

# OPTIMASI GAYA ANGKAT HOVERCRAFT TIPE INTEGRATED DENGAN PERUBAHAN KONFIGURASI AXIAL FAN

Widhi Herjuna<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Komplek Angkasa, Jakarta Timur DKI Jakarta, 13610 Indonesia  
email: [widhi\\_herjuna@yahoo.com](mailto:widhi_herjuna@yahoo.com)

## ABSTRAK

Hovercraft memiliki beberapa kelebihan dibandingkan alat transportasi lainnya. Pada saat bergerak hovercraft berada diatas bantalan udara, maka hambatan yang dialami oleh hovercraft menjadi sangat kecil. Hal ini membuat hovercraft dapat beroperasi pada segala macam permukaan, tidak hanya rendahnya hambatan yang dialami terhadap bentuk medan kerjanya dan permukaan air, tetapi kemampuan ampibi yang unik yang membuat hovercraft dapat beroperasi pada macam-macam permukaan yang berbeda secara kontinu termasuk mencapai daerah pedalaman tanpa mengalami kendala akibat dangkalnya permukaan air sungai atau bebatuan yang banyak terdapat pada sungai-sungai Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran fluida untuk gaya angkat dan gaya dorong pada fan untuk Hovercraft Lumba-Lumba TNI AU dengan variasi jumlah blade serta memberitahukan pengoperasian RPM yang paling optimal. Simulasi pada penelitian ini dilakukan dibantu dengan menggunakan perangkat lunak NumecaFineTM atau perangkat lunak Turbo V8. Penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan yang dapat digunakan sebagai rekomendasi untuk penelitian berikutnya. Tidak memerlukan thrust yang tinggi karena yang diunggulkan ialah kemampuan hover yang stabil. Dengan data perhitungan thrust 831,8 N, lift 4900 rpm, 5 buah blade, ratio 2,1 : 1, dan angle blade 300. Korelasi thrust dan lift berbanding lurus dengan bahan bakar yang dihasilkan. Target nominal gaya angkat yang didapat ialah 15 cm tercapai dengan analisa perhitungan yang dilakukan.

**Kata kunci :** Optimasi, gaya angkat, hovercraft, axial fan

## ABSTRACT

Hovercraft has several advantages over other transportation equipment. When moving a hovercraft on an air cushion, the hovercraft's obstacles are very small. This makes hovercraft able to operate on all types of surfaces, not only the low resistance experienced by the shape of the field of work and the surface of the water, but the unique amphibious ability that makes hovercraft can operate on different surface types continuously including reaching the interior without experiencing constraints due to the shallow surface of the river or rocks that are mostly found in Indonesian rivers. This study aims to determine the characteristics of fluid flow for lift force and thrust on the fan for Hovercraft TNI AU Dolphins with variations in the number of blades and notify the most optimal RPM operation. The simulation in this study was carried out assisted by using NumecaFineTM software or Turbo V8 software. This study produces several conclusions that can be used as recommendations for subsequent research. Does not require high thrust because the seed is a stable hover capability. With data calculation of thrust 831.8 N, lift 4900 rpm, 5 pieces of blade, ratio 2.1: 1, and blade angle 300. The thrust correlation and lift are directly proportional to the fuel produced. The nominal target of the lift force obtained is 15 cm achieved by analyzing the calculations performed.

**Keywords:** Optimization, lift, hovercraft, axial fan.

## I. PENDAHULUAN

Hovercraft memiliki beberapa kelebihan dibandingkan alat transportasi lainnya. Pada saat bergerak hovercraft berada diatas bantalan udara, maka hambatan yang dialami oleh hovercraft menjadi sangat kecil [1]. Hal ini membuat hovercraft dapat beroperasi pada segala macam permukaan, tidak hanya rendahnya hambatan yang dialami terhadap bentuk medan kerjanya dan permukaan air, tetapi kemampuan ampibi yang unik yang membuat hovercraft dapat beroperasi pada macam-macam permukaan yang berbeda secara kontinu termasuk mencapai daerah pedalaman tanpa mengalami kendala akibat dangkalnya permukaan air sungai atau bebatuan yang banyak terdapat pada sungai-sungai Indonesia [2].

