

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan energi listrik di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan industri. Menurut proyeksi, tingkat konsumsi energi akan meningkat rata-rata sebesar 5,9% per tahun hingga tahun 2050. Kondisi ini menuntut tersedianya sumber energi yang andal, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Selama ini, energi fosil seperti minyak bumi dan batu bara masih menjadi sumber utama penyediaan energi. Namun, keterbatasan cadangan serta dampak negatif terhadap lingkungan mendorong perlunya pengembangan sumber energi alternatif yang lebih berkelanjutan dan bersih [1].

Salah satu solusi strategis untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil adalah dengan memanfaatkan Energi Baru Terbarukan (EBT), seperti energi hidro, surya, dan angin. Di antara sumber-sumber EBT tersebut, energi angin memiliki potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia, khususnya di daerah pesisir dan perbukitan, meskipun pemanfaatannya hingga saat ini masih tergolong rendah [2] [3].

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) merupakan salah satu metode konversi energi angin menjadi energi listrik yang menjanjikan. PLTB bekerja dengan memanfaatkan turbin angin yang menggerakkan rotor generator, sehingga terjadi proses induksi elektromagnetik untuk menghasilkan energi listrik. Dalam sistem ini, jenis generator yang digunakan memegang peranan penting dalam menentukan efisiensi dan keandalan pembangkitan [4] [5].

Generator konvensional umumnya memerlukan arus eksitasi tambahan dan bekerja optimal pada kecepatan tinggi, sehingga kurang efisien untuk skala kecil dan lokasi terpencil yang tidak memiliki akses ke sumber energi eksternal. Sebagai alternatif, Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) menjadi solusi yang semakin populer karena menggunakan magnet permanen untuk membentuk medan magnet, sehingga tidak memerlukan arus eksitasi tambahan. Selain efisiensi tinggi, PMSG juga memiliki desain yang lebih sederhana dan lebih andal untuk aplikasi energi terbarukan berskala menengah hingga kecil [6] [7] [8].

Beberapa penelitian sebelumnya telah membandingkan berbagai konfigurasi desain PMSG, seperti konfigurasi 12 slot 16 pole dan 24 slot 16 pole. Hasil studi menunjukkan bahwa konfigurasi 24 slot 16 pole mampu menghasilkan daya hingga 3919 Watt dengan efisiensi 86%, sementara konfigurasi 12 slot 16 pole hanya menghasilkan daya sebesar 1245,29 Watt dengan efisiensi 76%. Di sisi lain, konfigurasi 12 slot 8 pole juga telah dianalisis melalui simulasi dan menunjukkan tegangan maksimum sebesar 361,8 Volt pada kecepatan 2000 rpm, dengan efisiensi antara 83% hingga 89% [11].

Salah satu alasan utama mengkaji konfigurasi 12 slot 8 pole adalah karena jumlah slot dan pole memiliki pengaruh besar terhadap distribusi fluks magnet yang terbentuk. Lebar gigi stator berperan penting dalam menentukan aliran fluks pada inti besi, sehingga berdampak langsung pada kinerja elektromagnetik generator. Namun, aspek desain yang masih jarang diteliti secara mendalam adalah pengaruh lebar magnet permanen terhadap performa PMSG. Padahal, sifat material magnet seperti kerapatan fluks magnetik (B) dan permeabilitas relatif (μ_r) sangat menentukan intensitas medan magnet serta nilai back-EMF yang dihasilkan. Oleh karena itu, pemilihan jenis dan dimensi magnet menjadi faktor krusial dalam upaya mengoptimalkan efisiensi, ukuran, dan daya keluaran dari PMSG [12].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan pada analisis pengaruh lebar magnet permanen terhadap kinerja PMSG dengan konfigurasi 12 slot 8 pole. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak Magnet Infolytica dengan material magnet *Neodymium Iron Boron*. Beban ditetapkan sebesar 70 Ohm, dan variasi lebar magnet akan dianalisis pada kecepatan rotasi 750 rpm. Tujuan akhir dari penelitian ini adalah memperoleh konfigurasi magnet yang optimal untuk mendukung pengembangan sistem PLTB skala menengah dan kecil yang lebih efisien dan andal.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun Rumusan masalah yang diambil dari Latar belakang yang telah dikemukakan diatas, maka permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana Pengaruh Variasi Lebar material Magnet terhadap kinerja *Permanent Magnet Synchronous Generator* 12 slot 8 pole?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh lebar magnet permanen terhadap kinerja PMSG 12 Slot 8 pole.
2. Menentukan konfigurasi lebar magnet yang menghasilkan kinerja paling optimal dari tegangan keluaran dan efisiensi

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Simulasi dilakukan pada lebar magnet 32 mm, 36 mm, 40 mm, 44 mm dan 48 mm dan 52 mm pada kecepatan putar 750 rpm.
2. Menggunakan jenis Permanent Magnet Synchronous Generator tipe 12 Slot 8 Pole.
3. Menggunakan jenis material magnet permanen.

1.5 Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Pengembangan desain generator PMSG yang efisiensi dan ekonomis untuk aplikasi energi angin skala kecil hingga menengah.
2. Memberikan referensi dalam pemilihan material dan dimensi magnet permanen untuk optimalisasi performa PMSG.
3. Mendorong penerapan teknologi energi terbarukan, khususnya PLTB di daerah terpencil atau tanpa akses listrik konvensional.

1.6 Keterbaruan

Keterbaruan penelitian ini terletak pada analisis pengaruh variasi lebar magnet permanen terhadap kinerja Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) konfigurasi 12 slot 8 pole, yang belum banyak diteliti karena sebagian besar penelitian sebelumnya lebih berfokus pada variasi jumlah slot-pole atau material inti. Penelitian dilakukan pada kondisi kecepatan 750 rpm dengan beban resistif tetap 70 Ω , berbeda dengan studi terdahulu yang umumnya menggunakan kecepatan tinggi, sehingga hasilnya lebih relevan untuk aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) skala menengah-kecil. Analisis dilakukan menggunakan MagNet Infolytica berbasis Finite Element Method (FEM) untuk memperoleh data kuantitatif terkait distribusi kerapatan fluks, arus, tegangan, torsi, daya input-output, dan efisiensi. Hasil penelitian ini memberikan rekomendasi dimensi lebar magnet optimal yang dapat dijadikan acuan dalam perancangan PMSG efisien untuk sistem PLTB skala menengah hingga kecil di Indonesia.

1.7 Sistematika

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian singkat mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini berisikan materi-materi yang berhubungan dengan *Permanent Magnet Synchronous Generator*. Bagian bagian material *Stator, Rotor, Coil, Teeth, Air Box, Air gab, Magnet permanen*

BAB III METODE PENELITIAN

Dalam bab ini akan dijelaskan perancangan dan metode yang digunakan, beserta langkah-langkah pada penelitian ini.

BAB IV HASIL PENELITIAN

berisi penjelasan mengenai proses dan hasil pengujian dari sistem yang telah dibuat serta analisa dari hasil pengujian tersebut.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini beserta saran untuk penelitian selanjutnya untuk hasil yang lebih baik berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dari penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

