

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Perahu Nelayan

Perahu merupakan bentuk transportasi tertua dan sejarahnya tidak banyak diketahui. Sejarah memberi tahu kita bahwa bentuk transportasi tertua di dunia muncul pada zaman prasejarah. Pada zaman prasejarah, perahu telah ditemukan dalam lukisan gua di wilayah Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Kepulauan Kei, dan Irian Jaya. Sementara itu, para arkeolog telah menemukan patung berbentuk perahu di wilayah Batak (Haris et al., 1998). Pada masa sekarang penggunaan perahu masih sangat dominan di daerah pesisir laut, dikarenakan salah satu dari sarana transportasi nelayan saat ini yaitu adalah perahu.



Gambar 2. 1 Perahu Kayu Desa Bedono (Dokumentasi Pribadi)

Seiring dengan berkembangnya zaman, perahu nelayan memodernisasi penggunaan material kayu menjadi material *fiberglass*. Sejak zaman prasejarah hingga saat ini, penggunaan material kayu masih banyak digunakan, namun penggunaan kayu secara terus menerus menjadi tantangan bagi kalangan nelayan, dikarenakan kesulitan perolehan kayu sebagai bahan utama perahu yang memiliki kualitas tinggi. Untuk memenuhi permintaan pembuatan perahu yang semakin besar dan langkanya kayu berkualitas tinggi membuat harganya menjadi cukup mahal. Oleh karena itu, masyarakat beralih ke kapal yang terbuat dari *fiberglass*.



Gambar 2. 2 Perahu *Fiberglass*

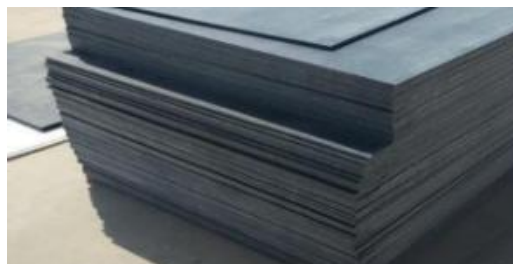


Gambar 2. 3 Boat *High-Density Polyethylene* (KilasJatim.com)

Meskipun material *fiberglass* menjadi bahan pengganti yang mudah didapatkan untuk membuat perahu nelayan, tetapi harganya masih cukup tinggi untuk kalangan nelayan. Selain itu, penggunaan material *fiberglass* merupakan material yang tidak ramah lingkungan, di karenakan material *fiberglass* tidak bisa daur ulang. Nelayan sangat membutuhkan perahu yang kuat dan murah, sehingga perlu diupayakan mencari bahan alternatif pengganti kayu ataupun *fiberglass* dalam pembangunan perahu nelayan tradisional .Untuk mengatasi permasalahan tersebut digunakanlah alternatif material lain yang lebih murah juga kuat, yaitu bahan plastik. Salah satunya adalah HDPE (High Density Polyethylene) yang memiliki sifat tahan terhadap korosi, kuat, fleksibel dan juga bisa didaur ulang.

2.1.2 HDPE (*high-density polyethylene*)

Material yang akan dijadikan subjek penelitian dalam analisis ini adalah HDPE (*High-Density Polyethylene*). HDPE (*High-Density Polyethylene*) merupakan bahan termoplastik yang dikenal dengan sifat mekaniknya yang unggul, seperti tahan benturan, korosi, dan bahan kimia, serta memiliki masa pakai yang lama(Jamal, 2024). Jenis termoplastik terbentuk dari molekul-molekul karbon dan hidrogen yang bergabung untuk membentuk produk dengan berat molekul yang tinggi. Proses pemanasan dan penekanan menghasilkan polietilena. Rantai polimer yang terbentuk memiliki panjang sekitar 500.000 hingga 1.000.000 unit karbon.



Gambar 2. 4 Material High-Density Polyethylene (Wahyuddin et.al., 2021).

Polietilena berdensitas tinggi (*High Density Polyethilene*) adalah *polietilena* termoplastik yang terbuat dari minyak bumi dengan *density* sebesar 0,950 ton/m³. Untuk 1 kg HDPE membutuhkan 1,75 kg minyak bumi (sebagai

energi dan bahan baku). Bahan tersebut dapat didaur ulang dan memiliki nomor dua pada simbol daur ulang(Arisandhi et al., 2016).

