

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil mencapai desain optimalisasi untuk motor YASA AFPM dengan tujuan utama meminimalisir torsi *cogging*. Berdasarkan hasil simulasi dan optimasi berbasis *Genetic Algorithm*, didapatkan penurunan nilai torsi *cogging* dari 0.62492 Nm menjadi 0.11678 Nm. Penurunan sebesar 0.5047 Nm atau 81.31% ini menunjukkan keberhasilan penerapan metode optimasi geometri pada magnet dan stator pada motor YASA.

Integrasi metode *Response Surface Methodology* (RSM) dan *Genetic Algorithm* (GA) terbukti efektif dalam memodelkan karakteristik non-linier torsi *cogging*. Model polinomial orde dua yang dihasilkan mampu memetakan ruang pencarian solusi dengan akurat, sehingga memandu algoritma untuk menemukan titik optimal global secara efisien tanpa perlu melakukan simulasi FEA berulang yang memakan waktu komputasi.

Berdasarkan analisis sensitivitas, dimensi *air gap* teridentifikasi sebagai variabel yang paling berpengaruh terhadap perubahan nilai torsi *cogging*. Pelebaran dimensi celah udara terbukti efektif menurunkan amplitudo torsi *cogging* akibat adanya penghalusan variasi reluktansi magnetik di sepanjang putaran rotor. Penerapan pergeseran sudut pada segmen magnet bagian dalam (α) dan bagian luar (β) menunjukkan karakteristik respons linier negatif yang konsisten. Hal ini mengindikasikan bahwa mekanisme *phase shifting* berfungsi secara efektif dalam meniadakan komponen harmonisa torsi tanpa menyebabkan material mengalami titik jenuh pada rentang pengujian yang dilakukan. Variabel *slot opening* memperlihatkan pengaruh kuadratik dengan pola kurva cekung. Karakteristik non-linier ini mengonfirmasi bahwa terdapat satu nilai optimal spesifik untuk meminimalkan fluktuasi permeansi magnetik yang tajam di sekitar celah udara. Nilai *slot opening* yang terlalu kecil atau terlalu besar dari titik optimal tersebut justru akan meningkatkan kembali nilai torsi *cogging*. Selain itu, ditemukan adanya korelasi sinergis yang signifikan antara lebar air gap dan slot opening. Upaya reduksi torsi *cogging*

mencapai hasil yang maksimal apabila pelebaran *air gap* disertai dengan pengaturan dimensi *slot opening* yang proporsional, sebagaimana dibuktikan oleh analisis interaksi pada model RSM.

Implementasi desain hasil optimasi berdampak pada sedikit penurunan efisiensi sebesar 0.5%, yaitu dari 93.4% (*baseline*) menjadi 92.9% (*optimized*). Penurunan ini merupakan konsekuensi fisis dari pelebaran *air gap* yang menurunkan kerapatan fluks magnetik. Meskipun demikian, efisiensi motor tetap terjaga di 92.9%, yang menandakan bahwa kinerja motor tetap handal. Penurunan efisiensi dan daya ini dianggap sebagai *trade-off* yang dapat diterima demi mendapatkan profil torsi yang jauh lebih halus dan minim getaran, sehingga desain ini lebih ideal untuk diaplikasikan pada kendaraan listrik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kendala yang dihadapi selama proses pengerjaan, terdapat beberapa saran yang dapat diusulkan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Penelitian ini menggunakan *Genetic Algorithm* yang berfokus penuh pada pengurangan torsi *cogging*. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan metode NSGA-II. Hal ini bertujuan agar parameter lain seperti *average torque*, dan *back-EMF* dapat dioptimalkan secara bersamaan untuk mendapatkan keseimbangan terbaik antar semua parameter.
2. Analisis lanjutan terkait aspek *thermal* dan *mechanical* perlu ditambahkan. Mengingat motor YASA AFPM memiliki kerapatan daya tinggi dan struktur tanpa *yoke*, analisis distribusi panas dan kekuatan struktur rotor akibat gaya sentrifugal akan memberikan gambaran kelayakan desain yang lebih komprehensif untuk aplikasi kendaraan listrik.