

STUDI PERANCANGAN *RESCUE HOVERCRAFT* UNTUK EVAKUASI KORBAN BENCANA ALAM

Dede Nugraha Sentosa HS, Deddy Chrismianto, Parlindungan Manik¹⁾

¹⁾Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro Semarang

ABSTRAK

Ketika terjadi suatu bencana alam sering kali kesulitan dalam mengevakuasi penduduk yang daerahnya terkena bencana alam. Salah satu penyebab kesulitan evakuasi tersebut yaitu medan yang sulit untuk dijangkau sehingga sangat dibutuhkan kendaraan yang bisa dioperasikan di berbagai medan. Hovercraft termasuk dalam jenis kendaraan amfibi, dalam arti bisa berfungsi di perairan maupun daratan. Bahkan hovercraft tetap dapat digunakan pada daerah rawa atau lumpur yang notabene kendaraan darat atau kapal tidak dapat digunakan di medan seperti itu. Dengan segala kelebihanannya, penggunaan hovercraft sebagai kendaraan SAR (Search and Rescue) korban bencana alam sangat efektif.

Penelitian ini bertujuan mendapatkan ukuran utama hovercraft yang bisa digunakan secara optimal dan sesuai dengan kebutuhan dalam evakuasi suatu bencana alam sehingga dihasilkan rencana garis dan rencana umum serta diketahui analisa hovercraft dari segi stabilitas dan manuver.

Untuk mengetahui lebih spesifik tentang perancangan sebuah hovercraft, maka dilakukan survey lapangan ke perusahaan yang telah melakukan pembuatan hovercraft di Indonesia, yaitu PT Dirgantara Indonesia (Persero). Dari berbagai referensi yang didapatkan kemudian ditentukan ukuran utama menggunakan metode Regresi Linier dan Polinom Lagrange. Setelah ditentukan dimensi dan berat total hovercraft, selanjutnya dilakukan perhitungan hambatan, daya, tinggi rintangan, titik berat serta analisa stabilitas dan manuver.

Rescue Hovercraft yang direncanakan ini mempunyai panjang (L) 11 meter. Dalam melakukan evakuasi korban bencana alam Rescue Hovercraft ini direncanakan mampu menempuh jarak 50 km. Dimensi Rescue Hovercraft yaitu L = 11,00 meter, B = 4,56 meter, Vs = 35 knot, payload 2,40 ton, dan jumlah penumpang sebanyak 20 orang. Pada analisa stabilitas Rescue Hovercraft ini terbagi atas 3 kondisi, yaitu saat hovercraft hanya diisi oleh kru (kondisi I), saat hovercraft diisi oleh kru dan para penumpang (kondisi II), dan saat mesin tiba-tiba mati ketika hovercraft sedang berada di perairan sehingga bantalan udaranya tidak mengembang (kondisi III). Hasil perhitungan stabilitas Rescue Hovercraft pada semua kondisi dinyatakan memenuhi (pass) standar persyaratan yang ditetapkan oleh IMO. Nilai GZ maksimum pada kondisi I yaitu 2,297 meter yang terjadi pada 30,9o, nilai GZ maksimum pada kondisi II yaitu 2,284 meter yang terjadi pada 31,8o, dan nilai GZ maksimum pada kondisi III yaitu 1,669 meter yang terjadi pada 31,8o. Hasil analisa manuver menggunakan formula menunjukkan bahwa manuver Rescue Hovercraft telah memenuhi kriteria yang telah ditetapkan, yaitu pada saat surging, yawing, swaying, dan rolling semua perhitungan pada setiap sudut manuver dan kecepatan yang berbeda memiliki nilai negatif sehingga dihasilkan momen pemulih (righting moment) .

Kata Kunci: *Bencana Alam, Perancangan, Rescue, Hovercraft*

I. PENDAHULUAN

Hovercraft termasuk dalam jenis kendaraan amfibi, dalam arti bisa berfungsi dengan baik di perairan maupun daratan. Bahkan *hovercraft* tetap dapat digunakan pada daerah rawa atau lumpur yang notabene kendaraan darat atau kapal tidak dapat digunakan di medan seperti itu. Dengan segala kelebihanannya, penggunaan *hovercraft* sebagai kendaraan SAR (*Search and Rescue*) korban bencana alam juga sangat efektif.

Hovercraft ini direncanakan beroperasi di perairan yang tenang dan daratan yang landai sehingga *hovercraft* ini harus disesuaikan dengan karakteristik perairan yang tenang, kondisi medan, dan dimensi jalan. Hal itu penting supaya *hovercraft* ini dapat melintasi perairan dan daratan tersebut. Selain itu, stabilitas dan olah gerak saat melakukan manuver pun dianalisa.

II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Gambaran Umum *Hovercraft*

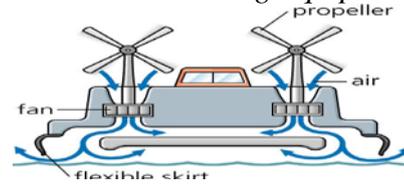
Kapal bantalan udara atau *hovercraft* (bahasa Inggris: kapal melayang) adalah suatu kendaraan yang berjalan di atas bantalan udara (*air cushion*). Bantalan udara tersebut ditimbulkan dengan cara meniupkan udara ke ruang bawah kapal ini (*plenum chamber*) melalui sekat yang lentur (*skirt*) sehingga tekanan udara di dalam *plenum chamber* lebih tinggi daripada tekanan udara luar sehingga timbul gaya angkat.

