

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi laut memiliki peran vital dalam sistem logistik nasional Indonesia. Sebagai negara kepulauan, Indonesia sangat bergantung pada kapal sebagai alat utama pengangkutan barang dan penumpang antarpulau (Syahputra et al., 2022). Dalam praktiknya, keamanan dan keselamatan kapal menjadi aspek utama yang tidak dapat diabaikan, khususnya dalam menghadapi risiko kebocoran lambung kapal. Kebocoran lambung dapat terjadi akibat berbagai penyebab seperti korosi, kegagalan struktur, tabrakan, atau kondisi cuaca ekstrem. Dampaknya tidak hanya menurunkan daya apung dan stabilitas kapal, tetapi juga dapat menyebabkan kerusakan pada sistem utama seperti mesin dan peralatan listrik (Sutiriono et al., 2022).

Kebocoran lambung kapal merupakan salah satu penyebab utama kecelakaan laut karena dapat mengurangi daya apung, mengganggu stabilitas, hingga menyebabkan kapal tenggelam. Menurut International Maritime Organization (IMO, 2020), sistem deteksi dan mitigasi kebocoran harus terpasang dengan baik untuk menjamin keselamatan kapal. Namun pada kenyataannya, banyak kapal kecil hingga menengah di Indonesia belum dilengkapi sistem tersebut dan masih bergantung pada metode manual yang lambat dan rentan terhadap kelalaian. International Maritime Organization (IMO) melalui SOLAS Regulation II-1/11 juga menetapkan persyaratan integritas kedap air pada lambung kapal. Regulasi ini mewajibkan setiap kapal memiliki sistem deteksi dan penanganan kebocoran yang efektif serta kemampuan kompartementalisasi yang memadai.

Biro Klasifikasi Indonesia (2023) juga mengklasifikasikan tingkat kebocoran berdasarkan keparahannya: minor (≤ 10 liter/jam), moderate (10–100 liter/jam), dan major (> 100 liter/jam), di mana penanganan segera wajib dilakukan dalam waktu maksimal 4 jam untuk mencegah risiko hilangnya stabilitas kapal. Dampak dari keterlambatan deteksi tidak hanya meningkatkan risiko tenggelam, tetapi juga berpotensi menyebabkan kerusakan sistem mesin, korosi struktur baja

hingga 250% (Santoso, 2024), serta kehilangan muatan yang dapat mencapai biaya perbaikan tiga kali lipat (KNKT, 2023).

Sejalan dengan kebutuhan industri maritim terhadap sistem pemantauan yang cepat dan akurat, beberapa penelitian telah mencoba menawarkan solusi. Penelitian oleh Syahputra et al. (2022) mengembangkan prototipe sistem pendeteksi air berbasis dan sensor air tipe pelampung. Sistem tersebut terbukti efektif dalam mendeteksi genangan air dan mengaktifkan buzzer sebagai bentuk notifikasi. Namun, sistem ini belum mengintegrasikan fitur pengeluaran air otomatis dan hanya berfungsi sebagai sistem peringatan lokal. Penelitian lain oleh Sutriyono et al. (2022) pada kapal ferry ro-ro dengan tonase 1500 GT menggunakan ESP Module dan sensor WLS menghasilkan waktu respons sekitar 83 detik. Namun demikian, sistem tersebut juga belum menyertakan mekanisme pengeluaran air otomatis serta hanya mendukung pemantauan lokal.

Penelitian ini bertujuan untuk menyempurnakan pendekatan terdahulu dengan merancang sistem pendeteksi kebocoran lambung kapal yang tidak hanya mampu mendeteksi keberadaan air menggunakan sensor *Water Level Sensor* (WLS), tetapi juga secara otomatis mengaktifkan pompa untuk membuang air keluar tanpa memerlukan intervensi kru. Sistem ini menggunakan sebagai unit kendali utama, dan dirancang untuk memantau tiga titik rawan kebocoran pada lambung kapal, yaitu di ruang mesin, area sekitar tangki bahan bakar, dan bagian tengah lambung. Setiap titik dilengkapi dengan sensor WLS dan pompa bilga tersendiri, yang dikendalikan oleh satu modul relay empat kanal (*4-channel relay module*) untuk mengatur proses aktuasi secara otomatis dan terkoordinasi.

