



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisis Kekuatan Kapal *Fiberglass* Hasil Redesain Kapal Ikan Tradisional Tambak Lorok Akibat Tubrukan

Fahrul Luqman Sani^{1)*}, Wilma Amiruddin¹⁾, Ahmad Fauzan Zakki¹⁾

Laboratorium Struktur dan Konstruksi Kapal¹⁾,

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*)}e-mail : fahrulluqman@student.undip.ac.id

Abstrak

Kapal ikan tradisional pada umumnya dibuat dengan bahan kayu, namun ketersediaan bahan kayu di alam terbatas, sehingga diperlukan alternatif bahan baku lainnya, salah satunya adalah fiberglass. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan kapal fiberglass hasil redesain dari kapal tradisional Tambak Lorok dengan mempertahankan ukuran utamanya. Simulasi kapal tubrukan dengan jetty dilakukan dengan 4 variasi kecepatan yaitu 1 knot, 3 knot, 5 knot, 7knot selama 0,02 detik. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh tegangan von-mises untuk kecepatan maksimal 5 knot sebesar 844,52 MPa, dan kecepatan 7 knot sebesar 921,53 MPa, dengan energi internal maksimal masing-masing sebesar 713,77 J dan 1346,4 J. Kecepatan 5 knot adalah kecepatan maksimal kapal dimana dalam kecepatan tersebut struktur kapal masih aman, sedangkan kecepatan 7 knot adalah estimasi kecepatan kapal ketika struktur mengalami kerusakan atau mencapai ultimate strength material dengan deformasi terjadi sebesar 20,298 mm. Hasil analisa menunjukkan nilai tegangan, energi internal, dan deformasi yang dihasilkan akan semakin besar dengan bertambahnya kecepatan awal kapal.

Kata Kunci : Kapal ikan kayu, Fiberglass, Redesain, Kekuatan, Tubrukan

1. PENDAHULUAN

Kapal ikan tradisional merupakan kapal yang sudah sejak dulu digunakan oleh para nelayan di sepanjang pesisir daerah Tambak Lorok, sebagai sarana utama dalam penangkapan ikan dan udang di laut. Desain kapal tradisional merupakan hasil pembelajaran turun-temurun, sehingga tidak ada perencanaan dan perhitungan desain yang baku sebelum kapal dibangun melainkan keterampilan yang didapat secara turun-temurun dari para pendahulunya. Meskipun tidak ada perencanaan dan perhitungan desain, karakteristik kapal ikan tradisional di Tambak Lorok relatif sama atau hanya berbeda skala. Umumnya, kapal ikan tradisional dibuat dengan bahan kayu. Hal ini ditinjau dari segi ekonomis dan kemudahan mendapatkan bahan baku. Kelemahan dari penggunaan material kayu adalah mudah lapuk, sehingga umur teknis kapal menurun [1].

Ketersediaan bahan kayu di alam juga terbatas, sehingga diperlukan alternatif bahan baku lainnya. Salah satunya adalah bahan fiberglass. Penelitian terkait dengan perbedaan material yang digunakan dalam pembangunan kapal telah dilakukan, menyatakan bahwa kekuatan tarik dari fiberglass sebesar 3400 Mpa, paling tinggi jika dibandingkan dengan HDPE dan baja [2]. Selain itu, biaya produksi dan perawatan kapal fiberglass lebih murah dibandingkan dengan kapal kayu.

Hal tersebut yang kemudian mendasari penelitian ini untuk menghitung kekuatan kapal fiberglass hasil redesain kapal ikan tradisional di Tambak Lorok. Penentuan jumlah lapisan laminasi FRP (*Fiber Reinforced Plastic*) juga diperlukan. Jika tebal lapisan laminasi terlalu tebal, maka akan mengakibatkan kapal menjadi lebih berat. Sehingga kemampuan kapal untuk menampung beban muatan akan berkurang. Jumlah lapisan

laminasi FRP semakin banyak, akan mengakibatkan bobot kapal bertambah berat, sehingga dapat mengurangi jumlah beban maksimal yang mampu dimuat oleh kapal [3]. Ketebalan lapisan laminasi FRP pun harus mampu menahan gaya benturan yang terjadi saat kapal mengalami benturan yang disebabkan oleh kapal lain maupun dengan dermaga. Benturan yang terlalu keras, apabila mengenai lapisan laminasi FRP yang terlalu tipis, dikhawatirkan akan mengakibatkan retakan atau bahkan pecahnya laminasi FRP yang melapisi kapal. Proses benturan yang dimaksud adalah ketika kapal mulai mematikan mesin penggerak dan memasuki dermaga, kemudian secara tidak sengaja mengalami benturan dengan kapal lain maupun dengan dermaga itu sendiri. Laminasi sendiri merupakan teknik melapisi bagian tertentu dengan merekatkan lapisan atau lembaran dengan bahan material campuran perekat khusus [4].

