



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Analisis Stabilitas (*Intact, Damage Stability*) Kapal Landing Craft Tank (LCT) dikonversi menjadi *Livestock Carrier* (Kapal Ternak)

Aulia Faradilla Adi<sup>1)</sup>, Wilma Amiruddin<sup>1)</sup>, Parlindungan Manik<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Laboratorium Perencanaan Kapal dibantu Komputer

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

<sup>\*)</sup>e-mail : auliafaradillaadi@student.undip.ac.id, wisilmiw@yahoo.com, parlin1974@yahoo.com

### Abstrak

Kapal Landing Craft Tank (LCT) dilarang digunakan untuk angkutan penyeberangan sehingga diperlukan perubahan fungsi dari kapal tersebut. Salah satunya adalah dengan melakukan konversi kapal LCT menjadi *Livestock Carrier* (Kapal Ternak) dikarenakan menurut sejumlah data bahwa kebutuhan konsumsi ternak yang meningkat. Penelitian ini menganalisis stabilitas (*intact dan damage stability*) kapal sebelum konversi (LCT) dan kapal setelah konversi (Kapal Ternak). Penelitian ini dilakukan menggunakan software model 3D dan software stability pada saat kapal muatan penuh dan kapal muatan kosong dengan beberapa kondisi loadcase. Hasilnya menunjukkan kapal LCT maupun kapal ternak memenuhi kriteria *intact stability* dan *damage stability* sesuai dengan peraturan IMOMSC.267(85), AMSA, Marine Order 43, IMO MSC.281 (85) dan IMO MSC.216 (82).

Kata Kunci : Konversi, LCT, *Livestock Carrier*, Analisis Stabilitas, IMO, AMSA

### 1. PENDAHULUAN

Jenis kapal *Landing Craft Tank* (LCT) biasa digunakan sebagai sarana penyeberangan antar pulau dan sarana angkut ke berbagai wilayah terpencil di Indonesia[1] akan tetapi, Direktur Jenderal Perhubungan Darat mengeluarkan Surat Keputusan dengan Nomor : SK885/AP.005/DRJD/2015 tentang larangan penggunaan kapal tipe LCT sebagai kapal angkutan penyeberangan[2], dengan adanya peraturan pemerintah tersebut maka perlu mengubah fungsi kapal tipe LCT agar kapal dapat beroperasi.

Usaha yang bisa dilakukan dari permasalahan tersebut yaitu kapal LCT dikonversi menjadi Kapal Ternak (*Livestock Carrier*). Hal ini didasarkan pada meningkatnya konsumsi daging perkapita pada tahun 2016 sebesar 5,69 persen dari konsumsi tahun 2015 [3] dan menurut Kementerian Pertanian kebutuhan hewan ternak untuk kurban pada tahun 2018 naik 5 persen dari pada tahun sebelumnya [4]. Jadi kebutuhan hewan ternak di Indonesia selalu meningkat setiap tahunnya.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan analisis *Intact* dan *Damage Stability* pada kapal

*Landing Craft Tank* (LCT) yang dikonversi menjadi kapal Roro. Penelitian tersebut memenuhi standar IMO untuk *Intact* pada tiga kondisi pemuatan di semua kriteria dengan nilai Angle of Max GZ antara 25° s.d. 30°. *Damage stability* pada penelitian tersebut menggunakan 8 zona kebocoran yang setelah dikonversi memiliki nilai Indeks A sebesar 0,852 dan nilai Indeks R sebesar 0,684[5]. Penelitian lainnya dari *damage stability* pada *Cruise Ship* yaitu nilai Indeks A sebesar 0,853 dan nilai Indeks R sebesar 0,693.[6]

Penelitian lain yang menganalisis *Intact Stability* pada kapal *Landing Craft Tank* (LCT) yang dikonversi menjadi kapal Roro yang memiliki *Gross Tonnage* sebesar 551 GT telah memenuhi standar kriteria IMO[7]. Penelitian sebelumnya tentang analisis *Intact Stability* pada kapal ternak dengan DWT sebesar 827,03 ton. Penelitian tersebut memenuhi kriteria khusus untuk kapal ternak dengan menggunakan standar AMSA untuk *Cargo and cargo Handling Livestock*. [8]

Penelitian sebelumnya tentang *Damage Stability* pada kapal FSO dengan 10 zona kebocoran memiliki jumlah maksimal kompartemen bocor sebesar 3 kompartemen[9].

Penelitian ini menganalisis stabilitas (*Intact, Damage Stability*) kapal LCT (sebelum konversi) yang dikonversi menjadi kapal ternak (setelah konversi) dengan penambahan deck untuk tempat ternak dan water ballast tank sehingga mempengaruhi perubahan LWT dan DWT kapal. Perubahan LWT dari 848,658 ton menjadi 1234,429 ton dan DWT dari 1405,708 ton menjadi 825,761 ton. Zona kebocoran kapal sebanyak 12 zona.

Penelitian ini menggunakan kapal sebelum konversi yaitu kapal *Landing Craft Tank* (LCT) membawa muatan berupa 38 *truck* dengan trayek pelayaran dari Tanjung Priok menuju Makassar sejauh 1557 mil. Kapal setelah konversi yaitu *Livestock Carrier* (Kapal Ternak) membawa muatan 292 ternak sapi dan 228 ternak kambing dengan trayek pelayaran dari Kumai menuju Tanjung Priok sejauh 750 mil.

