

## PENGARUH VARIASI SUDUT MASUK TRIM TAB PADA FAST PATROL BOAT 60 METER MENGGUNAKAN PENDEKATAN CFD

Maria Margareta Z. B.<sup>(1\*)</sup>, Priyagung Harda Rukmono<sup>(1)</sup>, Minto Basuki<sup>(1)</sup>

Jurusan Teknik Perkapalan <sup>(1)</sup>

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS)

\*E-mail: maria\_margaret@ymail.com

### ABSTRACT

*One of the innovations on fast boat is the addition of Trim tabs on the boat transom. The usefulness of this time as a tool for improving navigation vessels that are too heavy on the back that has a tendency to trim the stern so that the transfer point LCF (Longitudinal Center of Flotation). In this research approach with CFD (Computational Fluid Dynamics). Compare entry angle variation of trim tabs with a variety of speed 16 knots, 17 knots, 8 knots, 19 knots, 20 knots and at a maximum speed of 25 knots. Entry angle variation of trim tab is 0°, 3°, 5° and 8°, with comparison area trim tabs (Aspect Ratio) AR 3. The results obtained from entry angle variation of trim tabs and speed variation, affect the magnitude of the lift force and torque moment, Torque moment magnitude is proportional to lift force. The greater the entry angle variation of trim tabs, the greater the lift force and moment of torque received. On the trim tab with a entry angle 5° with boat speed 18 knots occurs trim vessels 0.187°. When compared with the conditions at the time when the ship on seatrial at a speed of 18 knots with entry angle of trim tabs 5°, trim angle that occurs is 0.159° with the difference 0.028, or approximately 14.97%.*

**Keywords:** CFD, Trim tab, LCF, Drag Force, Lift Force

### ABSTRAK

Salah satu inovasi pada kapal cepat adalah dengan penambahan Trim tab pada bagian belakang transom kapal. Kegunaan kali ini sebagai alat untuk memperbaiki olah gerak kapal yang terlalu berat di belakang sehingga memiliki kecenderungan trim buritan sehingga berpindahnya titik LCF (*Longitudinal Center of Flotation*). Pada penelitian ini dilakukan pendekatan dengan CFD (*Computational Fluid Dynamic*). Dengan membandingkan variasi sudut masuk trim tab dengan variasi kecepatan kapal 16 knot, 17 knot, 8 knot, 19 knot, 20 knot dan pada maksimum speed 25 knots. Sudut masuk pada bidang *trim tab* adalah 0°, 3°, 5° dan 8°, dengan perbandingan bidang trim tab (Aspek Rasio) AR 3. Hasil penelitian diperoleh dari variasi sudut masuk trim tab dan variasi kecepatan, berpengaruh terhadap besarnya gaya lift dan momen torsi. Besaran momen Torsi berbanding lurus dengan besaran gaya lift (*lift force*) yang dihasilkan. Semakin besar sudut masuk trim tab, maka semakin besar gaya lift dan momen torsi yang diterima. Pada *trim tab* dengan sudut masuk 5° dengan kecepatan kapal 18 knot maka terjadi trim kapal sebesar 0.187°. Jika dibandingkan dengan kondisi pada saat kapal berjalan ketika *seatrial* pada kecepatan 18 knot dengan sudut masuk *trim tab* 5°, sudut trim yang terjadi adalah 0.159° dengan selisih 0.028 atau sekitar 14,97 %.

**Kata kunci :** CFD, Trim Tab, LCF, Gaya Drag, Gaya Lift

### PENDAHULUAN

Penggunaan kapal cepat khususnya jenis lambung tunggal (*mono hull*) belakangan ini mulai marak digunakan di Indonesia. Banyak instansi baik pemerintah maupun swasta yang menggunakan kapal cepat untuk berbagai tujuan. Pada umumnya desain kapal cepat menggunakan lambung jenis *rounded hull*, *planning hull* atau *hard chine planning* sehingga perlu analisa dan studi baru pada bentuk lambung ini jika terjadi penambahan trim tab pada bagian transom kapal. *Trim tab* sering digunakan dalam dunia dirgantara sebagai pengatur kecepatan pesawat. Dalam dunia perkapalan, *trim tab* juga sering digunakan pada kapal-kapal kecil yang kurang dari 30 meter dan mempunyai ciri *planning hull* yang digunakan untuk kapal-kapal dengan kecepatan tinggi. *Fast Patrol Boat* (FPB) 60 Meter yang merupakan kapal patrol yang dibangun di galangan kapal swasta

yang berlokasi di Surabaya. Ketika kapal FPB 60 Meter tersebut selesai dibuat dan dilakukan *sea trial*, pada putaran mesin mencapai 80% trim buritan kapal terlalu besar sehingga tahanan yang dihasilkan cukup besar karena berpindahnya titik LCF ke belakang.

Pada penelitian ini akan membahas mengenai pola aliran fluida (air) yang terjadi di belakang kapal FPB 60 meter baik tanpa *trim tab* maupun yang dipasang *trim tab* dengan menggunakan pendekatan CFD, dengan variasi sudut masuk pada bidang *trim tab*  $0^\circ$ ,  $3^\circ$ ,  $5^\circ$  dan  $8^\circ$ . Variasi bidang *trim tab* yang digunakan adalah (Aspek Ratio) AR 3. Model disimulasikan dengan variasi kecepatan 16 knot, 17 knot, 8 knot, 19 knot, 20 knot dan pada maksimum speed 25 knot. Sehingga dengan penelitian ini dapat diketahui koefisien drag ( $C_D$ ), koefisien lift ( $C_L$ ) dan besaran gaya lift yang terjadi pada bidang *trim tab* yang berada di bagian transom kapal. Hasil besaran gaya lift dan momen torsi yang diperoleh, dapat memberikan gambaran seberapa besar trim kapal tersebut.

