

## Perancangan Tempat Tidur Tingkat Lipat pada Ruang Akomodasi ABK Kapal Feri Ro-Ro 1100 GT

Sarah Salsabillah Fiddin<sup>1\*</sup>, I Putu Sindhu Asmara<sup>2</sup>, Fais Hamzah<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri  
Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia<sup>1\*,3</sup>

Program Studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan  
Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia<sup>2</sup>  
E-mail: sarahsalsabillah@student.ppns.ac.id<sup>1\*</sup>

**Abstract** – PT. Adiluhung Saranasegara Indonesia (PT. ASSI) is one of the shipping industries engaged in ship building and maintenance services. This year, PT. ASSI is working on one of the new shipbuilding projects, the 1100 GT ro-ro ferry called KMP. Aceh Hebat 2. This ship has 2 crew accommodation rooms on passenger deck 1 where each room has a limited area and is occupied by 4 crew members. Therefore, PT. ASSI needs furniture that can optimize the space area for the next ship project, with the realization of an innovation in the design of a folding bunk bed. This study uses the Ulrich design method with the output of 3 design concepts, then one selected design is determined in terms of functionality, strength, and operations. Design and analysis of structural strength using Autodesk Fusion 360 software. Design concept 1 was chosen because when it is folded it produces a free area of 4.37 m<sup>2</sup>, and provides a table for crew needs to work on reports. Analysis of the overall structural strength on the selected design concept obtained a minimum safety factor value is 1.81 on the lower frame deck, the maximum safety factor value is 15 on the top frame deck, the maximum von Mises stress value is 137.2 MPa on the lower frame deck, and the minimum von mises stress value is 1,951 x 10<sup>-4</sup> MPa on the top frame deck. The total budget required for its manufacture is Rp. 6.225,402,-.

**Keyword:** Folding Bunk Bed, Space Saving, Crew Accomodation Space, Ulrich Method.

### Nomenclature

$I$	momen inersia
$M_{max}$	momen lentur
$P_{desain}$	pembebanan
$W$	modulus rencana
$\sigma_t$	tegangan tarik / tekan
$\sigma_b$	tegangan <i>bending</i>
$\sigma_{ijtn}$	tegangan ijin tarik / tekan / <i>bending</i>
$\tau_s$	tegangan geser
$\tau_{ijtn}$	tegangan ijin geser
$\Delta$	deformasi
$P_{cr}$	beban kritis
$\tau_a$	tegangan ijin geser baut
$d$	diameter baut
$q$	tekanan permukaan ulir baut
$\tau_b$	tegangan geser baut

### 1. PENDAHULUAN

PT. Adiluhung Saranasegara Indonesia (PT. ASSI) merupakan salah satu industri perkapalan yang bergerak dalam jasa pembangunan dan perawatan kapal. Perusahaan ini sudah membuat banyak kapal feri ro-ro yang merupakan salah satu jenis kapal yang sangat populer di banyak negara, termasuk di Indonesia. Kemampuan untuk berintegrasi dengan sistem transportasi lain dan waktu bongkar muat yang cepat, membuat ro-ro menjadi pilihan utama untuk

pelayaran jarak pendek. Di Indonesia, populasi kapal feri ro-ro yang banyak digunakan untuk pelayaran jarak pendek dengan jarak < 500 mil adalah kapal berukuran  $\leq 1500$  GT. Pada tahun ini, PT. ASSI mengerjakan 2 proyek pembangunan kapal baru yang berukuran  $\leq 1500$  GT. Salah satunya adalah KMP. Aceh Hebat 2 yang merupakan kapal feri ro-ro tipe 1100 GT milik Dinas Perhubungan Aceh yang sudah selesai dibangun. Kapal ini melayani rute Singkil-Pulau Banyak, Balohan Sabang-Pelabuhan Ulee Lheue dan Lintasan Barat ke Pulau Simeulue di Provinsi Aceh. Kapal ini termasuk dalam klaster di bawah 1500 GT yang pada umumnya memiliki karakteristik bangunan atas (*deckhouse*) yang terbatas apabila dibandingkan dengan jumlah Anak Buah Kapal (ABK). Kapal ini memiliki dua ruang akomodasi ABK pada geladak penumpang 1 yang mana masing-masing ruangan ditempati oleh 4 ABK, namun ruangan-ruangan tersebut memiliki area yang sangat terbatas dan didalamnya terdapat furnitur seperti dua buah tempat tidur tingkat (*bunk bed*), 2 buah lemari, 1 unit AC, dan 1 buah gantungan baju dinding. Aspek terpenting dalam interior kapal yaitu furnitur harus memiliki fitur *saving space* mengingat keterbatasan luas ruangan dalam kapal, dan biasanya furnitur yang digunakan merupakan *custom made* (bentuk dan ukuran sesuai permintaan dan disesuaikan

