

NOZEL

Jurnal Pendidikan Teknik Mesin

Jurnal Homepage: <https://jurnal.uns.ac.id/nozel>



PENGARUH DESAIN MAGNET PADA ROTOR GENERATOR DAN VARIASI KECEPATAN ANGIN TERHADAP ENERGI LISTRIK YANG DIHASILKAN OLEH TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL SKALA MIKRO

Mohamad Ulil Albab¹, Husin Bugis², Herman Saputro³

¹Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, FKIP, Universitas Sebelas Maret Surakarta

Email : ulilmohamadalbab@gmail.com

Abstract

Energy use in Indonesia is increasing while energy reserves in Indonesia are running low. In an effort to meet energy needs in Indonesia, there must be the development of renewable energy sources by utilizing wind energy to be converted into electrical energy using a horizontal wind turbine generator. To optimize the wind turbine generator, you can change its parameters, one of which is by changing the design of the generator magnet.

The method used in this study is an experimental method, where the variables used in this study are the design of the magnet skew, the design of the interior magnet and the design of the magnet surface. This research was conducted at wind speeds of 1 m/s to 5 m/s using a wind tunnel. Tests were carried out using 12 V and 24 V lamp loads and no-load tests to determine the power generated by each generator.

The results of the research are the design of the magnet on the generator rotor and variations in wind speed affect the power produced by the wind turbine, the magnetic skew produces a power of 0.974 W, the interior magnet produces a power of 0.674 W and the surface magnet produces a power of 1.386 W. Tests without load and speed variations The wind affects the power produced by the wind turbine, where the power at the generator cannot be calculated. Tests with loading and wind speed variations affect the power produced by the wind turbine, where each loading test has various results such as when a load is given to the magnetic surface design at a wind speed of 5 m/s with a loading of 24 V producing a power of 1.386 W.

Keywords: *Energy, horizontal wind turbine, generator magnet design, power*

A. PENDAHULUAN

Energi angin merupakan salah satu energi alternatif yang bisa digunakan untuk menggantikan energi fosil yang ketersediaannya semakin menipis. Menurut

data dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT, 2019) ketersediaan batu bara di Indonesia pada tahun 2018 yaitu 39,38 miliar ton dengan ditaksir potensi sebesar 151,40 miliar ton. Dengan perkiraan

ketersediaan batu bara di Indonesia akan habis 70 tahun yang akan mendatang. Ketersediaan minyak bumi yang ada di Indonesia pada tahun 2018 sebesar 7,51 miliar barel dan mengalami devisa sebesar 0.27% dari tahun 2017.

Melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menginisiasi percepatan penggunaan energi baru terbarukan (EBT) dengan keluarnya Peraturan Menteri ESDM No 53/2018 Tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik. Melalui peraturan menteri tersebut pemerintah Indonesia merencanakan pemanfaatan sumber energi terbarukan sebagai pembangkit listrik. Sumber energi terbarukan merupakan sumber energi yang diperoleh dari sumber daya yang berkelanjutan. Antara lain sumber energi yang berkelanjutan meliputi angin, sinar matahari, bioenergi, panas bumi, aliran dan terjunan air serta gelombang laut (KESDM, 2019).

Meskipun pemerintah sudah mengeluarkan dorongan untuk pemanfaatan energi terbarukan, namun energi baru terbarukan belum optimal dikembangkan. Salah satu sumber energi yang belum teroptimalkan adalah energi angin, menurut Ditjen EBTKE tahun 2019 energi angin memiliki potensi menghasilkan listrik sebesar 970 MW dengan kapasitas yang

sudah terpasang sebesar 140,03 MW berdasarkan HEESI KESDM tahun 2018. Hal tersebut masih sedikit pemanfaatan energi angin yang belum teroptimalkan dari potensi yang ada. Lebih jelasnya bisa dilihat tabel berikut pemanfaatan energi terbarukan khususnya energi angin.

