



PERANCANGAN KONSTRUKSI KAPAL WISATA 1 GT BERBAHAN DASAR FIBERGLASS

Taufik Slamet Efendy^a, Albert Gabriel Surbakti^{b*}

^a Teknik Manufaktur Kapal, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi

^b Teknik Manufaktur Kapal, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi

E-mail koresponden: albertsurbakti10@gmail.com

Abstract

Boats, which are smaller in size compared to ships, serve various purposes such as transportation, recreation, rescue operations, and fishing. In Indonesia, one commonly observed type is the tourist boat, used for sightseeing on oceans, rivers, and lakes. These boats are typically constructed using fiberglass due to its lightweight nature, weather resistance, ease of maintenance, and shorter production times. Structural integrity is crucial in boat construction to ensure passenger safety and withstand environmental forces such as waves. Calculations of structural strength are essential in boat construction, often utilizing finite element methods. This research aims to determine the structural strength of boats, as many existing smaller boats often lack adequate construction. The study reveals that the stern is the strongest part with a frame spacing of 0.35 meters, as well as the bow with the same distance. It is concluded that shorter frame spacing result in stronger construction but require more materials for fabrication. This construction strength analysis uses the results of the strongest analysis according to BKI standards with a frame spacing of 0.35 m for the stern and 0.35 m for the bow.

Keywords: Boat construction, Fiberglass Boats, Finite Element Method

Abstrak

Kapal-kapal, yang lebih kecil ukurannya dibandingkan kapal laut, memiliki berbagai tujuan seperti transportasi, rekreasi, operasi penyelamatan, dan penangkapan ikan. Di Indonesia, salah satu jenis yang sering terlihat adalah kapal wisata, digunakan untuk berkeliling di laut, sungai, dan danau. Kapal-kapal ini umumnya dibangun menggunakan *fiberglass* karena sifatnya yang ringan, tahan cuaca, mudah dirawat, dan waktu produksi yang singkat. Integritas struktural sangat penting dalam konstruksi kapal untuk memastikan keselamatan penumpang dan menahan gaya lingkungan seperti gelombang. Perhitungan kekuatan struktural sangat penting dalam konstruksi kapal, seringkali menggunakan metode elemen hingga. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kekuatan struktural kapal, karena kapal kecil yang ada saat ini seringkali kurang memiliki konstruksi yang memadai. Studi ini mengungkapkan bahwa buritan adalah bagian terkuat dengan jarak gading 0.35 meter, begitu juga haluan dengan jarak yang sama. Disimpulkan bahwa jarak gading yang lebih pendek menghasilkan konstruksi yang lebih kuat namun memerlukan lebih banyak bahan untuk pembuatannya. Analisa kekuatan konstruksi ini menggunakan hasil dari analisa yang paling kuat sesuai standart dari BKI dengan jarak gading 0.35 m untuk buritan dan 0.35 m untuk Haluan.

Kata Kunci: Konstruksi kapal, Kapal Fiberglass, Metode Elemen Hingga

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Banyuwangi, yang terletak berdekatan dengan Selat Bali, menunjukkan peningkatan jumlah kunjungan wisata setiap tahunnya. Pada tahun 2019, jumlah kunjungan wisatawan domestik mencapai 5.307.054 orang, sementara wisatawan mancanegara sebanyak 101.622 orang. Banyuwangi memiliki potensi wisata bahari yang besar karena letaknya yang berdekatan dengan Pulau Bali dan menjadi titik transit wisatawan menuju Bali atau sebaliknya [1].

Boat atau perahu, yang ukurannya lebih kecil dari kapal laut, memiliki beragam fungsi seperti angkutan penumpang, patroli, wisata, *ambulance*, memancing, pemadam kebakaran, dan *diving*. Di Indonesia, *boat* wisata, yang sering disebut sebagai *tour boat*, paling umum digunakan di laut, sungai, dan danau. Namun, jumlah boat wisata di perairan Banyuwangi masih terbatas karena biaya pembuatan yang tinggi [2].

Dalam perancangan konstruksi *boat* wisata, beberapa hal perlu diperhatikan seperti jarak *frame*, bentuk *frame*, tebal konstruksi, dan tebal kulit lambung kapal agar memenuhi standar BKI [3]. Oleh karena itu, penelitian mengenai konstruksi kapal wisata diperlukan sebagai referensi untuk konstruksi kapal wisata di masa depan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konstruksi Kapal Fiberglass

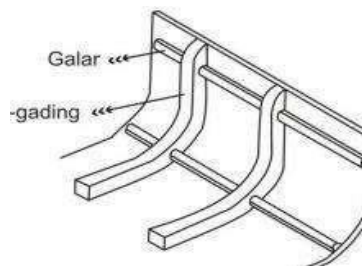
Konstruksi adalah metode yang dipakai untuk menempatkan material fisik dan elemen-elemen konstruksi yang lain. Untuk itu setiap metode yang digunakan sangat penting dan dapat di perhitungkan keuntungan dan kerugiannya [4]. Konstruksi kapal terbagi menjadi tiga jenis sistem utama yaitu konstruksi melintang (*transverse farming system*), konstruksi memanjang (*longitudinal framing system*) dan konstruksi campuran (*mixed combine framing system*) [5].