Pembuatan model kapal ini menggunakan *Software Rhinoceros student version* dan *Maxsurf Stability Modeler student version* dengan *linesplan* kapal sebagai acuan dasar. Analisis *Intact Stability* menggunakan *Software Maxsurf Stability Advanced student version* dan analisis *Damage Stability* menggunakan *Maxsurf Stability Enterprise student version*.

## 2. METODE

Penelitian ini menggunakan *loadcase* ketika muatan penuh dan muatan kosong pada kapal untuk menghitung stabilitasnya. Kriteria yang digunakan adalah IMO MSC.267(85)[10] untuk analisis *Intact Stability* kapal *Landing Craft Tank* (LCT), AMSA *Marine Order* 43[11] untuk analisis *Intact Stability* kapal *Livestock Carrier* (Kapal Ternak) serta kriteria IMO MSC.281 (85)[12] dan IMO MSC.216 (82)[13] untuk analisis *Damage Stability*.

### 2.1. Ukuran Utama Kapal

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal

Item	Berat (Ton)	
	Sebelum	Setelah
<i>Length of All (LOA)</i>	70,00 m	70,00 m
<i>Breadth (B)</i>	17,00 m	17,00 m
<i>Draft (T)</i>	2,40 m	2,40 m
<i>Depth (H)</i>	3,60 m	3,60 m
<i>Speed (Maximum)</i>	10 Knot	10 Knot

Tabel 1. adalah ukuran utama kapal yang dipakai dalam penelitian ini. Ukuran Utama Kapal sebagai dasar pembuatan *Lines Plan*.

### 2.2. LWT Kapal

Tabel 2. LWT Kapal

Item	Berat (Ton)	
	Sebelum	Setelah
Baja <i>Section</i> 7-56	523,815	523,815
Baja <i>Section</i> 56-Depan FP	120,152	120,152
Baja Belakang AP- <i>Section</i> 7	86,208	86,208
Baja <i>Main Deck</i>	23,265	23,265
Baja <i>Bridge Deck</i>	17,948	17,948
Baja <i>Navigation Deck</i>	12,0505	12,0505
Tempat Ternak		330,390
Mesin	4,730	4,730
Rantai Jangkar	1,000	1,000
Jangkar	2,880	2,880
<i>Windlass</i>	3,000	3,000
<i>Crane</i>		3,900
Peralatan Keselamatan	6,730	6,730
Peralatan Pemadam	1,000	1,000
<i>Equipment &amp; Outfit Main Deck</i>	15,504	15,504
<i>Equipment &amp; Outfit Bridge Deck</i>	12,240	12,240
<i>Equipment &amp; Outfit Navigation</i>	9,384	9,384
<i>Equipment &amp; Outfit Ternak</i>		50,880
Jumlah	848,658	1234,429

Tabel 2. menunjukkan perbandingan LWT kapal *Landing Craft Tank* (sebelum konversi) dan *Livestock Carrier* (setelah konversi). LWT kapal tersebut berubah sesuai dengan perubahan dari konversi.

### 2.3. DWT Kapal

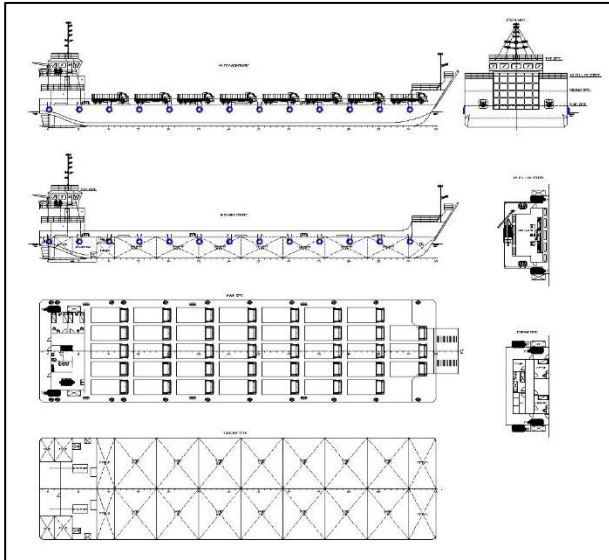
Tabel 3. DWT Kapal

Item	Berat (Ton)	
	Sebelum	Setelah
<i>Crew</i>	1,5	1,5
<i>Fuel Oil Tank</i>	119,690	71,530
<i>Lubrication Oil Tank</i>	2,760	2,760
<i>Fresh Water Tank</i> 1	58,376	43,976
<i>Fresh Water Tank</i> 2		50,75
<i>Fresh Water Tank</i> 3		50,75
<i>Fore Peak Tank</i>	201,878	201,878
<i>Water Ballast Tank</i> 1		51,734
<i>Water Ballast Tank</i> 2		52,018
<i>Water Ballast Tank</i> 3		52,018
<i>Water Ballast Tank</i> 4		52,018
<i>Sawage Tank</i>		36,59
<i>After Peak Tank</i>	33,504	33,504
Truk	988	
Ternak Sapi		79,365
Ternak Kambing		18,24
Pakan Ternak		27,13
Jumlah	1405,708	825,761

Tabel 3. menunjukkan perbandingan DWT kapal *Landing Craft Tank* (sebelum konversi) dan *Livestock Carrier* (setelah konversi). DWT kapal tersebut berubah sesuai dengan perubahan dari konversi.

