

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada inverter multilevel *Cascaded H-Bridge* (CHB) 13-level menggunakan metode SHEPWM berbasis optimasi MFO, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Algoritma MFO berhasil diimplementasikan hal ini dibuktikan melalui nilai *fitness* yang dihasilkan pada seluruh variasi MI yakni 0.55 sampai 1.00, dimana pada rentang MI 0.55 hingga 0.85 algoritma MFO mampu mengonvergensi solusi dengan nilai *fitness* yang sangat kecil mendekati 0.00027 hingga 0.0698, menandakan persamaan SHEPWM terpenuhi dengan baik dan harmonisa orde rendah h3, h5, h7, h9, dan h11 dapat dieliminasi secara efektif. Nilai *fitness* terbaik diperoleh pada MI = 0.80 sebesar 0.00027, menjadikannya solusi sudut pensaklaran paling presisi di antara seluruh nilai MI yang diuji. Algoritma MFO tetap mampu mencapai konvergensi pada setiap nilai MI meskipun jumlah iterasi yang dibutuhkan bervariasi 100 hingga 490 iterasi, membuktikan keandalan metode ini dalam menyelesaikan persamaan SHE pada topologi inverter CHB 13-level.
2. Penerapan sudut pensaklaran optimal hasil optimasi MFO terbukti berpengaruh signifikan terhadap karakteristik tegangan keluaran dan nilai THD pada inverter CHB 13-level, baik pada beban Resistor maupun beban LC. Penerapan sudut pensaklaran optimal hasil MFO menghasilkan karakteristik tegangan keluaran yang konsisten pada seluruh variasi MI, ditunjukkan oleh nilai V_{pp} dan V_{rms} yang identik antara beban Resistor 30 Ω maupun 150 Ω , serta rasio V_{rms} terhadap $V_{pp}/2$ yang stabil sebesar 0,707 di seluruh titik pengujian pada beban Resistor, membuktikan bahwa besar nilai resistansi beban tidak memengaruhi tegangan keluaran inverter melainkan murni ditentukan oleh indeks modulasi yang diterapkan. Pada beban LC, bentuk gelombang *staircase* 13-tingkat tetap terbentuk dengan baik meski terdapat sedikit pergeseran fasa dan penghalusan transisi akibat

komponen reaktif, dengan nilai V_{pp} dan V_{rms} yang hanya berbeda tipis (kurang dari 3 V) dibandingkan beban Resistor, menunjukkan bahwa karakteristik tegangan keluaran inverter tetap stabil terhadap variasi jenis beban. Selain karakteristik tegangan tersebut, secara umum nilai THD pada beban LC cenderung lebih rendah dibandingkan beban Resistor pada sebagian besar variasi MI, akibat efek *filtering* alami dari komponen induktor dan kapasitor terhadap harmonisa orde tinggi. THD terendah pada beban Resistor diperoleh pada $MI = 0.85$ sebesar 5.09%, sedangkan pada beban LC diperoleh pada $MI = 0.60$ yang sebesar 5.22%. Sebaliknya, THD tertinggi pada kedua jenis beban terjadi pada $MI = 0.95$ yaitu $THD_R = 10.03\%$ dan $THD_{LC} = 9.79\%$, yang berkorelasi dengan kenaikan nilai *fitness* yang tajam pada rentang MI tersebut, mengindikasikan bahwa pada kondisi mendekati *overmodulation*, algoritma MFO mengalami kesulitan memenuhi persamaan SHE secara sempurna.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan di atas, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memasukkan harmonisa orde tinggi ke dalam fungsi objektif optimasi, agar THD dapat ditekan lebih maksimal terutama pada $MI = 0.95$ dan $MI = 1.00$ yang masih melebihi batas standar IEEE 519:2022.
2. Penelitian ini hanya menggunakan algoritma MFO sebagai metode optimasi sudut pensaklaran. Penelitian selanjutnya disarankan membandingkan performanya dengan algoritma metaheuristik lain pada topologi CHB 13-level yang sama, untuk mengetahui metode mana yang memberikan nilai *fitness* dan THD terbaik.
3. Pengujian pada penelitian ini masih bersifat simulasi dan terbatas pada beban Resistor dan LC. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan implementasi hardware serta pengujian pada beban non-linier, untuk memvalidasi keandalan metode SHEPWM-MFO pada kondisi yang lebih mendekati aplikasi nyata.