

# Analisa Pengaruh Konfigurasi Skeg Terhadap Hambatan dan Gerak Kapal Dengan Metode Computational Fluid Dynamics

Hemas Avicenna dan Prof. Ir. I K. A. P. Utama

Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail*: kutama@na.its.ac.id

*Abstrak*— Bentuk geometri pada lambung kapal dibawah garis air sangat banyak berpengaruh pada berbagai aspek. Salah satu dari pengaruh dari bentuk geometri lambung kapal adalah perilaku gerak kapal dan hambatan yang terjadi pada kapal. Perilaku gerak kapal dan hambatan inilah yang mempunyai dampak terhadap performa kapal. Dalam tugas akhir ini akan dianalisa pengaruh pemasangan skeg dan variasi konfigurasi pada kapal terhadap performa kapal patroli pengawas perikanan dengan LoA 60 m terutama perilaku gerak dan hambatan pada kapal dalam beroperasi. Dalam pelaksanaan tugas akhir ini kapal tersebut akan divariasikan bentuk buritannya dalam 2 konfigurasi. Konfigurasi pertama kapal tidak akan diberi skeg dan yang kedua skeg akan diberi sebanyak 1 buah dan ditempatkan di *centerline*. Dalam tugas akhir ini dimensi skeg akan dibuat sesuai dengan kapal referensi yang dibuat oleh desainer dari kapal tersebut. Selanjutnya kedua konfigurasi tersebut akan dilakukan analisa hambatan dan perilaku gerak dengan bantuan *software Computational Fluid Dynamics*. Dalam tugas akhir ini dimensi skeg akan dibuat sesuai dengan kapal referensi yang dibuat oleh desainer dari kapal tersebut. Dari penelitian yang dilakukan maka dengan penambahan skeg memberi efek roll damping pada kapal. Hal tersebut terindikasi dari grafik RAO yang luasannya semakin kecil. Efek *damping* terbesar terjadi pada sudut gelombang  $90^\circ$  pada setiap kecepatan yaitu sebesar 7,2 %. Pada sudut gelombang  $135^\circ$  dan  $45^\circ$  sebesar 5 %, sedangkan untuk hambatan bertambah sebesar 2-3%

*Kata Kunci*—Skeg, Hambatan Gerak kapal, RAO, CFD, Kapal Patroli Pengawas perikanan

## I. PENDAHULUAN

Praktik penangkapan ikan sangat marak belakangan ini. Indonesia sebagai negara yang memiliki perairan terluas dan terpanjang nomor dua di dunia dengan luas mencapai 5,8 juta kilometer persegi, namun hanya memiliki produksi ikan nomor tiga di Asia tenggara. Hal ini bisa terjadi karena adanya praktik *illegal fishing*. Banyak kapal-kapal asing dari negara tetangga mencuri ikan di perairan kita tanpa adanya pengawasan yang ketat oleh pemerintah karena selama ini kekurangan armada kapal pengawas. Berdasarkan Hal tersebut Pemerintah Indonesia khususnya membuat sistem pengawasan perikanan. Kapal patroli yang cepat merupakan kebutuhan primer dalam sistem tersebut. Untuk menunjang sistem tersebut maka diperlukan armada kapal patroli dengan

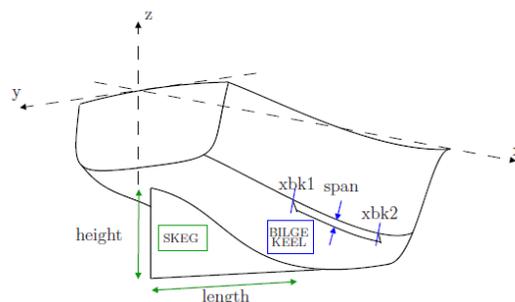
performa yang baik. Salah satu parameter performa adalah hambatan dan perilaku gerak kapal.