Pada tahun 1961 diperkenalkan sistem yang dikenal sebagai *Flexible Skirt System*, yaitu menggunakan material karet sebagai penutup sisi bantalan sekitar *hull* sehingga penutup ini menyerupai rok yang dinamakan *skirt*. [16]

II.2 Komponen Utama *Hovercraft*

Dalam suatu *hovercraft* terdapat beberapa komponen utama, yaitu:

1. *Hull*
2. *Skirt*
3. Motor dan baling-baling
4. *Rudder dan Steering Equipment*



Gambar 1.1 Konsep Kerja *Hovercraft* [12]

II.3 Dasar Teori *Hovercraft*

Secara teori *hovercraft* tidak terlalu rumit. Prinsip utamanya yaitu tentang prinsip gaya angkat.

Rumus Gaya Angkat [13]:

$$F = P \times A$$

p: Tekanan (N/m² atau dn/cm²)

F: Gaya (N atau dn)

A: Luas alas/penampang (m² atau cm²)

Rumus di atas merupakan sebuah rumus sederhana untuk menghitung gaya angkat sebuah *hovercraft*.

II.4 Sistem Penggerak *Hovercraft*

Desain *hovercraft* berdasarkan dua faktor penentu. Pertama masalah daya yang diperlukan untuk mengangkat dan mendaratkan badan *hovercraft*. Kedua masalah daya dorong untuk mengatasi gelombang laut. *Hovercraft* harus mampu mengatasi gelombang haluan dalam laut sehingga diperlukan sistem pengangkat (*lifter system*) dan sistem pendorong (*thruster system*).

II.4.1 *Lifter System*

a. Daya Untuk Sistem *Lifter* (N₁)

$$N_1 = (H \times Q) / (\eta_f \times \eta_t)$$

H : tekanan total fan (N/m^2)
 Q : volume udara angkat (m^3/s)
 F h : efisiensi fan
 M h : efisiensi transmisi

b. Debit Udara Angkat (Q)

$$Q = Q' \times S_c \times \sqrt{2 \times P_c / \rho_a}$$

Q': koefisien aliran udara angkat hovercraft berdasarkan statistical method nilainya 0.015 – 0.030

W: berat total hovercraft (N)

S : *cushion pressure* (m^2)

Pc: tekanan oleh berat total hovercraft terhadap luasan bantalan tekan (N/m^2)

$$\rho_a = 1,2257 \text{ kg/m}^3$$

c. Tekanan Total Fan (H)

$$H = H' \times \rho_a \times \mu_2^2$$

H': koefisien tekanan total fan

μ_2 : *circular velocity of the fan impeller* (m/s) (biasanya untuk *airfoil blade* $80 < 2u < 110$ m/s)

$$\rho_a : 1,2257 \text{ kg/m}^3$$

II.4.2 Thruster System

Untuk *hovercraft* amfibi alat propulsi yang biasa digunakan adalah *air propeller* atau *jet propulsion*, sedangkan untuk *hovercraft* non-amfibi biasanya digunakan *marine propeller* seperti yang digunakan pada kapal konvensional. [5]

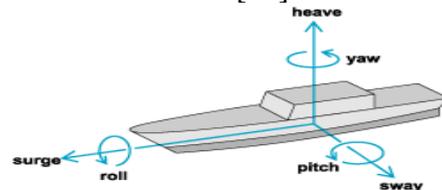
II.5 Konsep Perancangan

Proses perancangan atau desain terdiri atas penyusunan, perencanaan, perhitungan, dan pemodelan. Dalam proses desain bisa juga dilakukan beberapa modifikasi, penambahan dari desain-desain yang telah ada sebelumnya yang telah dibuat.

Perencana juga harus mempertimbangkan jauh ke depan bahwa desain yang dirancang mampu beroperasi dan bersaing secara efektif.

II.6 Olah Gerak dan Stabilitas Hovercraft

Stabilitas statis adalah kecenderungan *hovercraft* untuk melawan gangguan yang ditimbulkan oleh air dan udara. Stabilitas statis *hovercraft* mempunyai beberapa kesamaan dengan pesawat terbang karena *hovercraft* mempunyai modus operasi gerak yang mirip dengan pesawat terbang. Adapun gerak yang terjadi pada *hovercraft* yaitu gerak translasi dan rotasi. [15]



Gambar 1.2 Olah Gerak *Hovercraft* [1]

III. METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Studi Literatur

1. Metode pengumpulan data yang diperoleh dari buku-buku, majalah, artikel, jurnal, dan melalui internet.
2. Dosen yang menguasai permasalahan yang ada di dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

III.2 Studi Lapangan

Studi lapangan untuk pengumpulan data dilakukan dengan bertanya secara langsung dan wawancara kepada pihak yang terkait dalam penelitian ini, yaitu PT. Dirgantara Indonesia (Persero).

III.3 Pengolahan Data

Data didapat dari berbagai referensi, yaitu buku-buku, majalah, artikel, jurnal, dan internet. Untuk

mengetahui lebih spesifik tentang perancangan sebuah *hovercraft*, maka dilakukan pula survey lapangan ke perusahaan yang telah melakukan pembuatan *hovercraft* di Indonesia, yaitu PT Dirgantara Indonesia (Persero).

IV. PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

Kajian dalam bab ini menjelaskan mengenai perhitungan untuk menentukan ukuran *amphibious hovercraft* (ACV) yang optimal sehingga mendapatkan gambar pra-perancangan berupa rencana garis (*lines plan*) dan rencana umum (*general arrangement*), serta analisa dari hasil pra-perancangan tersebut berupa data stabilitas dan manuver *hovercraft*.

