



**PROYEK TUGAS AKHIR  
CAPSTONE DESIGN PROJECT**

**TEKNOLOGI REKAYASA KONSTRUKSI PERKAPALAN**

**EVALUASI KEKUATAN TARIK DAN BENDING MATERIAL  
PROPELLER KAPAL NELAYAN BERBAHAN KUNINGAN DAN  
PADUAN KUNINGAN-ALUMINIUM HASIL PENGECORAN**

Diajukan untuk memenuhi sebagai persyaratan  
gelar Sarjana Terapan

**Disusun Oleh:**

|         |                         |                     |
|---------|-------------------------|---------------------|
| Ketua   | : Ezra Zhafran Musyaffa | NIM. 40040422650021 |
| Anggota | : Lugas Katon Ridho     | NIM. 40040422650034 |

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
TEKNOLOGI REKAYASA KONSTRUKSI PERKAPALAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI  
SEKOLAH VOKASI  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2026**

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Ezra Zhafran Musyaffa  
NIM : 40040422650021  
Fakultas : Sekolah Vokasi  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan  
Judul Penelitian Terapan : EVALUASI KEKUATAN TARIK DAN BENDING  
MATERIAL PROPELLER KAPAL NELAYAN  
BERBAHAN KUNINGAN DAN PADUAN  
KUNINGAN-ALUMINIUM HASIL PENGECORAN

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari diri saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya, ditulis oleh orang lain, atau diajukan untuk gelar ataupun ijazah pada Universitas Diponegoro atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Diponegoro.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Semarang, 20 April 2026  
Pembuat Pernyataan



**Ezra Zhafran Musyaffa**  
**NIM 40040422650021**

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**TUGAS AKHIR**  
**CAPSTONE DESIGN PROJECT**  
**EVALUASI KEKUATAN TARIK DAN BENDING MATERIAL**  
**PROPELLER KAPAL NELAYAN BERBAHAN KUNINGAN DAN**  
**PADUAN KUNINGAN-ALUMINIUM HASIL PENGECORAN**

Oleh :

|         |                         |                     |
|---------|-------------------------|---------------------|
| Ketua   | : Ezra Zhafran Musyaffa | NIM. 40040422650021 |
| Anggota | : Lugas Katon Ridho     | NIM. 40040422650034 |

Diajukan pada  
Sidang Seminar Hasil Tugas Akhir  
Tanggal 20 Juli 2026

Dinyatakan Lulus / Tidak Lulus  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan

|                                   |                 |
|-----------------------------------|-----------------|
| Dr. Mohd Ridwan, S.T.,M.T.        | Pembimbing..... |
| Dr. Aulia Windyandari, S.T., M.T. | Penguji 1.....  |
| Muhammad Sawal Baital, S.T., M.T. | Penguji 2.....  |

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan  
Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro

  
**Dr. Mohd Ridwan, S.T.,M.T.**  
**NIP. 197008271999031002**

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

## ABSTRAK

Propeller kapal nelayan skala kecil umumnya menggunakan kuningan cor karena mudah dibentuk dan tahan korosi, namun kekuatannya masih dapat ditingkatkan melalui penambahan unsur paduan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh penambahan aluminium 10% pada kuningan cor terhadap sifat mekanik material propeller, melalui pengujian tarik (ASTM E8/E8M) dan pengujian bending (ASTM E290) pada dua komposisi: Kuningan 100% dan Kuningan 90%–Aluminium 10%. Hasil uji tarik menunjukkan kekuatan tarik maksimum (UTS) rata-rata sebesar 125,355 MPa untuk Kuningan 100% dan 162,244 MPa untuk paduan, meningkat 29,43% akibat penambahan aluminium. Hasil uji bending menunjukkan kapasitas beban maksimum rata-rata 5,398 kN dan sudut lentur rata-rata 34° untuk Kuningan 100%, dibandingkan 7,504 kN dan 50° untuk paduan, dengan pola retak yang bervariasi antar-spesimen. Evaluasi safety factor terhadap tegangan kerja minimum (19,10 MPa) menghasilkan nilai 6,5 dan 8,5 untuk masing-masing komposisi. Paduan Kuningan 90%–Aluminium 10% terbukti unggul dari aspek kekuatan tarik dan kapasitas lentur, namun kelayakannya sebagai material propeller operasional belum dapat disimpulkan tanpa pengujian fatigue, korosi, dan getaran lebih lanjut.