Tabel 1. 1 Potensi Energi Terbarukan di Indonesia 2019

No	Jenis Energi	Sumber Daya	Potensi	Kapasitas Terpasang
1	Panas bumi		29,544 MW	1,948.3 MW
2	Hidro	75,091 MW	45,379 MW	4,431.59 MW
3	Mini-pikohidro		19,385 MW	267.79 MW
4	Biomassa	35,654 MW		142.02 MW
5	Energi surya	4,80 kWh/m ² /hari		24.42 MW
6	Energi angina		970 MW	143.03 MW

(sumber : Outlook Energi Indonesia 2019, BPPT- 2019)

Energi angin secara terus-menerus selalu ada dan bisa langsung dimanfaatkan tanpa melalui pengolahan. Penggunaan energi angin tidak menimbulkan polutan serta ramah terhadap lingkungan dalam pemanfaatannya menjadi energi listrik. Energi angin dikonversikan menjadi energi listrik dengan cara merubah energi angin

menjadi gerak mekanik motor (Kumar, 2016). Dalam perkembangan penggunaan energi angin di Indonesia masih tergolong rendah salah satu faktor penyebab rendahnya ialah rata-rata kecepatan angin di daratan antara 3 m/s sampai 7 m/s (Prasetyo et al., 2018).

Kecepatan angin di Indonesia yang rendah memerlukan generator yang mampu beroperasi pada putaran rendah. Generator yang kerap ditemukan pada industri ataupun kerap ditemui di pasaran merupakan generator konvensional yang memiliki kecepatan tinggi. Generator konvensional memerlukan putaran tinggi dengan peningkatan arus eksitasi pada kumparan jangkar rotornya (Wijaya et al., 2014). Sebaliknya buat turbin angin diperlukan suatu generator yang mempunyai putaran yang rendah serta tidak terdapat penambahan arus, dikarenakan turbin angin umumnya diletakkan di daerah-daerah terpencil yang tidak mempunyai aliran listrik (Asy'ari et al., 2016).

Generator mempunyai peran yang penting dalam sistem pembangkit listrik yang berguna untuk menghasilkan listrik. Sulitnya memperoleh generator putaran rendah membuat periset terus meningkatkan riset buat merancang serta membuat generator yang bisa digunakan pada putaran rendah. *Permanent Magnet Generator (PMG)* dapat beroperasi pada kecepatan putaran rendah,

sehingga dapat lebih efisien jika digunakan di Indonesia yang kecepatan anginnya rendah, untuk mengoptimalkan generator magnet parameternya dapat diubah, seperti perubahan intensitas fluks magnet, jumlah kumparan dan jumlah lilitan kumparan stator, jumlah magnet, serta diameter kumparan kawat (Budiyanto et al., 2014).

Generator listrik merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk merubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan cara induksi magnet (Hadisiswoyo et al., 2018). Berdasarkan karakteristik arah fluks generator dapat dibedakan menjadi dua yaitu aksial dan radial, *Permanent Magnet Generator (PMG)* merupakan generator yang digunakan dalam pembangkit listrik putaran rendah. *Permanent Magnet Generator (PMG)* fluks radial dapat dioperasikan pada putaran rendah maupun tinggi selain itu generator ini memiliki keunggulan dalam pemasangan magnet yang mudah dan biasa digunakan dalam pembangkit listrik (Pramono et al., 2017).

Komponen torsi *cogging* yang melekat pada *Permanent Magnet Generator* dapat menyebabkan masalah pada saat *start-up* turbin angin sehingga membutuhkan gaya yang lebih besar untuk memutar rotor. Untuk meningkatkan pengoperasian turbin angin, terutama pada kecepatan awal yang rendah, torsi *cogging* generator angin harus diminimalkan dengan merekayasa desain

magnet generator. Pendekatan desain magnet *skewing* dan pemilihan rasio busur kutub magnet terhadap *pitch* kutub yang sesuai, sesuai dengan pengurangan torsi *cogging* dan dampak negatif pada kemampuan memuat generator. Terlihat bahwa dengan menggunakan pendekatan yang diusulkan, torsi *cogging* generator dapat dikurangi sekitar 87% (Jamali Arand & Ardebili, 2016).