IV.1 Pra Perancangan

Persyaratan desain tergantung pada fungsi *hovercraft* itu, misalnya untuk militer, komersial, fungsi khusus, atau rekreasi. Parameter pengendali juga akan berbeda-beda sesuai dengan persyaratan stabilitas, ketahanan, kinerja pada cuaca buruk, kelayakan laut, manuver, pemilihan mesin dan penentuan ukuran utama. [5]

IV.2 Persyaratan

Hovercraft yang direncanakan yaitu sebagai kendaraan untuk mengevakuasi para korban bencana alam yang dilengkapi dengan peralatan medis untuk memberikan pertolongan pertama kepada para korban bencana alam. *Hovercraft* ini direncanakan beroperasi di perairan yang tenang dan daratan yang landai.

Pada keadaan terjadi bencana yang jauh dari tempat *hovercraft* ini disimpan, maka diperlukan pengangkutan menggunakan alat

transportasi berupa *trailer*. Supaya *Rescue Hovercraft* ini dapat diangkut oleh *trailer* penentuan dimensi dan karakteristik *Rescue Hovercraft* ini harus disesuaikan dengan panjang *trailer*, lebar *trailer*, lebar jalan, lebar gerbang tol, dan tinggi gerbang tol yang ada di Indonesia.

Rescue Hovercraft yang direncanakan ini mempunyai panjang (L) 11 meter. Dalam melakukan evakuasi korban bencana alam *Rescue Hovercraft* ini direncanakan mampu menempuh jarak 50 km (27 *nautical miles*). Skenario jarak sejauh 50 km itu merupakan jarak yang dapat ditempuh untuk satu kali pengisian bahan bakar secara penuh.

IV.3 Hovercraft Pembanding

Pada perancangan *amphibious hovercraft* (ACV) yang difungsikan sebagai kendaraan evakuasi korban bencana alam ini menggunakan *hovercraft* pembanding dengan daya angkut dan panjang yang hampir sama.

IV.4 Penentuan Ukuran Utama Hovercraft

Perbandingan ukuran utama dan daya muat *hovercraft* pembanding digunakan sebagai acuan dalam menentukan ukuran utama dan daya muat *hovercraft*. Pada pra-perancangan ini sebelumnya telah ditetapkan nilai panjang *hovercraft* (L) sebesar 11 meter.

Berdasarkan data *hovercraft* pembanding yang didapatkan dan setelah dilakukan perhitungan dengan metode Regresi Linier dan Polinom lagrange maka ditentukan ukuran utama, kecepatan, dan daya muat *Rescue Hovercraft*, yaitu:

Panjang (L)	= 11,00 m
Lebar (B)	= 4,56 m
Kecepatan (Vs)	= 35 knot

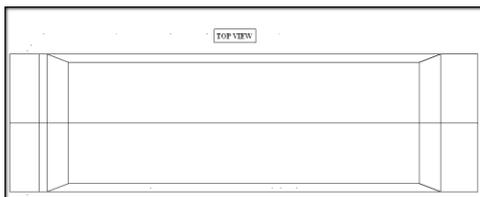
Payload = 2,40 ton
 Jumlah Passanger = 20 orang

Dari ukuran utama *Rescue Hovercraft* yang dihasilkan, jika dianalisa terhadap perbandingan ukuran utama, kecepatan, dan daya muat *hovercraft* pembanding maka hasilnya:

L/B = 2,41
 L/Vs = 0,31
 L/Load = 4,58
 L/Passenger = 0,55

IV.5 Rencana Garis dan Rencana Umum

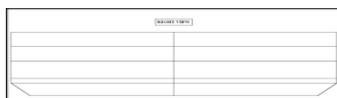
Berikut ini merupakan original model dari *hull form* dan *skirt* *Rescue Hovercraft*:



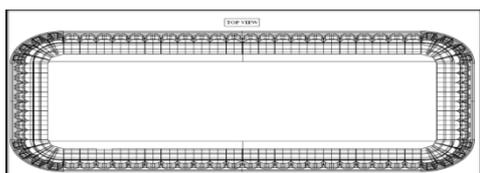
Gambar 1.3 TopView Hull Form Model Rescue Hovercraft



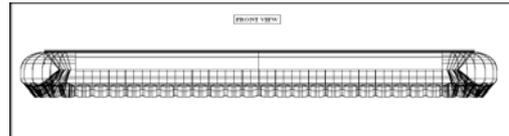
Gambar 1.4 RightView Hull Form Model Rescue Hovercraft



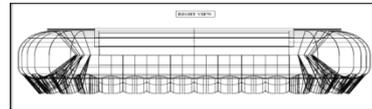
Gambar 1.5 Front View Hull Form Model Rescue Hovercraft



Gambar 1.6 Top View Skirt Model Rescue Hovercraft

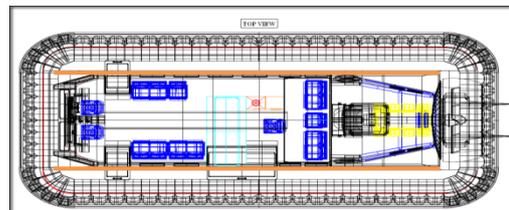


Gambar 1.7 Right View Skirt Model Rescue Hovercraft



Gambar 1.8 Front View Skirt Model Rescue Hovercraft

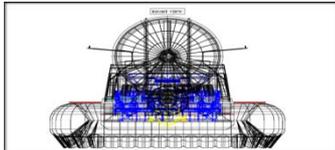
Hovercraft ini pada kedua sisinya dapat dilipat sehingga lebarnya berkurang saat diangkat oleh *trailer*. Lipatan pada konstruksi deck samping tersebut menggunakan sistem engsel. Lebar pintu belakang menyesuaikan dengan lebar pintu *ambulance* sehingga memudahkan dalam penanganan korban bencana alam yang perlu pertolongan medis yang dibawa menggunakan tandu atau *Ambulance Stretcher*. Kursi pada bagian depan dipasang berhadapan supaya mudah dalam menempatnya dan menyisakan ruang kosong di antara dua sisi kursi yang berhadapan tersebut. *Rescue Hovercraft* juga dilengkapi lemari untuk menyimpan peralatan medis dan tempat untuk membaringkan korban yang perlu penanganan medis. Material lambung dan *deck hovercraft* menggunakan aluminium, sedangkan material skirt menggunakan *rubber*.



