

Pengembangan Desain Sambungan Gading-Gading Kapal Tradisional Bagan Siapiapi Menggunakan *Software* Berbasis Elemen Hingga

Reysca Admi Aksa¹, Yohanes², Musthafa Akbar³

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

e-mail: ¹reysca.aksa@gmail.com, ²yohanes_tmesin@yahoo.com, ³akbarmst@gmail.com

ABSTRACT

The traditional ships in Bagan Siapiapi, Riau province have been made in many decades. However, design of structural ships are still used a conventional method in process of manufacture, installation and selection of raw materials. The objective of this study is to find optimum design of Bagan Siapiapi's traditional ship structural joints by improving the design. The simulation method was performed in this study. A computer Aided Design and Computer Aided Engineering finite element-based software were used for determining of optimum design of Bagan Siapiapi's traditional ship structural joints. The design of ship material used the wood of Keruing and Meranti. Bolts or glue were used as fastener for ship structural joints. The simulation model selected Bouyancy of 61840 Newton and specific gravity of 9.81 m/s² for loads at ship structural joints. Based simulation, Keruing wood was better than Meranti wood for material of ship structural design. The result had obtained "Sambungan Bibir Lurus Berkait", which 4 pieces of bolts of 14 mm diameter for fastening as an optimum design. The maximum stress obtained 217.51 MPa at joint area, while minimum stress of 0.32896 MPa at the bolts. The maximum strain was obtained 0.0835 mm/mm in joint area and minimum strain of 1.64x10⁻⁶ mm/mm on the bolts. Total deformation was obtained 1.605 mm on joint area.

Keywords: Design Improvement, Joint, Wood, Ship, Finite Element

1. Latar Belakang

Bagan Siapiapi juga dikenal dengan galangan kapal tradisional terbesar di Indonesia. Kapal buatan Bagan Siapiapi sudah banyak digunakan di luar Riau sebagai kapal jaring untuk menangkap ikan. Kapal di Bagan Siapiapi mayoritas menggunakan kayu berjenis khusus yang mampu menahan gelombang. Kelangkaan jenis kayu ini membuat usaha galangan kapal di Bagan Siapiapi meredup. Kayu pada sambungan kapal relatif terkena gelombang air laut yang tidak menentu sehingga perlu dilakukan studi khusus pada bagian sambungan kapal.

Damanik, 2014. melakukan penelitian titik berat dan estimasi kapasitas kapal tradisional Bagan Siapiapi. Dalam pengembangan penelitian tersebut, disarankan untuk melakukan studi titik kritis untuk pengembangan desain sambungan berdasarkan tegangan pada konstruksi dan sambungan kapal. Analisis tegangan material merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam menentukan kuat tidaknya struktur konstruksi kapal. Kapal tradisional dan teknik pembuatannya masih didiskusikan secara ilmiah, serta penelitian-penelitian analisis tegangan untuk mengembangkan konstruksi kapal tradisional dari kayu sangat jarang dilakukan.

Distribusi beban yang tidak merata dan gelombang air laut yang tidak beraturan dan berulang pada kapal yang berlayar menyebabkan struktur kapal terjadi tegangan dan regangan (Chabibi dkk, 2013). Pada kapal, terjadi kombinasi beban gaya hidrostatik dan hidrodinamis (gelombang) yang menyebabkan terjadi momen bending dan gaya geser sehingga perlu adanya perhatian khusus dalam analisis tegangan maksimal pada lokasi titik kritis yang nantinya akan digunakan untuk perhitungan kekuatan suatu konstruksi kapal. Untuk mengetahui tegangan maksimum yang terjadi dilakukan analisis menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan

CAE (*Computer Aided Engineering*) atau *Software* berbasis elemen hingga. Pengembangan desain sambungan ini dilakukan untuk pengembangan penelitian kapal tradisional di Bagan Siapiapi sehingga usaha galangan kapal di Bagan Siapiapi dapat dimaksimalkan kapal buaatannya.