2.1.1. Galar

Konstruksi galar adalah salah satu bagian dari konstruksi perahu yang memiliki fungsi untuk penunjang kekuatan secara *longitudinal*. Sesuai dengan fungsinya sebagai penunjang kekuatan secara memanjang, galar memiliki bentuk yang membentang dari bagian haluan hingga buritan [6].

2.1.2. Gading

Gading-gading merupakan konstruksi pada kapal yang memiliki peranan yang sangat penting, karena merupakan konstruksi melintang yang dipasang pada sisi kapal, mulai dari bilge sampai geladak atau dari geladak sampai geladak di atasnya. Gading-gading berfungsi sebagai tempat melekatnya kulit atau lambung kapal agar bentuknya tidak berubah [7]. Selain sebagai tempat melekatnya kulit atau lambung kapal, gading-gading juga berfungsi sebagai penumpu balok geladak kapal, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Galar dan Gading [3]

2.2. Basic External Dynamic Load (P_0)

Konstruksi merupakan metode yang digunakan untuk menempatkan material fisik dan elemen-elemen konstruksi yang lain. Untuk itu setiap metode yang digunakan sangat penting dan dapat di perhitungkan keuntungan dan kerugiannya [8]. Konstruksi kapal terdapat tiga jenis utama yaitu sistem konstruksi melintang (*transverse farming system*), sistem konstruksi memanjang (*longitudinal framing system*) dan sistem konstruksi campuran (*mixed combine framing system*).

Rumus untuk mencari P_0

$$P_0 = 2.1(C_B + 0.7)C_0 \cdot C_L \cdot f \quad (1)$$

Untuk menghitung P_0 memerlukan nilai C_0 dan C_L rumusnya sebagai berikut

$$C_L = \sqrt{L/90} \text{ for } L < 90 \quad (2)$$

Dimana:

P_0	= Basic external dynamic load
C_B	= Center block
L	= Panjang Kapal
C_0	= koefisien gelombang
C_L	= koefisien panjang
f	= faktor probabilitas

2.3. Load on Ship's Bottom (Dasar Kapal)

Load on Ship's Bottom (Dasar Kapal) merupakan perhitungan untuk konstruksi yang berada di dasar kapal dan dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut.

$$P_B = 10T + P_0 \cdot C_F \quad (3)$$

Dimana

P_B = Load on Ship's Bottom (Dasar Kapal)
 T = sarat air

2.4. Perhitungan Konstruksi

2.4.1. Dimensi Utama

A. Panjang Lambung (LH)

Panjang LH dalam [m] lambung adalah jarak horizontal antara bagian depan dan bagian belakang kapal. Panjangnya mencakup bagian vertical dan integral dari kapal.

B. Panjang garis air (LWL)

Panjang garis air dalam [m] adalah jarak antara perpotongan paling depan dan paling belakang lambung kapal dengan bidang pengapungan.

C. Panjang scantling (L)

Panjang scantling (Gambar 2) ditentukan sebagai berikut :

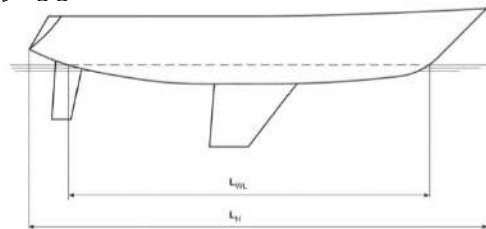
$$L = (LH + LWL)/2 \quad (4)$$

Dimana:

L = Panjang scantling

LH = Panjang Lambung

LWL = Panjang garis air



Gambar 2. Panjang Scantling [3]

D. Lebar B

Balok B dalam [m] adalah lebar maksimum kapal yang diukur dari satu sisi terluar cangkang ke sisi lainnya, dengan mengabaikan garis gesekan dll.

E. Tinggi H

Tinggi H (Gambar 3) dalam [m] adalah jarak vertikal antara bagian bawah badan kano dan tepi atas geladak, diukur pada sisi perahu di tengah LWL.

