

Model Perahu Trimaran pada Aliran Laminar *

Chairul Imron¹ dan Erna Apriliani²

^{1,2}Matematika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

¹imron-its@matematika.its.ac.id

²aprilmath12@gmail.com

Abstrak

Trimaran merupakan kapal dengan tiga lambung yang dihubungkan dengan struktur *bridging, platform* ini bebas dari permukaan air, sebagai akibatnya kapal akan mengalami terjangan *slamming* dan *deck wetness* dapat dikurang. Penerapan konsep fluida sering digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari salah satunya yaitu permasalahan fluida di sekitar lambung kapal. Dengan asumsi bahwa lambung kapal berbentuk elips, maka penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan fluida di sekitar tiga silinder elips dengan konfigurasi *side-by-side* menggunakan persamaan Navier-Stokes yang *incompressible, viscous* dan *unsteady* diselesaikan menggunakan metode beda hingga dan algoritma SIMPLE (*Semi Implicit Method for Pressure-Linked Equation*). Hasil dari penelitian ini adalah memperoleh nilai tekanan di beberapa titik pada setiap elips. Profil aliran fluida disimulasikan dengan bilangan Reynolds 1000 dan variasi jarak antar elips. Kemudian menghitung tekanan berdasarkan nilai komponen tekanan yang diterima elips.

Katakunci: *Persamaan Navier-Stokes, Komputasi Fluida Dinamik, Trimaran.*

*Telah diseminarkan pada KNM XVIII Universitas Riau Pekanbaru, 2–4 Desember 2016

1. Pendahuluan

Kecenderungan untuk meminimalkan hambatan yang diterima oleh kendaraan yang melaju dengan kecepatan tinggi seperti mobil, bus, truk atau perahu. Untuk meminimalkan gaya hambat tersebut dibuatlah bodi kendaraan sedemikian hingga gaya hambat yang diterima oleh bodi kendaraan seminimal mungkin. Hal ini juga terjadi pada perahu trimaran. Konsep dasar untuk menganalisis gaya hambat dari suatu obyek, digunakan dalam berbagai bentuk mulai dari kotak, silinder, lingkaran, elips dan modifikasi bentuk lainnya. Kemudian berkembang dengan obyek lebih dari satu konfigurasi dengan tandem atau *side-by-side*.

Sintu Singha dan K.P. Sinhamahapatra (2010), melakukan penelitian aliran fluida yang melewati obyek silinder sirkuler tunggal dengan bilangan Reynolds rendah yaitu $45 \leq Re \leq 250$ dan jarak dengan dinding pembatas berkisar $2 \leq H/D \leq 8$. Sarvghad-Moghaddam Hesam dan Nooreddin Navid (2011) melakukan studi aliran fluida di sekitar dua silinder sirkular dengan konfigurasi *side-by-side* dengan bilangan Reynolds 100 dan 200 untuk aliran laminar dan 10^4 untuk aliran turbulen. Sedangkan posisi antar silinder menggunakan rasio yang bervariasi yaitu $2 \leq L/D \leq 4$. Imron, C., dan Yunus, M., melakukan studi kajian numerik aliran fluida yang melalui silinder elips dengan konfigurasi *side-by-side* dan variasi jarak antara dua silinder dibanding dengan panjang sumbu minor elips adalah $2 \leq S/a \leq 6$ dengan bilangan Reynolds adalah 100, 1000, 7000 dan 10000[1].

Pada paper ini akan didiskusikan tentang aliran fluida pada dimensi dua yang melalui tiga silinder elips dengan konfigurasi *side-by-side*, bilangan Reynolds yang digunakan adalah 1000, variasi jarak antara silinder elips adalah $2 \leq S/a \leq 4$ dengan S adalah jarak antar silinder elips dan a adalah panjang sumbu minor elips.