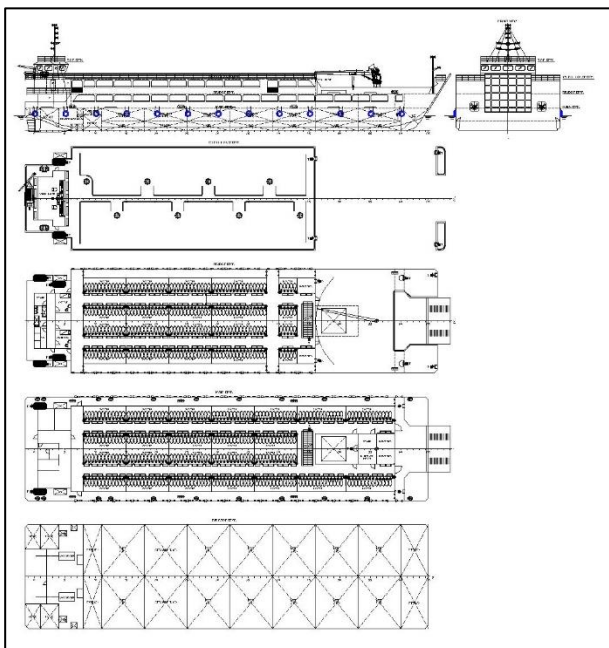
## 2.4. Rencana Umum

Kapal *Landing Craft Tank* (LCT) adalah jenis kapal sebelum di konversi pada penelitian ini. Gambar 1 menunjukkan Rencana Umum/ *General Arrangement* kapal LCT.



Gambar 1. Rencana Umum Kapal LCT

Kapal *Livestock Carrier* (Kapal Ternak) adalah jenis kapal setelah di konversi pada penelitian ini. Gambar 2 menunjukkan Rencana Umum/ *General Arrangement* kapal ternak.



Gambar 2. Rencana Umum Kapal Ternak

## 2.5. Menghitung GT Kapal

Syarat kapal untuk dilakukan analisis *intact* dan *damage stability* sesuai IMO adalah kapal tersebut memiliki *Gross Tonnage* minimal 500 GT. Berikut adalah perhitungan GT kapal :

*Gross Tonnage LCT*

$$K1 = 0,2 + 0,002 \log V_{LCT}$$

$$K1 = 0,2 + 0,002 \log 4116,542$$

$$K1 = 0,2072$$

$$GT = K1 \times V_{LCT}$$

$$GT = 0,2072 \times 4116,542$$

$$GT = 853,067 \text{ ton}$$

*Gross Tonnage Livestock Carrier*

$$K1 = 0,2 + 0,002 \log V_{LS}$$

$$K1 = 0,2 + 0,002 \log 7476,542$$

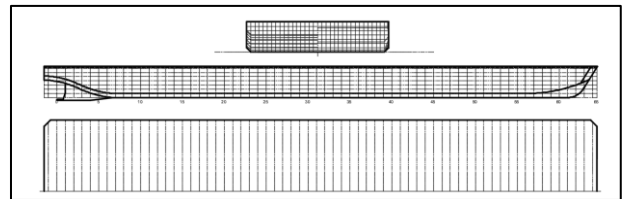
$$K1 = 0,2077$$

$$GT = K1 \times V_{LS}$$

$$GT = 0,2077 \times 7476,542$$

$$GT = 1553,232 \text{ ton}$$

## 2.6. Lines Plan Kapal



Gambar 3. *Lines Plan*

Gambar 3 merupakan *Lines Plan* kapal yang digunakan sebagai acuan pembuatan model kapal. Pembuatan model selanjutnya dibuat menjadi 3D.

## 2.7. Parameter Penelitian

Media yang digunakan untuk penelitian adalah pendekatan *Software*. Penelitian ini disimulasikan untuk membandingkan stabilitas (*Intact* dan *Damage*) sebelum dan sesudah konversi yaitu penambahan ruang muat ternak . Parameter yang dipakai adalah sebagai berikut:

Parameter yang tetap

1. Desain lambung LCT

Parameter yang berubah

1. Muatan Kapal yaitu Kapasitas (Sapi dan Kambing) : 520 Ekor
2. Perlengkapan Kapal

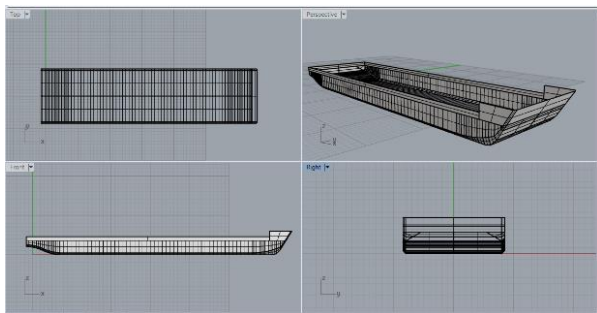
## 2.8. Pengolahan Data

Data yang didapat dari hasil studi lapangan kemudian diolah. Tahapan pengolahan data meliputi:

1. Pembuatan model 3D menggunakan *software rhinoceros* dengan memakai *lines plan* sebagai acuan.
2. Model lambung kapal sebelum dan sesudah dikonversi sama, karena tidak ada perubahan bentuk lambung.
3. Model 3D *rhinoceros* diexport pada *maxsurf* modeler menjadi bentuk *.msd* sehingga dapat digunakan untuk analisis stabilitas.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pemodelan 3D Software Rhinoceros