Gambar 1.9 Top View Konfigurasi Penataan Ruang *Rescue Hovercraft*



Gambar 1.10 *Right View* Konfigurasi Penataan Ruang *Rescue Hovercraft*



Gambar 1.11 *Front View* Konfigurasi Penataan Ruang *Rescue Hovercraft*

IV.6 Perhitungan Berat *Hovercraft*

Pada perhitungan berat menggunakan formula yang ada di Buku *Theory and Design of Air Cushion Craft*, *hovercraft* ini diestimasikan memiliki berat total (W) 6800 kg. Setelah itu dihitung berat setiap komponen yang ada pada *Rescue Hovercraft* ini sehingga dihasilkan:

- Berat Kosong *Hovercraft* (W') = 3259,64 kg
- Berat Operasional (W_{op}) = 6785,79 kg
- Daya Muat = 2460,00 kg

Koreksi perhitungan berat:

$$W - W_{op} = \leq 5\% W$$

$$W - W_{op} = 14,21 \text{ kg}$$

$$5\% W = 340 \text{ kg}$$

Dari hasil koreksi berat di atas maka perhitungan berat *Rescue Hovercraft* ini dinyatakan memenuhi ketentuan yang telah ditetapkan.

IV.7 Perencanaan Tangki

Dimensi tangki bahan bakar direncanakan:

$$\text{Panjang} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1,8 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 0,08 \text{ m}$$

Dimensi tangki ballast direncanakan:

$$\text{Panjang} = 4,20 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2,50 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 0,08 \text{ m}$$

IV.8 Perhitungan Hambatan *Hovercraft*

Berikut ini hasil perhitungan hambatan yang diterima oleh *Rescue Hovercraft* menggunakan formula yang ada di Buku *Theory and Design of Air Cushion Craft*:

- Hambatan Gelombang = 0,01 kN
- Hambatan Profil Aerodinamis = 1,28 kN
- Hambatan Momentum Aerodinamis = 0,89 kN
- Hambatan Trim = 0,11 kN
- Hambatan Skirt = 0,17 kN

IV.9 Perhitungan Sistem *Lifter* dan *Thruster*

Berikut ini hasil perhitungan sistem *lifter* dan *thruster* *Rescue Hovercraft*:

- Volume Udara Angkat (Q) = 20,81 m³/s
 - Tekanan Total Fan (H) = 3707,74 kg/m²
 - Daya Angkat (N_t) = 117,54 HP
 - Gaya Dorong yang Diperlukan (T) = 2,67 kN
 - Daya Propulsi (N_p) = 200,49 HP
 - Total Daya (N) = 318,03 HP
- ϵ = Daya mesin
= 360 HP
(Yanmar 6CX-GTYE)

Koreksi perhitungan daya:

$$N \leq \epsilon$$

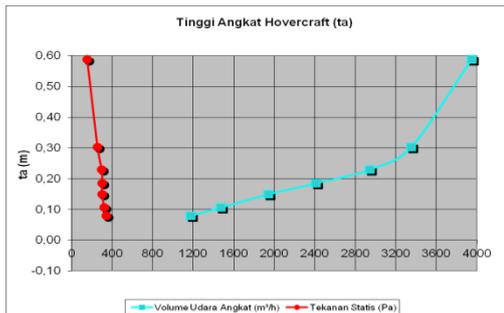
$$318,03 \text{ HP} \leq 360 \text{ HP (memenuhi)}$$

IV.10 Perhitungan Tinggi Rintangan

1. Tinggi Angkat *Hovercraft* (t_a)

Tabel 1.1 Perhitungan Tinggi Angkat Hovercraft

No.	Q (m³/h)	Pe (Pa)	Sc (m²)	ta (m)
1.	1176,47	340,00	43,36	0,08
2.	1470,59	320,00	43,36	0,11
3.	1941,18	300,00	43,36	0,15
4.	2411,76	300,00	43,36	0,19
5.	2941,18	295,00	43,36	0,23
6.	3352,94	255,00	43,36	0,30
7.	3950,00	155,00	43,36	0,59



Gambar 1.12 Grafik Tinggi Angkat Hovercraft terhadap Volume Udara Angkat dan Tekanan Statis

Gambar 1.12 di atas menunjukkan bahwa semakin besar volume udara angkat maka tinggi angkat semakin besar. Sebaliknya dengan tekanan statis, semakin besar tekanan statis maka tinggi angkat semakin kecil.

2. Hambatan di Darat
 $hc = ho + (L \times \tan \theta)$

Tabel 1.2 Perhitungan Tinggi Lintasan di Darat

No.	θ (°)	Tan θ	ho (m)	hc (m)
1.	0°	0,000	0,59	0,59
2.	1°	0,017	0,59	0,78
3.	2°	0,035	0,59	0,97
4.	3°	0,052	0,59	1,17
5.	4°	0,070	0,59	1,36
6.	5°	0,087	0,59	1,55



Gambar 1.13 Grafik Tinggi Lintasan di Darat terhadap Kemiringan Lintasan

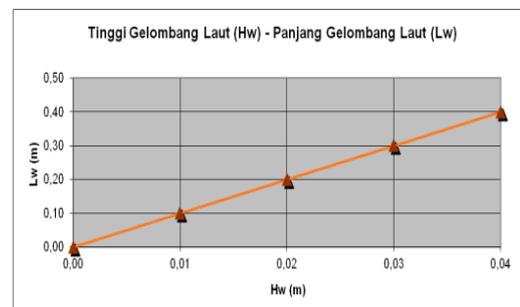
Gambar 1.13 di atas menunjukkan bahwa semakin besar kemiringan lintasan maka tinggi lintasan di darat yang dapat dilalui oleh hovercraft semakin tinggi.