Seiring dengan kelangkaan kayu atau material kapal yang digunakan, diharapkan dengan dilakukannya pengembangan desain dan studi titik kritis analisis tegangan pada sambungan kapal tradisional Bagan Siapiapi dapat menemukan nilai kritis dari sambungan. Sehingga kedepannya penggunaan kayu pada sambungan kapal dapat dioptimalkan, baik dalam pembuatan ataupun penggunaannya, sehingga sambungan kapal dapat bertahan lama apabila terkena gelombang air laut saat digunakan untuk meningkatkan keselamatan saat melakukan navigasi. Tujuan penelitian ini adalah melakukan pengembangan desain sambungan gading-gading kapal menggunakan bantuan *Software* berbasis elemen hingga untuk mendapatkan kekuatan dari berbagai jenis sambungan yang dikembangkan sehingga didapat desain sambungan unggulan untuk digunakan pada kapal tradisional Bagan Siapiapi.

2. Metodologi

2.1 Sambungan Lem

Berdasarkan ketentuan BKI (Biro Klasifikasi Indonesia)^[1], untuk bagian lunas, linggi, gading-gading, wrang, balok geladak tidak diperlukan tambahan sekrup atau paku keling tambahan. Tebal lapisan kurang lebih sepersepuluh tinggi, tetapi tidak boleh kurang dari 5 mm dan tidak boleh lebih dari 20 mm. Pengujian sambungan lem untuk pengujian sambungan kayu yang dilem harus:

1. Benda uji diambil langsung dari bagian yang dilem
2. Bagian yang dilem harus diberi panjang tambahan minimal 150 mm

- Pengujian dilakukan minimal 10 % dari gading-gading, balok geladak dan semua unsur kekuatan bujur yang penting
- Benda uji tidak boleh diberi penanganan akhir melebihi dari yang diberikan pada bagian konstruksi sebenarnya.

2.2 Sambungan Dengan Baut

Diameter baut yang digunakan pada sambungan kayu berdasarkan aturan BKI^[3] dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Diameter baut yang digunakan berdasarkan lebar gading atau tebal kayu

Lebar gading atau tebal kayu (mm)	Diameter baut (mm)
1	2
Sampai 80	12
80 sampai 90	13
90 sampai 100	14
100 sampai 110	15
110 sampai 120	16
120 sampai 130	17
130 sampai 140	18
140 sampai 150	19
150 sampai 160	20
160 sampai 175	21
175 sampai 185	22
185 sampai 200	23
200 sampai 210	24

Tebal dari gading-gading itu sendiri 100 mm, maka diameter yang baut digunakan adalah 14 mm. untuk jumlah baut yang digunakan pada sambungan kayu dapat dilihat berdasarkan Tabel 2 dimana tinggi lunas kapal tradisional Bagan Siapiapi adalah 230 mm, maka jumlah baut yang digunakan adalah 4 buah.

Tabel 2. Jumlah baut berdasarkan Lunas Kapal

Tinggi lunas (mm)	Jumlah
1	2
Sampai 240	4
240 sampai 290	5
290 sampai 340	6
340 sampai 390	7
390 sampai 440	8
440 sampai 490	9

Tata letak baut pada sambungan kayu Bagan Siapiapi memiliki jarak tertentu. Jarak tepi minimum dan jarak antar baut dapat dicari menggunakan Tabel 3.

Tabel 3. Jarak tepi minimum sambungan baut

Tepi dipotong dengan tangan	Tepi dipotong dengan mesin	Tepi profil bukan hasil potongan
$1,75d_b$	$1,50d_b$	$1,25d_b$

Dimana:

$$3d_b \leq S \leq 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,75d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$S2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tepi baut (S1)} = 1,75 \times 14 \text{ mm} = 24,5 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tepi baut tidak terbebani} = \text{Jarak tepi baut (S1)} = 24,5 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut (S)} = 275 \text{ mm} - (24,5(2) + 14 \text{ mm}) = 212 \text{ mm}$$

2.3 Pembebanan

Pembebanan yang terjadi pada kapal dibatasi hanya pembebanan eksternal, yaitu meliputi gaya apung dan gaya berat kapal itu sendiri. Gaya apung (*Bouyancy*) didapat berdasarkan volume tenggelam kapal, massa jenis fluida dan gaya gravitasi. Volume terendam kapal tradisional Bagan Siapiapi didapat dari penelitian sebelumnya, yaitu total massa kapal dibagi massa jenis fluida. Total massa kapal adalah 6308,04 kg (damanik, 2014). Maka volume terendam dapat dicari dengan menggunakan persamaan.