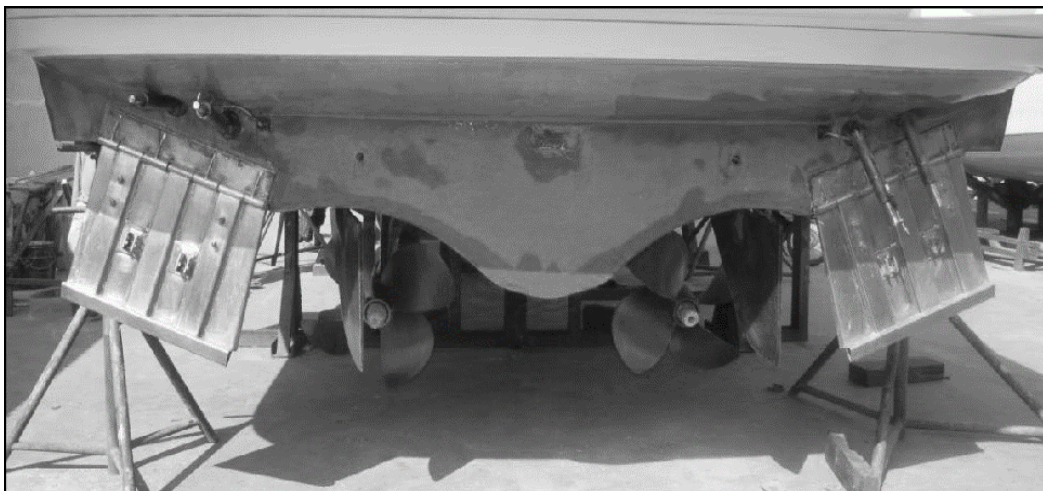
## TINJAUAN PUSTAKA

### Trim Tab

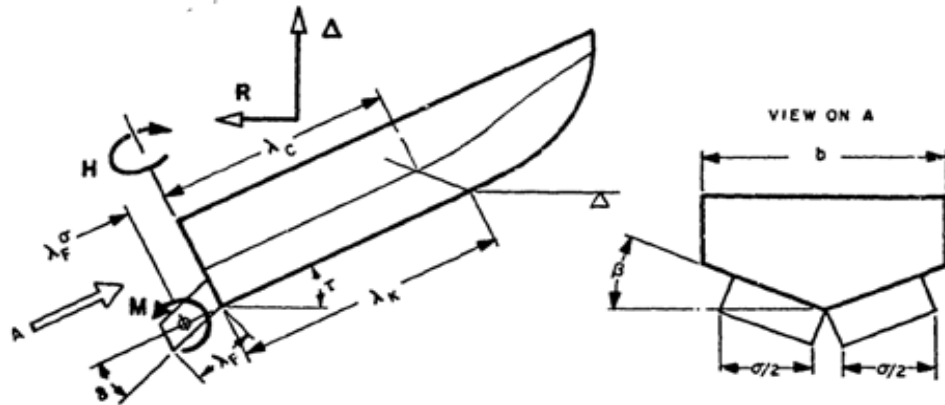
*Trim tab* pada era modern ini sudah banyak digunakan pada kapal cepat dan panjangnya kurang dari 30 meter dengan ciri *planning hull* yang mempunyai kecenderungan pada kecepatan tinggi. *Trim tab* dipasang pada buritan (*transom*) kapal yang membantu proses pengereman pada kapal atau untuk mengurangi kecepatan kapal. *Planning hull* merupakan bentuk lambung yang memiliki nilai perbandingan antara kecepatan dan panjang kapal bernilai lebih dari 3. Sebuah kapal dikatakan berbentuk *planning hull* ketika nilai Angka Froudenya ( $Fr$ )  $> 1.2$ . Tetapi, jika  $Fr = 1.0$  juga digunakan sebagai batas terendah dari *Planning hull* [1].

Perbandingan Variasi Bidang *Trim tab* pada Kapal Pilot Boat 15,85 Meter dengan Menggunakan Pendekatan CFD telah menggunakan metode perhitungan kecepatan secara numerik melalui simulasi CFD. Dengan variasi bidang AR (Aspek Rasio) 2,5 dan AR 4,5, model disimulasikan pada 5 variasi sudut dan 1 variasi kecepatan pada  $Fr$  (Angka Froude) 0,9. Hasil penelitian menghasilkan perhitungan numeric dan visual yang menunjukkan bahwa *trim tab* dengan AR 4,5 mengurangi kecepatan secara maksimal pada  $FR$  0,9 sebesar 30% dan jarak henti yang lebih pendek dibanding AR 2,5 [2].

Karakteristik dari *flap* atau *trim tab* tersebut yaitu *drag*, *pitching*, dan *flap hinge moment* [3]. Pemasangan *trim tab* pada bagian transom kapal yang dipasang pada bagian buritan kapal seperti terlihat pada Gambar 1 dan Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 1. Trim Tab yang Dipasang pada Bagian Transom Kapal [4]



Gambar 2. Skema Trim Tab yang Dipasang pada Bagian Transom Kapal [5]

**Mekanika Fluida**

Gaya seret (*Drag Force*)

Setiap benda yang bergerak melalui fluida akan mengalami *drag*. *Drag* adalah suatu gaya *netto* yang berada dalam aliran akibat adanya tekanan dan gaya geser pada permukaan benda. Gaya *netto* adalah kombinasi dari beberapa gaya yaitu gaya normal dan tangensial pada benda [6] yang dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

$$D = \int dF_x = \int p \cos \theta \, dA + \int \tau_w \sin \theta \, dA \quad \text{dan}$$

$$L = \int dF_y = - \int p \sin \theta \, dA + \int \tau_w \cos \theta \, dA$$

Untuk mencari gaya *drag* menggunakan persamaan :

$$F_D = \frac{1}{2} \rho V^2 A C_D \dots\dots\dots(1)$$

- dimana:  $F_D$  = Gaya drag (N)
- $\rho$  = Density/masa jenis air laut (kg/m<sup>3</sup>)
- V = kecepatan (m/s)
- A = luas permukaan kapal yang terkena gaya (m<sup>2</sup>)
- $C_D$  = koefisin *drag*

Namun, hal tersebut bisa diselesaikan dengan menggunakan komputer. Perhitungan *drag* dapat diperoleh dengan cara mengumpulkan bagian-bagian pada suatu benda. Sebagian besar informasi yang tersedia mengenai *drag* pada sebuah benda adalah hasil dari beberapa eksperimen yang seringkali dilakukan berupa peralatan-peralatan yang digunakan untuk mengukur *drag* model yang diskala. Data-data tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk tak berdimensi dan hasilnya dapat dibandingkan dengan tepat dalam perhitungan *prototype*. Hasilnya pada benda tertentu disebut koefisien *drag*.

$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho U^2 A} \dots\dots\dots(2)$$

dimana :  $C_D$  = Koefisien *drag*  
 Adapun parameter lain yang dapat memengaruhi koefisien *drag* adalah bilangan *Froude* (Fr). Bilangan *Froude* adalah perbandingan dari kecepatan aliran bebasterhadap kecepatan gelombang pada pertemuan antar muka dari dua fluida, seperti permukaan lautan. Koefisien *drag* pada kapal adalah fungsi dari bilangan *Reynolds* (efek viskos) dan Bilangan *Froude* (efek pembentukan gelombang), sehingga *drag* total adalah jumlah dari Re dan Fr. *Drag* membuat gelombang merupakan fungsi yang kompleks dari bilangan *Froude* dan bentuk benda. Karena struktur gelombang yang dihasilkan oleh lambung kapal merupakan fungsi yang sangat kuat dari kecepatan kapal ataupun dalam bentuk tak berdimensi.