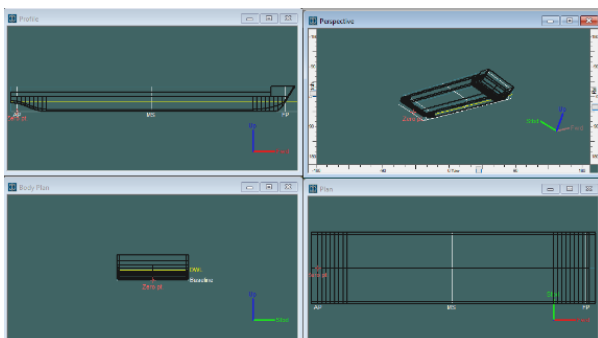


Gambar 4. Model 3D Rhinoceros

Gambar 4. menunjukkan model kapal 3D pada *Software Rhinoceros*. Model tersebut akan digunakan untuk analisis stabilitas kapal pada *Software Maxsurf*.

#### 3.2. Pemodelan Software Maxsurf Modeler

Model kapal perlu diolah terlebih dahulu di *Maxsurf Modeler* yaitu menyesuaikan *DWL*, *Baseline*, *AP* dan lainnya sebelum di analisis *intact* dan *damage stability* Analisis selanjutnya menggunakan *Maxsurf Stability*.



Gambar 5. Model Kapal pada *Maxsurf Modeler*

#### 3.3. Muatan Kapal

Kapal dalam kondisi muatan penuh dan muatan kosong akan digunakan sebagai acuan dalam menghitung stabilitas. Berdasarkan acuan

tersebut analisis *intact* dan *damage stability* akan ditentukan pada kondisi *loadcase* sebagai berikut:

1. *Full Load/ Deepest Subvision Draft*
2. *Partial Subvision Draft*
3. *Lightship Draft*

#### 3.4. Standar Kriteria

Kriteria Stabilitas *Intact Stability* pada Kapal LCT menggunakan standar *International Maritime Organization IMO MSC.267 (85)*

Tabel 2. Standar Kriteria Kapal LCT

Kode	Kriteria	Limit	Unit
267(85)Ch2	Area 0 to 30	0.055	m.rad
267(85)Ch2	Area 0 to 40	0.090	m.rad
267(85)Ch2	Area 30 to 40	0.321	m.rad
267(85)Ch2	Max GZ at 30 or greater	0.200	m
267(85)Ch2	Angle of max GZ	25	deg
267(85)Ch2	Initial GMt	0.150	m

Kriteria Stabilitas *Intact Stability* pada Kapal Ternak menggunakan standar *Australian Maritime Safety Authority, Marine Order 43*

Tabel 3. Standar Kriteria Kapal Ternak

Kode	Kriteria	Limit	Unit
267(85)Ch2	Area 0 to 30	3.151	m.deg
267(85)Ch2	Area 0 to 40	5.156	m.deg
267(85)Ch2	Area 30 to 40	1.718	m.deg
267(85)Ch2	Max GZ at 30 or greater	0.200	m
267(85)Ch2	Angle of max GZ	25	deg
267(85)Ch2	Initial GMt	0.150	m

#### 3.5. Pembuatan Room Definition

Name	Type	Intact Perm. %	Damaged Perm. %	Specific gravity	Fluid Type	Boundary	Att	Fore	F.Port	F.Stbd.	F.Top	F.Botl.	
1	FFI (S)	Tank	100	100	1.025	Sea Water	none	60	84.499	0	8.5	3.6	0
2	FFI (P)	Tank	100	100	1.025	Sea Water	none	60	84.499	-5.5	0	3.6	0
3	VOID SPACE (S)	Compant	100	100	none	none	53	60	0	8.5	3.6	0	
4	VOID SPACE (P)	Compant	100	100	none	none	53	60	-8.5	0	3.6	0	
5	VOID SPACE (S)	Compant	100	100	none	none	46	53	0	8.5	3.6	0	
6	VOID SPACE (P)	Compant	100	100	none	none	46	53	-8.5	0	3.6	0	
7	VOID SPACE (S)	Compant	100	100	none	none	39	46	0	8.5	3.6	0	
8	VOID SPACE (P)	Compant	100	100	none	none	39	46	-8.5	0	3.6	0	
9	VOID SPACE (S)	Compant	100	100	none	none	32	39	0	8.5	3.6	0	
10	VOID SPACE (P)	Compant	100	100	none	none	32	39	-8.5	0	3.6	0	
11	VOID SPACE (S)	Compant	100	100	none	none	25	32	0	8.5	3.6	0	
12	VOID SPACE (P)	Compant	100	100	none	none	25	32	-8.5	0	3.6	0	
13	VOID SPACE (S)	Compant	100	100	none	none	18	25	0	8.5	3.6	0	
14	VOID SPACE (P)	Compant	100	100	none	none	18	25	-8.5	0	3.6	0	
15	VOID SPACE (S)	Compant	100	100	none	none	11	18	0	8.5	3.6	0	
16	VOID SPACE (P)	Compant	100	100	none	none	11	18	-8.5	0	3.6	0	
17	VOID SPACE (S)	Compant	100	100	none	none	8	11	0	8.5	3.6	2.5	
18	VOID SPACE (P)	Compant	100	100	none	none	8	11	-8.5	0	3.6	2.5	
19	VOID SPACE (S)	Compant	100	100	none	none	1	4	0	4.5	3.6	0.539	
20	VOID SPACE (P)	Compant	100	100	none	none	1	4	-4.5	0	3.6	0.539	
21	VOID SPACE (S)	Compant	100	100	none	none	-1.5	1	0	4.5	3.6	1.699	
22	VOID SPACE (P)	Compant	100	100	none	none	-1.5	1	-4.5	0	3.6	1.699	
23	ENGINE ROOM (S)	Compant	100	100	none	none	4	8	0	8.5	3.6	0	
24	ENGINE ROOM (P)	Compant	100	100	none	none	4	8	-8.5	0	3.6	0	
25	FOT (S)	Tank	100	100	0.8443	Fuel Oil	none	8	11	0	8.5	2.5	0
26	FOT (P)	Tank	100	100	0.8443	Fuel Oil	none	8	11	-8.5	0	2.5	0
27	FVIT (S)	Tank	100	100	1	Fresh Water	none	1	4	4.5	8.5	3.6	0.539
28	FVIT (P)	Tank	100	100	1	Fresh Water	none	1	4	-4.5	8.5	3.6	0.539
29	APP (S)	Tank	100	100	1.025	Sea Water	none	-1.5	1	4.5	8.5	3.6	1.699
30	APP (P)	Tank	100	100	1.025	Sea Water	none	-1.5	1	-4.5	8.5	3.6	1.699
31	LOT (S)	Tank	100	100	0.92	Lube Oil	none	7	8	0	3.6	1	0
32	LOT (P)	Tank	100	100	0.92	Lube Oil	none	7	8	-3.6	1	0	0