F. Draft T

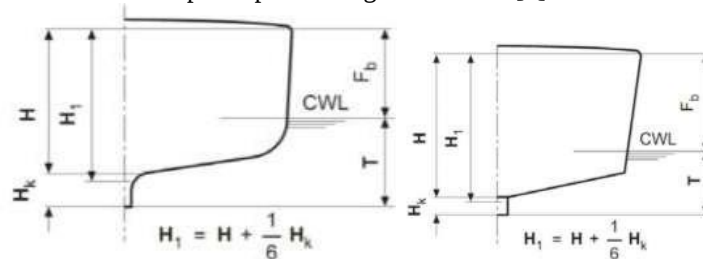
Draft T dalam [m] adalah jarak vertikal, diukur setengah jalan sepanjang LWL, antara bidang pengapungan kapal dalam kondisi siap beroperasi dan tepi bawah lunas.

G. Jarak gading a

Jarak a dalam [m] rangka memanjang dan melintang diukur dari tepi cetakan ke tepi cetakan.

H. Kecepatan v

Kecepatan v adalah kecepatan maksimum yang diharapkan dalam knot [kn] kapal dalam kondisi siap beroperasi dengan mulus air [9].



Gambar 3. Dimensi Utama [3]

2.4.2. Jarak Gading Melintang

1. Modulus penampang rangka melintang di belakang 0.25L dari ujung depan tidak boleh kurang dari nilai yang diperoleh dari rumus berikut:

$$W = 32 \cdot a \cdot h \cdot l^2 \quad (5)$$

Dimana :

a = Jarak Gading (m)

l = Jarak vertikal dari bagian atas laminasi bagian dalam atau lantai dasar tunggal pada sisi ke bagian atas balok geladak bagian atas pada sisi [m]. Untuk rangka di belakang 0.25L dari ujung depan, L harus diukur di Tengah kapal. Untuk bingkai antara 0.25L dan 0.15L dari ujung depan, $\ddot{y}$ harus diukur pada 0.25L dari ujung depan.

h = Jarak vertikal dari ujung bawah $\ddot{y}$ di tempat pengukuran ke titik $T + 0.026L$ [m] di atas titik dasar H [m]. Namun jika jaraknya kurang dari 0.5H [m], h diambil sebagai 0.5H [m]

2. Modulus penampang rangka melintang di depan 0.25L dari ujung belakang tidak boleh kurang dari yang diperoleh dari rumus berikut:

$$W = 37.5 \cdot a \cdot h \cdot l^2 \quad (6)$$

Dimana :

a = Jarak Gading (m)

l = Jarak vertikal dari bagian atas laminasi bagian dalam atau lantai dasar tunggal pada sisi ke bagian atas balok geladak bagian atas pada sisi [m]. Untuk rangka di belakang 0.25L dari ujung depan, L harus diukur di Tengah kapal. Untuk bingkai antara 0.25L dan 0.15L dari ujung depan, $\ddot{y}$ harus diukur pada 0.25L dari ujung depan.

h = Jarak vertikal dari ujung bawah $\ddot{y}$ di tempat pengukuran ke titik $T + 0.026L$ [m] di atas titik dasar H [m]. Namun jika jaraknya kurang dari 0.5H [m], h diambil sebagai 0.5H [m]

2.4.3. Sisi Membujur

Modulus penampang longitudinal samping di bawah geladak atas untuk bagian tengah kapal tidak boleh kurang dari yang diperoleh dari rumus berikut:

$$W = 49 \cdot a \cdot h \cdot l^2 \quad (7)$$

Dimana :

a = Jarak Gading (m)

h = Jarak vertikal dari ujung bawah $\ddot{y}$ di tempat pengukuran ke titik $T + 0.026L$ [m] di atas titik dasar H [m]. Namun jika jaraknya kurang dari 0.5H [m], h diambil sebagai 0.5H [m]

l = Jarak antara sekat melintang, atau di mana gading-gading dipasang jarak antara gading- gading atau antara sekat melintang dan gading-gading termasuk panjang sambungan ujung [m].

2.4.4. Shell Laminasi Konstruksi Sandwich

Ketebalan agregat lapisan dalam, lapisan luar dan inti konstruksi *sandwich* tidak boleh kurang dari yang diperoleh dari rumus berikut, mana yang lebih besar [10].

$$t_a = C_1 \cdot a \cdot (T + 0.026L) \quad (8)$$

$$t_a = C_2 \cdot T_f \quad (9)$$

Dimana :

T_f = Ketebalan dalam hal konstruksi kulit tunggal yang ditentukan dalam battom shell atau side shell [mm].