**Gaya Angkat (*Force Lift*)**

Setiap benda yang bergerak melalui sebuah fluida akan mengalami gaya netto dari fluida pada benda. Pada benda simetris, gaya netto akan terjadi dalam arah aliran bebas, yaitu *drag*. Sedangkan untuk benda yang tidak simetris, maka gaya yang bekerja pada arah aliran bebas adalah gaya normal terhadap fluida, yaitu *lift*. Gaya lift dapat diketahui dengan menggunakan persamaan :

$$F_L = \frac{1}{2} \rho V^2 A C_L \dots\dots\dots(3)$$

- Dimana:  $F_L$  = Gaya lift (N)  
 $\rho$  = Density/masa jenis air laut (kg/m<sup>3</sup>)  
 $V$  = kecepatan (m/s)  
 $A$  = luas permukaan kapal yang terkena gaya (m<sup>2</sup>)  
 $C_L$  = koefisien *lift*

*Lift* digambarkan dalam bentuk koefisien *lift*. Koefisien *lift* adalah bentuk tak berdimensi dari *lift*. Bentuk tak berdimensi tersebut seperti bilangan *Reynolds* (Re), bilangan *Froude* (Fr), bilangan Mach (Ma), kekasaran permukaan ( $\epsilon/\ell$ ). Bilangan *Froude* akan dipakai bila ada permukaan bebas, kekasaran permukaan tidak diperhitungkan dalam *lift* karena hanya dipakai dalam koefisien *drag*. Demikian juga Ma dan Re tidak diperhitungkan dalam koefisien *lift*. Namun parameter yang digunakan pada koefisien *lift* adalah bentuk benda. Alat-alat penghasil *lift* adalah airfoil, fan, spoiler dan lain-lain yang bekerja pada Re karena memiliki sifat lapisan batas dengan efek viskos yang terbatas pada lapisan batas dan daerah ulean.

**Density (Rapat jenis)**

*Density* atau rapat jenis ( $\rho$ ) suatu zat adalah ukuran untuk konsentrasi zat tersebut dan dinyatakan dalam masa persatuan volume, sifat ini ditentukan dengan cara menghitung rasio masa zat yang terkandung dalam suatu bagian tertentu terhadap volume bagian tersebut. Hubungannya dapat dinyatakan sebagai berikut :

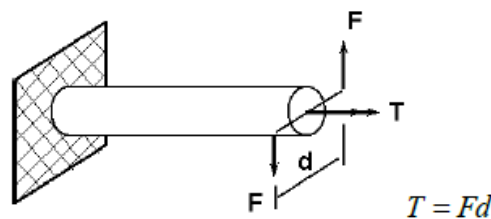
$$\rho = \frac{m}{v} \dots (kg/m^3) \dots\dots\dots(4)$$

- dimana : m = massa (kg)  
 v = volume fluida (m<sup>3</sup>).

Nilai density dapat dipengaruhi oleh temperatur. Semakin tinggi temperatur maka kerapatan suatu fluida semakin berkurang karena disebabkan oleh gaya kohesi dari molekul-molekul fluida yang semakin berkurang.

**Momen Torsi ( $\tau$ )**

Torsi adalah suatu pemuntiran sebuah batang yang diakibatkan oleh kopelkopel (*couples*) yang menghasilkan perputaran terhadap sumbu longitudinalnya. Kopel-kopel yang menghasilkan pemuntiran sebuah batang disebut momen putar (torque) atau momen puntir (*twisting moment*). Momen sebuah kopel sama dengan hasil kali salah satu gaya dari pasangan gaya ini dengan jarak antara garis kerja dari masing-masing gaya.



Gambar 3. Diagram momen kopel pada batang

Dari momen torsi menimbulkan tegangan dan regangan yaitu tegangan geser dan regangan geser. Tegangan geser merupakan intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan bidang dari luas permukaan. Persamaan umum tegangan geser pada sebarang titik dengan jarak r dari pusat

penampang adalah  $\tau_{maks} = \frac{T_r}{J}$ . Sedangkan yang dinamakan regangan geser adalah perbandingan tegangan geser yang terjadi dengan modulus elastisitasnya. Rumusnya adalah  $\gamma = \frac{\tau}{G}$ , yang mana G adalah modulus elastisitas geser dan  $\tau$  adalah tegangan geser. Persamaan momen torsi untuk mengetahui besarnya perubahan sudut trim yang terjadi pada kapal FPB 60 m.

$$\tau = F \cdot r \cdot \sin\theta \dots \dots \dots (5)$$

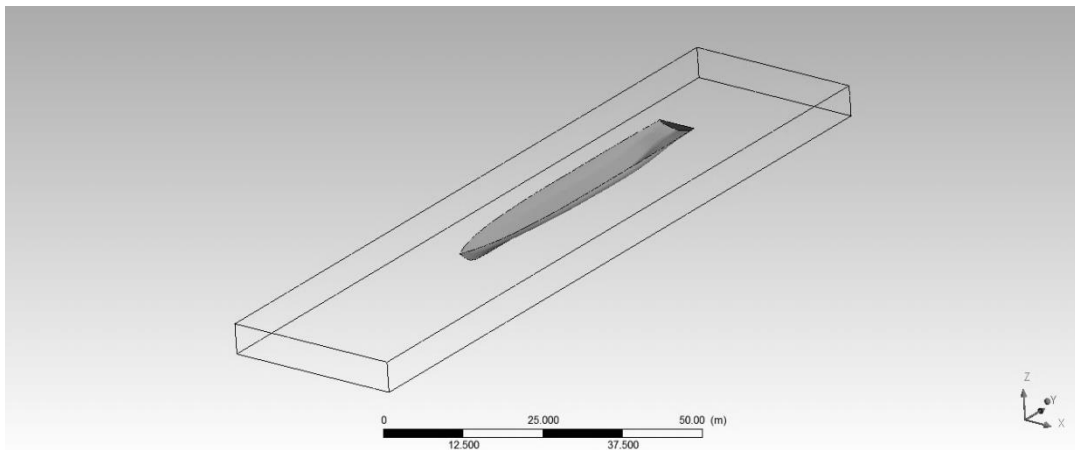
$$\sin\theta = \frac{\tau}{F \cdot r} \dots \dots \dots (6)$$

- dimana : F = gaya lift pada *trim tab*  
 τ = momen torsi pada *trim tab*  
 R = jarak lengan (dari lcf kapal ke *trim tab*)  
 Sin θ = Sudut trim kapal

