



LAPORAN AKHIR PKM-KC

RANCANG BANGUN ALAT PENGGERAK KENDARAAN AIR  
BERBASIS GETARAN STRUKTUR

BIDANG KEGIATAN:

PKM-KC

Disusun oleh:

Asep Andi	F14100014 / 2010
Dhanny Apriyatna	F14100078 / 2010
Dyah Riza Utami	F14110012 / 2011
Andriyana	F14120029 / 2012

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR

2014

## PENGESAHAN PKM KARSA CIPTA

1. Judul Kegiatan : Rancang Bangun Alat Penggerak Kendaraan Air Berbasis Getaran Struktur
2. Bidang Kegiatan : PKM-KC
3. Ketua Pelaksana Kegiatan
  - a. Nama Lengkap : Asep Andi
  - b. NIM : F14100014
  - c. Jurusan : Teknik Mesin dan Biosistem
  - d. Universitas : Institut Pertanian Bogor
  - e. Alamat rumah dan No.Hp: Jl. Bara 3 No. 60 Dramaga / 085890847246
  - f. Alamat email : artha\_tsm@yahoo.co.id
4. Anggota pelaksana kegiatan : 4 orang
5. Dosen pendamping
  - a. Nama lengkap dan gelar : Dr. Ir. Radite P.A. Setiawan, M.Agr.
  - b. NIDN : 0023126209
  - c. Alamat rumah dan No.Hp: Gg. Gugah Sari RT 01/RW 02 Margajaya, Bogor 16116 / 081513124126
6. Biaya Kegiatan Total
  - a. DIKTI : Rp. 9,500,000
  - b. Sumber lain : -
7. Jangka waktu pelaksanaan : 4 Bulan

Bogor, 20 Juli 2014

Menyetujui  
Ketua Departemen

Dr. Ir. Desrial, M.Eng  
NIP. 19661201 199103 1004

Wakil Rektor Bidang Akademik dan  
Kemahasiswaan IPB

Prof. Dr. Ir. Yonny KoesModule, MS  
NIP. 19581228/198503 1 003

Ketua Pelaksana Kegiatan

Asep Andi  
NIM. F14100014

Dosen Pendamping

Dr. Ir. Radite P.A.S, M.Agr.  
NIP. 19621223 198601 1001

## ABSTRAK

Penggunaan gerak osilasi sirip (termasuk badannya) oleh hewan air untuk penggerak telah menginspirasi perancangan sistem penggerak kendaraan air dalam program ini. Para peneliti banyak mengkaji analisis getaran struktur untuk menyimulasikan getaran pada bangunan atau jembatan. Frekuensi pribadi atau frekuensi alami memiliki peranan penting dalam analisis tersebut. Sebagai contoh, bangunan atau jembatan akan mencapai titik runtuh (secara mikro) pada frekuensi pribadinya dengan energi yang minimum. Oleh karena itu, dapat diasumsikan bahwa penggunaan getaran struktur pada frekuensi alaminya sebagai propulsi (penggerak) kendaraan air akan mengurangi konsumsi energi. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem penggerak untuk kendaraan air menggunakan getaran struktur, menyimulasikan model untuk menghasilkan material dan frekuensi terbaik dengan energi minimum, dan menghitung kebutuhan energi dari kendaraan air melalui sebuah model. *Solidworks (software)* dan analisis digunakan untuk memodelkan dan menyimulasikan sistem. Hasil terbaik pada tipe *fixed hinge* menunjukkan bahwa struktur tipe 1.3 dengan dimensi panjang 300 mm, lebar 30 mm, dan tebal 3 mm yang bergetar di dalam air dapat menghasilkan gaya dorong sebesar 0,13 N yang dapat digunakan untuk menggerakkan model kendaraan air (dengan luas permukaan basah  $0,72 \text{ m}^2$ ) sampai batas kecepatan 0,22 m/s. Indeks energi kinetik yang dihasilkan cukup rendah dibandingkan yang lain. Kebutuhan daya listrik sebesar 1,09 VA lebih baik dari pada tipe lain pada parameter yang sama. Bahan terpilih yang digunakan adalah stainless steel yang dikuatkan, karena memiliki nilai modulus elastisitas yang tinggi dan korosivitas yang rendah.

Kata kunci: hewan air, getaran struktur, sistem penggerak kendaraan air, gaya dorong

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga program kreativitas mahasiswa ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam program yang dilaksanakan sejak bulan Maret 2014 lalu ini ialah perancangan, dengan judul Rancang Bangun Alat Penggerak Kendaraan Air Berbasis Getaran Struktur.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Dr. Ir. Radite Praeko Agus Setiawan, M.Agr sebagai pembimbing, Dr. Ir. Wawan Hermawan, MS, dan Dr. Ir. Mohamad Solahudin, M.Si yang telah banyak memberi saran dan masukan kepada penulis. Di samping itu, terima kasih penulis sampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DITJEN DIKTI) Republik Indonesia yang telah memberikan pendanaan untuk pelaksanaan program tersebut. Penghargaan diberikan kepada teman-teman dan semua pihak yang telah membantu selama perancangan dan pengumpulan data yang tidak bisa disebutkan satu per satu. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Bogor, Juli 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