3. Rintangan di Laut

- Tinggi Gelombang Laut (Hw)
 $= Rw / (qw \times Lc \times Sc)^{0.15}$
 $= 20 \times 10^{-5} (2 Hw'' / [hc + hf])^{1.67}$
 $= 0,04 \text{ m}$
- Panjang Gelombang Laut (Lw)
 $Hw = 0,1 Lw$

Tabel 1.3 Perhitungan Panjang Gelombang Laut

No.	Hw (m)	Lw (m)
1.	0,04	0,40
2.	0,03	0,30
3.	0,02	0,20
4.	0,01	0,10
5.	0,00	0,00



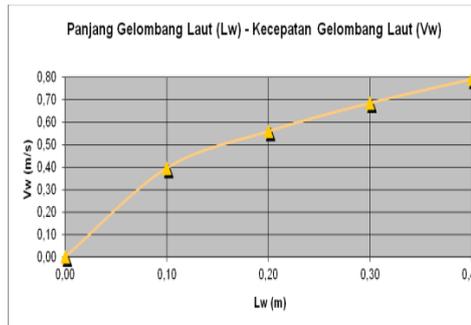
Gambar 1.14 Grafik Tinggi Gelombang terhadap Panjang Gelombang Laut

Gambar 1.14 di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi gelombang laut maka panjang gelombang laut yang dapat dilalui oleh hovercraft semakin panjang.

- Kecepatan Gelombang Laut (V_w)
 $V_w = 1,25 (L_w^{0,5})$

Tabel 1.4 Perhitungan Kecepatan Gelombang Laut

No.	L _w (m)	V _w (m/s)
1.	0,40	0,79
2.	0,30	0,68
3.	0,20	0,56
4.	0,10	0,40
5.	0,00	0,00



Gambar 1.15 Grafik Panjang Gelombang laut terhadap Kecepatan Gelombang Laut

Gambar 1.15 di atas menunjukkan bahwa semakin panjang gelombang laut maka kecepatan gelombang laut yang dapat dilalui oleh hovercraft semakin besar.

IV.11 Perhitungan Titik Berat Hovercraft

Letak titik berat *hovercraft* dapat diketahui dengan meninjau semua pembagian bobot yang ada pada *hovercraft*. Pada perhitungan titik berat *Rescue Hovercraft* ini diasumsikan 2 kondisi, yaitu:

- Saat tidak beroperasi, yaitu saat *hovercraft* tidak melakukan

evakuasi sehingga *hovercraft* hanya diisi oleh kru. Hasilnya sebagai berikut:

	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z	
Center of Gravity (CG) = $\Sigma WX/\Sigma W ; \Sigma WY/\Sigma W ; \Sigma WZ/\Sigma W =$	6,03	0,71	0,00	m
Center of Lift (CL) =	6,03	-0,59	0,00	m
Sumbu X : Longitudinal	dari	dari	dari	
Sumbu Y : Vertical	depan	base line	tengah	
Sumbu Z : Transversal				

- Saat beroperasi, yaitu saat *hovercraft* melakukan evakuasi sehingga *hovercraft* diisi oleh kru dan para penumpang. Hasilnya sebagai berikut:

	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z	
Center of Gravity (CG) = $\Sigma WX/\Sigma W ; \Sigma WY/\Sigma W ; \Sigma WZ/\Sigma W =$	5,70	0,71	-0,01	m
Center of Lift (CL) =	5,70	-0,59	-0,01	m
Sumbu X : Longitudinal	dari	dari	dari	
Sumbu Y : Vertical	depan	base line	tengah	
Sumbu Z : Transversal				

Penempatan komponen-komponen *hovercraft* harus diatur sedemikian rupa supaya penyebaran titik beratnya merata.

IV.12 Analisa Stabilitas Hovercraft

Pada dasarnya stabilitas yang baik yaitu *hovercraft* dengan momen pembalik (*righting moment*) yang cukup untuk membuat *hovercraft* kembali ke posisi tegak ketika mendapat gaya dari luar yang menyebabkan olengan. Karena tinggi gelombang laut yang dapat dilewati oleh *Rescue Hovercraft* ini hanya sebesar 0,04 meter, maka analisa stabilitas disimulasikan pada perairan yang tenang.

Pada studi penelitian ini perhitungan stabilitas menggunakan perhitungan manual berdasarkan formula yang didapatkan dari buku *Theory and Design of Air Cushion Craft* dan paket perhitungan menggunakan *Software* yang ditinjau pada 3 kondisi yang merepresentasikan kondisi pada saat *hovercraft* berada di perairan.

Persyaratan stabilitas mengacu pada *standard requirements* yang telah ditetapkan oleh IMO. Tiga kondisi yang disimulasikan tersebut yaitu sebagai berikut:

1. Kondisi I: Saat tidak beroperasi, yaitu saat *hovercraft* tidak melakukan evakuasi sehingga *hovercraft* hanya diisi oleh kru
2. Kondisi II: Saat beroperasi, yaitu saat *hovercraft* melakukan evakuasi sehingga *hovercraft* diisi oleh kru dan para penumpang
3. Kondisi III: Saat mesin tiba-tiba mati ketika *hovercraft* sedang berada di perairan sehingga bantalan udaranya tidak mengembang. Pada kondisi ini *hovercraft* hanya mengandalkan lambungya untuk dapat terapung, seperti halnya kapal konvensional. Pada kondisi ini hanya menggunakan paket perhitungan *Software Hydromax 13.01*.

