 %
1000		19,01	5,23 %
2000		18,87	5,99 %
400	23	27,33	15,83 %
500		24,89	7,61 %
666,67		22,20	3,58 %
1000		21,67	6,14 %
2000		20,82	10,47 %

Untuk nilai error persen terkecil yang dihasilkan generator AC axial flux satu fasa yaitu pada saat beban 666,67 dengan tegangan output yang bernilai konstan sebesar 20V dihasilkan nilai error persen sebesar 0,72 %.

Hal ini dikarenakan ketika beban yang diberikan semakin besar maka tegangan output yang dihasilkan akan semakin besar, akan tetapi pada pengujian ini tegangan output dari generator AC axial flux satu fasa bernilai konstan, oleh karena itu nilai error persen yang dihasilkan tidak linier karena adanya penyesuaian dari nilai tegangan output pada saat diberikan beban pada pengujian generator AC konstruksi axial flux satu fasa.

IV. KESIMPULAN (PENUTUP)

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada generator AC konstruksi axial flux satu fasa dengan kutub magnet berlawanan (u-s) maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui pengaruh variasi beban terhadap tegangan, arus dan kecepatan yang dihasilkan. Ketika beban yang diberikan semakin besar maka arus dan kecepatan yang dihasilkan akan semakin besar, karena semakin besar beban maka nilai hambatan yang dihasilkan akan semakin kecil, dengan tegangan output yang bernilai konstan. Pada beban 400 Ω yaitu beban resistif 5 buah resistor 2 k Ω yang dipasang paralel maka dihasilkan nilai arus sebesar 0,0457A dan kecepatan sebesar 3885 rpm dan pada beban 2000 Ω yaitu beban resistif 1 buah resistor 2k Ω dihasilkan nilai arus sebesar 0,009 A dan kecepatan sebesar 2008 rpm.
2. Pada pengujian generator AC konstruksi axial flux satu fasa dengan menggunakan tegangan output yang bernilai konstan dan menggunakan beban resistor yang dipasang secara paralel, dapat diketahui bahwa dari ketiga percobaan tersebut lebih efisien pada saat tegangan output 23 volt pada beban 400 Ω dihasilkan arus sebesar 0,0575 A, dengan daya yang dihasilkan sebesar 1,32 watt.
3. Dari pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui nilai efisiensi terbesar yaitu pada saat pengujian pada tegangan output 23 volt pada beban 400 Ω efisiensi yang dihasilkan sebesar 2,20 %.

REFERENSI

- [1] Akbar maulana. (2012). Rancang Bangun Generator Turbin Angin Axial Tiga Fasa Untuk Kecepatan Angin Rendah. Universitas indonesia. Depok
- [2] Fajar Abdul. (2014). Rancang Bangun Generator Sinkron Axial Flux Permanent Magnet 1500 Watt. ISTN, Jakarta.
- [3] F. Danang Wijaya, dkk. (2014). *Perancangan Generator Magnet Permanen Fluks Aksial Putaran Rendah*. Jurusan Teknik Elektro, UGM. Yogyakarta
- [4] Mustofa, (2014). Jurnal.Perancangan Pembangkit Listrik Menggunakan Generator Magnet Permanen Dengan Motor DC Sebagai Prime Mover. Universitas pakuhan Bogor.Bogor.
- [5] Nugroho. (2016). Desain Generator Magnet Permanen RPM Rendah Dengan Memanfaatkan Motor Kipas. Surakarta