

# Analisis Pengaruh Perbedaan Aluminium dan Akrilik Sebagai Kerangka Penyusun Generator *Axial Flux* 12 Slot 8 Pole

Fajrin Nurul Qomariyah

Fajrinnurull1999@gmail.com  
Univeritas Jember

Widyono Hadi

widyono@unej.ac.id  
Universitas Jember

Widya Cahyadi

cahyadi@unej.ac.id  
Universitas Jember

## Abstrak

Generator merupakan suatu alat yang penting pada sebuah pembangkit yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pemilihan material dalam membuat kerangka penyusun generator sangat perlu diperhatikan agar generator yang dibuat memiliki keefektifitasan yang baik saat dioperasikan. Dampak dari pemilihan material kerangka penyusun generator akan mempengaruhi output generator yang dihasilkan. Secara khusus material aluminium memiliki keefektifitasan yang lebih baik dibandingkan material akrilik. Dari kedua material tersebut didapatkan bahwa material aluminium memiliki distribusi kerapatan fluks magnetik yang lebih besar dibandingkan material akrilik sehingga output generator berupa tegangan dan frekuensi juga lebih besar. Hasil uji torsi generator dengan kerangka penyusun aluminium lebih kecil dibandingkan kerangka penyusun material akrilik sehingga kinerja generator dengan material aluminium lebih baik dibandingkan dengan material akrilik.

**Kata Kunci** — Generator, Aluminium, Akrilik, Distribusi Kerapatan Fluks Magnetik, Torsi.

## Abstract

A generator is an important device in a plant that converts mechanical energy into electrical energy. The selection of materials in making the frame of the generator is very important so that the generator made has good effectiveness when operated. The impact of the selection of the material of the generator's constituent framework will affect the output of the generator produced. Specifically, aluminum material has a better effectiveness than acrylic materials. From both materials it is obtained that aluminum material has a greater distribution of magnetic flux density than acrylic material so that the generator output in the form of voltage and frequency is also greater. The result of the generator torque test with an aluminum constituent frame is smaller than the acrylic material building frame so that the performance of the generator

with aluminium material is better compared to acrylic material.

**Keywords** — Generator, Aluminium, Acrylic, Magnetic flux density distribution, Torque

## I. PENDAHULUAN

Ketersediaan energi listrik merupakan salah satu faktor yang sangat penting dan bahkan menjadi sebuah parameter dalam mendukung kesuksesan pembangunan suatu daerah. Kecukupan akan ketersediaan energi listrik akan mendorong perkembangan pembangunan pada bidang industri, komersial, pelayanan publik dan kualitas masyarakat yang tinggal di suatu daerah untuk menikmati energi listrik (A.C. Wibowo, 2015)[1]. Dengan ketersediaan energi listrik maka harus didukung dengan pembangkit listrik yang memadai[2]. Generator memiliki peranan yang penting pada sebuah pembangkit listrik. Generator merupakan salah satu alat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik[3]. Pemilihan material dalam membuat kerangka penyusun sangat perlu diperhatikan. Setiap material atau bahan yang digunakan dalam pembuatan kerangka penyusun memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda setiap materilanya. Dengan sifat dan karakteristik yang berbeda ini tentu akan mempengaruhi keefektifitasan generator dalam pengoperasiannya.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Liu Yiqi, Paul han dan Ali M.Bazzi dengan judul "*A Comparison of Rotor Bar Material of squirrel-cage Machines for Efficiency Enhancement Purposes*". Penelitian ini dilakukan untuk melihat keefektifitasan dari 3 bahan material yaitu aluminium, tembaga, dan perak dalam pembuatan *rotor bar*. Pengambilan data dilakukan secara simulasi menggunakan software FEMM. Dari penelitian ini dihasilkan bahwa aluminium memiliki nilai kerapatan fluks magnet yang lebih besar dibandingkan dengan tembaga dan perak kemudian dari sifat fisik ketiga bahan tersebut didapatkan bahwa aluminium dan perak memiliki titik leleh yang lebih rendah dibandingkan dengan tembaga sehingga menyebabkan lebih kecil tekanan termal pada saat pengecoran dan pembuatan *rotor bar*. Kedua, tembaga memiliki koefisien ekspansi termal yang lebih kecil

dibandingkan dengan kedua bahan yang lain. Kemudian konduktivitas termal yang tinggi bermanfaat untuk menciptakan struktur *rotor bar* yang seragam selama proses kristalisasi serta menghindari overheating saat beroperasi. Selanjutnya tembaga memiliki *bulk modulus* diikuti perak dan aluminium sehingga dapat memberikan dukungan mekanik yang kuat terhadap struktur yang dibuat. Aluminium secara signifikan lebih ringan dibandingkan dua bahan lainnya. Jadi dengan mengganti aluminium dengan kedua bahan tersebut dapat menambah berat dari mesin [4].

