

ANALISA TEKNIS STABILITAS DAN OLAH GERAK KAPAL *PATROL SPEED BOAT*
“GRASS CARP” DI PERAIRAN RAWA PENING JAWA TENGAH

Kiryanto

Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

ABSTRAK

Patrol Speed Boat merupakan kapal cepat yang digunakan untuk melakukan pengawasan dan patroli demi keamanan suatu wilayah perairan. Dalam pengoperasiannya, kapal cepat Grass Carp digunakan untuk berpatroli di perairan Rawa Pening. Kapal ini dibangun menggunakan konstruksi *fiberglass* yang ringan dan juga kuat. Banyaknya kasus pencurian ikan dan orang tenggelam di Rawa Pening menjadikan kehadiran kapal cepat memang diperlukan untuk keamanan perairan dan keselamatan orang disana. Grass Carp didesain untuk kecepatan, sehingga faktor teknis kapal seperti stabilitas dan olah gerak menjadi penting untuk dianalisa.

Perhitungan stabilitas kapal menggunakan standar yang ditetapkan oleh IMO (International Maritim Organization). Dalam perhitungan stabilitasnya, Grass Carp telah memenuhi semua kriteria dari IMO. Olah gerak kapal dianalisa untuk memperlihatkan gerakan *heaving, rolling dan pitching* kapal pada saat diam ($V = 0$ knot) dan pada saat kondisi beroperasi ($V = 9,1$ knots) ditinjau dari berbagai sudut masuk gelombang dan ketinggian gelombang. Ketinggian gelombang diasumsikan sebesar 0,50, 0,75, 1,00 dan 1,25 meter. Manuver kapal pada sudut maksimum 35° (derajat) memiliki nilai *steady turning diameter* = 40,85 meter, *tactical diameter* = 41,63 meter, *advance* = 27,58 meter, *transfer* = 20,10 meter dan *steady speed in turn* = 6,83 knots.

Kata kunci:

Grass Carp, Rawa Pening, Stabilitas, Olah Gerak, Manuver.

PENDAHULUAN

➤ **Latar Belakang**

Kapal patroli yang sudah ada akan dilakukan pengukuran ulang baik itu dari cetakan fibernya ataupun *body* kapal untuk

mendapatkan *hullform*. Untuk menunjang faktor keamanan dan kehandalan, maka perlu dianalisa faktor teknis kapal, yakni stabilitas dan olah gerak kapal. Sehingga kapal patroli ini dapat dilihat seperti apa karakteristik stabilitas dan olah gerak-nya.

➤ Perumusan Masalah

Dengan memperhatikan permasalahan yang telah diuraikan pada latar belakang, maka dibuat rumusan masalah yang akan menjadi objek penelitian selanjutnya pada penulisan tugas akhir ini. Perumusan masalah itu adalah:

1. Kapal yang dioperasikan di perairan Rawa Pening belum pernah diteliti. Kapal tersebut dibuat oleh *non-galangan*, jadi perlu diteliti kaidah teknis dari kapal tersebut.
2. Mendapatkan ukuran “SB. Grass Carp” dengan mengukur kembali bagian-bagian konstruksi untuk memperoleh *hullform*.
3. Pembuatan *hullform* kapal yang telah diukur.
4. Pada penelitian ini dibuat rencana garis, rencana umum, karakteristik hidrostatis kapal, data dan analisa stabilitas kapal, data dan analisa olah gerak kapal dan data *maneuverability* kapal.

➤ Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini supaya memiliki acuan dan terarah dalam pengerjaannya, maka diberikan batasan masalah supaya tujuan penulisan bisa tercapai dengan baik. Batasan masalah yang dibahas pada tugas akhir ini adalah:

1. Kapal yang akan dianalisa adalah SB. Grass Carp milik Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang.
2. Tidak melakukan pengujian pada *towing tank*.

Analisa pengolahan data menggunakan *software: Auto Cad*,

Delftship, Maxsurf Hydromax, Seakeeper, dan Maneuvering Prediction Program.

➤ Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa hidrostatis karakteristik kapal.
2. Menganalisa stabilitas kapal.
3. Menganalisa olah gerak kapal.
4. Menganalisa *maneuvering* kapal.
5. Memperlihatkan data-data analisa teknis kapal untuk memberikan gambaran kapal *SB. Grass Carp*.

➤ Kontribusi Tugas Akhir

Manfaat yang dapat diperoleh dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- Bagi pengelola *boat* dari Departemen Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang, memberikan gambaran agar dapat dijadikan referensi mengenai desain dan karakteristik *boat*-nya dengan jelas.
- Bagi mahasiswa adalah untuk memberikan data-data awal dari *boat* tersebut, sehingga dikemudian hari bisa dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap *boat* ini atau *boat* di daerah-daerah lain, sehingga tugas akhir ini bisa dijadikan referensi untuk para mahasiswa yang ingin membuat tugas akhir.

PERHITUNGAN DAN ANALISA

➤ Tinjauan Umum SB. Grass Carp

Speed boat pengawasan Grass Carp adalah salah satu kapal patroli pengawasan yang diproduksi oleh PT. Mitra Loka Perdana yang merupakan semi galangan kapal di daerah Solo.