Penerapan sistem ini difokuskan pada kapal tug boat (kapal tunda), yaitu kapal kecil hingga menengah yang berfungsi menarik dan mendorong kapal besar saat berlabuh atau bermanuver di pelabuhan. Kapal ini dipilih karena karakteristik operasionalnya yang penuh manuver dalam ruang sempit, rawan benturan, serta sering kali masih menggunakan sistem manual. Rojakoh (2020) menekankan bahwa kapal tug boat memiliki potensi risiko tinggi terhadap kecelakaan kerja laut,

termasuk kebocoran dan kerusakan, karena sering beroperasi di wilayah padat seperti pelabuhan dan area lepas pantai. Selain itu, ruang bilga tug boat yang sempit namun krusial menjadi lokasi utama akumulasi air yang perlu diawasi secara intensif. Penelitian oleh Arwinsyah et al. (2023) menunjukkan bahwa kapal tug boat dapat diintegrasikan dengan sistem berbasis IoT untuk mendeteksi bahaya seperti asap dan gas secara real-time, yang memperkuat potensi penerapan teknologi otomatisasi pada sistem pendeteksi kebocoran air. Hal ini juga didukung oleh Faturachman et al. (2020), yang mengembangkan sistem monitoring efisiensi bahan bakar pada tug boat berbasis sensor dan kontrol web. Penelitian tersebut membuktikan bahwa pemanfaatan teknologi otomasi sangat aplikatif untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan operasional kapal tug boat.

Sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 45 Tahun 2023 tentang Sistem Manajemen Keselamatan Kapal semakin menegaskan pentingnya sistem deteksi dan penanganan kebocoran yang efektif pada kapal-kapal yang beroperasi di perairan Indonesia. Regulasi ini menjadi landasan hukum untuk implementasi teknologi pendeteksi kebocoran yang lebih responsif dan otomatis. Pengembangan sistem pendeteksi kebocoran ini sangat relevan dengan kebutuhan industri maritim saat ini, yang semakin mengutamakan keselamatan dan efisiensi operasional.

Berdasarkan uraian di atas, pengembangan sistem pendeteksi kebocoran lambung kapal dan pengeluaran air secara otomatis berbasis dan sensor WLS (*Water Level Sensor*) di harapkan relevan untuk meningkatkan keselamatan operasional kapal, terutama untuk kapal-kapal berukuran menengah yang menjadi tulang punggung transportasi antar pulau di Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan Sistem Pendeteksi Kebocoran Lambung Kapal dan Pengeluaran Air secara Otomatis Berbasis dan Sensor WLS (*Water Level Sensor*) yang tidak hanya dikembangkan untuk meningkatkan keselamatan operasional kapal, tetapi juga sebagai media pembelajaran dalam memahami sistem kebocoran kapal.

Sensor WLS akan ditempatkan di area bilga yang rawan tergenang air akibat kebocoran. Ketika sensor mendeteksi adanya air di atas ambang batas yang ditentukan, akan mengaktifkan pompa bilga untuk segera membuang air keluar kapal. Jika kapal sudah memiliki sistem pompa bilga otomatis, sistem ini dapat berfungsi sebagai deteksi dini tambahan yang mempercepat proses aktivasi pompa sebelum air mencapai level kritis. Dengan demikian, sistem ini akan mendukung sistem bilga kapal yang sudah ada, meningkatkan efektivitas pengeluaran air, dan mengurangi risiko kebocoran yang tidak tertangani secara cepat. dengan simulasi awal menggunakan miniatur kapal sebagai media uji coba untuk menguji keefektifan sistem sebelum diimplementasikan pada kapal sebenarnya.

Sistem ini diuji pada miniatur lambung kapal untuk menguji efektivitas deteksi di tiga titik serta kecepatan aktivasi pompa. Dengan penggunaan , WLS, dan pompa otomatis, sistem ini dapat menjadi solusi praktis dan edukatif yang mendukung peningkatan keselamatan pelayaran di sektor maritim nasional, khususnya pada armada tug boat yang selama ini belum tersentuh teknologi otomatisasi sistem kebocoran.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem pendeteksi kebocoran lambung kapal dan pengeluaran air otomatis berbasis dan sensor *Water Level Sensor* (WLS) pada kapal tug boat. Adapun rumusan masalahnya adalah:

1. Bagaimana merancang sistem pendeteksi kebocoran dan pengeluaran air otomatis menggunakan dan sensor WLS pada kapal tug boat?
2. Apa saja alat dan bahan yang dibutuhkan untuk membuat sistem tersebut, dan bagaimana cara menghitung kebutuhannya?
3. Bagaimana membuat prototipe alat sistem pada model miniatur kapal untuk uji coba?
4. Bagaimana menguji sistem yang dibuat berdasarkan kecepatan respons, kepekaan sensor, tinggi air yang terdeteksi, dan efisiensi pengeluaran air?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan isi latar belakang di atas, maka penulis memberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada perancangan sistem dan pengujian sistem pendeteksi kebocoran lambung kapal berbasis dan sensor WLS (*Water Level Sensor*).
2. Sistem yang dikembangkan hanya menggunakan sensor WLS (*Water Level Sensor*) untuk mendeteksi keberadaan air akibat kebocoran, tanpa mengintegrasikan jenis sensor lainnya seperti sensor kelembaban atau tekanan.
3. Sistem dirancang untuk kapal sebenarnya, khususnya kapal tug boat, namun pengujian awal dilakukan pada miniatur kapal sebagai validasi sebelum diimplementasikan pada kapal sebenarnya.
4. Pengujian sistem dilakukan dalam lingkungan simulasi pada prototipe yang merepresentasikan kondisi kebocoran lambung kapal.
5. Sistem difokuskan untuk mendeteksi genangan air akibat kebocoran di tiga titik rawan pada area bilga kapal, yaitu ruang mesin, sekitar tangki bahan bakar, dan bagian tengah lambung kapal yang merupakan jalur utama akumulasi air dari kebocoran.
6. Perancangan sistem berfokus pada aspek deteksi kebocoran dan pengeluaran air secara otomatis, tanpa mencakup sistem mitigasi atau perbaikan struktur lambung kapal.