Pada penelitian ini akan dilakukan proses perbandingan material aluminium dan material akrilik sebagai kerangka penyusun generator *axial flux*. Untuk spesifikasi dari generator baik menggunakan kerangka penyusun aluminium dan akrilik sama baik dari jumlah lilitan, tipe generator, magnet, dan dimensi generator. Penelitian ini menitikberatkan pada pengaruh material kerangka penyusun terhadap output generator *axial flux* seperti frekuensi, tegangan, torsi, dan persebaran distribusi kerapatan fluks magnetik. Distribusi persebaran fluks magnetik dilakukan secara simulasi menggunakan software MagNet.

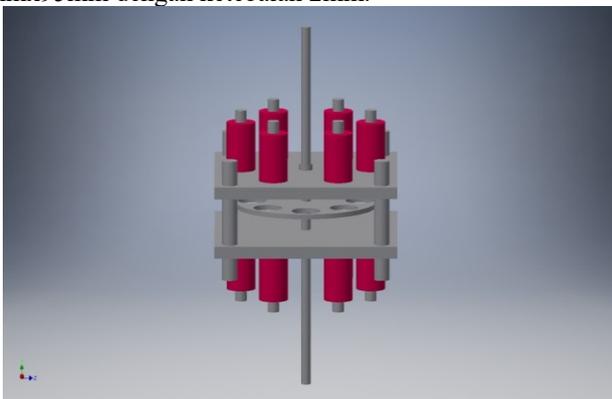
## II. METODE PENELITIAN

### A. Desain Alat

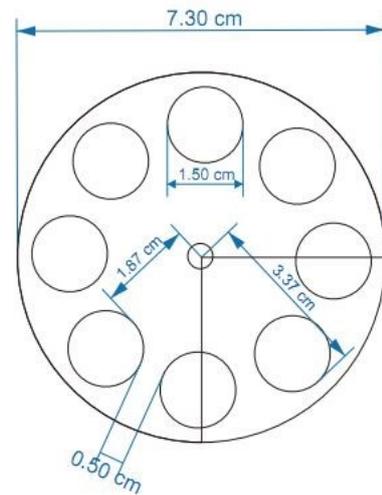
Perancangan dan pembuatan generator ini menggunakan generator tipe *axial flux* dengan dua stator dan rotor tunggal. Kumputan pada stator diletakkan berhadapan langsung dengan magnet di rotor.

Pada bagian rotor terdapat 8 buah magnet Neodymium (NdFeB) dengan ukuran 15mmx2mm sehingga jumlah *pole*-nya sebanyak 8. Dimensi rotor berbentuk lingkaran dengan diameter 73mm dan ketebalan rotor 2mm.

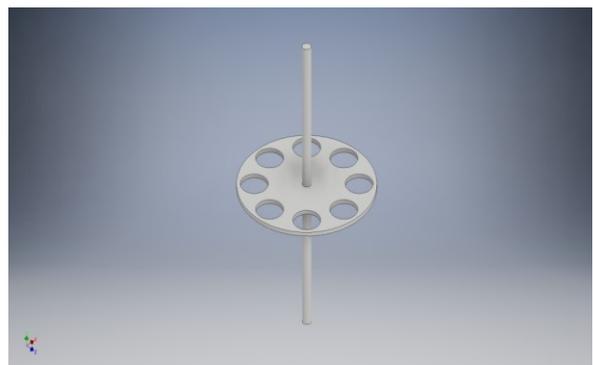
Pada bagian stator terdapat 12 kumputan yang dibagi menjadi 2 sehingga setiap stator terdapat 6 kumputan. Kumputan ini akan dihubungkan secara wye(Y) sehingga keluaran generator berupa tiga fasa. Dimensi stator sebesar 95mmx95mm dengan ketebalan 2mm.