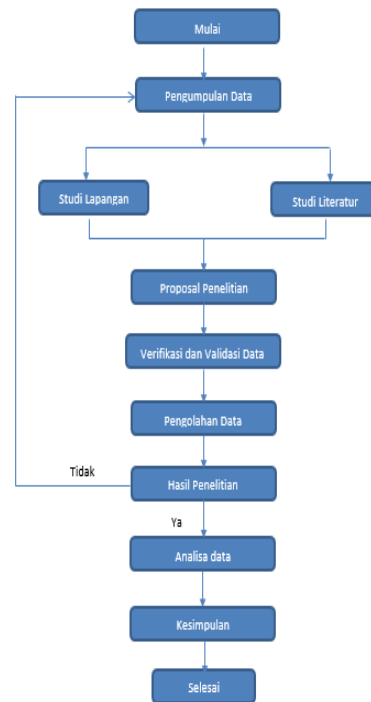
Hovercraft TNI AU yang dijadikan objek penelitian ini bernama Lumba-Lumba, dan difungsikan untuk mengangkut pasukan dari kapal utama yang akan didaratkan. Pada saat bergabung dengan TNI AU, hovercraft ini digunakan pada hampir setiap latihan operasi amfibi, seperti yang diadakan di Kaimana Papua, Sangata Kalimantan Timur dan beberapa operasi lainnya yang diadakan TNI AU. Kemudian kendaraan ini juga dapat digunakan untuk mobilisasi cepat VVIP Hovercraft bekerja dengan dua prinsip utama yaitu mengangkat dan mendorong. Mengangkat merupakan hal yang utama, karena prinsip dasar hovercraft berjalan tanpa menyentuh permukaan dengan kata lain kendaraan ini terangkat beberapa inci dari permukaan tanah ataupun rawa [3]. Sistem gaya angkat (lifter) dan pengendali hovercraft ini

memakai sistem centrifugal fan yang terhubung dengan hydraulic motor [4]. Kinerja fan pada hovercraft amat mempengaruhi kinerja keseluruhan dari sistem angkat maupun sistem dorong hovercraft [5].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran fluida untuk gaya angkat dan gaya dorong pada fan untuk Hovercraft Lumba-Lumba TNI AU dengan variasi jumlah blade serta memberitahukan pengoperasian RPM yang paling optimal. Simulasi pada penelitian ini dilakukan dibantu dengan menggunakan perangkat lunak Numeca FineTM atau perangkat lunak Turbo V8.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Jenis data yang digunakan didalam penelitian ini adalah data primer dengan melakukan yang didapatkan melalui optimasi, observasi, dan didapatkan juga melalui data sekunder yaitu data yang diperoleh dari jurnal nasional dan jurnal internasional, buku-buku referensi, dokumentasi, dan internet. Studi literatur adalah cara yang dipakai untuk menghimpun data-data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian. Studi literatur bisa didapat dari berbagai sumber, jurnal, buku dokumentasi, internet dan pustaka. Sedangkan yang dijadikan subjek pada penelitian ini adalah hovercraft single seat yang sudah terbukti handal, di beberapa medan, tidak Cuma di daratan maupun pada perairan. Yang dijadikan objek pada penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan gaya angkat (lift) pada hovercraft single seat agar lebih handal di medan daratan maupun perairan. Agar penelitian dapat terarah, maka dilakukan beberapa tahapan seperti dijelaskan pada gambar.1 yaitu gambar diagram alir penelitian dibawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Sebagai langkah awal yaitu membuat proposal penelitian. Selanjutnya mengumpulkan data yang dilakukan oleh peneliti untuk mengumpulkan data penelitian Hovercraft single seat dengan melakukan survey lapangan. Selanjutnya studi pustaka, yaitu peneliti mencari dan mempelajari sumber-sumber referensi yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Selanjutnya studi lapangan, yaitu peneliti melakukan kunjungan ke workshop yang telah membuat hovercraft yang ada di Jakarta dimana peneliti mendapatkan data awal, dengan cara mempelajari kondisi pemesinan yang dimiliki oleh workshop tersebut, dan data lainnya diperlukan dalam penelitian, yakni mengenai Hovercraft single seat. Setelah itu mem-verifikasi dan validasi data, kegiatan ini merupakan suatu kegiatan untuk memeriksa kesesuaian referensi dengan data yang diperoleh dari lapangan, untuk kemudian diverifikasi dan divalidasi, apakah data sudah cukup dan relevan. Jika data dianggap belum cukup maka akan kembali dilakukan penelitian pada tahap lanjut dan jika dianggap sudah cukup maka hanya dilakukan pembahasan. Selanjutnya pengolahan data yaitu dari data yang diperoleh kemudian dilakukan pengolahan data desain yang ditinjau dari sisi penyebaran kualitas.