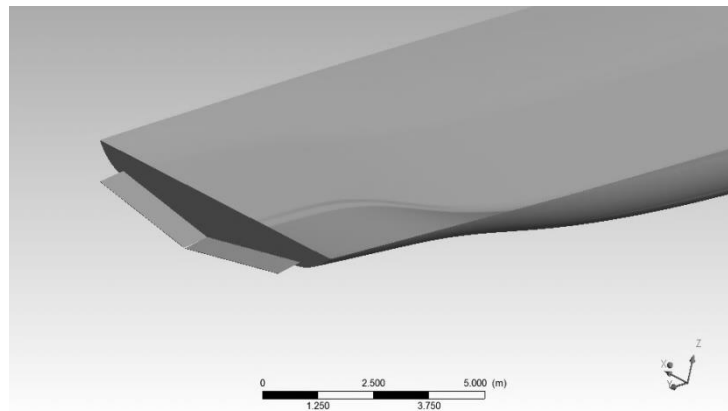
**METODE**

**Metode Numerik**

Dalam model numerik ini peneliti harus memperhatikan faktor meshing, karena berhubungan dengan akurasi penyelesaian CFD. Pemilihan tipe meshing sangat diperhatikan terutama pada bagian *boundary layer*. *Grid* (mesh) yang rapat akan memberikan hasil yang valid [7]. Ukuran domain yang digunakan adalah 120 m x 60 m.



Gambar 4. Bentuk 3D Kapal FPB 60 m dalam Domain Area yang akan Dianalisa



Gambar 5. Model Trim Tab yang Terpasang pada Bagian Transom Kapal

*Grid independence*

Penelitian dengan pendekatan CFD ini menggunakan 7 variasi meshing. Masing-masing mesh ini dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini

Tabel 1. *Grid Independence*

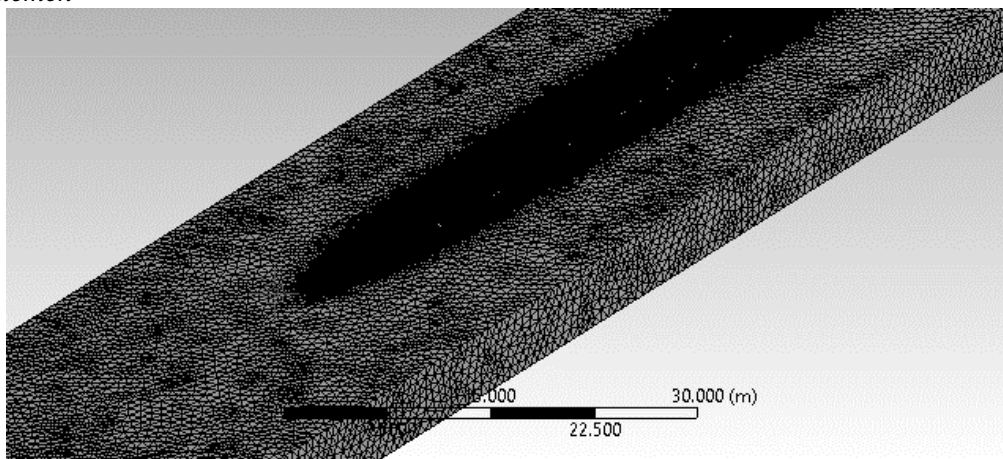
No.	Jumlah <i>meshing</i>	$C_d$	<i>Force</i> pada lambung (N)
1	11.75.1984	0.00199894	78556.5
2	12.327.840	0.00198894	78163.5
3	13.224.156	0.00195849	76966.8
4	13.792.939	0.00193049	75866.4
5	14.155.254	0.00190618	74911.1
6	14.535.875	0.00188372	74028.4
7	14.942.581	0.00188228	73971.8

Selisih dari nilai *Drag Force* ( $F_d$ ) tidak boleh lebih dari 2 %. Nilai ini merupakan ketentuan yang di gunakan pada aturan *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Data pada Tabel 1 merupakan hasil dari analisa *numeric* menggunakan CFD yang ada pada Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 6. Grafik Sensivitas *Meshing* yang Digambarkan dengan Hubungan nilai *Drag Force* (N) dan Jumlah Elemen

*Grid Elemen*



Gambar 7. Grid pada Domain dan Lambung Kapal dengan 14.535.875 Elemen

## Metode Matematis

### Boundary Condition Inlet

Boundary condition inlet adalah input aliran fluida pada kondisi normal tanpa adanya fenomena yang terjadi. Kecepatan laju aliran massa merupakan batas laju aliran yang ditentukan sepanjang arah komponen, dimana influx masa dihitung. *Boundary condition Inlet* berupa variasi kecepatan dalam knot.

$$\rho U = m / \int s \, dA$$

Aliran fluida yang melewati struktur dengan variasi kecepatan 16 knot, 17 knot, 8 knot, 19 knot, 20 knot dan pada maksimum speed 25 knot. Masalah aliran berupa kecepatan, tekanan atau temperatur didefinisikan sebagai suatu daerah yang berupa simpul-simpul tiap cell.

### Boundary Condition Outlet

Kecepatan outlet komponen kecepatan outlet boundary adalah komponen

- a. Cartesien Velocity

$$U_{outlet} = U_{speci} + V_{Specj} + W_{speck}$$

- b. Tekanan Outlet Fluida Tekanan outlet Fluida adalah tekanan static inlet ditambah perubahan tekanan yang terjadi.