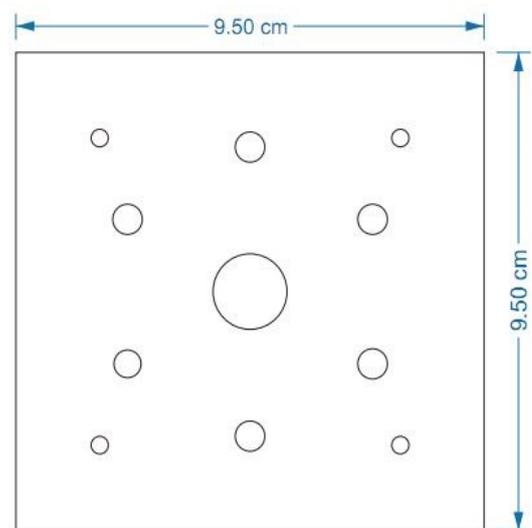
Gbr. 1 Desain Generator *Axial Flux* Double Stator



Gbr. 2 Desain 2d Rotor Generator *Axial Flux*

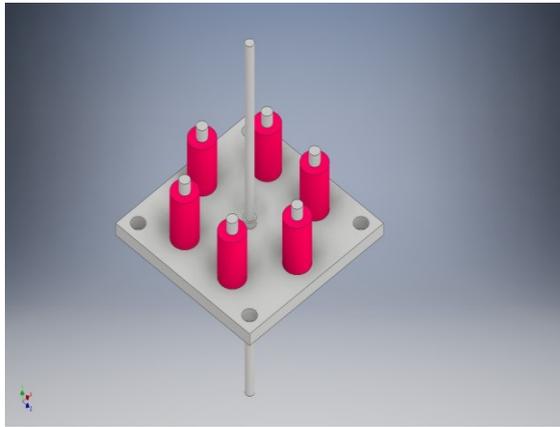


Gbr. 3 Desain 3d Rotor Generator *Axial Flux*



Gbr. 4 Desain 2d Stator Generator *Axial Flux*





Gbr. 5 Desain 3d Stator Generator *Axial Flux*

B. Perancangan Generator *Axial Flux*

1. Menentukan jumlah kutub

$$p = \frac{120 \times f}{nr}$$

$$p = \frac{120 \times 194}{2765}$$

$p = 7,985$  dibulatkan menjadi 8

2. Menentukan jumlah kumparan

$$Ns = \frac{p \times Nph}{2}$$

$$Ns = \frac{8 \times 3}{2}$$

$Ns = 12$  kumparan

3. Perhitungan Bmax

$$Bmax = Br \times \left( \frac{im}{im + \delta} \right)$$

$$Bmax = 0,0448 \times \left( \frac{0,002}{0,002 + 0,004} \right)$$

$Bmax = 0,01493 T$

4. Perhitungan Amag

$$Amag = \pi r^2$$

$$Amag = 3,14 \times 0,0075^2$$

$$Amag = 0,000177 m^2$$

5. Perhitungan  $\varphi$  max

$$\varphi max = Amagnet \times B max$$

$$\varphi max = 0,000177 \times 0,01493 \times 2$$

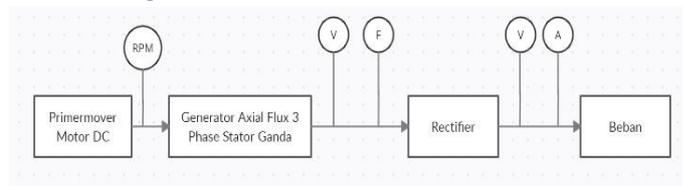
$$\varphi max = 5,28 \times 10^{-5} Wb$$

C. Spesifikasi Generator

TABEL I  
SPESIFIKASI GENERATOR AXIAL FLUX DOUBLE STATOR

Parameter	Simbol	Nilai
Jumlah Fasa	Nph	3 Fasa
Jumlah stator		2
Jumlah Rotor		1
Densitas Flux Magnet	Br	44,8 mT
Ukuran Magnet	R T	7,5 mm 2 mm
Ukuran Rotor	D	7,3 cm
Ukuran Stator	P L	9,5 cm 9,5 cm
Diameter Kawat	D	0,5 mm
Jarak Antar Magnet	$\tau_f$	0,5 cm
Jumlah Magnet	Nm	8 magnet
Jumlah lilitan	N	375 lilitan
Jumlah kumparan	Ns	12 Kumparan
Inti Besi		Ya
Lebar Celah Udara		4 mm
Resistansi Kumparan	Ra	2 ohm
Induktansi Kumparan	Xa	44,8 mT