BAB 1 PENDAHULUAN	1
A Latar Belakang	1
B Perumusan Masalah	1
C Tujuan Program	1
D Luaran yang Diharapkan	1
E Kegunaan Program	1
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2
A Pola Gerak Ikan	2
B Getaran dan Frekuensi Alami Sebuah Struktur	2
C Gaya Dorong Kendaraan Air	2
D Simulasi Solidworks	2
BAB 3 METODE PENDEKATAN	3
A Perumusan Ide Rancangan	3
B Analisis Pemilihan Bahan	3
C Gambar Teknik dan Simulasi	3
D Pembuatan Mekanisme <i>Crank and Rocker</i>	4
E Pengujian Model secara Langsung	4
F Perhitungan Gaya Dorong	4
G Perhitungan Resistansi Badan Kendaraan Air	4
H Perhitungan Energi Kinetik	5
BAB 4 PELAKSANAAN PROGRAM	5
A Waktu dan Tempat Pelaksanaan	5
B Jadwal Faktual Pelaksanaan	5
C Instrumen Pelaksanaan	6
D Rekapitulasi Rancangan dan Realisasi Biaya	6
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN	6
A Pemilihan Bahan	6
B Gambar Teknik dan Simulasi	6
C Simulasi dan Pengujian Mekanisme	7
D Perhitungan Gaya Dorong	8
E Perhitungan Resistansi Badan Kendaraan Air	8
F Perhitungan Energi Kinetik	8
KESIMPULAN DAN SARAN	9
A Kesimpulan	9
B Saran	9
DAFTAR PUSTAKA	9

## BAB 1 PENDAHULUAN

### A Latar Belakang

Alam menyajikan berbagai pelajaran yang berharga untuk dikembangkan oleh manusia. Salah-satunya adalah fenomena pergerakan hewan-hewan baik yang ada di darat maupun di air. Ikan bergerak dengan melawan kerapatan air yang lebih besar dibandingkan udara. Bentuk tubuh ikan yang aerodinamis (streamline) memungkinkan ikan dapat bergerak secara horizontal dengan cepat. Ikan berenang dengan mengerahkan kekuatan terhadap air di sekitarnya. Ada pengecualian, tetapi ini biasanya disebabkan oleh kontraksi otot ikan di kedua sisinya untuk menghasilkan gelombang lenturan yang berjalan di sepanjang tubuh ikan dari hidung sampai ke ekor. Vektor gaya yang bekerja pada air dengan gerakan secara lateral menghasilkan gaya yang mendorong ikan ke depan. Hal serupa terjadi pada hewan seperti ular dan hewan melata lainnya.

Dalam tinjauan material, ketika bahan-bahan (suatu batang) digetarkan maka akan terbentuk gelombang getaran dengan pola getarannya. Jika suatu material tersebut terbentuk pada frekuensi pribadinya maka akan menghasilkan gaya output yang besar dengan energi input yang minimum. Hal tersebut lah yang menyebabkan gedung atau jembatan yang kokoh bisa roboh. Jika getaran pada frekuensi pribadinya tersebut digerakkan di dalam air maka akan menghasilkan gaya dorong ke depan.

Dalam penelitian ini akan dirancang dan disimulasikan penggerak yang digunakan untuk mendorong kapal ke depan yang dihasilkan dari sebuah getaran struktur. Putaran yang dihasilkan engine akan ditransmisikan kedalam sebuah mekanisme getaran sehingga bisa mendorong kapal kearah depan. Dengan menggunakan daya input yang lebih kecil, daya yang dihasilkan bisa lebih besar jika mendekati frekuensi pribadinya. Sehingga penggunaan bahan bakar bisa menjadi lebih hemat dan efisien.

### B Perumusan Masalah

Jika ada benda bentuk pipih memanjang akan bisa digetarkan dan menghasilkan defleksi yang besar dengan energi paling rendah pada frekuensi alaminya. Prinsip ini jika diterapkan untuk kendaraan air ada kemungkinan bisa menggerakkan kendaraan air ke depan. Selama ini, sebagian besar kendaraan air menggunakan penggerak berupa motor yang ditransmisikan untuk menggerakkan *propeller* sehingga bisa menghasilkan gaya dorong ke depan. Energi yang digunakan untuk memutar *propeller* tersebut cukup besar dan menghabiskan bahan bakar yang banyak.

### C Tujuan Program

Tujuan dari program ini adalah mendesain alat penghasil getaran struktur untuk menggerakkan kendaraan air. Kemudian hasil rancangan tersebut akan disimulasikan untuk menghasilkan bahan yang paling tepat dalam menghasilkan frekuensi getaran paling optimum dengan energi paling rendah serta pengujian berbagai perhitungan energi yang dibutuhkan melalui sebuah model. Dalam program ini hanya dibatasi untuk pemodelan dan simulasi menggunakan software solidworks.

### D Luaran yang Diharapkan

Luaran yang diharapkan dari program ini adalah adanya desain berupa bentuk dan dimensi dari alat penggerak berbasis getaran struktur berikut hasil simulasinya dalam bentuk gaya dorong maksimum dan energi yang digunakan.

