

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pengaruh variasi kecepatan terhadap hambatan total lambung original stepped planing hull menunjukkan hubungan yang positif dan nonlinier. Nilai RT/Δ meningkat dari 0,101 pada kecepatan 1,63 m/s hingga 0,751 pada kecepatan 9,78 m/s. Peningkatan hambatan semakin tajam pada kecepatan tinggi akibat dominannya hambatan tekanan (pressure drag) dan intensitas pembangkitan gelombang yang semakin besar. Pada kecepatan tinggi, kontur tekanan menunjukkan tekanan stagnasi yang sangat tinggi di haluan, gradien tekanan balik yang curam di buritan, serta fraksi volume air yang memperlihatkan gelombang haluan pecah sempurna (plunging breaker), rooster tail, dan stern depression yang signifikan.
2. Variasi sudut step memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai hambatan total stepped planing hull. Di antara tiga variasi yang dikaji (45° , 90° , dan 135°), konfigurasi sudut 135° (step miring ke belakang) secara konsisten menghasilkan hambatan terendah di hampir seluruh rentang kecepatan yang diuji, diikuti oleh sudut 45° (step miring ke depan), sedangkan sudut 90° (step tegak) menghasilkan hambatan paling tinggi. Sudut step 135° menciptakan transisi aliran yang lebih halus dari depan ke belakang step, menekan terjadinya separasi aliran dan pembentukan vorteks, serta membatasi perluasan zona tekanan rendah di daerah buritan. Sebaliknya, sudut 90° memicu perubahan arah aliran secara mendadak yang menyebabkan separasi masif, zona resirkulasi luas, dan peningkatan hambatan tekanan yang drastis.
3. Perbandingan persentase reduksi hambatan menunjukkan bahwa konfigurasi sudut step 135° mampu mereduksi hambatan secara efektif terhadap lambung original. Reduksi hambatan terbesar dicapai pada kecepatan 5,69 m/s, yaitu sekitar 10,8% (dari $RT/\Delta=0,407$ pada original menjadi 0,363 pada variasi 135°). Pada kecepatan tertinggi 9,78 m/s, variasi 135° juga mencatatkan nilai RT/Δ terendah sebesar 0,707, lebih rendah dibandingkan original (0,751), variasi 45° (0,746), maupun variasi 90° .

(0,762). Sementara itu, variasi sudut 90° justru meningkatkan hambatan hingga 11,6% di atas lambung original pada kecepatan 8,46 m/s ($RT/\Delta=0,673$ vs. 0,603), menjadikannya konfigurasi yang paling tidak efisien.

4. Analisis pola distribusi tekanan dan elevasi muka air menunjukkan perbedaan karakteristik yang jelas antar variasi sudut step. Variasi sudut 135° menghasilkan distribusi tekanan yang paling merata sepanjang lambung dengan zona tekanan rendah di buritan yang relatif terbatas, serta pola fraksi volume air yang lebih tenang dengan wake yang lebih sempit. Variasi sudut 45° menampilkan pola aliran yang cukup stabil namun dengan sedikit peningkatan hambatan gesek lokal akibat kecenderungan aliran terpental ke bawah. Variasi sudut 90° memperlihatkan gradien tekanan yang paling timpang, dengan tekanan stagnasi tertinggi di haluan dan zona tekanan rendah terluas di buritan, disertai wake yang sangat lebar, aerasi masif, serta stern depression paling ekstrem yang hampir mengekspos lunas belakang pada kecepatan tertinggi.

5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji variasi sudut *step* yang lebih banyak dan lebih rinci sehingga dapat diperoleh konfigurasi sudut optimum yang menghasilkan hambatan minimum.
2. Perlu dilakukan validasi hasil simulasi CFD dengan data eksperimen (*towing tank test*) guna meningkatkan tingkat keakuratan dan keandalan hasil penelitian.
3. Penelitian selanjutnya dapat mengkaji pengaruh jumlah step pada lambung, seperti konfigurasi satu step, dua step, maupun tiga step, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik aliran dan hambatan total kapal.
4. Variasi tinggi step (step height) perlu diteliti lebih lanjut karena berpengaruh terhadap proses ventilasi, luas permukaan basah (*wetted surface area*), dan distribusi tekanan di sekitar lambung.
5. Penelitian berikutnya juga dapat menganalisis jarak antar step (step spacing) pada konfigurasi multi-step hull untuk menentukan posisi yang paling efektif dalam menurunkan hambatan dan meningkatkan performa planing.

6. Selain itu, dapat dilakukan kajian terhadap bentuk geometri step yang berbeda, seperti vertical step, inclined step, maupun bentuk step lainnya, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pola aliran, pembentukan wake, dan hambatan total kapal.