



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Pengaruh Pemasangan *Bilge Keel* dengan Variasi Kecepatan Terhadap Hambatan Gelombang, Viskos dan Gesek serta Olah Gerak dan Stabilitas pada Kapal Ikan Tradisional 70 GT

Ganang Adi Baskoro¹, Berlian Arswendo Adietya¹, Eko Sasmito Hadi¹,

¹Departement Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email: ganangadibaskoro@gmail.com, berlianarswendokapal@gmail.com, ekosasmitohadi@yahoo.com

Abstrak

Pada studi kasus ini, nelayan di Jawa Tengah menambah kan *bilge keel* pada kedua sisi lambung kapal ikan tradisional 70 GT. Dalam *mindset* mereka dengan melakukan modifikasi dan penambahan-penambahan *bulb* pada kapal, kapal mereka akan menjadi lebih cepat dan mempunyai daya tahan yang lebih baik. Padahal efek yang ditimbulkan dari segi hambatan ataupun stabilitasnya, bisa lebih baik ataupun lebih buruk. Untuk mengetahui efek yang ditimbulkan maka dilakukan analisa terhadap hambatan, olah gerak dan stabilitasnya. Langkah awal adalah melakukan pengukuran langsung terhadap kapal ikan tradisional 70 GT. Setelah mendapatkan dimensi ukuran kapal dan *bilge keel* dilakukan permodelan pada *software autocad* dan *maxsurf*. Selanjutnya dilakukan analisa terhadap kapal tanpa *bilge keel* dan kapal dengan *bilge keel* untuk hambatan, olah gerak dan stabilitas nya di *software maxsurf*. Dari hasil analisa hambatan baik hambatan total, gesek, viskos dan gelombang, kapal dengan *bilge keel* mempunyai performa lebih jelek dari kapal tanpa *bilge keel* dengan nilai hambatan total 2,99 kN kapal tanpa *bilge keel* dan 3,3 kN kapal dengan *bilge keel* pada kecepatan 5 knot. Dari hasil analisa olah geraknya, kapal ikan tanpa dan dengan *bilge keel* mampu berlayar pada tinggi gelombang 2 m dilihat dari kriteria yang ditetapkan Tello, 2009 dengan nilai rolling tertinggi 5,90⁰ pada sudut 90⁰ dan pitching tertinggi 2,56⁰ pada sudut 0⁰. Dari hasil analisa stabilitasnya, kapal tanpa dan dengan *bilge keel* mempunyai stabilitas yang baik untuk kondisi I sampai IV sesuai kriteria yang ditetapkan IMO. Secara keseluruhan dari hasil analisa menggunakan *software maxsurf* baik hambatan, olah gerak maupun stabilitasnya, antara kapal tanpa *bilge keel* dan kapal dengan *bilge keel* mempunyai selisih nilai yang kecil.

Kata kunci: *Bilge Keel*, Analisa Hambatan, Analisa Stabilitas, Analisa Olah Gerak

1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara maritim mempunyai wilayah laut seluas lebih dari 3,5 juta km², yang merupakan dua kali luas daratan [1]. Dengan luas wilayah lautnya yang hampir dua kali lipat luas wilayah daratnya, potensi sumber daya hasil perikanan dan lautnya sangat besar untuk mensejahterakan rakyat. Salah satu mata pencaharian utama rakyat Indonesia adalah sebagai nelayan, mengingat betapa luasnya perairan dan

pastinya panjang garis pantai Indonesia. Untuk memanfaatkan sumber daya perikanan dan hasil laut maka nelayan di Indonesia membutuhkan kapal perikanan yang lebih cepat dan lebih efisien dalam penangkapan ikan. Kebanyakan nelayan di Indonesia masih menggunakan kapal ikan tradisional, dilihat dari segi pembuatannya dan alat-alat yang digunakan dalam proses penangkapan ikan, berbeda dengan negara-negara tetangga yang sudah melek teknologi.

Banyak sekali jenis-jenis kapal tradisional yang tersebar di wilayah Indonesia, setiap daerah mempunyai ciri kapal berbeda antara daerah satu dan yang lainnya, contohnya kapal perikanan tradisional antara kabupaten Batang akan berbeda dengan kapal ikan tradisional kabupaten Rembang. Nelayan-nelayan di pantai utara pulau Jawa khususnya membutuhkan kapal perikanan yang cepat dan efisien pada saat proses penangkapan ikan, hal ini akan meningkatkan hasil yang diperoleh. Dalam *mindset* nelayan mempunyai kapal perikanan yang cepat dan kuat menahan gelombang laut yang ada di perairan laut utara pulau Jawa adalah keharusan. Maka dari itu nelayan berlomba-lomba membuat kapal mereka lebih cepat dan punya daya tahan yang kuat, mereka memodifikasi kapal mereka dengan contohnya mengganti *main engine*, menambahkan *bilge keel*, bahkan ada yang akan menambahkan *bulbous bow* pada kapal ikan tradisional mereka.

