

RANCANG BANGUN PURWARUPA *HOVERCRAFT* NIRKABEL

Triono Setyo Widayat, Yuliman Purwanto, dan I Ketut Swakarma.
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro (UDINUS)
Jl. Nakula 1-5, Semarang 60131
E-mail : frozencomet123@gmail.com, yp@dosen.dinus.ac.id, -

ABSTRAK

Rancang bangun purwarupa hovercraft nirkabel adalah suatu penelitian yang merancang dan membangun purwarupa hovercraft yang dapat dikendalikan jarak jauh menggunakan radio kontrol. Badan hovercraft terbuat dari styrofoam, skirt dari kain parasut, rumah kipas pendorong dan sirip dari almunium. Komponen elektro mekanik hovercraft terdiri dari baterai lithium polymer, motor brushless dengan rating kecepatan 1000 rpm/ volt untuk kipas pengangkat dan motor brushless dengan rating kecepatan 1800 rpm/volt untuk kipas pendorong, propeller 8x4,5 inchi, electronic speed controller (ESC) sebagai driver motor brushless, servo untuk menggerakkan sirip, serta radio kontrol transmitter dan receiver supaya hovercraft dapat dikendalikan dari jarak jauh. Hovercraft yang telah direkayasa berdimensi panjang 75cm, lebar 40cm, tinggi 34,5cm, dan berat 2,1 kg. Hovercraft yang telah dirancang dan direkayasa mampu berjalan di daratan dan perairan. Hovercraft yang telah diuji spesifikasi dan unjuk kerjanya, memiliki kecepatan maksimal 3,394 m/s atau 12,21 km/jam saat melaju di lantai keramik tanpa beban. Hovercraft mampu berbelok dengan baik sesuai dengan yang dikehendaki. Hovercraft mampu mengangkat beban maksimal ketika hovering sebesar 3kg sampai badan hovercraft menyentuh lantai. Pada pengujian di perairan, hovercraft diuji di kolam renang, karena tidak ada ombak dan airnya tidak mengalir. Hovercraft dapat melaju dari daratan ke perairan dan sebaliknya dengan baik. Saat berbelok di perairan hovercraft memiliki simpangan yang besar dari prediksi. Hal ini disebabkan oleh permukaan perairan yang tidak rata dan berubah ubah serta gesekan antara skirt dengan permukaan air yang kecil. Angin yang mengenai badan hovercraft dapat merubah arah hovercraft. Karena arah dan pergerakan hovercraft yang kurang stabil maka tidak dilakukan pengujian kecepatan di perairan. Hovercraft mampu mengangkat beban maksimal 500 gram di perairan.

Kata kunci: purwarupa hovercraft, motor brushless, radio kontrol.

1. PENDAHULUAN

Hovercraft adalah suatu kendaraan yang memanfaatkan tekanan udara untuk menopang semua beban yang dibawanya, dengan kata lain dia berjalan di atas bantalan udara (*air cushion*). Bantalan udara tersebut ditimbulkan dengan cara meniupkan udara ke ruang bawah *hovercraft* (*plenum chamber*) melalui *skirt* (sekat yang lentur) sehingga tekanan udara di dalam *plenum chamber* lebih tinggi daripada tekanan udara yang berada di luar *plenum chamber*, sehingga timbul gaya angkat (*lift*). Untuk menggerakkan *hovercraft*, digunakan gaya dorong (*thrust*) yang diperoleh dari *propeller* seperti pada pesawat udara [1].

Dengan prinsip bantalan udara, badan *hovercraft* tidak menyentuh daratan atau perairan, sehingga *hovercraft* dapat melaju di darat dan di air. *Hovercraft* dapat berpindah langsung dari daratan ke perairan jika tinggi

permukaan daratan dan perairannya sama, misalnya di pantai atau sungai. *Hovercraft* dapat digunakan sebagai alternatif kendaraan di Indonesia karena Indonesia merupakan negara kepulauan. *Hovercraft* dapat digunakan sebagai alat transportasi tim SAR, transportasi *surveillance* ke daerah yang tidak dapat dijangkau kendaraan darat seperti rawa-rawa atau tanah yang berlumpur, dan patroli penjagaan di sekitar pantai Indonesia.

Penelitian ini bertujuan merancang dan merekayasa purwarupa *hovercraft* dan dapat dikendalikan oleh radio kontrol. Serta mengetahui performa *hovercraft* yang telah direkayasa di daratan dan di perairan.

