

# Perubahan Hambatan Viskos Kapal Katamaran akibat Variasi *Yaw Angel* dengan Simulasi Numerik

Tebiary Lepinus<sup>1\*</sup>, Ronald Mangasi Hutauruk<sup>2</sup>

Pengajar Akademi Maritim Maluku, Ambon, Indonesia<sup>1\*</sup>  
e-mail: tebiarylepinus@yahoo.co.id

Mahasiswa Pasca Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya  
Pengajar Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perairan, Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia<sup>2</sup>

## Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa perubahan besar hambatan viskos dan gaya samping termasuk distribusi tekanan dan kecepatan aliran akibat variasi *yaw angel* pada kapal katamaran. Analisis dilakukan pada model katamaran refleksi dengan variasi *yaw angel* 0°, 2°, 4°, 8° dan 10°. Rasio jarak antara lambung (S/L) yang digunakan adalah 0.3 dengan kecepatan 10 m/s. Model turbulensi yang digunakan adalah *Shear Stress Transport* dan dianalisa menggunakan ANSYS CFX versi 14. Hasil simulasi numerik menunjukkan adanya peningkatan koefisien hambatan viskos ketika terjadi peningkatan *yaw angel*. Peningkatan koefisien hambatan viskos dipengaruhi oleh perubahan besar gaya hambat akibat penambahan *frontal area* saat terjadi kenaikan *yaw angel*. Peningkatan kecepatan yang signifikan terjadi pada *yaw angel* 4° ke atas. Perbedaan kecepatan maksimum demihull dengan S/L 0.3 adalah 8.98%. Kenaikan *yaw angel* akan meningkatkan besar kontur tekanan yang dialami oleh katamaran.

Katakunci: *Yaw angel*, S/L, hambatan viskos, katamaran, ANSYS CFX

## 1. Pendahuluan

Dalam dua dekade terakhir terjadi pertumbuhan yang cukup signifikan pada pemakaian kapal berlambung banyak (*multi hull*) sebagai moda transportasi. Kapal berlambung banyak tersebut digunakan untuk tujuan bisnis, hiburan, kegiatan penelitian dan tujuan lain yang aplikasinya dapat dilihat pada berbagai jenis kapal seperti kapal feri, *trawl*, kapal tujuan olahraga (*sporting craft*), kapal penelitian oseanografi (*oceanography survey vessels*) dan lain-lain (Utama, 1999; Couser *et al.*, 1997).

Keunggulan yang diberikan terletak pada tata letak akomodasi yang diklaim lebih memberi kenyamanan, serta adanya peningkatan stabilitas statis. Pada beberapa kasus terjadi pengurangan daya terpasang dalam mencapai kecepatan tertentu (Utama, 1999). Berbagai variasi bentuk lambung telah dikembangkan untuk memenuhi kriteria desain kapal. Di antara kapal berbadan banyak tersebut, katamaran merupakan salah satu kapal yang menarik perhatian karena mengalami evolusi teknologi yang pesat sebagai *Advanced Marine Vehicles* (AMV). Di samping memiliki luasan geladak (*deck area*) yang lebih besar, tingkat stabilitas yang lebih nyaman (stabilitas melintang yang tinggi) dan karakteristik tahanan yang berbeda (Utama, 1999; Jamaludin dkk, 2010), katamaran dengan bentuk badan yang langsing

(*slender*) dapat memperkecil timbulnya sibakan air (*wave wash*) dibanding kapal *monohull*.

Hingga saat ini, hambatan lambung kapal katamaran masih terus dibahas dan didiskusikan dalam berbagai forum ilmiah karena komponen hambatannya jauh lebih kompleks dibanding kapal *monohull* (Jamaludin dkk, 2010) karena adanya tambahan hambatan akibat interferensi.