Mereka tidak memperhatikan efek dari hasil modifikasi kapal perikanan mereka. Dalam *mindset* mereka dengan melakukan modifikasi dan penambahan-penambahan *bulb* pada kapal, kapal mereka akan menjadi lebih cepat dan mempunyai daya tahan yang lebih baik. Padahal ada efek yang ditimbulkan dari segi hambatan ataupun stabilitasnya, bisa lebih baik ataupun lebih buruk.

Pada kapal ikan tradisional 70 GT telah dipasang *bilge keel* pada daerah *starboard*, *portside*, dan pada buritan tanpa adanya perhitungan hanya menggunakan insting pembuat kapal. Bahkan *owner* kapal menginginkan penambahan *bulbous bow* pada haluan kapal. Sedangkan penambahan *bulb* pada kapal haruslah sesuai dengan perhitungan dan tidak dipasang seenaknya. Walaupun tujuan ditamahnya *bulb* memang baik, tapi harus dengan cara yang benar agar penambahan *bulb* bisa membuat kapal mempunyai performa yang lebih baik bukan malah sebaliknya.

Adapun tujuan dari penyusunan tugas akhir ini yaitu :

1. Melakukan analisa hambatan pada kapal ikan 70 GT sebelum dan sesudah dipasang *bilge keel*.
2. Melakukan analisa olah gerak pada kapal ikan 70 GT sebelum dan sesudah dipasang *bilge keel*
3. Melakukan analisa stabilitas pada kapal ikan 70 GT sebelum dan sesudah dipasang *bilge keel*

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kapal Perikanan

Sesuai dengan Undang-Undang Nomor 31, Tahun 2004, Tentang Perikanan, dalam Pasal 1 dinyatakan bahwa “kapal perikanan adalah kapal, perahu, atau alat apung lain, yang dipergunakan

untuk melakukan penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, pembudidayaan ikan, pengangkutan ikan, pelatihan perikanan, dan penelitian/eksplorasi perikanan”. [2]

Tipe/jenis dan spesifikasi dari kapal ikan, erat kaitannya dengan jenis alat penangkap ikan yang dipergunakan dan teknik/metoda penangkapan ikan yang dilakukan, sesuai dengan jenis ikan yang akan ditangkap (*target species*). Berdasarkan jenis alat penangkap ikan yang dipergunakan, terdapat beberapa tipe kapal ikan, antara lain kapal pukat tarik (*trawler*), kapal pukat cincin (*purse seiner*), kapal rawai (*long liner*), dan kapal jaring insang (*gill netter*). Perbedaan tipe menunjukkan karakteristik yang berbeda. Di dalam perancangan dan pengoperasiannya, karakteristik kapal ikan harus disesuaikan dengan misi, metoda penangkapan, dan beban operasi kapal, seperti kecepatan kapal, kemampuan olah-gerak dan motor penggerak kapal, tahanan kapal, jarak-jangkauan pelayaran untuk operasi penangkapan, konstruksi kapal, daya dorong yang dihasilkan motor penggerak, fasilitas pengawetan dan pengolahan ikan hasil tangkap di atas kapal, dan mesin-bantu penangkapan.[3]

2.2 Hambatan Kapal

Kapal yang bergerak maju diatas gelombang akan mengalami suatu perlawanan yang disebut hambatan. Hambatan tersebut merupakan gaya fluida yang melawan gerakan kapal, dimana sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. Berdasarkan pada proses fisiknya, mengemukakan bahwa hambatan pada kapal yang bergerak di permukaan air terdiri dari dua komponen utama yaitu tegangan normal (*normal stress*) dan tegangan geser (*tangential stress*). Tegangan normal berkaitan dengan hambatan gelombang (*wave making*) dan tegangan viskos. Sedangkan tegangan geser disebabkan oleh adanya viskositas fluida. Kemudian menyederhanakan komponen hambatan dalam dua kelompok utama yaitu hambatan viskos (*viscous resistance*) dan hambatan gelombang (*wave resistance*). [4]

Standar internasional dari *ITTC* mengklasifikasikan hambatan kapal di airtenang (*calm water*), secara praktis dalam dua komponen hambatan utama yaitu hambatan viskos (*viscous resistance*) yang terkait dengan bilangan *Reynolds* dan hambatan gelombang (*wave making resistance*) yang bergantung pada *Froude*, dimana korelasi kedua komponen tersebut diperlihatkan dalam persamaan :

$$R_{T(Re,Fr)} = R_{V(Re)} + R_{W(Fr)} = (1 + k_{(Fr)}) R_{F(Re)} + R_{W(Fr)} \quad (1)$$

Hambatan gelombang (R_w) mengandung komponen fluida ideal (*inviscid*) dan hambatan viskos atau kekentalan (R_v) meliputi hambatan akibat tegangan geser (*Friction drag*) dan komponen tekanan kekentalan (*viscous pressure*).