2. METODE PENELITIAN

Diagram alir penelitian dalam penyusunan penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir Penelitian

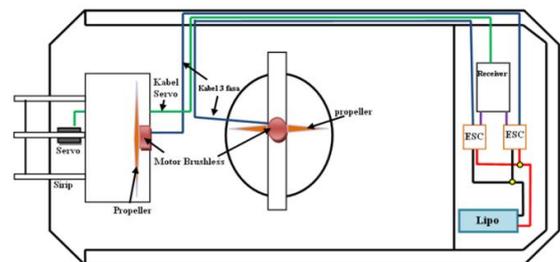
a. Studi Literatur bertujuan untuk mencari informasi tentang *hovercraft*, cara kerjanya, serta data-data untuk perancangan dan rekayasa *hovercraft*.

b. Analisis kebutuhan bertujuan untuk menyiapkan semua yang diperlukan untuk perancangan dan rekayasa *hovercraft*. Seperti bahan untuk pembuatan *hull*, bahan *skirt*, bahan untuk rumah kipas pendorong, dan lain-lain.

c. Perancang sistem terbagi menjadi dua yaitu perancangan badan *hovercraft* dan perancangan sistem penggerak menggunakan komponen elektro mekanik. *Hovercraft* yang akan dibuat memiliki dimensi panjang 75 cm, lebar 45 cm, dan tinggi *hovercraft* keseluruhan ketika *hovering* 34,5 cm. Perancangan badan *hovercraft* menggunakan bahan *styrofoam* setebal 6 cm yang dilapisi oleh plastik pvc. Bagian tengah badan *hovercraft* dibuat sebuah lubang dengan diameter 23 cm untuk menempatkan kipas pengangkat. Dibawah *hull* terdapat pembagi udara yang tujuannya meratakan tekanan udara pada seluruh bagian *skirt hovercraft* sehingga ketika kipas pengangkat dinyalakan, *hovercraft* dapat terangkat secara bersamaan pada seluruh bagiannya. *Skirt hovercraft* merupakan bagian yang mengembang dan menjadi bantalan udara ketika kipas pengangkat dinyalakan. *Skirt* menggunakan bahan parasut agar udara tidak keluar melalui serat *skirt* dan saat *hovercraft* melaju di perairan, *skirt* tidak menyerap air. Pada bagian bawah *skirt* dibuat lubang untuk keluarnya udara dari *plenum chamber*. Pada perancangan ini *skirt* dirancang agar dapat mengembang sempurna setinggi 4,5 cm. Pada

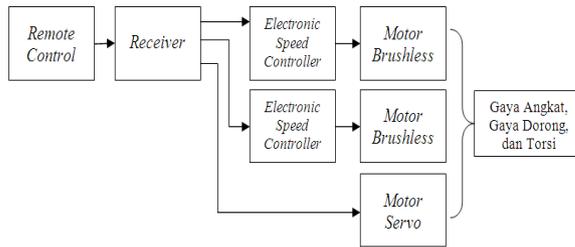
bagian pendorong, dibuat rumah tempat kipas pendorong. Rumah tempat kipas pendorong ini terbuat dari almunium, bertujuan untuk tempat pasangannya kipas pendorong serta dapat memfokuskan seluruh udara yang dialirkan kipas pendorong sehingga udara tidak menyebar sebelum melewati sirip *hovercraft*. Udara yang difokuskan untuk mengenai sirip seluruhnya sehingga *hovercraft* dapat berbelok dengan optimal. Untuk berbelok, *hovercraft* menggunakan sirip. Sirip *hovercraft* dipasang menempel pada rumah kipas pendorong. Sirip ini berjumlah 3 buah serta terbuat dari almunium. Pada bagian sisi-sisi *hovercraft* dipasang pipa kabel tray untuk jalur kabel-kabel sehingga terlihat rapi, pipa kabel tray juga digunakan sebagai *bumper hovercraft*.