Standar *International Towing Tank Conference* (ITTC) membagi hambatan total ( $R_T$ ) menjadi hambatan kekentalan ( $R_V$ ) dan hambatan gelombang ( $R_W$ ). Hambatan kekentalan dipengaruhi oleh Reynolds *Number* sedangkan hambatan gelombang dipengaruhi oleh Froude *Number*. Hubungan antara kedua hambatan tersebut dapat dilihat pada persamaan:

$$R_T(F_N, R_N) = R_W(F_N) + R_V(R_N) \quad (1)$$

Penelitian ini difokuskan untuk menghitung hambatan viskos pada kapal katamaran dengan variasi *yaw angel*. Pendekatan yang memungkinkan dalam mengkaji komponen hambatan viskos adalah dengan membuat *free surface* seolah-olah sebagai sebuah bidang datar sehingga pengaruh *wavemaking* dapat dieliminasi. Untuk mencapai maksud tersebut maka digunakan model yang direflesi pada garis air sarat penuh (datar) (Couser *et al.*, 1997). Dengan pendekatan ini, maka segala pengaruh

gelombang permukaan yang mungkin terjadi tidak lagi diperhitungkan, sehingga hambatan yang dialami *full* hanya hambatan viskos. Analisa hambatan viskos dengan simulasi numerik mengacu pada model yang direfleksikan pada terowongan angin seperti yang disarankan oleh Lackenby (1965). Variasi *yaw angle* yang dibuat adalah 2°, 4°, 6°, 8° dan 10°. Dengan adanya variasi *yaw angle* ini maka akan diperoleh pemahaman yang lebih baik tentang hambatan yang dialami oleh kapal katamaran terutama hambatan viskos pada saat posisinya tidak searah (membentuk sudut) dengan arah arus.

## 2. Metode

Model kapal dibuat dengan model yang direfleksikan dengan menggunakan software Maxsurf dan diekspor ke ICEM CFD. Ukuran model dan domain fluida ditentukan berdasarkan eksperimen yang dilakukan oleh Hutauruk, dkk (2011). Pada ICEM CFD dilakukan proses meshing untuk membagi model dan domain fluida menjadi elemen-elemen kecil. Kemudian dilakukan study grid independence untuk menentukan besar elemen yang harus digunakan pada simulasi numerik tersebut. Setelah diperoleh jumlah elemen, maka model diekspor ke ANSYS CFX untuk memperoleh besar hambatan, serta visualisasi aliran pada model. Kecepatan model yang diberikan adalah 10 m/s dengan variasi *yaw angle* 2°, 4°, 6°, 8° dan 10°.

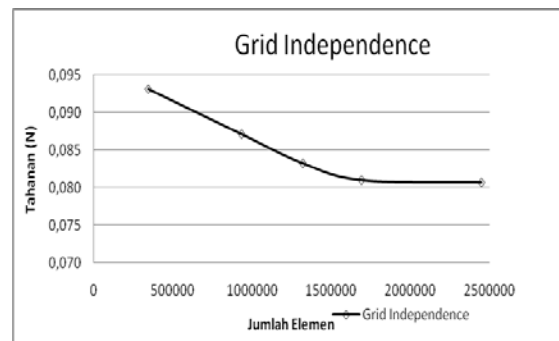
### 2.1. Studi Grid Independence

Besarnya jumlah elemen mempengaruhi keakuratan hasil perhitungan. Penggunaan elemen yang optimum diperlukan untuk mempercepat proses kerja namun memiliki tingkat akurasi data yang tinggi. Untuk memperoleh jumlah elemen yang menjadi dasar untuk analisa data serta bisa mempercepat proses kerja maka dilakukan studi *grid independence*. Model dibuat dengan berbagai variasi jumlah elemen. Tujuan pembuatan variasi elemen ini untuk memperoleh hasil analisa yang mencapai batas yang diisyaratkan dengan perbedaan hasil hambatan  $\leq 2\%$  (Utama, 1999). Dengan demikian penambahan elemen tidak lagi memberi pengaruh yang signifikan terhadap nilai hambatan. Hal ini bisa dilihat dalam Tabel 1, ketika jumlah elemen ditingkatkan, maka perbedaan hasil yang diberikan pada nilai hambatan adalah 0.36 %. Perbedaan nilai ini cukup kecil sekali, sehingga pilihan elemen bisa menghemat proses *running* simulasi.