Komponen hambatan kapal dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Hambatan gesek, adalah komponen hambatan yang diperoleh dengan cara mengintergralkan tegangan tangensial ke seluruh permukaan basah kapal menurutarah gerakan kapal.[5] Bagi suatu benda yang bergerak di dalam fluida, adanya viskositas akan menimbulkan gesekan. Penting tidaknya gesekan dalam situasi fisik ini tergantung pada jenis fluida dan konfigurasi fisik atau pola alirannya. Daerah fluida yang dekat dengan benda padat didefinisikan sebagai lapisan batas (*boundary layer*).
2. Hambatan viskos, adalah penjumlahan dari beberapa komponen hambatan yakni hambatan bentuk (*viscous form resistance*), hambatan gesek lambung kapal (*naked hull skin friction*) dan hambatan tahanan lambung kapal (*appendage skin friction*). Hambatan bentuk adalah integral dari gaya normal yang bekerja pada lambung, dimana besar hambatannya tergantung bentuk lambung dibawah permukaan air.
3. Hambatan gelombang, adalah komponen hambatan yang berkaitan dengan penggunaan energi untuk pembentukan gelombang gravitasi atau bekerjanya gaya normal fluida pada seluruh badan kapal. Komponen ini dipisahkan menjadi dua bagian, yaitu hambatan pola gelombang (R_{wp}) dan hambatan gelombang pecah (R_{wb}). [6] Pada umumnya, yang diartikan sebagai hambatan gelombang adalah dengan mengabaikan hambatan gelombang pecah karena besarnya relatif kecil dan terjadi pada kecepatan tinggi (*high speed condition*).

2.3 Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali ke posisi semula (normal) dari posisi miring (*heeling*) setelah mendapat gaya-gaya eksternal pada kapal tersebut sebagai akibat dari perubahan distribusi muatan di atas kapal dan kondisi eksternal (gelombang, angin, dsb.)

Menurut Buku Teori Bangunan Kapal I Stabilitas kapal dibedakan atas:

- Stabilitas Awal (*Initial Stability*) yakni stabilitas kapal pada kondisi statis (diam / kapal tidak bergerak).

- Stabilitas Dinamis (*Dynamic Stability*) yakni stabilitas kapal pada kondisi operasional atau bergerak (dinamis).

Menurut sumbu dasarnya dikenal 2 macam stabilitas yaitu :

- Stabilitas Memanjang, terjadi karena adanya gaya dari luar yang arahnya tegak lurus terhadap sumbu memanjang kapal. Stabilitas memanjang pada kenyataannya bisa dipastikan dapat dipenuhi oleh kapal apabila didalam pembangunannya memenuhi persyaratan konstruksi sesuai biro klasifikasi yang ditetapkan.
- Stabilitas Melintang, terjadi pada sudut miring melintang. Misalnya pada saat kapal oleng. Stabilitas ini didasari oleh perbedaan kedudukan antara titik M dengan titik G. Adapun letak M terhadap G.

2.4 Olah Gerak Kapal

Kemampuan Olah Gerak kapal akan dipengaruhi oleh faktor dari DALAM dan faktor dari LUAR. Terlebih dulu di bab ini akan diuraikan tentang Faktor Luar, yang berkaitan dengan keadaan laut dan perairan dimana kapal berada, kemudian faktor dari faktor tetap dan tidak tetap. Untuk mengetahui kemampuan olah gerak (*Maneuvering Ability*) maka harus dipahami terlebih dahulu tentang faktor apa saja yang mempengaruhinya. Pada *Maneuvering Trials* Suatu kapal, dibuat data-data tentang karakter olah geraknya pada macam-macam situasi pemuatannya. Misalnya pada saat kapal kosong, penuh atau sebagian terisi muatan antara lain data tentang *Turning Circle*, *Zigzag Manoeuvoring*, *Crash Stop* dll.

Faktor-faktor yang mempengaruhi olah gerak kapal adalah :

- Faktor dari Luar : Disini dimaksudkan sebagai faktor yang datangnya dari luar kapal, mencakup dua hal penting yaitu keadaan laut dan keadaan perairan. Hal ini perlu dipahami mengingat keterbatasan kemampuan kapal menghadapi cuaca dan perairan maupun laut yang berbeda – beda, serta gerakan kapal di air juga memerlukan ruang gerak yang cukup.
- Pengaruh Angin : Angin sangat mempengaruhi olah gerak, terutama di tempat – tempat yang sempit dan sulit dalam keadaan kapal yang kosong, walaupun pada situasi tertentu angin dapat di pergunakan untuk mempercepat olah gerak kapal.

2.5 Bilge Keel

Sirip lunas atau disebut juga sebagai *Bilge keel* berfungsi untuk meningkatkan gaya apung tambahan ketika ada oleng tanpa menambah bouyency. Biasanya digunakan pada kapal dengan bentuk lambung V. Bentuk ini tetap yang tidak dapat diubah-ubah berdasarkan keolengan. kebanyakan kapal mengikuti fungsi utama lunas bilga yakni mencegah gerakan berputar dari kapal, mengurangi olengan kapal atau guncangan yang keras ketika kapal berada di laut, tetapi tidak mempunyai pengaruh pada stabilitas kapal. Selain itu menjaga bilga didasar dan menambah kekuatan membujur pada bilga.