Speed boat Grass Carp mulai dioperasikan di perairan Rawa Pening Jawa Tengah pada tahun 2009. Kapal ini adalah milik Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang dan diperuntukan untuk kegiatan patroli di perairan tersebut.

➤ Ukuran Utama Kapal

Ukuran utama kapal didapat dari pengukuran langsung di lapangan. Pengukuran dilakukan di dua tempat yang berbeda. Pengukuran pertama dilakukan di Perairan Rawa Pening, Kecamatan Banyubiru, Kabupaten Semarang tempat kapal patroli tersebut berlabuh, pengukuran ini hanya sebatas bentuk badan kapal diatas permukaan air. Maka, untuk mendapatkan data ukuran utama *hullform*, peneliti melakukan pengukuran kedua di tempat pembuatan kapal, yakni di PT. Mitra Loka Perdana, Solo, Jawa Tengah.

• *Re-design Hull Form* Kapal SB. Grass Carp

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, model kapal yang menjadi objek penelitian adalah *speed boat* pengawasan Grass Carp milik Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang yang berpatroli di perairan Rawa Pening. Dari kedua pengukuran yang dilakukan, maka didapat data ukuran utama kapal sebagai berikut:

Tabel 1. *Principal dimension* SB. Grass Carp

Data	Nilai	Satuan
<i>Length over all</i> (Loa)	6,50	meter
<i>Breadth over all</i> (B)	2.00	meter
<i>Depth over all</i> (H)	0.90	meter
<i>Draught</i> (T)	0.40	meter
<i>Passenger</i>	8	orang
<i>Crew</i>	2	orang
<i>Outboard Engine</i>	2 x 40	hp
Vs	9,10	knots

➤ Hidrostatik Kapal

SB. Grass Carp memiliki karakteristik hidrostatik dengan *displacement* (2,042 ton), *Wetted Surface Area* (9,631 m²), Cb (0,488), Cp (0,79), Cm (0,618), Cw (0,834) dan *Longitudinal Center of Buoyancy* (-0,512 m dari midship).

➤ Stabilitas Kapal

Stabilitas adalah kemampuan dari suatu benda yang melayang, yang miring untuk kembali berkedudukan tegak lagi atau kembali pada posisi semula.

Sebagai persyaratan yang wajib, tentunya stabilitas kapal harus mengacu pada standar yang telah ditetapkan oleh Biro Klasifikasi setempat atau *Marine Authority* seperti *International Maritime Organisation* (IMO). Jadi proses analisa stabilitas yang dilakukan harus berdasarkan dengan standar IMO (*International Maritime Organization*) *Code A.749(18) Ch 3 - design criteria applicable to all ships* yang mensyaratkan ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

1. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.1:*
 - a. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng $0^{\circ} - 30^{\circ}$ (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 3,151 m.deg,
 - b. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng $0^{\circ} - 40^{\circ}$ (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 5,157 m.deg,
 - c. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng $30^{\circ} - 40^{\circ}$ (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 1,719 m.deg.
2. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.2:* nilai GZ maksimum yang terjadi pada sudut $30^{\circ} - 180^{\circ}$ (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,2 m.
3. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.3:* sudut pada nilai GZ maksimum tidak boleh kurang atau sama dengan 25° (deg).
4. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.4:* nilai GM awal pada sudut 0° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,15 m.

Dalam menghitung stabilitas suatu kapal kita harus membuat variasi muatan (penumpang dan barang) pada beberapa kondisi muatan (loadcase) sehingga diketahui stabilitas untuk tiap kondisinya. *Loadcase* ditinjau pada 7 (tujuh) kondisi yang merepresentasikan *load condition* pada saat kapal beroperasi di perairan. Sedangkan persyaratan stabilitas mengacu pada *standard requirements* diatas, yang telah ditetapkan oleh IMO.

Dalam menghitung stabilitas suatu kapal kita harus membuat variasi muatan penumpang pada beberapa kondisi sehingga

diketahui stabilitas untuk tiap kondisinya, seperti berikut ini:

- 1) Kondisi pertama merupakan kondisi kapal muatan orang penuh 100%, yakni 8 orang penumpang dengan 2 orang *crew* didalamnya dan berat bahan bakar 100%.
- 2) Kondisi kedua diasumsikan pada saat kapal setelah berpatroli, dengan kondisi muatan orang beserta *crew* penuh 10 orang dan bahan bakar yang tersisa 10%.
- 3) Kondisi ketiga diasumsikan kondisi kapal membawa muatan orang 50% dari kapasitas muatan, yakni 4 orang penumpang dan 2 orang *crew* sedangkan berat bahan bakar 100%.
- 4) Kondisi keempat diasumsikan kondisi kapal setelah berpatroli, dengan kondisi muatan orang 50% dari kapasitas muatan, yakni 4 orang penumpang dan 2 orang *crew* sedangkan berat bahan bakar 10%.
- 5) Kondisi kelima diasumsikan kondisi kapal berpatroli tanpa muatan, yaitu hanya membawa 2 orang *crew* sedangkan berat bahan bakar 100%.
- 6) Kondisi keenam diasumsikan kondisi kapal setelah berpatroli tanpa muatan, yaitu hanya membawa 2 orang *crew* sedangkan berat bahan bakar berkurang dan sisa bahan bakar 10%.
- 7) Kondisi ketujuh ini mempresentasikan kapal dalam keadaan tanpa muatan dan bahan bakar.