1. Analisa Stabilitas Berdasarkan Formula

Beberapa aturan sederhana untuk menganalisa stabilitas *hovercraft* yang didapatkan dari Buku *Theory and Design of Air Cushion Craft*:

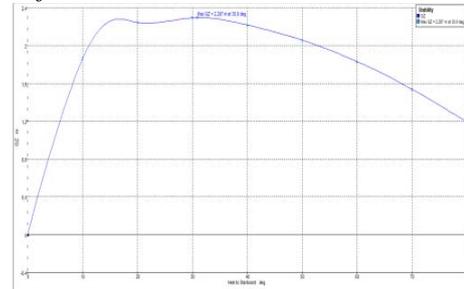
Static stability
 Pitch: $h/L_c > 0.05p_c$ (metres)
 Roll: $h/B_c > 0.08p_c$

Dynamic stability
 Pitch: $h/L_c > 0.05p_c$
 Roll: $h/B_c > 0.08p_c$
 Yaw: $h/L_c > 0.02p_c$

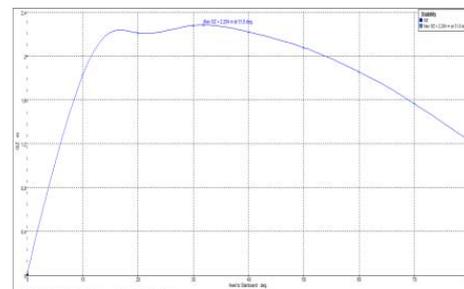
Hasil analisa stabilitas yang telah dilakukan pada *Rescue Hovercraft* dengan menggunakan ketentuan di atas menerangkan bahwa hasil perhitungan stabilitas *Rescue Hovercraft* pada semua kondisi dinyatakan memenuhi (pass) aturan sederhana untuk menganalisa stabilitas *hovercraft* berdasarkan formula yang ada di

Buku *Theory and Design of Air Cushion Craft*.

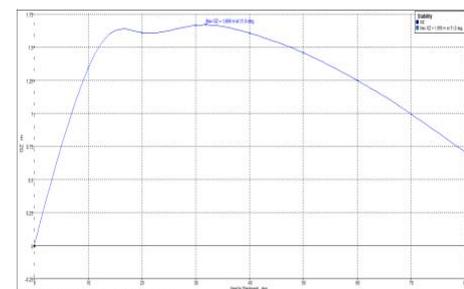
2. Analisa Stabilitas Menggunakan Software



Gambar 1.16 Grafik Righting Moment (GZ) *Rescue Hovercraft* pada Kondisi I



Gambar 1.17 Grafik Righting Moment (GZ) *Rescue Hovercraft* pada Kondisi II



Gambar 1.18 Grafik Righting Moment (GZ) *Rescue Hovercraft* pada Kondisi III

Gambar 1.16 sampai dengan Gambar 1.18 menunjukkan nilai GZ untuk *Rescue Hovercraft* pada semua kondisi. Dengan adanya kurva lengan stabilitas (GZ) tersebut maka dapat diketahui besarnya nilai momen pada tiap-tiap sudut oleng.

Nilai GZ maksimum pada kondisi I yaitu 2,297 meter yang terjadi pada 30,9°, nilai GZ maksimum pada kondisi II yaitu 2,284 meter yang terjadi pada 31,8°, dan nilai GZ maksimum pada kondisi III yaitu 1,669 meter yang terjadi pada 31,8°.

3. Pengecekan Perhitungan Stabilitas

Tabel 1.5 di bawah ini merupakan tabulasi dari hasil perhitungan stabilitas Rescue Hovercraft pada kondisi I sampai dengan kondisi III dengan standar kriteria IMO.

Tabel 1.5 Hasil Analisa Stabilitas Pada Setiap Kondisi Standar IMO

No	Rule	Criteria	Required	Kondisi		
				I	II	III
1	IMO.A.749(18) Chapter 3.1.2.1	Area 0° to 30°	3,15 m.deg	5,55	5,44	3,96
2	IMO.A.749(18) Chapter 3.1.2.1	Area 0° to 40° or Downflooding point	5,16 m.deg	7,81	7,71	5,61
3	IMO.A.749(18) Chapter 3.1.2.1	Area 30° to 40° or Downflooding point	1,719 m.deg	2,26	2,25	1,73
4	IMO.A.749(18) Chapter 3.1.2.2	GZ at 30° or greater	0,2 m	2,29	2,28	1,67
5	IMO.A.749(18) Chapter 3.1.2.3	Angle of GZ max	25 deg	34,60	35,50	31,80

Analisa kriteria pada Tabel 1.5 menerangkan bahwa hasil perhitungan stabilitas Rescue Hovercraft pada semua kondisi dinyatakan memenuhi (*pass*) standar persyaratan yang ditetapkan IMO.

IV.13 Analisa Manuver Hovercraft

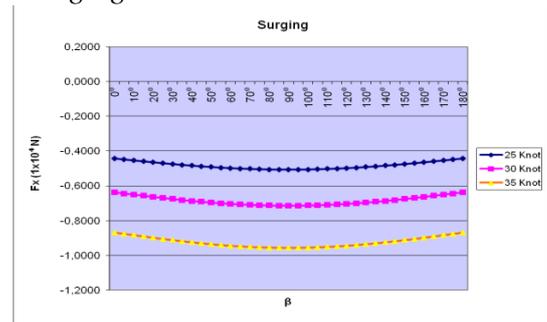
Dalam rangka menjaga stabilitas hovercraft, nilai manuver saat surging, yawing, swaying, dan rolling harus negatif untuk menghasilkan momen pemulih (*righting moment*). [5]

Pada studi penelitian ini, analisa manuver Rescue Hovercraft

menggunakan formula yang ada di Buku *Theory and Design of Air Cushion Craft* yang ditinjau pada beberapa variasi sudut manuver yang merepresentasikan gerakan pada saat hovercraft beroperasi. Dalam menganalisa manuver Rescue Hovercraft, dibuat beberapa variasi kondisi, yaitu saat hovercraft hanya diisi oleh kru (Kondisi I) dan saat hovercraft diisi oleh kru dan penumpang (Kondisi II). Analisa dengan 2 variasi kondisi tersebut hanya dilakukan pada analisa Rolling karena formula analisa Surging, Yawing, dan Swaying tidak memperhitungkan variabel kondisi muatan.