$$V_{\text{terendam}} = \frac{\text{Massa Kapal}}{\rho_{\text{fluida}}}$$

$$V_{\text{terendam}} = \frac{6308,04 \text{ Kg}}{1025 \text{ Kg/m}^3} = 6,15 \text{ m}^3$$

Dengan menggunakan persamaan gaya apung, maka gaya apung didapat adalah:

$$F_{\text{apung}} = \rho_{\text{air laut}} \cdot g \cdot V_{\text{terendam}}$$

$$F_{\text{apung}} = 1025 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 6,15 \text{ m}^3$$

$$F_{\text{apung}} = 61839,7875 \text{ Newton}$$

2.4 Material

Bahan yang digunakan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh damanik, 2004, kayu Keruing dan Meranti merupakan 2 jenis kayu yang banyak digunakan. sifat mekanik kayu Keruing dan Meranti dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5. Sifat mekanik kayu yang dibutuhkan hanya 9 variabel saja (Raharjo, 2015). Rasio dari perbandingan arah serat untuk modulus elastisitas kayu dan modulus geser kayu didasari asumsi perbandingan yang terdapat pada referensi pada studi sebelumnya (Moses, 2002).

Material untuk baut yang digunakan adalah material standar (*default*), yaitu *Structural steel*, sifat mekanik material baut dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 4 Sifat Mekanik Kayu Keruing

Kayu Keruing
Densitas = 780 Kg/m^3
Modulus Elastisitas (x) = 15000 MPa Modulus Elastisitas (y) = 10000 MPa Modulus Elastisitas (z) = 833,33 MPa
Modulus Geser (xy) = 1379 MPa Modulus Geser (yz) = 114,91 MPa Modulus Geser (xz) = 91,33 MPa
<i>Poisson's Ratio</i> = 0,33 <i>Poisson's Ratio</i> = 0,33 <i>Poisson's Ratio</i> = 0,33

Tabel 5. Sifat Mekanik Kayu Meranti

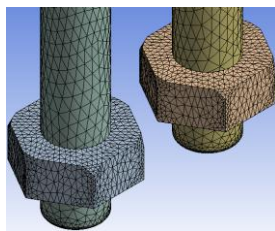
Kayu Meranti	
Densitas	$= 865 \text{ Kg/m}^3$
Modulus Elastisitas (x)	$= 13900 \text{ MPa}$
Modulus Elastisitas (y)	$= 9266,66 \text{ MPa}$
Modulus Elastisitas (z)	$= 772,22 \text{ MPa}$
Modulus Geser (xy)	$= 1379 \text{ MPa}$
Modulus Geser (yz)	$= 114,91 \text{ MPa}$
Modulus Geser (xz)	$= 91,33 \text{ MPa}$
Poisson's Ratio	$= 0,33$
Poisson's Ratio	$= 0,33$
Poisson's Ratio	$= 0,33$

Tabel 6. Sifat Mekanik Structural Steel

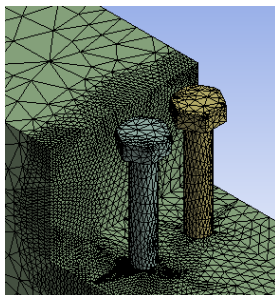
Densitas	7850 Kg/m^3
Modulus Elastisitas	200 GPa
Poisson's ratio	$0,3$
Bulk Modulus	$166,7 \text{ GPa}$
Shear Modulus	$76,9 \text{ GPa}$
Yield Strength	250 MPa
Ultimate Tensile Strength	460 MPa

2.5 Pemodelan dan Meshing

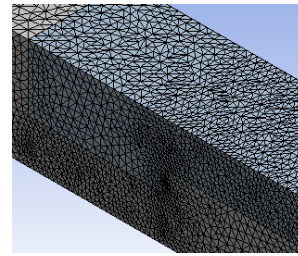
Pemodelan pada *software* berbasis elemen hingga dilakukan untuk menentukan total *mesh* atau elemen, *meshing* diperlukan untuk menentukan domain-domain hasil yang terjadi. *Meshing* pada Sambungan yang diterapkan yaitu tipe *Coarse* atau *Default*. Secara umum untuk ukuran *mesh* yang diterapkan secara otomatis (*default size*), namun pada bagian-bagian yang mengalami kontak dan rentan (mengalami tegangan yang besar) seperti pada bagian sambungan atau baut sebaiknya digunakan *refinement mesh* 1 sampai 2 kali Seperti ditunjukkan pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 3.