Tabel 2. Hasil *running* perhitungan stabilitas menurut standar IMO A. 749(18)Ch3 kriteria daerah bawah GZ dengan sudut oleng 0° – 30°

Kondisi	Criteria		
	Area 0 to 30		
	Req	SB. Grass Carp	Status
I	3,151 m.deg	3,592	Pass
II	3,151 m.deg	3,556	Pass
III	3,151 m.deg	4,043	Pass
IV	3,151 m.deg	3,978	Pass
V	3,151 m.deg	4,640	Pass
VI	3,151 m.deg	4,571	Pass
VII	3,151 m.deg	5,002	Pass

Tabel 4. Hasil *running* perhitungan stabilitas menurut standar IMO A. 749(18)Ch3 kriteria daerah bawah GZ dengan sudut oleng 30° – 40°

Kondisi	Criteria		
	Area 30 to 40		
	Req	SB. Grass Carp	Status
I	1,719 m.deg	2,050	Pass
II	1,719 m.deg	2,057	Pass
III	1,719 m.deg	2,456	Pass
IV	1,719 m.deg	2,441	Pass
V	1,719 m.deg	2,947	Pass
VI	1,719 m.deg	2,938	Pass
VII	1,719 m.deg	3,283	Pass

Tabel 3. Hasil *running* perhitungan stabilitas menurut standar IMO A. 749(18)Ch3 kriteria daerah bawah GZ dengan sudut oleng 0° – 40°

Kondisi	Criteria		
	Area 0 to 40		
	Req	SB. Grass Carp	Status
I	5,157 m.deg	5,643	Pass
II	5,157 m.deg	5,614	Pass
III	5,157 m.deg	6,499	Pass
IV	5,157 m.deg	6,419	Pass
V	5,157 m.deg	7,587	Pass
VI	5,157 m.deg	7,510	Pass
VII	5,157 m.deg	8,285	Pass

Tabel 5. Hasil *running* perhitungan stabilitas menurut standar IMO A. 749(18)Ch3 kriteria nilai GZ

Kondisi	Criteria		
	GZ at 30 or greater		
	Req	SB. Grass Carp	Status
I	0,200 m	0,207	Pass
II	0,200 m	0,208	Pass
III	0,200 m	0,252	Pass
IV	0,200 m	0,254	Pass
V	0,200 m	0,318	Pass
VI	0,200 m	0,323	Pass
VII	0,200 m	0,373	Pass

Tabel 6. Hasil *running* perhitungan stabilitas menurut standar IMO A. 749(18)Ch3 kriteria sudut pada nilai GZ maksimum

Kondisi	Criteria		
	Angle of GZ max		
	Req	SB. Grass Carp	Status
I	25 deg	34	Pass
II	25 deg	35	Pass
III	25 deg	40	Pass
IV	25 deg	41	Pass
V	25 deg	44	Pass
VI	25 deg	45	Pass
VII	25 deg	48	Pass

Tabel 7. Hasil *running* perhitungan stabilitas menurut standar IMO A. 749(18)Ch3 kriteria nilai GM

Kondisi	Criteria		
	MG		
	Req	SB. Grass Carp	Status
I	0,150 m	0,568	Pass
II	0,150 m	0,569	Pass
III	0,150 m	0,645	Pass
IV	0,150 m	0,638	Pass
V	0,150 m	0,729	Pass
VI	0,150 m	0,710	Pass
VII	0,150 m	0,759	Pass

Dari analisa kriteria pada tabel-tabel di atas menerangkan bahwa hasil perhitungan stabilitas untuk SB. Grass Carp pada kondisi I (full load condition) sampai

kondisi VII (Light Weight Ship) dinyatakan memenuhi (pass) standar persyaratan IMO yang ditetapkan.

➤ Olah Gerak Kapal

Kapal patroli beroperasi sesuai dengan fungsinya. Beroperasi dengan tujuan melakukan pengawasan disekitar Rawa Pening, dalam pengolahan analisa teknis, olah gerak akan dilakukan pada saat kapal diam ($V=0$ knot) dan juga dalam keadaan beroperasi (asumsi kecepatan penuh, $V=9,10$ knot).

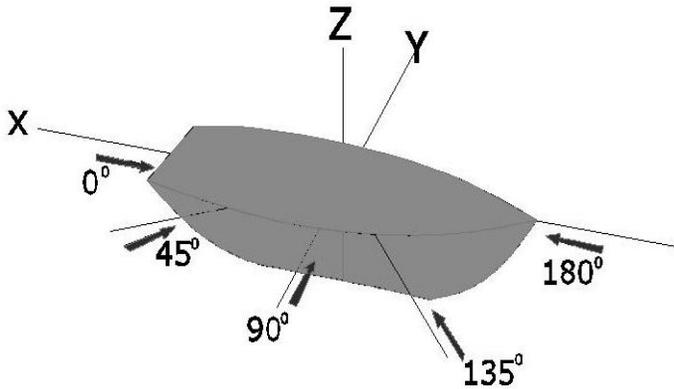
Arah datangnya gelombang mempengaruhi sudut *heading* (μ), yaitu sudut antara arah pergerakan gelombang (wave travel) dan arah laju kapal.