Gambar 6. Room Definition

*Room Definition* digunakan untuk membagi ruangan sesuai dengan kapal asli. Ruangan tersebut yaitu tanki dan kompartemen. Pembuatan Gambar sesuai dengan Rencana Umum kapal LCT maupun *Livestock Carrier*.

### 3.6. Pembuatan *Loadcase*

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
1	Lightship	1	648,658	648,658			29,185	0,000	2,181	0,000
2	Crew	15	0,100	1,500			2,800	0,000	6,000	0,000
3	FOT (S)	100%	59,845	59,845	63,375	63,375	9,500	-4,228	1,256	0,000
4	FOT (P)	100%	59,845	59,845	63,375	63,375	9,500	-4,228	1,256	0,000
5	FVT (S)	100%	29,188	29,188	29,188	29,188	2,623	6,476	2,357	0,000
6	FVT (P)	100%	29,188	29,188	29,188	29,188	2,623	-6,476	2,357	0,000
7	LOT (S)	100%	1,380	1,380	1,500	1,500	7,500	2,750	0,500	0,000
8	LOT (P)	100%	1,380	1,380	1,500	1,500	7,500	-2,750	0,500	0,000
9	FPT (S)	100%	100,939	100,939	98,477	98,477	61,732	4,210	2,066	0,000
10	FPT (P)	100%	100,939	100,939	98,477	98,477	61,732	-4,210	2,066	0,000
11	APT (S)	100%	16,752	16,752	16,343	16,343	-0,201	6,465	2,775	0,000
12	APT (P)	100%	16,752	16,752	16,343	16,343	-0,201	-6,465	2,775	0,000
13	Truck 1	1	76,000	76,000			59,950	0,000	4,300	0,000
14	Truck 2	1	130,000	130,000			52,850	0,000	4,300	0,000
15	Truck 3	1	130,000	130,000			45,750	0,000	4,300	0,000
16	Truck 4	1	130,000	130,000			38,650	0,000	4,300	0,000
17	Truck 5	1	130,000	130,000			31,550	0,000	4,300	0,000
18	Truck 6	1	130,000	130,000			24,450	0,000	4,300	0,000
19	Truck 7	1	130,000	130,000			17,350	0,000	4,300	0,000
20	Truck 8	1	130,000	130,000			10,250	0,000	4,300	0,000
21	Total Loadcase			2254,368	417,767	417,767	31,908	0,000	3,064	0,000
22	FS correction								0,000	
23	VCG fluid								3,064	

Gambar 7. Room Definition

Loadcase yang di masukkan adalah LWT, Crew dan Truk/Ternak. Penelitian ini *loadcase* dibedakan menjadi 3 yaitu *Full Load*, *Partial* dan *Lightship* dengan kondisi muatan penuh dan muatan kosong pada kapal.

### 3.7. Hasil Analisis Intact Stability Sebelum Konversi

Analisis *Intact Stability* dengan kriteria dari IMO MSC.267 (85) menggunakan *Maxsurf Stability Advanced*. Hasil analisis stabilitas, didapatkan bahwa stabilitas kapal *Landing Craft Tank* (LCT) memenuhi semua standar kriteria pada *loadcase* yang telah ditentukan.