Tabel 1: *Grid Independence*

Elemen	Jumlah Nodes	Hambatan (N)	Persentase(%)
345742	60498	0,09317	-
933391	164624	0,08709	6,98743
1322085	233392	0,08322	4,64554
1694506	299260	0,08098	2,77342
2449397	433416	0,08068	0,36091

Tabel 1 menunjukkan hubungan antara jumlah elemen dan besar tahanan yang dihasilkan. Persentase perbedaan tahanan yang dihasilkan oleh elemen dengan jumlah 1694506 memenuhi syarat *grid independence* ( $< 2\%$ ). Dengan demikian penambahan besar elemen memberikan pengaruh yang tidak signifikan terhadap besar hambatan (Gambar 1).



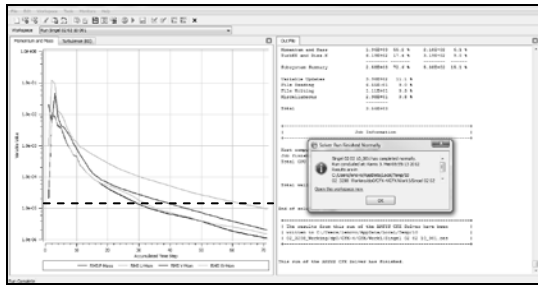
Gambar 1. Studi Grid Independence

### 2.2. Konvergensi

Pada tahap *solver control* dikenal istilah RMS (*Root Mean Square*) yang merupakan salah satu komponen dari proses konvergensi pada tahap validasi. RMS menggambarkan jumlah iterasi yang diinginkan. Jumlah iterasi tersebut dapat diungkapkan pada jumlah *residual* target yang ingin dicapai, yaitu tingkat kesalahan yang mungkin terjadi selama iterasi. Apabila nilainya diperkecil akan berakibat pada semakin akurat nilai dari hasil yang akan dikeluarkan. Pada simulasi ini dipakai residual target value 1E-05 yang berarti tingkat penyimpangan pencapaian hasil akan sangat kecil. Nilai ini merupakan nilai konvergensi terbaik dan telah banyak digunakan pada berbagai perhitungan aplikasi teknik (Ansys, 2010).

Setelah pemodelan dilakukan maka uji konvergensi harus dipenuhi dengan syarat bahwa hasil *running* tetap berjalan hingga proses tersebut berakhir sempurna. Batasan nilai konvergensi adalah jika variabel berada di bawah  $10^{-5}$ . Gambar 2 menunjukkan nilai variabel berada di dalam batasan yang

ditentukan, sehingga hasil simulasi memenuhi persyaratan akurasi.



Gambar 2. Konvergensi dengan CFX

### 2.3. Subsonic

Aliran disebut *subsonic* jika nilai bilangan Mach,  $M \leq 1$ . Bilangan Mach dirumuskan dengan persamaan (2) (Tuakia, 2008).

$$1 \quad (2)$$

Di mana:

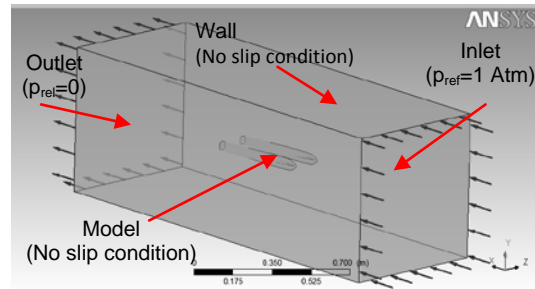
- V = kecepatan aliran *free stream* (m/s)
- k = rasio *specific heat* (diambil 1,4)
- R = tetapan gas (287 kJ/mol)
- T = temperatur dalam terowongan angin (K)

Dengan menggunakan persamaan (2), maka *flow regime*, proses simulasi adalah merupakan *subsonic* karena bilangan Mach berada dalam persyaratan yang diberikan (0.028 – 0.044). Kondisi ini akan digunakan dalam penentuan kondisi batas.

### 2.4. Model Turbulensi

Model turbulensi mempengaruhi hasil simulasi numerik. Karena fluida pada eksperimen di terowongan angin yang dilakukan oleh peneliti terdahulu merupakan aliran turbulen, maka ANSYS CFX menyediakan beberapa model turbulensi antara lain: k-Epsilon, *Shear Stress Transport*, BSL Reynolds Stress dan SSG Reynolds Stress.

Menurut Dinham *et al.*, (2008), model turbulensi fluida menggunakan *shear stress transport* pada kondisi *isothermal* lebih memberikan akurasi yang lebih baik. Metode turbulensi ini juga telah digunakan oleh Menter (1993) dan dinyatakan sebagai metode paling akurat untuk pemodelan berbagai aliran yang termasuk dalam diskusi NASA *Technical Memorandum*. Model turbulen ini memecahkan turbulensi berbasis (k- $\omega$ ) pada dinding-dinding dan turbulensi berbasis (k- $\epsilon$ ) pada aliran bebas (*free stream*) (Tuakia, 2008).



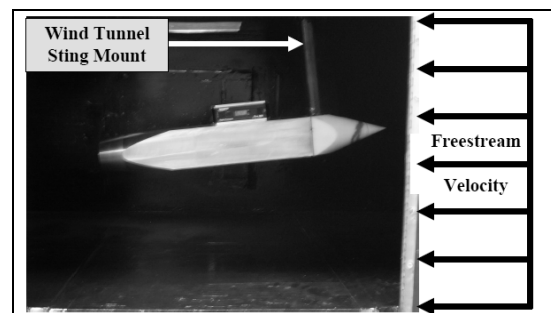
Gambar 3. Kondisi Batas Domain Fluida Percobaan

Hasil kondisi batas model dan domain fluida ditunjukkan pada Gambar 3.

## 3. Hasil

### 3.1. Pengaruh *Heading Angle*

Simulasi numerik digunakan juga untuk mempelajari pengaruh *heading angle* terhadap gaya-gaya yang dialami oleh model dengan variasi sudut 2, 4, 6, 8 dan  $10^0$ . Simulasi dilakukan pada bilangan Reynolds terendah untuk demihull dan juga pada masing-masing katamaran dengan variasi jarak antara lambung. Simulasi ini dilakukan dengan mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Mitchell dan Webb (2008) pada sebuah *slender body* dengan penampang persegi untuk menentukan pengaruh geometri ekor model (*boat tail*) terhadap distribusi tekanan yang dialami dengan variasi sudut serang dari  $0$  hingga  $8^0$  (Gambar 4). Pada penelitian tersebut disimpulkan bahwa terjadi peningkatan distribusi tekanan saat sudutnya melewati  $4^0$ .

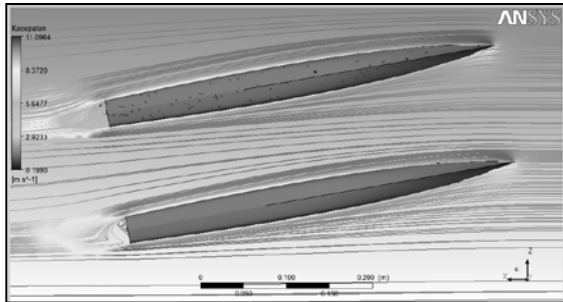


Gambar 4. Eksperimen di terowongan angin yang dilakukan oleh Mitchell dan Webb (2008).

### 3.2. Visualisasi Tekanan dan Kecepatan

Simulasi numerik mampu menggambar visualisasi distribusi tekanan dan juga kecepatan aliran yang dialami oleh model dengan berbagai karakteristik fisika yang diberikan (Gambar 5). Dengan memberikan data pada kondisi batas maka dihasilkan visualisasi tekanan dan kecepatan, untuk mempelajari perubahan tekanan dan kecepatan, perubahan gaya samping,

perubahan hambatan viskos dan kecepatan aliran untuk setiap sudut *yaw angle* yang diberikan pada masing-masing kecepatan.



Gambar 5. Vektor Kecepatan Streamline S/L 0,3 dengan Heading Angle 8°.

### 3.3. Gaya Hambat (Viskos Resistance)

Model tersebut mengalami gaya-gaya ke arah sumbu x, sumbu y dan sumbu z karena adanya fluida yang masuk pada inlet di terowongan angin. Perhitungan gaya hambat, gaya samping dan gaya angkat dilakukan dengan menggunakan ANSYS CFX didefinisikan dalam nilai gaya-gaya menurut arah sumbu x, sumbu y dan sumbu z. Gaya menurut arah sumbu x mewakili *drag force*, sedangkan menurut arah sumbu y mewakili *lift force*, dan menurut arah sumbu z mewakili *drag force*.

Data koefisien hambatan viskos (*viscous coefficient*) dan gaya samping diberikan dalam Tabel 2. untuk kondisi *no slip*. Koefisien *drag* selain dipengaruhi oleh gaya (gaya hambat), juga oleh massa jenis fluida, *frontal area* dan kecepatan yang mengenai model.

Tabel 2: Pengaruh Sudut Serang terhadap Koefisien Tekanan Viskos dan Gaya Samping.

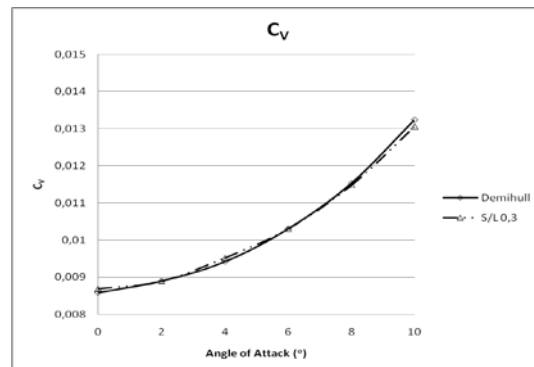
Angle (°)	S/L 03		
	$C_V$	$C_{SF}$	$V_{Max}$
0	0.0087	0.0003	10.0350
2	0.0089	0.0027	10.3524
4	0.0095	0.0054	10.4155
6	0.0103	0.0087	10.4723
8	0.0115	0.0130	10.8385
10	0.0131	0.0183	11.0964

## 4. Pembahasan

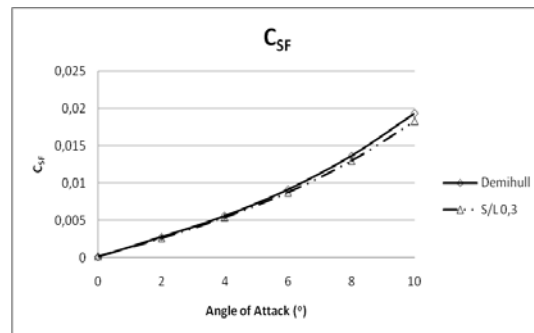
### 4.1. Pengaruh *Yaw Angle* terhadap $C_V$ dan $C_{SF}$

Penambahan sudut serang menyebabkan kenaikan hambatan, gaya samping serta kecepatan (Gambar 5 dan 9). Kenaikan hambatan, gaya samping dan kecepatan

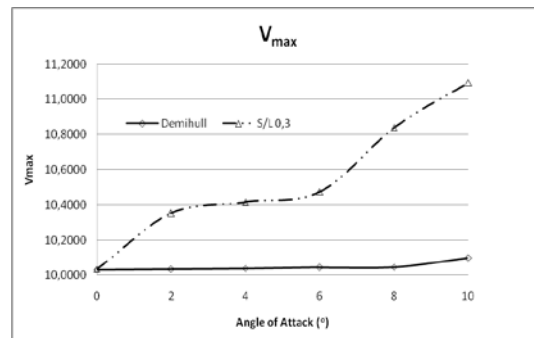
mengalami peningkatan setelah sudut 6°. Pengaruh sudut serang terhadap  $C_V$  memberikan hasil yang cukup signifikan pada demihull dan S/L 0.3. Nilai  $C_V$  hampir sama dan sedikit perbedaan terjadi pada sudut 8 dan 10°. Hasil ini sesuai dengan eksperimen yang dilakukan oleh Mitchell dan Webb (2008). Perubahan *yaw angle* dari 0° ke 2° menyebabkan kenaikan koefisien hambatan viskos sekitar 2.3%. Sedangkan untuk sudut 4°, 6°, 8°, dan 10° perubahan koefisien hambatan viskos terhadap posisi normal (tanpa *yaw angle*) adalah 9.2%, 18.4%, 19.4% dan 50.6%. Hal ini menyimpulkan bahwa semakin besar *yaw angle* pada kapal maka besar hambatan yang dirasakan juga semakin besar. *Trend* grafik yang ditunjukkan koefisien hambatan viskos antara *demihull* dan S/L 0,3 menunjukkan kesamaan (Gambar 6).



Gambar 6. Grafik  $C_V$  terhadap Sudut Serang.



Gambar 7. Grafik  $C_{SF}$  terhadap Sudut Serang.



Gambar 8 Grafik Kecepatan Maksimum terhadap Sudut Serang.

Rataan gaya samping pada katamaran lebih kecil dibandingkan dengan *monohull* (Gambar 7). Dengan demikian adanya lambung ganda pada katamaran dapat memperkecil gaya samping. Gaya samping berpengaruh terhadap hambatan. Gaya samping yang besar menyebabkan kenaikan hambatan viskos.

Kecepatan yang dialami oleh katamaran mengalami peningkatan yang cukup signifikan apabila dibandingkan pada *demihull*. Gambar 8 menunjukkan bahwa peningkatan sudut *yaw angel* pada demihull tidak menyebabkan kenaikan yang signifikan pada kecepatan. Hal ini berbanding terbalik dengan katamaran. Pada *yaw angle*  $2^{\circ}$ - $6^{\circ}$ , kecepatan aliran yang dialami katamaran hampir konstan dengan rata-rata 10.4 m/s (Gambar 8). Kontur tekanan dan kecepatan ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.

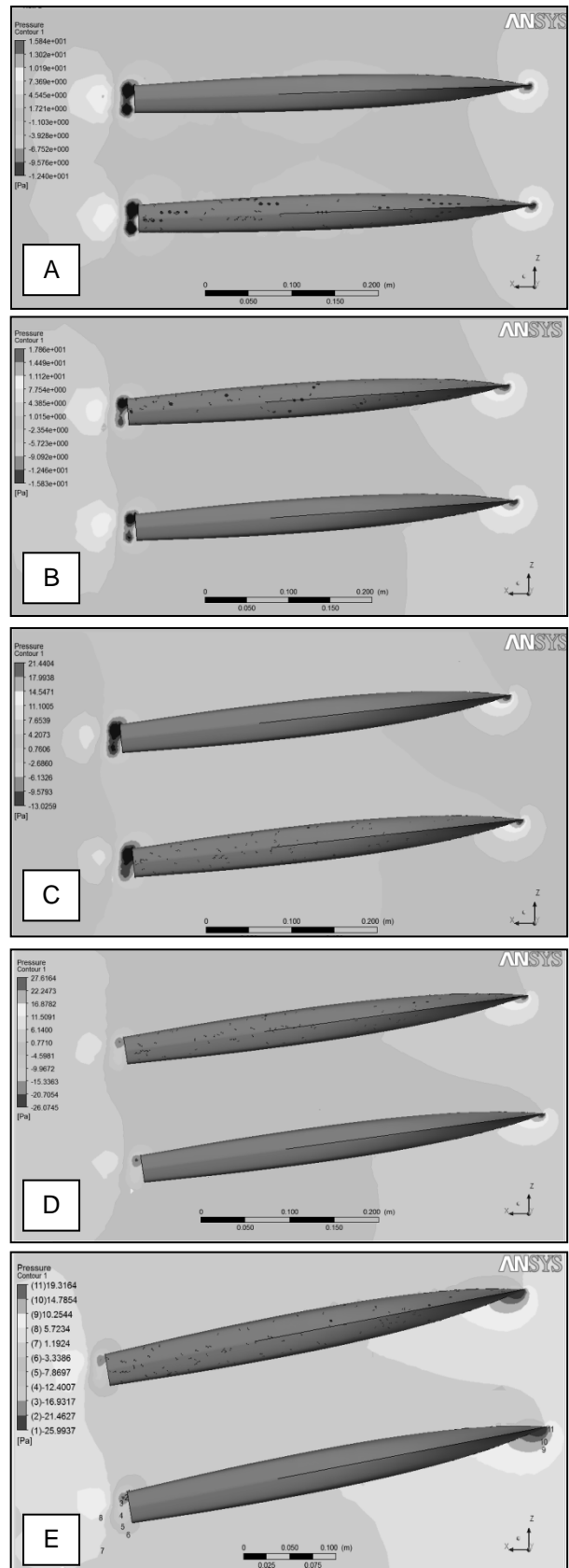
#### 4.2. Perubahan Tekanan pada masing-masing *Yaw Angle*

Besar tekanan maksimum dan minimum yang dialami oleh katamaran pada S/L 0.3 ditunjukkan dalam Tabel 3.

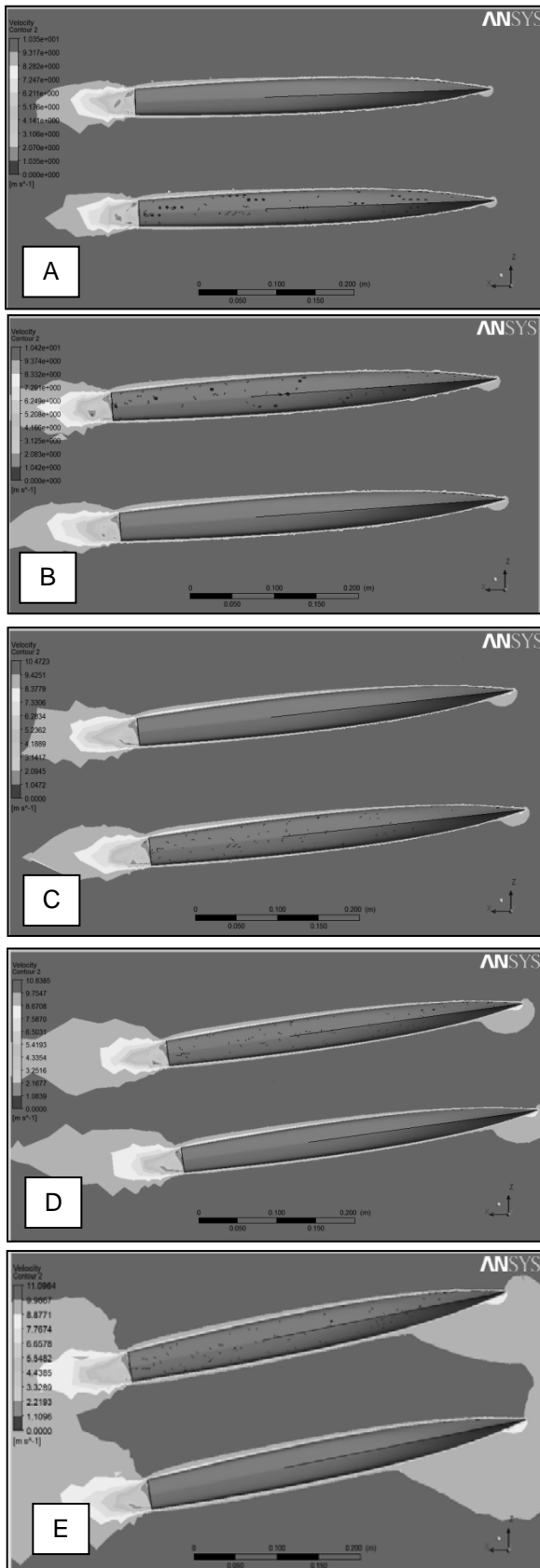
Tabel 3: Besar Tekanan Maksimum dan Minimum dengan Variasi *Yaw Angel*

Yaw Angle	Pressure (Pa)	
	MIN	MAX
$2^{\circ}$	-1.24	15.84
$4^{\circ}$	-1.58	17.86
$6^{\circ}$	-1.59	21.44
$8^{\circ}$	-1.62	22.42
$10^{\circ}$	-1.81	24.49

Dari Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa kenaikan *yaw angel* akan meningkatkan besar kontur tekanan yang dialami oleh katamaran. Tekanan minimum juga akan semakin turun saat terjadi peningkatan *yaw angel*. Tekanan maksimum yang dialami oleh model berkisar dari 15.84 Pa hingga 24.49 Pa. Sedangkan tekanan minimum memiliki kisaran -1.24 Pa hingga -1.81 Pa. Nilai tekanan negatif menunjukkan bahwa model katamaran mengalami tekanan di bawah tekanan atmosfer pada beberapa bagian. Tekanan terbesar berada di daerah depan model dan juga di belakang model (sekitar 5% dari buritan). Sedangkan tekanan terendah persih di belakang buritan. Pada daerah ini terjadi pusaran gelombang (*eddy*).



Gambar 9. Simulasi numerik distribusi tekanan dengan yaw angle  $2^{\circ}$  (A)  $4^{\circ}$  (B),  $6^{\circ}$  (C),  $8^{\circ}$  (D) dan  $10^{\circ}$  (E).



Gambar 10. Simulasi numerik kecepatan dengan yaw angle  $2^{\circ}$  (A)  $4^{\circ}$  (B),  $6^{\circ}$  (C),  $8^{\circ}$  (D) dan  $10^{\circ}$  (E).

## 5. Kesimpulan

Penambahan sudut serang menyebabkan kenaikan koefisien drag, gaya samping serta kecepatan. Perubahan yaw angle dari  $0^{\circ}$  ke  $2^{\circ}$  menyebabkan kenaikan koefisien hambatan viskos sekitar 2,3% dan bila sudut yaw angle dinaikkan hingga mencapai sudut  $10^{\circ}$  maka terjadi kenaikan  $C_V$  hampir 50%. Rataan gaya samping pada katamaran lebih kecil dibandingkan dengan monohull. Perbedaan kecepatan maksimum demihull dengan S/L 0.3 adalah 8,98%. Kenaikan yaw angle akan meningkatkan besar kontur tekanan yang dialami oleh katamaran.

## 6. Pustaka

- ANSYS CFX Tutorials, 2010.
- Couser, P. R., Molland, A. F., Armstrong, N. A. and Utama, I. K. A. P., (1997). Calm water powering predictions for high speed catamarans. *FAST*, Sidney, Australia.
- Dinham, T. A., Peren, Craddock, C., Lebas, A. and Ganguly, A., (2008). Use of cfd for hull form and appendage design assessment on an offshore patrol vessel and the identification of a wake focussing effect. *RINA Marine CFD*, 2008, Southampton, UK.
- Hutauruk R. M., Utama I. K. A. P., Jamaluddin A., Murdijanto, and Djoni I. M. A., (2011). Analisa distribusi tekanan dan kecepatan aliran pada kapal katamaran tanpa turbulen stimulator dengan uji terowongan angin. *SENTA* 2011, Surabaya.
- Jamaluddin, A., Utama, I. K. A.P. and Aryawan, W. D., (2010). Analisa eksperimen viscous form factor pada konfigurasi lambung. *Prosiding Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan, FTK-ITS*, pp 17-24,
- Lackenby, H., (1965). An investigation into the nature and interdependence of the component of ship resistance. *Trans, RINA*, Vol.107.
- Menter, F. R., (1993). Zonal two equation k-w turbulence for flows. *AIAA Paper* 93 - 2906
- Mitchell, R. R. and Webb, M. B., (2008). A study of the base pressure distribution of a slender body of square cross-section. *AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit*: 1-8.
- Tuakia, F., (2008). Dasar-dasar CFD menggunakan FLUENT. *Bandung: Penerbit Informatika*.