2. Penyelesaian Persamaan Navier-Stokes

Persamaan Navier-Stokes adalah persamaan fluida yang *incompressible*, *viscous* dan *unsteady*, yaitu

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{u}\mathbf{u} = -\nabla P + \frac{1}{Re} \nabla^2 \mathbf{u} \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0. \quad (2)$$

dengan \mathbf{u} adalah kecepatan, Re adalah bilangan Reynolds, dan P adalah tekanan. Persamaan Navier-Stokes di atas dapat diselesaikan dengan numerik menggunakan algoritma SIMPLE. Beberapa tahapan harus dilalui untuk menyelesaikannya, tahap pertama memberi nilai awal pada setiap peubah dan menyelesaikan persa-

maan momentum dengan mengabaikan komponen tekanan, sehingga (1) menjadi

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} = -\nabla \cdot \mathbf{u}\mathbf{u} + \frac{1}{Re} \nabla^2 \mathbf{u} \quad (3)$$

diselesaikan dengan menggunakan beda hingga, dan kemudian dilakukan tahapan kedua, yaitu

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} = \frac{\mathbf{u}^{**} - \mathbf{u}^*}{\Delta t} = -\nabla P \quad (4)$$

divergensikan kedua sisi, dan menghasilkan

$$\frac{\nabla \mathbf{u}^{**} - \nabla \mathbf{u}^*}{\Delta t} = -\Delta P \quad (5)$$

dengan mempertimbangkan persamaan (2) maka $\nabla \mathbf{u}^{**} = 0$, persamaan berubah menjadi

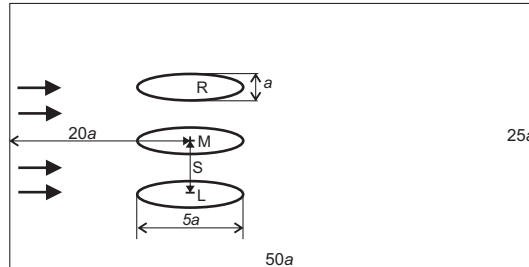
$$\frac{\nabla \cdot \mathbf{u}^*}{\Delta t} = -\Delta P \quad (6)$$

Persamaan (6) dinamakan persamaan Poisson's. Solusi persamaan Poisson akan lebih cepat konvergen jika menggunakan SOR (Successive Over Relaxation) yaitu

$$(P_n)_{i,j} = (1 - \omega)((P_{n-1})_{i,j}) + \omega(P_n)_{i,j} \quad (7)$$

Persamaan ini akan menghasilkan nilai tekanan P . Tahap yang terakhir adalah koreksi, yaitu

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} = -\nabla P \quad (8)$$



Gambar 1: Skema Trimaran, tiga elips dengan konfigurasi *side-by-side*

3. Hasil dan Diskusi

Program simulasi dari persamaan Navier-Stokes dengan numerik pada skema tiga elips dengan konfigurasi *side-by-side* seperti pada Gambar 1. Setiap elips mempunyai ukuran yang sama yaitu panjang sumbu major $5a$ dan panjang sumbu minor

Tabel 1: Tekanan pada silinder elips tunggal dengan $R_e = 1000$

	Depan	Belakang	Atas	Bawah
Tekanan	0.0002082	-0.0000486	-0.0000475	-0.0000504

Tabel 2: Tekanan pada silinder elips bagian atas dengan $R_e = 1000$

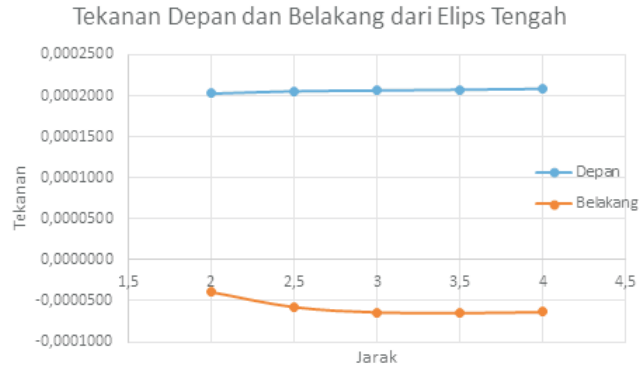
Jarak	Depan	Belakang	Atas	Bawah
2.0	0.0001666	-0.0000384	-0.0000472	0.0000296
2.5	0.0001789	-0.0000524	-0.0000562	0.0000009
3.0	0.0001872	-0.0000581	-0.0000596	-0.0000129
3.5	0.0001942	-0.0000597	-0.0000595	-0.0000199
4.0	0.0001986	-0.0000596	-0.0000584	-0.0000249

a atau $5a \times a$. S adalah jarak antar elips, dengan variasi $Sa = 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0$ dan bilangan Reynolds yang digunakan adalah 1000. Sistem mempunyai ukuran $25a \times 50a$, elips bagian tengah berjarak $20a$ dari depan sistem.

