

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keselamatan di laut merupakan salah satu aspek penting dalam industri transportasi maritim. Kapal sebagai sarana transportasi laut harus didukung oleh sistem permesinan yang andal untuk menjamin kelancaran operasional sekaligus mengurangi risiko kecelakaan. Salah satu sistem vital yang berperan langsung terhadap keselamatan navigasi adalah sistem kemudi (*steering gear*). *Steering gear* berfungsi menggerakkan kemudi (*rudder*) agar kapal dapat berbelok ke kiri (*port side*) atau ke kanan (*starboard side*) sesuai perintah nakhoda. Dengan demikian, *steering gear* merupakan sistem penentu arah haluan kapal dan sangat mempengaruhi kemampuan kapal dalam bermanuver [1].

Menurut *International Maritime Organization* (IMO) dalam regulasi *Safety of Life at Sea* (SOLAS) *Chapter II-1 Regulation 29*, sistem kemudi harus memenuhi sejumlah persyaratan teknis, di antaranya: mampu menggerakkan *rudder* dari 35° ke satu sisi ke 35° sisi lainnya dalam waktu tidak lebih dari 28 detik pada kecepatan penuh, mampu beroperasi meskipun salah satu unit tenaga mengalami Kegagalan [2], serta harus dapat dikendalikan dari anjungan (*bridge*) dengan alarm kegagalan daya yang terdengar dan visual. Regulasi ini menegaskan bahwa sistem kemudi memiliki standar keselamatan yang tinggi, mengingat keagalannya dapat menyebabkan kapal kehilangan kendali dan berpotensi menimbulkan kecelakaan serius.

Namun, kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa kasus kegagalan sistem kemudi masih terjadi. Laporan investigasi kecelakaan kapal Bukit Raya oleh Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) mengungkapkan bahwa gangguan pada *steering gear* dapat mengakibatkan kapal kehilangan kendali saat bermanuver di perairan sempit, sehingga meningkatkan risiko tabrakan atau kandas [3]. Selain itu, laporan investigasi *Australian Transport Safety Bureau* (ATSB) mengenai kapal CMA CGM Puccini juga menunjukkan bahwa kegagalan sistem

kemudi dapat menyebabkan kapal menabrak *navigational beacon*, mengakibatkan kerugian material dan risiko terhadap keselamatan awak kapal.

Kondisi ini menjadi perhatian khusus pada kapal tugboat, yang memiliki peran strategis dalam membantu kapal besar melakukan *manuver* di pelabuhan, alur sempit, maupun saat *docking*. Tugboat dituntut memiliki kemampuan manuver yang tinggi, sehingga keandalan sistem kemudi menjadi sangat krusial. Kegagalan komponen seperti pompa hidrolik, tangki, katup, *seal*, hingga sistem kontrol elektrik dapat menghambat tugboat dalam melaksanakan fungsinya, berakibat pada keterlambatan operasi hingga kecelakaan laut [4].

Beberapa studi terdahulu menunjukkan bahwa kerusakan pada *steering gear* mayoritas disebabkan oleh faktor teknis, di antaranya kebocoran fluida hidrolik, kerusakan pompa hidrolik, keausan *seal* dan *o-ring*, kegagalan katup, serta gangguan sistem *control* [1]. Penelitian oleh Sitompul dkk. (2025) menegaskan bahwa perawatan *steering gear* yang tidak dilakukan secara terencana dan berkala dapat memperbesar kemungkinan kerusakan, yang pada akhirnya mengganggu operasional kapal [5].

Untuk mengantisipasi potensi kegagalan tersebut, diperlukan suatu metode analisis yang sistematis dan terukur. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Metode ini berfungsi mengidentifikasi potensi kegagalan, menganalisis dampaknya terhadap sistem, serta memberikan prioritas penanganan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang dihitung dari *parameter Severity (S)*, *Occurrence (O)*, dan *Detection (D)* [6].