Perilaku gerak kapal dan hambatan sangatlah berpengaruh pada efisiensi kapal baik waktu maupun daya yang dibutuhkan. Kapal tidak bisa melaju sempurna apabila terjadi pergerakan yang terlalu liar atau berlebihan saat berlayar. Dengan gerakan yang terlalu berlebihan kapal akan lebih lambat untuk mencapai tujuannya dan banyak berpengaruh negatif bagi *crew* maupun muatan

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Skeg

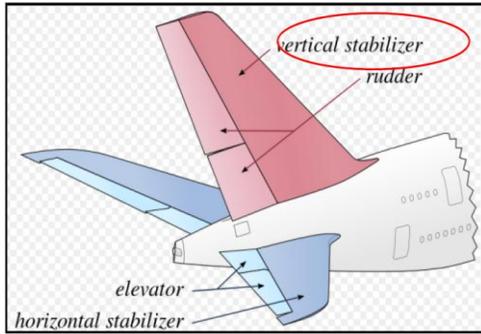
Skeg adalah salah satu bentuk modifikasi yang diberikan pada bagian buritan kapal (semacam sirip) yang bertujuan untuk menjaga stabilitas kapal saat kapal melaju pada kecepatan tinggi serta membantu fluida mengalir lebih *smooth* melewati lambung kapal dan *propeller aft*. Selain hal diatas Apabila skeg didesain menjadi satu kesatuan dengan shafts propeller skeg juga berfungsi untuk menambah support poros sehingga poros menjadi lebih rigid dan tidak akan bengkok saat berputar pada putaran tinggi (Bambang, 2005)



Gambar 1. Ilustrasi Skeg pada Kapal

Dalam bahasa yang lebih general skeg biasa disebut *vertical stabilizer* atau stabilisator vertikal. stabilisator vertikal atau fins sirip, dari pesawat, rudal atau bom biasanya ditemukan di ujung belakang dari pesawat, dan dimaksudkan untuk mengurangi aerodinamis *side slip* dan memberikan stabilitas arah. Hal ini analog dengan skeg yang terdapat di perahu dan kapal. Pada pesawat, stabilisator vertikal umumnya mengarah ke atas. Ini juga dikenal sebagai ekor vertikal, dan merupakan bagian dari sebuah stabilisator pesawat. *Trailing* akhir

stabilizer yang biasanya bergerak, dan disebut kemudi, hal ini memungkinkan pilot pesawat untuk mengontrol manuver pesawat (Yarrapu, 2015)

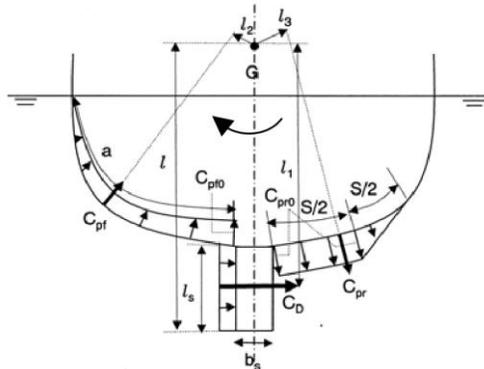


Gambar 2. Stabilizer pada pesawat (Yarrapu, 2015)

2.2 Pengaruh Skeg terhadap Gerakan kapal

ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap roll damping diantaranya adalah *wave making*, *lift damping*, *friction damping*, *eddy making damping*, serta appendages. (Ikeda, 2004)

Skeg didefinisikan sebagai *Roll damping* diperoleh dengan cara mengintegrasikan asumsi tekanan yang dihasilkan oleh permukaan skeg dan permukaan lambung kapal. Untuk persamaan skeg sebagai roll damping dapat diekspresikan seperti pada persamaan 1 (Ali, 2004) :