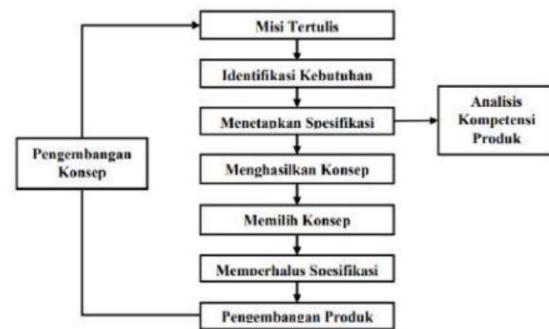
dengan eksisting). Selain itu, untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan penggunaan fasilitas kapal, furnitur yang digunakan dalam kapal harus menempel dengan dinding atau lantai agar furnitur tidak bergerak dalam keadaan kapal apapun. Oleh karena itu, PT. ASSI membutuhkan furnitur yang dapat mengoptimalkan area ruangan menjadi lebih luas dan efisien untuk proyek kapal selanjutnya yang memiliki kondisi ruang akomodasi ABK terbatas sehingga memberikan kenyamanan bagi ABK untuk beraktivitas. Pengoptimalan ruang akomodasi ABK tersebut untuk dapat diwujudkan dengan inovasi perancangan tempat tidur tingkat (*bunk bed*) yang dapat dilipat dengan menggunakan material sisa yang tersedia di PT. ASSI sehingga dapat mengurangi biaya produksi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Ulrich yang diharapkan dapat menghasilkan desain terbaik yang sesuai dengan kebutuhan di ruang akomodasi ABK. Analisis pada penelitian ini menggunakan *software* Autodesk Fusion 360. Penelitian ini tidak meninjau kekuatan las dan pergerakan kapal. Perancangan difokuskan untuk ruang akomodasi ABK berukuran 2,17 x 2,7 meter di geladak penumpang 1 kapal feri ro-ro KMP. Aceh Hebat 2 yang dihuni 4 ABK. Responden yang diperlukan untuk penyusunan daftar kebutuhan produk adalah ABK dan pihak perancang kapal dengan total 9 orang.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Perancangan dan Pengembangan Produk

Produk sebagai suatu yang dijual oleh perusahaan kepada pembeli, perencanaan produk adalah proses periodik yang mempertimbangkan portofolio produk-produk yang dikembangkan oleh organisasi dan waktu pengenalannya ke pasar. Proses perencanaan mempertimbangkan peluang pengembangan produk. Peluang-peluang itu diidentifikasi oleh banyak sumber, mencakup usulan bagian pemasaran, penelitian, pelanggan, tim pengembangan produk, dan analisis keunggulan para pesaing [7].

Seorang ahli perancangan dan pengembangan produk menyatakan, perancangan produk harus dilakukan secara matang, karena proses ini akan mempengaruhi proses selanjutnya. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan oleh seorang desainer dalam perancangan dan pengembangan produk seperti yang ditunjukkan Gambar 1 berikut [13].