Kata kunci: kuningan cor, aluminium, propeller kapal, uji tarik, uji bending

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



## ***ABSTRACT***

Propellers for small-scale fishing vessels are typically made of cast brass because it is easy to shape and corrosion-resistant; however, its strength can still be enhanced by adding alloying elements. This study aims to evaluate the effect of adding 10% aluminum to cast brass on the mechanical properties of propeller material, through tensile testing (ASTM E8/E8M) and bending testing (ASTM E290) on two compositions: 100% brass and 90% brass–10% aluminum. The tensile test results showed an average ultimate tensile strength (UTS) of 125.355 MPa for 100% brass and 162.244 MPa for the alloy, representing a 29.43% increase due to the addition of aluminum. The bending test results showed an average maximum load capacity of 5.398 kN and an average bending angle of 34° for 100% brass, compared to 7.504 kN and 50° for the alloy, with varying crack patterns among specimens. An evaluation of the safety factor against the minimum working stress (19.10 MPa) yielded values of 6.5 and 8.5 for each composition, respectively. The 90% brass–10% aluminum alloy proved superior in terms of tensile strength and bending capacity; however, its suitability as a material for operational propellers cannot yet be concluded without further testing for fatigue, corrosion, and vibration.

Keywords: cast brass, aluminum, ship propeller, tensile test, bending test

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

## MOTTO

*“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”*

*(QS. Al-Baqarah: 286)*

*“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”*

*(QS. Al-Insyirah: 5-6)*

*“Hidup bukan saling mendahului, bermimpilah sendiri-sendiri, tak ada yang tahu kapan kau mencapai tuju, dan percayalah bukan urusanmu untuk menjawab itu”*

*(Baskara Putra)*

*“Masa depan kadang menakutkan, Penuh dengan ketidakpastian, Lebih mudah jika tak dipikirkan”*

*(The Adams)*

*“Tidak ada mimpi yang gagal, yang ada hanyalah mimpi yang tertunda. Cuma sekiranya kalau temen temen merasa gagal dalam mencapai mimpi. Jangan khawatir mimpi-mimpi lain bisa diciptakan”*

*(Windah Basudara)*

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Proyek Tugas Akhir ini. Kelancaran penulisan Proyek Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu:

1. Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini dengan baik dan lancar,
2. Kedua orang tua tercinta, ayah dan ibu yang menjadi anugerah terindah dan alasan terbesar di balik setiap langkah perjuangan penulis. Tiada kata yang mampu sepenuhnya menggambarkan rasa syukur dan terima kasih atas segala doa yang dipanjatkan, nasihat yang diberikan, kasih sayang tak terbatas, serta pengorbanan yang diberikan kepada penulis. Terima kasih pula atas cinta yang tidak pernah berkurang dan dukungan yang tidak pernah berhenti menguatkan penulis sepanjang perjalanan pendidikan ini. Penulis menyadari bahwa setiap langkah yang berhasil dilalui tidak pernah lepas dari perjuangan ayah dan ibu yang sering kali tidak terlihat dan mungkin tidak akan pernah mampu terbalaskan. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat, kasih sayang, keberkahan, kesehatan, kebahagiaan sepanjang usia. Aamiin.
3. Kakak tercinta, yang senantiasa memberikan dukungan, perhatian, dan semangat kepada penulis selama menempuh pendidikan hingga proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas setiap bantuan, nasihat, doa, serta motivasi yang diberikan di setiap keadaan,
4. Bapak Dr. Mohd. Ridwan, S.T., M.T. selaku kepala program studi dan dosen pembimbing tugas akhir penulis selama menempuh pembelajaran di Diploma – IV Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan,
5. Tim penguji Ibu Dr. Aulia Windyandari, S.T., M.T. dan Muhammad Sawal Baital, S.T., M.T. yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran yang membangun selama proses penyusunan tugas akhir ini.
6. Seluruh dosen dan tenaga pendidik Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan Universitas Diponegoro yang telah memberikan banyak ilmu, pengetahuan, wawasan, motivasi, serta pengalaman berharga selama masa perkuliahan. Setiap ilmu yang diberikan menjadi bekal yang sangat berarti bagi penulis.
7. Workshop Mitra Teknik Evo yang telah memberikan izin, kesempatan, serta bantuan selama proses pelaksanaan penelitian. Penulis mengucapkan terima kasih atas kerja sama dan segala ilmu serta informasi yang diberikan sehingga penelitian dapat terlaksana dengan lancar.
8. Teman-teman seperjuangan *sahitya adhigana*, yang telah menjadi bagian dalam perjalanan penulis selama menempuh pendidikan. Terima kasih atas kebersamaan, persahabatan, dukungan, serta setiap cerita dalam suka maupun duka. Kehadiran kalian tidak hanya menjadikan perjalanan akademik ini lebih bermakna, tetapi juga memberikan semangat untuk terus melangkah hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga kita semua senantiasa diberikan kemudahan dalam meraih cita-cita serta kesuksesan di masa depan.
9. Terakhir, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri, Ezra Zhafran Musyaffa. Terima kasih atas segala usaha, kesabaran, dan keteguhan selama menempuh perjalanan pendidikan. Terima kasih telah percaya bahwa kerja keras, doa, dan ketekunan mampu membawa penulis melewati berbagai tantangan hingga di titik ini. semoga proses ini menjadi awal dari perjalanan baru yang penuh harapan, kesempatan, dan semangat