Gambar 3 Asumsi tekanan yang dihasilkan skeg (Ali, 2004)

$$B'_{44SK0} = \frac{4}{3\pi} \phi_a l^2 \omega_e \rho \left( \begin{matrix} C_D I_{SK} l_1 - \\ 0.5 C_p^+ a l_2 + \\ \frac{3}{4} C_p^- S l_3 \end{matrix} \right) \quad (1)$$

$$C_D = (C_p^+ - C_p^-) = C_{D0} e^{\left( \frac{-0.38 b_{SK}}{l_{SK}} \right)}$$

$$C_p^+ = 1.2$$

$$C_{D0} = \begin{cases} 2.425 Ke & , 0 \leq Ke \leq 2 \\ -0.3 Ke + 5.45 & , Ke > 2 \end{cases}$$

$$Ke = \frac{U_{max} T_e}{2 l_{SK}} = \frac{\pi \phi_a l}{l_{SK}}$$

$$S = 1.65 Ke^{2/3} \cdot l_{SK}$$

Keterangan :

- $B'_{44SK0}$  = Koefisien linier equivalent dari skeg tanpa kecepatan
- $b_{SK}$  = Ketebalan Skeg
- $C_p^-$  = Koefisien Tekanan dibelakang skeg
- $C_p^+$  = Koefisien Tekanan didepan skeg
- $C_D$  = Koefisien Drag
- $C_{D0}$  = Koefisien Drag tanpa pengaruh ketebalan
- $S$  = Panjang distribusi tekanan penampang melintang
- $\Phi_a$  = Amplitudo Roll
- $\rho$  = Massa jenis air
- $\omega_e$  = Gelombang Enkonter pada frekuensi sirkular
- $l_{SK}$  = Tinggi skeg
- $l_3$  = moment tekanan terhadap lambung dibelakang skeg
- $l_1$  = jarak dari titik berat ke pusat skeg
- $l_2$  = moment tekanan terhadap lambung didepan skeg
- $Ke$  = Keulegan-Carpenter number
- $U_{max}$  = kecepatan sudut tangensial skeg

2.3 Pengaruh skeg terhadap Aliran fluida

Bentuk dan ukuran *vortex* yang dihasilkan pada buritan kapal dipengaruhi posisi, bentuk dan kuantitas dari skeg. Kapal tanpa skeg di buritan memiliki bentuk *vortex* yang kompleks pada buritan kapal. Kapal dengan konfigurasi satu skeg *dicenterline* memiliki bentuk *vortex* yang hampir sama dengan kapal tanpa skeg dengan catatan bahwa aliran fluida terdistribusi merata antara *starboard* dan *portside* ketika kapal bermanuver. Sedangkan kapal dengan konfigurasi skeg di *centerline* dan dua disisi kapal memiliki aliran paling *smooth* diantara konfigurasi lainnya (Nam K. I., 2015)

Pengaruh skeg lainnya terhadap aliran fluida adalah meningkatkan kinerja dari propulsi. Skeg diharapkan akan mengurangi arus ikut yang mana berhubungan dengan kecepatan advance. Pengurangan arus ikut akan menambah Kecepatan advance yang akan meningkatkan efisiensi propeller (Bambang, 2005)

2.4 Metode perhitungan Gerak kapal

Dalam perhitungan gerakan kapal dilakukan dengan bantuan software Ansys Aqwa. Metode *Diffraction Theory* merupakan metode yang menjadi dasar dan digunakan oleh Ansys Aqwa dalam mengembangkan software. Metode ini digunakan untuk menganalisa gerakan struktur dengan bentuk sembarang, baik terapung bebas maupun dengan *mooring system*. Permukaan struktur dibagi dalam N panel yang cukup kecil sehingga diasumsikan gaya-gaya hidrodinamis yang bekerja adalah sama di tiap panel. Selanjutnya, sebuah persamaan dibentuk sehingga kecepatan potensial dapat diperoleh. Pada kondisi tenang, persamaan kecepatan potensial total  $\Phi$  akibat pengaruh kecepatan  $U$  seperti pada persamma 3-5:

$$\Phi(x, y, z, t) = [-U_x + \phi_s(x, y, z)] + \phi_T(x, y, z) e^{-i\omega_e t}$$