Untuk menghitung respon gerak kapal terlebih dahulu ditentukan properties perairan tersebut. Rawa Pening diasumsikan memiliki data karakteristik perairan sebagai berikut:

Tabel 8. Data asumsi karakteristik gelombang

Deskripsi Gelombang	Kecepatan Angin (knot)	Tinggi Gelombang (m)	Periode Gelombang (s)
-Slight Low	11,00	0,50	7,50
-Slight Medium	12,67	0,75	7,50
-Slight High	14,34	1,00	7,50
-Slight Very High	16,00	1,25	7,50

Pengaturan sudut masuk gelombang (Wave Heading) di *software Maxsurf Seakeeper Version 11.12*. dapat dilihat pada ilustrasi gambar 4.5. dibawah ini.



Gambar 1. Arah heading gelombang pada *software*

Sudut masuk gelombang yang dimaksud disini adalah arah datang gelombang yang diukur dari bagian-bagian kapal. Pada penelitian ini sudut masuk gelombang ditinjau dari 5 (lima) arah yang secara garis besar merepresentasikan arah gelombang ketika menerpa badan kapal saat beroperasi di perairan.

Tabel 9. Number of Wave Heading

No.	Wave Heading	Description
1.	0 degrees	Following Seas
2.	45 degrees	Stern Quartering Seas
3.	90 degrees	Beam Seas
4.	135 degrees	Bow Quartering Seas
5.	180 degrees	Head Seas

Batasan kecepatan yang akan dianalisa yaitu pada saat kapal kondisi diam dan pada saat kapal kecepatan maximum, yaitu:

$$V = 0 \text{ knot}$$

$$V = 9,10 \text{ knot (maximum sea trial velocity)}$$

- **Analisa dan Perhitungan Seakeeping Performance dengan Software Maxsurf Seakeeper Version 11.12.**

Salah satu metode yang digunakan untuk perhitungan olah gerak kapal adalah metode *Frequency Domain Methode / Strip Theory*. Output perhitungan ini dapat terdiri dari beberapa atau keseluruhan unit, meliputi:

1. Gerakan kapal yaitu *heaving, pitching, rolling*. Didefinisikan atas *amplitude, velocity, acceleration* yang mengakibatkan *deck wetness*.
2. Hambatan (added resistance) yang timbul akibat pengaruh gelombang dan arah masuk gelombang (wave heading).
3. Gaya dinamis yang bekerja pada kapal.
4. Nilai MSI (*Motion Sickness of Incident*) pada beberapa lokasi pantauan.
5. Struktural respon (RAOs) pada tiap gerakan kapal.

Dalam penelitian ini hasil *output* berupa tabulasi dari definisi atas gerakan kapal yang berupa amplitudo dan kecepatan gerakan kapal. Berikut ini merupakan hasil proses *running* perhitungan olah gerak kapal pada model SB. Grass Carp dengan *software Maxsurf Seakeeper Version 11.12*.

- **Slight Very High Wave**

Kondisi *slight very high wave* merupakan kondisi ter-ekstrem yang

dianalisa. Demikian pula dengan kecepatan tertinggi dari kapal ketika awal perencanaan yaitu 25 knots, perlu dicoba seperti apa olah gerak SB. Grass Carp pada kecepatan 25 knots tersebut, karena kapal ini pada awalnya memiliki perencanaan untuk kecepatan penuh 25 knots tetapi pada *trial* kapal, kecepatan itu tidak tercapai.

Dari hasil *running* perhitungan olah gerak yang meliputi *heaving*, *rolling* dan *pitching* pada kapal SB. Grass Carp di 5 (lima) *head wave* yang berbeda, maka dapat disimpulkan di kondisi *slight very high wave* bahwa;

1. *Heaving motion* kapal Pada keadaan diam ($V = 0$ knot) memiliki nilai terbesar pada *head wave* dari arah *beam* ($\mu = 90^\circ$) yaitu sebesar **0,321 meter** dan nilai terendah ada pada *head wave* dari arah *head* ($\mu = 180^\circ$) yaitu sebesar **0,302 meter**. Sedangkan pada keadaan berpatroli ($V = 9,1$ knots) memiliki nilai terbesar pada *head wave* dari arah *head* ($\mu = 180^\circ$) yaitu sebesar **0,324 meter** dan nilai terendah ada pada *head wave* dari arah *following* ($\mu = 0^\circ$) yaitu sebesar **0,299 meter**. Untuk kecepatan perencanaan awal ($V = 25$ knots) memiliki nilai terbesar pada *head wave* dari arah *head* ($\mu = 180^\circ$) yaitu sebesar **0,387 meter** dan nilai terendah ada pada *head wave* dari arah *stern quartering* ($\mu = 45^\circ$) yaitu sebesar **0,304 meter**.
2. *Roll motion* kapal Pada keadaan diam ($V = 0$ knot) memiliki nilai terbesar pada *head wave* dari arah *beam* ($\mu = 90^\circ$) yaitu sebesar **5,29°** (degree) dan nilai terendah ada pada *head wave* dari arah *stern quartering* ($\mu = 45^\circ$) dan dari arah *stem quartering* ($\mu = 135^\circ$) yaitu sama-sama sebesar **3,74°** (degree). Sedangkan pada keadaan berpatroli