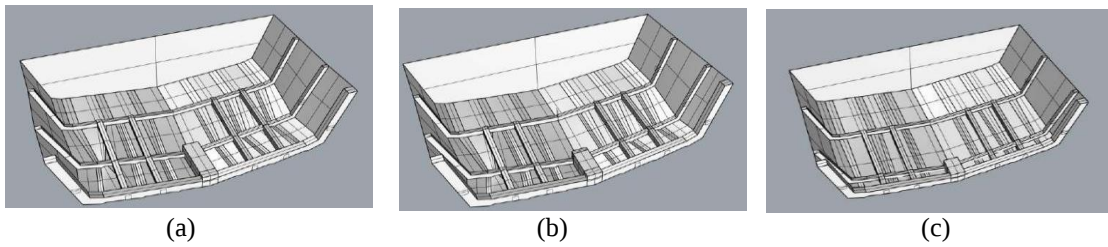
a = Spasi bingkai [m].

C_1 = Koefisien

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Variasi Jarak Gading pada Buritan Kapal

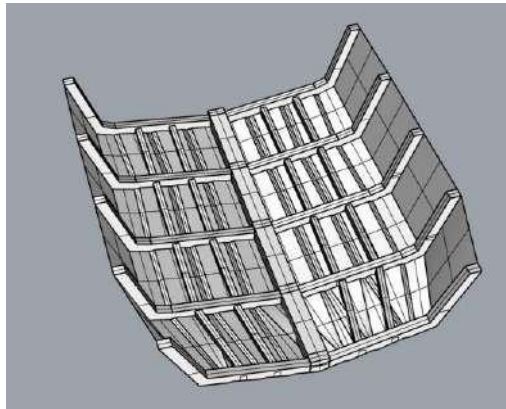
Variasi jarak gading pada buritan kapal dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Buritan Kapal dengan Jarak Gading 0,35 L (a) 0.4 L (b) dan 0.45 L (c)

3.2. *Midship* kapal

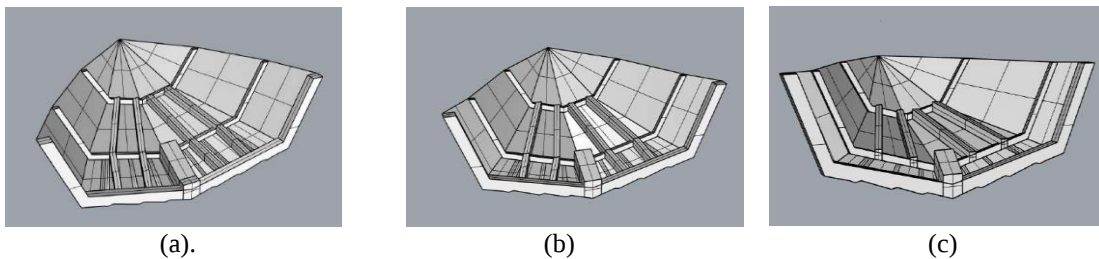
Midship kapal yang digunakan seperti pada Gambar 5



Gambar 5. *Midship* Kapal

3.3. Variasi Jarak Gading Haluan Kapal

Adapun variasi jarak gading haluan kapal sebagaimana pada Gambar 6



Gambar 6. Haluan Kapal dengan Jarak Gading 0,35 L (a) 0.4 L (b) dan 0.45 L (c)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Utama Kapal

Data utama kapal didapat dari data kapal pembanding dengan data utama kapal sebagaimana Tabel 1.

Tabel 1. Data Utama Kapal

Data	Keterangan	Satuan
Tipe	Boat Wisata	
LoA	4	M
B	2.1	M
T	0.25	M
H	0.6	M
Vs	10	Knot
Kapasitas	3	Orang

4.2 Perhitungan Konstruksi

Sesuai dengan *rules* BKI vol V Perhitungan konstruksi merupakan perhitungan untuk mencari nilai kekuatan dari konstruksi kapal.

4.2.1 Basic External Dynamic Load

Perhitungan menggunakan persamaan 1

$$\begin{aligned}P_0 &= 2.1 \times (0.483 + 0.7) \times 2.556 \times 0.21 \times 0.6 \\P_0 &= 0.803 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

4.2.2 Load on Ship's Bottom (Dasar Kapal)

Perhitungan menggunakan persamaan 3

$$\begin{aligned}P_B &= 10 \times 0.7 + 1.73 \times 1.69 \\P_B &= 9.9 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

4.2.3 Modulus penampang rangka melintang di belakang 0.25L dari ujung depan tidak boleh kurang dari yang diperoleh dari persamaan 5

$$\begin{aligned}W &= 32 \times 0.5 \times 0.35 \times 0.6^2 \\W &= 2.016 \text{ m}^4\end{aligned}$$

4.2.4 Modulus penampang rangka melintang di depan 0,25L dari ujung belakang tidak boleh kurang dari yang diperoleh dari persamaan 6.

$$\begin{aligned}W &= 37.5 \times 0.5 \times 0.35 \times 0.6^2 \\W &= 2.36 \text{ m}^4\end{aligned}$$