Gambar 9. Diagram Pengembangan Konsep  
 Sumber : Ulrich & Eppinger, 2001

### 2.2 Perhitungan Momen Inersia

- Momen Inersia Penampang *Hollow* Segiempat

$$I = Ix' = \frac{1}{12} b \cdot h^3 - \frac{1}{12} b' \cdot h'^3 \quad (1)$$

- Momen Inersia Penampang *Hollow* Lingkaran

$$I = \frac{\pi (r^4 - r'^4)}{64} \quad (5)$$

- Momen Inersia Penampang Persegi Panjang

$$Ix = \frac{1}{12} b \cdot h^3 \quad (5)$$

### 2.3 Perhitungan Momen Lentur

- Tumpuan Sendi dan Rol dengan Beban Terpusat

$$M_{max} = \frac{1}{4} P \cdot L \quad (11)$$

- Tumpuan Jepit dengan Beban Terpusat (*Cantilever*)

$$M_{max} = -P(L - a) = -P \cdot b \quad (11)$$

### 2.4 Pembebanan pada Rangka

$$P_{desain} = Massa \times Faktor \text{ desain} \quad (9)$$

### 2.5 Perhitungan Modulus Rencana

$$W = \frac{M_{max}}{\sigma_{ijin}} \quad (9)$$

### 2.6 Perhitungan Tegangan

- Tegangan Tarik

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \quad (8)$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_y}{sf} \quad (12)$$

- Tegangan Tekan

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \quad (8)$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_y}{sf} \quad (12)$$

- Tegangan Geser

$$\tau_s = \frac{F}{A} \quad (8)$$

$$\tau_{ijin} = \frac{\tau_y}{sf} \quad (12)$$

- Tegangan *Bending*

$$\sigma_b = \frac{M \times y}{I} \quad (8)$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_y}{sf} \quad (12)$$

## 2.7 Perhitungan Deformasi

Deformasi dengan peletakan beban terpusat ditengah yang ditumpu dengan tumpuan sendi dan tumpuan rol:

$$\Delta = \frac{P.l^3}{48.E.Ix} \quad (11)$$

$$\text{Deformasi ijin} = \frac{l}{240} \quad (4)$$

## 2.8 Analisis Buckling dengan Rumus Euler

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{L^2} \quad (2)$$

$$F = \frac{P_{cr}}{S} \quad (9)$$

## 2.9 Pemilihan Mur dan Baut

Dalam menentukan ukuran mur dan baut, dilakukan perhitungan tegangan ijin geser, diameter baut, tekanan permukaan ulir, dan tegangan geser pada baut dapat dihitung pada persamaan berikut :

$$\tau_a = (0,5 - 0,7)\sigma_a \quad (10)$$

$$d \geq \sqrt{\frac{2 \times W}{\sigma_a}} \quad (10)$$

$$q = \frac{W}{\pi d_2 h z} \leq q_a \quad (10)$$

$$\tau_b = \frac{W}{\pi \times d_1 \times k \times p \times z} \quad (10)$$

## 2.10 Safety Factor

Nilai *safety factor* berdasarkan tegangan luluh [14] dapat diketahui pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1: Nilai *Safety Factor* Berdasarkan Tegangan Luluh

Safety Factor	Deskripsi
1,25 - 1,5	Kondisi terkontrol dan tegangan yang bekerja dapat ditentukan dengan pasti
1,5 - 2,0	Bahan yang sudah diketahui, kondisi lingkungan beban dan tegangan yang tetap dan dapat ditentukan dengan mudah
2,0 - 2,5	Bahan yang beroperasi secara rata-rata dengan batasan beban yang diketahui
2,5 - 3,0	Bahan yang diketahui tanpa mengalami tes. Pada kondisi beban dan tegangan rata-rata
3,0 - 4,5	Bahan yang sudah diketahui. Kondisi beban, tegangan, dan lingkungan yang tidak pasti

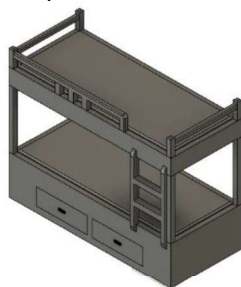
Nilai *safety factor* berdasarkan jenis beban [3] dapat diketahui pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2: Nilai *Safety Factor* Berdasarkan Jenis Beban