Tabel.6 Hasil Analisis *Intact Stability* Sebelum Konversi

Kriteria	Limit	Model 1			Unit	Status
		I	II	III		
Area 0 to 30	3.151	67,01	68,94	71,86	m.deg	Pass
Area 0 to 40	5.156	98,15	99,87	103,53	m.deg	Pass
Area 30 to 40	1.718	31,14	30,93	31,66	m.deg	Pass
Max GZ at 30 or greater	0.200	3,26	3,28	3,37	m	Pass
Angle of max GZ	25	25,5	25,5	25,5	deg	Pass
Initial GMt	0.150	10,133	10,764	11,501	m	Pass

Kriteria	Limit	Model 2			Unit	Status
		I	II	III		
Area 0 to 30	3.151	102,71	104,88	109,13	m.deg	Pass
Area 0 to 40	5.156	149,29	149,15	152,93	m.deg	Pass
Area 30 to 40	1.718	46,58	44,27	43,80	m.deg	Pass
Max GZ at 30 or greater	0.200	4,744	4,559	4,543	m	Pass
Angle of max GZ	25	30,0	27,3	25,5	deg	Pass
Initial GMt	0.150	18,798	21,710	25,504	m	Pass

Tabel 6. menunjukkan hasilnya sesuai dengan kriteria IMO MSC.267 yaitu area dibawah *righting lever curve* (kurva GZ) tidak boleh kurang dari

0,055 m.rad atau 3,151 m.deg hingga 30° dan tidak boleh kurang dari 0,09 m.rad atau 5,157 m.deg hingga 40°, serta area dibawah *righting lever curve* antara 30° dan 40° tidak boleh kurang dari 0,03 m.rad atau 1,719 m.deg. *Righting lever* GZ minimal harus 0,2 m. pada *angle of heel* sama dengan atau lebih besar dari 30°. *Righting lever* maksimal harus terjadi pada *angle of heel* tidak kurang dari 25°. Ketinggian metrasentrik tidak boleh kurang dari 0,150 m.

Hasil dari beberapa penelitian lain [5] [7] yang menganalisis *intact stability* dari kapal *Landing Craft Tank* (LCT) salah satunya yaitu Angle max of GZ lebih dari 25° memenuhi standar kriteria IMO MSC.267.

### 3.8. Hasil Analisis Intact Stability Setelah Konversi

Tabel.7 Hasil Analisis *Intact Stability* Setelah Konversi

Kriteria	Limit	Model 1			Unit	Status
		I	II	III		
Area 0 to 30	3.151	74,66	78,46	83,262	m.deg	Pass
Area 0 to 40	5.156	110,14	113,44	118,00	m.deg	Pass
Area 30 to 40	1.718	35,47	34,97	34,74	m.deg	Pass
Max GZ at 30 or greater	0.200	3,67	3,68	3,69	m	Pass
Angle of max GZ	25	26,40	26,40	25,50	deg	Pass
Initial GMt	0.150	11,34	12,77	14,82	m	Pass

Kriteria	Limit	Model 1			Unit	Status
		I	II	III		
Area 0 to 30	3.151	78,65	82,29	87,22	m.deg	Pass
Area 0 to 40	5.156	116,06	118,63	122,91	m.deg	Pass
Area 30 to 40	1.718	37,40	36,34	35,68	m.deg	Pass
Max GZ at 30 or greater	0.200	3,86	3,81	3,78	m	Pass
Angle of max GZ	25	27,30	26,40	25,50	deg	Pass
Initial GMt	0.150	12,05	13,80	16,40	m	Pass

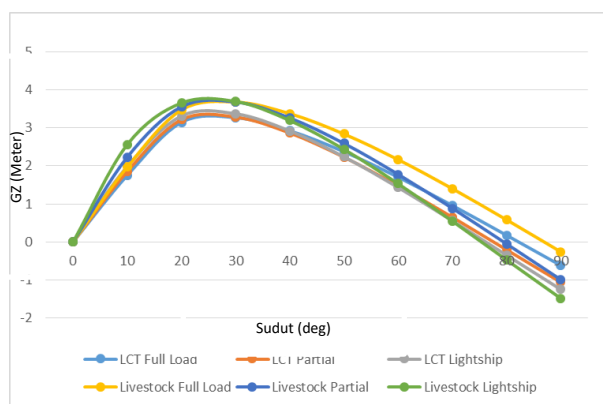
Tabel 7. menunjukkan hasilnya sesuai dengan kriteria AMSA yaitu area dibawah *righting lever curve* (kurva GZ) tidak boleh kurang dari 3,15 m.deg hingga 30° dan tidak boleh kurang dari 5,16 m.deg hingga 40°, serta area dibawah *righting lever curve* antara 30° dan 40° tidak boleh kurang dari 1,72 m.deg. *Righting lever* GZ minimal harus 0,2 m. pada *angle of heel* sama dengan atau lebih besar dari 30°. *Righting lever* maksimal harus terjadi pada *angle of heel* tidak kurang dari 25°. Ketinggian metrasentrik GM tidak boleh kurang dari 0,15 m.

Hasil dari penelitian lain [8] yang menganalisis *intact stability* dari kapal *Livestock*

Carrier (Kapal Ternak) salah satunya yaitu Angle max of GZ lebih dari 25° memenuhi standar kriteria Australian Maritime Safety Authority, Marine Order 43.