### E Kegunaan Program

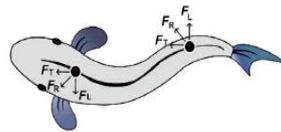
Kegunaan perancangan ini adalah untuk menghasilkan rancangan baru dalam ilmu keteknikan kelautan serta menambah khazanah ilmu pengetahuan dalam rangka mendukung pemerintah untuk menjadikan lalu lintas laut lebih efisien secara umum dan memberikan solusi baru untuk petani laut dan para pengguna kendaraan air secara khusus.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### A Pola Gerak Ikan

Menurut Nurshall (1979) ada dua karakteristik utama dalam mekanisme dasar pergerakan renang ikan, yaitu:

1. Gerakan kontralateral, yaitu berupa gelombang *metachronal* yang berawal dari ekor bagian belakang dengan peningkatan amplitudo yang semakin membesar ke depan. Gerakan tersebut disebabkan oleh serangkaian kontraksi urat daging (*myomere*).
2. Lintasan gerakan tubuh secara transversal yang timbul akibat gerakan tersebut di atas dan ini akan menimbulkan daya tolak. Daya tolak tersebut dapat digambarkan akibat terbentuknya suatu sudut antara bagian-bagian tubuh yang bergerak dengan arah lintasan pergerakan ikan tersebut. Sudut-sudut ini bervariasi besarnya, dimana maksimum pada saat bagian tubuh terjauh dari poros lintasan gerakan dan minimum pada saat memotong poros lintasan gerakan. Gerakan tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.



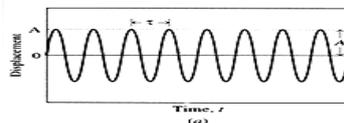
Gambar 1 Gerakan kontralateral pada ikan (Mackean 2014)

### B Getaran dan Frekuensi Alami Sebuah Struktur

Menurut Riley dan Sturges (1993), jika sebuah struktur digetarkan maka akan membentuk sebuah pola perpindahan dengan persamaan :

$$x(t) = B \cos \omega_n t + C \sin \omega_n t$$

dimana, B,C adalah konstanta,  $\omega_n$  adalah frekuensi sudut alami (rad/s), dan t adalah periode getaran (s). Pola getaran yang terjadi bisa dilihat pada Gambar 2. Meskipun demikian, kondisi ideal seperti ini jarang terjadi dalam kehidupan sehari-hari.



Gambar 2 Pola getaran pada struktur (Riley dan Sturges 1993)

Frekuensi sudut alami dan periode getaran dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} \quad f_d = \frac{\omega_d}{2\pi} = \frac{\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}}{2\pi} \quad \tau_d = \frac{2\pi}{\omega_d} = \frac{2\pi}{\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}}$$

### C Gaya Dorong Kendaraan Air

Secara umum kendaraan air yang bergerak pada permukaan air dengan kecepatan tertentu akan mengalami gaya hambat (*resistance*) yang berlawanan dengan arah gerak kendaraan air tersebut. Besarnya gaya hambat tersebut harus bisa diatasi dengan gaya dorong (*thrust*) yang dihasilkan dari kerja alat gerak kapal (*propulsor*) (Adji W.S. 2005).

Gaya dorong (T) yang diperlukan untuk mendorong sebuah kapal pada kecepatan (V) tertentu akan lebih besar daripada tahanan total (RT) yang dialami oleh kapal bila kapal tersebut ditarik dengan kecepatan yang sama (V), sehingga terjadi penambahan (*augment*) hambatan (Hadi dkk 2008).

### D Simulasi Solidworks

Solidworks adalah sebuah program Computer Aided Design (CAD) 3D yang menggunakan sistem operasi Windows. Selain mendesain, software ini juga bisa digunakan untuk simulasi dan analisis interaksi solid dengan solid atau solid dengan fluida serta perhitungan gayanya. Hasil perhitungan tersebut kemudian bisa dijadikan sebagai acuan dalam fabrikasi.

## BAB 3 METODE PENDEKATAN

### A Perumusan Ide Rancangan

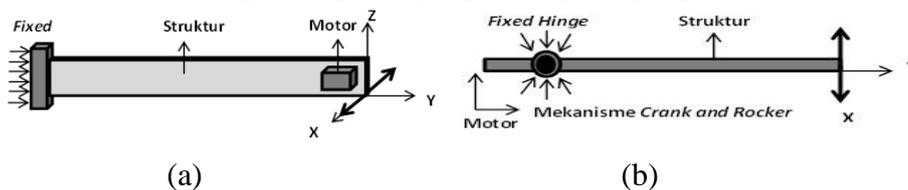
Perumusan ide rancangan terdiri dari rancangan fungsional dan rancangan struktural. Rancangan fungsional dari sistem penggerak kendaraan air ini terdiri dari motor listrik sebagai sumber putaran, mekanisme *crank and rocker* untuk mengubah putaran menjadi gerak bolak-balik (berayun) dan menghasilkan getaran, serta peredam untuk memutus resonansi getaran dari sistem ke badan kendaraan air. Rancangan struktural terdiri dari analisis pemilihan bahan, analisis frekuensi getaran struktur, dan analisis mekanisme *crank and rocker*.

### B Analisis Pemilihan Bahan

Proses pemilihan bahan menggunakan metode pembobotan dengan memperhatikan karakteristik dari masing-masing bahan yang dipilih. Menurut Dieter (1991), langkah-langkah dalam metode ini dimulai dengan menentukan indeks sifat pembobot *digital logic*, indeks berskala, dan penentuan bahan terbaik. Penentuan indeks sifat pembobot ( $w$ ) didasarkan pada tingkat kepentingan dari masing-masing kombinasi sifat dan bahan yang tersedia. Bobot yang diharapkan bernilai satu (1) sedangkan yang lainnya nol (0). Kemudian indeks berskala ( $\beta$ ) dilakukan dengan membandingkan nilai yang diharapkan tinggi dan nilai yang diharapkan rendah. Nilai yang diharapkan tinggi dirumuskan dengan  $\beta = \frac{N_s}{B}$  dimana,  $N_s$  adalah nilai numerik sifat dan  $B$  adalah nilai terbesar yang dipertimbangkan. Jika nilai yang diharapkan rendah, maka dirumuskan dengan  $\beta = \frac{K}{N_s}$  dimana,  $K$  merupakan nilai terkecil yang dipertimbangkan. Untuk parameter yang tidak memiliki nilai numerik, maka diberi nilai relatif yang sesuai. Penentuan bahan terbaik dimulai dengan menjumlahkan hasil perkalian indeks sifat pembobot dengan indeks berskala,  $\gamma = \sum w_i x \beta_i$ . Bahan dengan nilai  $\gamma$  terbesar merupakan bahan yang menjadi pilihan utama.