Jenis Beban	Safety Factor
Beban statis	1,25 - 2,0
Beban dinamis	2,0 - 3,0
Beban kejut	3,0 - 5,0

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk eksisting yang dikaji untuk penelitian ini adalah produk tempat tidur tingkat *custom made* yang sudah tersedia di ruangan akomodasi ABK KMP. Aceh Hebat 2 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 10. Produk Eksisting  
 Sumber : Dokumentasi Pribadi

Rangka tempat tidur tingkat eksisting menggunakan material kayu dengan tangga yang permanen. Kasur yang digunakan adalah *polyurethane foam* (busa). Ukuran produk keseluruhan 1915 x 835 x 1560 mm, ukuran matras 1815 x 735 x 140 mm, ukuran *mattress support* (3 buah balok) 735 x 60 x 60 mm, ukuran *side rail* keseluruhan 1315 x 165 mm. Produk eksisting memiliki kelebihan antara lain :

- Mempunyai desain minimalis
- Terdapat laci sebagai tempat penyimpanan barang

Kekurangan produk eksisting antara lain :

- Ukuran dan bentuk bersifat permanen.
- Posisi bisa bergeser pada kondisi kapal oleng.
- Jarak antara tempat tidur bawah dan tempat tidur atas hanya 74,5 cm (Kurang tinggi untuk pengguna persentil ke-50 atau rata-rata tinggi badan pada posisi duduk masyarakat Indonesia yaitu 84,9 cm [6])
- Jarak antara tempat tidur atas dengan atap kamar hanya 64,5 cm (Kurang tinggi untuk pengguna persentil ke-50 atau rata-rata tinggi badan pada posisi duduk masyarakat Indonesia yaitu 84,9 cm [6])

Pada tahapan identifikasi kebutuhan produk sesuai metode *Ulrich* di penelitian ini, dilakukan penyebaran kuesioner kepada ABK (*rating*) sebagai pengguna tempat tidur tingkat lipat dan *engineer* perusahaan sebagai pihak perancang kapal di PT. Adiluhung Saranasegara Indonesia dengan tujuan untuk mengetahui furnitur apa yang dibutuhkan oleh ABK didalam ruang akomodasi ABK (kamar tidur) selain tempat tidur dan lemari (yang mana sudah tersedia di dalam ruang akomodasi tersebut). Terdapat 9 kuesioner yang berhasil diisi. Hasil yang diperoleh yakni 4 responden membutuhkan sofa sebagai tempat mengobrol dan duduk santai, 5 responden membutuhkan meja sebagai tempat mengerjakan laporan. Dari hasil tersebut, akan dipilih berdasarkan furnitur yang paling banyak dipilih yaitu meja. Dari hasil kuesioner yang didapat, dibuatlah daftar kebutuhan produk target untuk mengetahui kebutuhan pengguna dan ini yang akan menjadi acuan dalam pembuatan konsep desain dibanding konsep eksisting ditunjukkan oleh Tabel 3 berikut.

Tabel 3: Daftar Kebutuhan Produk

DAFTAR KEBUTUHAN PRODUK Produk : Tempat tidur tingkat lipat		
S/H	Uraian Kebutuhan	Penanggung Jawab
S	<b>1. Fungsional</b> o Bisa dilipat untuk menghemat penggunaan ruangan o Menyediakan meja	Tim Desain
S	<b>2. Kekuatan dan keamanan</b> o Rangka tempat tidur tingkat lipat kuat	Tim Desain
S	<b>3. Operasional</b> o Sistem kerja/mekanisme yang mudah	Tim Desain

Keterangan :

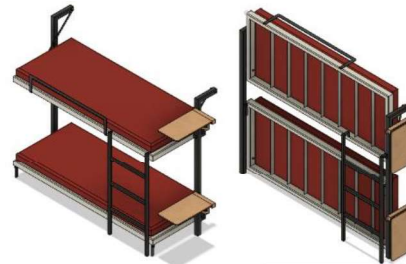
S (Syarat) ; H (Harapan)