HDPE (*High-Density Polyethylene*) memiliki sifat yang lebih kuat, keras, buram, dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. HDPE merupakan plastik yang ramah lingkungan dan dapat didaur ulang.



Gambar 2. 5 Biji *Polyethylene*

Karakteristik plastik :

1. *Density* Plastik yang berbeda memiliki tingkat kepadatan yang berbeda, namun semuanya lebih ringan daripada sebagian besar jenis bahan lainnya. *Polyethylene* dan *Polypropylene* memiliki tingkat kepadatan yang lebih rendah dari kadar air sehingga bahan tersebut dapat mengambang diatas air.
2. Ketahanan sebagian besar plastik bersifat tahan lama dalam berbagai situasi. Sebagian besar diantaranya dapat mengalami penurunan setelah terkena sinar matahari yang terik dalam jangka waktu yang lama. Sebagian besar jenis plastik dapat bertahan terhadap bahan kimia tertentu, namun jenis zat tertentu akan bereaksi dengan sejumlah bahan plastik.
3. Penghantar Panas Plastik digunakan sebagai penghambat panas karena memiliki daya penghantar panas yang sangat rendah.
4. Penghantar Listrik Plastik merupakan penghantar listrik yang sangat rendah sehingga dapat digunakan sebagai insulator / penyekat listrik. Plastik dapat menutup dan menyekat kawat tembaga dan bagian lain yang dalam pengerjaan berhubungan dengan listrik.

2.1.3 Elastisitas

Sebuah benda dikatakan elastik sempurna jika setelah gaya penyebab perubahan bentuk dihilangkan benda akan kembali ke bentuk semula. Sekalipun tidak terdapat benda yang elastik sempurna, tetapi banyak benda yang hampir elastik sempurna, yaitu sampai deformasi yang terbatas disebut limit elastik (Amiruddin et al., 2019)

Elastisitas adalah sifat benda yang cenderung mengembalikan keadaan kebentuk semula setelah mengalami perubahan bentuk karena pengaruh gaya (tekanan atau tarikan) dari luar.

2.1.1 Stress dan Strain

- *Stress* (Tegangan)

Apabila gaya-gaya dikenakan pada ujung-ujung batang dalam arah menjauhi dari batang, sehingga batang dalam kondisi tertarik, maka terjadi suatu tegangan tarik pada batang begitu pula sebaliknya, selanjutnya dapat dinyatakan dengan rumus:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

σ = Tegangan

F = Beban Proporsional

A = Luas Penampang mula mula (mm^2)

Tegangan (σ) dinyatakan dalam satuan kN/m^2 , Mpa, kgf/mm^2 .

- *Strain* (Regangan)

Regangan adalah perbandingan antara pertambahan panjang (L) dengan panjang mula-mula. Regangan dapat dinyatakan dengan persentase pertambahan panjang, satuannya adalah persen (%) atau mm/mm atau in/in . (Sahala et al., 2015). Kata regangan berhubungan dengan perubahan relatif dalam dimensi atau bentuk suatu benda yang mendapat gaya. selanjutnya dapat dinyatakan dengan rumus:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Keterangan:

ϵ = regangan (m/m).

ΔL = perubahan panjang antar dua titik acuan pada specimen tarik (m).

L_0 = Panjang awal (m)

- Hubungan antara *Stress* dan *Strain*

Hubungan tegangan-regangan untuk nilai regangan yang cukup kecil adalah linier. Hubungan linier antara pertambahan panjang dan gaya aksial yang menyebabkannya, Untuk semua bahan, hubungan antara tegangan dan regangan dapat dikatakan linier. Ini mengidealkan dan memberikan generalisasi yang berlaku untuk semua materi, yang dikenal sebagai hukum Hooke (Sahala et al., 2015).

Ketika sebuah benda dikenai stress (σ), maka sebagai respon benda akan terdeformasi dan mengalami strain sebesar (ϵ). Jika stres yang sama di kenakan pada benda yang lain maka strain yang timbul, besar kemungkinan memiliki nilai yang berbeda (Ishaq, n.d.).

