

ANALISIS PENGARUH MATERIAL MAGNET PERMANENT TERHADAP KARAKTERISTIK GENERATOR SINKRON RADIAL 18 SLOT 16 POLE

Tahlil Darmiayu Putri^{1*}, Liliana²

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293
Email: 11755202127@students.uin-suska.ac.id, liliana@uin-suska.ac.id

Abstract — *Utilization of wind energy potential has resulted in developments in the design of a permanent magnetic generator of 18 16 pole slots. In the design of a permanent magnet generator 18 16 pole slots are only able to produce an efficiency of 70%. This research aims to increase the efficiency of these generators. The paper will conduct experiments by inserting the input of permanent magnetic materials to see the influence of the permanent magnetic material Ceramic Ferrite, PM12: Br 1.2 nut 1.0, Neodymium Iron Boron, and Samarium cobalt on the characteristics and efficiency of the 18s16p permanent magnet generator using finite element method-based software. The results of experiments on models using PM12: Br 1.2 mur 1.0 produced the greatest efficiency of 91%, followed by Neodymium Iron Boron material at 90%, then Samarium cobalt material at 89%, and Ceramic Ferrite at 87%.*

Abstrak – Pemanfaatan potensi energi angin telah menghasilkan perkembangan pada perancangan generator magnet permanen 18 slot 16 pole. Pada perancangan generator magnet permanen 18 slot 16 pole hanya mampu menghasilkan efisiensi sebesar 70%. Penelitian ini bertujuan untuk menaikkan efisiensi dari generator tersebut. Pada paper ini akan melakukan percobaan dengan memasukkan inputan material permanen magnet untuk melihat pengaruh dari material magnet permanent Ceramic Ferrite, PM12: Br 1.2 mur 1.0, Neodymium Iron Boron, dan Samarium cobalt terhadap karakteristik dan efisiensi dari generator magnet permanen 18s16p dengan menggunakan software berbasis *Finite Element Method*. Hasil percobaan pada model yang menggunakan material PM12: Br 1.2 mur 1.0 menghasilkan efisiensi terbesar yaitu 91%, diikuti oleh material Neodymium Iron Boron yaitu sebesar 90%, lalu material Samarium cobalt sebesar 89%, dan Ceramic Ferrite sebesar 87%.

Kata Kunci – Generator Sinkron Magnet Permanen, PMSG, Material Magnet permanen, PLTB

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik meningkat rata-rata sebesar 5,9% pertahun hingga tahun 2050, sehingga dilakukan berbagai cara untuk memenuhi kebutuhan ini[1]. Selama ini

energi fosil menjadi satu-satunya sumber energy yang

digunakan, dan diketahui bahwa saat ini sumber minyak bumi dan batu bara semakin menipis, untuk itu energi alternatif sangat dibutuhkan. Untuk mengurangi konsumsi energi fosil, banyak yang mulai beralih ke pemanfaatan energi alam seperti air, matahari, dan angin atau yang biasa lebih dikenal dengan Energi Baru Terbarukan (EBT)[2][3].

Sumber energi yang sedang populer banyak digunakan ialah sumber energi yang berasal dari magnet permanent. Energi yang dihasilkan dari magnet permanent sangat menguntungkan, karena menghasilkan energi yang cukup besar dan tanpa efek pencemaran lingkungan[4]. Magnet permanent tersebut diaplikasikan pada generator yang digunakan pada kincir untuk merubah energi mekanik menjadi energi listrik [5] [6]

Pada penggunaan kincir angin dibutuhkan generator kecepatan rendah dengan efisiensi yang baik (*low speed*), maka *Permanent Magnet Alternator* (Generator yang memakai magnet permanen) memenuhi kualifikasi-kualifikasi tersebut, dan sejauh ini, generator tersebut adalah pilihan yang paling banyak dipilih dalam mendesain kincir angin kecil yang sukses untuk daerah-daerah dengan kecepatan angin rendah[7]. Untuk daerah dengan kekuatan angin yang tidak terlalu kencang dan daerah minim listrik seperti desa-desa kecil dipesisir pantai selatan yang memiliki kecepatan angin sekitar 3 m/s, akan sangat membutuhkan generator jenis ini, dan tentunya generator yang minim biaya perawatan. teknologi ini membuat sistem lebih dapat diandalkan dan kinerjanya efisien untuk mengatasi sumber angin dengan kecepatan rendah[8][9]