Metode penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu dimulai dari tahap *survey existing* kapal ikan kayu Tambak Lorok, *redrawing* desain kapal ikan bermaterial *fiberglass*, pembuatan model 3D hasil redesain, penentuan ketebalan laminasi FRP dan diakhiri dengan perhitungan kekuatan kapal berdasarkan perlakuan akibat tubrukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain ulang kapal ikan tradisional Tambak Lorok menjadi kapal fiberglass, serta menghitung kekuatan kapal akibat tubrukan tersebut. Diharapkan dari hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar atau pertimbangan dalam pembuatan kapal fiberglass di daerah Tambak Lorok.

2. METODE PENELITIAN

Penyusunan penelitian dilakukan dengan metode sistematis sesuai dengan urutan diagram alir atau *flow chart* yang menjelaskan proses awal penelitian sampai selesai. Penelitian ini dimulai dari tahap identifikasi masalah yang berada di Tambak Lorok kemudian dilakukan survei dan mencari data kapal yang berada disana kepada pihak terkait. Data kapal yang diperoleh diubah dalam bentuk 3D untuk dilakukan analisa menggunakan metode elemen hingga dengan *software Ansys R2 Student Version*. Output yang didapat pada penelitian ini berupa nilai tegangan

von-mises badan kapal saat terjadinya tubrukan, nilai energi yang diserap oleh badan kapal saat terjadi tubrukan serta besar deformasi dan besar gaya pada badan kapal saat terjadinya tubrukan.

2.1. Objek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah kapal kayu di Tambak Lorok. Data kapal yang digunakan sebagai acuan penelitian tugas akhir sesuai dengan tabel 1.

Tabel 1. Dimensi Kapal

No.	Spesifikasi Kapal	Ukuran
1	Loa	5,5 m
2	Lwl	4,6 m
3	B	1,68 m
4	H	0,77 m
5	T	0,36 m
6	Cb	0,65 m

2.2. Pengolahan Data

Berdasarkan data dimensi kapal kayu diatas, selanjutnya dilakukan redesain kapal kayu menjadi kapal *fiberglass* dengan mempertahankan ukuran utama kapal dan mengubah bentuk lambung kapal. Pengolahan data menggunakan pendekatan permodelan untuk tahap penelitian, pembuatan model menggunakan software *modelling Rhinoceros* dan analisa kekuatan akibat tubrukan menggunakan aplikasi elemen hingga.

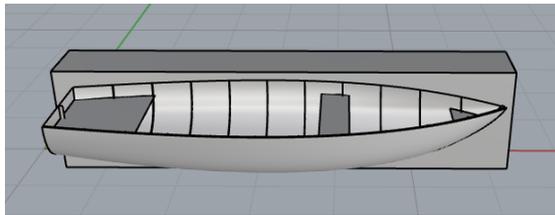
Penyelesaian persoalan perancangan akan sulit menggunakan cara matematis untuk benda-benda yang mempunyai bentuk yang tidak beraturan (elemen isoparametrik), sehingga perlu digunakan cara numerik. Cara numerik dalam perkembangannya disebut sebagai metode elemen hingga (*Finite Elements Method*) [5]. Tahapan yang dilakukan sebagai berikut:

a) Pendefinisian Elemen

Proses ini berisi pembuatan model kapal dan juga pembuatan model *jetty*. Pendefinisian elemen ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Pendefinisian Elemen

Nama	Jenis Elemen
Badan Kapal	<i>Shell</i>
<i>Jetty</i>	<i>Solid</i>



Gambar 1. Model kapal & jetty

b) Mechanical Properties

Material yang digunakan untuk kapal secara keseluruhan adalah *Epoxy E-Glass Unidirectional*, dengan *mechanical properties* seperti pada tabel 3

Tabel 3. Mechanical Properties Epoxy E-Glass UD

Deskripsi	Ukuran
Massa jenis	2000 kg/m ³
Modulus young	45 GPa
Shear modulus	5 GPa
Poisson's ratio	0,3

c) Tebal Konstruksi

Proses penginputan material menggunakan *software* Ansys ACP (Pre) pada bagian-bagian kapal. *Epoxy E-Glass Unidirectional* adalah serat fiber yang mempunyai arah serat ke satu arah saja, sehingga diperlukan sudut untuk penyusunan tiap lapisannya [6]. Penentuan ukuran konstruksi mengacu pada peraturan BKI mengenai kapal *fiberglass* [7].