Medan magnet yang diperoleh dari pemakaian magnet permanen dengan desain *skew* tentu berbeda dengan medan magnet yang diperoleh dengan desain magnet *surface* dan *interior* hal ini akan berpengaruh pada tegangan yang dihasilkan oleh generator sehingga daya generator juga akan berpengaruh. Perihal ini disebabkan luas penampang serta kutub magnet tidak sama, sehingga fluks magnet magnet yang menembus gigi stator tidak dihitung secara simultan.

Pada penelitian ini generator yang akan dibuat merupakan generator permanen magnet fluks radial yang memiliki satu rotor dan satu stator, dimana pada rotor terdapat sejumlah magnet permanen, sedangkan pada stator memiliki beberapa kumparan. Penggunaan magnet pada generator ini menggunakan bahan dari *Neodymium Iron Boron (NdFeB)*. Penggunaan magnet ini sering digunakan untuk pembuatan generator fluks radial dan aksial untuk memperoleh fluks magnet (Pramono et al., 2017). Dalam

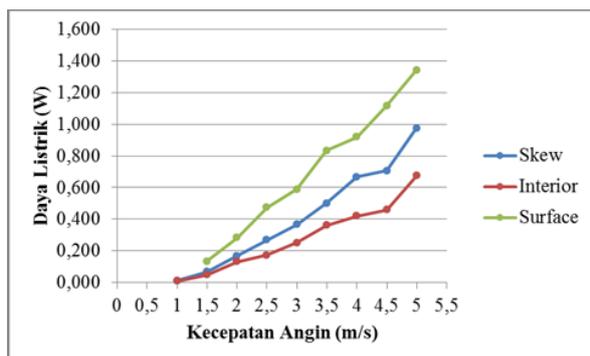
pengembangan dan pembuatan prototipe pada penelitian ini akan membuat perbandingan desain magnet *surface* dan *surface* posisi magnet sejajar dengan desain magnet *skew*.

B. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini dimulai dengan menempelkan magnet pada rotor, merangkai generator, dan memasang turbin angin beserta perlengkapan lainnya, kemudian melakukan kegiatan pra-penelitian, pengambilan data, mengolah data, dan menganalisis data. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur dan mencatat putaran poros generator, arus listrik, dan tegangan listrik, serta kecepatan angin pada generator. Daya listrik yang dihasilkan turbin merupakan perkalian antara arus listrik dan tegangan listrik yang dihasilkan. Data yang telah dibuat ke dalam grafik kemudian dianalisis dan ditarik kesimpulan.

C. PEMBAHASAN

Pengaruh Desain Magnet pada Rotor Generator PMG dan Pengaruh Kecepatan Angin terhadap Daya yang dihasilkan



Gambar 1 Perbandingan desain magnet terhadap daya yang dihasilkan

Hasil pengujian daya turbin dengan variasi desain magnet pada rotor generator telah didapatkan hasil yang beragam. Hasil daya tertinggi pada pengujian desain magnet *surface*, *skew*, dan *surface* berturut-turut adalah 0,674 W, 0,974 W dan 1,342 W data tersebut diperoleh ketika kecepatan angin 5 m/s. Pada kecepatan angin 1 m/s desain magnet *surface* menghasilkan daya sebesar 0,010 W, desain *skew* menghasilkan daya sebesar 0,012 W, dan desain *surface* belum menghasilkan daya pada kecepatan 1 m/s dikarenakan bilah belum berputar. Kecepatan angin 2 m/s desain magnet *surface* menghasilkan daya sebesar 0,132 W, desain *skew* menghasilkan daya sebesar 0,168 W dan desain *surface* 0,283 W. Kecepatan angin 3 m/s desain magnet *surface* menghasilkan daya sebesar 0,253 W, desain *skew* menghasilkan daya 0,367 W, dan desain *surface* 0,588 W. Kecepatan angin 4 m/s desain magnet *surface* menghasilkan daya sebesar 0,421 W, desain *skew* menghasilkan

daya 0,667 W, dan desain *surface* menghasilkan daya 0,918 W.