Bahan elektro mekanik yang digunakan adalah baterai *lithium polymer* sebagai sumber tegangan dan arus. Sistem kipas pengangkat dan kipas pendorong pada *hovercraft* menggunakan motor *brushless* dan *propeller*, serta menggunakan motor *servo* untuk menggerakkan sirip. Pada sistem pengangkat menggunakan motor *brushless* dengan rating kecepatan 1000 rpm/volt, sedangkan kipas pendorong menggunakan motor dengan rating kecepatan 1800 rpm/volt. Motor *brushless* ini menggunakan *Electronic Speed Controller* (ESC) sebagai pengatur kecepatannya. *Propeller* yang digunakan berukuran 8x4,5 inchi. Untuk menggerakkan sirip, digunakan motor *servo* yang ditempatkan pada bagian belakang *hull*, tepat di bawah sirip tengah. Motor *servo* dikaitkan dengan sirip bagian tengah, dan sirip tengah dikaitkan dengan sirip bagian kiri dan kanan. Sehingga sirip akan bergerak ke kanan dan ke kiri secara bersamaan dan sudut belok sirip sama dengan sudut arm motor *servo*. Radio kontrol *transmitter* dan *receiver* untuk pengendalian purwarupa *hovercraft* jarak jauh. Sketsa denah elektro mekanik pada *hovercraft* ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2. Sketsa denah elektro mekanik pada *hovercraft*.

Diagram blok sistem dari sistem elektro-mekanik purwarupa *hovercraft* dijelaskan pada Gambar 3.

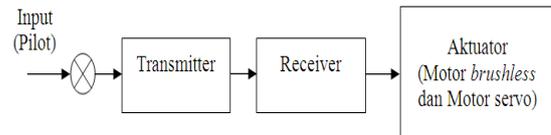


Gambar 3. Diagram blok sistem dari sistem elektro-mekanik purwarupa *hovercraft*.

Gambar 3 menjelaskan bahwa sistem purwarupa *hovercraft* yang akan direkayasa memiliki *input* yaitu dari radio kontrol yang merupakan sistem pengendalian *open loop*. *Transmitter* dari radio kontrol mengirimkan sinyal ke *receiver* yang selanjutnya akan digunakan sebagai masukan *Electronic speed controller* yang merupakan *driver* motor *brushless* dan masukan motor *servo*. *Transmitter* radio kontrol mengirimkan sinyal data perintah berupa sinyal *Pulse Width Modulation (PWM)* yang ditumpangkan pada gelombang radio dan dipancarkan ke udara lewat antena melalui gelombang radio. Selanjutnya gelombang radio diterima oleh *receiver* lalu data perintah kembali dirubah menjadi sinyal PWM sebagai input ESC motor *brushless* dan motor *servo*. ESC berfungsi sebagai mengatur kecepatan motor *brushless* sesuai dengan input sinyal PWM yang diterima. Motor *servo* juga mengatur arah dan besar sudut pergerakan *arm* sesuai PWM yang diterima. Motor *brushless* dan motor *servo* yang digunakan akan menghasilkan gaya angkat, gaya dorong serta torsi pada *hovercraft* untuk bergerak maju dan berbelok.

PWM merupakan sebuah mekanisma untuk membangkitkan sinyal keluaran yang periodenya berulang antara *high* dan *low* dimana kita dapat mengontrol durasi sinyal *high* dan *low* sesuai dengan yang kita inginkan[2].

Pada penelitian ini purwarupa *hovercraft* menggunakan sistem pengendalian secara *open loop*. Sistem pengendalian pada *hovercraft* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Sistem pengendalian pada *hovercraft*.

Pada Gambar 4 diterangkan bahwa *hovercraft* bergerak dengan dikendalikan oleh pilot yang merupakan manusia. Pengendalian *hovercraft* ini masih sebatas dari pengamatan manusia untuk mengendalikan *hovercraft* supaya tidak menabrak. Pilot mengendalikan *hovercraft* dengan menggerakkan tuas-tuas radio kontrol *transmitter*, yang selanjutnya diterima *receiver* untuk menggerakkan bagian aktuator *hovercraft*.

d. Rekayasa purwarupa *hovercraft* dilakukan setelah *hovercraft* dirancang. Yaitu membuat *hull* dari *styroform*, membuat *skirt*, dan membuat rumah kipas pendorong untuk sistem pendorong sesuai bentuk dan ukuran yang sudah direncanakan. Merakit bagian *hull*, *skirt*, dan rumah kipas pendorong. Menyusun komponen elektro mekanik sistem pengangkat dan pendorong purwarupa *hovercraft* sesuai dengan perancangan. Menghubungkan elektro mekanik penggerak dengan *receiver* supaya *hovercraft* dapat digerakkan dan dikendalikan dengan *transmitter* radio kontrol dari jarak jauh.