1) Kulit

Tebal laminasi untuk konstruksi fiberglass ditentukan sebesar 6 mm. Sudut laminasi kulit pada *software* ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Laminasi Kulit

	Sudut
Lapisan 1	0 ⁰
Lapisan 2	30 ⁰
Lapisan 3	-30 ⁰
Lapisan 4	60 ⁰
Lapisan 5	-60 ⁰
Lapisan 6	90 ⁰

2) Gading

Penentuan jarak gading mengikuti peraturan dari BKI yaitu, 500 mm untuk standar jarak gading. Tebal gading ditentukan sebesar 18 mm. Sudut laminasi gading pada *software* ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Laminasi Gading

	Sudut
Lapisan 1, 7, 13	0 ⁰
Lapisan 2, 8, 14	30 ⁰
Lapisan 3, 9, 15	-30 ⁰
Lapisan 4, 10, 16	60 ⁰
Lapisan 5, 11, 17	-60 ⁰
Lapisan 6, 12, 18	90 ⁰

3) Geladak

Tebal laminasi untuk konstruksi geladak ditentukan sebesar 12 mm. Sudut laminasi geladak pada *software* ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Laminasi Kulit Fiberglass

	Sudut
Lapisan 1, 5, 9	0 ⁰
Lapisan 2, 6, 10	45 ⁰
Lapisan 3, 7, 11	-45 ⁰
Lapisan 4, 8, 12	90 ⁰

4) Centre Girder

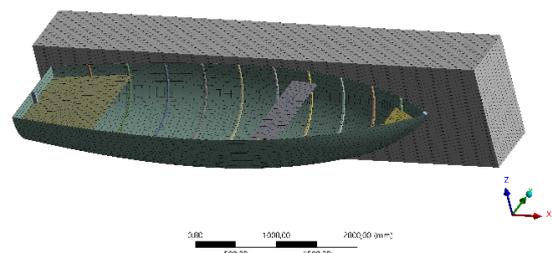
Tebal centre girder ditentukan sebesar 20 mm. Sudut laminasi *centre girder* pada *software* ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 7. Laminasi Centre Girder

	Sudut
Lapisan 1, 5, 9, 13, 17	0 ⁰
Lapisan 2, 6, 10, 14, 18	45 ⁰
Lapisan 3, 7, 11, 15, 19	-45 ⁰
Lapisan 4, 8, 12, 16, 20	90 ⁰

d) Meshing

Meshing dilakukan pada model badan kapal dan *jetty*, dimana model akan dibagi menjadi elemen-elemen kecil yang saling terhubung. Ukuran *mesh* sebesar 50 mm pada badan kapal dan *jetty*. Gambar 2 menunjukkan hasil *meshing* pada kapal dan *jetty*.



Gambar 2. Meshing kapal & jetty

e) Kondisi Batas

Beberapa kondisi batas yang digunakan terdiri atas *initial velocity*, *rigid body*, *body interactions*, dan *end time*. Kondisi batas ditunjukkan pada gambar 3.

1) *Geometry*

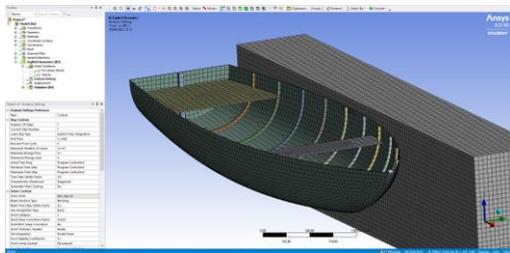
Jetty didefinisikan sebagai *rigid body*, sehingga energi diserap 100% oleh badan kapal. Hal ini dimaksudkan agar analisis terfokus pada badan kapal karena distribusi tegangan secara penuh hanya pada badan kapal.

2) *Connection*

Body interactions dilakukan secara manual antara badan kapal dan profil dengan tipe *bonded*.