untuk terus belajar, berkembang, juga memberikan manfaat bagi banyak orang.

Dalam penyusunan Proyek Tugas Akhir ini tentunya masih banyak terdapat kekurangan, kesalahan dan kekhilafan karena keterbatasan kemampuan penulis, untuk itu sebelumnya penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya. Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih dan semoga laporan Proyek Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan dapat menjadi referensi yang baik bagi pembaca khususnya mahasiswa yang hendak meneliti lebih lanjut terkait material yang digunakan. Wassalamualaikum Wr. Wb.

Semarang, 20 April 2026  
Yang Membuat Pernyataan



**Ezra Zhafran Musvaffa**  
**40040422650021**

## DAFTAR ISI

|                                                     |        |
|-----------------------------------------------------|--------|
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR..... | ii     |
| HALAMAN PENGESAHAN .....                            | iv     |
| ABSTRAK .....                                       | vi     |
| <i>ABSTRACT</i> .....                               | viii   |
| MOTTO.....                                          | x      |
| KATA PENGANTAR.....                                 | xii    |
| DAFTAR ISI .....                                    | xiv    |
| DAFTAR GAMBAR .....                                 | xviii  |
| DAFTAR TABEL .....                                  | xxii   |
| DAFTAR RUMUS.....                                   | xxiv   |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                               | xxvi   |
| DAFTAR ISTILAH .....                                | xxviii |
| BAB I PENDAHULUAN .....                             | 1      |
| 1.1    Latar Belakang.....                          | 1      |
| 1.2    Rumusan Masalah.....                         | 2      |
| 1.3    Tujuan Penelitian .....                      | 2      |
| 1.4    Batasan Masalah .....                        | 3      |
| 1.5    Manfaat Penelitian .....                     | 3      |
| 1.6    Hipotesis .....                              | 4      |
| 1.7    Rencana Luaran Penelitian .....              | 4      |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....                        | 5      |
| 2.1 <i>Propeller</i> .....                          | 5      |
| 2.1.1    Perhitungan Propeller .....                | 6      |
| 2.1.2    Perhitungan Kekuatan Material .....        | 6      |
| 2.2    Pengecoran Logam.....                        | 8      |
| 2.2.1    Metode <i>Sand Casting</i> .....           | 8      |
| 2.2.2    Proses <i>Sand Casting</i> .....           | 9      |
| 2.3    Jenis Material.....                          | 9      |
| 2.3.1    Kuningan .....                             | 9      |
| 2.3.2    Alumunium.....                             | 10     |