D. Blok Diagram

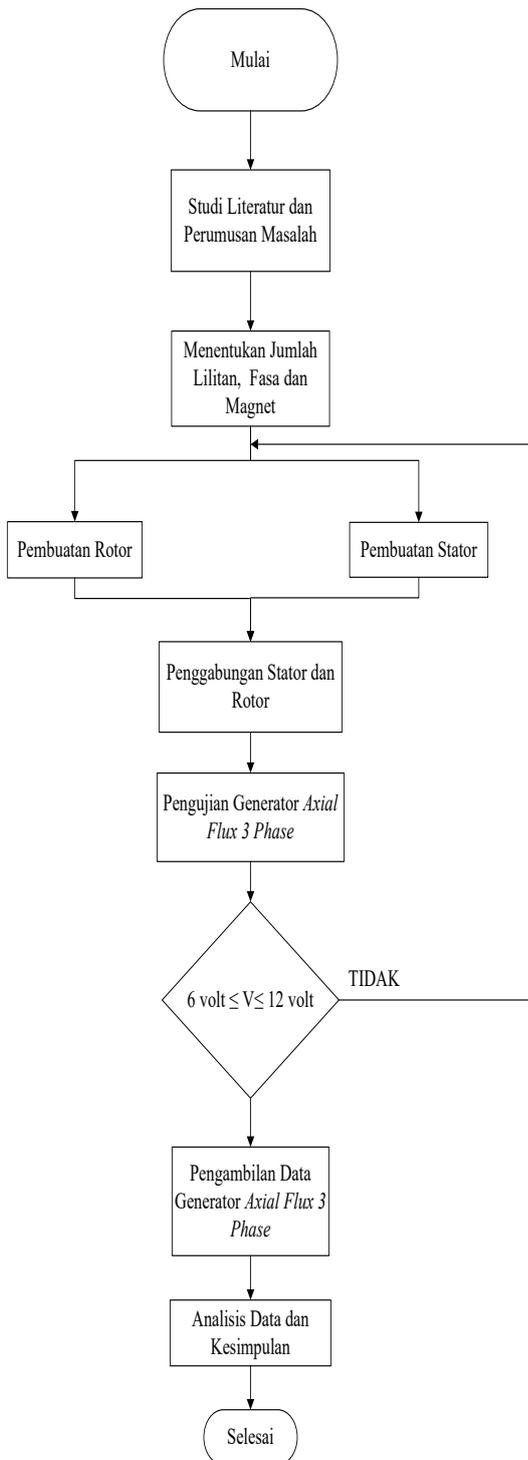


Gbr. 6 Blok Diagram Generator *Axial Flux*

Penelitian generator *axial flux 3 phase* stator ganda menggunakan metode konvensional yang mana *primemover* berupa motor DC yang diberikan tegangan DC oleh *power supply*. Apabila *primemover* berputar maka rotor akan berputar juga sehingga menimbulkan medan elektromagnetik sehingga *output* dari generator berupa tegangan dan arus dapat diukur. Untuk pengukuran kecepatan putar generator menggunakan alat ukur tachometer. *Output* tegangan yang dihasilkan generator berupa tegangan AC yang kemudian disearahkan menggunakan *rectifier* tiga fasa guna mendapatkan tegangan DC. Maka hasil keluaran dari *rectifier* tiga fasa ini akan digunakan untuk menyuplai beban. Beban yang digunakan yaitu berupa beban resistif sebesar 100 ohm. Beban yang digunakan hanya untuk melihat torsi generator baik menggunakan kerangka penyusun aluminium dan akrilik. Pengambilan data dilakukan dengan cara memberikan variasi

kecepatan putar generator kemudian melakukan pengukuran output baik tanpa beban maupun yang berbeban, sedangkan untuk persebaran kerapatan distribusi fluks magnetik baik kerangka penyusun aluminium dan akrilik menggunakan software MagNet.