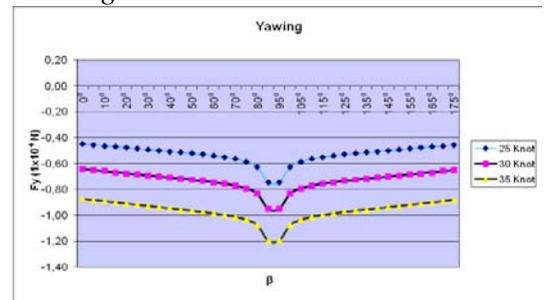
1. Persamaan Gerak saat Manuver

1.1. Surging



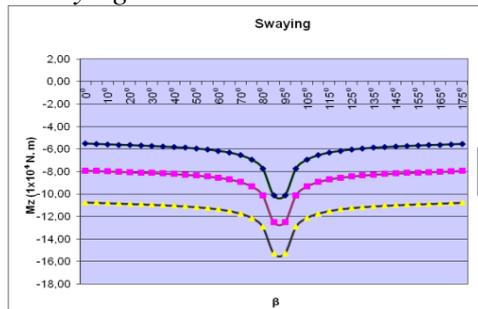
Gambar 1.19 Grafik Surging Rescue Hovercraft

1.2. Yawing



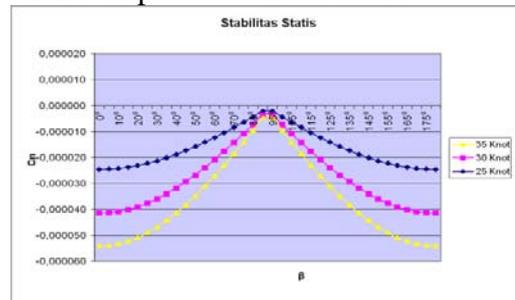
Gambar 1.20 Grafik Yawing Rescue Hovercraft

1.3. Swaying



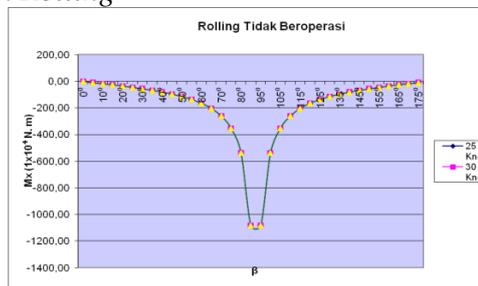
Gambar 1.21 Grafik Swaying Rescue Hovercraft

2. Manuver pada Stabilitas Statis

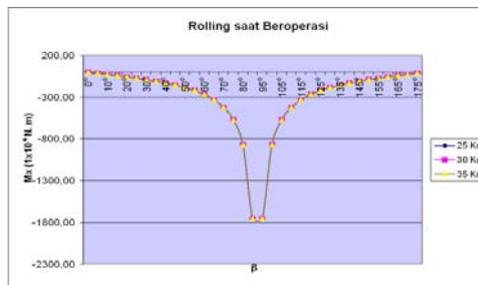


Gambar 1.24 Grafik Manuver Rescue Hovercraft saat Stabilitas Statis

1.4. Rolling



Gambar 1.22 Grafik Rolling Rescue Hovercraft saat Tidak Beroperasi

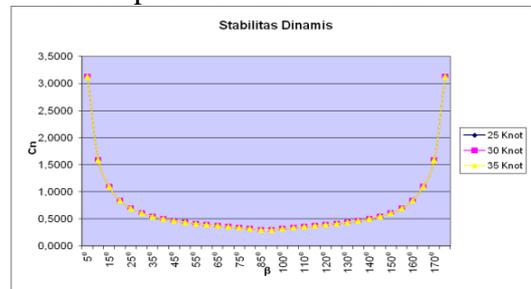


Gambar 1.23 Grafik Rolling Rescue Hovercraft saat Beroperasi

Berdasarkan hasil analisa manuver pada saat *surgings*, *yawing*, *swaying*, dan *rolling* seperti terlihat pada Gambar 1.19 sampai Gambar 1.23 di atas, manuver *Rescue Hovercraft* telah memenuhi kriteria yang telah ditetapkan menurut formula yang ada di buku *Theory and Design of Air Cushion Craft*, yaitu memiliki nilai negatif supaya menghasilkan momen pemulih (*righting moment*). [5]

Berdasarkan hasil analisa manuver pada saat stabilitas statis seperti terlihat pada Gambar 1.24 di atas, manuver *Rescue Hovercraft* telah memenuhi kriteria yang telah ditetapkan menurut formula yang ada di buku *Theory and Design of Air Cushion Craft*, yaitu memiliki nilai negatif untuk menghasilkan momen pemulih (*righting moment*). $C_{\beta z} = C_{\beta mza} < 0$. $C_{\beta z} = C_n \cdot C_n$ merupakan koefisien stabilitas statis[5]

