

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi laut memiliki peranan penting dalam mendukung mobilitas dan aktivitas ekonomi di negara kepulauan seperti Indonesia. Dalam operasionalnya, kapal dihadapkan pada kondisi gelombang yang dinamis sehingga menimbulkan berbagai respon gerakan seperti *heave*, *pitch*, dan *roll*. Di antara ketiganya, gerakan *roll* (oleng) merupakan yang paling kritis karena berkaitan langsung dengan stabilitas transversal dan keselamatan kapal. Fenomena resonansi antara frekuensi alami *roll* dan frekuensi gelombang dapat menyebabkan peningkatan amplitudo *roll* secara signifikan hingga berpotensi menimbulkan *capsizing* (Asis et al., 2020; Susanto et al., 2024).

Respon gerakan kapal terhadap gelombang umumnya dianalisis menggunakan parameter *Response Amplitude Operator* (RAO), yaitu perbandingan antara amplitudo respon kapal dan amplitudo gelombang pada frekuensi tertentu. Nilai RAO yang tinggi menunjukkan bahwa kapal sangat responsif terhadap gelombang sehingga berisiko mengalami gerakan berlebih, khususnya pada mode *roll* (Falzarano et al., 2015).

Permasalahan gerakan *roll* menjadi sangat krusial pada kapal nelayan tradisional, terutama di perairan seperti Selat Madura yang memiliki kondisi gelombang relatif tinggi. Data menunjukkan bahwa lebih dari 60% kecelakaan kapal nelayan di Jawa Timur disebabkan oleh faktor gelombang dan cuaca buruk (Basarnas, 2023; Dishub Jatim, 2024). Beberapa kejadian nyata juga menunjukkan bahwa gelombang, khususnya dari arah samping (*beam seas*), dapat menyebabkan kapal kehilangan keseimbangan hingga terbalik, seperti kasus kecelakaan kapal nelayan di Banyuwangi (JPNN, 2024), Lamongan (iNews, 2026), dan Pasuruan (Pemkot Pasuruan, 2025). Kondisi ini menunjukkan bahwa eksitasi gelombang dari arah samping menghasilkan momen *roll* yang besar sehingga kapal mengalami *rolling* ekstrem dan berpotensi mengalami *capsizing*.

Kapal nelayan Madura umumnya memiliki bentuk lambung U dengan bilga relatif datar dan nilai *roll damping* rendah, sehingga rentan terhadap gerakan *roll*

resonan. Selain itu, banyak kapal tradisional masih dirancang secara empiris tanpa mempertimbangkan analisis hidrodinamika modern, sehingga menghasilkan nilai RAO *roll* yang tinggi (Dianiswara et al., 2020).



Gambar 1.1 kapal begoung madura

(Sumber: id.wikipedia.org)

Salah satu metode yang umum digunakan untuk mengurangi gerakan *roll* adalah pemasangan *bilge keel*, yaitu perangkat stabilisasi pasif yang dipasang pada bagian bilga kapal untuk meningkatkan redaman hidrodinamika (*roll damping*). *Bilge keel* bekerja dengan meningkatkan hambatan aliran fluida di sekitar lambung sehingga energi gerakan *roll* dapat diredam. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penambahan *bilge keel* mampu menurunkan amplitudo gerakan *roll* secara signifikan (Baihaque et al., 2024; Romadhoni et al., 2025). Namun demikian, efektivitas *bilge keel* tidak hanya dipengaruhi oleh dimensinya, tetapi juga dipengaruhi oleh posisi pemasangan, sudut kemiringan, karakteristik lambung kapal, serta kondisi gelombang yang bekerja pada kapal.

Meskipun berbagai penelitian mengenai *bilge keel* telah dilakukan, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada kapal patroli, kapal cepat, maupun kapal ikan modern dengan karakteristik lambung yang berbeda dengan kapal nelayan tradisional. Penelitian yang secara khusus mengkaji pengaruh kombinasi variasi posisi pemasangan terhadap gerakan *roll* Kapal Begoung Madura masih sangat terbatas. Padahal kapal Begoung Madura memiliki karakteristik lambung yang berbeda, sehingga respons hidrodinamika dan performa *seakeeping* yang

dihasilkan juga dapat berbeda dibandingkan kapal modern. Selain itu, penelitian ini menggunakan simulasi numerik dengan kondisi gelombang tidak beraturan (*irregular wave*) menggunakan spektrum JONSWAP pada arah datang gelombang *beam sea* (90°) agar mendekati kondisi operasional sebenarnya di perairan Madura.