Di mana x, y dan z menyatakan arah (sistem koordinat). *Wave exciting force* yang bekerja pada tiap panel dihitung dengan formula berikut:

$$F_{kj} = \rho \int_{S_B}^0 \left[ \omega_e^2 X_j (\phi_{jc} + i\phi_{js}) + i\omega_e U X_j \frac{\partial}{\partial_j} (\phi_{jc} + i\phi_{js}) \right] n_k ds \quad (2)$$

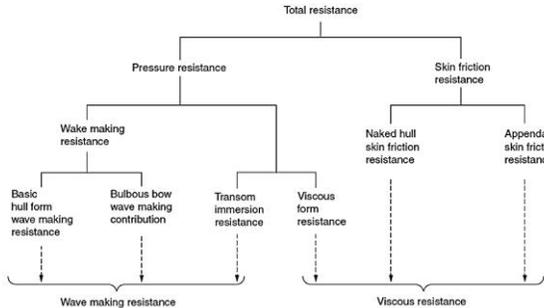
Sehingga gerak struktur dapat dihitung dengan persamaan matrik berikut:

$$X_j^0 = F_k^0 \left[ \sum_{j=1}^6 -\omega_e^2 (M_{kj} + A_{kj}) - i\omega_e B_{kj} + C_{kj} \right]^{-1} \quad (3)$$

Di mana:

- $X_j$  : amplitudo gerakan struktur
- $M_{kj}$  : matriks inersia struktur
- $A_{kj}$  : matriks koefisien *added mass*
- $B_{kj}$  : matriks koefisien *damping*
- $C_{kj}$  : koefisien inersia statis
- $F_k$  : Amplitudo *wave exciting force*

### 2.5 Hambatan Kapal



Gambar 4. Komponen Hambatan Kapal (Insel, M dan Molland, A F, 1992)

Hambatan Total merupakan penjumlahan dari beberapa komponen hambatan lain. *Skin Friction* merupakan komponen tahanan yang diperoleh dengan mengintegrasikan tegangan tangensial ke seluruh permukaan basah kapal menurut arah gerakan kapal. *Skin friction* dibagi menjadi dua komponen lagi yaitu *Naked hull skin friction resistance* dan *Appendages skin friction resistance*. *Naked hull skin friction resistance* merupakan *skin friction* pada lambung utama kapal sedangkan *Appendages skin friction resistance* merupakan *skin friction* pada tambahan di lambung kapal seperti skeep, lunas bilga, *wedges*, *bow thruster* dll. *Pressure resistance* adalah tahanan yang diperoleh dengan mengintegrasikan tegangan normal ke seluruh permukaan benda menurut arah gerak benda. Tahanan gelombang merupakan komponen tahanan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan untuk menimbulkan gelombang gravitasi. *Viscous resistance* merupakan komponen hambatan

yang diperoleh dengan mengintegrasikan komponen tegangan normal akibat kekentalan dan turbulensi (Insel, M dan Molland, A F, 1992)

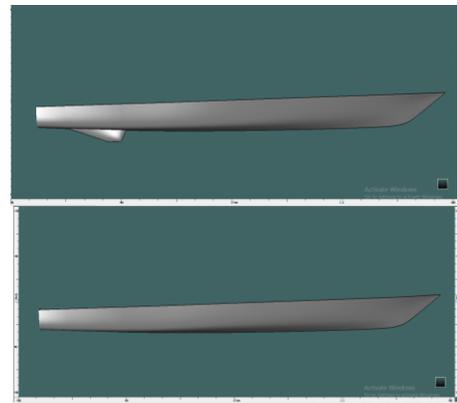
### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Pembuatan Model Geometri Kapal

Untuk pembuatan model kapal dalam Tugas Akhir ini dibantu dengan Maxsurf Advance Modeller. Untuk membuat model di maxsurf diperlukan linesplane dari data yang sudah didapat. Pembuatan Model dilakukan dengan cara membuat *lines* pada maxsurf sesuai dengan *linesplan*. Setelah lines sama maka model 3D bisa dipakai. Untuk mengkonversi format maxsurf modeller ke Ansys Aqwa dan CFX maka format .dxf maxsurf diubah ke format .igs agar bisa dikonversi ke Ansys Aqwa ataupun Ansys CFX. Untuk pembuatan model geometri pada maxsurf dengan ukuran utama sebagai berikut :