$$P_{total} = P_{stat} + 1/2\rho U^2$$

### Boundary condition Wall

Tekanan statis rata-rata atau *wall static pressure*

$$P_{avg} = PdA / \int PdA$$

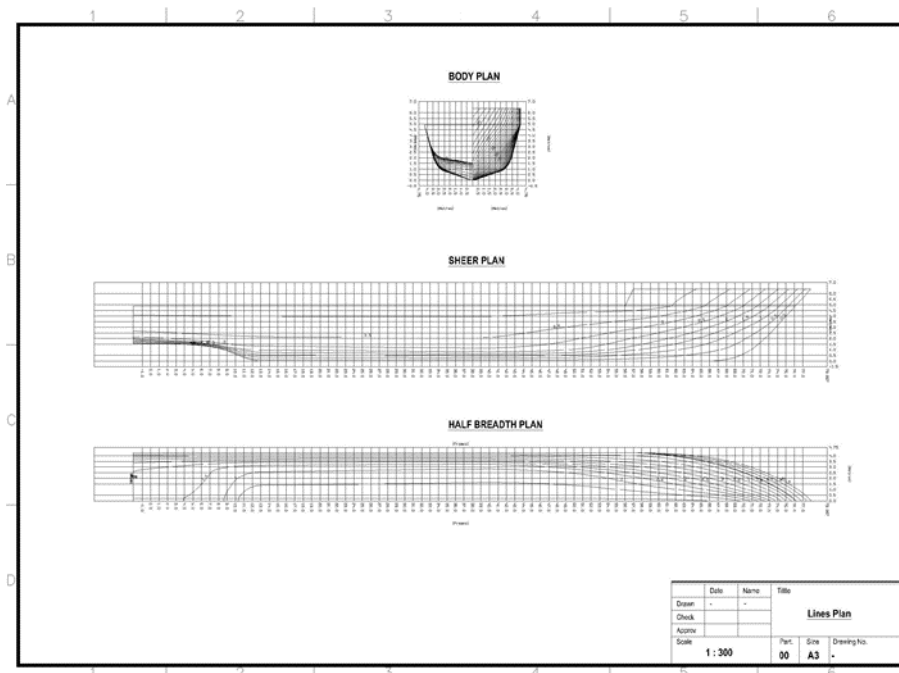
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Utama Kapal

*Fast Patrol Boat* (FPB) 60 m dibangun di salah satu galangan swasta di Surabaya pada tahun 2013, berklasifikasi RINA/BKI, kapal ini mengangkut 31 orang crew. Kecepatan maksimum 25 knot.

Tabel 2. Data Kapal FPB 60 meter

Jenis kapal	<i>Fast Patrol Boat</i> (FPB) 60 m	
Ukuran utama	Tipe Kapal: Fast Patrol Boat	
	Loa	: 60 m
	Lpp	: 54.90 m
	Lwl	: 56.40 m
	B	: 8.50 m
	H	: 4.80 m
T	: 2.50 m	
Kecepatan	Dinas	: 18 kts
	Kecepatan maksimum	: 25 kts
	Variasi kecepatan yang diteliti :16kts, 17kts, 18kts, 19kts, 20kts & 25kts	
Ukuran trim tab	Panjang (span)	: 0.8 m
	Lebar (chord)	: 2.6 m
	Sudut trim tab	: 0, 3, 5, 8,
Data fluida	Jenis fluida	: air laut
	Suhu	: 30 derajat selsius
	Density	: 1025 kg/m
	Viskositas	: 0.000871

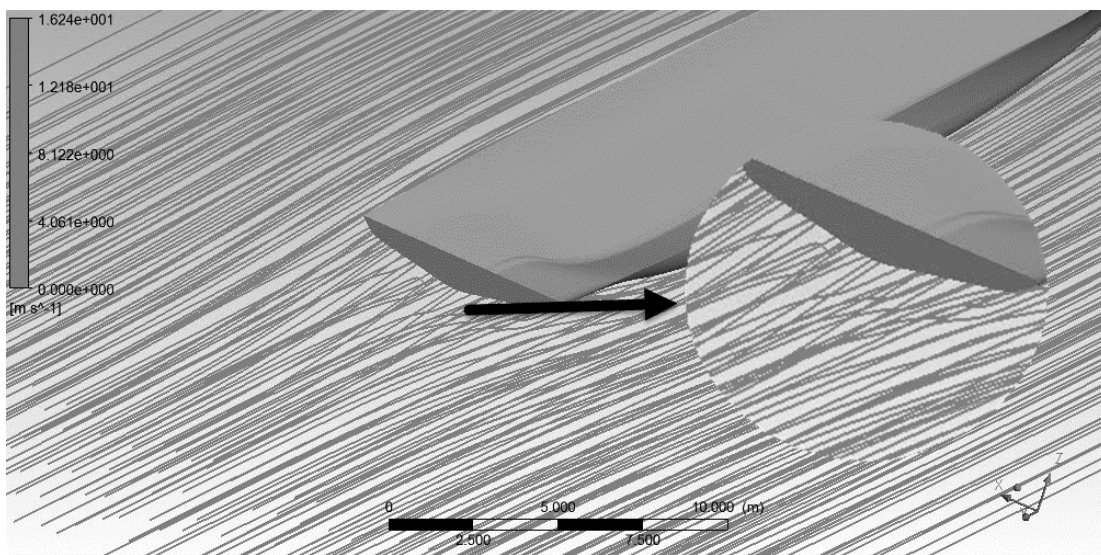


Gambar 8. Lines Plan FPB 60 m

### Pola Aliran di Belakang Kapal Fast Patrol Boat 60 Meter

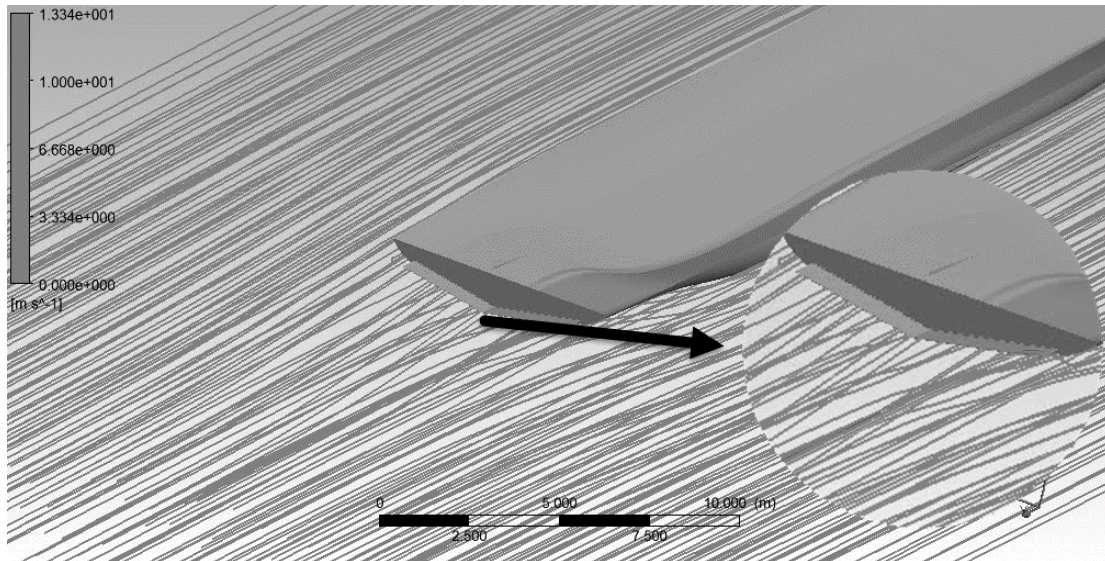
Setelah dilakukan simulasi numerik CFD dengan menggunakan variasi kecepatan 16 kts, 17 kts, 18 kts, 19 kts, 20 kts dan 25 kts untuk mengetahui pengaruh kecepatan penuh terhadap penggunaan bidang *trim tab*. Variasi sudut masuk *trim tab* yang digunakan adalah sebagai berikut 0°, 3°, 5°, dan 8° dengan data fluida yaitu menggunakan air laut dengan *density* 1.025 kg/m<sup>3</sup> pada suhu 30 °C seperti yang telah dijelaskan pada tabel 2.