($V = 9,1$ knots) memiliki nilai terbesar pada *head wave* dari arah *beam* ($\mu = 90^\circ$) yaitu sebesar **5,29°** (degree) sama pada ($V = 0$ knot) dan nilai terendah ada pada *head wave* dari arah *stern quartering* ($\mu = 45^\circ$) yaitu sebesar **2,27°** (degree). Untuk kecepatan perencanaan awal ($V = 25$ knots) memiliki nilai terbesar pada *head wave* dari arah *beam* ($\mu = 90^\circ$) yaitu sebesar **5,29°** (degree) dan nilai terendah ada pada *head wave* dari arah *stern quartering* ($\mu = 45^\circ$) yaitu sebesar **3,09°** (degree).

3. *Pitch motion* kapal Pada keadaan diam ($V = 0$ knot) memiliki nilai terbesar pada *head wave* dari arah *following* ($\mu = 0^\circ$) yaitu sebesar **3,44°** (degree) dan nilai terendah ada pada *head wave* dari arah *beam* ($\mu = 90^\circ$) yaitu sebesar **1,21°** (degree). Sedangkan pada keadaan berpatroli ($V = 9,1$ knots) memiliki nilai terbesar pada *head wave* dari arah *head* ($\mu = 180^\circ$) yaitu sebesar **2,76°** (degree) dan nilai terendah ada pada *head wave* dari arah *beam* ($\mu = 90^\circ$) yaitu sebesar **1,15°** (degree). Untuk kecepatan perencanaan awal ($V = 25$ knots) memiliki nilai terbesar pada *head wave* dari arah *head* ($\mu = 180^\circ$) yaitu sebesar **4,03°** (degree) dan nilai terendah ada pada *head wave* dari arah *beam* ($\mu = 90^\circ$) yaitu sebesar **0,47°** (degree).
4. *Heaving velocity* kapal Pada keadaan diam ($V = 0$ knot) memiliki nilai terbesar pada *head wave* dari arah *beam* ($\mu = 90^\circ$) yaitu sebesar **0,35 m/s** dan nilai terendah ada pada *head wave* dari arah *head* ($\mu = 180^\circ$) yaitu sebesar **0,302 m/s**. Sedangkan pada keadaan berpatroli ($V = 9,1$ knots) memiliki nilai terbesar pada *head wave* dari arah *head* ($\mu = 180^\circ$) yaitu sebesar **0,556 m/s** dan nilai terendah

ada pada *head wave* dari arah *following* ($\mu = 0^\circ$) yaitu sebesar **0,149 m/s**. Untuk kecepatan perencanaan awal ($V = 25$ knots) memiliki nilai terbesar pada *head wave* dari arah *head* ($\mu = 180^\circ$) yaitu sebesar **1,264 m/s** dan nilai terendah ada pada *head wave* dari arah *stern quartering* ($\mu = 45^\circ$) yaitu sebesar **0,22 m/s**.

5. *Roll velocity* kapal Pada keadaan diam ($V = 0$ knot) memiliki nilai terbesar pada *head wave* dari arah *beam* ($\mu = 90^\circ$) yaitu sebesar **0,3522 rad/s** dan nilai terendah ada pada *head wave* dari arah *stern quartering* ($\mu = 45^\circ$) dan dari arah *stem quartering* ($\mu = 135^\circ$) yaitu sama-sama sebesar **0,249 rad/s**. Sedangkan pada keadaan berpatroli ($V = 9,1$ knots) memiliki nilai terbesar pada *head wave* dari arah *stem quartering* ($\mu = 135^\circ$) yaitu sebesar **0,371 rad/s** dan nilai terendah ada pada *head wave* dari arah *stern quartering* ($\mu = 45^\circ$) yaitu sebesar **0,0516 rad/s**. Untuk kecepatan perencanaan awal ($V = 25$ knots) memiliki nilai terbesar pada *head wave* dari arah *beam* ($\mu = 90^\circ$) yaitu sebesar **0,3522 rad/s** dan nilai terendah ada pada *head wave* dari arah *stern quartering* ($\mu = 45^\circ$) yaitu sebesar **0,2413 rad/s**.