E. Flowchart Penelitian



Gbr. 7 Flowchart penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

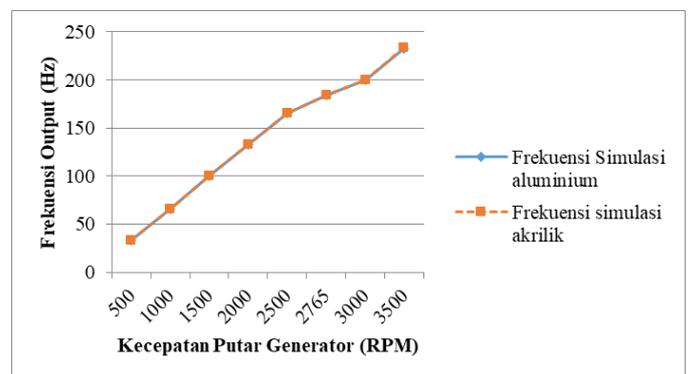
Pengujian Generator Axial Flux meliputi pengujian tanpa beban dan berbeban yang dilakukan secara langsung pada alat sedangkan untuk torsi dan persebaran kerapatan distribusi fluks magnetik dilakukan secara simulasi menggunakan software MagNet. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan variasi kecepatan putar generator untuk melihat hasil output generator.

A. Pengujian Generator Axial Flux Tanpa Beban

TABEL 2  
FREKUENSI OUTPUT GENERATOR AXIAL FLUX

RPM	Frekuensi pengukuran	Frekuensi perhitungan	Frekuensi Simulasi (material aluminium)	Frekuensi Simulasi (material akrilik)
500	29,79	33,33	33,33	33
1000	66,13	66,67	66,34	66,23
1500	100,8	100	100,23	100
2000	136,2	133,33	133,44	133,31
2500	169,2	166,67	166	166
2765	182,1	184,33	184,46	184,42
3000	202,4	200	200,12	200
3500	233,6	233,33	233,34	233

Dari Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai frekuensi yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi kecepatan putar generator yang diberikan. Yang mana semakin besar kecepatan putar generator maka semakin besar pula frekuensi output generator yang dihasilkan.



Gbr. 8 Grafik perbandingan frekuensi simulasi dengan material aluminium dan frekuensi simulasi dengan material akrilik.

Dari Gambar 8 didapatkan bahwa nilai frekuensi simulasi dengan menggunakan kerangka penyusun aluminium nilainya lebih besar dibandingkan dengan menggunakan kerangka

penyusun akrilik. Sehingga penggunaan bahan aluminium lebih baik dibandingkan dengan bahan akrilik.

TABEL 3  
TEGANGAN OUTPUT GENERATOR TANPA BEBAN

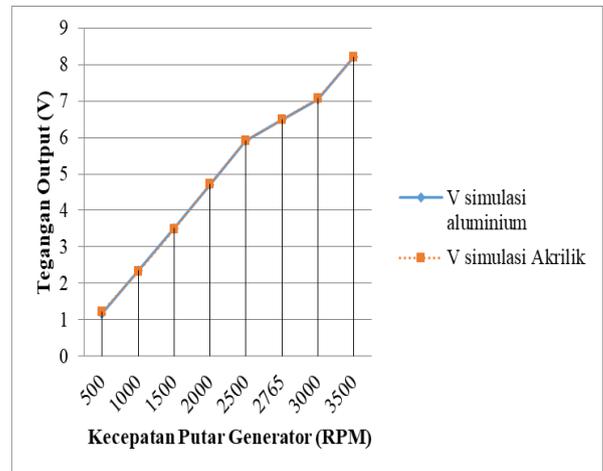
(RPM)	V pengukuran (Volt)	V perhitungan (Volt)	V Simulasi (Bahan Aluminium)	V simulasi (Bahan akrilik)
500	1,22	1,17	1,17	1,15
1000	2,39	2,34	2,35	2,32
1500	3,42	3,51	3,52	3,49
2000	4,46	4,68	4,7	4,68
2500	6,12	5,85	5,9	5,87
2765	6,65	6,47	6,5	6,49
3000	7,29	7,02	7,03	7,07
3500	7,72	8,19	8,19	8,14

Dari Tabel 3 menunjukkan bahwa tegangan output generator yang diperoleh dipengaruhi oleh kecepatan putar generator. Artinya semakin besar kecepatan generator maka semakin besar tegangan output yang dihasilkan. Tegangan output generator berupa tegangan AC. Bisa dilihat pada Gambar 9.