### C Gambar Teknik dan Simulasi

Dalam program ini, perancangan dibuat dengan beberapa skala dan bentuk yang berbeda-beda. Sehingga dengan demikian dapat ditentukan bentuk dan ukuran terbaik dari rancangan yang dibuat. Perancangan pertama dibuat tiga tipe, yaitu tipe ikan lele, tipe ikan mas, dan tipe ikan paus. Pada tipe ini, motor listrik ditempatkan pada ujung sedangkan pangkalnya diam (Gambar 3a).



Gambar 3 Rancangan tipe pertama (a) dan tipe kedua (b)

Pada rancangan kedua dibuat tiga tipe dan masing-masing tipe dibuat tiga perbandingan ukuran panjang dan lebar (P/L) yang berbeda. Ukuran tersebut berturut-turut 180 x 30 mm, 240 x 30 mm, dan 300 x 30 mm. Rancangan kedua menggunakan sumber getaran dari motor yang dihubungkan dengan mekanisme *crank and rocker* untuk menghasilkan gerakan bolak balik pada bagian pangkalnya seperti pada Gambar 3b.

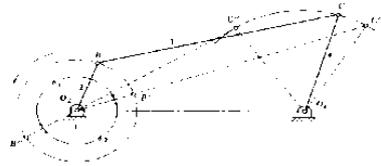
Perancangan menggunakan software solidworks premium 2011. Setelah gambar teknik dibuat, simulasi dilakukan dengan menggunakan studi frekuensi pada menu simulation solidworks premium 2011. Dalam simulasi ini, parameter yang digunakan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter simulasi pada Solidworks

No	Parameter	Keterangan	No	Parameter	Keterangan
1	Jenis studi	Frekuensi	5	Fixture 2	Fixed Hinge
2	Material	Hasil pemilihan bahan	6	Gravitasi	9,81 m/s <sup>2</sup>
3	Tegangan air	981 N/m <sup>2</sup>	7	Tipe Mesh	Solid Mesh 50%
4	Fixture 1	Fixed Geometry	8	Unit Satuan	SI (MKS)

## D Pembuatan Mekanisme *Crank and Rocker*

Menurut Martin G.H. (1982), mekanisme ini memindahkan gerakan putaran menjadi gerakan bolak-balik seperti pada Gambar 4.

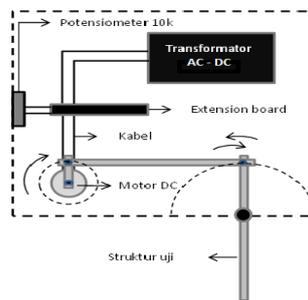


Gambar 4 Mekanisme *crank and rocker* (Martin G.H. 1982)

Agar rangkaian ini bekerja, kondisi yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut :  $O_2B + BC + O_4C > O_2O_4$ ;  $O_2B + O_2O_4 + O_4C > BC$ ;  $O_2B + BC - O_4C < O_2O_4$ ;  $BC - O_2B + O_4C > O_2O_4$ .

## E Pengujian Model secara Langsung

Pengujian model secara langsung dilakukan untuk mengetahui frekuensi, rpm, daya listrik, dan *displacement*. Rangkaian pengujian seperti pada Gambar 5.



Gambar 5 Rangkaian percobaan

## F Perhitungan Gaya Dorong

Perhitungan gaya dorong (T) mengikuti persamaan yang dikembangkan oleh Faccy *et al* (2013) sebagai berikut:

$$\frac{\bar{T}}{b} = 1.13 \times 10^{-9} \left( \frac{Re}{\lambda} \right)^2$$

dimana,  $\lambda$  merupakan perbandingan antara lebar dengan panjang plat ( $b/l$ ), dan  $Re$  merupakan bilangan Reynold yang dapat diketahui dengan persamaan yang dikembangkan oleh Sader *et al* (1998) berikut:

$$Re = \frac{\omega \rho b \delta}{\mu}$$

dimana,  $\omega$  merupakan frekuensi alami (rad/s),  $\rho$  merupakan massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ ),  $\delta$  merupakan simpangan terjauh (m), dan  $\mu$  adalah viskositas dinamik dari fluida ( $\text{Ns/m}^2$ ). Viskositas dinamik air pada suhu  $30^\circ\text{C}$  adalah  $0.798 \times 10^{-3} \text{Ns/m}^2$ .