Agar memenuhi fungsinya pemasangan lunas bilga harus tepat benar. Yaitu tepat pada perpotongan garis diagonal, antara perpotongan garis lambung dengan perpanjangan luas dgn perpotongan antara garis air dengan bidang simetri dengan kulit kapal. Lunas bilga biasanya bekerja berlebihan pada posisi midship dikulit karena lunas bilga dipasang ditengah kapal kurang lebih setengah atau dua pertiga panjang kapal ($2/3 L$). Secara umum lunas bilga terdiri dari pelat rata dan pelat ganda (profil bulb) yang berbentuk V yang didalamnya terisi kayu agar lunas bilga tersebut lebih keras dan mengurangi kemungkinan terjadinya bengkok akibat benturan. Ter biasanya ditambahkan masuk kedalam lunas bilag untuk memenuhi/mengisi setiap ruang kosong di mana air mungkin berkumpul dan merusak bagian dalam lunas.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam karya ilmiah yang baik perlu memiliki metodologi yang terperinci dengan sumber informasi yang sebanyak-banyaknya. Untuk mencapai hasil yang diinginkan, maka dalam pengerjaan Tugas Akhir ini diperlukan kerangka pengerjaan yang tersrtuktur.

Adapun pengerjaan untuk menyelesaikan permasalahan.Hal utama yang perlu dilakukan adalah pengolahan data didapat dari studi literature dan studi lapangan. Membuat permodelan kapal menggunakan *autocad* dan *maxsurf*. Kemudian dilakukan analisa hambatan, stabilitas dan olah geraknya menggunakan *maxsurf*.

3.1 Studi Literatur

Studi literatur ini berguna dalam mendukung proses pengerjaan tugas akhir yang dilakukan, sehingga dapat mempermudah pengerjaannya. Hal – hal yang dilakukan dalam proses studi literatur antara lain :

1. Mempelajari karakteristik dan permodelan kapal yang sudah ada sehingga dapat diketahui

tentang keunggulan dan kelemahan yang ada pada kapal tersebut.

2. Mencari / mengumpulkan data – data baik berupa buku – buku, jurnal, artikel, ebook yang berasal dari internet, yang dapat dijadikan referensi untuk pengerjaan tugas akhir.
3. Mempelajari *manual book* tentang *software* yang akan digunakan sebagai panduan dalam mengerjakan tugas akhir.

3.2 Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan untuk pengumpulan data dilakukan dengan bertanya secara langsung dan wawancara kepada pihak-pihak yang terkait daam penelitian ini. Adapun data yang dikumpulkan antara lain seperti: Dimensi kapal.

3.3 Pengolahan Data

Data yang didapat dari hasil *observasi* dan pengukuran kemudian setelah di dapatkan ukuran utama kapal dan spesifikasi mesin. Tahapan pengolahan data meliputi:

1. Pembuatan permodelan Lines plan dan General Arrangement menggunakan *software Autocad dan Maxsurf*.
2. Melakukan identifikasi analisa hambatan kapal, olah gerak kapal dan stabilitas kapal menggunakan *software Maxsurf*.

3.4 Analisa dan Pembahasan

Merupakan bagian akhir untuk mencapai hasil penelitian, yaitu didapatkannya kesimpulan final tugas akhir sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Dari semua hasil pengolahan data berupa gambar, grafik, serta perhitungan yang diperoleh dan telah dikelompokkan maka kemudian dilakukan proses analisa yang meliputi stabilitas, olah gerak dan hambatan. Proses analisa yang dilakukan tetap mengacu pada teori dan literatur (pustaka) yang ada.

3.5 Kesimpulan

Pada tahap ini diambil kesimpulan, kesimpulan diperoleh dari data yang telah diolah dan dianalisa sesuai dengan tujuan awal yang telah di tetapkan pada penelitian serta saran mengenai pengembangan penelitian lanjutan.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Tinjauan Umum Kapal Nelayan Tradisional

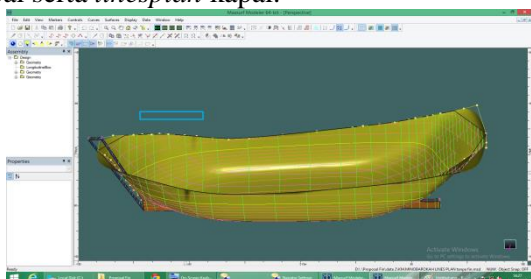
Dalam penulisan tugas akhir ini menjelaskan analisa pengaruh pemasangan *bilge keel* terhadap *performance* kapal ikan tradisional 70 GT. Adapaun yang menjadi parameter analisa adalah stabilitas kapal, hambatan kapal dan olah gerak kapal sebelum dipasang *bilge keel* dan sesudah

dipasang *bilge keel*. Berdasarkan data-data teknis yang telah diperoleh dari pengukuran didapatkan dari hasil pengukuran kapal sebagai berikut:

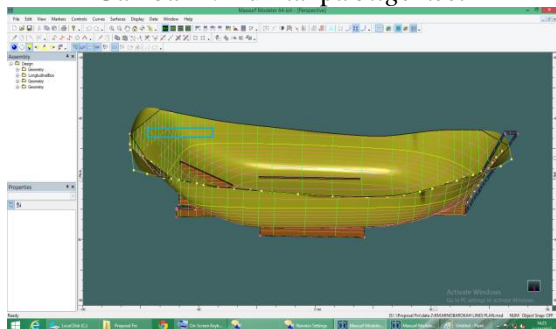
- Panjang Keseluruhan(LOA): 24,3 meter
- LWL : 20,33 meter
- Lebar (B) : 7.48 meter
- Tinggi (H) : 3,5 meter
- Sarat (T) : 2,94 meter

4.2. Pembuatan *Hullform* Kapal

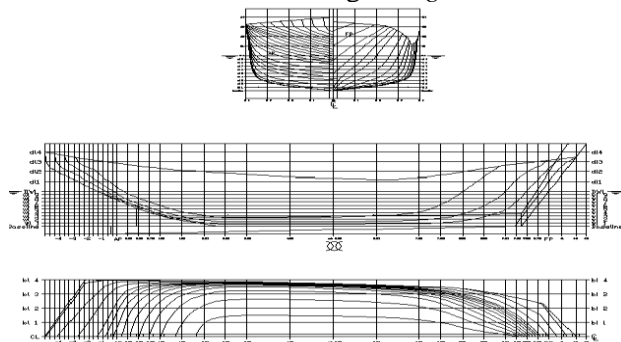
Kapal nelayan tradisional dibuat/dibangun tidak berdasarkan gambar rancang-bangun (*design*) dan spesifikasi teknis yang lengkap. Untuk mendapatkan bentuk *hullform* kapal maka diperlukan pengukuran secara langsung di lapangan. Setelah didapatkan ukuran bagian-bagian kapal yang dibutuhkan maka selanjutnya adalah tahap pembuatan model di Perangkat Lunak *maxsurf* dan *AutoCad* untuk mendapatkan bentuk kapal serta *linesplan* kapal.



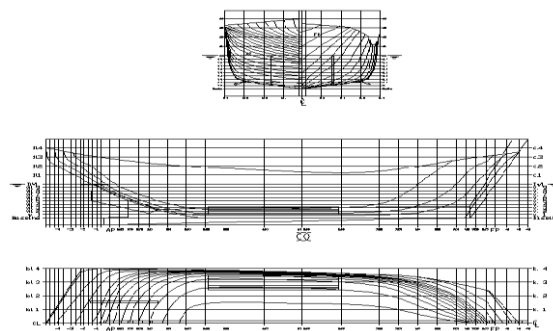
Gambar 1. Hull tanpa *bilge keel*



Gambar 2. Hull dengan *bilge keel*



Gambar 3. Lines Plan tanpa *bilge keel*



Gambar 4. Lines Plan dengan *bilge keel*

4.3 Hambatan Kapal

Berikut ini merupakan nilai hambatan pada model kapal, dengan menggunakan metode *holtrop* dari paket perhitungan pada program *Software hullspeed* dengan kecepatan maksimum sampai dengan 5 knots.

Tabel 1. Kecepatan dan Hambatan Gesek, Viskos, Gelombang Kapal Tanpa *Bilge Keel* dan dengan *Bilge Keel*

Hambatan	Kecepatan	Tanpa Bilge Keel	Dengan Bilge Keel	Selisih
Gesek	5	1.05	1.2	12%
Viskos	5	1.42	1.49	5%
Gelombang	5	0.52	0.61	12%

Pada kapal tanpa *bilge keel* untuk kecepatan 5 knot mempunyai hambatan gesek sebesar 1,05 kN, dengan *bilge keel* 1,2 kN. Hambatan viskos tanpa *bilge keel* 1,42 kN, dengan *bilge keel* 1,49 kN. Hambatan gelombang tanpa *bilge keel* 0,52 kN, dengan *bilge keel* 0,61 kN.

Tabel 2. Kecepatan dan Hambatan Total Tanpa *bilge keel* dan dengan *bilge keel*

Kecepatan (Kn)	Hambatan		Selisih
	Tanpa Bilge Keel (kN)	Dengan Bilge Keel (kN)	
0	0	0	0
1	0.15	0.2	25 %
2	0.54	0.6	10 %
3	1.14	1.3	12 %
4	1.96	2.2	11 %
5	2.99	3.3	9 %

Pada kapal tanpa *bilge keel* untuk kecepatan 5 knot mempunyai hambatan total sebesar 2,99 kN, dengan *bilge keel* 3,3 kN.