4.2.5 Sisi Membujur

Modulus penampang longitudinal samping di bawah geladak atas untuk bagian tengah kapal harus lebih dari yang diperoleh persamaan 7

$$\begin{aligned}W &= 49 \times 0.5 \times 0.6 \times 0.6^2 \\W &= 5.29 \text{ m}^4\end{aligned}$$

4.2.6 Shell Laminasi Konstruksi Sandwich

Ketebalan agregat lapisan dalam, lapisan luar dan inti konstruksi *sandwich* harus lebih dari yang diperoleh persamaan 9 dengan nilai yang lebih besar.

$$\begin{aligned}t_a &= 1.24 \times 5.6 \\t_a &= 6.94 \text{ mm}\end{aligned}$$

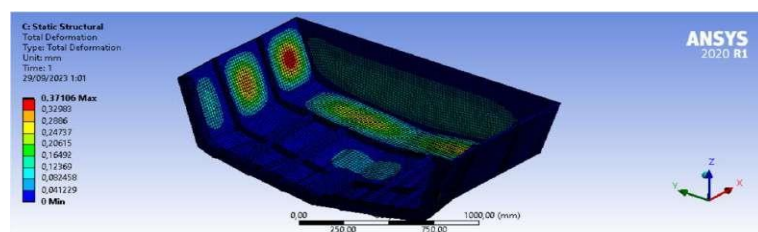
4.3 Simulasi Model Finite Element Method (FEM)

Setelah perhitungan secara manual selesai kemudian masuk ke simulasi dengan tujuan untuk mengetahui konstruksi yang menerima *stress* dan deformasi paling besar.

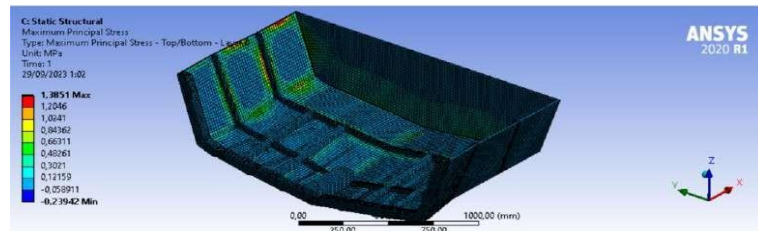
4.3.1 Analisa dan Pembebanan Pada buritan

1. Hasil Analisa Jarak Gading 0.35 m

Hasil analisa deformasi buritan 0.35 dan analisa maksimum *stress* buritan 0.35 dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

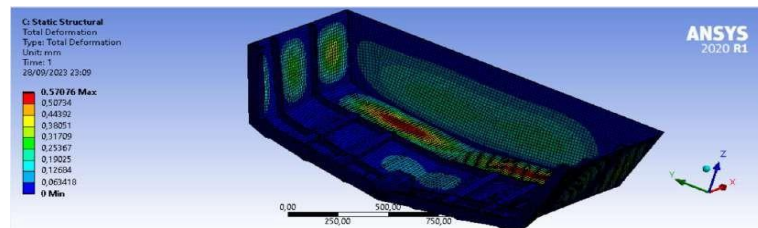


Gambar 7. Hasil Analisa deformasi buritan 0.35

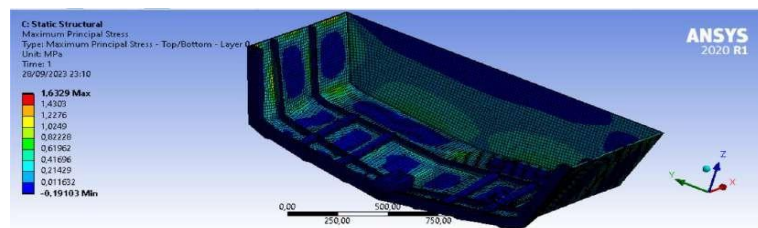


Gambar 8. Hasil Analisa maksimum stress buritan 0.35

2. Hasil Analisa Jarak Gading 0,4 m
Hasil analisa deformasi buritan 0.4 dan analisa maksimum stress buritan 0.4 sebagaimana pada Gambar 9 dan Gambar 10.