Sebelumnya perancangan tentang PMSG 18 Slot 16 Pole ini sudah pernah dilakukan sebagai project penelitian tugas akhir. Pada penelitian itu berhasil merancang generator magnet permanen radial 18 slot 16 pole dengan efisiensi sebesar 70% [10]. Pada penelitian ini penulis menyarankan untuk menaikkan efisiensi dari generator yang sudah dirancangnya, dimana diketahui bahwa efisiensi memiliki keterkaitan dengan keluaran generator yang bergantung pada fluks yang dihasilkan oleh magnet permanen yang menghasilkan tegangan induksi yang menjadi parameter awal dari kinerja generator.[11].

Kinerja yang dihasilkan generator magnet permanen sangat bergantung pada besarnya kekuatan medan magnet yang dihasilkan dari rotor yang berputar yang didalamnya terdapat magnet permanen yang menginduksi satu set tegangan tiga fasa dalam belitan stator[12][13][14]. Pada magnet permanen ini terdapat kerapatan fluks magnet yang mempengaruhi nilai tegangan yang terinduksi pada kumparan[15][16]. Sehingga akan dibutuhkan magnet permanent dengan kualitas baik untuk diaplikasikan pada generator ini, karena sifat bahan permanen magnet akan mempengaruhi secara langsung kinerja dari generator, maka

akan dipilih material permanent magnet yang memiliki sifat kemagnetan yang kuat [17][18]. Selaras dengan pernyataan bahwa permeabilitas bahan berbanding lurus dengan kerapatan fluks magnet, dimana semakin baik bahan maka semakin baik pula nilai permeabilitasnya[19][20][21].

Oleh karena itu pada paper ini akan menganalisis perbandingan pengaruh material permanent magnet terhadap karakteristik dan efisiensi pada Generator Sinkron Magnet Permanen 18 Slot 16 Pole Arah Fluks Radial.

*) **penulis korespondensi:** Tahlil Darmiayu Putri
Email: 11755202127@students.uin-suska.ac.id

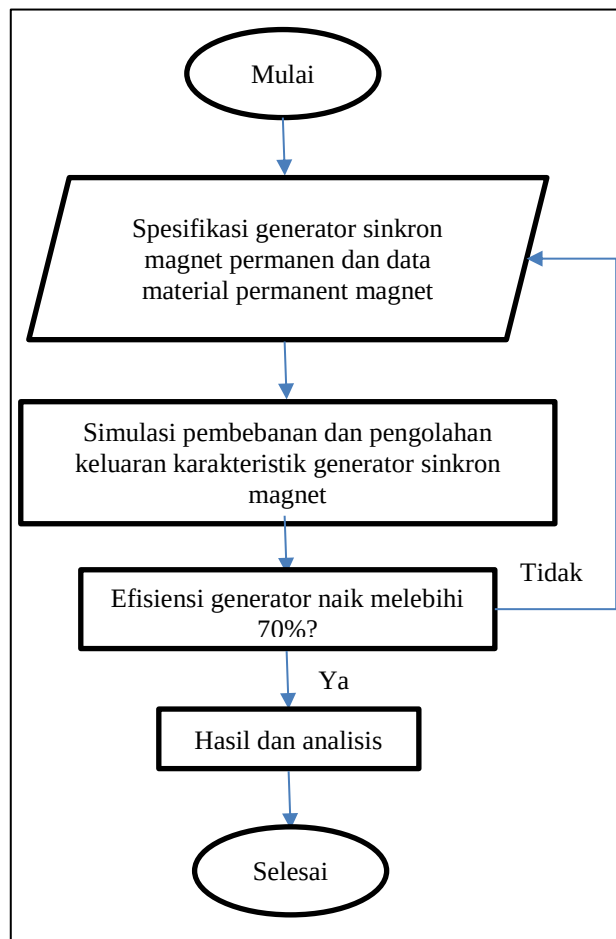
II. PENELITIAN YANG TERKAIT

Penelitian yang dilakukan oleh Liliana dkk, yang berjudul “Effect of Thickness and Type of Magnet against EMF Back PMSG 12S8P with FEM” yang bertujuan untuk mengetahui perbandingan efisiensi pada tebal dan material permanent magnet synchronous generator (PMSG) 12 slot 8 kutub. Metode yang digunakan pada percobaan ini ialah dengan mensimulasikan 4 rancangan generator dengan tebal dan dua jenis material permanent magnet, lalu dibandingkan hasil keluaran setiap rancangan. Penelitian ini menghasilkan tegangan keluar sebesar 21.13122V untuk rancangan generator dengan tebal magnet 6mm dan material yang digunakan adalah PM12: Br 1.2 mur 1.0.