|                                    |                                                     |    |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------|----|
| 2.4                                | Pengujian Tarik.....                                | 10 |
| 2.4.1                              | Parameter Uji Tarik .....                           | 11 |
| 2.4.2                              | Standar ASTM E8/E8M .....                           | 12 |
| 2.5                                | Pengujian Bending.....                              | 12 |
| 2.5.1                              | Parameter Uji Bending .....                         | 13 |
| 2.5.2                              | Standar Uji Bending ASTM E290.....                  | 13 |
| 2.6                                | Penelitian Terdahulu .....                          | 14 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... |                                                     | 17 |
| 3.1                                | Flowchart Penelitian .....                          | 17 |
| 3.2                                | Lokasi Penelitian.....                              | 18 |
| 3.3                                | Variabel Penelitian.....                            | 18 |
| 3.4.1                              | Variable Independent (Bebas) .....                  | 18 |
| 3.4.2                              | Variable Dependent (Terikat).....                   | 18 |
| 3.4                                | Alat dan Bahan Penelitian.....                      | 18 |
| 3.4.1                              | Bahan Penelitian.....                               | 18 |
| 3.4.2                              | Peralatan Penelitian .....                          | 19 |
| 3.5                                | Proses Fabrikasi Spesimen Uji dan Propeller .....   | 24 |
| 3.5.1                              | Persiapan Bahan Material .....                      | 24 |
| 3.5.2                              | Pembuatan Cetakan Pasir .....                       | 24 |
| 3.5.2                              | Peleburan Material.....                             | 27 |
| 3.5.3                              | Penuangan Material .....                            | 30 |
| 3.5.4                              | Finishing Hasil.....                                | 30 |
| 3.6                                | Proses Pembuatan Spesimen Uji.....                  | 32 |
| 3.6.1                              | Bentuk dan Ukuran Spesimen Uji Tarik.....           | 32 |
| 3.6.2                              | Bentuk dan Ukuran Spesimen Uji Bending.....         | 33 |
| 3.7                                | Proses dan Pelaksanaan Pengujian.....               | 33 |
| 3.7.1                              | Pelaksanaan Pengujian Tarik.....                    | 34 |
| 3.8                                | Analisis Data dan Evaluasi .....                    | 34 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....   |                                                     | 37 |
| 4.1                                | Hasil Perhitungan Perancangan Propeller.....        | 37 |
| 4.2                                | Hasil Perhitungan Kekuatan Material Propeller ..... | 41 |
| 4.3                                | Hasil Pengujian Tarik .....                         | 43 |
| 4.3.1                              | Perhitungan Uji Tarik Komposisi Kuningan 100%.....  | 43 |



|                                  |                                                                   |    |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.2                            | Perhitungan Uji Tarik Komposisi Kuningan 90% - Aluminium 10%..... | 53 |
| 4.3.3                            | Data Hasil Pengujian Tarik.....                                   | 63 |
| 4.3.4                            | Evaluasi Hasil Uji Tarik .....                                    | 65 |
| 4.4                              | Hasil Pengujian Bending.....                                      | 69 |
| 4.4.1                            | Perhitungan Uji Bending Komposisi Kuningan 100%.....              | 69 |
| 4.4.2                            | Perhitungan Uji Bending Komposisi Kuningan 90% - Aluminium 10%.   | 77 |
| 4.4.3                            | Data Hasil Pengujian Bending.....                                 | 84 |
| 4.4.4                            | Analisis Hasil Uji Bending .....                                  | 85 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN ..... |                                                                   | 87 |
| 5.1                              | Kesimpulan .....                                                  | 87 |
| 5.2                              | Saran .....                                                       | 88 |
| DAFTAR PUSTAKA.....              |                                                                   | 89 |
| LAMPIRAN .....                   |                                                                   | 91 |