Tabel 1 Perbedaan Data Kapal dengan dan tanpa Skeg

Parameter	Simbol	Satuan	Dengan Skeg	Tanpa Skeg
Overall Length	LOA	m	60	60
Lenght Water line	LWL	m	53.453	53.453
Breadth Molded	Bmld	m	08.02	08.02
Height Molded	Hmld	m	04.37	04.37
Draft/Drougt	T	m	02.17	02.17
Koefisien Block	Cb		0,2326389	0,3152778
Koefisien Prismatic	Cp		0,4826389	0,4826389
Length of buoyancy	LCB	m	-5.684	-5.672
Keel to Bouyancy	KB	m	1.478	1.478
Service Speed	VS	Knot	24	24
Wetted Area	S	M <sup>2</sup>	414.56.00	405.147
Displasmen	Δ	ton	388.08.00	388.05.00

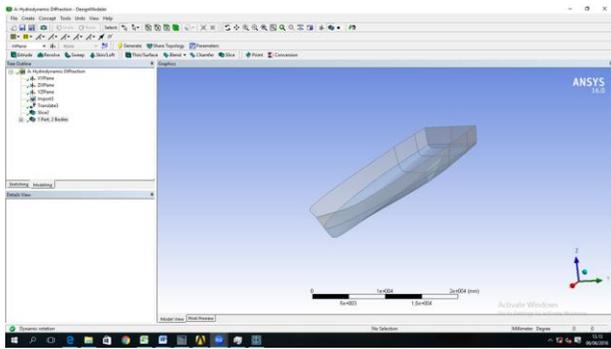


Gambar 5 Pemodelan pada Maxsurf

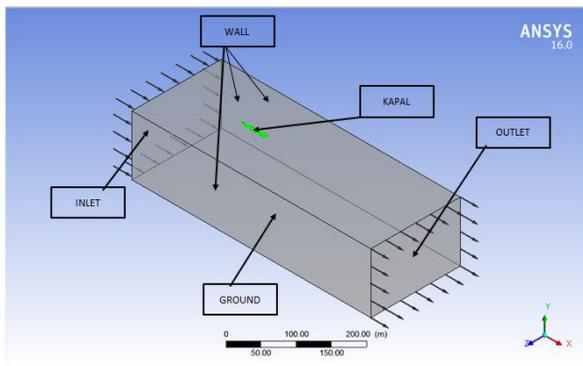
#### 3.2 Konversi Geometri

Sebelum menggunakan softwae ansys aqwa ataupun Ansys CFX, geometri pada program *Maxsurf* (.msd) harus dikonversi sehingga bisa dibaca pada *Ansys Aqwa*. Langkah yang harus dilakukan adalah melakukan export file .msd maxsurf menjadi bentuk *NURB 3D surface* (.igs). Format .igs adalah salah satu format digital pemodelan yang bisa dibaca oleh Ansys Aqwa,

maka dari itu hasil *output .igs* dari *Maxsurf Pro* yang akan digunakan sebagai inputan model geometri.



Gambar 6 Geometri pada Ansys Aqwa



Gambar 7. Pemodelan pada Ansys CFX beserta Definisi Kondisi Batas

Untuk Simulasi CFD pada Ansys CFX dapat menggunakan 1 metode simulasi hambatan viskos. Penggunaan prinsip hambatan viskos merupakan metode dengan menerapkan kondisi mono fluida yaitu dengan mengabaikan kenaikan air yang melewati batas sarat sehingga analisa hambatan hanya diterapkan pada bagian lambung kapal dibawah sarat. Hal ini memungkinkan untuk memperoleh hambatan viskos kapal dari proses simulasi kapal. Dalam tugas akhir kali ini digunakan metode viskos. (Sutiyo, 2014)