## G Perhitungan Resistansi Badan Kendaraan Air

Menurut Adji (2005), resistansi pada badan kendaraan air dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$R_T = 0.5 \rho C_F S V_s^2$$

dimana,  $\rho$  merupakan massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ ),  $C_F$  merupakan koefisien tahanan total kapal,  $S$  merupakan luas permukaan basah ( $\text{m}^2$ ), dan  $V_s$  merupakan kecepatan servis kendaraan air (m/s). Pada penelitian ini, tahanan total diasumsikan hanya diakibatkan oleh interaksi antara permukaan kendaraan air dengan air. Massa jenis air yang digunakan dalam simulasi ini adalah  $1000 \text{kg/m}^3$ . Kemudian nilai  $C_F$  dapat ditentukan dengan persamaan :

$$C_F = \frac{0.075}{(\text{Log}(Re_L) - 2)^2}$$

Simbol  $Re_L$  digunakan untuk membedakan antara bilangan Reynold air yang diakibatkan oleh getaran struktur (persamaan sebelumnya) dengan bilangan Reynold air yang ada disepanjang badan kendaraan air. Nilai  $Re_L$  dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Re_L = \frac{V_s L}{V_k}$$

dimana,  $V_s$  merupakan kecepatan maju kendaraan air (m/s),  $L$  merupakan panjang basah kendaraan air (m), dan  $V_k$  merupakan viskositas kinematik dari air ( $m^2/s$ ). Viskositas kinematik air pada suhu  $30^\circ C$  adalah  $0.801 \times 10^{-6} m^2/s$ .

Luas area basah ( $S$ ) dari kendaraan air dapat ditentukan dengan menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Rogenstad (1999) berikut :

$$S = C_b (BL + 2BT + 2LT)$$

dimana,  $C_b$  merupakan koefisien balok atau bentuk dari kendaraan air,  $B$  merupakan lebar basah kendaraan air,  $L$  merupakan panjang basah kendaraan air, dan  $T$  merupakan tinggi bagian kendaraan air yang tenggelam di dalam air. Nilai  $C_b$  untuk tipe *fishing craft* sebesar 0.75.

## H Perhitungan Energi Kinetik

Energi kinetik dibagi menjadi dua yakni energi kinetik getaran ( $EK_V$ ) pada alat penggerak dan energi kinetik translasi ( $EK_T$ ) pada kendaraan air yang bergerak. Energi kinetik getaran dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$EK_V = \frac{1}{2} I \omega^2$$

dimana,  $I$  merupakan inersia massa dari plat struktur yang bergetar ( $kg.m^2$ ), dan  $\omega$  merupakan frekuensi getaran (rad/s). Inersia massa dari struktur berbentuk plat persegi panjang dengan poros pada bagian pangkal dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$I = \frac{1}{3} m_1 L^2$$

dimana,  $m_1$  merupakan massa dari plat struktur (kg), dan  $L$  merupakan panjang dari plat struktur (m). Selanjutnya energi kinetik translasi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$EK_T = \frac{1}{2} m_2 V_s^2$$

dimana,  $m_2$  merupakan massa kendaraan air (kg) dan  $V_s$  merupakan kecepatan maju kendaraan air (m/s). Selanjutnya adalah mencari indeks atau perbandingan antara energi kinetik getaran dengan energi kinetik translasi dengan persamaan :

$$Indeks = \frac{EK_V / m_1}{EK_T / m_2}$$

## BAB 4 PELAKSANAAN PROGRAM

### A Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan selama 4 bulan dari mulai Maret – Juni 2014. Tempat penelitian dilakukan di *Engineering Design Studio* (EDS) dan Laboratorium Mekatronika, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem IPB.

### B Jadwal Faktual Pelaksanaan

jadwal faktual program ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Jadwal faktual pelaksanaan program

No.	Nama Kegiatan	Bulan Ke-															
		1				2				3				4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Identifikasi permasalahan																
2.	Merumuskan ide awal rancangan fungsional																

3.	Menyempurnakan ide rancangan struktural																		
4.	Gambar teknik																		
5.	Konsultasi rancangan																		
6.	Pemodelan dan simulasi																		
7.	Analisis dan gambar teknik revisi																		
8.	Pengujian laboratorium																		
9.	Pembuatan laporan akhir																		

### C Instrumen Pelaksanaan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat komputer untuk proses perancangan dan simulasi, software solidworks premium 2011, Motor DC 12 V, *tachometer*, *tool box*, *Transformator*, peralatan bengkel, dan perangkat elektronika. Sedangkan bahan yang digunakan merupakan bahan yang akan diuji jenis, ukuran dan hasil getarannya berupa bahan-bahan logam pipih (Aluminium, Besi, Tembaga, dan PVC) dan bahan pembuatan model (Lem, Akrilik, Epoksi Resin, Fiber Glass).

### D Rekapitulasi Rancangan dan Realisasi Biaya

Rekapitulasi rancangan dan realisasi biaya pada program ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Rancangan biaya dan realisasi biaya

No.	Jenis Pengeluaran	Rancangan Biaya	Realisasi Biaya
1	Peralatan Penunjang	Rp. 4,130,000	Rp. 5,269,500
2	Bahan habis pakai	Rp. 4,750,000	Rp. 2,726,000
3	Perjalanan	Rp. 1,000,000	Rp. 500,000
4	Lain-lain	Rp. 1,000,000	Rp. 1,000,000
<b>Total</b>		<b>Rp. 10,880,000</b>	<b>Rp. 9,495,500</b>

## BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

### A Pemilihan Bahan

Pemilihan bahan menggunakan metode pembobotan, yaitu menentukan indeks sifat pembobot, sifat berskala, dan penentuan bahan terbaik. Sifat yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan bahan ini adalah seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Karakteristik pertimbangan pemilihan bahan

No	Bahan	Elastic Modulus (Gpa)	Yield strength (Mpa)	Korosivitas	Biaya (Rp/kg)
1	Aluminium 2014-T6	72,4	415	Sedang (50)	20000
2	Gray cast iron	66,17	205	Tinggi (80)	30000
3	Sainless steel sheet	193	172,37	Rendah (10)	25000
4	PVC rigid	2,41	58,7	Rendah (10)	20000

Kemudian dilakukan penentuan indeks sifat pembobotan dan sifat berskala dari bahan seperti pada Tabel 4.