2.1.4 Tekanan Hidrostatik (Hydrostatic Pressure)

Tekanan hidrostatik adalah tekanan yang terjadi pada suatu titik di dalam fluida (cair atau gas) yang disebabkan oleh berat fluida di atasnya. Perhitungan besar tekanan

eksternal (tekanan hidrostatik air laut) dan tekanan internal (muatan) diperlukan untuk menentukan pembebanan pada permodelan kapal yang telah dibuat (*Pradipta et al., 2016*).

2.1.5 Sifat Mekanik Material

Material memiliki beberapa sifat dan salah satunya adalah sifat mekanik. Sifat mekanik secara umum ditentukan melalui pengujian destruktif (*destructive test*) dari sampel material pada kondisi pembebanan yang terkontrol. Sifat mekanik yang paling baik adalah didapat dengan melakukan pengujian prototipe atau desain sebenarnya dengan aplikasi pembebanan yang sebenarnya (Laksono, 2018).

Pengujian yang dilakukan harus mengikuti *standard* Internasional yang dipublikasikan oleh ASTM (*American Society for Testing and Material*). Terdapat beberapa metode pengujian merusak yang dilakukan untuk mencari sifat mekanik material, seperti uji tarik, uji tekuk, uji tekan, dan sebagainya (Laksono, 2018).

2.1.5.1 Sifat-Sifat yang Digunakan untuk Pengujian

Material memiliki sifat-sifat, seperti sifat mekanik. Sifat mekanik adalah karakteristik yang menggambarkan kemampuan suatu bahan/komponen untuk menyerap beban, gaya atau energi tanpa menyebabkan kerusakan pada bahan/komponen tersebut (Hassan Awad et al., 2019). Berikut adalah sifat mekanik yang digunakan untuk pengujian material HDPE :

Tabel 2 1 Sifat Mekanik HDPE (*K-mac Plastic*)

<i>Mechanical Properties</i>	<i>Strength</i>	<i>Unit</i>
<i>Density</i>	0,948	g/cc
<i>Yield Stress</i>	21,9	MPa
<i>Ultimate Tensile Strenght</i>	30	MPa
<i>Elastic Modulus</i>	0,928	GPa

2.1.6 Finite Element Method

Finite Element Method (FEM) atau metode elemen hingga adalah Metode elemen hingga muncul dari kebutuhan untuk memecahkan masalah rumit dalam teknik sipil dan penerbangan, khususnya masalah elastisitas dan analisis struktural (Budianto, 2015). Struktur maupun masalah yang akan dianalisa, didiskritisasi menjadi elemen-elemen yang kecil (elemen hingga) yang satu sama lainnya dihubungkan dengan titik nodal (titik diskrit). Bagian-bagian kecil ini kemudian dianalisis secara terpisah dan hasilnya kemudian disatukan kembali untuk memperoleh solusi untuk seluruh daerah tersebut. Kata "finite atau terhingga" digunakan untuk menyoroti bahwa bagian-bagian kecil tersebut tidak tak berujung, seperti yang digunakan dalam metode integral analitik.

Metode elemen hingga banyak digunakan dalam analisis kekuatan struktur, simulasi proses manufaktur, analisis perpindahan panas, simulasi fluida, dan berbagai software rekayasa lainnya. Metode ini memberikan fleksibilitas yang tinggi dan dapat diadaptasi untuk menangani berbagai masalah kompleks dalam berbagai disiplin ilmu rekayasa.

Berikut ini merupakan eman keuntungan dari finite element method:

1. Pemodelan.

FEM memudahkan pemodelan bentuk geometris yang kompleks dan tidak teratur. Ini memungkinkan perancang untuk mempertimbangkan bagaimana faktor-faktor krusial memengaruhi keseluruhan struktur dan menyelidiki penyebab kegagalan.

2. Kemampuan beradaptasi.

FEM dapat disesuaikan untuk mencapai tingkat akurasi tertentu, mengurangi kebutuhan akan prototipe fisik dalam proses desain. Hal ini menghemat waktu dan biaya yang biasanya diperlukan untuk menciptakan prototipe awal.

3. Ketepatan.

Komputer menggunakan FEM untuk menangani kelainan bentuk fisik yang kompleks dengan tingkat akurasi yang tinggi, sesuatu yang sulit dilakukan secara manual.

