

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan simulasi menggunakan perangkat lunak berbasis Finite Element Method (FEM) pada Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) 12 slot 8 pole dengan variasi lebar magnet 32 mm, 36 mm, 40 mm, 44 mm, 48 mm, dan 52 mm, dapat disimpulkan bahwa variasi lebar magnet permanen memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap karakteristik elektromagnetik dan kinerja generator secara keseluruhan. Pada variasi lebar magnet kecil, yaitu 32–36 mm, kondisi operasi masih berada pada fase under-excited yang ditandai dengan rendahnya kerapatan fluks di celah udara (0,9 T). Kondisi ini menyebabkan tegangan induksi yang dihasilkan rendah, arus keluaran terbatas, serta efisiensi sistem belum optimal. Meskipun rugi inti relatif kecil, konfigurasi ini kurang sesuai untuk menghasilkan daya yang stabil dan efisien.

Pada variasi lebar magnet menengah, yaitu 40–44 mm, terjadi peningkatan kerapatan fluks yang lebih proporsional di celah udara, gigi stator, maupun yoke stator/rotor. Pada ukuran 44 mm, distribusi fluks magnet mencapai kondisi paling optimal dengan nilai tegangan keluaran mencapai 1015,38 V pada 1500 rpm, arus sebesar 8,9 A, torsi -102,36 Nm, serta efisiensi maksimum sebesar 89,5%. Sedangkan pada saat kecepatan konstan 750 rpm mencapai tegangan 565,97 Volt, Arus 8,09 A, Torsi -66,08 Nm, serta efisiensi mencapai 88,6 %. Kondisi ini menandakan bahwa lebar 44 mm memberikan keseimbangan ideal antara peningkatan kerapatan fluks, kestabilan arus dan tegangan, serta efisiensi konversi energi yang tinggi. Hal ini menjadikan 44 mm sebagai konfigurasi terbaik untuk perancangan PMSG 12 slot 8 pole yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga bayu.

Sementara itu, pada variasi lebar magnet besar (48–52 mm), meskipun terjadi peningkatan nilai torsi dan tegangan yang signifikan, fluks magnet yang dihasilkan tidak dimanfaatkan secara maksimal akibat munculnya fenomena saturasi pada gigi stator dan meningkatnya jalur kebocoran fluks. Saturasi lokal ini mengakibatkan rugi inti lebih tinggi, bentuk gelombang tegangan cenderung mengalami distorsi, serta efisiensi keseluruhan justru menurun. Dengan demikian, meskipun nilai arus dan torsi terlihat lebih besar, konfigurasi ini kurang efektif untuk menghasilkan performa yang efisien dan stabil dalam jangka panjang. Oleh karena itu, dapat ditegaskan bahwa lebar magnet permanen sebesar 44 mm merupakan titik optimum dalam menghasilkan performa terbaik, karena mampu memberikan kerapatan fluks yang seimbang, tegangan dan arus tinggi, torsi yang terkendali, serta efisiensi energi tertinggi di antara seluruh variasi.

#### **5.2 Saran**

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan melakukan optimasi geometri gigi stator, bentuk rotor, serta pemilihan material inti dengan mempertimbangkan batas

saturasi agar rugi-rugi elektromagnetik dapat diminimalkan. Selain itu, simulasi perlu diperluas pada variasi kecepatan rotor yang lebih lebar serta penggunaan beban resistif, induktif, dan kapasitif guna memperoleh gambaran yang lebih komprehensif terhadap performa generator. Validasi eksperimental dengan pembuatan prototipe fisik juga perlu dilakukan agar hasil simulasi dapat dibandingkan dengan data nyata, sehingga keakuratan desain semakin terjamin.

Dalam konteks penerapan nyata pada PLTB, variasi lebar magnet 44 mm direkomendasikan sebagai pilihan terbaik karena mampu menghasilkan tegangan dan arus yang stabil dengan efisiensi optimal pada kecepatan rendah hingga menengah. Sementara itu, lebar magnet 40 mm dapat dipertimbangkan sebagai opsi efisien untuk desain dengan keterbatasan material atau biaya.