Setelah itu mengerjakan hasil penelitian yang merupakan suatu proses pengkajian desain terhadap system kerja dari gaya angkat (Lift) Hovercraft single seat dengan melakukan pendekatan sistematis dengan menghitung tahanan momentum, tahanan trim, tahanan gesek skirt, dan tahanan total didarat. Metode selanjutnya adalah metode pengumpulan data, metode yang digunakan didalam pengumpulan

data untuk penelitian ini adalah metode observasi, studi pustaka, dan wawancara. Setelah itu menganalisis data pada tahap ini dilakukan analisis data yang dibuat yaitu dengan mengoptimalkan lifter dari hovercraft.

Tahap terakhir adalah menyimpulkan dari hasil penelitian yang dibuat, setelah melakukan pengujian dari alat apakah alat tersebut dapat digunakan atau tidak, kalau tidak maka dilakukan data ulang, dan jika berfungsi maka direkomendasikan ke workshop.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam perhitungan ini menghadirkan data secara empiris dan performa yang baik dalam memilih fan, dan juga menentukan static pressure. Perhitungan ini akan mengacu pada jarak fan angle, untuk menghasilkan perbandingan performa pada tiap fan angle. Data input yang diijinkan perhitungan performa pada lift dan thrust sistem. Seperti terlihat pada Tabel.1, Tabel.2, dan Tabel.3 dibawah ini.

Tabel 1. Tabel *Craft Detail*.

$\rho = 1,22 \frac{kg}{m^3}$	Air density
$t = 15 ^\circ C$	craft air temperature
$d_{fan} = 900 mm$	craft fan diameter
$d_{hub} = 300 mm$	fan hub diameter
$P_{s th} = 50$	Static pressure behind thrust fan
$V_0 = 0 mph$	Cruise speed
$H_{sp} = 300 mm$	Splitter height
$K_p = 2,3$	Belt/gearbox ratio

Tabel 2. Tabel *Engine Performance Data*.

	0	1
0	3000	6,7
1	3500	11,9
2	4000	18,5
3	4500	27
4	5000	34,8
5	5500	41,5
6	6000	47,2
7	6500	49,9
8	7000	47,2

Tabel 3. Tabel *Lift System Data*.

$a_c = 7,2 m^2$	cushion area
$m_c = 210 kg$	craft mass
$\theta_s = 45^\circ$	skirt angle
$h = 19 mm$	skirt clearance
$CP_c = 10 m$	cushion perimeter
$K_s = 1,8$	design factor

Data *engine dan fan* pada tabel-tabel diatas memberikan data empiris (eksperimen) dan diwujudkan dalam bentuk tabel. Perhitungan ini akan di proses lebih lanjut untuk menghasilkan persamaan selanjutnya.

*Splitter area* dihitung berdasarkan geometri, asumsi itu berdasarkan *horizontal plane* yang melintang pada *chord* sampai *exit area* pada *duct*. Area di bawah *chord* ini dihitung dengan rumus :

$$a_{sp} = a \cos\left(\frac{r_{fan} - h_{sp}}{r_{fan}}\right) \frac{d_{fan}^2}{4} - \sqrt{r_{fan}^2 + (r_{fan} - h_{sp})^2} \cdot (r_{fan} - h_{sp})$$

*Duct area*

$$a_d = \frac{\pi (d_{fan}^2 - d_{hub}^2)}{4}$$

Dari area *splitter* dan *total area fan*, menghasilkan dua aliran konstan yang mana satu digunakan untuk sistem gaya dorong dan yang satu lagi digunakan untuk sistem gaya angkat :

$$thrust\ ratio, \quad k_{th} = \frac{a_{th}}{a_d}$$

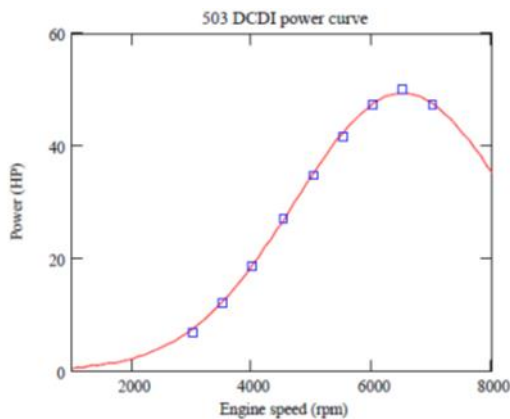
$$lift\ ratio, \quad k_{sp} = \frac{a_{sp}}{a_d}$$

Pada kurva *engine power* dibutuhkan kecepatan *engine* maksimum. Data ini menjelaskan tipe yang cocok dari kurva dan grafik, namun dibutuhkan perhitungan lebi lanjut untuk menentukan *engine* yang cocok. *Contoh Engine Rotax 582 DC DI 65HP*, seperti ditunjukkan pada Tabel.4 dibawah.