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) telah terbukti efektif digunakan pada berbagai sistem permesinan kapal, seperti analisis kegagalan mesin induk, sistem pelumasan, dan sistem pendingin. Selain itu, penelitian oleh Gürgen et al. (2023) menggunakan pendekatan *fuzzy fault tree analysis* juga memperkuat bukti bahwa metode analisis kegagalan berbasis risiko dapat meningkatkan keandalan sistem kemudi kapal. Namun, kajian spesifik mengenai penerapan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada sistem kemudi tugboat masih terbatas [7].

Dengan mempertimbangkan pentingnya peran tugboat serta tingginya risiko kegagalan steering gear, penelitian ini berfokus pada analisis kegagalan sistem kemudi kapal tugboat menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai potensi kegagalan pada komponen utama steering gear, menentukan prioritas risiko melalui perhitungan *Risk Priority Number* (RPN), serta memberikan rekomendasi strategi perawatan untuk meningkatkan keandalan sistem kemudi (*steering gear*). Dengan demikian, penelitian ini diharapkan berkontribusi nyata dalam upaya peningkatan keselamatan pelayaran, efisiensi operasional, dan pemenuhan regulasi internasional.

1.2 Perumusan Masalah

1. Apa saja potensi mode kegagalan pada sistem kemudi 2 kapal *Tugboat*?
2. Bagaimana tingkat risiko masing-masing mode kegagalan berdasarkan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)?
3. Apa rekomendasi tindakan perawatan untuk mengurangi risiko kegagalan pada sistem kemudi kapal (*Steering gear*)?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi mode kegagalan potensial pada sistem kemudi kapal tugboat.
2. Menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk menentukan tingkat prioritas risiko kegagalan.
3. Memberikan rekomendasi tindakan perawatan dan peningkatan keandalan sistem kemudi (*steering gear*).

1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian difokuskan pada sistem kemudi tugboat kapal tipe manual dan elektrik hidrolik sebagai objek utama analisis.
2. Analisis kegagalan hanya mencakup pada komponen utama *steering gear*.

3. Metode yang digunakan adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan penentuan nilai *Severity (S)*, *Occurrence (O)*, dan *Detection (D)*. Dengan data yang diperoleh dari data *Plan Maintenance System* (PMS) dan hasil wawancara/observasi Anak buah kapal

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi industri pelayaran: Sebagai acuan dalam meningkatkan keandalan dan keselamatan operasi kapal.
2. Bagi akademisi: Sebagai referensi tambahan dalam penerapan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada bidang kelautan dan perkapalan.
3. Bagi regulator: Sebagai bahan pertimbangan dalam evaluasi standar perawatan *steering gear* sesuai dengan regulasi *International Maritime Organization* (IMO) dan *Safety Of Life At Sea* (SOLAS).

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I. PENDAHULUAN:

Bab ini menjelaskan secara umum mengenai latar belakang penelitian yang mendasari pentingnya analisis kegagalan pada sistem kemudi kapal. Selain itu, bab ini juga memuat perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan laporan secara keseluruhan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA:

Bab ini berisi teori-teori yang mendukung penelitian, seperti konsep dasar kapal tugboat, sistem kemudi kapal, mode megagalan sistem kemudi, jenis kegagalan sistem kemudi, standar keselamatan *International Maritime Organization* (IMO) dan *Safety Of Life At Sea* (SOLAS), serta penjelasan tentang *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Bab ini juga membahas hasil penelitian terdahulu dan *research gap* yang menjadi dasar penelitian.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN:

Bab ini menjelaskan metode dan langkah-langkah penelitian yang digunakan, meliputi waktu dan tempat penelitian, pendekatan yang diterapkan, teknik pengumpulan data, serta prosedur analisis dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Bab ini juga menyajikan tahapan analisis, penentuan parameter risiko *Severity* (S), *Occurrence* (O), *Detection* (D), dan perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN:

Bab ini memaparkan hasil identifikasi mode kegagalan pada sistem kemudi kapal, perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN), serta analisis terhadap hasil yang diperoleh. Dalam bab ini juga dijelaskan pembahasan mengenai komponen yang paling berisiko dan rekomendasi tindakan perawatan untuk meningkatkan keandalan sistem kemudi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN:

Bab terakhir berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran-saran yang dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya atau penerapan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada sistem kemudi kapal di industri maritim.