Setelah tahapan identifikasi kebutuhan produk, maka dilakukan penetapan spesifikasi untuk konsep desain yang akan dibentuk. Konsep desain tempat tidur tingkat yang akan dibentuk harus bisa dilipat dan menyediakan meja sebagai tempat untuk mengerjakan laporan. Rangka tempat tidur tingkat harus kuat dan menggunakan material sisa yang tersedia di PT. ASSI yaitu *Steel* ASTM A36. Ukuran kasur yang digunakan adalah ukuran kasur eksisting *custom made* berukuran ± 181,5 x 73,5 x 14 cm dengan material *polyurethane foam*. *Weight limit* material *polyurethane foam* adalah 140 kg. Konsep desain tempat tidur tingkat akan digunakan pada ruang akomodasi ABK yang berukuran 2,17 x 2,7 x 2,03 m.

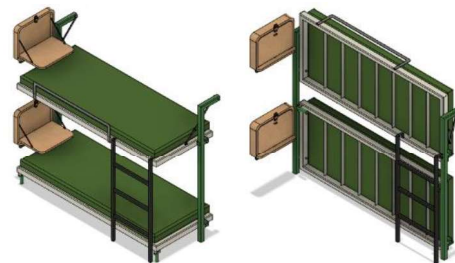
Pada tahap penelitian selanjutnya yakni pembuatan konsep desain. Pada penelitian ini, terdapat 3 konsep desain dibuat sesuai spesifikasi yang ditetapkan. Konsep desain akan dihitung modulus *section* dari rangka panjangnya sehingga sesuai dengan pembebanan yang direncanakan.  $P_{ultimit}$  akibat luar didapatkan 433,043 N. Momen didapatkan 1965210,858 Nmm. Tegangan ijin *steel* ASTM A36 didapatkan 166,667 MPa, sehingga modulus *section* didapatkan  $11,791 \times 10^3 \text{ mm}^3$ . Maka dipilihlah profil *rectangular hollow* 70x50x4 mm yang mampu menerima modulus tersebut berdasarkan katalog profil *rectangular hollow*. Setelah itu dilakukan perhitungan  $P_{total}$  yaitu  $P_{berat}$  sendiri profil, ditambah  $P_{ultimit}$  akibat luar didapatkan 4450,425 N. Setelah itu dihitung momen inersia profil dan didapatkan 595018,667  $\text{mm}^4$ . Lalu didapatkan deformasi aktual 4,658 mm < 7,563 (deformasi ijin) sehingga dikatakan aman. Pada tahap ini akan ada 3 konsep desain tempat tidur tingkat lipat yang mana masing-masing konsep mempunyai persamaan dan perbedaan. Persamaannya ada pada mekanisme lipat kerangka tempat tidur tingkat, ukuran matras, bentuk tangga, bentuk *safety rail*, dan bentuk beberapa *supportnya*. Perbedaannya ada pada meja dan beberapa *supportnya*, yakni dari segi bentuk dan mekanisme. Pada 3 konsep desain yang akan dibuat, struktur tempat tidur tingkat lipat menggunakan material *steel* ASTM A36, dan meja lipat menggunakan material MDF (*Medium Density Fiberboard*). Adapun ketiga konsep desain seperti pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5 berikut ini.



Gambar 11. Konsep Desain 1 Kondisi Terbuka dan Terlipat



Gambar 12. Konsep Desain 2 Kondisi Terbuka dan Terlipat



Gambar 13. Konsep Desain 3 Kondisi Terbuka dan Terlipat

Setelah konsep desain dibuat, maka tahap selanjutnya adalah analisa kekuatan struktur. Pertama, dilakukan perhitungan beban pada *frame deck*, didapatkan  $P_{ultimit}$  total *frame deck* 4657,434 N (beban setiap *deck*). Setelah itu dilakukan perhitungan tegangan *bending* rangka panjang, tegangan aksial (tarik) batang engsel lipat, tegangan geser poros engsel, tegangan *bending cantilever*, tegangan geser *bushing*, tegangan tekan *bushing*, dan tegangan geser baut ini berlaku untuk konsep 1, 2, 3 dikarenakan memiliki ukuran dan bentuk yang sama. Perhitungan dapat ditunjukkan pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4: Hasil Analisis Tegangan