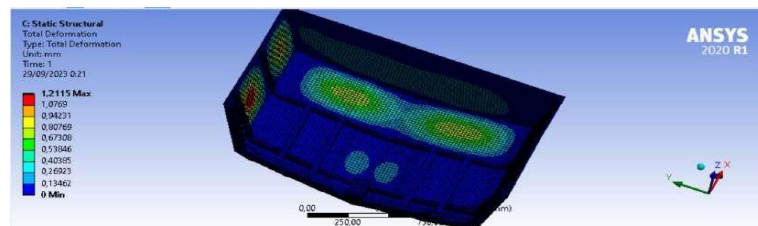


Gambar 9. Hasil Analisa deformasi buritan 0.4

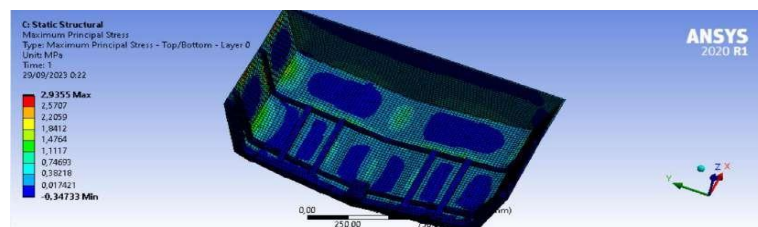


Gambar 10. Hasil Analisa maksimum stress buritan 0.4

3. Hasil Analisa Jarak Gading 0.45 m
Adapun hasil analisa deformasi buritan 0.45 dan analisa maksimum stress buritan 0.45 seperti Gambar 11 dan Gambar 12.

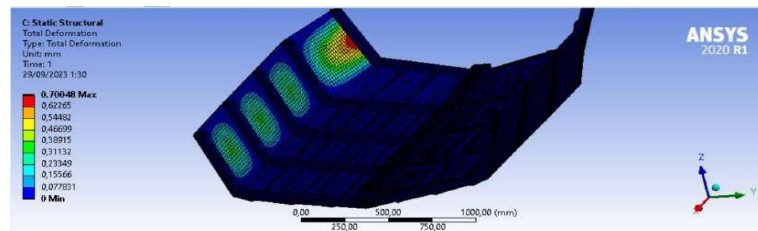


Gambar 11. Hasil Analisa deformasi buritan 0.45

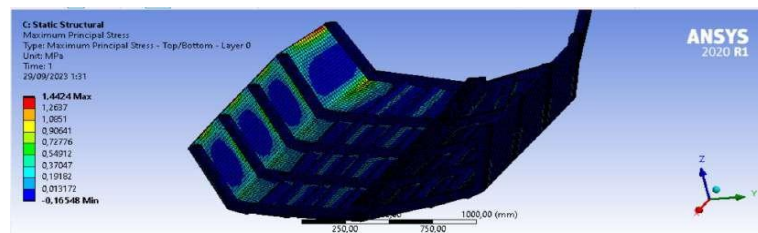


Gambar 12. Hasil Analisa maksimum stress buritan 0.4

- 4.3.2 Analisa dan Pembebanan pada bagian midship
Adapun hasil analisa dan pembebanan deformasi bagian *midship* dan analisa maksimum *stress* pada bagian *midship* sebagaimana Gambar 13 dan Gambar 14.

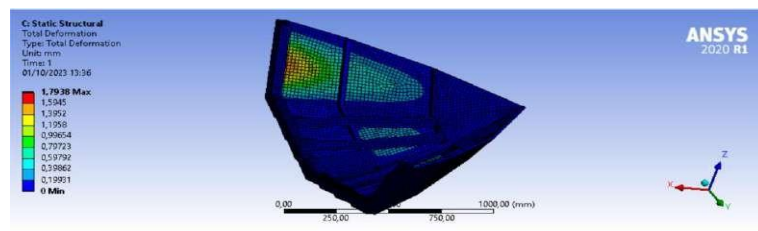


Gambar 13. Hasil Analisa deformasi *midship*

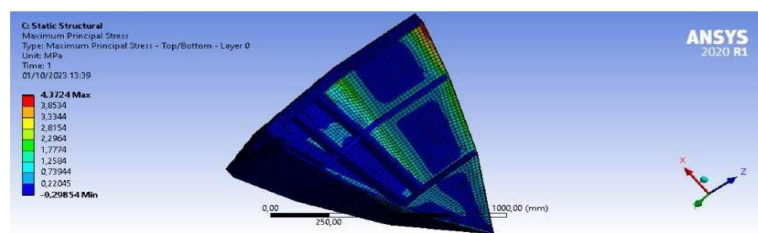


Gambar 14. Hasil Analisa maksimum *stress midship*

- 4.3.3 Analisa dan Pembebanan pada Bagian haluan
1. Hasil Analisa Jarak gading 0,35 m
Adapun hasil analisa deformasi bagian haluan 0.35 dan analisa maksimum *stress* haluan 0.35 sebagaimana Gambar 15 dan Gambar 16.