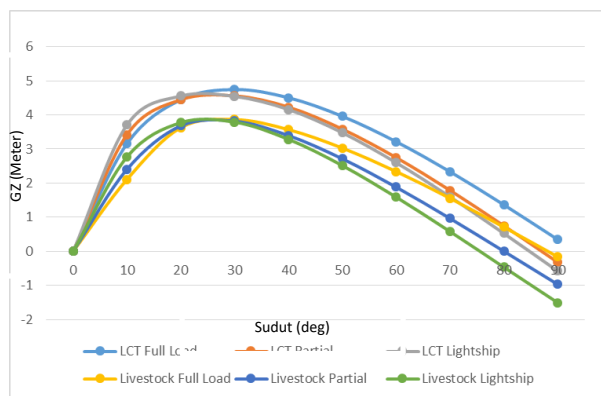
Tabel 8. Nilai GZ Kapal Sebelum dan Sesudah Konversi (Muatan Penuh)

Sebelum Konversi (Landing Craft Tank)			Setelah Konversi (Livestock Carrier)		
I	II	III	I	II	III
0	0	0	0	0	0
1,754	1,855	1,989	1,973	2,232	2,561
3,146	3,215	3,313	3,472	3,556	3,654
3,269	3,284	3,371	3,679	3,681	3,695
2,924	2,865	2,919	3,375	3,261	3,193
2,374	2,229	2,238	2,839	2,591	2,436



Tabel 9. Nilai GZ Kapal Sebelum dan Sesudah Konversi (Muatan Kosong)

Sebelum Konversi (Landing Craft Tank)			Setelah Konversi (Livestock Carrier)		
I	II	III	I	II	III
0	0	0	0	0	0
3,156	3,423	3,708	2,111	2,406	2,768
4,446	4,445	4,553	3,628	3,679	3,773
4,744	4,559	4,543	3,865	3,816	3,789
4,504	4,229	4,158	3,569	3,395	3,285
3,959	3,584	3,477	3,029	2,714	2,515



### 3.9. Analisis Damage Stability

Analisis *damage stability* menggunakan *Maxsuft Stability Enterprise*. Dinyatakan memenuhi standar jika Indeks A lebih besar dari Indeks R.

Berikut adalah perhitungan Indeks R kapal jenis muatan cargo:

$$R_o = 1 - \frac{128}{L_s + 152} \quad (1)$$

$$R_o = 1 - \frac{128}{66,00 + 152}$$

$$R_o = 0,4128$$

$$R = 1 - \frac{1}{1 + \frac{L_s}{100} + \frac{R_o}{1 - R_o}} \quad (2)$$

$$R = 1 - \frac{1}{1 + \frac{66,00}{100} + \frac{0,4128}{1 - 0,4128}}$$

$$R = 0,5768$$

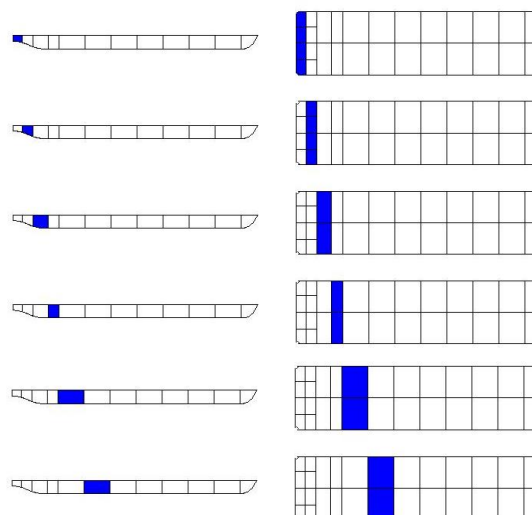
Indeks A dihitung berdasarkan persamaan di bawah ini :

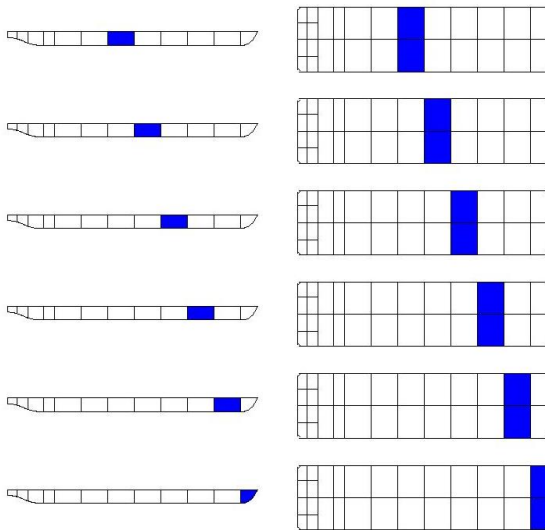
$$A = \sum P_i \cdot S_i \quad (3)$$

$$A = 0.4A_s + 0.4A_p + 0.2A_l \quad (4)$$

### 3.10. Skenario Kebocoran Kapal

Kotak biru menunjukkan asumsi kebocoran secara memanjang dan vertikal, kotak biru kedua menunjukkan asumsi kebocoran secara memanjang dan melintang. Kebocoran vertikal diukur dari keel kapal sampai ke atas diasumsi kebocoran, hal ini dikarenakan kebocoran pada kompartemen kapal dibatasi oleh dinding-dinding *watertight* pada kapal tersebut. Gambar 8 menunjukkan Simulasi 1 Zona Kebocoran





Gambar 8. Simulasi 1 Zona Kebocoran

### 3.11. Hasil Analisis *Damage Stability*

Analisis *Damage Stability* dengan kriteria dari IMO MSC 261(82). Hasil analisis stabilitas, didapatkan bahwa stabilitas kapal *Landing Craft Tank (LCT)* dan *Livestock Carrier (Kapal Ternak)* memenuhi semua standar kriteria pada loadcase yang telah ditentukan.