Gambar 1. Refinement pada Baut



Gambar 2. Meshing Pada Sambungan Baut dengan refinement pada kontak antara sambungan dengan baut



Gambar 3. Refinement mesh pada daerah kontak sambungan

2.6 Definisi Kontak

Untuk sambungan Lem, definisi kontak yang diberikan adalah *Frictionless* dengan *Interface treatment* dianggap *Adjust to touch* untuk mendefinisikan bahwasannya kedua sambungan dilekatkan satu sama lain tanpa ada jarak (*offset*). Hal ini dikarenakan asumsi bahwa 2 benda yang disatukan/dikaitkan dengan lem memiliki nilai koefisien gesek mendekati tak hingga. Hal ini juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pemilihan lem kayu yang memiliki tingkat lekat *super* atau *hyper glue*.

Definisi kontak pada sambungan baut seluruhnya adalah *frictional* (gesekan) sehingga memiliki nilai koefisien gesek. Besarnya nilai koefisien gesek ditentukan berdasarkan gesekan yang terjadi adalah 2 *body* baik gesekan antara kayu-logam, logam-logam maupun kayu-kayu. Untuk mengetahui nilai koefisien gesek pada setiap daerah kontak dapat ditentukan berdasarkan Tabel 7. Berdasarkan Tabel 7, maka nilai koefisien gesek seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

Tabel 7. Nilai Koefisien Gesek 2 Body (Theory Of Dry Coefficient)

Material	Coefficient of Station Friction, μ_s
<i>Metal on metal</i>	$0,15 - 0,20$
<i>Masonry on masonry</i>	$0,60 - 0,70$
<i>Wood on wood</i>	$0,25 - 0,50$
<i>Metal on masonry</i>	$0,30 - 0,70$
<i>Metal on wood</i>	$0,20 - 0,60$
<i>Rubber on concrete</i>	$0,50 - 0,90$

Name	Contact Side	
✓ Frictional - Bibir Miring Berkait Bawah: 1 To Bibir Miring Berkait Atas:1	Both	0,40
✓ Frictional - Bibir Miring Berkait Bawah: 1 To Baut 14 mm XY:1	Both	0,20
✓ Frictional - Bibir Miring Berkait Bawah: 1 To Baut 14 mm XY:2	Both	0,20
✓ Frictional - Bibir Miring Berkait Bawah: 1 To Baut 14 mm XY:3	Both	0,20
✓ Frictional - Bibir Miring Berkait Bawah: 1 To Baut 14 mm XY:4	Both	0,20
✓ Frictional - Bibir Miring Berkait Atas: 1 To Baut 14 mm XY:1	Both	0,20
✓ Frictional - Bibir Miring Berkait Atas: 1 To Baut 14 mm XY:2	Both	0,20
✓ Frictional - Bibir Miring Berkait Atas: 1 To Baut 14 mm XY:3	Both	0,20
✓ Frictional - Bibir Miring Berkait Atas: 1 To Baut 14 mm XY:4	Both	0,20
✓ Frictional - Bibir Miring Berkait Atas: 1 To Mur 14 mm XY:1	Both	0,20
✓ Frictional - Bibir Miring Berkait Atas: 1 To Mur 14 mm XY:2	Both	0,20
✓ Frictional - Bibir Miring Berkait Atas: 1 To Mur 14 mm XY:3	Both	0,20
✓ Frictional - Bibir Miring Berkait Atas: 1 To Mur 14 mm XY:4	Both	0,20
✓ Frictional - Baut 14 mm XY:1 To Mur 14 mm XY:4	Both	0,20
✓ Frictional - Baut 14 mm XY:2 To Mur 14 mm XY:1	Both	0,20
✓ Frictional - Baut 14 mm XY:3 To Mur 14 mm XY:3	Both	0,20
✓ Frictional - Baut 14 mm XY:4 To Mur 14 mm XY:2	Both	0,20