e. Pengujian spesifikasi dan uji unjuk kerja dilakukan untuk mengetahui performa dari *hovercraft* yang telah dirancang dan di rekayasa. Pengujian *hovercraft* dilakukan di daratan dan di perairan. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian baterai lipo, sudut belok sirip *hovercraft*, pengujian beban maksimal yang diangkat *hovercraft* ketika *hovering* di darat sampai badan *hovercraft* menyentuh tanah, pengujian kecepatan maksimal *hovercraft* di darat saat tanpa diberi beban dan diberi variasi beban, pengujian belok *hovercraft* di darat. Pengujian *hovercraft* di perairan antara lain pengujian kemampuan *hovercraft* untuk berpindah dari daratan ke perairan lalu sebaliknya, pengujian belok *hovercraft* saat di perairan, dan pengujian beban *hovercraft* saat di perairan.

f. Evaluasi dan penyempurnaan di lakukan untuk menyempurnakan kekurangan pada purwarupa *hovercraft*.

g. Analisis Hasil yaitu pengambilan dan pengolahan data hasil pengujian purwarupa *hovercraft* yang dilanjutkan dengan analisa data

pengujian tersebut. Data hasil pengujian yang sudah diambil disajikan dalam bentuk tabel dan grafik sehingga lebih mudah untuk menganalisa dan mengetahui performa dari *hovercraft*.

h. Penyusunan laporan dilakukan setelah dilakukan pengujian spesifikasi dan unjuk kerja pada purwarupa *hovercraft*, pengambilan data-data, analisis keseluruhan, dan penarikan kesimpulan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan untuk mengetahui hasil unjuk kerja dari rekayasa purwarupa *hovercraft* dan tiap komponen elektro mekanik, sehingga dapat dianalisa peforma dari *hovercraft*. Gambar hasil perancangan dan rekayasa *hovercraft* ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Foto Hasil Perancangan dan rekayasa purwarupa *hovercraft*

Setelah *hovercraft* berhasil direkayasa, maka *hovercraft* perlu diuji, baik uji spesifikasi maupun uji unjuk kerjanya. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui performa *hovercraft* yang telah dirancang dan direkayasa. Data yang diambil dari pengujian purwarupa *hovercraft* ini disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, sehingga mudah untuk dianalisa.

Pada pengujian purwarupa *hovercraft* ini, menggunakan radio kontrol. Pada radio kontrol *transmitter* terdapat skala-skala untuk mengetahui seberapa besar tuas radio kontrol dibuka/digeser. Maka dapat diketahui berapa besar kecepatan motor *brushless* atau jangkauan sudut *servo* pada *hovercraft* berdasarkan perintah pilot dengan cara menggeser tuas radio kontrol *transmitter*. Pada laporan ini nilai besar pergeseran tuas dinyatakan dalam persen.

a. Pengujian Sudut Belok Sirip Purwarupa *Hovercraft*.

Pengujian sudut belok sirip ini untuk mengetahui jangkauan sudut sirip pada purwarupa *hovercraft* untuk berbelok. Motor *servo* yang diletakkan dan dikaitkan pada sirip bagian tengah *hovercraft* digerakkan menggunakan radio kontrol untuk mengetahui jangkauan belok sirip *hovercraft*. Hasil pengujian sudut sirip *hovercraft* ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian sudut sirip *hovercraft*

Tuas radio kontrol	Sudut motor <i>servo</i>	Arah putar
0%	45°	kiri
10%	54°	kiri
20%	63°	kiri
30%	72°	kiri
40%	81°	kiri
50%	90°	tengah
60%	98°	kanan
70%	107°	kanan
80%	117°	kanan
90%	126°	kanan
100%	135°	kanan

Tabel 1 menunjukkan bahwa motor *servo* memiliki jangkauan 90 derajat yang linier. Motor *servo* yang dipakai memiliki jangkauan sudut yang kurang dari 180° ke arah kanan dan kirinya supaya sirip dari *hovercraft* tidak menutup sepenuhnya yang mengakibatkan pergerakan *hovercraft* ketika berbelok terganggu.

b. Pengujian Beban Purwarupa *Hovercraft*.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan *hovercraft* mengangkat beban maksimal sampai badan *hovercraft*nya menyentuh lantai. Pengujian ini menggunakan bungkusan pasir seberat 250 gram yang diletakkan diatas *hovercraft* menggunakan kawat kasa sebagai tempat bebannya. Pengujian dilakukan dengan menyalakan kipas pengangkat dan membuka tuas *transmitter* radio kontrol untuk kipas pengangkat 80%, sehingga kipas pengangkat akan berputar dengan kecepatan 80% dari kecepatan maksimal yang diperintahkan radio kontrol. Dalam pengujian beban purwarupa *hovercraft* kecepatan motor untuk kipas pengangkat dibatasi maksimal 80% karena jika

kecepatan motor *brushless* melebihi 80% dikhawatirkan motor akan panas dan terbakar. Setelah itu *hovercraft* diukur ketinggian *skirt* saat keadaan tanpa beban dan saat diberi beban dengan variasi beban 500gram sampai badan *hovercraft* menyentuh tanah. Hasil pengujian beban ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian beban pada *hovercraft*.