Lalu penelitian yang dilakukan oleh Yudi Prasetyo yang berjudul “Analisis Perbandingan Bahan Material Magnet Dalam Pemodelan Permanent Magnet Synchronous Generator (Pmsg) 12 Slot 8 Kutub Dengan Menggunakan Finite Element Method (Fem) Software” yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh material magnet terhadap keluaran dari PMSG. Pada penelitian ini menggunakan generator magnet permanen 12 slot stator dan 8 kutub, dengan analisis perbandingan material dalam pemodelan permanent magnet synchronous generator 12 slot 8 kutub yang menggunakan Finite Element Method (FEM) Software MagNet 7.5, Dalam penelitian ini variabel yang digunakan meliputi variasi bahan material magnet, variasi kecepatan RPM, serta variasi beban. Hasil keluaran nilai tegangan tertinggi yaitu 282,60 V pada saat kecepatan putar 2000 RPM beban 25 ohm dengan material magnet PM12 : Br1.2 mur 1.0.

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan menganalisis nilai karakteristik generator sinkron magnet permanen setelah diberikan variasi material permanent magnet menggunakan metode *Finite Element Method* untuk mencapai efisiensi tertinggi. Langkah-langkah simulasi Generator magnet sinkron permanen magnet adalah (1) Mengatur tampilan dan set unit lembar kerja pada software magnet (2) Membuat beberapa desain geometri atau pemodelan Generator sinkron magnet permanen 18 slot 16 pole (3) Masukan parameter material yang akan digunakan (4) atur parameter beban dan parameter kecepatan putar rotor (5) Pengujian hasil variasi material magnet permanen (6)Pengambilan dan pengolahan data hasil simulasi [13]. Berikut diagram alir/flowchart penelitian ini :



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Berikut data spesifikasi generator sinkron magnet permanen yang akan digunakan pada penelitian ini :

Tabel 1.

Spesifikasi generator sinkron magnet permanen

Spesifikasi	Deskripsi
Slot	18
Pole	16
Dimensi	110x110 mm
Jumlah Lilitan	50
Material Stator	Carpenter: Silicon steel
Material Coil	Copper: 5.77e7
Material Rotor	Carpenter: Silicon steel
Material Airbox	Air
Material Airgap	Air

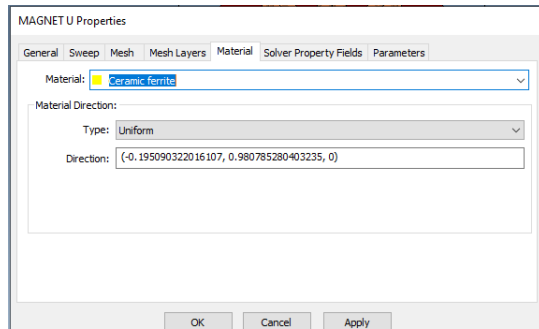
Berikut data material yang akan diaplikasikan pada model PMSG 18 slot 16 pole.

Tabel 2.

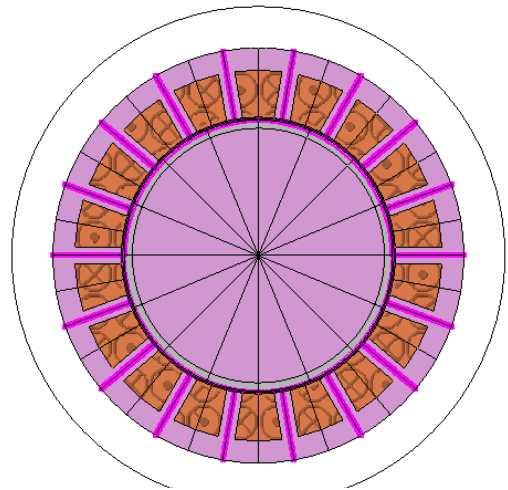
Material Permanent magnet

No.	Material Permanent Magnet
1	Ceramic ferrite
2	Neodymium Iron Boron
3	PM12: Br 1.2 mur 1.0
4	Samarium cobalt