Tegangan Bending				
	Manual (MPa)	Software (MPa)	$\sigma_{ijin}$ ASTM A36 (MPa)	Ket.
Rangka panjang	118,783	114,8	166,667	OK
Tegangan Aksial (Tarik)				
	Manual (MPa)	Software (MPa)	$\sigma_{ijin}$ ASTM A36 (MPa)	Ket.
Batang engsel lipat	43,911	34,3	166,667	OK
Tegangan Geser				
	Manual (MPa)	Software (MPa)	$\tau_{ijin}$ ST 60 (MPa)	Ket.
Poros engsel	9,156	6,255	160,067	OK

Tegangan Bending				
	Manual (MPa)	Software (MPa)	$\sigma_{ijin}$ ASTM A36 (MPa)	Ket.
Cantilever	38,957	37,26	166,667	OK
Tegangan Geser				
	Manual (MPa)	Software (MPa)	$\tau_{ijin}$ bronze (MPa)	Ket.
Bushing	8,428	4,34	58,333	OK
Tegangan Aksial (Tekan)				
	Manual (MPa)	Software (MPa)	$\sigma_{ijin}$ bronze (MPa)	Ket.
Bushing	5,822	6,766	91,667	OK
Tegangan Geser				
	Manual (MPa)	Software (MPa)	$\tau_{ijin}$ baja (MPa)	Ket.
Baut	16,563	-	58,333	OK

Setelah itu dilakukan analisis *von mises stress*. Berikut lebih jelasnya hasil analisis *von mises stress* beserta *safety factor*-nya pada Tabel 5.

Tabel 5: Hasil Analisis Von Mises Stress

Von Mises Stress & Safety Factor				
		Software	Batasan	Ket.
Safety factor	Konsep 1	1,81	1,5	OK
	Konsep 2	1,667		
	Konsep 3	1,555		
Von mises stress	Konsep 1	137,2 MPa	166,667 MPa	OK
	Konsep 2	149,1 MPa		
	Konsep 3	159,7 MPa		

Berikut hasil perhitungan manual *structural buckling* pada Tabel 6.

Tabel 6: Hasil Perhitungan Manual Structural Buckling

Structural Buckling (Perhitungan Manual)				
		$F_{support}$ (N)	$P_{framedeck support}$ (N)	Ket.
Konsep 1	Support 1&2	3820052,11	2328,717	OK
	Support 3&4	20500868,5	2328,717	
	Support 5&6	38905,39	1164,359	
Konsep 2	Support 1&2	1828806,38	2328,717	OK
	Support 3&4	20500868,5	2328,717	
	Support 5&6	38905,39	1164,359	
Konsep 3	Support 1&2	6683333,64	2328,717	OK
	Support 3&4	20500868,5	2328,717	
	Support 5&6	38905,39	1164,359	

Berikut hasil analisis *structural buckling (software)* pada Tabel 7.

Tabel 7: Hasil Analisis Structural Buckling (Software)

Structural Buckling (Software)				
		Deformasi	Batasan	Ket.
Konsep 1	Support 1&2	951,3 kali beban	1 kali beban	OK
	Support 3&4	206,1 kali beban	1 kali beban	

	Support 5	19 kali beban	1 kali beban	
	Support 6	19,07 kali beban	1 kali beban	
Konsep 2	Support 1&2	25,28 kali beban	1 kali beban	OK
	Support 3&4	206,1 kali beban	1 kali beban	
	Support 5&6	19,07 kali beban	1 kali beban	
Konsep 3	Support 1&2	468,1 kali beban	1 kali beban	OK
	Support 3&4	206,1 kali beban	1 kali beban	
	Support 5	19,23 kali beban	1 kali beban	
	Support 6	19,07 kali beban	1 kali beban	

Setelah itu dilakukan analisis fungsional. Berikut hasil analisis fungsional dengan cara menghitung *free area* ruangan saat produk kondisi terlipat dan terbuka dan menyediakan meja dari 3 konsep desain dan produk eksisting pada Tabel 8.