Gbr. 9 Tegangan output Generator dengan kecepatan putar generator 2765 RPM berupa tegangan AC.

Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa tegangan output generator dengan kerangka penyusun aluminium memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan kerangka penyusun akrilik.



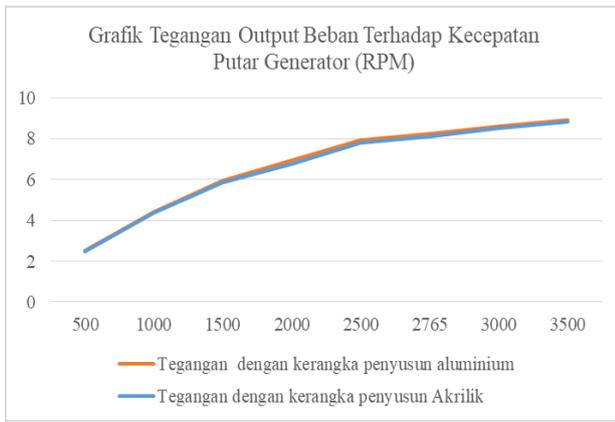
Gbr. 10 Grafik perbandingan tegangan output generator dengan bahan aluminium dan akrilik.

B. Pengujian Generator Axial Flux Dengan Beban

Pengujian generator dengan beban menggunakan beban resistif sebesar 100ohm dengan memberikan variasi kecepatan putar generator.

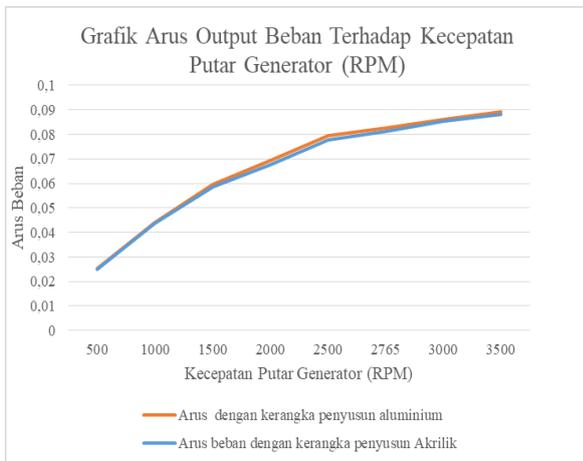
TABEL 4  
HASIL PENGUJIAN GENERATOR AXIAL FLUX DENGAN BEBAN RESISTOR 100 OHM

RPM	Tegangan (bahan aluminium ) (V)	Tegangan (bahan akrilik ) (V)	Arus (bahan aluminium ) (A)	Arus (bahan akrilik) (A)
500	2,54	2,48	0,0254	0,0248
1000	4,42	4,36	0,0442	0,0436
1500	5,95	5,87	0,0595	0,0587
2000	6,94	6,78	0,0694	0,0678
2500	7,94	7,78	0,0794	0,0778
2765	8,27	8,13	0,0827	0,0813
3000	8,603	8,54	0,08603	0,0854
3500	8,93	8,82	0,0893	0,0882



Gbr. 11 Grafik Perbandingan tegangan output dengan beban menggunakan kerangka penyusun aluminium dan akrilik

Dari Gambar 11 dapat dilihat bahwa nilai tegangan output generator dengan beban resistif sebesar 100 ohm menggunakan kerangka penyusun aluminium lebih besar dibandingkan dengan menggunakan kerangka penyusun akrilik.