Domain dapat diartikan sebagai media dimana model uji bergerak. Dalam kasus ini media yang digunakan merujuk kepada towing tank dengan massa jenis air sebesar 997 kg/m<sup>3</sup>. Digunakan model aliran turbulents *k-epsilon* pada simulasi ini. *K-Epsilon* merupakan model dua dimensi yang cukup lengkap dengan dua persamaan yang memungkinkan kecepatan turbulents dan skala panjang ditentukan secara independen. kapal diletakan pada sebuah domain yang sudah dibuat dengan ukuran depan 2 x panjang kapal, belakang 4 x panjang kapal sisi 1.5 panjang kapal dan bawah tergantung kedalaman perairan, P x L x T = 420 x 100 x 20. Setelah itu memberi boundary condition pada tiap-tiap bagian domain. (Oni, 2015)

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Perbandingan Gerakan Roll

Perbedaan gerakan Roll pada kapal secara jelas terlihat pada sudut gelombang 90 dan 135. Sedangkan untuk sudut datang

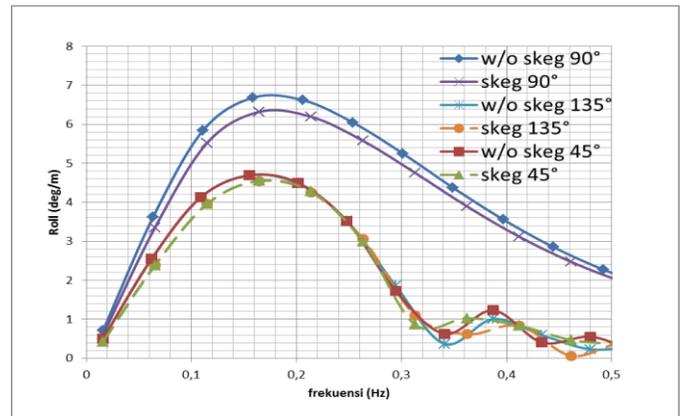
gelombang 180 dan 0. Efek damping yang dihasilkan skeg tidak mempunyai dampak yang signifikan dan dapat diabaikan karena nilainya yang terlalu kecil

Tabel 2 Amplitudo Roll Kapal tanpa Skeg

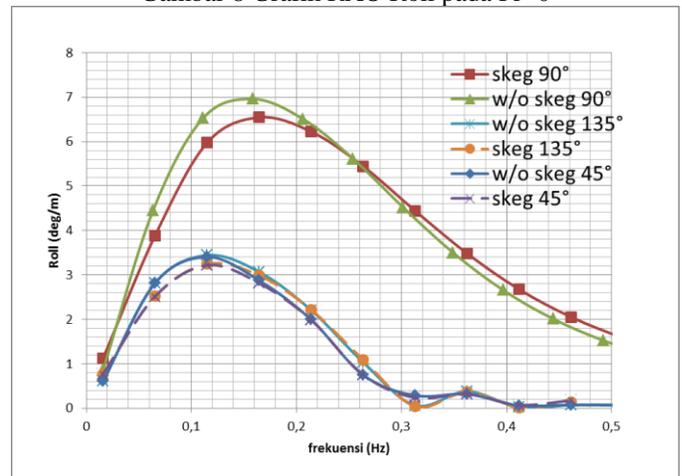
Wave heading	Tanpa Skeg		
	0 Knot	12 Knot	24 Knot
0	0,00	0,00	0,00
45	4,69	3,40	2,74
90	6,68	6,96	7,41
135	4,69	3,44	2,86
180	0,00	0,01	0,00