Gambar 4. Nilai Koefisien Gesek Setiap Kontak

2.7 Kondisi Batas

Kondisi batas diperlukan untuk menanggulangi *rigid body motion* pada keseluruhan model (Parunov et al, 2009). Pada sambungan Lem, gaya yang bekerja sesuai dengan hukum Archimedes adalah gaya apung (*buoyancy*) sebesar 61840 Newton di 2 bidang (sambungan atas dan sambungan bawah) pada arah $-z$, dan gaya gravitasi sebesar $9,806 \text{ m/s}^2$ pada arah z . Kedua ujung geometri diberi tumpuan jepit (*fixed support*) pada arah x dan $-x$. Kondisi batas untuk sambungan lem dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Kondisi Batas Sambungan Lem

Gaya Yang bekerja	Sumbu					
	x	-x	y	-y	z	-z
Gaya Apung	-	-	-	-	-	√
Gaya Gravitasi	-	-	-	-	√	-
Tumpuan	√	√	-	-	-	-

Sambungan baut memiliki 2 arah gaya tambahan yang bekerja, yaitu *bolt pretension* pada arah y dan $-y$, seperti ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Kondisi Batas Sambungan Baut

Gaya Yang bekerja	Sumbu					
	x	-x	y	-y	z	-z
Gaya Apung	-	-	-	-	-	√
Gaya Gravitasi	-	-	-	-	√	-
Tumpuan	√	√	-	-	-	-
<i>Bolt Pretension</i>	-	-	√	√	-	-

3. Hasil Dan Pembahasan

Tabel 10. *Equivalent (von-Mises) Stress*

NO	Sambungan	Tegangan Ekuivalen (MPa)		Lokasi Kritis
		Min	max	
1	LKM1	0,1795	191,14	Tumpuan
2	LKM2	0,5372	122,18	Tumpuan
3	LKM3	0,3656	170,24	Sambungan
4	LKM4	0,4521	188,03	Sambungan
5	LKK1	0,2437	126,1	Tumpuan
6	LKK2	0,5363	123,38	Tumpuan
7	LKK3	0,2966	173,1	Sambungan
8	LKK4	0,4762	187,86	Sambungan
9	BKM1	0,0443	1135,2	Baut 14 mm
10	BKM2	0,2268	222,25	Baut 14 mm
11	BKM3	0,352	1972	Baut 14 mm
12	BKM4	0,183	338,32	Baut 14 mm
13	BKM5	0,0454	221,79	Baut 14 mm
14	BKK1	0,4516	1198	Baut 14 mm
15	BKK2	0,329	217,51	Baut 14 mm
16	BKK3	0,363	2095,4	Baut 14 mm
17	BKK4	0,168	341,37	Baut 14 mm
18	BKK5	0,0483	232,3	Baut 14 mm

Tabel 11. *Equivalent Strain Elastic*

NO	Sambungan	Regangan Ekuivalen (mm/mm)		Lokasi Regangan Maksimum
		Min	max	
1	LKM1	0,00012316	0,0672	Sambungan
2	LKM2	0,00034882	0,0578	Sambungan
3	LKM3	0,00009706	0,0475	Tumpuan
4	LKM4	0,00092865	0,0493	Tumpuan
5	LKK1	0,00035553	0,05041	Sambungan
6	LKK2	0,00030595	0,05722	Sambungan
7	LKK3	0,00031579	0,0471	Tumpuan
8	LKK4	0,00088163	0,04895	Tumpuan
9	BKM1	0,00000221	0,2919	Sambungan
10	BKM2	0,00000113	0,0802	Sambungan
11	BKM3	0,00000176	0,3112	Sambungan
12	BKM4	0,00000091	0,0147	Sambungan
13	BKM5	0,00000023	0,0526	Sambungan
14	BKK1	0,00000225	0,2875	Sambungan
15	BKK2	0,00000164	0,0835	Sambungan
16	BKK3	0,00000181	0,3083	Sambungan
17	BKK4	0,00000083	0,0137	Sambungan
18	BKK5	0,00000024	0,0507	Sambungan

Tabel 12. *Total Deformation*

NO	Desain Sambungan	Deformasi (mm)
1	LKM1	24,386
2	LKM2	27,586
3	LKM3	21,293
4	LKM4	21,457
5	LKK1	24,208
6	LKK2	27,179
7	LKK3	20,905
8	LKK4	21,133
9	BKM1	2,583
10	BKM2	1,732
11	BKM3	3,020
12	BKM4	1,6091
13	BKM5	1,5921
14	BKK1	2,489
15	BKK2	1,605
16	BKK3	2,931
17	BKK4	1,4979
18	BKK5	1,4829