Dari hasil simulasi numerik CFD didapatkan pola aliran dibagian belakang kapal, dimana ditunjukkan pada Gambar 9 dan 10 dibawah ini.



Gambar 9. Pola Aliran pada Kapal FPB 60 m tanpa *Trim Tab* pada Kecepatan 18 kts





Gambar 10. Pola Aliran pada Kapal FPB 60 m dengan *Trim Tab* Sudut Masuk  $0^{\circ}$

Pada Gambar 9, menunjukkan pola aliran pada kapal FPB tanpa *trim tab* dengan kecepatan 18 kts, dimana pada gambar tersebut terlihat terjadi ulekan atau aliran turbulen di belakang transom kapal dengan kecepatan aliran rata-rata 12-16 m/s. Pada FPB 60 m yang belum terpasang *trim tab* dapat dilihat terdapat ulekan atau aliran turbulen pada transom dan mengarah ke atas yang mengakibatkan terjadinya hempasan gelombang yang mempengaruhi hambatan kapal pada kecepatan tertentu.

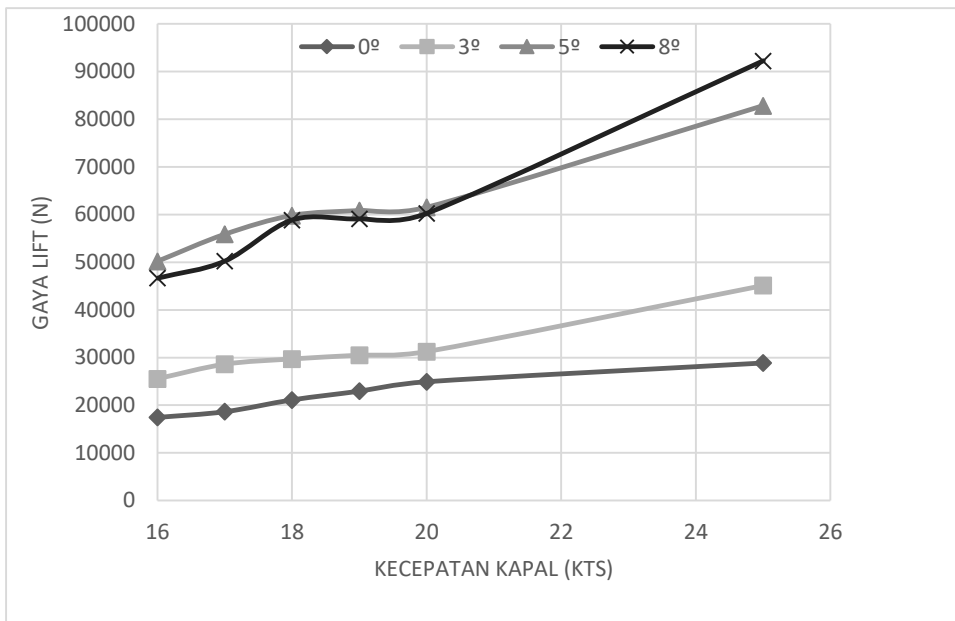
Sedangkan pada Gambar 10, menunjukkan pola aliran yang terjadi di belakang kapal yang diberi *trim tab* pada bagian transom dengan kecepatan 18 kts serta sudut masuk *trim tab* adalah  $0^{\circ}$ . Pola aliran yang terjadi dibelakang transom kapal dengan *trim tab*, terlihat bahwa ulekan atau aliran turbulen yang terjadi di daerah tersebut berkurang dengan kecepatan aliran rata-rata 10-13 m/s. Pada kapal yang menggunakan *trim tab* dengan sudut masuk  $0^{\circ}$  bisa dilihat aliran air di belakang transom yang dapat diteruskan langsung ke belakang kapal. Semakin masuknya sudut *trim tab* maka semakin berkurang aliran air yang mengarah ke atas atau aliran yang terputus di belakang kapal akan semakin berkurang. Sedangkan untuk sudut  $3^{\circ}$  dan  $5^{\circ}$  mengalami kondisi yang sama dengan kapal yang dipasang *trim tab*  $0^{\circ}$ . Tetapi pada sudut masuk *trim tab*  $8^{\circ}$  terjadi sedikit ulekan atau aliran turbulen.

### Gaya Lift dan Torsi pada Kapal FPB 60m dengan *Trim Tab*

Pada simulasi numerik CFD kapal *Fast Patrol Boat* (FPB) 60 m, diperoleh *drag coefisien* ( $C_d$ ) dan *lift coefisien* ( $C_l$ ) serta besaran gaya yang dihasilkan. Untuk mengetahui perubahan sudut trim yang terjadi pada kapal FPB 60 m, maka data yang diperlukan dari simulasi numerik CFD adalah *Lift force* dan *Momen Torsi* yang terjadi pada *trim tab*. Hasil analisa gaya lift pada *trim tab* di tunjukan pada Tabel 3 dan Momen Torsi pada trim *trim tab* yang di tunjukan pada Tabel 4.

Tabel 3. Gaya Lift pada *Trim Tab* dalam Satuan Newton (N).

No.	Kecepatan (knot)	Besaran gaya lift (N)			
		$0^{\circ}$	$3^{\circ}$	$5^{\circ}$	$8^{\circ}$
1	16	17457	25548	50219	46679
2	17	18656	28596	55877	50264
3	18	21140	29700	59816	58882
4	19	22972	30488	60847	59106
5	20	24954	31250	61524	60257
6	25	28896	45136	82841	92252