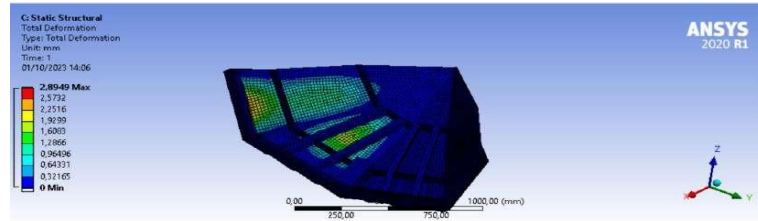


Gambar 15. Hasil Analisa deformasi Haluan 0.35

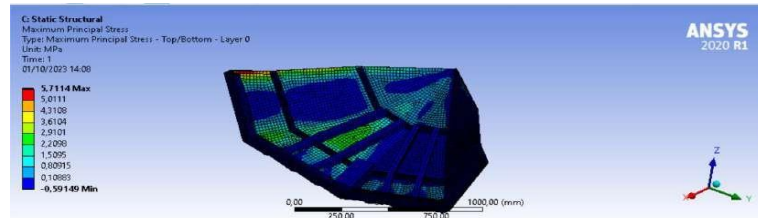


Gambar 16. Hasil Analisa maksimum *stress* haluan 0.35

2. Hasil Analisa Jarak gading 0.4 m
Adapun hasil analisa deformasi haluan 0.4 dan analisa maksimum *stress* haluan 0.4 sebagaimana Gambar 17 dan Gambar 18.

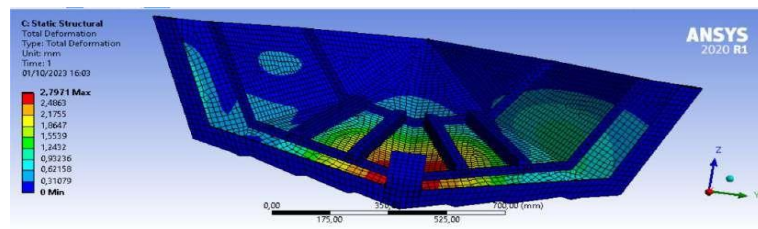


Gambar 17. Hasil Analisa Deformasi Haluan 0.4

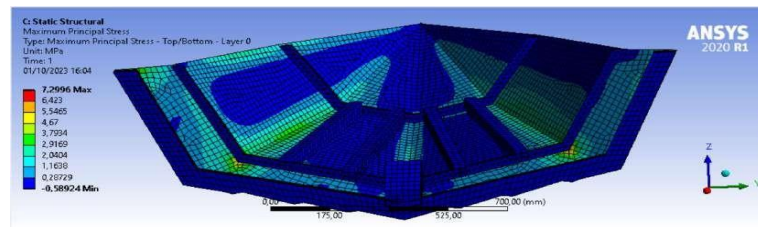


Gambar 18. Hasil Analisa maksimum stress haluan 0.4

3. Hasil Analisa Jarak gading 0.45 m
Adapun hasil analisa deformasi haluan 0,45 dan analisa maksimum *stress* haluan 0,45 sebagaimana Gambar 19 dan Gambar 20.



Gambar 19. Hasil Analisa Deformasi Haluan 0.45

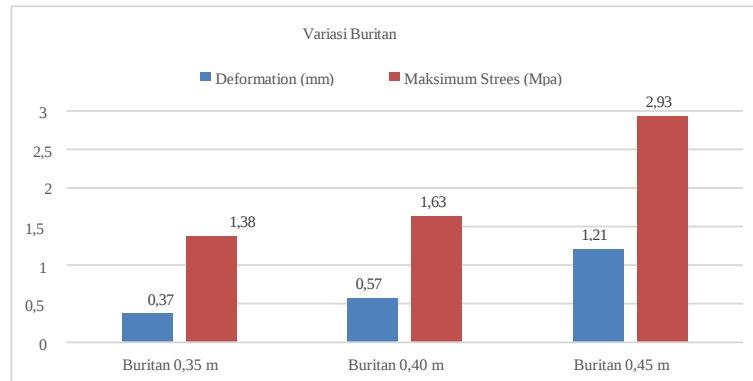


Gambar 20. Hasil Analisa maksimum stress haluan 0.45

4.4 Rekapitulasi Hasil Analisa

4.4.1 Variasi Buritan

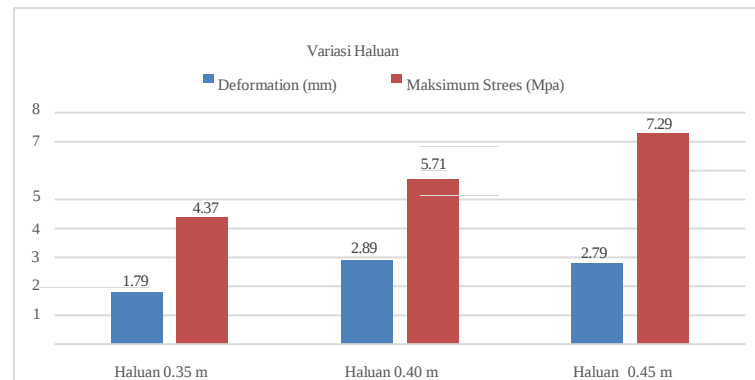
Analisa hasil analisa variasi buritan dari deformasi dan maksimum *strees* dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Hasil Analisa Buritan

