

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, serta potensi korosi tinggi sehingga memerlukan material dengan kekuatan mekanik dan ketahanan lingkungan yang baik. Propeller kapal nelayan skala kecil di Indonesia pada umumnya dibuat dari aluminium cor (*cast aluminium*) karena memiliki biaya yang relatif ekonomis, berat yang ringan, serta mudah diproses melalui metode pengecoran. Meskipun demikian, pemanfaatan aluminium cor sebagai bahan propeller masih memiliki beberapa kelemahan teknis yang perlu diteliti dan dianalisis secara ilmiah. Penelitian yang dilakukan oleh Rante et al. (2019) menyimpulkan bahwa sifat mekanik propeller aluminium terutama kekuatan tarik berbanding lurus dengan ketahanan erosi, dan semakin tinggi kecepatan putaran operasional propeller, semakin besar laju kegagalan yang terjadi. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan material dengan sifat mekanik yang tidak memadai dapat berujung pada kegagalan struktural prematur.

Paduan aluminium cor (*aluminium casting alloys*) telah banyak digunakan sebagai material alternatif dalam pembuatan berbagai komponen, termasuk propeller, berkat keunggulannya berupa densitas rendah, kekuatan spesifik yang tinggi, ketahanan korosi, sifat cor yang baik, serta fleksibilitas desain (harsha vardhan et al., 2019). Saat ini, sebagian besar propeller untuk kapal berukuran kecil diproduksi menggunakan baja tahan karat atau paduan aluminium (seri Al-Si) melalui proses pengecoran; propeller aluminium menawarkan keunggulan desain yang ringan dengan biaya produksi sekitar sepertiga lebih rendah dibandingkan produk baja tahan karat (kim & kim, 2024). Kendati demikian, aluminium murni maupun paduan aluminium seri standar memiliki keterbatasan inheren, terutama dalam hal kekuatan mekanis dan ketahanan aus pada kondisi beban dinamis tinggi. Aluminium dapat lebih rentan terhadap kelelahan (*fatigue*) seiring waktu, khususnya jika mengalami tegangan siklis atau getaran. Pada aplikasi bertegangan tinggi seperti propeller, penguatan tambahan atau modifikasi komposisi kimia mungkin diperlukan untuk mencegah kegagalan dini. Kondisi ini mendorong perlunya rekayasa material melalui strategi pemaduan guna mengoptimalkan sifat mekanis hasil cor tanpa mengorbankan kemudahan proses pengecoran.

Salah satu pendekatan rekayasa material yang menjanjikan adalah penambahan kuningan (*brass*) sebagai unsur paduan dalam matriks aluminium. Penelitian mengenai interaksi antara aluminium dan kuningan menunjukkan bahwa penambahan unsur aluminium ke dalam kuningan mengakibatkan peningkatan nilai kekerasan dari 91,152 vhn hingga 95,693 vhn, serta peningkatan kekuatan tarik dari 26,274 kgf/mm² hingga 27,229 kgf/mm², disertai dengan penghalusan struktur butir (nugroho, 2016). Di sisi lain, kuningan yang merupakan paduan tembaga-seng memiliki titik lebur yang relatif kompatibel dengan proses pengecoran aluminium dan berkontribusi pada mekanisme penguatan larutan padat (*solid solution strengthening*). Penambahan unsur tembaga (Cu) ke dalam paduan aluminium terbukti mengubah struktur mikro dan komposisi kimia secara signifikan; semakin besar kandungan Cu, kekuatan dan kekerasan semakin meningkat, meskipun material cenderung menjadi lebih getas (manik et al., 2022).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan mekanik propeller kapal nelayan berbahan aluminium dan paduan aluminium-kuningan 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 mekanik 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 aluminium dan paduan aluminium-kuningan sebagai material propeller kapal nelayan.

1.2 Rumusan Masalah

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

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui karakteristik kekuatan material propeller kapal nelayan berbahan aluminium dan paduan aluminium - kuningan hasil pengecoran melalui pengujian tarik.
2. Mengetahui karakteristik kekuatan material propeller kapal nelayan berbahan aluminium dan paduan aluminium - kuningan hasil pengecoran melalui pengujian bending.
3. Menentukan apakah material propeller berbahan aluminium dan paduan aluminium-kuningan memenuhi tegangan kerja minimum berdasarkan hasil pengujian.