Tinggi <i>skirt</i> (cm)	Beban muatan (kg)
4,5	0
4	0,5
3	1
2,1	1,5
1,2	2
0,7	2,5
0	3

Dari Tabel 2 diketahui bahwa semakin berat beban yang dibawa *hovercraft* maka permukaan *skirt* semakin menurun.

c. Pengujian Kecepatan Dan Pergerakan Purwarupa *hovercraft*.

Pengujian Kecepatan dan pergerakan *hovercraft* dilakukan di darat dan di perairan. Pengujian di darat dilakukan di dalam ruangan dengan permukaan daratan berupa keramik. Pengujian di dalam ruangan dilakukan supaya *hovercraft* tidak terkena angin yang menyebabkan berubahnya arah laju *hovercraft*. Dalam pengujian ini dipilih lantai dengan permukaan keramik karena gesekan antara *skirt hovercraft* yang berupa kain parasut dengan keramik memiliki gesekan yang kecil, sehingga *hovercraft* dapat melaju dengan gesekan seminimal mungkin untuk mendapatkan kecepatan maksimalnya. Pengujian kecepatan dilakukan dengan menyalakan kipas pengangkat dan pendorong sebesar 80% dari kecepatan maksimal yang diperintahkan radio kontrol karena jika lebih dari 80% dikhawatirkan motor *brushless* menjadi panas bahkan terbakar. *Hovercraft* dibiarkan berakselerasi lalu dihitung berapa waktu yang dibutuhkan untuk melewati lintasan sejauh 6 meter, lalu jarak tersebut dibagi dengan waktu tempuhnya sehingga mendapatkan kecepatan maksimalnya. Pengujian kecepatan dilakukan dengan keadaan *hovercraft* tanpa

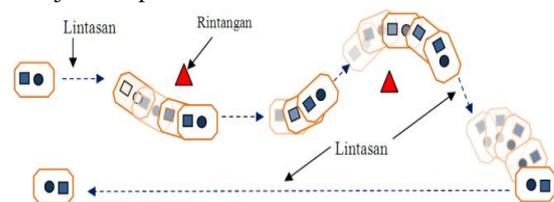
beban dan saat *hovercraft* diberi variasi beban. Hasil pengujian kecepatan *hovercraft* ditunjukkan Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian kecepatan *hovercraft*.

percobaan	Perbandingan kenaikan beban yang diangkat dengan kecepatan <i>hovercraft</i> (m/s)			
	0 kg	1 kg	1,5 kg	2 kg
1	3,53	2,07	1,62	0,05
2	3,15	2	1,57	0,05
3	3,15	2	1,62	0,06
4	3,53	2,07	1,62	0,05
5	3,53	2	1,53	0,06
6	3,33	2	1,53	0,05
7	3,33	2	1,57	0,05
8	3,53	1,93	1,57	0,05
9	3,53	2,07	1,57	0,06
10	3,33	1,93	1,57	0,06
rata-rata	3,394	2,007	1,577	0,054

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa semakin berat beban yang dibawa *hovercraft* maka kecepatan *hovercraft* akan semakin menurun. Ketika beban *hovercraft* semakin besar maka tinggi *skirt* akan menurun, yang membuat luas permukaan *skirt* yang bergesekan dengan lantai semakin besar sehingga kecepatan *hovercraft* semakin kecil. Kecepatan maksimal *hovercraft* saat tidak membawa beban adalah 3,394 m/s atau 12,21 km/jam.

Pengujian selanjutnya adalah pengujian belok *hovercraft*. Pengujian ini *hovercraft* harus menghindari rintangan yang disediakan. *Hovercraft* tidak diberi beban dan saat berbelok harus mengurangi kecepatan kipas pengangkat dan pendorong sesuai kebutuhan supaya dapat berbelok dengan baik. Ilustrasi pengujian belok ditunjukkan pada Gambar 6.