Tabel 8 : Hasil Analisis Fungsional

Analisis Fungsional				
	Konsep Desain 1	Konsep Desain 2	Konsep Desain 3	Eksisting
Terbuka	2,72 m <sup>2</sup>	2,36m <sup>2</sup>	2,659 m <sup>2</sup>	2,543 m <sup>2</sup>
Terlipat	4,37 m <sup>2</sup>	4,32m <sup>2</sup>	4,259 m <sup>2</sup>	-
Tersedia meja	✓	✓	✓	-

Selanjutnya melakukan analisis operasional dengan cara menghitung berapa kali tahapan ketika membuka produk / melipat produk, dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9: Hasil Analisis Operasional

Analisis Operasional				
	Konsep Desain 1	Konsep Desain 2	Konsep Desain 3	Eksisting
Tahapan	8 kali	16 kali	13 kali	X

Setelah membuat 3 konsep tempat tidur tingkat lipat dan menganalisisnya, dilakukan tahapan pemilihan konsep. Pada tahap ini akan dilakukan pemilihan konsep dengan matriks keputusan tahapan penilaian konsep. Proses pemilihan konsep tidak melalui tahapan penyaringan konsep dikarenakan hanya terdapat 3 konsep desain. Kriteria seleksi yang ditetapkan berdasarkan beberapa pertimbangan yaitu dari segi fungsional, kekuatan, dan operasional. Kriteria harga tidak dimasukkan ke dalam pemilihan konsep karena diasumsikan harganya sama. Dari penilai masing-masing konsep dengan bobot kriteria yang ditetapkan, dapat dipilih konsep terbaik, yaitu konsep dengan nilai akhir yang paling tinggi. Adapun pemilihan konsep pada tempat tidur tingkat lipat seperti pada Tabel 10 dibawah ini.

Tabel 10: Matriks Pemilihan Konsep

No	Kriteria Seleksi	Bobot	Konsep							
			Eksisting		1		2		3	
			Rate	Skor	Rate	Skor	Rate	Skor	Rate	Skor
1	Fungsional	45%								
	- Bisa dilipat untuk penghormatan ruangan		3	1,35	5	2,25	4	1,8	5	2,25
	- Menyediakan meja		3	1,35	4	1,8	4	1,8	5	2,25
2	Kekuatan	35%								
	- Analisis kekuatan (sf)		3	1,05	5	1,75	5	1,75	4	1,4
	- Rangka mampu menahan beban akibat lur (tegangan)		3	1,05	5	1,75	5	1,75	4	1,4
3	Operasional	20%								
	- Tempat tidur tingkat mudah dibuka dan dilipat		3	0,6	4	0,8	4	0,8	4	0,8
	- Meja mudah dibuka dan dilipat		3	0,6	5	1	4	0,8	5	1
Nilai Absolute			6		9,35		8,7		9,1	
Nilai Relative			18,1%		28,21%		26,24%		27,45%	

Dari hasil evaluasi yang telah dilakukan, seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 10, dimana nilai absolut atau relatif dari konsep 1 adalah paling besar, yaitu 9,35 (28,21% dari total nilai bobot). Oleh karena itu konsep 1 seperti pada gambar 2 dipilih untuk dikembangkan.

Pada pembuatan *folding bunk bed* untuk kamar asrama ini, estimasi biaya pembuatan juga diperhitungkan meliputi biaya material, biaya operator, dan biaya kebutuhan lain-lain. Dari perhitungan estimasi biaya didapatkan hasil perhitungan kebutuhan material sebesar Rp. 4.305.939,- ditambah biaya pengerjaan Rp. 1.949.462,- sehingga dapat diambil kesimpulan bahwasannya total estimasi biaya pembuatan tempat tidur tingkat lipat pada ruang akomodasi ABK adalah Rp. 6.255.402,-.