3. Manuver pada Stabilitas Dinamis



Gambar 1.25 Grafik Manuver Rescue Hovercraft saat Stabilitas Dinamis

Berdasarkan hasil analisa manuver pada saat stabilitas dinamis seperti terlihat pada Gambar 1.25 di atas, manuver *Rescue Hovercraft* telah memenuhi kriteria yang telah ditetapkan menurut formula yang ada di buku *Theory and Design of Air Cushion Craft*, yaitu $(C_{\beta mz}/C_{\beta y}) -$

$(C \omega_{zmz}/C \omega_y) > 0$. $C \beta_{mz} = C_n$. C_n merupakan koefisien saat *yawing*. [5]

V. PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan beberapa informasi teknis sebagai berikut :

1. Dengan metode perancangan perbandingan menggunakan Metode Regresi Linier dan Polinom Lagrange didapatkan $L = 11,00$ meter, $B = 4,56$ meter, $V_s = 35$ knot, *payload* 2,40 ton, dan jumlah penumpang 20 orang
2. Pada perhitungan manual menggunakan formula hasil analisa stabilitas menunjukkan semua perhitungan memenuhi semua kriteria yang ditentukan (Stabilitas Statis: *Pitching* = $h/Lc > 0,05Pc$, *Rolling* = $h/Bc > 0,08Pc$; Stabilitas Dinamis: *Pitching* = $h/Lc > 0,05Pc$, *Rolling* = $h/Bc > 0,08Pc$, *Yawing* = $h/Lc > 0,02Pc$).
3. Pada analisa menggunakan *Software*, hasil analisa stabilitas *Rescue Hovercraft* pada semua kondisi dinyatakan memenuhi (pass) standar persyaratan yang ditetapkan IMO. Nilai GZ maksimum pada kondisi I yaitu 2,297 meter yang terjadi pada $30,9^\circ$, nilai GZ maksimum pada kondisi II yaitu 2,284 meter yang terjadi pada $31,8^\circ$, dan nilai GZ maksimum pada kondisi III yaitu 1,669 meter yang terjadi pada $31,8^\circ$.
4. Hasil analisa manuver menggunakan formula menunjukkan bahwa manuver *Rescue Hovercraft* telah memenuhi kriteria yang telah ditetapkan, yaitu pada saat *surging*, *yawing*, *swaying*, dan

rolling semua perhitungan pada setiap sudut manuver dan kecepatan yang berbeda memiliki nilai negatif sehingga dihasilkan momen pemulih (*righting moment*)

V.2 Saran

Saran penulis untuk penelitian lebih lanjut (*future research*) antara lain:

1. Memperluas kajian pembahasan, misalnya dengan memperhitungkan kekuatan dan getaran *hovercraft* serta perlu adanya pembahasan mengenai analisa ekonomisnya
2. Dalam pengerjaan perancangan *hovercraft* referensinya lebih diperbanyak sehingga acuan dalam perhitungan dan analisanya lebih variatif dan solutif
3. Adanya pengembangan lebih lanjut dalam studi perancangan *hovercraft* dan dapat diaplikasikan secara nyata.
4. Adanya sumbangsih dari pihak-pihak terkait dalam perancangan *hovercraft* sehingga ilmu tentang *hovercraft* ini dapat lebih dioptimalkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arswendo, Berlian. 2011. *Slide Materi Mata Kuliah Dinamika Kapal*. Semarang: Universitas Diponegoro
2. C. Gillmer, Thomas. 1975. *Modern Ship Design*. Annapolis: Naval Institute Press
3. Dardak, A Hermato. 2009. *Geometri Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga
4. DY, Hendra, dan S, Agoes. 2011. *Perencanaan Sistem Thruster dan Lifter Tipe Terpisah untuk*

- Hovercraft Militer dengan Payload 15 Ton*. Surabaya: ITS
5. L. Yun, dan A. Bliault. 2000. *Theory and Design of Air Cushion Craft*. London: Arnold Publishers
 6. Munir, Rinaldi. 2006. *Metode Numerik Edisi Revisi*. Bandung: Informatika
 7. *Canwest Hovercraft – Vanair Hovercraft*:
<http://www.canhover.com/companies/vanair/features.asp>
(diakses tanggal 20 Februari 2014)
 8. *Centrifugal Fan and In-Line Duct Extractors Catalog*:
www.sodeca.com
(diakses tanggal 5 Maret 2014)
 9. *Design Spiral*:
<http://goodrindo.blogspot.com/2013/12/1/10/design-spiral-dan-perancangan-kapal.html>
(diakses tanggal 6 Desember 2013)
 10. *Griffon Hoverwork The World Leader In Hovercraft Design & Operation*:
<http://www.griffonhoverwork.com>
(diakses tanggal 21 Januari 2014)
 11. *Karoseri Truk*:
<http://dealer-truck-mitsubishi.blogspot.com/2010/05/speckaroseri-counteiner-trailer.html>
(diakses tanggal 7 Februari 2014)
 12. *Nyolonong, cara kerja hovercraft* :
<http://nyolong-dong.blogspot.com/2012/07/cara-kerja-hovercraft.html>
(diakses tanggal 4 Desember 2013)
 13. *Rumus Fisika Lengkap Gaya dan tekanan*:
http://id.wikibooks.org/wiki/Rumus_Fisika_Lengkap/Gaya_dan_tekanan
(diakses tanggal 6 Desember 2013)
 14. *Seastates*:
<http://www.seastates.net/>
(diakses tanggal 20 Februari 2014)
 15. *Small shipyard*:
http://smallshipyard.blogspot.com/2009_12_01_archive.html
(diakses tanggal 9 Desember 2013)
 16. *Wikipedia, Hovercraft*:
http://id.wikipedia.org/wiki/Kapal_bantalan_udara
(diakses tanggal 3 Desember 2013)