Pitch velocity kapal Pada keadaan diam ($V = 0$ knot) memiliki nilai terbesar pada *head wave* dari arah *following* ($\mu = 0^\circ$) yaitu sebesar **0,1164 rad/s** dan nilai terendah ada pada *head wave* dari arah *beam* ($\mu = 90^\circ$) yaitu sebesar **0,04874 rad/s**. Sedangkan pada keadaan berpatroli ($V = 9,1$ knots) memiliki nilai terbesar pada *head wave* dari arah *head* ($\mu = 180^\circ$) yaitu sebesar **0,1512**

rad/s dan nilai terendah ada pada *head wave* dari arah *stern quartering* ($\mu = 45^\circ$) yaitu sebesar **0,01899 rad/s**. Untuk kecepatan perencanaan awal ($V = 25$ knots) memiliki nilai terbesar pada *head wave* dari arah *head* ($\mu = 180^\circ$) yaitu sebesar **0,339 rad/s** dan nilai terendah ada pada *head wave* dari arah *beam* ($\mu = 90^\circ$) yaitu sebesar **0,02593 rad/s**.

Dan berikut ini adalah tabulasi dari simulasi percobaan tentang terjadinya *deck wetness* pada model kapal akibat pengaruh dari *amplitude* dan *velocity motion* pada tiap-tiap gerakan kapal.

Tabel 10. Model kapal yang mengalami *deck wetness* pada $V_t = 9,1$ knots dan kondisi diam

<i>Sea Condition</i>	SB. Grass Carp				
	<i>Wave Heading</i>				
	0°	45°	90°	135°	180°
<i>Slight low</i>	X	X	X	X	X
<i>Slight medium</i>	X	X	X	X	X
<i>Slight high</i>	X	X	X	X	X
<i>Slight very high</i>	X	X	X	X	X

Tabel 11. Model kapal yang mengalami *deck wetness* pada kecepatan 25 knots

Sea Condition	SB. Grass Carp				
	Wave Heading				
	0°	45°	90°	135°	180°
<i>Slight low</i>	x	x	x	x	x
<i>Slight medium</i>	x	x	x	x	√
<i>Slight high</i>	x	x	x	√	√
<i>Slight very high</i>	x	x	x	√	√

Keterangan x = tidak terjadi *deck wetness*

√ = terjadi *deck wetness*

Kapal SB. Grass Carp tidak mengalami *deck wetness* pada kondisi perairan yang memiliki gelombang ramping (*slight*) dan melaju dengan kecepatan *trial* 9,1 knots atau kondisi diam ($V = 0$ knot). Pada simulasi olah gerak kapal di *software Maxsurf Seakeeper Version 11.12.*, kapal mengalami *deck wetness* pada sudut *rolling motion* yang besar nilainya diatas atau sama dengan $23^\circ (\geq 23^\circ)$ dan pada kecepatan awal perencanaan 25 knots, kapal juga mengalami *deck wetness*.

➤ **Maneuvering Kapal**

Maneuvering kapal adalah kemampuan kapal untuk mempertahankan posisinya dibawah kendali operator kapal. Kemampuan ini tentu akan sangat menentukan keselamatan dan efisiensi kapal dalam pelayarannya terutama pada daerah pelayaran yang sempit seperti di sungai, waduk, danau, rawa dan di daerah pelabuhan. Oleh karena itu kemampuan ini jelas merupakan aspek penting juga dalam hal perancangan kapal (*ship design*) selain

olah gerak diantaranya *heaving*, *pitching* dan *rolling*.

Pada kapal SB Grass Carp, prediksi *maneuvering* kapal yang akurat sangat diperlukan. Karena dalam hal ini kapal SB Grass Carp melakukan operasi dan patroli di perairan sempit yang akan menuntut kemampuan *maneuvering* kapal itu sendiri saat beroperasi. Dalam tugas akhir ini penulis dapat memprediksi kemampuan *maneuver* kapal dengan menggunakan *software Maneuvering Prediction Program Version 1.0 (MPP-1.0)*. Program ini dirancang untuk menentukan kemampuan berputar dan kemampuan pengontrolan yang dilakukan oleh nahkoda saat kapal berlayar.

Langkah pertama dalam memprediksi kemampuan *maneuver* kapal yaitu dengan cara memasukkan nilai input karakteristik model kapal diantaranya sebagai berikut:

- Lwl : 5,73 meter
- B : 2,00 meter
- TF : 0,40 meter
- TA : 0,40 meter
- Cb : 0,492
- LCG : -3.45 %
- XR : 50 %
- Vk : 9,10 knots

Kemudian dari *input* karakteristik model kapal, program di-*running* untuk mengolah data yang telah dimasukkan. Dari hasil *output running* tersebut didapatkan:

1. Diameter *steady* putaran / *steady turning diameter* (meters)
2. Dimeter taktis / *tactical diameter* (meters)

3. Maju / *advance* (meters)
4. *Transfer* (meters)
5. Kecepatan *steady* pada putaran (Knot)

Nilai *steady turning diameter* adalah besarnya diameter lintasan yang dilalui oleh kapal dalam melakukan percobaan *turning* sampai dengan diameter 360°. Besarnya diameter ini diukur dari posisi badan kapal yang sudah mencapai sudut 90° dari posisi tahap persiapan awal kapal sebelum melakukan percobaan *turning diameter*. Tingkat keselamatan kapal tergantung pada seberapa besar nilai diameter lintasan yang dilalui kapal, semakin besar nilai diameter lintasan yang dilalui kapal maka mengakibatkan kapal semakin membutuhkan waktu yang lama untuk bermanuver.