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1 Propeller Kapal.....                                              | 5  |
| Gambar 2. 2 Pengecoran Logam Sand Casting .....                               | 8  |
| Gambar 2. 3 Kurva Tegangan-Regangan.....                                      | 11 |
| Gambar 2. 4 Standar Ukuran Spesimen ASTM E8/E8M .....                         | 12 |
| Gambar 2. 5 Guided Bend, U-Bend ASTM E-290 .....                              | 13 |
| Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian.....                                         | 17 |
| Gambar 3. 2 Material Kuningan.....                                            | 18 |
| Gambar 3. 3 Material Aluminium .....                                          | 19 |
| Gambar 3. 4 Pasir Silica.....                                                 | 19 |
| Gambar 3. 5 Water Glass .....                                                 | 20 |
| Gambar 3. 6 Gas CO <sub>2</sub> (Sumber: Penulis, 2026) .....                 | 20 |
| Gambar 3. 7 Grafit dan Spirtus .....                                          | 20 |
| Gambar 3. 8 Flux .....                                                        | 21 |
| Gambar 3. 9 Tepung Pemisah .....                                              | 21 |
| Gambar 3. 10 Pola Cetakan.....                                                | 22 |
| Gambar 3. 11 Tungku Crucible.....                                             | 22 |
| Gambar 3. 12 Flammer .....                                                    | 22 |
| Gambar 3. 13 Ladel.....                                                       | 23 |
| Gambar 3. 14 Timbangan.....                                                   | 23 |
| Gambar 3. 15 Gerinda .....                                                    | 23 |
| Gambar 3. 16 Proses Pencampuran Pasir Silika dan Water Glass .....            | 24 |
| Gambar 3. 17 Penempatan Pola Propeller pada Cetakan .....                     | 25 |
| Gambar 3. 18 Pengisian dan pepadatan Cetakan dengan Gas CO <sub>2</sub> ..... | 25 |
| Gambar 3. 19 Pelapisan Cetakan dengan Cairan Spirtus dan Grafit .....         | 26 |
| Gambar 3. 20 Pemasangan Cetakan Atas dan Pembentukan Saluran .....            | 26 |
| Gambar 3. 21 Pelepasan Pola Propeller .....                                   | 27 |
| Gambar 3. 22 Penyatuan Cetakan Atas dan Bawah .....                           | 27 |
| Gambar 3. 23 Proses menyalakan tungku peleburan .....                         | 28 |
| Gambar 3. 24 Proses Memasukkan Material Kuningan.....                         | 28 |
| Gambar 3. 25 Proses Pemanasan dan Pengontrolan Temperatur .....               | 28 |
| Gambar 3. 26 Proses Memasukkan Material Aluminium .....                       | 29 |
| Gambar 3. 27 Proses Pengadukan dan Penghilangan Kotoran atau Kerak .....      | 29 |

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 3. 28 Proses Penuangan Material .....                                                                | 30 |
| Gambar 3. 29 Proses Finishing Hasil .....                                                                   | 30 |
| Gambar 3. 30 Bentuk dan Ukuran Spesimen Uji Tarik.....                                                      | 32 |
| Gambar 3. 31 Spesimen Uji Tarik.....                                                                        | 32 |
| Gambar 3. 32 Bentuk dan Ukuran Spesimen Uji Bending.....                                                    | 33 |
| Gambar 3. 33 Spesimen Uji Bending.....                                                                      | 33 |
| Gambar 3. 34 Alat Universal Testing Machine (UTM) .....                                                     | 34 |
| Gambar 4. 1 Diagram Burril .....                                                                            | 40 |
| Gambar 4. 2 Bentuk dan Ukuran Spesimen Uji Tarik.....                                                       | 43 |
| Gambar 4. 3 Hasil Spesimen Uji Tarik Kuningan 100% .....                                                    | 43 |
| Gambar 4. 4 Kurva Load-Displacement Uji Tarik Kuningan 100% Spesimen 1 .....                                | 44 |
| Gambar 4. 5 Kurva Stress-Strain Uji Tarik Kuningan 100% Spesimen 1.....                                     | 44 |
| Gambar 4. 6 Kurva Load-Displacement Uji Tarik Kuningan 100% Spesimen 1 .....                                | 47 |
| Gambar 4. 7 Kurva Stress-Strain Uji Tarik Kuningan 100% Spesimen 2.....                                     | 47 |
| Gambar 4. 8 Kurva Load-Displacement Uji Tarik Kuningan 100% Spesimen 3 .....                                | 50 |
| Gambar 4. 9 Kurva Stress-Strain Uji Tarik Kuningan 100% Spesimen 3.....                                     | 50 |
| Gambar 4. 10 Hasil Spesimen Uji Tarik Kuningan 90% - Aluminium 10% .....                                    | 53 |
| Gambar 4. 11 Kurva Load-Displacement Uji Tarik Kuningan 90% - Aluminium 10% Spesimen 1 .....                | 54 |
| Gambar 4. 12 Kurva Stress-Strain Uji Tarik Kuningan 90% - Aluminium 10% Spesimen 1.....                     | 54 |
| Gambar 4. 13 Kurva Load-Displacement Uji Tarik Kuningan 90% - Aluminium 10% Spesimen 2 .....                | 57 |
| Gambar 4. 14 Kurva Stress-Strain Uji Tarik Kuningan 90% - Aluminium 10% Spesimen 2.....                     | 57 |
| Gambar 4. 15 Kurva Load-Displacement Uji Tarik Kuningan 90% - Aluminium 10% Spesimen 3 .....                | 60 |
| Gambar 4. 16 Kurva Stress-Strain Uji Tarik Kuningan 90% - Aluminium 10% Spesimen 3.....                     | 60 |
| Gambar 4. 17 Grafik Perbandingan Nilai UTS dengan Kekuatan Minimum Spesimen Uji Tarik .....                 | 66 |
| Gambar 4. 18 Grafik Perbandingan Rata-rata Nilai UTS Dengan Kekuatan Minimum Antar Komposisi Uji Tarik..... | 67 |
| Gambar 4. 19 Bentuk dan Ukuran Spesimen Uji Bending.....                                                    | 69 |
| Gambar 4. 20 Hasil Spesimen Uji Bending Kuningan 100% .....                                                 | 69 |
| Gambar 4. 21 Kurva Load-Displacement Uji Bending Kuningan 100% Spesimen 1.....                              | 70 |
| Gambar 4. 22 Visualisasi keretakan spesimen 1 kuningan 100% .....                                           | 71 |

