

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Propeller merupakan komponen utama sistem propulsi kapal yang berfungsi mengubah energi putar mesin menjadi gaya dorong untuk menggerakkan kapal. Pada kapal nelayan, propeller bekerja secara kontinu di lingkungan laut yang memiliki beban dinamis, getaran, dan potensi korosi tinggi sehingga memerlukan material dengan kekuatan dan ketahanan lingkungan yang baik. Material berbasis kuningan dan aluminium banyak digunakan pada propeller kapal karena memiliki ketahanan korosi air laut, kemampuan pengecoran, dan sifat yang relatif baik. Menurut (*ASM Handbook: Alloy Phase Diagrams*, 1992), paduan kuningan dan aluminium memiliki karakteristik “good corrosion resistance combined with adequate strength for marine applications”. Oleh karena itu, penggunaan material kuningan dan paduan kuningan-aluminium pada propeller kapal nelayan menjadi alternatif yang menarik untuk diteliti lebih lanjut dalam kaitannya dengan kekuatan hasil pengecoran.

Pembuatan propeller umumnya dilakukan menggunakan metode pengecoran logam karena mampu menghasilkan bentuk kompleks dengan biaya produksi relatif rendah. Salah satu metode pengecoran yang umum digunakan adalah *sand casting* karena memiliki keunggulan berupa biaya cetakan murah, mudah diaplikasikan, dan sesuai untuk produksi komponen seperti propeller kapal nelayan. Namun, metode ini memiliki kelemahan berupa potensi cacat cor seperti porositas dan *shrinkage* yang dapat menurunkan sifat material hasil cor (Campbell, 2015). Pada penelitian (Lazuardi Umar & Hanafi, 2025) menjelaskan bahwa cacat *shrinkage* dan *porosity* pada propeller hasil *sand casting* dapat memengaruhi kekuatan material akibat pendinginan yang tidak merata. Oleh karena itu, pemilihan material dan komposisi paduan menjadi faktor penting dalam meningkatkan kualitas propeller hasil pengecoran.

Kuningan merupakan material non-ferrous yang banyak digunakan dalam industri maritim karena memiliki ketahanan korosi yang baik, mudah dikerjakan, dan memiliki kekuatan relatif tinggi. Material ini sering digunakan sebagai bahan dasar propeller karena mampu bekerja pada lingkungan laut yang korosif. Akan tetapi, kuningan memiliki densitas cukup tinggi dan biaya material yang relatif mahal sehingga diperlukan modifikasi material untuk meningkatkan efisiensi penggunaan. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah penambahan aluminium ke dalam material berbasis kuningan. Aluminium memiliki massa jenis rendah, ketahanan korosi baik, serta rasio kekuatan terhadap berat (*strength-to-weight ratio*) yang tinggi. Menurut (Davis, 2001) dalam *Copper and Copper Alloys*, penambahan unsur aluminium pada material berbasis tembaga dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan material akibat terbentuknya struktur mikro yang lebih rapat. Penelitian (Akhyar, 2023) melakukan analisis numerik hidrodinamika dan pengujian pada propeller berbahan Paduan kuningan hasil pengecoran memiliki kekuatan tarik maksimum 352 MPa dan tegangan luluh sebesar 330 MPa. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa variasi proses pengecoran memengaruhi distribusi tegangan pada propeller dan karakteristik material. Kandungan aluminium yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan material menjadi lebih getas akibat terbentuknya fase keras berlebih sehingga diperlukan pengujian untuk mengetahui komposisi optimum yang sesuai pada aplikasi propeller kapal nelayan.

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas pengaruh unsur paduan terhadap sifat material propeller. Penelitian (Suyanto & Imam, 2018) mengenai propeller aluminium kapal nelayan menunjukkan bahwa kekuatan tarik yang lebih rendah disebabkan oleh adanya porositas yang cukup tinggi pada hasil pengecoran dan menyebabkan propeller mudah mengalami retak dan patah getas saat menerima beban