Tabel 3 Amplitudo Roll Kapal dengan Skeg

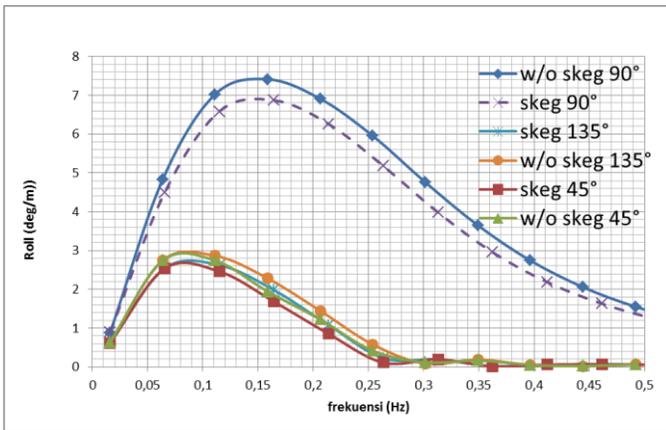
Wave heading	Dengan Skeg		
	0 Knot	12 Knot	24 Knot
0	0,00	0,00	0,00
45	4,55	3,22	2,54
90	6,32	6,55	6,87
135	4,54	3,24	2,62
180	0,00	0,00	0,00



Gambar 8 Grafik RAO Roll pada Fr=0



Gambar 9 Grafik RAO Roll pada Fr=0,29



Gambar 10 Grafik RAO Roll pada Fr=0,53

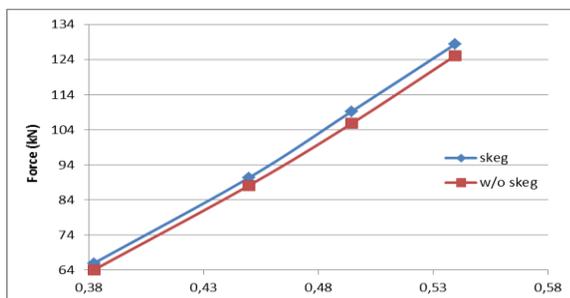
Dari ketiga grafik RAO dapat terlihat bahwa efek roll damping dari skeg pada frekuensi rendah. Sedangkan untuk frekuensi gelombang yang tinggi efek roll damping pada skeg tidak signifikan pada frekuensi rendah. Untuk amplitudo maksimum efek roll damping pada skeg dapat mereduksi gerakan sebesar 7% untuk semua kecepatan pada sudut gelombang 90°. Untuk sudut gelombang 135° maupun 45° Amplitudo gerak roll dapat tereduksi hingga 5%

4.2 Perbandingan Hambatan

Berikut akan ditampilkan perbedaan kapal dengan dan tanpa skeg dalam simulasi viskos

Tabel 4 Perbedaan Hambatan pada kedua model

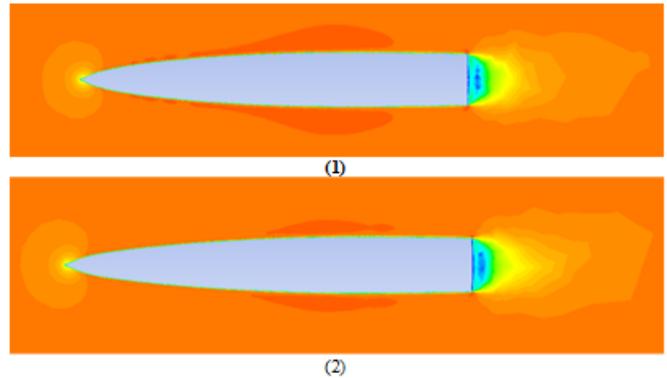
Fn	Hambatan skeg (N)	Hambatan w/o skeg(N)
0,38	66011,2	64125,9
0,45	90310,8	88090,9
0,49	109242	105809
0,54	128327	125058



Gambar 11 Grafik simulasi Viskos

Terlihat pada Gambar 11 dan Gambar 12 dapat disimpulkan bahwasanya penambahan skeg berpengaruh terhadap bertambahnya hambatan pada kapal. Akan tetapi pada kasus ini hambatan tidak bertambah secara signifikan. Penambahan hambatan pada kapal yang dipasang skeg berkisar 2-3%.