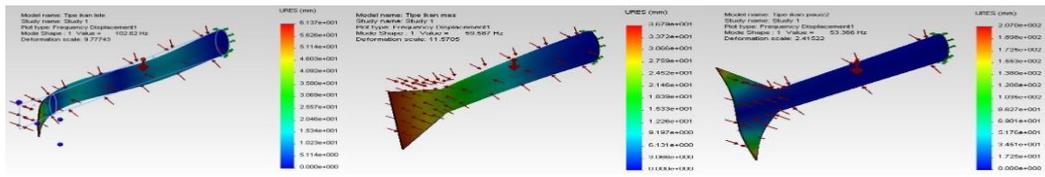
Tabel 4 Sifat berskala bahan

Bahan/sifat	1	2	3	4	(γ)
	0,5	0,3	0,2	0	
1	0,37513	1	0,2	1	0,554231
2	0,34285	0,494	0,125	0,67	0,356917
3	1	0,415	1	0,8	0,805116
4	0,01249	0,141	1	1	0,220059

Dengan demikian dipilih nilai yang paling besar yakni bahan stainless steel sheet.

### B Gambar Teknik dan Simulasi

Hasil gambar dan simulasi dari rancangan pertama seperti pada Gambar 6. Hasil simulasi pada rancangan pertama ini (Tabel 5) menunjukkan nilai frekuensi alami yang tinggi untuk mencapai frekuensi pribadinya. Hal tersebut yang membuat rancangan ini akan sulit diaplikasikan. Sehingga dibuatlah rancangan kedua untuk mengetahui perbedaan hasil simulasi pada tipe penjepitan yang berbeda.

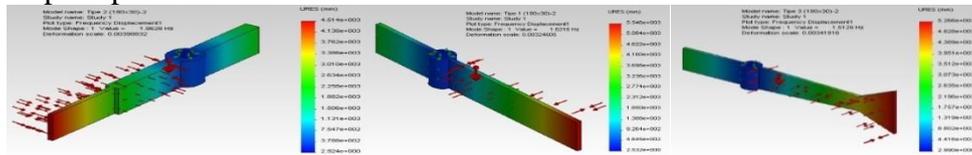


(a) (b) (c)  
Gambar 6 Hasil simulasi mode pertama (a) tipe ikan lele, (b) tipe ikan mas, dan (c) tipe ikan paus

Tabel 5 Hasil simulasi rancangan pertama

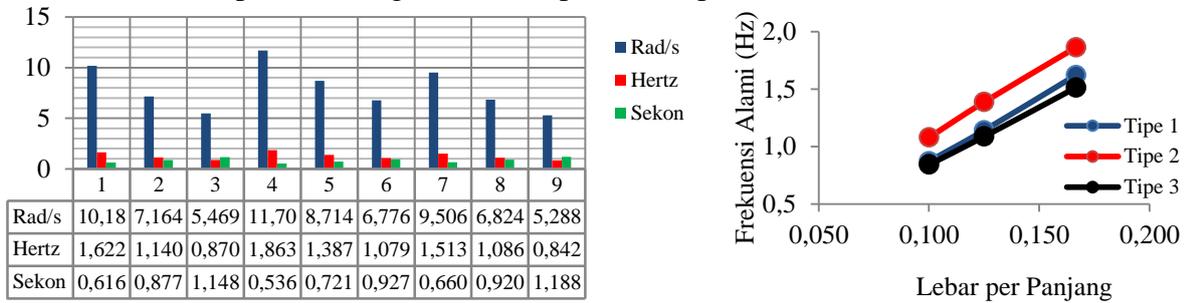
Tipe	Frekuensi Alami						Periode (s)		
	Rad/s			Hertz			I	II	III
Mode	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Ikan Lele	644,8	707,0	771,3	102,62	112,52	122,75	0,0097	0,0089	0,0081
Ikan Mas	374,4	526,2	596,0	59,59	83,75	94,86	0,0168	0,0119	0,0105
Ikan Paus	335,3	481,7	720,4	53,37	76,66	114,65	0,0187	0,0130	0,0087

Kemudian rancangan pertama tersebut diperbaiki pada rancangan kedua dengan hasil gambar dan simulasi seperti pada Gambar 7.



(a) (b) (c)  
Gambar 7 Hasil simulasi mode pertama (a) tipe pertama, (b) tipe kedua, dan (c) tipe ketiga

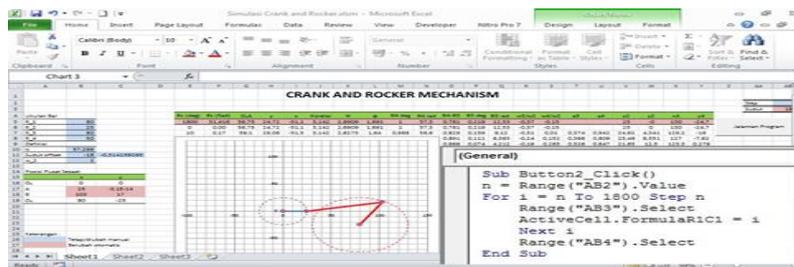
Hasil simulasi pada rancangan kedua dapat dilihat pada Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8 Hasil simulasi rancangan kedua