Berdasarkan uraian tersebut, terdapat celah penelitian (*research gap*) yang perlu diisi, yaitu belum adanya studi komprehensif yang menyelidiki pengaruh variasi posisi pemasangan *bilge keel* (0.2T, 0.4T, 0.6T) dan variasi sudut pemasangan (15° , 30° , 45°) terhadap RAO gerakan *roll* pada Kapal Begoung Madura. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan menganalisis secara sistematis konfigurasi *bilge keel* yang paling efektif dalam mereduksi gerakan *roll* sehingga dapat menjadi rekomendasi desain untuk meningkatkan performa *seakeeping* dan keselamatan operasional kapal nelayan tradisional.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang di atas, Maka dapat dirumuskan permasalahan yang dapat diangkat pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik geometri kapal begoung Madura dan model *bilge keel* dengan variasi posisi (0.2T, 0.4T, 0.6T) serta variasi sudut (15° , 30° , 45°)?
2. Bagaimana respons gerakan *roll* Kapal Begoung Madura tanpa *bilge keel* dan dengan penambahan *bilge keel* berdasarkan analisis *time domain*?
3. Bagaimana efektivitas *bilge keel* dalam mereduksi gerakan *roll* pada kondisi gelombang *beam sea* (90°)?
4. Konfigurasi *bilge keel* manakah yang memberikan reduksi respons gerakan *roll* paling optimal berdasarkan hasil analisis *time domain*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah untuk penelitian ini dibatasi pada pengaruh penambahan *bilge keel* terhadap RAO (*Response Amplitude Operator*) Gerakan *roll* pada kapal begoung madura maka Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada kapal Begoung Madura dengan geometri tetap.

2. Analisis respons gerakan kapal difokuskan pada gerakan *roll* menggunakan pendekatan *time domain* dengan perangkat lunak ANSYS AQWA.
3. Variasi yang diteliti meliputi posisi pemasangan *bilge keel* (0.2T, 0.4T, dan 0.6T) serta sudut pemasangan (15°, 30°, dan 45°).
4. Jenis *bilge keel* yang digunakan adalah *flat bar bilge keel*.
5. Arah datang gelombang yang digunakan adalah *beam sea* (90°).
6. Simulasi dilakukan menggunakan gelombang tidak beraturan (*irregular wave*) dengan spektrum JONSWAP pada kondisi kecepatan kapal konstan sebesar 10 knot.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas yang telah dikemukakan, adapun tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui:

1. Mendapatkan karakteristik geometri kapal begoung Madura dan menghasilkan model *bilge keel* dengan variasi posisi (0.2T, 0.4T, 0.6T) serta variasi sudut (15°, 30°, 45°).
2. Menganalisis respons gerakan *roll* Kapal Begoung Madura tanpa *bilge keel* dan dengan penambahan *bilge keel* menggunakan pendekatan *time domain*.
3. Menganalisis efektivitas *bilge keel* dalam mereduksi respons gerakan *roll* Kapal Begoung Madura pada kondisi gelombang datang dari arah 90° (*beam sea*).
4. Menentukan konfigurasi *bilge keel* yang paling efektif dalam mereduksi respons gerakan *roll* berdasarkan nilai maksimum respons (*maximum roll response*) hasil analisis *time domain*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat dari Penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Secara teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan referensi ilmiah di bidang teknik perkapalan, khususnya mengenai pengaruh penambahan *bilge keel* terhadap *Response Amplitude Operator (RAO)* gerakan *roll* kapal begoung

madura serta menjadi rujukan bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan analisis *seakeeping* kapal menggunakan metode simulasi numerik.

2. Secara praktis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi teknis bagi perancang dan praktisi perkapalan sebagai bahan pertimbangan dalam desain dan modifikasi kapal, khususnya dalam upaya meningkatkan performa *seakeeping* dan mengurangi gerakan *roll* kapal melalui penerapan *bilge keel* kapal begoung madura.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang permasalahan, rumusan masalah, Batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulis yang digunakan dalam penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan Pustaka adalah bab yang berisi bahasan landasan teori yang relevan, penelitian terdahulu mendukung yang diambil dari berbagai buku dan jurnal yang berkaitan dengan penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab metodologi penelitian berisi tentang penjelasan *flowchart*, tahapan penelitian, Teknik pengumpulan data, dan Teknik Analisa data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini adalah bab yang mengemukakan tentang hasil penelitian dan pembahasan hasil dari analisis yang dilakukan.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran untuk penelitian selanjutnya.