dinamis. Sementara itu, pada penelitian (Alam et al., 2022) mengkaji pengaruh penambahan aluminium terhadap sifat mekanik komposit kuningan menggunakan metode stir casting. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan aluminium meningkatkan kekuatan tarik, kekerasan, serta memperhalus struktur mikro material. Penambahan aluminium 4% menghasilkan sifat mekanik terbaik dengan peningkatan kekuatan tarik sekitar 10,67% dibandingkan dengan kuningan murni.. Begitupun dengan penelitian (Nugroho & Wibowo, 2017) menunjukkan bahwa penambahan aluminium pada kuningan dapat memengaruhi hasil kekuatan tarik menjadi lebih besar dibandingkan dengan kuningan murni. Namun komposisi paduan kedua material tersebut perlu diteliti ulang dikarenakan jika penambahan aluminium yang berlebihan dapat berakibat menurunnya kekuatan tarik yang cukup tinggi. Penelitian (Sugion et al., 2023) menjelaskan bahwa penambahan unsur paduan pada material propeller mampu memengaruhi nilai kekerasan dan ketangguhan material secara signifikan.

Meskipun penelitian mengenai material propeller hasil pengecoran telah banyak dilakukan, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada pengaruh komposisi material dan hasil pengujian secara eksperimental. Penelitian yang menghubungkan hasil analisis teoritis dengan hasil pengujian eksperimen pada propeller kapal nelayan berbahan kuningan dan paduan kuningan-aluminium masih terbatas. Selain itu, penelitian terdahulu umumnya hanya mengevaluasi salah satu jenis material tanpa melakukan kajian perbandingan terhadap material berbasis kuningan dan paduan kuningan-aluminium. Dengan demikian, terdapat research gap berupa belum adanya kajian yang secara khusus mengevaluasi kesesuaian antara analisis teoritis dan hasil pengujian eksperimen untuk menentukan kekuatan propeller kapal nelayan berbahan kuningan dan paduan kuningan-aluminium hasil pengecoran.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan propeller kapal nelayan berbahan kuningan dan paduan kuningan-aluminium hasil pengecoran melalui pendekatan teoritis dan eksperimental. Analisis teoritis dilakukan untuk memperoleh estimasi kekuatan material berdasarkan kondisi pembebanan kerja propeller, sedangkan pengujian eksperimental dilakukan melalui uji tarik guna mengetahui karakteristik aktual material hasil pengecoran. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai tingkat kesesuaian antara analisis teoritis dan hasil eksperimen, serta menjadi dasar dalam menentukan kelayakan penggunaan material kuningan dan paduan kuningan-aluminium sebagai material propeller kapal nelayan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik kekuatan material propeller kapal nelayan berbahan kuningan dan paduan kuningan-aluminium hasil pengecoran berdasarkan pengujian tarik?
2. Bagaimana karakteristik kekuatan material propeller kapal nelayan berbahan kuningan dan paduan kuningan-aluminium hasil pengecoran berdasarkan pengujian bending?
3. Apakah material propeller kuningan dan paduan kuningan-aluminium hasil pengujian tarik memenuhi data nilai tegangan kerja minimum?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui karakteristik kekuatan material propeller kapal nelayan berbahan kuningan dan paduan kuningan-aluminium hasil pengecoran melalui pengujian tarik.
2. Mengetahui karakteristik kekuatan material propeller kapal nelayan berbahan kuningan dan paduan kuningan-aluminium hasil pengecoran melalui pengujian bending.

3. Menentukan apakah material propeller berbahan kuningan dan paduan kuningan-aluminium memenuhi tegangan kerja minimum berdasarkan hasil pengujian tarik.

1.4 Batasan Masalah

Untuk membatasi agar pembahasan penelitian ini tidak meluas maka perlu dibatasi dengan parameter penelitian, antara lain:

- 1) Penelitian difokuskan pada propeller kapal nelayan skala kecil hasil pengecoran logam *sand casting*.
- 2) Material yang digunakan dalam penelitian hanya terbatas pada kuningan dan paduan kuningan-aluminium
- 3) Data nilai tegangan kerja minimum digunakan sebagai batasan untuk mengevaluasi hasil uji tarik material.
- 4) Pengujian eksperimental dilakukan menggunakan uji tarik sesuai standar ASTM E8 dan uji bending standar ASTM E290 untuk mengetahui karakteristik kekuatan material hasil pengecoran.
- 5) Penelitian tidak membahas analisis hidrodinamika lanjutan, simulasi CFD, analisis getaran, maupun analisis kelelahan material.
- 6) Penelitian tidak membahas optimasi parameter proses pengecoran seperti temperatur penuangan, desain cetakan, laju pendinginan, dan perlakuan panas.
- 7) Penelitian tidak membahas pengujian material lainnya seperti uji korosi, uji impact, uji kekerasan, uji kelelahan, aliran fluida, dan kavitasi propeller.
- 8) Penelitian tidak membahas aspek ekonomi, biaya produksi, dan analisis kelayakan industri propeller kapal secara menyeluruh.