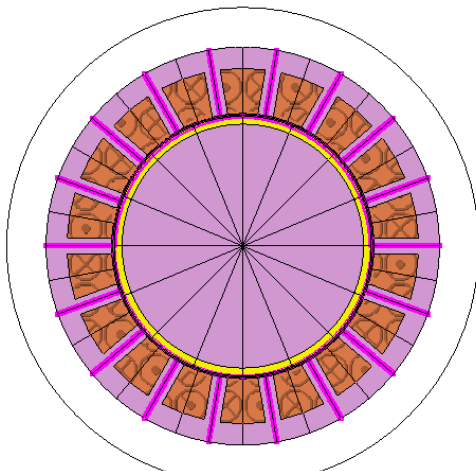
Parameter dari material magnet permanent sebagai berikut :



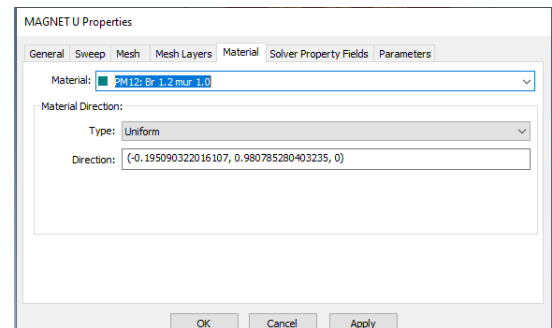
Gambar 2. Material magnet permanent Ceramic Ferrite



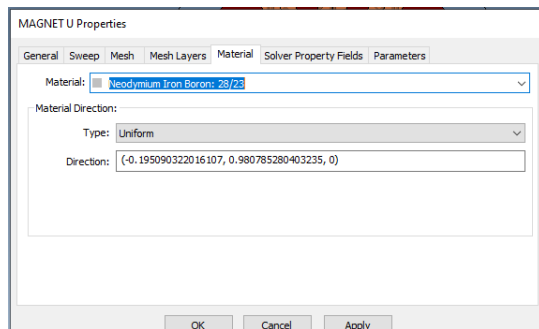
Gambar 5. PMSG18S16P menggunakan Neodymium Iron Boron



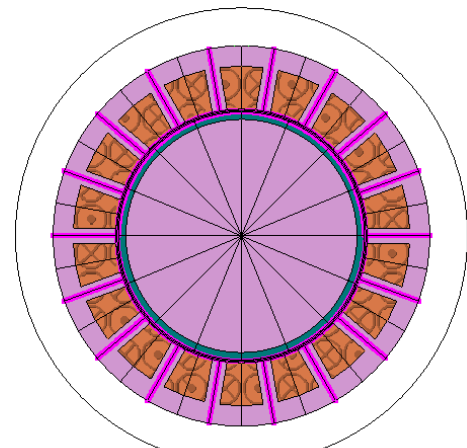
Gambar 3. PMSG 18S16P menggunakan Ceramic Ferrite



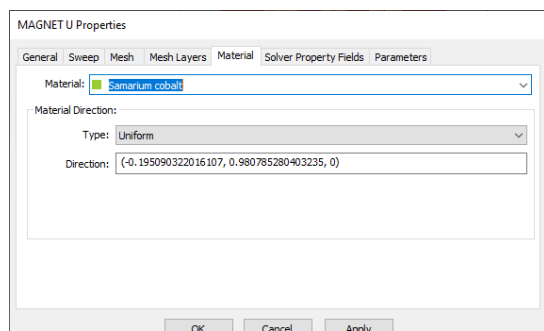
Gambar 6. Material Magnet Permanent PM12: Br 1.2 mur 1.0



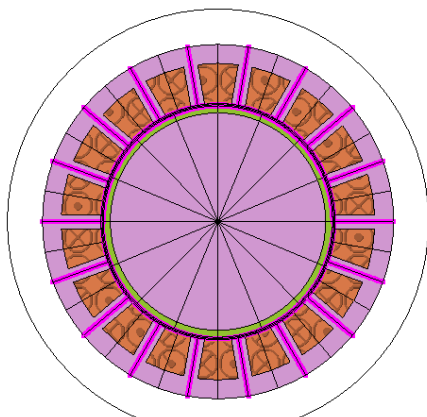
Gambar 4. Material Magnet Permanent Neodymium Iron Boron