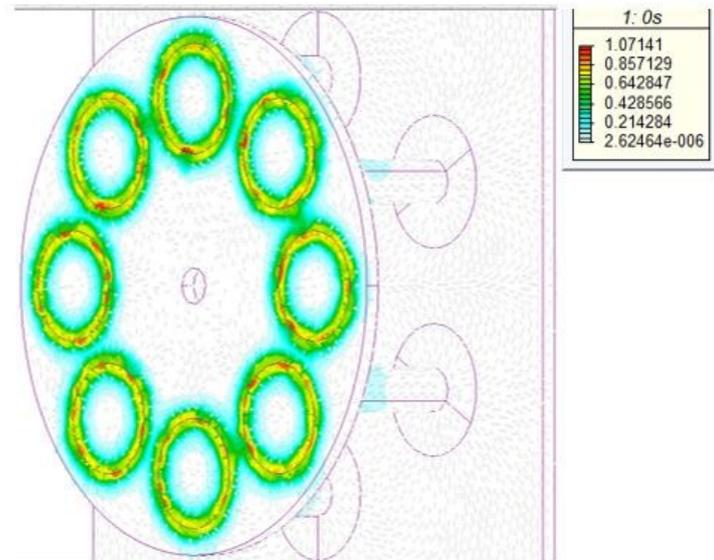
Gbr. 12 Grafik perbandingan arus output dengan beban menggunakan kerangka penyusun aluminium dan akrilik.

Dari Gambar 12 dapat dilihat bahwa arus output dengan beban resistif sebesar 100 ohm menggunakan kerangka penyusun dengan material aluminium lebih besar dibandingkan menggunakan kerangka penyusun material akrilik.

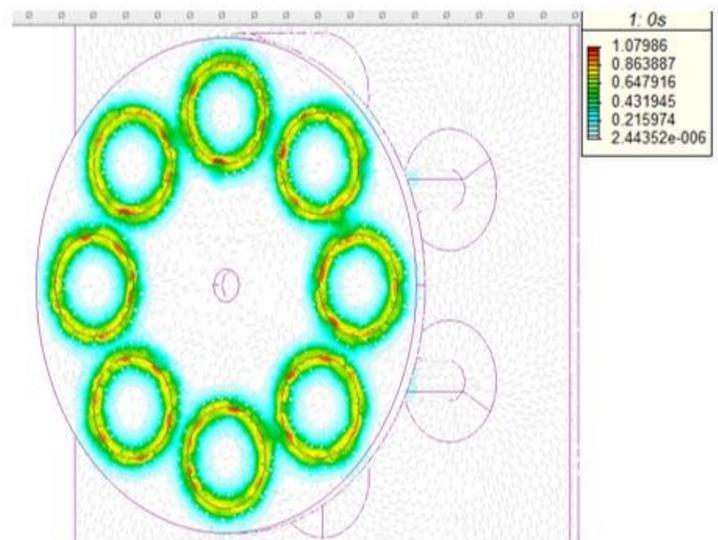
### C. Persebaran Kerapatan Fluks Magnetik dan Torsi Generator

Dari Gambar 13 dan 14 didapatkan bahwa persebaran kerapatan fluks magnetik yang dilakukan secara simulasi menggunakan software MagNet dengan bahan material yang digunakan berupa akrilik sebesar 1,07141 T yang ditunjukkan warna merah dan nilai terkecil kerapatan fluks magnet menggunakan bahan material akrilik sebesar  $2,58803 \times 10^{-0,06}$  T ditunjukkan dengan warna putih. Semakin berwarna merah

akan kerapatan fluks magnetik akan semakin besar pula. Begitu juga dengan bahan aluminium menunjukkan bahwa persebaran kerapatan fluks magnetik menggunakan bahan material aluminium alloy dengan nilai maksimum sebesar 1,07986 T ditunjukkan dengan warna merah dan nilai terkecil kerapatan fluks magnetik sebesar  $2,50624 \times 10^{-0,06}$  T. Sehingga persebaran kerapatan fluks magnetik dengan bahan aluminium lebih besar dibandingkan dengan bahan akrilik.



Gbr. 13 Persebaran Kerapatan Fluks Magnetik Dengan Menggunakan Bahan Akrilik.



Gbr. 14 Persebaran Kerapatan Fluks Magnetik Dengan Menggunakan Bahan Aluminium.

Secara khusus, aluminium memiliki meting point lebih besar dibandingkan dengan akrilik sehingga tekanan termal pada proses pembuatan rotor sedikit besar. Bulk modulus yang lebih besar dapat memberikan mekanik yang kuat sehingga bahan aluminium lebih unggul dibandingkan akrilik. Sedangkan konduktivitas termal aluminium lebih tinggi

dibandingkan akrilik yang bermanfaat untuk menghindari overheating saat generator dijalankan.