4.4 Olah Gerak Kapal

Hasil pada analisa olah gerak kapal ikan tradisional, dengan menggunakan *software Maxsurf seakeeper* dengan kriteria penerimaan kinerja olah gerak kapal ditentukan dalam Tello yang akan digunakan dalam penelitian ini. Sebagai acuan baik tidaknya olah gerak kapal ini penulis menggunakan kriteria sudut maksimum pada *roll* dan *pitch* yang ditentukan dalam *General operability limiting criteria for ships* yang ditetapkan Tello mengatur standar penerimaan olah gerak untuk kapal. Kriteria yang ditetapkan oleh Tello untuk sudut maksimum *roll* adalah 6 derajat dan sudut maksimum untuk *pitch* adalah 3 derajat.[7]

Tabel 3. Kriteria penerimaan *Tello* 2009

Criterion	Prescribed value
Green water deck	5% (prob)
Slamming	3% (prob)
Propeller emergence	15% (prob)
VA at bridge	0.2 g (rms)
LA. at bridge	0.1 g (rms)
VA at work. deck	0.2 g (rms)
LA at work. deck	0.1 g (rms)
Roll	6° (rms)
Pitch	3° (rms)

Penelitian ini hanya mengkaji olah gerak yang mampu di respon oleh kapal yaitu :

- *Rolling*,
- *Heaving*,
- *Pitching*.

Analisa olah gerak dilakukan untuk sudut 0° (*stern*), 90° (*beam*) dan 180° (*Head*) dengan kecepatan kapal 5 knots. Dengan spectra gelombang setinggi 0.75 m, 2 m sesuai dengan lokasi di laut Jawa dan gelombang ekstrim setinggi 4 m.

Tabel 4. Olah Gerak Heaving, Rolling, Pitching Tanpa *Bilge Keel* dan Dengan *Bilge Keel* (0,75m)

Item	Wave Heading (deg)	Amplitudo		Selisih
		Tanpa Bilge Keel	Dengan Bilge Keel	
Heaving	0	0.17 m	0.167 m	2%
	90	0.181 m	0.179 m	1%
	180	0.192 m	0.192 m	0%
Rolling	0	0 Deg	0 Deg	0%
	90	2.24 Deg	2.21 Deg	1%
	180	0 Deg	0 Deg	0%
Pitching	0	0.97 Deg	0.96 Deg	1%
	90	0.47 Deg	0.4 Deg	15%
	180	0.85 Deg	0.67 Deg	21%

Tabel 5. Olah Gerak Heaving, Rolling, Pitching Tanpa *Bilge Keel* dan Dengan *Bilge Keel* (2m)

Item	Wave Heading (deg)	Amplitudo		Selisih
		Tanpa Bilge Keel	Dengan Bilge Keel	
Heaving	0	0.453 m	0.445 m	2%
	90	0.483 m	0.476 m	1%
	180	0.511 m	0.512 m	0,2%
Rolling	0	0 Deg	0 Deg	0%
	90	5.90 Deg	5.88 Deg	0,3%
	180	0 Deg	0 Deg	0%
Pitching	0	2.56 Deg	2.53 Deg	1%
	90	1.25 Deg	1.07 Deg	14%
	180	2.26 Deg	1.8 Deg	20%

Tabel 6. Olah Gerak Heaving, Rolling, Pitching Tanpa *Bilge Keel* dan Dengan *Bilge Keel* (4m)

Item	Wave	Amplitudo	Selisih
------	------	-----------	---------

	Heading (deg)	Tanpa Bilge Keel	Dengan Bilge Keel	
	0	0.905 m	0.891 m	1%
Heaving	90	0.966 m	0.953 m	1%
	180	1.022 m	1.024 m	0,2%
Rolling	0	0 Deg	0 Deg	0%
	90	11.77 Deg	11.76 Deg	0,1%
	180	0 Deg	0 Deg	0%
Pitching	0	5.13 Deg	5.06 Deg	1%
	90	2.5 Deg	2.14 Deg	14%
	180	4.52 Deg	3.59 Deg	21%

Berdasarkan kriteria yang ditetapkan oleh (Tello, 2009) untuk sudut maksimum *roll* adalah 6 derajat dan sudut maksimum untuk *pitch* adalah 3 derajat. Pada tinggi gelombang 0,75 m kapal tanpa *bilge keel* dan dengan *bilge keel* memenuhi kriteria yang ditetapkan Tello,2009. Dengan nilai rolling tertinggi pada kapal tanpa *bilge keel* 2,24 deg pada sudut 90° dan nilai pitching tertinggi pada kapal tanpa *bilge keel* 0,97 deg pada sudut 0°. Pada tinggi gelombang 2 m kapal tanpa *bilge keel* dan dengan *bilge keel* memenuhi kriteria yang ditetapkan Tello,2009. Dengan nilai rolling tertinggi pada kapal tanpa *bilge keel* 5,90 deg pada sudut 90° dan nilai pitching tertinggi pada kapal tanpa *bilge keel* 2,56 deg pada sudut 0°. Pada tinggi gelombang 4 m kapal tanpa *bilge keel* dan dengan *bilge keel* keduanya tidak memenuhi kriteria yang ditetapkan Tello,2009. Dari hasil analisa olah gerak kedua kondisi gelombang 0,75 m dan 2 m yang memenuhi kriteria Tello,2009.