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4. 23 Kurva Load-Displacement Uji Bending Kuningan 100% Spesimen 2.....                    | 72 |
| Gambar 4. 24 Visualisasi keretakan spesimen 2 kuningan 100% .....                                 | 73 |
| Gambar 4. 25 Kurva Load-Displacement Uji Bending Kuningan 100% Spesimen 3.....                    | 74 |
| Gambar 4. 26 Visualisasi keretakan spesimen 3 kuningan 100% .....                                 | 75 |
| Gambar 4. 27 Hasil Spesimen Uji Bending Kuningan 90% - Aluminium 10%.....                         | 77 |
| Gambar 4. 28 Kurva Load-Displacement Uji Bending Kuningan 90% - Aluminium 10%<br>Spesimen 1 ..... | 78 |
| Gambar 4. 29 Visualisasi keretakan spesimen 1 kuningan 90% - aluminium 10% .....                  | 79 |
| Gambar 4. 30 Kurva Load-Displacement Uji Bending Kuningan 90% - Aluminium 10%<br>Spesimen 2 ..... | 80 |
| Gambar 4. 31 Visualisasi keretakan spesimen 2 kuningan 90% - aluminium 10% .....                  | 81 |
| Gambar 4. 32 Kurva Load-Displacement Uji Bending Kuningan 90% - Aluminium 10%<br>Spesimen 3 ..... | 82 |
| Gambar 4. 33 Visualisasi keretakan spesimen 3 kuningan 90% - aluminium 10% .....                  | 83 |

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

## DAFTAR TABEL

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 4. 1 Data Utama Kapal .....                                                | 37 |
| Tabel 4. 2 Data Propeller .....                                                  | 41 |
| Tabel 4. 3 Stress-Strain Uji Tarik Kuningan 100% Spesimen 1 .....                | 45 |
| Tabel 4. 4 Stress-Strain Uji Tarik Kuningan 100% Spesimen 2 .....                | 48 |
| Tabel 4. 5 Stress-Strain Uji Tarik Kuningan 100% Spesimen 3 .....                | 51 |
| Tabel 4. 6 Stress-Strain Uji Tarik Kuningan 90% - Aluminium 10% Spesimen 1 ..... | 55 |
| Tabel 4. 7 Stress-Strain Uji Tarik Kuningan 90% - Aluminium 10% Spesimen 2 ..... | 58 |
| Tabel 4. 8 Stress-Strain Uji Tarik Kuningan 90% - Aluminium 10% Spesimen 3 ..... | 61 |
| Tabel 4. 9 Hasil Uji Tarik Komposisi Kuningan 100% .....                         | 63 |
| Tabel 4. 10 Hasil Uji Tarik Komposisi Kuningan 90% - Aluminium 10% .....         | 63 |
| Tabel 4. 11 Hasil Rata-rata Uji Tarik .....                                      | 64 |
| Tabel 4. 12 Hasil Nilai Safety Factor .....                                      | 65 |
| Tabel 4. 13 Hasil Uji Bending Komposisi Kuningan 100% .....                      | 84 |
| Tabel 4. 14 Hasil Uji Bending Komposisi Kuningan 90% - Aluminium 10% .....       | 84 |
| Tabel 4. 15 Hasil Rata-rata Uji Bending Antar Komposisi .....                    | 84 |