3) *Analysis Setting*

Initial velocity ditentukan yaitu 1 knot, 3 knot, 5 knot, dan 7 knot pada badan kapal. *End time* sebesar 0,02 detik.



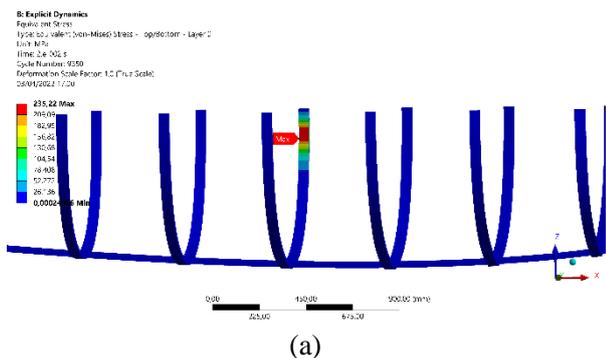
Gambar 3. Kondisi batas

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

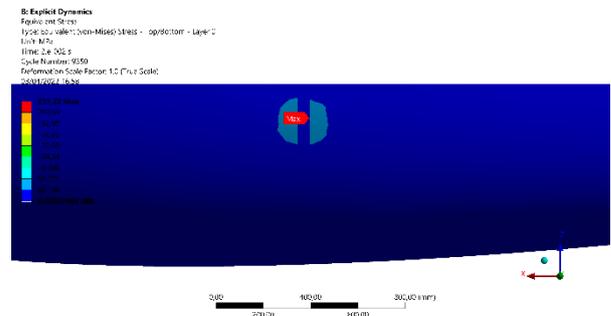
Berdasarkan pengumpulan data dan pengolahan data diatas, didapatkan hasil yaitu :

3.1. Tegangan Von-Mises

Besar tegangan von-misses maksimal pada kecepatan 1 knot terjadi di bagian kontruksi gading dengan nilai tegangan 235,22 MPa. Hasil tegangan terlihat pada gambar 4.



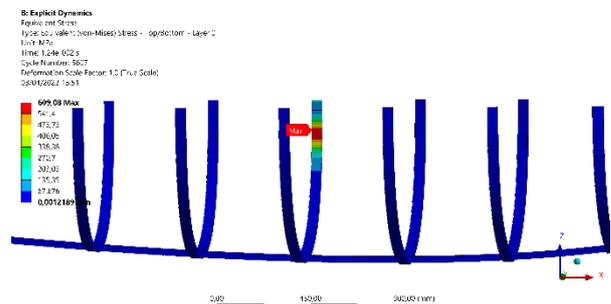
(a)



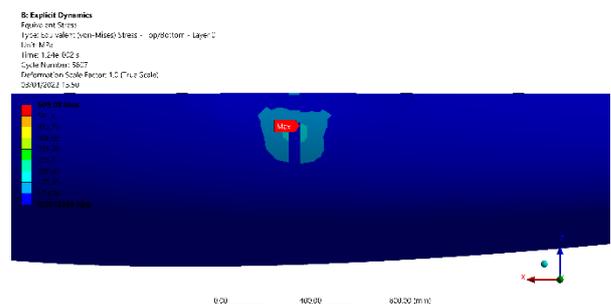
(b)

Gambar 4. Tegangan von-mises pada kecepatan 1 knot: (a) Tegangan pada kontruksi; (b) Tegangan pada kulit

Tegangan von-mises maksimal pada kecepatan 3 knot terjadi di bagian kontruksi gading dengan nilai tegangan 609,08 MPa. Gambar 5 menunjukkan tegangan pada kontruksi maupun kulit.



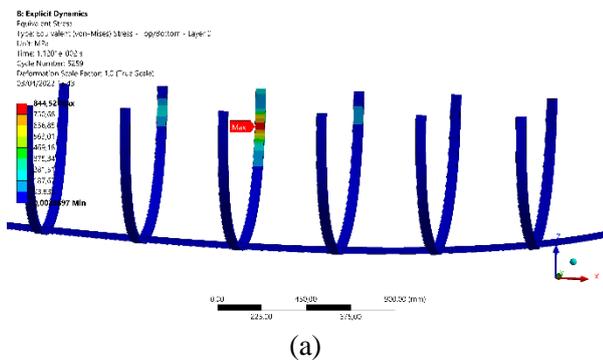
(a)