Gambar 7. PMSG 18S16P menggunakan PM12: Br 1.2 mur 1.0



Gambar 8. Material Magnet Permanent Samarium cobalt



Gambar 9. PMSG 18S16P menggunakan Samarium cobalt

Setelah melakukan proses solving, maka PMSG akan diputar dengan kecepatan 90 Rpm dan diberi beban sebesar 5 Ohm pada rangkaian untuk mendapatkan hasil keluaran dari generator [7]. Ini bertujuan untuk mendapatkan output dari arus yang masuk. Berikut tahapan dari pemberian inputan pada pembebanan:

1. Pembuatan rangkaian belitan di toolbars window dan new circuit window

2. Proses simulasi dan pengambilan data hasil simulasi

Nilai keluaran karakteristik terdiri dari :

1. Arus

Arus Listrik didapatkan dari hasil perbandingan tegangan input dan hambatan [16]. Nilai arus bergantung pada kecepatan putar generator, semakin bertambah kecepatan putar maka akan semakin bertambah pula nilai keluaran arus [17].

2. Tegangan

Tegangan merupakan hasil dari induksi elektromagnetik generator.

3. Torsi

Torsi dihasilkan dari gaya tangensial dan jari-jari tempat motor yang bekerja, tergantung pada besarnya gaya yang diberikan dan jarak antar sumbu rotasi/sumbu putar [18] [3].

$$T = Fr \quad (1)$$

F = Force/gaya

R = Jari-jari

4. Daya Masuk

Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan daya masuk (Pin) adalah sebagai berikut [19] :

$$Pin = \frac{Torsi \times RPM \times 2 \Phi}{60} \quad (2)$$

RPM = Kecepatan Putar

Phi = 3.14

5. Daya Keluar

Dan untuk mendapatkan nilai daya keluar menggunakan persamaan berikut [20]:

$$Pout = V \times I \quad (3)$$

V = Tegangan

I = Arus

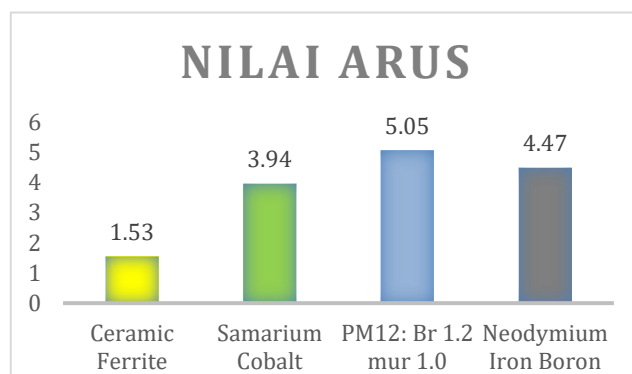
6. Efisiensi

Nilai efisiensi didapatkan dari selisih daya masuk terhadap daya keluar, dengan persamaan sebagai berikut [21] :

$$n = \frac{Pout}{Pin} \times 100\% \quad (4)$$

IV.HASIL DAN PEMBAHASAN

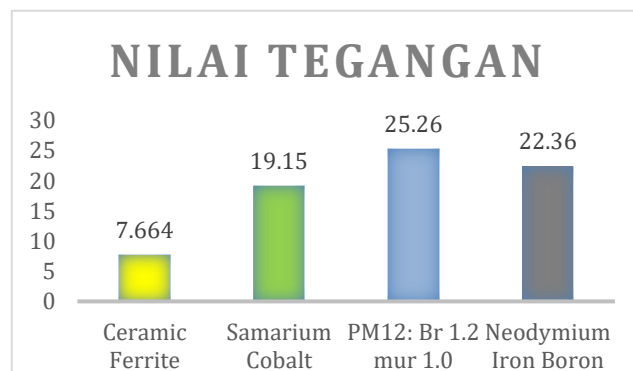
Hasil Nilai Arus



Gambar 10. Diagram Arus

Dari diagram diatas dapat dilihat bahwa arus tertinggi dihasilkan dari material permanent magnet PM12: Br 1.2 mur 1.0 yaitu sebesar 5 Ampere, dan untuk arus terendah dihasilkan oleh material Ceramic Ferrite yakni sebesar 1.5 Ampere. Pada hasil yang beragam dari setiap material membuktikan bahwa material magnet permanent memiliki pengaruh terhadap arus yang dihasilkan oleh generator.