Tabel 10. Perhitungan indeks A pada *Maxsurf Stability Enterprise*

Kapal	Kondisi	A Factor	
		Model 1	Model 2
LCT	Full load	0,977702	0,977702
	Partial	0,977702	0,977702
	Lightship	0,977702	0,977702
Livestock Carrier	Full load	0,977702	0,977702
	Partial	0,977702	0,977702
	Lightship	0,977702	0,977702

Tabel.11 Hasil Analisis *Damage Stability*

Kapal	Kondisi	A Factor	R Factor	Pass/Fail	Indeks A	Indeks R	Pass/Fail
LCT Muatan Penuh	Full load	0,977	0,5768	Pass	0,879	0,576	Pass
	Partial	0,977	0,5768	Pass			
	Lightship	0,977	0,5768	Pass			
LCT Muatan Kosong	Full load	0,977	0,5768	Pass	0,879	0,576	Pass
	Partial	0,977	0,5768	Pass			
	Lightship	0,977	0,5768	Pass			
Livestock Carrier Muatan Penuh	Full load	0,977	0,5768	Pass	0,879	0,576	Pass
	Partial	0,977	0,5768	Pass			
	Lightship	0,977	0,5768	Pass			
Livestock Carrier Muatan Kosong	Full load	0,977	0,5768	Pass	0,879	0,576	Pass
	Partial	0,977	0,5768	Pass			
	Lightship	0,977	0,5768	Pass			

LCT Muatan Penuh	Full load	0,977	0,5768	Pass	0,879	0,576	Pass
	Partial	0,977	0,5768	Pass			
	Lightship	0,977	0,5768	Pass			

Menghitung indeks *damage stability* terdapat dua variable utama yaitu *Required Subdivision Index (R)* dan *Attained Subdivision Index (A)*, dimana nilai indeks yang dicapai A sebuah kapal tidak boleh kurang atau sama dengan nilai Indeks R yang disyaratkan atau  $A \geq R$ .

Tabel 11 menunjukkan hasilnya sesuai dengan kriteria IMO MSC 261(82) dengan 12 zona kebocoran yaitu nilai Indeks A sebesar 0,977 dan nilai Indeks R sebesar 0,576. Hasil dari beberapa penelitian lain yang menganalisis *damage stability* dari modifikasi kapal FSO dengan 10 zona kebocoran memiliki nilai Indeks A sebesar 0,911 dan nilai Indeks R sebesar 0,325 [9], dan pada kapal Roro dengan 8 zona kebocoran memiliki nilai Indeks A sebesar 0,852 dan nilai Indeks R sebesar 0,684 [5]. Penelitian lainnya dari *damage stability* pada *Cruise Ship* yaitu nilai Indeks A sebesar 0,853 dan nilai Indeks R sebesar 0,693 [6]. Hasilnya semua dinyatakan memenuhi syarat karena  $A \geq R$ .

## 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini didapatkan beberapa kesimpulan yaitu perbandingan analisis stabilitas *Intact Stability* kapal sebelum dan sesudah konversi memenuhi semua kriteria (pass) dengan semua kondisi loadcase. Sesuai dengan kriteria IMO dan AMSA.

Hasil perhitungan *damage stability* kapal sebelum dan sesudah konversi memenuhi standar kriteria yaitu indeks A sebesar 0,879 lebih besar dari pada indeks R yaitu sebesar 0,576. Penelitian ini Jumlah maksimal kompartemen yang bocor pada penelitian ini adalah sampai 3 kompartemen bocor. Hal ini dikarenakan nilai faktor p pada 4 zona atau lebih memiliki nilai dibawah minimal faktor p.

Hasil dari *Intact* dan *Damage Stability* memenuhi syarat seperti penelitian lain yang menjadi referensi. Penelitian ini memenuhi standar kriteria yang ditentukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, "Kapal pendarat tank," 2017. [Online]. Available: <https://id.m.wikipedia.org>.
- [2] Peraturan Menteri Perhubungan No. 39 Penyelenggaraan Angkutan Penyebrangan, 2015.

- [3] Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan, Kementerian Pertanian, 2017.
- [4] R. A. Pitoko, "Kebutuhan Hewan Kurban Tembus 1,5 Juta Ekor," 2018. [Online]. Available: <https://ekonomi.kompas.com>.
- [5] O. Anwar, "Analisa Stabilitas ( Intact, Damage Stability ) Dan Olah Gerak Landing Craft Tank (LCT) Dikonversi Menjadi Tipe Roro", 2018.
- [6] R. F. Høvik, "Application of Probabilistic Damage Stability for Risk Reduction Related to Cruise Ship Operation in Arctic," 2015.
- [7] F. Rohmadhana and H. A. Kurniawati, "Analisis Teknis dan Ekonomis Konversi Landing Craft Tank (LCT) Menjadi Kapal Motor Penyeberangan (KMP) Tipe Ro-ro untuk Rute Ketapang – Gilimanuk," 2018.
- [8] A. Ramadhan, "Rancang Desain dan Konstruksi Kapal Pengangkut Ternak Tipe Katamaran untuk Pelayaran Nasional", 2018.
- [9] N. A. Cakasana, "Analisis Damage Stability Pada Desain Awal FSO Untuk Lapangan Minyak Kakap Di Laut Natuna Provinsi Kepulauan Riau," 2017
- [10] International Maritime Organization( IMO), Code on intact stability for all type of ship covered by IMO instruments Resolution MSC.267(85), 2008.
- [11] AMSA, Marine Order 43 ( Cargo and cargo handling — livestock ), 2006.
- [12] International Maritime Organization ( IMO), SOLAS Chapter II-1 Resolution MSC.281(85), Subdivision and damage stability regulation, 2009.
- [13] International Maritime Organization( IMO), MSC. 216 (82).