Tabel 4. Tabel *Rotax 582 DCDI 65HP Power Curve Data.*

RPM	kW	HP
3000	5	6.7
3500	8.8	11.9
4000	13.	18.5
4500	20	27
5000	25.8	34.8
5500	30.8	41.5
6000	35	47.2
6500	37	49.9
7000	35	4.2

Pada Gambar 2 dibawah ini adalah hasil power curve yang relevan untuk fungsi engine speed. Dengan didapatkannya kurva engine power, maka perlu mencari performa fan yang cocok dengan persamaan tersebut.



Gambar 2. Kurva DCDI, data point, dan kurva fitted.

Input data yang digunakan untuk mencari performa fan, kita membutuhkan data yang empiris untuk menunjang ujicoba pada saat pemasangan fan pada hovercraft. Tabel.5 dibawah ini merupakan data empiris fan pada angle 25 dan angle 30 dan dapat dilihat performa yang terbaik diantara keduanya.

Tabel 5. Tabel Fan Performance Data

25			30		
P static	flow rate	power	P static	flow rate	power
Pa	[m <sup>3</sup> /s]	[hp]	Pa	[m <sup>3</sup> /s]	[hp]
0	7.35	2.88	0	9.54	4.37
50	6.86	3.15	50	9.1	4.73
100	6.41	3.5	100	8.61	5.14
150	5.91	3.8	150	8.06	5.55
200	5.29	4.03	200	7.44	6
250	4.49	4.21	250	6.74	6.28
300	3.71	4.28	300	5.33	6.48
350	3.02	4.3	350	4.49	6.43
400	2.23	4.32	400	3.48	6.37
450	1.27	4.35	450	2.45	6.63
500	0.31	4.38	500	1.49	7.07
515.92	0	4.39	550	0.53	7.52
			577.57	0	7.76

Pemilihan data yang tepat sangat mempengaruhi representasi dari jumlah fungsi aliran, kenaikan

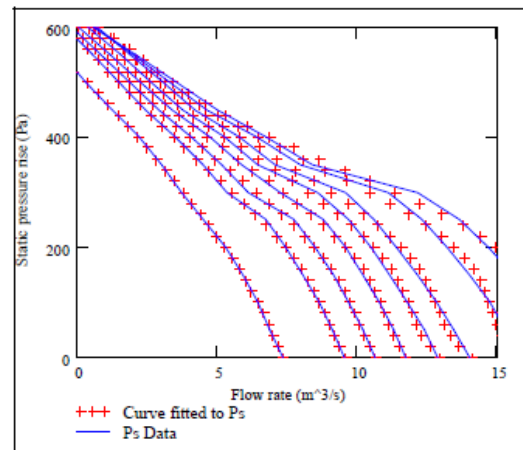
static pressure, temperature dan fan speed dari beberapa data sudut blade, dan dari data tersebut mendapatkan rumus efisiensi seperti berikut :

$$Flow = f(P_s, RPM, blade\ angle)$$

$$Power = f(P_s, RPM, balde\ angle)$$

Dari eksperimen tersebut mendapatkan 5 determinant poliminial kurva fit yang merepresentasikan data tersebut.

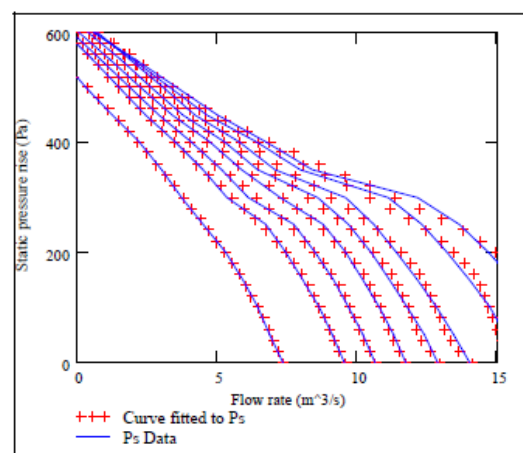
$$Q = 1 + P_s + b.P_s^2 + c.P_s^3 + d.P_s^4 + e.P_s^5$$



Gambar 3. Fan performance data, dan fitted point.