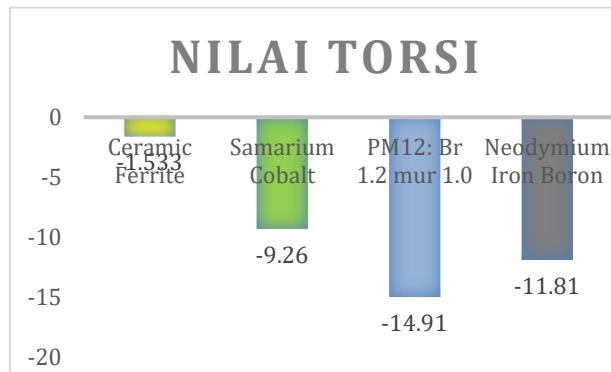
Hasil Nilai Tegangan



Gambar 11. Diagram Tegangan

Dari hasil pada diagram diatas dapat dilihat bahwa hasil keluaran tegangannya pun beragam. Dimana, tegangan tertinggi dihasilkan oleh PM12: Br 1.2 mur 1.0 yaitu sebesar 25.26 Volt. Hasil yang beragam ini membuktikan bahwa adanya pengaruh dari material permanent magnet terhadap besaran tegangan yang dihasilkan oleh generator.

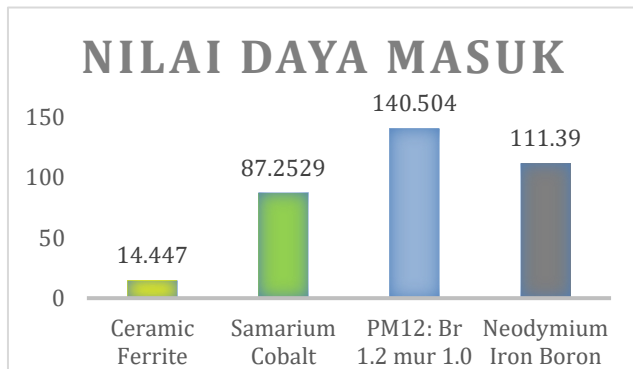
Hasil Nilai Torsi



Gambar 12. Diagram Torsi

Pada diagram torsi dapat dilihat bahwa torsi juga memiliki hasil yang beragam. Dimana, torsi tertinggi dihasilkan oleh Ceramic Ferrite yakni sebesar -14 Nm. Dari hasil yang beragam juga membuktikan bahwa adanya pengaruh dari material magnet permanent terhadap torsi.

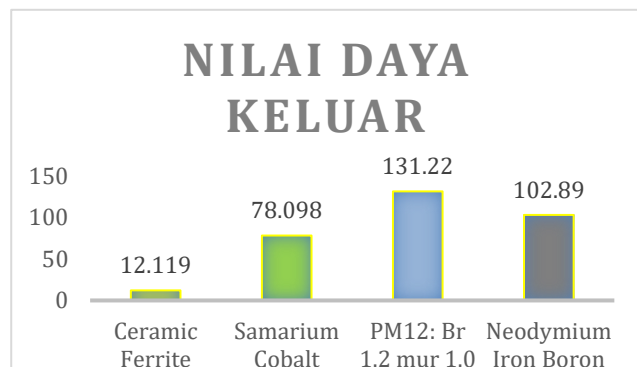
Hasil Nilai Daya Masuk



Gambar 13. Diagram Daya Masuk

Pada diagram daya masuk juga memperlihatkan hasil yang beragam, ini dikarenakan adanya pengaruh dari material magnet permanent terhadap torsi sehingga mempengaruhi kepada daya masuk. Dimana, daya masuk terbesar dihasilkan oleh material PM12: Br 1.2 mur 1.0 yaitu sebesar 140.50 Watt.