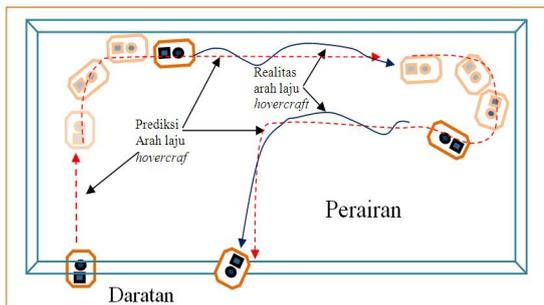


Gambar 6. Ilustrasi uji belok *hovercraft*.

Hovercraft dapat berbelok dengan baik dan sesuai dengan yang dikehendaki. Motor *servo* yang diletakkan dan dikaitkan di bawah sirip bagian tengah, membuat sudut pergerakan sirip sejajar dengan sudut pergerakan lengan motor

servo. Sehingga *hovercraft* dapat berbelok dengan baik.

Setelah pengujian di darat dilakukan selanjutnya pengujian dilakukan di perairan. pengujian dilakukan di kolam renang karena permukaan airnya tidak berombak dan airnya tidak mengalir. Pengujian pertama *hovercraft* adalah pengujian untuk mengetahui pergerakan *hovercraft* dari daratan ke perairan dan sebaliknya serta kemampuan belok *hovercraft* di perairan. *Hovercraft* dijalankan dari daratan tepi kolam renang menuju perairan kolam renang, lalu *hovercraft* dibelokkan dan dijalankan dari perairan menuju daratan tepi kolam renang. Ilustrasi pengujian *hovercraft* ditunjukkan Gambar 7.



Gambar 7. Pengujian purwarupa *hovercraft* di perairan

Setelah pengujian dilakukan, *hovercraft* dapat berpindah dari daratan ke perairan dan sebaliknya dengan baik. Tetapi saat berbelok *hovercraft* memiliki simpangan belok yang besar. Hal ini dikarenakan *hovercraft* yang terapung di atas permukaan air sangat dipengaruhi oleh air kolam renang yang bergelombang dan berubah-ubah. Gesekan antara *skirt* dan permukaan air sangat kecil dan angin yang mengenai badan *hovercraft* menyebabkan arah laju *hovercraft* dapat-berubah-ubah.

Pengujian kecepatan *hovercraft* di perairan dilakukan dengan cara menyalakan kipas pengangkat dan pendorong dengan kecepatan 80% dari kecepatan yang diperintahkan radio kontrol. Tetapi saat melaju, arah laju *hovercraft* mudah berubah ketika terkena angin dan *hovercraft* sulit melaju lurus. Maka tidak dilakukan pengujian kecepatan di perairan.

Pengujian beban yang dapat dibawa *hovercraft* di perairan dilakukan dengan menyalakan kipas pengangkat *hovercraft* dengan kecepatan 80% dari perintah radio kontrol. Lalu *hovercraft* diberi beban 500 gram yang selanjutnya beban ditambah dengan variasi

kenaikan beban 500 gram. Pada pengujian ini beban maksimal yang dapat dibawa *hovercraft* di perairan adalah 500 gram. Karena saat beban ditambah menjadi 1kg, tinggi *skirt hovercraft* menurun dan air masuk melalui lubang yang digunakan untuk udara keluar dari *plenum chamber* di bagian bawah *skirt*, lalu air memenuhi *plenum chamber*, dan membuat bagian bantalan udara dan sebagian badan *hovercraft* masuk ke dalam air.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan dalam penelitian ini, dapat di ambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancang Bangun Purwarupa *Hovercraft* Nirkabel berhasil diwujudkan dan bekerja dengan baik.
2. Laju *hovercraft* di darat dapat melaju dengan kecepatan maksimal 12,21 km/jam saat tidak membawa beban dan dapat berbelok sesuai perintah. Laju *hovercraft* di perairan kurang baik. Hal ini disebabkan bobot *hovercraft* sangat ringan, dan faktor gesekan antara *skirt* dan air sangat kecil serta angin yang mengenai *hovercraft*.
3. Angin dan permukaan tanah/air sangat memengaruhi kestabilan *hovercraft*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tatang Budi Utomo. "Analisa Kebutuhan Daya Untuk Perencanaan *Hovercraft* 1 Pax Dengan Modifikasi *Skirt* Semi Permanen *Styrofoam*". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2009.
- [2] Leothamrin Gultom, "Aplikasi Pembangkit Pwm Pada Mikrokontroler ATMega 8535 Untuk Mengendalikan Suhu Pemanas Air (Heater)". Sumatra Utara : Universitas Sumatra Utara. 2011.