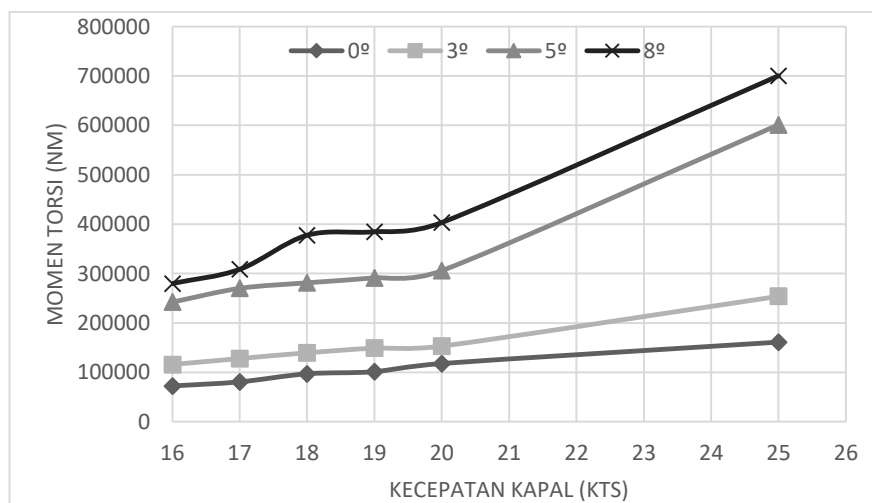


Gambar 11. Grafik Gaya Lift pada Trim Tab dengan Variasi Sudut Masuk dan Kecepatan

Dari Gambar 11, grafik tersebut memperlihatkan bahwa pada kecepatan 18 kts dan sudut masuk trim tab 5° terjadi gaya lift (*lift force*) sebesar 59816 N dan pada sudut masuk 8° terjadi gaya lift sebesar 58882 N pada trim tab dengan selisih 1.5%. Hal ini disebabkan karena semakin besar sudut masuk trim tab dan kecepatan, maka semakin besar gaya lift (*lift force*) yang terjadi. Hasil ini berbanding lurus dengan hasil perhitungan momen torsi yang terjadi pada trim tab.

Tabel 4. Momen Torsi pada Trim Tab dalam Satuan Newton Meter (N.m).

No.	Kecepatan (knot)	Momen Torsi ( $\tau$ )			
		0°	3°	5°	8°
1	16	72146	115773	242356	279697
2	17	80440	127904	270094	308441
3	18	96775	139519	281365	377413
4	19	100980	148988	291395	384527
5	20	117537	153087	305858	403139
6	25	160898	254074	601021	700386



Gambar 12. Momen Torsi pada Trim Tab.

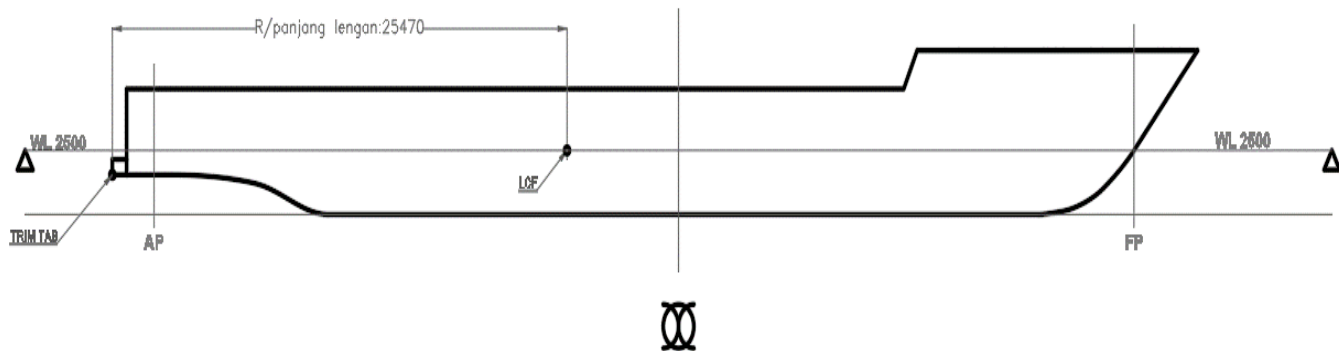
Dari Gambar 12, bisa dilihat bahwa pada kecepatan 18 kts dan sudut masuk *trim tab* 5° terjadi momen torsi sebesar 281.365 N.m dan pada sudut masuk 8° terjadi momen torsi sebesar 377.413 N.m pada *trim tab* dengan selisih 25.44% karena semakin besar sudut masuk *trim tab* maka semakin besar momen torsi yang diterima. Hasil ini memberikan gambaran bahwa jika sudut masuk *trim tab* semakin besar, maka posisi *trim tab* hampir sama dengan transom, atau dengan kata lain tidak ada perubahan pada bagian transom kapal.

**Perhitungan Pengaruh *Trim tab* Pada Kapal FPB 60 m**

Penggunaan *trim tab* pada kapal FPB 60 m sangat berpengaruh besar terhadap keadaan kapal. Kapal yang tidak menggunakan *trim tab* cenderung memiliki trim buritan yang besar karena tidak adanya sistem sebagai *water ballast* momen torsi pembalik atau penyeimbang trim pada kapal tersebut. Itu dapat dilihat pada kapal yang tidak menggunakan *trim tab*. Ketika terdapat aliran mengenai lambung kapal, maka aliran tersebut langsung terputus pada transom kapal dan tidak bisa diteruskan kebelakang dengan sempurna sehingga menjadi buih / ulekan yang akan menjadi penghambat laju kapal tersebut.

Berbeda dengan kapal yang menggunakan *trim tab* sebagai penerus aliran pada belakang kapal atau juga bisa digunakan sebagai penyeimbang untuk menyeimbangkan momen torsi yang terjadi akibat trim buritan kapal yang terjadi. Kapal yang menggunakan *trim tab* aliran yang ada pada buritan kapal akan diteruskan kebelakang oleh *trim tab* sehingga tidak menimbulkan kavitasi atau buih yang terjadi pada transom.

Untuk menghitung besaran sudut trim yang terjadi pada kapal maka bisa dihitung dengan menggunakan rumus momen torsi. Dari hasil simulasi numerik CFD menunjukkan gaya torsi dan gaya lift yang terjadi pada *trim tab* yang akan berpengaruh pada sudut trim kapal. Untuk panjang lengan gaya adalah jarak dari titik LCF kapal pada sarat 2.5 m sehingga panjang lengan adalah 25.47 m dari LCF *trim tab* seperti yang ditunjukkan pada gambar 13 dibawah ini.