4.5 Stabilitas Kapal

Stabilitas adalah kemampuan kapal untuk kembali ke kedudukan semula setimbang (*equilibrium*) apabila kapal dalam kondisi miring. Hal ini sangat penting sekali karena berkaitan dengan keselamatan kapal. Telah banyak peraturan yang dikeluarkan mengenai stabilitas kapal seperti *IMO*, *Marpol 73*, *US Navy*, *USL*, *Heeling Arm*, dll.[8]

Sedangkan untuk perhitungan stabilitas dihitung dengan menggunakan *Maxsurf Stability*. Perhitungan stabilitas dihitung dalam berbagai kondisi pembebanan (*loading condition*) sesuai yang ditentukan IMO A.749 (18) *Chapter 3.5*. Kondisi pembebanan tersebut antara lain :

- Kondisi I: Merepresentasikan suatu kondisi kapal dalam kondisi kosong.
- Kondisi II: Kapal dalam posisi meninggalkan pelabuhan menuju *fishing ground* dengan muatan kapal bahan bakar 100 % dan muatan dalam kondisi kosong.

- Kondisi III: Kapal sudah berada di *fishing ground*. Pada kondisi ini, kapal sudah diberi penambahan muatan kapal (*mackarel*) 50% dan bahan bakar 50% dan juga kapal saat sedang melakukan *hauling*.

- Kondisi IV: kapal menuju ke pelabuhan ikan dengan kondisi muatan 100 % dan bahan bakar 10%

Tabel 7. Kondisi I

Criteria	IMO min	Dengan Bilge Keel (m.deg)	Tanpa Bilge Keel (m.deg)	Selisih
Area 0°-30°	3,151 m.deg	13.273	12.04	9%
Area 0°-40°	5,157 m.deg	21.63	20.043	0,3%
Area 30°-40°	1,719 m.deg	8.364	8.003	4%
Max GFZ 30°/Grtr	0,2 m	0.846	0.813	4%
Angle of Max GZ	25,0 deg	38	39	3%
GFM0	0,15 m	1.764	1.781	1%
GMT				
Fishing Vessel	0,350 m	1.764	1.781	1%

Panjang lengan GZ area 30 atau lebih sebesar 0,846 m untuk dengan *bilge keel* dan 0,813 m untuk tanpa *bilge keel*; Untuk sudut GZ maksimum pada kondisi I 38° untuk kapal dengan *bilge keel* dan 39° untuk kapal tanpa *bilge keel*.

Tabel 8. Kondisi II

Criteria	IMO min	Dengan Bilge Keel (m.deg)	Tanpa Bilge Keel (m.deg)	Selisih
----------	---------	---------------------------	--------------------------	---------

<i>Area 0°-30°</i>	3,151 m.deg	12.522	11.479	8%	<i>Area 0°-30°</i>	3,151 m.deg	8.065	7.563	6%
<i>Area 0°-40°</i>	5,157 m.deg	20.374	19.124	6%	<i>Area 0°-40°</i>	5,157 m.deg	12.347	11.851	4%
<i>Area 30°-40°</i>	1,719 m.deg	7.852	7.645	3%	<i>Area 30°-40°</i>	1,719 m.deg	4.282	4.288	0,1%
<i>Max GFZ 30°/Grtr</i>	0,2 m	0.792	0.771	3%	<i>Max GFZ 30°/Grtr</i>	0,2 m	0.438	0.436	0,5%
<i>Angle of Max GZ</i>	25,0 deg	35	36	3%	<i>Angle of Max GZ</i>	25,0 deg	32	32	0%
<i>GFMO</i>	0,15 m	1.615	1.612	0,2%	<i>GFMO</i>	0,15 m	1.16	1.213	4%
<i>GMT Fishing Vessel</i>	0,350 m	1.615	1.612	0,2%	<i>GMT Fishing Vessel</i>	0,350 m	1.16	1.213	4%

Panjang lengan GZ area 30 atau lebih sebesar 0,792 m untuk dengan *bilge keel* dan 0,771 m untuk *tanpa bilge keel*; Untuk sudut GZ maksimum pada kondisi II 35° untuk kapal dengan *bilge keel* dan untuk *tanpa bilge keel* adalah 36°.

Tabel 9. Kondisi III

<i>Criteria</i>	<i>IMO min</i>	Dengan <i>Bilge Keel</i> (m.deg)	Tanpa <i>Bilge Keel</i> (m.deg)	Selisih
<i>Area 0°-30°</i>	3,151 m.deg	9.005	8.442	6%
<i>Area 0°-40°</i>	5,157 m.deg	14.298	13.76	4%
<i>Area 30°-40°</i>	1,719 m.deg	5.292	5.319	0,5%
<i>Max GFZ 30°/Grtr</i>	0,2 m	0.537	0.538	0,2%
<i>Angle of Max GZ</i>	25,0 deg	33	34	3%
<i>GFMO</i>	0,15 m	1.177	1.23	4%
<i>GMT Fishing Vessel</i>	0,350 m	1.177	1.23	4%

Panjang lengan GZ area 30 atau lebih sebesar 1,537 m untuk dengan *bilge keel* dan 1,538 m untuk *tanpa bilge keel*; Untuk sudut GZ maksimum pada kondisi III 33° untuk kapal dengan *bilge keel* dan 34° untuk *tanpa bilge keel*.