Hasil Nilai Daya Keluar

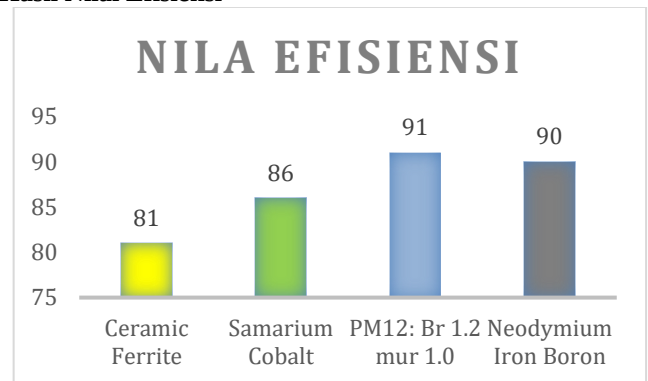


Gambar 14. Diagram Daya Keluar

Pada diagram daya keluar juga memperlihatkan hasil yang beragam, ini dikarenakan adanya pengaruh dari arus dan

tegangan. Dimana, daya keluar terbesar dihasilkan oleh PM12: Br 1.2 mur 1.0 yaitu 131.2 watt.

Hasil Nilai Efisiensi



Gambar 17. Diagram Nilai Efisiensi

Pada diagram diatas dapat dilihat efisiensi tertinggi dihasilkan dari material PM12: Br 1.2 mur 1.0 yakni sebesar 91%. Ini membuktikan bahwa adanya pengaruh dari material magnet permanent terhadap efisiensi .

V.KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pada penelitian Analisis Pengaruh Material Magnet Permanen Terhadap Karakteristik Generator Sinkron Magnet Permanen Radial 18 Slot 16 Pole dapat disimpulkan bahwa

1. Dari banyaknya variasi hasil dari setiap model membuktikan bahwa adanya pengaruh dari material magnet permanent terhadap keluaran generator sinkron Magnet Permanen Radial 18 Slot 16 Pole.
2. Daya Keluaran tertinggi dihasilkan oleh PMSG yang menggunakan material PM12: Br 1.2 mur 1.0 yaitu sebesar 1312.19 Watt, dan daya terendah dihasilkan oleh material Ceramic Ferrite yaitu sebesar 121.19 Watt.
3. Efisiensi tertinggi dihasilkan oleh PMSG yang menggunakan material PM12: Br 1.2 mur 1.0 yaitu sebesar 91% dan efisiensi terendah dihasilkan oleh material Ceramioc Ferrite yaitu sebesar 81%.
4. Adapun keluaran yang dihasilkan bervariasi ini dikarenakan adanya perbedaan sifat magnetik pada setiap bahan material magnet.

Saran

Beberapa saran yang diberikan diantaranya sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya sebaiknya menganalisis secara ekonomi terhadap penelitian ini sebelum dirancang ke bentuk aslinya.
2. Pada penelitian selanjutnya baiknya memilih material magnet jenis lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan karunianya ke seluruh penjuru bumi. Kepada Mama, Abang, dan Kaka yang selalu berisik tentang lulus. Kepada Papa yang beberapa tahun kebelakang sangat-sangat tidak berkontribusi di bumi tapi selalu merengkuh dari langit. Kepada Bu Lili yang selalu sabar selama satu setengah tahun. Kepada teman-teman, abang-abang, kaka-kaka, dan adik-adik terbaik seantero semesta yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu, karena kalian semua berarti dengan cara kalian masing-masing. Kepada PT. LBN dan Bang Ricky Elson. Dan tentunya kepada diri ini, sangat-sangat terimakasih sudah bertahan sembari berjuang sejauh dan sehebat ini. Terimakasih saya. See u on top<3