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



## DAFTAR RUMUS

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| (2. 1) Rumus Tegangan Kerja Minimum .....                      | 6  |
| (2. 2) Rumus Distribusi <i>thrust</i> Pada Daun Propeller..... | 6  |
| (2. 3) Rumus Momen Lentur Pangkal Daun .....                   | 7  |
| (2. 4) Rumus Modulus Penampang Aksial.....                     | 7  |
| (2. 5) Rumus Tegangan Kerja Minimum .....                      | 7  |
| (2. 6) Rumus <i>Factors of Safety</i> .....                    | 7  |
| (2. 7) Rumus Kekuatan Tarik Maksimum.....                      | 11 |
| (2. 8) Rumus Tegangan Luluh .....                              | 11 |
| (2. 9) Rumus Regangan.....                                     | 12 |

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran 1. Dokumentasi Pembuatan dan Pengujian Spesimen ..... | 91  |
| Lampiran 2. Grafik Hasil Uji Tarik.....                        | 92  |
| Lampiran 3. Grafik Uji Bending .....                           | 96  |
| Lampiran 4. Standard ASTM E8 .....                             | 100 |
| Lampiran 5. Standard ASTM E290.....                            | 104 |
| Lampiran 6. Desain Propeller 2D dan 3D .....                   | 108 |
| Lampiran 7. Luaran Sertifikat HKI .....                        | 110 |
| Lampiran 8. Luaran Modul HKI .....                             | 112 |
| Lampiran 9. Luaran Jurnal .....                                | 114 |
| Lampiran 10. Turnitin .....                                    | 116 |

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

## DAFTAR ISTILAH

|                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Aluminium (Al)</i>                  | = Logam non-ferrous dengan densitas rendah ( $\pm 2,7 \text{ g/cm}^3$ ), tahan korosi, dan mudah dibentuk melalui proses pengecoran.                                                                                                                                            |
| <i>ASTM E8/E8M</i>                     | = Standar internasional yang mengatur bentuk, dimensi spesimen, prosedur, dan metode perhitungan pada pengujian tarik material logam.                                                                                                                                           |
| <i>ASTM E290</i>                       | = Standar internasional (Standard Test Methods for Bend Testing of Material for Ductility) yang mengatur prosedur pengujian bending untuk mengevaluasi keuletan material logam secara kualitatif, berdasarkan sudut lentur dan kondisi retak, bukan nilai tegangan kuantitatif. |
| <i>Blade Area Ratio (Ae/Ao)</i>        | = Perbandingan antara luas total penampang daun propeller ( $A_e$ ) dengan luas piringan propeller ( $A_o$ ), digunakan dalam perhitungan geometri dan performa propeller.                                                                                                      |
| <i>Defleksi Maksimum</i>               | = Perpindahan (displacement) terbesar pada titik tengah spesimen saat beban maksimum tercapai selama pengujian bending; dilaporkan sebagai data deskriptif dari kurva load-displacement.                                                                                        |
| <i>Faktor Keamanan (Safety Factor)</i> | = Perbandingan antara kekuatan aktual material dengan kekuatan minimum yang dibutuhkan; struktur dinyatakan aman apabila nilainya lebih besar dari satu.                                                                                                                        |
| <i>Flux</i>                            | = Bahan yang digunakan selama proses peleburan logam untuk mengikat kotoran, oksida, atau kerak (slag) pada permukaan logam cair.                                                                                                                                               |
| <i>Guided-bend, No-die Test</i>        | = Salah satu metode pengujian bending menurut ASTM E290, di mana spesimen ditempatkan di atas dua tumpuan dan dibengkokkan melalui penekanan plunger di titik tengah bentang tanpa menggunakan cetakan (die).                                                                   |
| <i>Kavitasi (Cavitation)</i>           | = Fenomena terbentuknya gelembung uap pada permukaan daun propeller akibat penurunan tekanan lokal, yang dapat menyebabkan kerusakan permukaan propeller.                                                                                                                       |
| <i>Kekuatan Tarik Maksimum (UTS)</i>   | = Nilai tegangan tertinggi yang mampu diterima material sebelum mengalami patah pada pengujian tarik.                                                                                                                                                                           |
| <i>Kuningan (Brass)</i>                | = Paduan logam yang terbentuk dari tembaga (Cu) sebagai unsur utama dan seng (Zn) sebagai unsur tambahan, memiliki ketahanan korosi dan sifat mekanik yang baik.                                                                                                                |
| <i>Kurva Load-Displacement</i>         | = Grafik hubungan antara gaya pembebanan (load) dan perpindahan (displacement) yang direkam selama pengujian bending berlangsung, digunakan untuk mengamati perilaku material secara deskriptif selama pembebanan.                                                              |
| <i>Kurva Tegangan-Regangan</i>         | = Grafik hubungan antara tegangan dan regangan yang diperoleh dari pengujian tarik, digunakan untuk menentukan sifat mekanik material.                                                                                                                                          |

|                                        |                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Momen Lentur (Bending Moment)</i>   | = Momen yang timbul pada penampang akar daun propeller akibat gaya dorong (thrust), digunakan untuk menghitung tegangan kerja material.                                             |
| <i>Pitch Ratio (P/D)</i>               | = Perbandingan antara pitch (jarak tempuh teoritis propeller dalam satu putaran) dengan diameter propeller.                                                                         |
| <i>Plunger</i>                         | = Komponen penekan pada fixture uji bending yang menyalurkan gaya pembebanan ke spesimen di titik tengah bentang antara dua tumpuan.                                                |
| <i>Porositas</i>                       | = Rongga atau cacat berupa gelembung udara/gas yang terperangkap dalam material hasil pengecoran, dapat menurunkan sifat mekanik material.                                          |
| <i>Propeller</i>                       | = Komponen utama sistem propulsi kapal yang berfungsi mengubah energi putar mesin menjadi gaya dorong (thrust) untuk menggerakkan kapal.                                            |
| <i>Retak (Crack)</i>                   | = Cacat dua dimensi yang timbul dari permukaan spesimen menuju bagian dalamnya akibat pengujian bending; menjadi kriteria utama evaluasi keuletan material menurut ASTM E290.       |
| <i>Sand Casting</i>                    | = Metode pengecoran logam menggunakan cetakan pasir, umum digunakan karena biaya produksi relatif murah dan mampu memproduksi komponen dengan bentuk rumit.                         |
| <i>Sudut Lentur (Angle of Bend)</i>    | = Sudut yang dibentuk oleh proyeksi kedua sisi lurus spesimen di luar area lengkungan, digunakan sebagai parameter utama evaluasi keuletan pada pengujian bending sesuai ASTM E290. |
| <i>Tegangan Kerja (Working Stress)</i> | = Tegangan yang timbul pada daun propeller akibat gaya dorong (thrust) dan momen lentur selama kapal beroperasi.                                                                    |
| <i>Tegangan Luluh (Yield Strength)</i> | = Batas tegangan ketika material mulai mengalami deformasi plastis permanen dan tidak dapat kembali ke bentuk semula.                                                               |
| <i>Thrust</i>                          | = Gaya dorong yang dihasilkan oleh putaran propeller untuk menggerakkan kapal.                                                                                                      |
| <i>Uji Bending (Bending Test)</i>      | = Metode pengujian mekanik untuk mengevaluasi keuletan material saat menerima pembebanan lentur, dievaluasi berdasarkan sudut lentur dan kondisi retak pada permukaan spesimen.     |
| <i>Uji Tarik (Tensile Test)</i>        | = Metode pengujian mekanik dengan memberikan gaya tarik aksial secara bertahap pada spesimen hingga patah, untuk menentukan sifat mekanik material.                                 |
| <i>Water Glass (Natrium Silikat)</i>   | = Bahan pengikat yang dicampurkan pada pasir silika agar cetakan pasir memiliki kekuatan mekanik yang baik setelah dikeraskan dengan gas CO <sub>2</sub> .                          |