Data tersebut menunjukkan bahwa desain magnet pada rotor generator turbin angin berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan. Variasi desain magnet memiliki perbedaan *output* generator satu dengan yang lainnya. Generator dengan desain magnet *surface* menghasilkan daya yang maksimal dibandingkan dengan desain *surface* dan *skew*. Pada penelitian ini generator dengan desain *surface* menghasilkan daya lebih sedikit disebabkan jarak magnet rotor dengan kumparan stator terlalu jauh yang mengakibatkan pengaruh medan induksi magnet sehingga mengakibatkan daya menjadi kecil (Indriani, 2015).

Dari grafik dapat dilihat bahwa kecepatan angin berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan. Sehingga seiring dengan peningkatan kecepatan angin akan berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan. Dapat diketahui bahwa variasi kecepatan angin dan desain magnet

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

Desain magnet pada rotor generator dan variasi kecepatan angin mempengaruhi daya yang dihasilkan turbin angin, sehingga terjadi perbedaan daya yang dihasilkan oleh masing-masing desain

magnet yakni desain magnet *skew* menghasilkan daya sebesar 0,974 W, desain magnet *surface* menghasilkan daya sebesar 0,674 W dan desain magnet *surface* menghasilkan daya sebesar 1,386 W.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, C., Surindra, M. D., & Prasetyo, B. (2014). Unjuk Kerja Sistem Turbin Angin Sumbu Horizontal Tipe Tsd 500 Berdasarkan Nilai Tip Speed Ratio. *EKSERGI Jurnal Teknik Energi*, 10(2), 35–38.
- Asy'ari, H., Aji, D. Y., & Candra, F. S. (2016). Desain Generator Tipe Axial Kecepatan Rendah Dengan Magnet Permanen. *Jurnal Emitor*, 13(02), 66–70.
- BPPT. (2019). *Indonesia Energy Outlook 2019: The Impact of Increased Utilization of New and Renewable Energy on the National Economy*.
- Budiyanto, F., Mustaqim, & Wibowo, H. (2014). Generator Turbin Angin Putaran Rendah. *Jurnal Teknik Mesin UPT*, 9(2), 23–31.
- Hadisiswoyo, M. R., Arifianto, I., Rahmatia, S., & Elson, R. (2018). *Variasi Geometri Pemodelan PM Generator Sinkron 12 Slot 8 Pole 1/4 Model*. 48–52.
- Indriani, A. (2015). Analisis Pengaruh Variasi Jumlah Kutub dan Jarak Celah Magnet Rotor Terhadap Performan Generator Sinkron Fluks Radial. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 9(2), 62–71.
- Jamali Arand, S., & Ardebili, M. (2016). Cogging torque reduction in axial-flux permanent magnet wind generators with yokeless and segmented armature by radially segmented and peripherally shifted magnet pieces. *Renewable Energy*, 99, 95–106. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.06.054>
- KESDM. (2019). Statistik ketenaga listrikan. *KESDM*, 53(9), 1689–1699.
- Kumar, V. M. (2016). *Modeling and analysis of wind turbine blade with advanced materials by simulation*. 11(6), 4491–4499.
- Maghfira, E., Harahap, A., Rosma, I. H., & Hamzah, A. (2020). *Analisis Pengaruh Posisi Peletakan Magnet Permanen di Rotor Terhadap Kinerja Generator Sinkron Magnet Permanen*. 7(November 2020), 1–6. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36271.56484>
- Pramono, G. E., Muliawati, F., & Kurniawan, N. F. (2017). Desain dan Uji Kinerja Generator AC Fluks Radial Menggunakan 12 Buah Magnet Permanen Tipe Neodymium (NdFeB) Sebagai Pembangkit Listrik. *Juteks*, 4, 34–40.
- Prasetyo, A., Notosudjono, D., Soebagja, H., Listrik, T. P., Angin, T., Studi, P., Elektro, T., & Pakuan, F. T. (2018). *Studi Potensi Penerapan dan Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Indonesia*. 1–12.
- Wijaya, F. D., W, Y. S., Nugroho, R. A., Jurusan, M., Elektro, T., & Ugm, F. T. (2014). *Perancangan Generator Magnet Permanen Fluks Aksial Putaran Rendah*. 21–26.