Dari data-data kurva yang ditunjukkan dari gambar.3 diatas, maka perlu dilakukan hal-hal sebagai berikut:

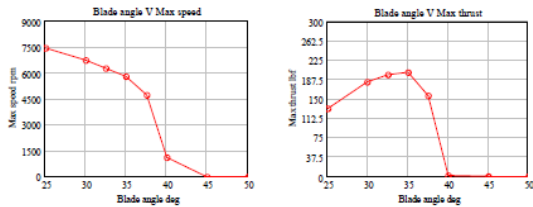
- Dari data eksperimen yang dilakukan dapat dilihat kondisi referensi fan yang serupa.
- Modifikasi data dari nilai yang berbeda seperti temperature, ukuran dan kecepatan fan.
- Persamaan fit pada data modikasi.
- Pengecekan kualitas data yang didapat.



Gambar 4. Fan engine power curve.

Pada gambar.4 diatas merupakan hasil perhitungan maksimum engine speed dan maksimum

*thrust*. Sumbu x pada gambar adalah *engine speed*, yang mana menghubungkan *transmisi ratio*, *Engine speed + fan speed x transmisi ratio*, dimana *fan* juga gambarkan pada grafik. Kurva *engine power* digambarkan dengan garis merah, kurva *fan power* dihadirkan dengan beberapa *variasi blade angle*, dengan garis berwarna biru dari 25 *degree* hingga 50 *degree*.



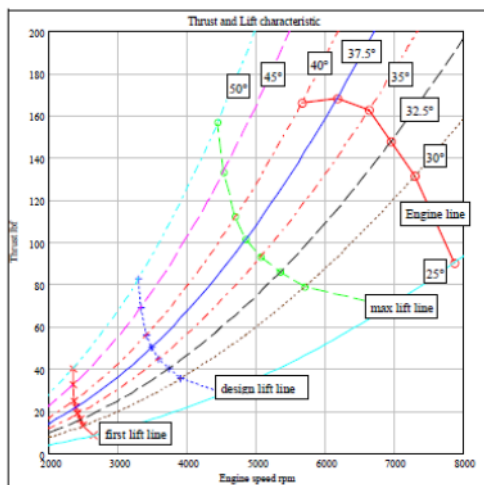
Gambar 5. Max engine dan thrust.

Pada tabel.6 dibawah ini menunjukkan kebutuhan gaya angkat untuk persamaan dari beberapa variasi *lift system*.

Tabel 6. Tabel kebutuhan gaya angkat

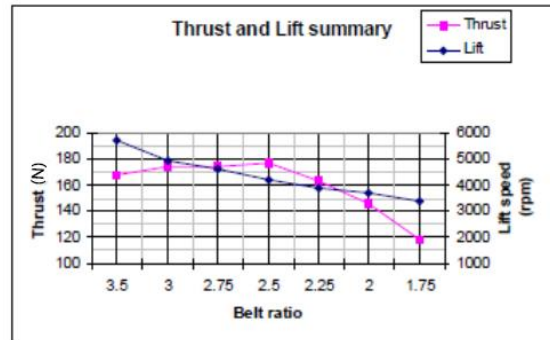
Item	Equation needed
Fan	Pressure rise = f(flow rate, RPM)
Transfer ducts	Pressure drop = f(flow rate)
Transfer holes	Pressure drop = f(flow rate)
Cushion	Pressure = f(craft mass)
Hover gap	Pressure drop = f(flow rate)

Data hasil perhitungan sesuai dengan kebutuhan *fan*, pemilihan *engine* yang tepat, dan juga *transmisi ratio* yang dibutuhkan. Pada gambar.6 dibawah ini akan menggambarkan hubungan antara *thrust* dengan *critical factor* yang berdampak pada suksesnya desain sebuah *hovercraft*, dan juga beberapa parameter-parameter *thrust* terhadap *speed*.



Gambar 6. Engine speed vs thrust

Dari gambar.6 diatas dapat dilihat bahwa kecepatan gaya dorong dindikasikan melalui *angle blade*. Semakin tinggi sudut *blade* berbanding lurus dengan kecepatan maksimum RPM. Dan dapat kita lihat diatas bahwa tinggi puncak *thrust* tergantung pada kebutuhan *hovercraft* dan jenis pemakaiannya. Dalam kasus ini *hovercraft* digunakan untuk *resque* dan untuk patroli jadi tidak memerlukan *thrust* yang terlalu tinggi.