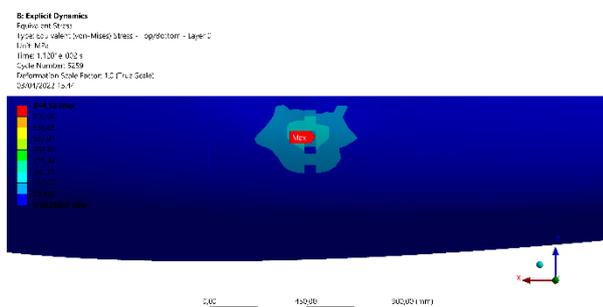
(b)

Gambar 5. Tegangan von-mises pada kecepatan 3 knot: (a) Tegangan pada kontruksi; (b) Tegangan pada kulit

Besar tegangan von-misses maksimal pada kecepatan 5 knot terjadi di bagian kontruksi gading dengan nilai tegangan 844,52 MPa. Gambar 6 menampilkan hasil tegangan pada *software* pada kontruksi dan kulit.



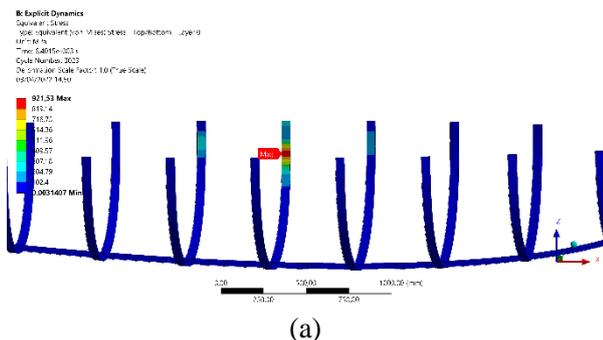
(a)



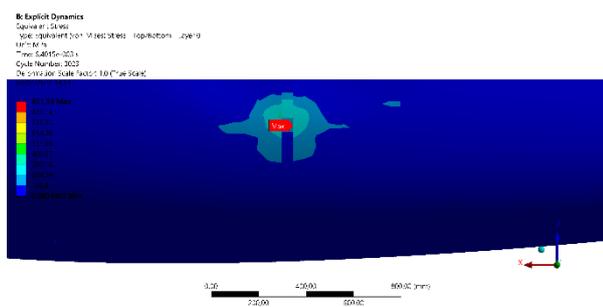
(b)

Gambar 6. Tegangan von-mises pada kecepatan 5 knot: (a) Tegangan pada konstruksi; (b) Tegangan pada kulit

Besar tegangan von-mises maksimal pada kecepatan 7 knot terjadi di bagian kulit kapal dengan nilai tegangan 921,53 MPa. Gambar 7 menunjukkan tegangan pada konstruksi gading dan kulit.

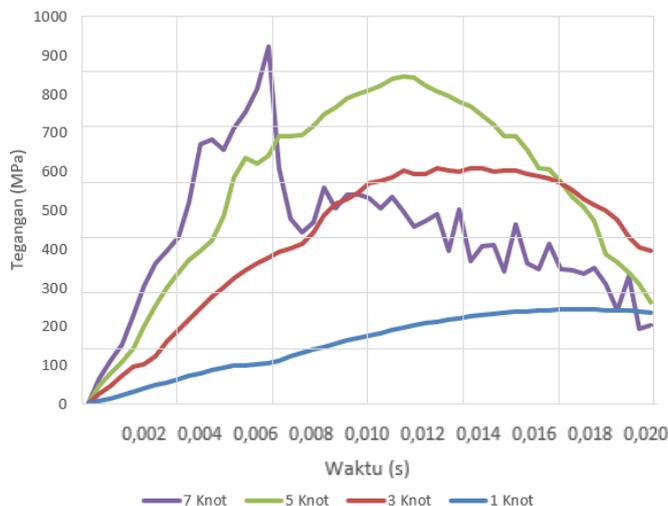


(a)



(b)

Gambar 7. Tegangan von-mises pada kecepatan 7 knot: (a) Tegangan pada konstruksi; (b) Tegangan pada kulit