1.5 Manfaat Penelitian

- 1) Manfaat Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan khususnya pada bidang teknik material, teknik manufaktur, dan teknik perkapalan yang berkaitan dengan evaluasi kekuatan propeller kapal hasil pengecoran. Melalui pendekatan analisis teoritis dan pengujian eksperimental, penelitian ini dapat menjadi referensi ilmiah mengenai hubungan antara tegangan kerja propeller, karakteristik material hasil pengecoran, serta nilai tegangan kerja minimum material berbasis kuningan dan paduan kuningan-aluminium. Selain itu, penelitian ini diharapkan mampu memperkaya kajian mengenai penggunaan material kuningan dan paduan kuningan-aluminium pada aplikasi propeller kapal nelayan, terutama dalam kaitannya dengan kekuatan tarik dan kemampuan material dalam menerima pembebanan kerja. Hasil penelitian juga dapat menjadi pendukung penelitian terdahulu mengenai material propeller hasil pengecoran dengan memberikan pendekatan validasi antara analisis teoritis dan hasil pengujian eksperimen. Dengan demikian, penelitian ini dapat menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya dalam pengembangan material propeller kapal yang memiliki kualitas dan keandalan lebih baik.

- 2) Manfaat Praktis

Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan pertimbangan teknis dalam pemilihan material propeller kapal nelayan yang memiliki kekuatan dan tingkat keamanan yang baik untuk digunakan pada kondisi operasional di lingkungan laut. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh pelaku industri pengecoran logam dan bengkel manufaktur propeller sebagai referensi dalam menentukan material berbasis kuningan maupun paduan kuningan-aluminium yang sesuai untuk proses produksi propeller kapal nelayan. Penelitian ini juga diharapkan dapat membantu nelayan dan pengguna kapal dalam memahami

pentingnya kualitas material propeller terhadap performa dan umur pakai propeller kapal. Dengan adanya evaluasi terhadap tegangan kerja minimum material berdasarkan hasil analisis teoritis dan pengujian eksperimental, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam meningkatkan kualitas dan keandalan propeller hasil pengecoran sehingga risiko kerusakan propeller saat beroperasi dapat diminimalkan. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan industri pengecoran lokal melalui pemanfaatan material alternatif yang lebih efektif dan memiliki karakteristik yang sesuai untuk aplikasi propeller kapal nelayan.

1.6 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah material propeller kapal nelayan berbahan kuningan dan paduan kuningan–aluminium hasil pengecoran memiliki karakteristik kekuatan yang berbeda akibat pengaruh komposisi material terhadap sifat hasil cor. Penambahan unsur aluminium pada material berbasis kuningan diduga mampu meningkatkan kekuatan material melalui perubahan struktur dan ikatan antar unsur paduan sehingga menghasilkan kemampuan menahan pembebanan yang lebih baik dibandingkan material kuningan konvensional. Selain itu, nilai tegangan kerja minimum diperoleh berdasarkan data perhitungan thrust dan momen lentur yang masih berada di bawah batas kekuatan material hasil pengujian tarik, sehingga material propeller berbahan kuningan dan paduan kuningan–aluminium diperkirakan memenuhi nilai tegangan kerja minimum untuk aplikasi propeller kapal nelayan. Namun demikian, terdapat kemungkinan perbedaan nilai antara data nilai tegangan kerja minimum dan hasil pengujian tarik akibat pengaruh cacat pengecoran dan porositas struktural material yang terbentuk selama proses pengecoran.

1.7 Rencana Luaran Penelitian

- 1) Paper atau Artikel Ilmiah berupa Jurnal Nasional.
- 2) Hak Kekayaan Intelektual (HaKI) berupa Hak Cipta atas modul pembelajaran atau modul teknis yang berjudul “Perancangan dan Pembuatan Propeller Kapal Nelayan Berbahan Kuningan dan Paduan Kuningan-Aluminium Hasil Pengecoran Logam Ditinjau dari Kekuatan Tarik”.
- 3) Prototype Propeller Hasil Pengecoran Berbahan Paduan Kuningan-Aluminium.