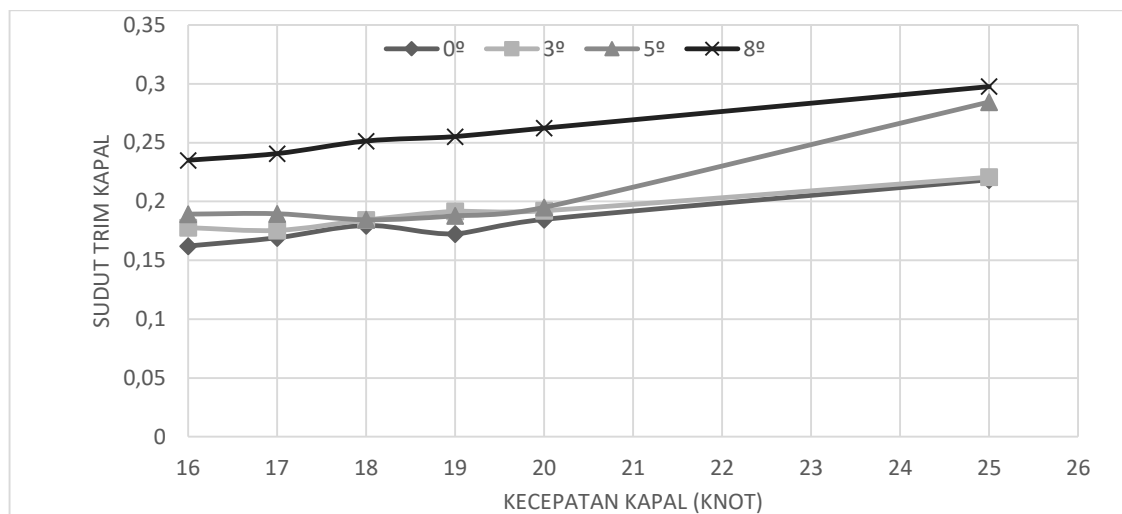


Gambar 13. Letak Titik LCF (*Longitudinal Center of Flotation*) pada FPB 60 m yang Dipasang *Trim Tab* dengan Sudut Masuk 0°

Dari ilustrasi di atas dapat dihitung menggunakan rumus momen torsi untuk mengetahui besarnya perubahan sudut trim yang terjadi pada kapal FPB 60 m.

Tabel 5. Perubahan Sudut *Trim* Kapal FPB 60 m dalam Satuan Derajat (°)

Kecepatan	Perubahan Sudut Trim Kapal dengan Variasi Sudut Masuk Trim Tab			
	0°	3°	5°	8°
16	0.16207	0.177709	0.189254	0.234977
17	0.169088	0.175404	0.189558	0.240644
18	0.179522	0.18422	0.184464	0.251359
19	0.172384	0.191638	0.187803	0.255126
20	0.184712	0.192109	0.194955	0.262366
25	0.21836	0.220748	0.284514	0.297729



Gambar 14. Grafik Hubungan Perubahan Sudut *Trim* Kapal dan Kecepatan Kapal

Dari Tabel 5 dan Gambar 14, diperoleh hasil perhitungan sudut trim yang menggunakan rumus momen torsi. Hasil yang diperlihatkan adalah perubahan sudut trim kapal hanya sekitar  $0.1^{\circ}$  sampai  $0.3^{\circ}$  pada kecepatan dan sudut masuk *trim tab* yang berbeda sesuai dengan variasi yang telah disebutkan sebelumnya sehingga kapal tidak akan mengalami trim buritan yang menyebabkan penambahan hambatan pada kapal.

## KESIMPULAN

Bentuk lambung yang tercelup air akan menentukan karakteristik hidrostatis kapal. Bentuk lambung bagian bawah air mempengaruhi bentuk aliran disekitar lambung kapal. Penelitian mengenai efek penambahan *trim tab* pada kapal, dengan menggunakan pendekatan CFD dengan variasi sudut masuk *trim tab*  $0^{\circ}$ ,  $3^{\circ}$ ,  $5^{\circ}$ , dan  $8^{\circ}$  serta pada kecepatan 16 kts, 17 kts, 18 kts, 19 kts, 20 kts, dan pada kecepatan maksimal kapal yaitu 25 kts menunjukkan pola aliran pada kapal tanpa *trim tab* yang mana menunjukkan terjadinya ulekan atau aliran turbulen pada transom kapal dengan kecepatan rata-rata sekitar 12-16 m/s. Sedangkan Pola aliran air di bawah kapal yang diberi *trim tab* dengan variasi kecepatan 16 kts, 17 kts, 18 kts, 19 kts, 20 kts, dan pada kecepatan maksimal kapal yaitu 25 kts dan sudut masuk *trim tab*  $0^{\circ}$ ,  $3^{\circ}$ ,  $5^{\circ}$ , dan  $8^{\circ}$  memperlihatkan bahwa ulekan yang terjadi dibelakang transom semakin berkurang. Hasil ini sesuai dengan fungsi *trim tab* sebagai pengurang kecepatan. Sehingga kecepatan aliran disekitar lambung kapal berkisar 10-13m/s. Besaran momen Torsi berbanding lurus dengan besaran gaya lift (*lift force*) yang dihasilkan. Semakin besar sudut masuk *trim tab*, maka semakin besar gaya lift dan momen torsi yang diterima.

Pengaruh dari pemasangan *trim tab* pada *Fast Patrol Boat* 60 m dengan menggunakan pendekatan CFD adalah untuk mengetahui seberapa besar sudut trim yang terjadi. Pada *trim tab* dengan sudut masuk  $5^{\circ}$  dengan kecepatan kapal 18 kts maka terjadi trim kapal sebesar  $0.187^{\circ}$ . Dimana jika dibandingkan dengan kondisi pada saat kapal berjalan ketika *seatrial* pada kecepatan 18 kts dengan sudut masuk *trim tab*  $5^{\circ}$ , sudut trim yang terjadi adalah  $0.159^{\circ}$  dengan selisih 0.028 atau sekitar 14,97 %. Hal ini disebabkan karena dalam penelitian ini mengabaikan pengaruh gelombang air laut dan hambatan yang terjadi pada kapal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Savitsky, Daniel., Hydrodynamic Design Of Planning Hull (1964).
- [2] Agung, Aditya., Perbandingan Variasi Bidang *Trim tab* Pada Kapal *Pilot Boat* 15,85 meter

dengan menggunakan Pendekatan CFD, Jurnal Teknik ITS Vol. 1, No. 1 (Sept. 2012) ISSN: 2301-9271

- [3] Brown, P.W., "An *Experimental and Theoretical Study of Planing Surfaces with Trim Flaps*", Davidson Laboratory Report 1463, Stevens Institute of Technology, April (1971).
- [4] <http://www.fishyforum.com/archive/index.php?t-32096.html>, 12-09-2016
- [5] The Naval Architect. January, "*Trimming the stern flap equation*" (2012).
- [6] Munson, dkk., *Fundamentals of fluid mechanics*, Erlangga, Jakarta, 2005.
- [7] Ansys (2011) *Ansys CFX Introduction & Tutorial* Ansys, Inc

*- Halaman ini sengaja dikosongkan -*