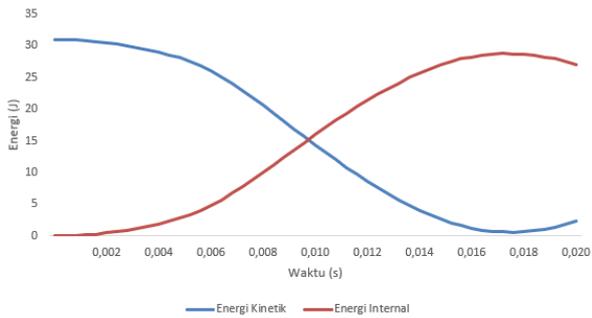


Gambar 8. Grafik tegangan von-mises untuk semua kecepatan

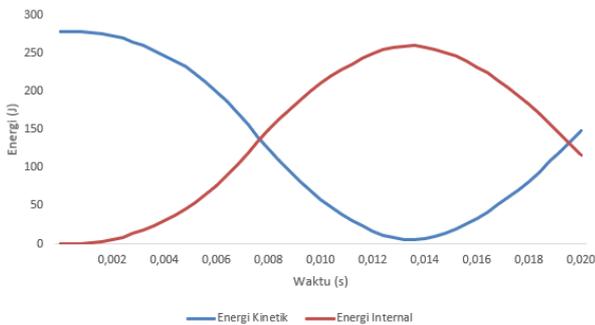
Berdasarkan hasil diatas, dapat dilihat bahwa tegangan paling besar terjadi pada kecepatan 7 knot. Semakin besar kecepatan awal kapal ketika menabrak *jetty*, maka semakin besar juga tegangan yang terjadi. Hasil tubrukan pada semua variasi kecepatan menunjukkan tegangan terbesar terjadi di bagian gading, hal ini terjadi karena pengaruh adanya konstruksi gading yang menguatkan struktur pelat tersebut, pernyataan ini sejalan dengan penelitian tentang analisis tegangan haluan kapal akibat tubrukan yang menyatakan bahwa hasil tegangan di setiap kecepatan menunjukkan nilai tegangan pada konstruksi lebih besar dibandingkan tegangan pada pelat [8].

Gambar 8 menunjukkan grafik tegangan von-mises pada kecepatan 1 – 7 knot. Hasil grafik tegangan di kecepatan 1 knot, 3 knot, 5 knot mengalami kenaikan dan penurunan yang cenderung stabil, dikarenakan konstruksi kapal masih dapat menahan tubrukan yang terjadi. Hasil grafik tegangan von-mises di kecepatan 7 knot menunjukkan tegangan telah mencapai *ultimate strength* pada tegangan sebesar 921,53 MPa. Kapal mengalami pecah jika tegangan telah mengalami *ultimate*, dalam hal ini kapal pecah pada bagian konstruksi gading dan kulit.

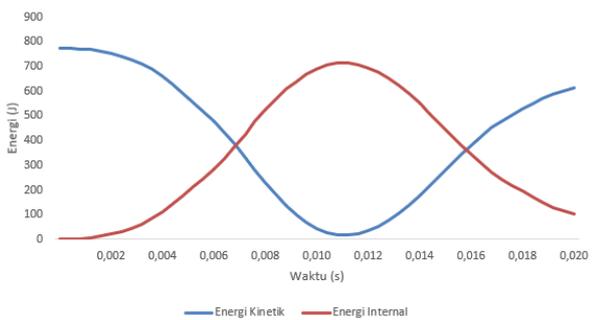
3.2. Hasil dan Analisis Energi



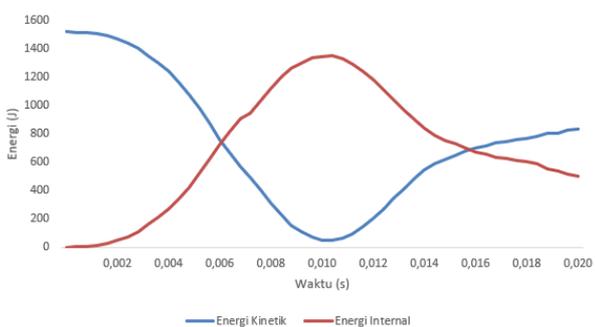
Gambar 9. Grafik energi kecepatan 1 knot



