

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal selam merupakan jenis kendaraan bawah air yang dirancang khusus untuk beroperasi di bawah permukaan laut dengan tingkat efisiensi, stabilitas, dan kemampuan manuver yang sangat tinggi. Tidak seperti kapal permukaan, seluruh bagian lambung kapal selam berinteraksi langsung dengan fluida, menjadikan karakteristik hidrodinamika sebagai aspek fundamental yang menentukan kinerja operasionalnya. Karakteristik ini mempengaruhi kebutuhan daya propulsi, efisiensi energi, kemampuan manuver, serta stabilitas kapal baik dalam proses menyelam maupun muncul ke permukaan. Oleh karena itu, perancangan geometri lambung dan komponen eksternalnya harus mampu menciptakan karakteristik aliran yang optimal, sehingga gaya-gaya hidrodinamika yang bekerja pada kapal dapat diminimalkan, sebagaimana dijelaskan oleh Joubert (2004).

Salah satu permasalahan utama yang memengaruhi performa kapal selam adalah besarnya hambatan hidrodinamika (*hydrodynamic*). Hambatan tersebut menyebabkan meningkatnya kebutuhan daya propulsi sehingga efisiensi operasi kapal menjadi menurun. (Menurut Larsson et al. 2010), hambatan total terdiri atas hambatan gesek (*frictional*) dan hambatan tekanan (*pressure*) yang dipengaruhi oleh geometri lambung serta karakteristik aliran fluida di sekitarnya. Oleh karena itu, berbagai upaya telah dilakukan untuk menurunkan hambatan hidrodinamika melalui pengembangan desain lambung maupun modifikasi komponen eksternal kapal, salah satunya pada bagian sirip. Selain berfungsi sebagai pengendali gerak, sirip juga berperan dalam memengaruhi distribusi tekanan, pola aliran, serta besarnya gaya hambat (*Drag Force*) dan gaya angkat (*lift force*). Salah satu bentuk sirip yang banyak diterapkan adalah profil *airfoil* NACA, seperti NACA 0012 dan NACA 2412, karena masing-masing profil memiliki karakteristik aerohidrodinamika yang berbeda sesuai bentuk geometri dan variasi sudut serangnya (Munazid et al. 2015).

Salah satu pendekatan yang berkembang dalam pengembangan desain hidrodinamika adalah biomimetik (*biomimetics*), yaitu pendekatan rekayasa yang mengadaptasi karakteristik organisme hidup ke dalam desain teknik. (Vincent et al. 2019) menjelaskan bahwa struktur biologis merupakan hasil proses evolusi yang telah beradaptasi untuk menghasilkan tingkat efisiensi yang tinggi ketika berinteraksi dengan lingkungannya. Dalam bidang kendaraan bawah air, (Techet et al. 2008) menyatakan bahwa modifikasi geometri sirip mampu memengaruhi distribusi tekanan, pola aliran, dan karakteristik hidrodinamika kendaraan. Salah satu organisme yang memiliki kemampuan berenang secara efisien adalah ikan layar (*Istiophorus platypterus*). Penelitian (Sagong et al. 2013) menunjukkan bahwa bentuk tubuh dan sirip ikan mampu menghasilkan distribusi tekanan yang lebih merata serta menunda terjadinya *flow separation*, sehingga hambatan hidrodinamika dapat dikurangi secara signifikan. Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa bentuk sirip ikan layar berpotensi diadaptasi sebagai inspirasi dalam pengembangan desain sirip kapal selam.

Meskipun penelitian mengenai biomimetik maupun profil *airfoil* telah banyak dilakukan, penerapan sirip biomimetik yang terinspirasi dari bentuk sirip ikan layar pada model kapal selam DARPA SUBOFF masih terbatas. Penelitian terdahulu umumnya berfokus pada analisis hidrofoil, *rudder*, maupun karakteristik profil *airfoil* secara terpisah. Selain itu, penelitian yang membandingkan pengaruh profil NACA 0012 dan NACA 2412 dengan variasi sudut serang 0° , positif 5° , dan negatif 5° terhadap karakteristik hidrodinamika model kapal selam DARPA SUBOFF masih sangat sedikit. Padahal, perubahan bentuk profil dan sudut serang diperkirakan memengaruhi distribusi tekanan, pola aliran, distribusi kecepatan, serta besarnya *Drag Force* dan *lift force* yang dihasilkan. Kondisi tersebut menunjukkan adanya peluang penelitian untuk mengkaji konfigurasi sirip biomimetik yang mampu memberikan performa hidrodinamika yang lebih optimal.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan merancang sirip biomimetik yang terinspirasi dari bentuk sirip ikan layar dengan menggunakan profil *airfoil* NACA 0012 dan NACA 2412 pada model kapal selam DARPA