Nilai *tactical diameter* adalah jarak yang ditempuh kapal dari posisi awal kapal sebelum bermanuver sampai dengan posisi badan kapal yang sudah mencapai sudut 180° yang diukur searah dengan sumbu koordinat x (horizontal).

Nilai *advance* adalah jarak yang ditempuh kapal dari posisi awal kapal sebelum bermanuver sampai dengan posisi badan kapal yang sudah mencapai sudut 90° yang diukur searah dengan sumbu koordinat y (vertical).

Nilai *transfer* adalah jarak yang ditempuh kapal dari posisi awal kapal sebelum bermanuver sampai dengan posisi badan kapal yang sudah mencapai sudut 90° yang diukur searah dengan sumbu koordinat x (horizontal).

Nilai *steady speed in turn* adalah kecepatan rata-rata atau *steady* kapal saat kapal melakukan percobaan *turning diameter*.

Berikut ini adalah tabel hasil *running* kemampuan *maneuver* model kapal SB. Grass Carp dengan menggunakan *software Maneuvering Prediction Program* (MPP 1-0). Pada percobaan *maneuver* ini, penulis memprediksi kemampuan *maneuver* kapal pada tiap-tiap sudut kemudi 10°, 15°, 20°, 25°, 30° dan 35°. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik kapal dari putaran pada tiap-tiap sudut kemudi.

Tabel 12. Hasil *running* model kapal SB. Grass Carp dengan *software MPP-1.0*

Data Output	SB Grass Carp					
	10°	15°	20°	25°	30°	35°
<i>Steady Turning Diameter</i> (m)	77,40	60,34	51,81	46,70	43,28	40,85
<i>Tactical Diameter</i> (m)	78,19	61,13	52,60	47,48	44,07	41,63
<i>Advance</i> (m)	46,37	37,60	33,22	30,59	28,83	27,58
<i>Transfer</i> (m)	39,51	30,45	25,92	23,21	21,4	20,10
<i>Steady Speed In Turn</i> (knot)	8,49	7,71	7,33	7,09	6,94	6,83

Dari hasil percobaan *turning cycle* kapal SB. Grass Carp ini dapat dilakukan pengecekan standar syarat untuk mengevaluasi *maneuverability* menurut *International Maritime Organization* (IMO) *applicable to all ships* yaitu menyebutkan bahwa kemampuan berputar panjang lintasan *Advance* tidak lebih dari 4,5 kali panjang kapal dan diameter taktis tidak lebih dari 5 kali panjang kapal.

Dibawah ini perhitungan untuk panjang lintasan *advance* dan diameter taktis:

- Panjang kapal (LOA) = 6,50 m
- Panjang lintasan *advance* pada sudut kemudi 35° = 27,58 m
- Panjang diameter taktis pada sudut kemudi 35° = 41,63 m
- Panjang *advance* menurut IMO 4,5 x panjang kapal = 29,25 m
- Panjang diameter taktis menurut IMO 5 x panjang kapal = 32,50 m

Jadi pada percobaan kemampuan berputar kapal SB. Grass Carp menurut *International Maritime Organization* (IMO) tidak memenuhi standar pada diameter taktis *maneuvering*, sehingga belum dalam keadaan aman ketika melakukan *maneuvering* pada kecepatan awal 9,10 knots. Kapal baru aman dan memenuhi standar diameter taktis ketika kecepatan awal melakukan *maneuvering* adalah 6,90 knots. Pada kecepatan awal 6,90 knots kapal memiliki nilai sebagai berikut.

- Panjang kapal (LOA) = 6,50 m
- Panjang lintasan *advance* pada sudut kemudi 35° = 22,84 m
- Panjang diameter taktis pada sudut kemudi 35° = 32,42 m
- Panjang *advance* menurut IMO 4,5 x panjang kapal = 29,25 m
- Panjang diameter taktis menurut IMO 5 x panjang kapal = 32,50 m

Pengurangan kecepatan pada saat *maneuvering* akan menyebabkan diameter taktis pada saat *turning cycle* lebih kecil. Untuk keamanan dan keselamatan, SB. Grass Carp sebaiknya melakukan

maneuvering pada kecepatan awal maksimum 6,90 knots.