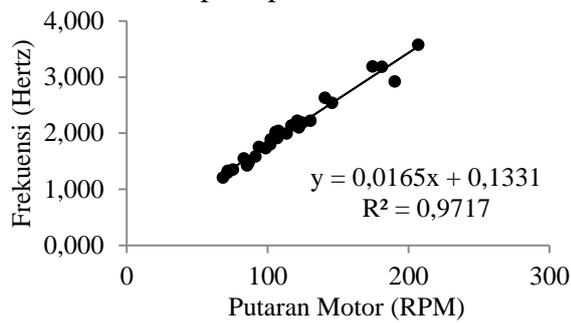
### C Simulasi dan Pengujian Mekanisme

Mekanisme *crank and rocker* dilakukan simulasi terlebih dahulu dengan menggunakan VB pada Microsoft Excel seperti pada Gambar 9. Simulasi tersebut dilakukan untuk menentukan ukuran terbaik dari sistem tersebut. Kemudian dirancangnya mekanisme yang kemudian diuji beberapa parameter dengan mengganti bagian struktur uji dengan tipe-tipe yang sudah dibuat.

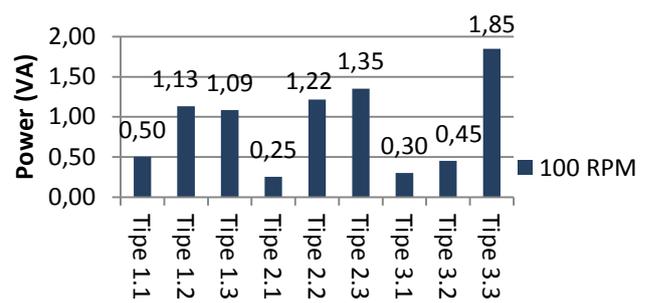


Gambar 9 Simulasi mekanisme *crank and rocker* menggunakan Visual Basic pada Microsoft Excel

Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa ada hubungan linear antara frekuensi dan putaran motor seperti pada Gambar 10.



(a)



(b)

Gambar 10 Hubungan antara putaran motor dengan frekuensi pada struktur (a) dan hasil perhitungan kebutuhan daya listrik pada masing-masing tipe (b)

Salah satu yang menjadi pertimbangan adalah konsumsi energi listrik untuk menghasilkan putaran yang sama (Gambar 10b). Perbedaan konsumsi energi tersebut disebabkan oleh beban torsi yang berbeda-beda untuk setiap tipe struktur yang digetarkan.

#### D Perhitungan Gaya Dorong

Hasil perhitungan gaya dorong yang dihasilkan oleh getaran plat struktur disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil perhitungan gaya dorong

Panjang	$\delta$	Frekuensi (Rad/s)			Bilangan Reynold (Re)			Gaya Dorong (N)		
		Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3	Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3	Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3
0,180	0,018	10,18	11,70	9,51	6889	7917	6433	0,06	0,08	0,05
0,240	0,024	7,164	8,71	6,82	6464	7862	6157	0,09	0,13	0,08
0,300	0,030	5,469	6,78	5,29	6168	7642	5964	0,13	0,20	0,12

Gaya dorong yang dihasilkan berada pada rentang 0,05 N pada tipe 3.1 sampai 0,13 N pada tipe 1.3 dan tipe 2.2.

#### E Perhitungan Resistansi Badan Kendaraan Air

Hasil perhitungan resistansi badan kendaraan air disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil perhitungan resistansi badan kendaraan air

Vs	Re	$\rho$ Air	$C_F$	WS	$R_T$	Gaya Dorong (N)		
						Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3
0,1	124844	1000	0,0078	0,72	0,03	0,06	0,08	0,05
0,2	249688	1000	0,0065	0,72	0,10	0,09	0,13	0,08
0,3	374532	1000	0,0059	0,72	0,21	0,13	0,20	0,12

Resistansi pada badan kendaraan air yang diakibatkan oleh fluida yang ada di sekitar kendaraan air merupakan fungsi kuadrat dari kecepatan majunya. Pada tiga kecepatan yang berbeda (0,1 m/s, 0,2 m/s, dan 0,3 m/s) diketahui bahwa resistansi tersebut berkisar pada 0,03 N sampai 0,21 N. Nilai tersebut sudah melebihi nilai gaya dorong yang dihasilkan sehingga dilakukan interpolasi untuk mengetahui batas kecepatan yang masih mungkin agar gaya hambat (resistansi) bisa diatasi oleh gaya dorong yang dihasilkan sehingga kendaraan air dapat maju ke depan.

#### F Perhitungan Energi Kinetik

Hasil perhitungan energi kinetik vibrasi dan energi kinetik translasi dapat dilihat seperti pada Tabel 8. Masing-masing tipe dicari nilai interpolasi kecepatannya yang kemudian digunakan untuk perhitungan energi kinetik translasi pada masing-masing tipe. Sedangkan energi kinetik vibrasi dihitung berdasarkan nilai frekuensi getaran yang dihasilkan oleh masing-masing tipe. Nilai indeks ini diharapkan rendah. Indeks energi kinetik paling rendah berada pada tipe 2.3 dan paling tinggi pada tipe 3.1. Kemudian semua pertimbangan tersebut diperlukan untuk penentuan tipe terbaik dengan memperhatikan parameter-parameter sebelumnya.