1.4 Batasan Masalah

Untuk membatasi agar ruang lingkup pembahasan dalam penelitian ini tidak terlalu luas, maka diperlukan batasan penelitian melalui beberapa parameter sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada propeller kapal nelayan skala kecil hasil pengecoran logam dengan metode sand casting.
2. Material yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada aluminium dan paduan aluminium-kuningan.
3. Data nilai tegangan kerja minimum digunakan sebagai batasan dalam mengevaluasi hasil uji tarik material.
4. Pengujian eksperimental dilakukan menggunakan uji tarik sesuai standar ASTM E8 untuk mengetahui karakteristik kekuatan mekanik material hasil pengecoran.
5. Penelitian tidak mencakup 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 mencakup pengujian material lainnya seperti uji korosi, uji impak, uji kekerasan, uji kelelahan, aliran fluida, dan kavitasi propeller.
8. Penelitian tidak membahas aspek ekonomi, biaya produksi, maupun 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 mekanik propeller kapal hasil pengecoran. Melalui pendekatan analisis teoritis dan pengujian eksperimental, penelitian ini dapat menjadi referensi ilmiah mengenai hubungan antara tegangan kerja propeller, karakteristik mekanik material hasil pengecoran, serta nilai faktor keamanan material berbasis aluminium dan paduan aluminium-kuningan.

Selain itu, penelitian ini diharapkan mampu memperkaya kajian mengenai penggunaan material aluminium dan paduan aluminium-kuningan 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 mekanik dan keandalan yang lebih baik.

2. Manfaat Praktis

Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi serta pertimbangan teknis dalam pemilihan material propeller kapal nelayan yang memiliki kekuatan mekanik 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 aluminium maupun paduan aluminium-kuningan 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 serta umur pakai propeller kapal. Dengan adanya evaluasi terhadap faktor keamanan 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 mekanik yang sesuai untuk aplikasi propeller kapal nelayan.

1.6 Hipotesis Penelitian

Hipotesis pada penelitian ini adalah bahwa material propeller kapal nelayan berbahan aluminium (Al) dan paduan aluminium-kuningan (Al-Brass) hasil pengecoran memiliki karakteristik kekuatan mekanik yang berbeda akibat pengaruh komposisi material terhadap sifat mekanik hasil cor. Penambahan unsur kuningan pada material berbasis aluminium diduga mampu meningkatkan kekuatan mekanik material melalui perubahan struktur mikro dan ikatan antarunsur paduan, sehingga menghasilkan kemampuan menahan pembebanan yang lebih baik dibandingkan material aluminium murni.

Selain itu, nilai tegangan kerja yang diperoleh dari hasil analisis teoritis berdasarkan perhitungan thrust dan momen lentur diduga masih berada di bawah batas kekuatan material hasil pengujian tarik, sehingga material propeller berbahan aluminium dan paduan aluminium-kuningan diperkirakan memenuhi nilai faktor keamanan minimum untuk aplikasi propeller kapal nelayan.

Namun demikian, terdapat kemungkinan perbedaan nilai antara hasil analisis teoritis dan hasil pengujian eksperimental akibat pengaruh cacat pengecoran, porositas, serta ketidakhomogenan struktur material yang terbentuk selama proses pengecoran. Dengan demikian, penelitian ini menduga bahwa paduan aluminium-kuningan memiliki karakteristik kekuatan mekanik dan nilai faktor keamanan yang lebih baik dibandingkan aluminium tanpa paduan kuningan, serta memiliki tingkat kesesuaian yang lebih tinggi terhadap hasil analisis teoritis pada aplikasi propeller kapal nelayan hasil pengecoran.

1.7 Luaran Penelitian

1. Publikasi artikel ilmiah pada jurnal nasional.
2. Hak Kekayaan Intelektual (Haki) Berupa hak cipta atas Poster yang memuat “ Material Propeller Kapal Nelayan: Studi Kekuatan Tarik dan Bending Paduan Aluminium-Kuningan Hasil Pengecoran”.
3. Prototype Propeller hasil pengecoran berbahan Paduan Aluminium-Kuningan.