4.3 Kontur Kecepatan aliran fluida



Pada gambar (1) merupakan kontur kecepatan aliran fluida pada kapal tanpa skeg. Sedangkan untuk gambar (2) merupakan kontur kecepatan aliran fluida pada kapal yang diberi skeg. Sama dengan kecepatan fluida pada daerah disekitar propeller, kecepatan pada sisi kapal dengan skeg juga lebih tinggi yaitu 9,63 m/s pada kecepatan 17 knot, sedangkan kapal tanpa skeg memiliki kecepatan fluida sebesar 9,61 m/s. Kontur orange yang lebih pekat pada kapal tanpa skeg mengindikasikan wake yang lebih besar.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis perhitungan numerik dengan bantuan perangkat lunak Ansys Aqwa dan CFX, terdapat perbedaan antara kapal dengan dan tanpa skeg dalam hal olah gerak kapal dan hambatan. Dalam hal olah gerak kapal skeg dapat mereduksi gerakan rolling hingga 7%. Sedangkan dalam hal hambatan skeg meningkatkan hambatan sebanyak 2-3%.

1. Berdasarkan data yang didapat dari hasil simulasi CFD maka dapat dikatakan penambahan skeg pada bagian belakang kapal dapat mereduksi gerakan rolling pada kapal sebanyak 7% pada sudut gelombang 90° dan 5% pada sudut gelombang 135° dan 45°
2. Gerakan Roll bertambah besar walaupun tidak signifikan seiring dengan meningkatnya kecepatan pada sudut 90° dan berkurang dengan tidak signifikan pada sudut selain 90°
3. Berdasarkan data yang didapat dari hasil simulasi CFD maka dapat disimpulkan dengan penambahan skeg pada bagian belakang kapal menambah hambatan viskos kapal sebanyak 2-3% dari nilai hambatan semula
4. Dengan pertimbangan bahwa skeg dapat mereduksi gerakan rolling sebanyak 7% dan menambah hambatan 2-3%, maka pemasangan skeg tetap dipertimbangkan

## 5.2 Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Variasi bentuk skeg diperbanyak sehingga didapat luasan skeg yang optimal
2. Dilakukan analisa pengaruh skeg terhadap manuver dan efisiensi propeller kapal
3. Dilakukan analisa rasio wetted area skeg dan wetted area lambung kapal untuk mendapatkan hasil optimum dengan pertimbangan *maneuver, Motion, Efficiency*, ataupun *Resistance*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ali, B (2004). *Roll Damping characteristic of Fishing Boats with and without Drift motion*. Department of Marine System Engineering Graduate School of Engineering, .Osaka : Osaka Prefecture University
- [2] Bambang, T.(2005). *Kajian Teknis Penambahan Skeg pada Kapal Patroli Tipe 36 m dengan Metode CFD*. Surabaya : Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, FTK, ITS.
- [3] Ikeda Y (2004). *Prediction Methods of Roll Damping of Ships and Their Application to Determine Optimum stabilization Devices*. Department of Marine System Engineering Graduate School of Engineering, .Sakai : Osaka Prefecture University
- [4] Insel, M dan Molland, A F (1992), *An Investigation into the Resistance Components of High Speed Displacement Catamarans*, Transactions of the Royal Institution of Naval Architects (RINA), Vol. 134.
- [5] Nam K. I. (2015). *The influence of skegs on course stability of a barge with a different configuration*. Mokpo : Division of Marine Transportation System, Mokpo Maritime University, Jeonnam 530-729, Republic of Korea
- [6] Oni, R., Utama, I.K.A.P, (2015). *Analisa Pengaruh Bentuk Lambung Axe Bow Pada Kapal High Speed Craft Terhadap Hambatan Total*. Surabaya : Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, ITS.
- [7] Sutiyo (2014). *Studi Pengaruh Interferensi terhadap Hambatan pada Kapal Katamaran Simetri melalui CFD (Computational Fluid Dynamics)*. Surabaya : Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, ITS.
- [8] Yarrarapu, S. K. (2015). *Significance of Skeg in Course Stability using Computational Fluid Dynamics*. Visakhapatnam : Andhra University College of Engineering