4.4.2 Variasi Haluan

Analisa hasil analisa variasi haluan dari deformasi dan maksimum *strees* dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Hasil Analisa Haluan

Hasil pengujian dari semua Variasi buritan dan semua variasi Haluan ada beberapa yang masuk dari standart BKI. Untuk *standart* deformasi menurut BKI Vol 1 peraturan dan klasifikasi survei maksimal deformasi yaitu 2 mm untuk kapal non-metal untuk kapal dibawah 12 m sedangkan untuk principal maksimal strees nilai maksimal yaitu 1.5 MPa untuk kapal dibawah 12 m oleh karena itu dari semua variasi yang ada pada penelitian ini diambil untuk buritan menggunakan variasi dengan jarak gading 0.35 m sedangkan untuk bagian Haluan menggunakan variasi Haluan 0.35 m.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan sebagaimana berikut:

1. Hasil perhitungan menggunakan BKI Volume V didapat dari ketebalan *frame* yang digunakan seperti untuk bagian buritan didapat nilai 2.36 mm, *Midship* 5.29 mm, dan Haluan 2.06 mm dan juga ketebalan dari kulit kapal yaitu 7 mm
2. Variasi yang paling kuat untuk bagian dengan jarak gading 0.35 m dan untuk bagian Haluan yang paling kuat adalah jarak gading 0.35 m dapat disimpulkan bahwasanya semakin dekat jarak gading kekuatan yang akan semakin besar atau semakin kuat.
3. Analisa kekuatan konstruksi ini menggunakan hasil dari analisa yang paling kuat sesuai *standart* dari BKI dengan jarak gading 0.35 m untuk buritan dan 0.35 m untuk Haluan.

5.2 Saran

Adapun saran untuk selanjutnya adalah:

1. Analisa lebih lanjut mengenai kekuatan konstruksi kapal *boat* wisata

2. Perlu dilakukan pengembangan analisa untuk mengetahui umur kelelahan struktur material kapal setelah adanya beban yang terjadi pada kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Chasanah, U., & Sulistyowati. (2017). Penerapan Manajemen Konstruksi Dalam Pelaksanaan Konstruksi. *Neo Teknika*, 35-39.
- [2] Darma, Y. Y. E. (2023). Penentuan Dimensi Utama Kapal Penangkap Ikan Dengan Metode Optimisasi Perbandingan Rasio Parameter Kapal Berdasarkan Kurva Hidrostatik. *Jurnal Inovasi Teknologi Manufaktur, Energi dan Otomotif*, 1(2), 116-128.
- [3] Hidayat, A., Inprasetyobudi, H., & Darma, Y. Y. E. (2021). Design and Modeling of Catamaran Flat Plate Ship with Bottom Glass Concept to Improve Tourism Underwater in Bangsring Banyuwangi. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 18(3), 140-150.
- [4] Surbakti, A. G., Kamil, A. S., Ginting, I. B. B., & Darma, Y. Y. E. (2023). Concept Design Kapal Penumpang Guna Mengurangi Angka Kecelakaan Kapal Di Danau Toba. *Jurnal Teknologi Maritim*, 6(2), 28-33.
- [5] Jonathan Whiteley. (2017). *Finite Element Methods, a Practical Guide*. Springer: Switzerland.
- [6] Darma, Y. Y. E., Inprasetyobudi, H., Utomo, R. E. P., Wibowo, G. H., Hidayat, A., & Saragih, A. D. (2023). Motions Analysis Investigation of a 12 Meter Catamaran Tourism Boat on Passenger Comfort Criteria Case Study" MV Garuda Ngelayang". *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 8(2).
- [7] Myseatime. (2016, oktober). Retrieved from 10 Simple Terms to Understand Ship Construction Better [Online]: <https://www.myseatime.com/blog/detail/10-simple-terms-to-understand-ship-construction-better>
- [8] Pratama, H. M. (2020). Analisis Kekuatan Konstruksi Car Deck Kapal Penyeberangan 1000 GT Akibat Perubahan Muatan Dengan Metode Elemen Hingga. *Teknik Perkapalan*, 426-434.
- [9] Priangoro, ridho. (2018). Analisis permodelan struktur konstruksi kapal ikan bambu laminasi kapasitas 20 GT. *Jurnal Teknik ITS*, 76-80
- [10] Rachman, A., Totok, Y., dan Dony, S. (2018). Perancangan Aplikasi Perhitungan dan Optimasi konstruksi Profil pada Midship Kapal Berdasarkan Rule Biro Klasifikasi Indonesia. *Jurnal Teknik ITS*. Vol.7, No.1. G12-G18.