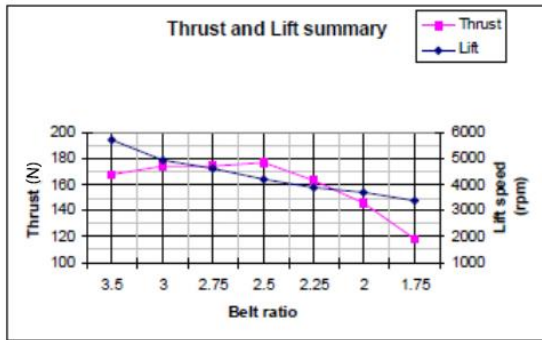
Gambar 7. Grafik dampak perubahan *belt ratio*.

Dari grafik pada gambar.7 diatas dapat dilihat bahwa dampak perubahan rasio transmisi terhadap *lift* dan *thrust*, dan semua variabel bergerak konstan, kecuali rasio transmisi. Tinggi atau rendahnya *lift* dan *thrust hovercraft* tergantung jenis kebutuhan *hovercraft*. Untuk balapan *belt ratio* yang cocok ialah 2.5:1 karna akan menghasilkan *thrust* maksimum, namun jika hanya untuk patroli dan *rescue* cukup dengan *ratio* 2.1:1 karena daya angkatnya lebih stabil.

Tabel 7. Tabel data empiris jumlah *fan* dan *ratio*.

Fan	Ratio	Thrust/N	Lift
5	2.50 : 1	831.8	4900
9	2.50 : 1	747.3	4300
5	2.1 : 1	773.9	4400
9	2.75 : 1	773.9	4600

Dari grafik pada gambar.8 dibawah ini dapat dilihat dampak perubahan jumlah *blade* terhadap *lift* dan *thrust*, rata-rata *hovercraft* dengan 9 *blade* menghasilkan *lift* dan *thrust* yang lebih kecil disbanding 5 *blade*.



Gambar 8. Grafik dampak perubahan jumlah *blade*

Hal ini dikarenakan perbandingan rasio yang tinggi sehingga menghasilkan lift dan thrust yang rendah. Data empiris perbandingan jumlah blade, belt ratio, serta hasil perhitungan lift dan trust dapat dilihat pada tabel di atas. Dengan 9 blade menghasilkan 4600 Rpm dengan lift 773,9 Newton sedangkan 5 blade menghasilkan 4900 Rpm dengan lift 831,8 Newton.

#### IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan yang dapat digunakan sebagai rekomendasi untuk penelitian berikutnya. Tidak memerlukan *thrust* yang tinggi karena yang diunggulkan ialah kemampuan *hover* yang stabil. Dengan data perhitungan *thrust* 831,8 N, *lift* 4900 rpm, 5 buah *blade*, *ratio* 2,1 :1 , dan *angle blade* 30°. Korelasi *thrust* dan *lift* berbanding lurus dengan bahan bakar yang dihasilkan. Target nominal gaya angkat yang didapat ialah 15 cm tercapai dengan analisa perhitungan yang dilakukan. Untuk penelitian selanjutnya dapat di kembangkan dengan analisis lebih dalam mengenai gaya angkat *hovercraft* yang kurang stabil, sehingga dapat digunakan untuk analisis sebab-sebab terjadinya kondisinya tersebut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Yun and A. Bliault, Theory and Design of Air Cushion Craft, London: Arnold Publisher, 2000.
- [2] J. Schleigh, "Construction of a Hovercraft Model and Control of Its Motion.," Institute for Systems Research, Maryland, 2006.
- [3] F. R. Rahim, "Analisis Aliran Udara Yang Melalui Fan dan Integrasinya ke dalam Sistem Circular Hovercraft Proto X," Program Studi

Teknik Mesin - Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta, 2008.

[4] J. Paik and A. Duran, Ultimate Strength of Aluminum Plates and Stiffened Panels for Marine Applications., Marine Technology, 2004.

[5] J. Paik, S. Veen and A. Collette, "Ultimate Compressive Strength Design Methods of Aluminum Welded Stiffened Panel Structures for Aerospace Marine and Lan-based Applications: A Benchmark Study," *Proceedings Thin-Walled Structures*, pp. 1550-1566, 2005.