4 DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPPT, *Indonesia Energy Outlook 2020 - Special Edition Dampak Pandemi COVID-19 terhadap Sektor Energi di Indonesia*. Indonesia: Badan Pengkajian dan Penerapan Energi, 2020.
- [2] Y. Mastanamma and D. Subbarayudu, "Permanent magnet synchronous generator for wind energy conversion systems (WECS): A review," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 7, no. ICETESM18, pp. 217–221, 2019.
- [3] C. Y. Hsiao, S. N. Yeh, and J. C. Hwang, "Design of high performance permanent-magnet synchronous wind generators," *Energies*, vol. 7, no. 11, pp. 7105–7124, 2014, doi: 10.3390/en7117105.
- [4] P. Irasari and N. Idayanti, "Aplikasi Magnet Permanen BaFe₁₂O₁₉ dan NdFeB Pada Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Skala Kecil," *Indones. J. Mater. Sci.*, vol. 11, no. 1, pp. 38–41, 2009.
- [5] LAN, "Pengenalan Teknologi Energi Angin," vol. PT. Lenter, 2014.
- [6] P. A. Simanjuntak, "Pengenalan Teknologi Motor / Generator Penari Langit," *J. Fis. dan Apl.*, vol. Vol 9, no. Atom logo RSS2 logo RSS1 logo, p. 14, 2013, [Online]. Available: <http://www.mqitechnology.com/motor-designs.jsp%0A%0A>.
- [7] H. Piggott, "Windpower Workshop," 1997.
- [8] I. N. Zahra, "Pengenalan Teknologi Pemanfaatan Energi Angin," *Pengenalan Teknol. Pemanfaat. Energi Angin*, vol. 1, pp. 1–4, 2008.
- [9] J. Grafika and N. Kampus, "Review Perbandingan Metode Meminimalkan Torsi Cogging Pada Outer-Rotor Dan Dual-Stator Generator Magnet Permanen Fluks Radial Pada Teknologi PLTB Skala Kecil," pp. 51–56, 2016.
- [10] B. Galang Satya, "Desain Mini Generator Magnet Permanen," p. 23, 2018, [Online]. Available: <http://repository.uin-suska.ac.id/15845/>.
- [11] Agus Nur Hidayat, Suyitno, and Daryanto, "Pengaruh Jumlah Lilitan Kumpanan Stator Terhadap Kinerja Generator Magnte Permanen Fluks Aksial Satu Fasa," *J. Electr. Vocat. Educ. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 28–31, 2020, doi: 10.21009/jevet.0022.06.
- [12] A. Nurdin, A. Azis, and R. A. Rozal, "Peranan Automatic Voltage Regulator Sebagai Pengendali Tegangan Generator Sinkron," *J. Ampere*, vol. 3, no. 1, p. 163, 2018, doi: 10.31851/ampere.v3i1.2144.
- [13] Liliana, Z. Aini, A. Wenda, and T. D. Putri, "Effect of Thickness and Type of Magnet against EMF Back PMSG 12S8P with FEM," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 990, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/990/1/012006.
- [14] Y. Prasetyo, "Analisis Perbandingan Bahan Material Magnet Dalam Pemodelan Permanent Magnet Synchronous Generator (Pmsg) 12 Slot 8 Kutub Dengan Menggunakan Finite Elemen Method (Fem) Software," 2019.
- [15] L. K. Praktik, P. Studi, T. Elektro, F. T. Industri, and U. Pertamina, "Pengaruh material inti besi terhadap nilai back emf pada permanent magnet synchronous generator 12 slot 8 pole," 2019.
- [16] R. Saputra and Z. Aini, "Analisis Pengaruh Ketebalan dan Jenis Inti Besi Rotor Stator terhadap Karakteristik Generator Sinkron Magnet Permanen 18S16P Fluks Radial," *J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 18, no. 2, pp. 220–227, 2021.
- [17] Magnetic Materials Producers Association, "Standard Specifications for Permanent Magnet Materials," *Alnico Magnets*, no. 0100, p. 7, 2000.
- [18] I. Arifianto and M. R. HS, "Analisa Efisiensi dan Rancang Generator Permanent Magnet 12 Slot 8 Pole Menggunakan Software Magnet 7 . 5," *Semin. Nas. Microwave, Antena dan Propagasi*, pp. 43–48, 2018.
- [19] D. Jiles, "Introduction to Magnetism and Magnetic Materials," *Introd. to Magn. Magn. Mater.*, 2015, doi: 10.1201/b18948.
- [20] Stephen J. Chapman, *Electric Machinery Fundamentals*[1] Stephen J. Chapman, *Electric Machinery Fundamentals*, 5th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2011., 5th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2011.
- [21] A. E. Fitzgerald, C. Kingsley, and S. D. Umans, *Electric Machinery, Sixth Edition*, 6th ed. New York: The McGraw-Hill Companies, 2003.