Keterangan kode:

B = Sambungan dengan Baut, L = Sambungan dengan Lem, KK = Kayu Keruing, KM = Kayu Meranti, 1 = Bibir Lurus, 2 = Bibir lurus berkait, 3 = Bibir Miring, 4 = Bibir Miring Berkait, 5 = Kunci Jepit

Sambungan Baut Bibir Lurus Berkait Kayu Keruing (BKK2) adalah desain yang diunggulkan karena nilai deformasi yang terjadi adalah yang terkecil dibandingkan desain-desain lainnya, yaitu sebesar 1,605 mm seperti ditunjukkan pada Tabel 12.

Nilai tegangan ekuivalen maksimum yang paling kecil terjadi adalah pada Sambungan Lem Bibir lurus berkait (LKM2) sebesar 122,18 MPa, namun desain sambungan ini memiliki nilai deformasi yang paling besar sebesar 27,586 mm. Sedangkan nilai tegangan ekuivalen pada BKK2 tidak terlalu jauh berbeda dibandingkan LKM2, dengan nilai 217,51 MPa seperti ditunjukkan pada Tabel 10.

Untuk nilai regangan ekuivalen, desain dengan nilai terendah adalah Sambungan Baut bibir miring berkait kayu keruing (BKK4), dengan nilai sebesar 0,0137 mm/mm. Namun pada BKK4, nilai deformasi yang terjadi lebih besar dibandingkan dengan BKK2, yaitu sebesar 14,979 mm dengan tegangan ekuivalen maksimum 341,37 MPa. Sedangkan desain sambungan BKK2, memiliki nilai regangan ekuivalen sebesar 0,0835 mm/mm, sehingga desain sambungan BKK2 masih lebih diunggulkan dibanding BKK4 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 11..

Rendahnya nilai deformasi yang terjadi pada jenis sambungan baut dikarenakan adanya baut yang menahan pergeseran pada arah z dan -z dari sambungan kayu ketika diberi pembebanan. Hal ini juga menghasilkan nilai tegangan ekuivalen yang lebih besar dibandingkan

sambungan lem, yang mana sambungan lem mudah terlepas dari pengikatnya sehingga menghasilkan nilai tegangan ekuivalen yang lebih rendah, namun nilai deformasi yang lebih tinggi.

4. Kesimpulan

Desain Sambungan Bibir Lurus Berkait kayu Keruing (BKK2) dengan menggunakan pengikat 4 buah Baut diameter 14 mm, Menghasilkan nilai tegangan yang terjadi sebesar 217,51 MPa dengan tegangan minimum yang terjadi sebesar 0,32896 MPa. Tegangan maksimum terjadi pada daerah Sambungan, sedangkan tegangan minimum terjadi pada baut 14 mm. Nilai regangan maksimum yang terjadi sebesar 0,0835 mm/mm, dengan regangan minimum yang terjadi sebesar $1,64 \times 10^{-6}$ mm/mm. Regangan terbesar terjadi pada sambungan, dan regangan terendah terjadi pada baut 14 mm. Deformasi yang terjadi sebesar 1,605 mm, nilai deformasi terbesar terjadi pada daerah sambungan yang terkena pembebanan. Nilai ini dapat dilihat sesuai pada Tabel 13, dimana desain yang diunggulkan adalah Sambungan Bibir Lurus Berkait Material Keruing dengan Pengikat 4 Buah baut diameter 14 mm.

Tabel 13. Desain Unggulan untuk Sambungan Gading-gading Kapal Tradisional Bagan Siapiapi berdasarkan Tegangan, Regangan dan Deformasi yang terjadi