KESIMPULAN

➤ Kesimpulan

Dari hasil analisa teknis hidrostatik, stabilitas dan olah gerak pada kapal *speed boat* Grass Carp (SB. Grass Carp), penulis menyimpulkan bahwa:

1. SB. Grass Carp memiliki karakteristik hidrostatik dengan *displacement* (2,042 ton), *Wetted Surface Area* (9,631 m²), *Cb* (0,488), *Cp* (0,79), *Cm* (0,618), *Cw* (0,834) dan *Longitudinal Center of Buoyancy* (-0,512 m dari midship).
2. Dari analisa teknis stabilitas kapal, menerangkan bahwa hasil perhitungan stabilitas untuk SB. Grass Carp pada kondisi I (full load condition) sampai kondisi VII (Light Weight Ship) dinyatakan memenuhi (pass) standar persyaratan yang telah ditetapkan IMO (International Maritim Organization).
3. Dari analisa menerangkan bahwa hasil perhitungan olah gerak untuk SB. Grass Carp pada kondisi *slight very high wave* atau asumsi gelombang tertinggi pada analisa olah gerak menyebutkan:
 - a. Gerakan *heaving* tertinggi pada keadaan diam datang dari arah *beam* ($\mu = 90^\circ$) dan pada kecepatan 9,1 knots datang dari arah *head* ($\mu = 180^\circ$) yang perlu diwaspadai, besarnya antara 0,321 – 0,324 meter.
 - b. Gerakan *rolling* tertinggi pada keadaan diam maupun pada saat kecepatan 9,1 knots datang dari

- arah *beam* ($\mu = 90^\circ$) yang perlu diwaspadai, besarnya yakni $5,29^\circ$ (degree).
- c. Gerakan *pitching* tertinggi pada keadaan diam datang dari arah *following* ($\mu = 0^\circ$) sebesar $3,44^\circ$ dan pada kecepatan 9,1 knots datang dari arah *head* ($\mu = 180^\circ$) sebesar $2,76^\circ$.
- d. Kapal SB. Grass Carp tidak mengalami *deck wetness* pada kondisi perairan yang memiliki gelombang *ramping* (slight). Pada simulasi olah gerak kapal di *software Maxsurf Seakeeper Version 11.12.*, kapal mengalami *deck wetness* pada sudut *rolling motion* yang besar nilainya diatas atau sama dengan 23° ($\geq 23^\circ$), dan pada kecepatan awal perencanaan 25 knots, kapal juga mengalami *deck wetness* pada 2 sudut masuk, yakni dari arah *head* ($\mu = 180^\circ$) dan *stem quartering* ($\mu = 135^\circ$).
4. Dari analisa *maneuvering* kapal, menerangkan bahwa pada manuver penuh sudut 35° kapal memiliki nilai *steady turning diameter* = 40,85 meter, *tactical diameter* = 41,63 meter, *advance* = 27,58 meter, *transfer* = 20,10 meter, *steady speed in turn* = 6,83 knots. Menurut standar dari IMO mengenai *maneuverability*, kapal SB. Grass Carp belum memenuhi kriteria dari IMO. Menurut IMO, bahwa kemampuan berputar panjang lintasan *Advance* tidak lebih dari 4,5 kali panjang kapal dan diameter taktis tidak lebih dari 5 kali panjang kapal.

Panjang kapal (LOA) = 6,50 m

- Panjang *advance* menurut IMO
4,5 x panjang kapal = 29,25 m
- Diameter taktis menurut IMO
5 x panjang kapal = 32,50 m
- Panjang lintasan *advance* pada sudut kemudi 35° = 27,58 m
- Panjang diameter taktis pada sudut kemudi 35° = 41,63 m

➤ **Saran**

Dari hasil analisa teknis hidrostatik, stabilitas dan olah gerak pada kapal SB. Grass Carp, penulis menyarankan untuk:

1. Menjadikan tugas akhir ini sebagai referensi teknis bagi pengelola *speed boat* yakni Dinas Peternakan dan Perikanan Kab. Semarang.
2. Pengurangan kecepatan pada saat *maneuvering* akan menyebabkan diameter taktis pada saat *turning cycle* lebih kecil. Untuk keamanan dan keselamatan, SB. Grass Carp sebaiknya melakukan *maneuvering* pada kecepatan awal maksimum 6,90 knots.

DAFTAR PUSTAKA

1. Santoso, IGM, Sudjono, YJ, 1983. Teori Bangunan Kapal. Jakarta, Indonesia: Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
2. Tawekal, Dr. Ir. Ricky Lukman, KL-4131 Dasar-dasar Teknik Perkapalan. Bandung: ITB.
3. Dokkum, K.V., 2005. Ship Knowledge 2nd Edition. Enkhuizen, The Netherlands: Dokmar.

4. Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang, 2009. Spesifikasi Teknis Speed Boat Pengawasan Sumber Daya Perikanan. Semarang, Indonesia.
5. Gannaway, Dave, 1973. Boat Building On A Glass Fiber Hull. England: Nautical Publishing Company.
6. INDONESIA, BIRO KLASIFIKASI. Konstruksi Kapal Fiberglass. Indonesia: BKI.
7. Anmarkrud, Thomas, 2009. Fishing Boat Construction: 4 Building an Undecked Fiberglass Reinforced Plastic Boat. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
8. Biran, A.B., 2003. Ship Hydrostatics and Stability. USA: Butterworth-Heinemann.
9. Lewis, Edward V., 1988. Principal of Naval Architecture Second Revision Volume I Stability and Strength. Jersey City, NJ: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
10. A. R. J. M. Lloyd, Bsc. Ph.D., 1989. SEAKEEPING: Ship Behaviour In Rough Weather. England: Ellis Horwood Limited.
11. House, David J., 2007. Ship Handling Theory and Practice. USA: Butterworth-Heinemann.