Program simulasi memiliki nilai kebenaran yang baik dan program simulasi tersebut sudah dibandingkan dengan nilai yang dihasilkan oleh eksperimen dan program simulasi yang lain yang telah dilakukan peneliti lain dalam menghitung koefisien hambat pada silinder sirkular tunggal. Pada program simulasi yang dilakukan oleh penulis untuk menghitung koefisien hambat pada silinder sirkular tunggal dengan bilangan Reynolds 100 adalah 1.358, sedangkan peneliti lainnya adalah 1.4 oleh Zulhidayat dan oleh Lima adalah 1.39[2], artinya program simulasi yang digunakan oleh penulis dapat digunakan untuk mensimulasikan perahu trimaran.

Hasil dari program simulasi diperoleh data tekanan yang diterima oleh semua elips. Setiap elips akan diambil empat data tekanan yang diambil yaitu tekanan pada ujung depan, ujung belakang, bagian tengah sisi atas dan bagian tengah sisi bawah. Sementara data tekanan diterima untuk elips tunggal yang dan berukuran $5a \times a$ dengan bilangan Reynolds 1000 dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan data tekanan yang diterima oleh tiga silinder elips dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tekanan yang diterima oleh silinder elips bagian atas dari trimaran dapat di lihat pada Tabel 2. Tekanan yang diterima di ujung depan elips atas, jarak antar elips makin jauh maka tekanan yang diterima makin meningkat tetapi masih lebih kecil dibandingkan dengan tekanan yang diterima untuk elips tunggal. Tekanan yang diterima di ujung belakang elips atas, jarak antar elips makin jauh maka tekanan yang diterima makin meningkat dan cenderung lebih besar dibandingkan dengan tekanan yang diterima untuk elips tunggal. Tekanan yang diterima di sisi



Gambar 2: : Tekanan ujung depan dan belakang dari elips tengah

Tabel 3: Tekanan pada silinder elips bagian bawah dengan $Re = 1000$

Jarak	Depan	Belakang	Atas	Bawah
2.0	0.0001405	-0.0000378	0.0000294	-0.0000514
2.5	0.0001549	-0.0000509	0.0000006	-0.0000623
3.0	0.0001658	-0.0000573	-0.0000120	-0.0000667
3.5	0.0001747	-0.0000591	-0.0000179	-0.0000674
4.0	0.0001808	-0.0000588	-0.0000211	-0.0000664

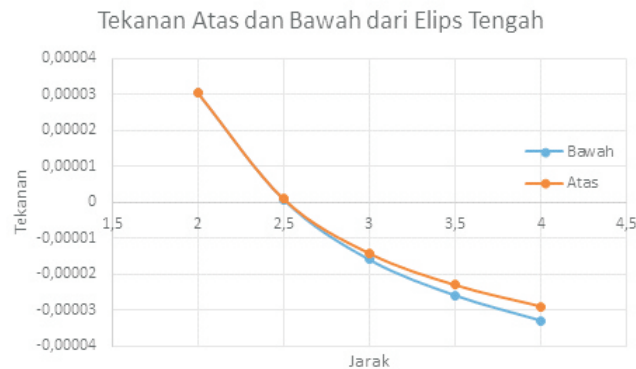
atas dari elips bagian atas, jarak antar elips makin jauh maka tekanan yang diterima makin meningkat cenderung stabil tetapi sedikit lebih besar dibanding dengan tekanan yang diterima untuk elips tunggal. Sedangkan tekanan yang diterima di sisi bawah elips atas, jarak makin jauh maka tekanan yang diterima cenderung stabil dan lebih kecil daripada tekanan yang diterima oleh elips tunggal, hal ini disebabkan pengaruh dari elips di bagian tengah trimaran.

Begitu juga untuk silinder elips bagian bawah dari trimaran, tekanan yang diterima oleh silinder elips bagian bawah dari trimaran dapat di lihat pada Tabel 3. Tekanan yang diterima di ujung depan elips bawah, jarak antar elips makin jauh maka tekanan yang diterima makin meningkat tetapi masih lebih kecil dibandingkan dengan tekanan yang diterima untuk elips tunggal. Tekanan yang diterima di ujung belakang elips bawah, jarak antar elips makin jauh maka tekanan yang diterima makin meningkat dan cenderung lebih besar dibandingkan dengan tekanan yang diterima untuk elips tunggal. Tekanan yang diterima di sisi bawah elips bawah, jarak antar elips makin jauh maka tekanan yang diterima makin meningkat cenderung stabil tetapi sedikit lebih besar dibanding dengan tekanan yang