4. Simulasi dengan mengacu terhadap waktu.

FEM berguna untuk simulasi yang melibatkan perubahan seiring waktu, seperti simulasi tabrakan, di mana deformasi di satu area dipengaruhi oleh perubahan di area lain.

5. Batasan Dengan FEM,

Orang yang melakukan analisa dapat menetapkan kondisi batas untuk memperhitungkan pengaruh berbagai gaya, suhu, atau batasan posisi terhadap model.

6. Visualisasi

Seorang yang menggunakan teknologi ini dapat mengidentifikasi kelemahan dalam desain dan menghasilkan visualisasi detail melalui FEM, yang dapat digunakan sebagai dasar untuk perbaikan desain.

2.2 Kajian Penelitian Terdahulu

Berbagai Penelitian terkait struktur lambung kapal telah dilakukan dengan beragam pendekatan, baik dalam pemilihan material maupun metode analisis numerik. Salah satu metode yang paling sering diterapkan dalam analisis struktur statis adalah *Element Method* (FEM), karena mampu mengevaluasi distribusi tegangan dan deformasi secara menyeluruh berbagai kondisi pembebanan.

Menurut Adifatma, Setyawan dan Sriesta (2024) dalam penelitiannya yang berjudul “Studi Pengaruh Penguatan Pada Struktur Lambung Berbahan HDPE Terhadap Deformasi Kapal Menggunakan Metode Elemen Hingga” Penelitian tersebut menganalisis kekuatan struktur lambung kapal HDPE terhadap deformasi akibat beban dinamis dan statis. Perhitungan beban mengacu pada standar ISO 12215-5. Penelitian ini memanfaatkan kondisi batas “*pinned*” dan “*rotational/displacement*” serta melakukan uji konvergensi untuk menentukan ukuran *mesh* yang optimal dalam simulasi FEM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan penguat baik dari material baja maupun aluminium mampu mengurangi deformasi secara signifikan. Untuk kapal dengan panjang 6 meter, penguat menggunakan baja ukuran 6 mm menghasilkan deformasi maksimum sebesar 2,321 mm, model kapal 10,4 m didapatkan penguatan paling optimal pada kapal yaitu pada variasi material aluminium ketebalan 6 mm dengan deformasi maksimum sebesar 3,357 mm. Model kapal 16 m didapatkan penguatan paling optimal pada kapal yaitu pada variasi material baja ketebalan 6 mm dengan deformasi maksimum sebesar 11,354 mm. Model kapal 24 m didapatkan penguatan paling optimal pada kapal yaitu pada variasi material baja.

Menurut Wolok et al. (2018) dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis Kekuatan Pelat Lambung Perahu *Fiberglass* Pada Ketebalan Yang Berbeda” Penelitian tersebut menganalisis kekuatan struktur lambung perahu *Fiberglass terhadap* performa jumlah lapisan yang berbeda menggunakan pendekatan pengujian modulus elastisitas (MOE) dan modulus patah (MOR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa uji lentur pada pelat 3 lapis, 5 Lapis dan 7 lapis berturut turut adalah 7.019, 37.786, dan 82.009. Sehingga penambahan jumlah lapisan pelat fiber, maka akan meningkatkan tingkat keleuturan pelat fiber tersebut. Sedangkan untuk hasil uji tekan pelat 3 lapis, 5 Lapis dan 7 Lapis secara berurutan adalah 6.540 kgf, 253. 107 kgf, 495.883 kgf. Sehingga penambahan jumlah lapisan pelat fiber, maka akan meningkatkan kekuatan pelat fiber tersebut untuk menahan beban.

Sementara itu, Firmanda et al. (2023) dalam penelitian berjudul “*HDPE as a New Alternative Material for Small Vessel Boat Strength*” Penelitian tersebut mengevaluasi HDPE sebagai material alternatif kapal kecil melalui simulasi numerik dengan bantuan software berbasis FEM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa HDPE memiliki kemampuan menahan tegangan global hingga 15 MPa pada struktur melintang dan 8 MPa pada struktur memanjang, dengan elastisitas deformasi hingga 50 mm pada jarak frame 1 meter dalam kondisi termal 70°C. Penelitian ini menguatkan potensi HDPE sebagai material lambung kapal kecil, namun tidak mengelaborasi secara khusus pengaruh variasi desain struktural seperti jarak gading maupun ketebalan lambung.