Gambar 10. Grafik energi kecepatan 3 knot



Gambar 11. Grafik energi kecepatan 5 knot



Gambar 12. Grafik energi kecepatan 7 knot

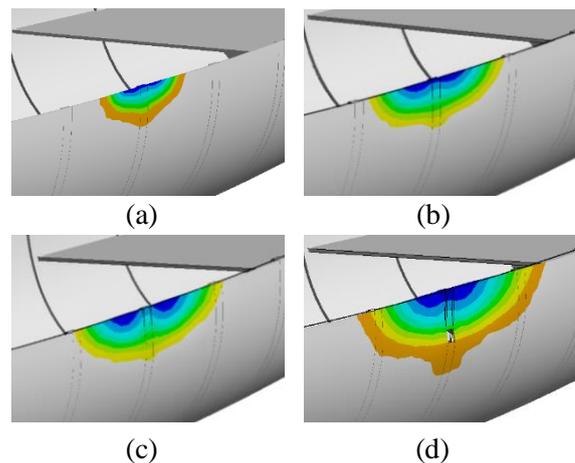
Berdasarkan gambar 9 – 12 yang menjelaskan tentang energi kinetik dan energi internal, maka diperoleh kecepatan 1, 3, 5, dan 7 knot dengan besarnya energi kinetik masing - masing sebesar 30,972 J; 278,79 J; 774,3 J; 1517,9 J dan energi internal masing- masing sebesar 28,77 J; 259,77 J; 713,77 J; 1346,4 J.

Nilai energi paling besar terjadi pada kecepatan 7 knot. Hal tersebut terjadi karena semakin tinggi kecepatan awal, maka semakin besar energi kinetiknya sehingga total energi juga semakin besar. Nilai energi internal diperoleh dari nilai energi kinetik yang hilang, jika energi kinetiknya besar, maka energi internal yang diserap oleh kapal akan semakin besar. Grafik energi kecepatan 7 knot pada gambar 12 menampilkan grafik yang berbeda dari kecepatan lainnya, dikarenakan pada kecepatan tersebut terjadi kerusakan kontruksi, sehingga pergerakan grafik energinya berbeda dari lainnya.

Dampak tubrukan akan lebih parah jika energi kinetiknya semakin besar, kerusakan bisa mengakibatkan sebagian material *fiberglass* pada kapal menjadi penyok di titik benturan atau membentuk cekungan. Dampak benturan pada kecepatan 7 knot mengakibatkan kerusakan yang parah atau fatal, dikarenakan sisi badan kapal menjadi berlubang.

3.3. Besar Deformasi

Deformasi ke arah sumbu y negatif merupakan deformasi yang terjadi pada kapal. Proses analisa berupa dampak tubrukan dengan variasi kecepatan 1 knot, 3 knot, 5 knot, dan 7 knot.



Gambar 13. Hasil Deformasi Kapal
(a) 1 knot; (b) 3 knot; (c) 5 knot; (d) 7 knot

Berdasarkan Gambar 13, besar deformasi maksimal pada kecepatan 1 knot terjadi sebesar 1,759 mm, kecepatan 3 knot menghasilkan deformasi maksimal sebesar 6,325 mm, besar deformasi yang terjadi pada kecepatan 5 knot sebesar 10,328 mm, sedangkan besar deformasi maksimal pada kecepatan 7 knot sebesar 20,298 mm.

Berdasarkan hasil gaya dan deformasi di atas, pada kecepatan 1 knot, 3 knot, dan 5 knot terjadi deformasi elastis, yang bentuk dan dimensi kapal kembali seperti semula setelah terjadi tabrakan. Untuk kecepatan 7 knot, terjadi deformasi plastis, hal ini terjadi karena nilai tegangan kapal telah mencapai ultimate strength material. Semakin tinggi kecepatan awal kapal, maka semakin cepat tegangan mencapai *ultimate*, dalam kasus ini kapal mengalami pecah di bagian kontruksi kulit dan gading.

Berdasarkan hasil analisis diatas, menunjukkan bahwa dalam kondisi operasional kapal *fiberglass* hasil redesain, masih dalam kondisi aman ketika terjadi tubrukan pada kecepatan 5 knot, dan baru mengalami kerusakan struktur pada estimasi kecepatan 7 knot. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, kecepatan maksimal ketika kapal sandar sebesar 2,5 knot [10].