Tabel 10. Kondisi IV

<i>Criteria</i>	<i>IMO min</i>	Dengan <i>Bilge Keel</i> (m.deg)	Tanpa <i>Bilge Keel</i> (m.deg)	Selisih
-----------------	----------------	----------------------------------	---------------------------------	---------

Panjang lengan GZ area 30 atau lebih sebesar 0,438 m untuk dengan *bilge keel* dan 0,438 m untuk *tanpa bilge keel*; Untuk sudut GZ maksimum pada kondisi IV 32° untuk kapal dengan *bilge keel* dan 32° untuk *tanpa bilge keel*.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa yang telah dilakukan pada kapal ikan tradisional 70 GT diperoleh beberapa kesimpulan:

1. Dari hasil analisa *software hullspeed* dengan kecepatan 5 knot, kapal yang dipasang *bilge keel* mempunyai hambatan total yang lebih jelek dari kapal tanpa *bilge keel* dengan selisih nilai 0,31 kN. Pada hambatan gesek, viskos dan gelombang kapal dengan *bilge keel* mempunyai nilai hambatan lebih besar dari kapal tanpa *bilge keel* dengan selisih nilai 0,15 kN (hambatan gesek), 0,07 kN (hambatan viskos) dan 0,09 kN (hambatan gelombang).
2. Dari hasil analisa *software maxsurf seakeeper*, kapal tanpa *fin stabilizer* dan kapal dengan *bilge keel* pada tinggi gelombang 0,75 m dan 2 m memenuhi kriteria yang ditetapkan Tello,2009. Sedangkan pada tinggi gelombang 4 m, kapal tanpa *bilge keel* dan kapal dengan *bilge keel* tidak memenuhi kriteria yang ditetapkan. Dilihat secara keseluruhan, olah gerak kapal tanpa *bilge keel* lebih jelek dari kapal dengan *bilge keel*. Pada tinggi gelombang 0,75 m selisih nilai rolling tertinggi 0,03 deg pada sudut 90°, pitching 0,01 pada sudut 0°. Pada tinggi gelombang 2 m selisih nilai rolling tertinggi 0,02 deg pada sudut 90°, pitching 0,03 pada sudut 0°. Pada tinggi gelombang 4 m selisih nilai rolling

- tertinggi 0,01 deg pada sudut 90^0 , pitching 0,07 pada sudut 0^0 .
3. Dari hasil analisa *software maxsurf stability*, kapal tanpa *bilge keel* dan kapal dengan *bilge keel* pada semua kondisi memenuhi standar kriteria yang ditetapkan IMO. Dengan kecenderungan nilai analisa stabilitas kapal dengan *bilge keel* lebih tinggi dari kapal tanpa *bilge keel*, maka stabilitas kapal dengan *bilge keel* lebih baik dari kapal tanpa *bilge keel*. Pada kondisi I selisih nilai panjang lengan GZ area 30 atau lebih 0,033 m.deg. Pada kondisi II selisih nilai panjang lengan GZ area 30 atau lebih 0,021 m.deg. Pada kondisi III selisih nilai panjang lengan GZ area 30 atau lebih 0,001 m.deg. Pada kondisi IV selisih nilai panjang lengan GZ area 30 atau lebih 0,002 m.deg.
 4. Dilihat dari selisih nilai analisa di atas maka dapat disimpulkan bahwa pemasangan *bilge keel* sebenarnya tidak terlalu dibutuhkan karena selisih nilai yang sangat tipis.

5.2 Saran

1. Perlu adanya koordinasi antara nelayan tradisional dan pihak yang berwenang apabila akan memasang *bilge keel*. Agar tidak terjadi kesalahpahaman pada pihak nelayan itu sendiri.
2. Perlunya sosialisasi secara langsung kepada nelayan tradisional tentang pemasangan *bilge keel* secara benar. Agar para nelayan tradisional memiliki pemahaman tentang *bilge keel*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bambang Triatmodjo, 1999, *Teknik Pantai*, Yogyakarta, Beta Offset.
- [2] Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2004 Pasal 1. *Tentang Perikanan*.
- [3] Nomura M, T Yamazaki. 1977. *Fishing Techniques*. Tokyo: Japan Internasional Cooperation Agency (JICA).
- [4] Molland, A.F. (2008), *A Guide to Ship Design*, Construction and Operation, The Maritime Engineering Reference Book, Butterworth-Heinemann, Elsevier.
- [5] Harvald, S A (1983), *Resistance and Propulsion of Ships*, John Wiley and Sons, Toronto, Canada.
- [6] Hogben, N dan Standing, R (1975), *Wave Pattern Resistance From Routine Model Tests*, Trans.
- [7] Tello, M., Ribeiro E Silva, S., & Guedes Soares, C. 2009. *Seakeeping performance of fishing vessels in irregular waves*. Ocean Engineering, 38(5–6), 763–773. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2010.12.020>.
- [8] [IMO] International Maritime Organization. 1995. *Code on Intact Stability for All Type of Ships*. Covered by IMO Instruments Resolution.