NO	Desain Sambungan	Tegangan Ekuivalen Maksimum (MPa)	Regangan Ekuivalen Maksimum (mm/mm)	Deformasi (mm)	Material	Pengikat
1	Sambungan Bibir Lurus Berkait	217,51	0,0835	1,605	Keruing	4 bh Baut Ø14 mm
2	Sambungan Bibir Lurus Berkait	222,25	0,0802	1,732	Meranti	4 bh Baut Ø14 mm
3	Sambungan Bibir Lurus	1198	0,2875	2,489	Keruing	4 bh Baut Ø14 mm
4	Sambungan Bibir Lurus	1135,2	0,2919	2,583	Meranti	4 bh Baut Ø14 mm
5	Sambungan Bibir Miring	2095,4	0,3083	2,931	Keruing	4 bh Baut Ø14 mm
6	Sambungan Bibir Miring	1972	0,3112	3,020	Meranti	4 bh Baut Ø14 mm
7	Sambungan Kunci Jepit	232,3	0,0507	14,829	Keruing	8 bh Baut Ø14 mm
8	Sambungan Bibir Miring Berkait	341,37	0,0137	14,979	Keruing	4 bh Baut Ø14 mm
9	Sambungan Kunci Jepit	221,79	0,0526	15,921	Meranti	8 bh Baut Ø14 mm
10	Sambungan Bibir Miring Berkait	338,32	0,0147	16,091	Meranti	4 bh Baut Ø14 mm
11	Sambungan Bibir Miring	173,1	0,0471	20,905	Keruing	Lem Kayu
12	Sambungan Bibir Miring Berkait	187,86	0,04895	21,133	Keruing	Lem kayu
13	Sambungan Bibir Miring	170,24	0,0475	21,293	Meranti	Lem Kayu
14	Sambungan Bibir Miring Berkait	188,03	0,0493	21,457	Meranti	Lem Kayu
15	Sambungan Bibir Lurus	126,1	0,05041	24,208	Keruing	Lem Kayu
16	Sambungan Bibir Lurus	191,14	0,0672	24,386	Meranti	Lem Kayu
17	Sambungan Bibir Lurus Berkait	123,38	0,05722	27,179	Keruing	Lem Kayu
18	Sambungan Bibir Lurus Berkait	122,18	0,0578	27,586	Meranti	Lem Kayu

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT yang sebesar-besarnya. Bapak Yohanes, ST., MT. dan Musthafa Akbar, ST., MT. yang telah membimbing dengan penuh kesabaran dan memberikan ilmu-ilmu yang bermanfaat kepada penulis didalam menyelesaikan studi ini. Serta bapak dan ibu dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Riau yang telah memberikan ilmu yang berkaitan dengan dasar teknik mesin dan dunia keteknikan kepada penulis selama beberapa tahun ini. Terima kasih pula telah bersedia dalam meluangkan waktunya untuk menolong, memberikan saran, serta kesempatan kepada penulis.

Daftar Pustaka

- [1]Damanik, Pindo E.M. 2014. Estimasi Kapasitas Dan Titik Berat Pada Pembuatan Kapal Jaring Tradisional Di Galangan Kapal Bagan Siapiapi Kabupaten Rokan Hilir Menggunakan *Software*Autodesk Inventor 2010.Universitas Riau. Riau. Jom FTEKNIK Volume 1 No.2 Oktober 2014.
- [2]Chabibi, Erik, Yulianto, Totok, dan Suastika, I Ketut. 2013. “Analisa Tegangan pada *Cross Deck* Kapal Ikan Katamaran 10 GT Menggunakan Metode Elemen Hingga”. Institut Teknologi Sepuluh November. JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 1, (2013) ISSN: 2337-3539
- [3]Biro Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Kapal Laut, 1996, Peraturan Kapal Kayu. Jakarta, Indonesia. Bab 6-7, Page 32-34.
- [4]Brahmantyo, Unnar Dody, 2014. Desain Konstruksi Baja: Sambungan Baut. Indonesia. Desain Konstruksi Baja MK-144020
- [5]Raharjo, Lukki Priantomo, 2015. Analisa Struktur Kapal Kayu Menggunakan Metode Elemen Hingga dan Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia.Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya. KL 4099 Tugas Akhir
- [6]Moses, David M, Prion, Helmut G.L, 2002. Anisotropic Plasticity And Failure Prediction In Wood Composites. University of British Colombia. Canada. ANSYS Conference Papers. <http://ansys.net/collection/736> (diakses 18 Maret 2015)
- [7]Parunov, Joško, Uroda, Tomislav, Senjanovic, Ivo, 2009. Structural Analysis of a General Cargo Ship. Croatia. Journal Brodogradnja: 61(2010)1, 28-33.