#### 4. KESIMPULAN

Dari pembahasan Tugas Akhir dengan judul Perancangan Tempat Tidur Tingkat Lipat pada Ruang Akomodasi ABK Kapal Feri Ro-ro 1100 GT ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Konsep desain yang dipilih berdasarkan metode *Ulrich* adalah konsep desain 1 seperti yang disajikan pada Gambar 3 dimana pada saat kondisi terlipat menghasilkan *free area* sebesar 4,37 m<sup>2</sup>, dan memenuhi kebutuhan meja sebagai tempat ABK mengerjakan tugas/laporan dengan ukuran meja sebesar 500 x 250 mm dengan tebal 20 mm.
2. Analisis kekuatan struktur keseluruhan pada konsep desain yang terpilih didapatkan nilai minimum *safety factor* sebesar 1,81 pada rangka panjang *lower frame deck* dan nilai maksimum *safety factor* sebesar 15 pada profil siku *top frame deck*. Nilai maksimum *von mises stress* sebesar 137,2 MPa pada rangka panjang *lower frame deck*, dan nilai minimum *von mises stress* sebesar 1,915x10<sup>-4</sup> MPa pada profil siku *top frame deck*. Hasil analisis tegangan *bending* maksimum rangka

panjang sebesar 114,8 MPa, tegangan aksial (tarik) maksimum batang engsel lipat sebesar 34,4 MPa, tegangan geser maksimum poros engsel sebesar 6,255 MPa, tegangan *bending* maksimum *cantilever* sebesar 37,26 MPa, tegangan geser maksimum *bushing* sebesar 4,34 MPa, dan tegangan tekan maksimum *bushing* sebesar 6,766 MPa.

3. Pembuatan tempat tidur tingkat lipat untuk ruang akomodasi ABK kapal feri ro-ro 1100 GT membutuhkan biaya total sebesar Rp. 6.255.402,-.

#### 5. PUSTAKA

- [1] Aji, T. P., & H. Nurhadi, (2017). Rancang Bangun Dan Analisa Struktur Alat Pencetak Nasi Guna Proses Pencetakan Nasi Pada Usaha Katering. **Tugas Akhir**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [2] Beer, F. P., E. R. J. Jr, J. T. DeWolf, & D. F. Mazurek, (2009). **Mechanics of Materials** (5th ed.). McGraw-Hill College.
- [3] Dobrovolsky, V., K. Zablonsky, S. Mak, A. Radchik, & L. Erlich, (1989). **Machine Element**. Peace Publishers.
- [4] International Code Council, I. (2017). **2018 International Residential Code for Oneand Two-Family Dwellings**. Country Club Hills.
- [5] Khurmi, R. S., & J. K. Gupta, (2005). **A Textbook of Machine Design**. Eurasia Publishing House (PVT.) LTD.
- [6] Nurmianto, E. (1991). **Ergonomi Konsep Dasar Dan Aplikasinya**. Prima Printing.
- [7] Pambudianto, J., & Batan, I. M. L. (2013). Perancangan Sepeda Pasca Stroke. **JURNAL TEKNIK POMITS**, 2(1), 1–6.
- [8] Popov, E. P. (1984). **Mechanics of Materials** (Z. A. Tanisari (ed.); 2nd ed.). Erlangga.
- [9] Rindaputra, H. D., M. M. Munir, & A. Imron, (2019). Perancangan Alat Bantu Handling dan Assembling untuk Reparasi Vertical Corebox di PT. AT Indonesia. **Tugas Akhir**. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
- [10] Sularso, & K. Suga, (2004). **Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin** (11th ed.). PT. Pradnya Paramita.
- [11] Sunggono Kh, I. V., (1984). **TEKNIK SIPIL**. NOVA
- [12] Timoshenko, S. (1940). **Strength Of Materials** (2nd ed.). D. Van Nostrand Company, Inc.
- [13] Ulrich, K. T., & S. D. Eppinger, (2001). **Perancangan & Pengembangan Produk**, Salemba Teknika.

- [14] Vidosic, J. P. (2007). **Machine Design Projects**. New York, Ronald Press Co.