Tabel 8 Hasil perhitungan energi kinetik

Tipe	Vs' (interpolasi) (m/s)	Frekuensi (Rad/s)	$E_{kV}/m_1$ (J/kg)	$E_{kT}/m_2$ (J/kg)	indeks
1.1	0,14	10,18	0,55961	0,010	58
1.2	0,18	7,16	0,49270	0,016	30
1.3	0,22	5,47	0,44865	0,025	18
2.1	0,17	11,70	0,73921	0,014	53
2.2	0,22	8,71	0,72896	0,025	29
2.3	0,29	6,78	0,68871	0,042	16
3.1	0,13	9,51	0,48797	0,008	62
3.2	0,17	6,83	0,44744	0,014	32
3.3	0,22	5,29	0,41944	0,023	18

## KESIMPULAN DAN SARAN

### A Kesimpulan

Pemodelan dan simulasi pada sistem penggerak dengan menggunakan getaran struktur telah selesai dilakukan. Bahan yang dipilih adalah Stainless Steel dengan bentuk dan ukuran pada Tipe 1.3 (300 mm, 30 mm, tebal 3 mm). Pada tipe tersebut, gaya dorong dan kecepatan maju kendaraan air cukup besar yakni 0,13 N dan 0,22 m/s. Indeks energi kinetik yang dihasilkan cukup rendah dibandingkan yang lain. Kebutuhan daya listrik sebesar 1,09 VA lebih baik dari pada tipe lain pada parameter yang sama.

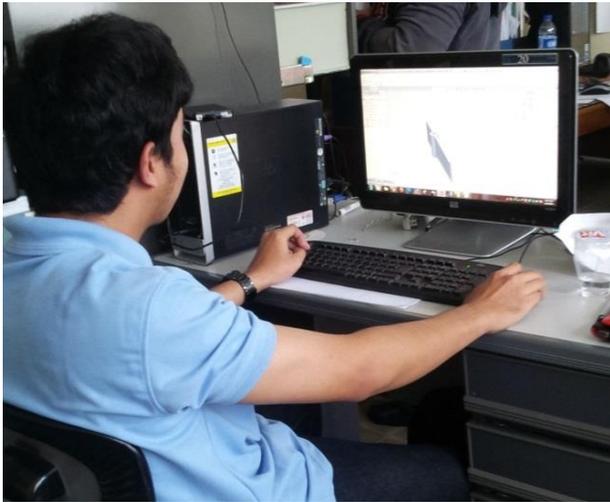
### B Saran

Perlu adanya analisis tingkat lanjut dalam simulasi interaksi antara plat struktur dengan aliran fluida menggunakan CFD atau menu *Flow Simulation* pada Solidworks. Selain itu, perlu adanya pengukuran secara langsung terhadap plat struktur yang bergetar di dalam air sehingga semakin sedikit asumsi yang digunakan untuk mendukung kebenaran hasil simulasi yang didapatkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adji WS. 2005. Engine Propeller Matching. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Dieter GE. 1991. *Engineering Design : A Material and Processing Approach*. McGraw-Hill, Inc., New York.
- Faccy AL dan Porfiri M. 2013. Analysis of three-dimensional effect in oscillating cantilevers immersed in viscous fluids. *Journal of Fluids and Structures* 38 (2013) 205-222.
- Hadi ES. dan Budiarto U. 2012. Kajian Teknis *Propeller- Engine Matching* pada Kapal Ikan Tradisional dengan Menggunakan Motor Listrik *Hybrid* dari *Solar Cell* dan *Genset* sebagai mesin penggerak utama kapal di Kabupaten Pasuruan Jawa Timur. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Mackean D G. 2014. Biological Drawings of Fish Swimming. *Biology Teaching and Learning Resources* [Internet]. [diunduh 20 Maret 2014]. Tersedia pada: <http://www.biology-resources.com>.
- Nursall JR. 1979. Swimming and the origin of paired appendages. In: Milton S. Love and Gregor M. Cailliet (eds), *Reading in Ichthyology*. Prentice-Hall of India. New Delhi.
- Riley WF. and Sturges LD. 1993. *Engineering Mechanics: Dynamics*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Rogenstad. 1999. References values for ship pollution. [Technical report]. Det Norske Veritas, The Research Council of Norway.
- Sader JE. 1998. Frequency response of cantilever beams immersed in viscous fluids with applications to the atomic force microscope. *Journal of Applied Physics*, Vol. 84, No. 1.

Lampiran 1 Bukti-bukti pendukung kegiatan



Proses gambar teknik



Proses simulasi SW



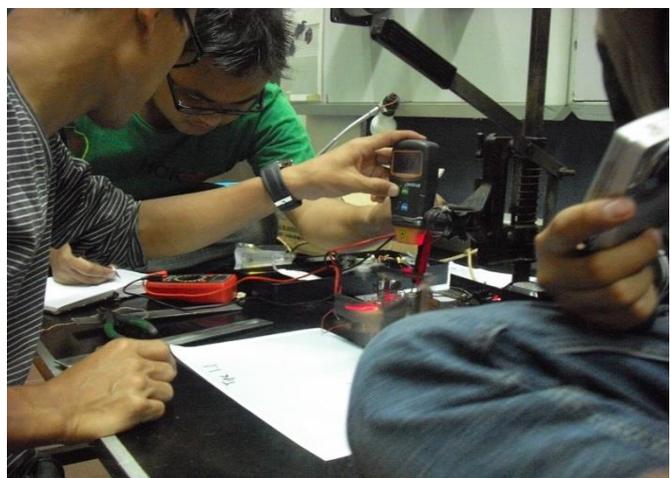
Proses perancangan rangka



Proses perancangan mekanisme



Proses *set up* percobaan



Proses uji coba