SUBOFF. Analisis dilakukan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) karena mampu mensimulasikan interaksi antara fluida dan geometri secara numerik serta memberikan visualisasi karakteristik aliran secara rinci (Stern et al., 2015). Selanjutnya, penelitian ini menganalisis pengaruh variasi sudut serang 0° , positif 5° , dan negatif 5° terhadap distribusi tekanan (*pressure Contour*), pola aliran (*streamline*), distribusi kecepatan (*velocity vector*), gaya hambat (*Drag Force*), dan gaya angkat (*lift force*). Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai konfigurasi sirip biomimetik yang paling efektif dalam meningkatkan karakteristik hidrodinamika kapal selam DARPA SUBOFF serta menjadi referensi bagi pengembangan desain kapal selam pada penelitian selanjutnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Bagaimana merancang sirip biomimetik yang terinspirasi dari bentuk sirip ikan layar dengan menggunakan profil *airfoil* NACA 2412 dan NACA 0012 pada model kapal selam DARPA SUBOFF?
2. Bagaimana pengaruh variasi sudut pemasangan sirip biomimetik terhadap gaya hambat (*Drag Force*) dan gaya angkat (*Lift force*) pada model kapal selam DARPA SUBOFF?
3. Bagaimana karakteristik hidrodinamika antara model kapal selam konvensional dan model dengan sirip biomimetik dibandingkan berdasarkan distribusi tekanan, pola aliran, gaya hambat, dan gaya angkat hasil simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD)?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini berjalan sesuai dengan tujuan dan untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas maka batasan masalah pada penelitian yaitu:

1. Model kapal selam yang digunakan mengacu pada DARPA SUBOFF dengan penambahan sirip biomimetik yang terinspirasi dari bentuk sirip ikan layar menggunakan profil *airfoil* NACA 0012 dan NACA 2412.

2. Variasi yang dikaji hanya terbatas pada perubahan sudut pemasangan sirip sebesar 0° , Positif 5° dan negatif 5° tanpa membahas perubahan ukuran atau posisi sirip lainnya.
3. Analisis hidrodinamika difokuskan pada perbandingan karakteristik hidrodinamika antara model kapal selam konvensional dan model yang menggunakan sirip biomimetik berdasarkan distribusi tekanan (*pressure Contour*), pola aliran (*streamline*), vektor kecepatan (*velocity vector*), gaya hambat (*Drag Force*), dan gaya angkat (*lift force*) hasil simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD).

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada Penelitian tentang pengaruh penambahan sirip biomimetik pada lambung kapal selam adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan rancangan sirip kapal selam yang terinspirasi dari bentuk sirip ikan layar dengan menggunakan profil NACA 2412 dan NACA 0012 sebagai dasar pada model variasi kapal selam DARPA SUBOFF.
2. Menganalisis pengaruh variasi sudut pemasangan sirip biomimetik terhadap gaya hambat (*Drag Force*) dan gaya angkat (*lift force*) pada model kapal selam DARPA SUBOFF menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD).
3. Membandingkan karakteristik hidrodinamika antara model kapal selam konvensional dan model yang menggunakan sirip biomimetik berdasarkan distribusi tekanan (*pressure Contour*), pola aliran (*streamline*), vektor kecepatan (*velocity vector*), gaya hambat (*Drag Force*), dan gaya angkat (*lift force*) hasil simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD).

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian tentang analisis pengaruh modifikasi sirip kapal selam menyerupai sirip ikan layar yaitu:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi ilmiah di bidang hidrodinamika kapal selam, khususnya mengenai penerapan konsep biomimetik pada desain sirip kapal selam

2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengembangan desain sirip kapal selam yang memiliki karakteristik hidrodinamika yang lebih baik serta menjadi referensi bagi penelitian lanjutan mengenai inovasi desain kendaraan bawah air berbasis biomimetik.
3. Penelitian ini diharapkan dapat menyediakan data hasil analisis mengenai pengaruh variasi profil *airfoil* dan sudut pemasangan sirip biomimetik terhadap karakteristik hidrodinamika kapal selam yang meliputi distribusi tekanan, pola aliran, gaya hambat (*Drag Force*), dan gaya angkat (*lift force*).

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Berisi kajian penelitian terdahulu serta landasan teori yang mendukung penelitian, meliputi hidrodinamika kapal selam, gaya hambat dan gaya angkat, prinsip *airfoil*, serta metode CFD.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tahapan penelitian, pembuatan model, pengaturan simulasi, serta teknik analisis data..

BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS

Bab ini menyajikan hasil penelitian yang telah diperoleh, termasuk deskripsi data serta analisis dan pembahasan hasil berdasarkan metode yang telah ditetapkan pada bab sebelumnya.

BAB V: PENUTUP

Bab penutup berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian serta saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya atau penerapan hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi daftar referensi yang digunakan sebagai rujukan dalam penyusunan penelitian

1.7 Hipotesis Penelitian

Desain sirip kapal selam berbasis biomimetik yang meniru karakteristik sirip ikan layar, dengan penggunaan profil NACA 2412 dan NACA 0012 serta variasi sudut pemasangan, diperkirakan dapat meningkatkan efisiensi hidrodinamika. Kombinasi bentuk dan sudut tersebut diduga mampu mengurangi hambatan total sekaligus memperbaiki pola aliran di sekitar kapal selam ketika dianalisis menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD).