

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian analisis sifat mekanik material HDPE dengan perlakuan panas dan pengujian tarik ASTM D638, yang kemudian disinkronkan dengan data desain hidrostatik Maxsurf perahu nelayan Timbulsloko, ditarik kesimpulan sebagai berikut:

5.1.1 Karakteristik Sifat Mekanik HDPE Pada Setiap Variasi Perlakuan

Empat variasi perlakuan menghasilkan karakteristik sifat mekanik yang berbeda dan dapat diklasifikasikan secara kuantitatif:

Table 5.1 Karakteristik Sifat Mekanik HDPE

| Variasi | UTS (MPa) | σ_y (MPa) | ϵ_b (%) | E (MPa) | Status BKI UTS | Klasifikasi |
|----------------------------------|-----------|------------------|------------------|---------|----------------|---|
| Kontrol (tanpa las, tanpa panas) | 23,51 | 9,10 | 292,3 | 388,6 | ✓ MEMENUHI | Material Induk – Layak struktural |
| Dipanaskan (tanpa las) | 10,15 | 4,05 | 552,5 | 351,9 | ✗ TIDAK | Hyper-ductile – Non-struktural saja |
| Dilas tanpa panas | 17,98 | 7,98 | 7,50 | 526,9 | ✗ TIDAK | Potensi struktural – perbaiki kontrol las |
| Dilas + dipanaskan | 12,83 | 4,90 | 10,55 | 432,6 | ✗ TIDAK | Tidak direkomendasikan – tidak stabil |

Spesimen kontrol merupakan satu-satunya variasi yang memenuhi standar UTS BKI (23,51 MPa vs. batas 20 MPa). Perlakuan panas pada suhu 120–140°C menyebabkan penurunan UTS signifikan sebesar 56,8% menjadi 10,15 MPa, disertai peningkatan elongasi menjadi 552,5% — menunjukkan pergeseran sifat material ke domain amorf yang lebih dominan. Pengelasan hot gas tanpa perlakuan panas menghasilkan efisiensi sambungan 76,5% yang memenuhi standar DVS 2207-3, dengan nilai modulus elastisitas tertinggi (526,9 MPa), namun elongasi putus yang sangat rendah (7,50%) menunjukkan karakteristik semi-getas pada zona sambungan. Kombinasi perlakuan panas dan pengelasan menghasilkan variabilitas tertinggi ($SD \approx 8,6$ MPa) dan tidak direkomendasikan untuk aplikasi struktural.

5.1.2 Rekomendasi Dimensi dan Konfigurasi Struktural

Berdasarkan perhitungan berbasis data hidrostatik Maxsurf ($\Delta = 390,10$ kg; $T = 0,28$ m; $A_w = 2,93$ m²) dan hasil uji tarik (UTS = 23,51 MPa; SF = 3,0), parameter struktural berikut ini direkomendasikan untuk konstruksi perahu HDPE Timbulsloko:

- (a) Ketebalan pelat minimum: 9 mm (gunakan 10 mm); nilai teoritis $t_{BKI} = 8,24$ mm, margin aktual +21,4%.
- (b) Jarak gading zona kritis (haluan, buritan, lunas): 200–250 mm; $\sigma_{kerja} = 0,53$ – $0,83$ MPa $\leq \sigma_{izin} = 7,84$ MPa.

- (c) Jarak gading zona standar (midship): 250–300 mm; $\sigma_{\text{kerja}} = 0,83\text{--}1,19 \text{ MPa} \leq \sigma_{\text{izin}}$.
- (d) Konfigurasi sambungan las: hot gas welding tanpa perlakuan panas sebelumnya, bevel 60°–70° (DVS 2207-3); efisiensi sambungan 76,5% \geq persyaratan DVS 70%.
- (e) Batasan beban operasional: tekanan desain $p = 7,05 \text{ kPa}$ pada draft maksimum $T = 0,28 \text{ m}$; kapasitas muat berguna $\approx 354 \text{ kg}$; faktor keamanan aktual 9,4 \times (melampaui BKI minimum 3,0 \times).

5.1.3 Kelayakan HDPE sebagai Material Alternatif

Material HDPE (plat 10 mm, tanpa perlakuan panas) dinyatakan LAYAK sebagai material alternatif konstruksi perahu nelayan Timbulsloko berdasarkan tiga kriteria utama yang kesemuanya terpenuhi:

- (1) Kekuatan: UTS 23,51 MPa \geq BKI minimum 20 MPa (+17,6%); faktor keamanan aktual 9,4 \times \geq persyaratan 3,0 \times .
- (2) Keuletan: $\epsilon_b 292,3\% \gg$ BKI minimum 50%; menjamin perilaku aman (tidak getas) terhadap beban dampak gelombang.
- (3) Ketahanan lingkungan: absorpsi air $\leq 0,02\%$; tahan korosi air laut; tidak memerlukan pengecatan/pengawetan rutin – menguntungkan dari sisi biaya perawatan jangka panjang.

HDPE tidak dapat menggantikan struktur kayu secara dimensi-for-dimensi karena modulus elastisitas HDPE ($\approx 388 \text{ MPa}$) jauh lebih rendah dari kayu meranti ($\approx 12.000 \text{ MPa}$). Namun dengan konfigurasi dimensi yang telah dihitung (ketebalan 10 mm, jarak gading 250 mm), kekakuan struktural yang memadai dapat dicapai berdasarkan data operasional nyata perahu Timbulsloko. Untuk mengatasi keterbatasan yield stress (9,10 MPa vs. BKI 10 MPa), penambahan ketebalan pelat menjadi 12 mm dapat dipertimbangkan, seiring penerapan konfigurasi jarak gading yang tepat sesuai rekomendasi zonasi.

5.2 Saran

Untuk memperkuat rekomendasi desain yang dihasilkan penelitian ini dan membuka arah pengembangan lanjutan, beberapa saran diberikan sebagai berikut:

- (1) Uji lentur dan dampak: Pengujian flexural (ASTM D790) dan dampak (ASTM D256) diperlukan untuk mengisi keterbatasan data dalam perhitungan modulus lentur (E flex) yang lebih akurat dari E tarik, serta menentukan energi penyerapan dampak gelombang secara eksperimental.
- (2) Analisis Elemen Hingga (FEM): Simulasi FEM pada geometri lambung Timbulsloko dengan beban gelombang nyata (Sea State 2–3) diperlukan untuk memverifikasi distribusi tegangan aktual, mengidentifikasi titik konsentrasi tegangan, dan mengoptimalkan konfigurasi pengaku.
- (3) Optimasi pengelasan: Uji pengelasan sistematis menggunakan metode Taguchi atau Response Surface Method (RSM) untuk menemukan kombinasi parameter (suhu udara 220–300°C, kecepatan, tekanan) yang memaksimalkan efisiensi sambungan mendekati atau melebihi 80% sesuai persyaratan DVS 2207-3.
- (4) Uji ketahanan jangka panjang: Accelerated aging test (UV, air laut, beban siklik) diperlukan untuk memvalidasi umur pakai desain 20+ tahun yang diklaim literatur HDPE maritim dalam kondisi operasional nyata di perairan pesisir Demak.