3.4. Validasi

Perhitungan analitis untuk menghitung besarnya energi kinetik, digunakan formula sebagai berikut: [9]

$$Ek = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Nilai m adalah massa kapal (241,8 kg), nilai v adalah kecepatan kapal saat terjadi tubrukan masing-masing adalah 1 knot, 3 knot, 5 knot, 7 knot. Rekapitulasi hasil perhitungan ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan

Kecepatan awal (knot)	Hasil (J)
1	33,53
3	301,80
5	838,35
7	1643,17

Hasil perbandingan antara rumus dan perhitungan dari *software* ditunjukkan pada tabel 9 dibawah ini:

Tabel 9. Komparasi Hasil

Kecepatan awal (knot)	Perhitungan Analitis (J)	FEM (J)	Margin
1	31,991	30,972	3,1%
3	287,84	278,79	3,1%
5	799,77	774,3	3,1%
7	1567,73	1517,9	3,1%

Pada tabel 5 dapat dilihat hasil komparasi antara hasil analisa menggunakan *software* dengan hasil perhitungan manual, untuk kecepatan 1 knot sebesar 3,1%, untuk kecepatan 3 knot sebesar 3,1%, untuk kecepatan 5 knot sebesar 3,1%, dan untuk kecepatan 7 knot sebesar 3,1%. Karena margin eror masih dibawah 5%, sehingga dapat dinyatakan bahwa model tersebut sudah valid.

4. KESIMPULAN

Kecepatan kapal pada rentang 1 - 7 knot menghasilkan tegangan von-mises minimal sebesar 235,22 MPa dan maksimal sebesar 921,53 Mpa. Tegangan von-mises telah melebihi *ultimate strength* pada tegangan sebesar 921,53 Mpa, sehingga mengakibatkan material kapal pecah.

Badan kapal menyerap energi internal maksimal pada rentang kecepatan awal 1 - 7 knot berkisar antara 28,77 J sampai 1346,4 J. Semakin besar kecepatan awal maka semakin besar juga energi internal yang diserap oleh badan kapal, dikarenakan energi internal adalah energi yang didapat dari energi kinetik yang hilang saat terjadi tabrakan.

Kapal menerima gaya sehingga menghasilkan deformasi penetrasi. Nilai deformasi maksimal yang dihasilkan oleh kapal pada rentang kecepatan 1 - 7 knot berkisar antara 1,759 sampai 20,298 mm. Kecepatan 1 knot, 3 knot, dan 5 knot terjadi deformasi elastis, yang bentuk dan dimensi kapal kembali seperti semula setelah terjadi tabrakan. Kecepatan 7 knot, kapal mengalami deformasi plastis, hal ini terjadi karena nilai tegangan kapal telah mencapai *ultimate strength* material.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sunardi, Sukandar, E.Y. Sulkhani, & M.A. Rahman. 2019. Repair technique for wooden fishing boats using fibreglass. In IOP Confrence Service Earth Environment Science. 370(1).
- [2] Wicaksana, B. (2017). Analisis Perbandingan Kapal Pengangkut Ikan (Fish Carrier) Dari Hdpe, Fiber, Dan Baja. J. Teknik Kelautan ITS, 6(1)
- [3] Palembang, S., A. Luasunaung, & F.P.T. Pangalila. 2013. Kajian rancang bangun kapal ikan fibreglass multifungsi 13 GT di galangan kapal CV Cipta Bahari Nusantara Minahasa Sulawesi Utara. J. Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap, 1(3): 87–92
- [4] Patria, A.A. & T.W. Pribadi. 2017. Analisis teknis dan ekonomis pembangunan kapal ikan tradisional ukuran <10 GT berbahan kayu utuh dengan teknologi laminasi kayu mahoni. J. TEKNIK ITS, 6(1): G35–G41.
- [5] D. L. Logan, A First Course in The Finite Element Method. Starnford: Global Engineering, 2011.
- [6] Istanta, Dwi. (2013). Analisis Pengaruh Texture Serat Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Aramid Epoksi Prepreg. J. Industri Elektro dan Penerbangan, 3(1).
- [7] BKI. (2021). Fibreglass Reinforced Plastics Ships, Rules and Regulation for the Classification and Construction of Ships, Biro Klasifikasi Indonesia. Jakarta.
- [8] Dzikron, Nur. (2019). Analisis Tegangan Haluan Kapal Akibat Tubrukan. Jurnal Teknik ITS, 8(2).
- [9] Ekhvan Hendra. 2011. “Analisa Modifikasi Struktur Boatlanding Pada Fixed Offshore Platform Akibat Tubrukan Crewboat. Jurnal Tugas Akhir, Jurusan Teknik Kelautan, ITS, 1(7).
- [10] Anam, Muhammad. (2020). Kekuatan Benturan Kapal Kayu 5-7 GT Saat Merapat Ke Dermaga: Upaya Untuk Menentukan Ketebalan Minimal Laminasi FRP. J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, 12(3): 747-760