1.4 Tujuan Penelitian/Perancangan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengembangkan sistem pendeteksi kebocoran lambung kapal dan pengeluaran air otomatis berbasis dan sensor WLS, yang akan diterapkan pada kapal tug boat. Secara lebih spesifik, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang sistem pendeteksi kebocoran lambung kapal dan pengeluaran air otomatis berbasis dan sensor WLS (*Water Level Sensor*) dalam mendeteksi kebocoran lambung kapal.
2. Menentukan dan menghitung kebutuhan alat dan bahan dalam perancangan sistem pendeteksi kebocoran lambung kapal dan pengeluaran air otomatis berbasis dan sensor WLS (*Water Level Sensor*).
3. Merancang prototipe sistem pendeteksi kebocoran lambung kapal dan pengeluaran air otomatis berbasis dan Sensor WLS (*Water Level Sensor*) sebagai wadah uji simulasi dan validasi sistem sebelum diterapkan pada kapal tug boat.
4. Melakukan pengujian terhadap hasil prototipe sistem pendeteksi kebocoran lambung kapal dan pengeluaran air otomatis berbasis dan Sensor WLS (*Water Level Sensor*), meliputi waktu respons, sensitivitas deteksi, ketinggian air yang terdeteksi, dan efisiensi pengeluaran air untuk menilai keandalan sistem.

1.5 Manfaat Penelitian/Perancangan

Manfaat yang diharapkan dari pembuatan sistem pendeteksi kebocoran lambung kapal dan pengeluaran air otomatis berbasis dan sensor WLS ini antara lain:

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pendeteksi kebocoran lambung kapal yang efektif, dengan memanfaatkan sensor WLS (*Water Level Sensor*) dan yang dapat mengaktifkan sistem pengeluaran air secara otomatis.
2. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam pengembangan sistem keselamatan kapal, khususnya untuk deteksi dini kebocoran pada kapal-kapal kecil dan menengah seperti kapal tug boat.
3. Memberikan solusi yang efisien dan praktis untuk diaplikasikan pada kapal sebenarnya, sehingga dapat meningkatkan keselamatan dan efektivitas operasional kapal tug boat.

4. Meminimalkan risiko kerusakan dan kerugian operasional kapal akibat keterlambatan penanganan kebocoran, melalui sistem pendeteksi yang terintegrasi dengan mekanisme pengeluaran air otomatis.
5. Mendukung peningkatan keselamatan pelayaran dengan memberikan peringatan dini secara real-time, sehingga risiko tenggelamnya kapal akibat kebocoran lambung dapat diminimalkan.

1.6 Sistematika penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini disusun secara sistematis agar memudahkan pembaca dalam memahami isi dari penelitian yang dilakukan. Adapun sistematika penulisan laporan ini terdiri dari beberapa bab sebagai berikut:

BAB I – PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan dari laporan tugas akhir.

BAB II – LANDASAN TEORI

Bab ini berisi teori-teori pendukung yang relevan dengan penelitian, seperti teori tentang kapal tug boat, sistem pendeteksi kebocoran lambung kapal, sensor WLS (*Water Level Sensor*), sistem bilga, serta penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem deteksi kebocoran dan pengeluaran air otomatis.

BAB III – METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam merancang dan mengembangkan sistem, mulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, hingga proses pembuatan dan pengujian prototipe.

BAB IV – HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil perancangan dan pengujian sistem pendeteksi kebocoran lambung kapal dan pengeluaran air otomatis. Pembahasan mencakup kinerja

sistem, waktu respons, sensitivitas deteksi, efisiensi pengeluaran air, serta analisis terhadap keberhasilan dan kendala sistem.

BAB V – PENUTUP

Bab terakhir ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran untuk pengembangan lebih lanjut, baik dari sisi teknis maupun penerapan sistem pada kapal sebenarnya.

Daftar Pustaka

Berisi referensi dan sumber-sumber ilmiah yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir, baik berupa buku, jurnal, artikel, maupun dokumen resmi.

Lampiran

Memuat data pendukung seperti rangkaian sistem,, serta gambar dan tabel yang relevan.