TABEL 5  
KARAKTERISTIK FISISK BAHAN ALUMINIUM DAN AKRILIK

	Aluminium	Akrilik
Melting Point	643 – 657°C	130 – 140°C
Thermal Expansion	$23,6 \times 10^{-6} / K$	$5 - 9 \times 10^{-3} / F$
Thermal Conductivity	222 W/m.K	0,05021 W/m.K
Bulk Modulus	68 GPa	2.76 - 3.30 GPa
Density	2,71 g/cm <sup>3</sup>	1,18 g/cm <sup>3</sup>

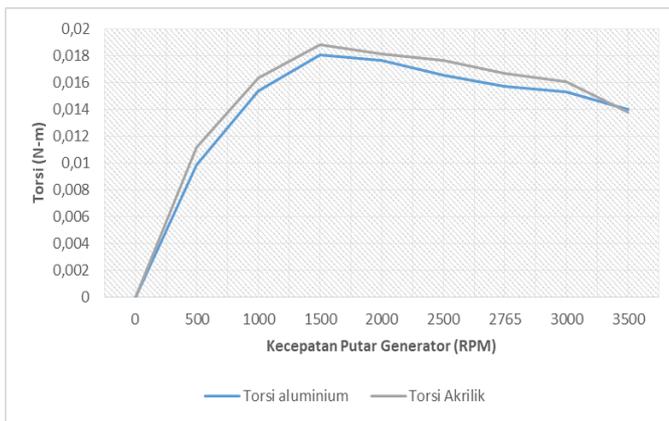
(tegangan, frekuensi) maupun berbeban (tegangan, arus, daya) lebih besar dibandingkan menggunakan bahan akrilik.

Sedangkan untuk persebaran kerapatan fluks magnetik maksimum bahan aluminium sebesar 1,07986 T sedangkan untuk bahan akrilik sebesar 1,07141 T. Untuk persebaran kerapatan fluks magnetik minimum bahan aluminium sebesar  $2,50624 \times 10^{0,06}$  T dan untuk akrilik sebesar  $2,58803 \times 10^{-0,06}$  T.

Begitu juga torsi awalan generator dengan bahan aluminium sebagai kerangka penyusu sebesar 0,00988 N-m dan untuk akrilik sebesar 0,0112 N-m. sedangkan unntuk torsi maksimum kedua bahan masing-masing bernilai 0,01886 N-m untuk bahan akrilik dan 0,01812 N-m bahan aluminium.

REFERENSI

[1] A. C. Wibowo, "Analisis Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Dengan Menggunakan Metode Simple Economic," Transient, vol. 4, no. 4, 2015.  
 [2] Direktorat Jenderal Ketenagalistikan. (2018). Statistik Ketenagalistrikan no 31- 2017. Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral.  
 [3] Chapman, S.J. (2002). Electric Machinery Fundamentals-5th ed. McGraw-Hill Companies: NewYork  
 [4] Liu Y., Han P., M. Bazzi A.,A Comparison of Rotor Bar Material of Squire; cage Induction Machines for Efficiency Enhancement Purposes. University of Connecticut. USA.



Gbr. 15 Perbandingan Torsi generator dengan kerangka penyusun aluminium dan akrilik.

Dari Gambar 15 didapatkan bahwa ada saat kecepatan 500 rpm torsi yang dihasilkan saat menggunakan bahan material akrilik sebesar 0,0112 N-m sedangkan saat menggunakan bahan material aluminium sebesar 0,00988 N-m. Torsi awalan dari bahan alumium lebih kecil dibandingkan dengan bahan akrilik sehingga kinerja generator axial flux dengan kerangka penyusun alumnum lebih baik dibandingkan dengan akrilik.Sedangkan untuk torsi maksimum dengan kedua bahan material akrilik dan aluminium pada saat kecepatan putar generator sebesar 1500 rpm dengan nilai sebesar 0,01886 N-m dan 0,01812 N-m. Saat kecepatan melebihi 1500 rpm maka torsi yang dihasilkan akan mengecil secara perlahan baik pada material aluminium maupun akrilik.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan alumnum sebagai kerangka penyusun generator akan menghasilkan output generator baik tanpa beban