Tabel 4: Tekanan pada silinder elips bagian tengah dengan $Re = 1000$

Jarak	Depan	Belakang	Atas	Bawah
2.0	0.0002027	-0.0000393	0.0000305	0.0000304
2.5	0.0002056	-0.0000576	0.0000894	0.0000007
3.0	0.0002066	-0.0000641	-0.0000143	-0.0000160
3.5	0.0002076	-0.0000649	-0.0000231	-0.0000259
4.0	0.0002084	-0.0000637	-0.0000290	-0.0000329

diterima untuk elips tunggal. Sedangkan tekanan yang diterima di sisi atas elips bawah, jarak makin jauh maka tekanan yang diterima cenderung stabil dan lebih kecil daripada tekanan yang diterima oleh elips tunggal, hal disebabkan pengaruh dari elips di bagian tengah trimaran.



Gambar 3: : Tekanan ujung atas dan bawah dari elips bagian tengah

Tekanan yang diterima oleh elips bagian tengah dari trimaran dapat di lihat pada Tabel 4. Tekanan yang diterima di ujung depan dari elips bagian tengah, makin besar jarak antar elips tekanan yang diterima tidak terlalu jauh berbeda dan hampir sama dengan tekanan yang diterima pada elips tunggal, sedangkan tekanan yang diterima di ujung belakang dari elips tengah makin besar dibandingkan dengan elips tunggal seperti pada Gambar 2. Tekanan yang diterima oleh sisi elips atas dan bawah pada elips bagian tengah lebih kecil dari pada elips tunggal dan nilainya hampir sama, hal ini karena dipengaruhi oleh elips bagian atas ataupun elips bagian bawah, seperti pada Gambar 3.

Berdasarkan Tabel 1, 2, 3, dan 4, tekanan sisi ujung depan dari elips bagian atas maupun bagian bawah dipengaruhi oleh jarak antar elips, sedangkan elips bagian tengah tidak terlalu terpengaruh. Tekanan sisi ujung belakang dari elips

bagian atas, bawah maupun tengah cenderung meningkat dan lebih besar jika dibandingkan dengan elips tunggal. Tekanan pada sisi bawah dari elips bagian atas dan sisi atas dari elips bagian bawah cenderung turun dan lebih kecil jika dibandingkan dengan elips tunggal. Begitu juga tekanan sisi atas maupun bawah dari elips bagian tengah.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih disampaikan kepada LPPM ITS Surabaya yang memberikan dana riset dengan nomor kontrak: 31028/IT2.11/PN.08/2016, tanggal 23 Mei 2016.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari paper ini adalah Trimaran dengan panjang lambung yang sama dan dengan bilangan Reynolds 1000 (aliran laminar) adalah

1. Tekanan yang diterima oleh setiap lambung dipengaruhi oleh jarak antar lambung, terutama lambung sisi dalam, yaitu sisi bawah dari elips bagian atas, sisi atas dari elips bagian bawah dan sisi atas maupun bawah dari elips bagian tengah.
2. Dengan melihat data yang didapat bahwa jarak antar lambung sebaiknya jarak antar lambung tidak lebih dari 4.0, jika lebih dari 4.0 maka tekanan yang diterima oleh setiap sisi elips akan sama seperti elips tunggal.

Pustaka

- [1] Chairul Imron, Mahmud Yunus (2015), *Pemodelan Matematika Tekanan pada Silinder Elips dengan Konfigurasi Side-by-Side*, Technical report, Math ITS, Jurusan Matematika ITS.
- [2] Chairul Imron, Suhariningsih, B. Widodo, T. Yuwono (2013), Numerical simulation of fluid flow around circular and I-shape cylinder in a tandem configuration, *Applied Mathematical Sciences* 7(114), 5657-5666.
- [3] Gera, B., S. P. K. & Singh, R. K. (2010), CFD analysis of 2D unsteady flow around a square cylinder, *International Journal of applied engineering research* 1(3), 602.
- [4] Kitagawa, T. & Ohta, H. (2008), Numerical investigation on flow around circular cylinders in tandem arrangement at a subcritical Reynolds number, *Journal of Fluids and Structures* 24(5), 680-699.

- [5] Sarvghad-Moghaddam, H., N. N. & Ghadiri-Dehkordi, B. (2011), Numerical simulation of flow over two side-by-side circular cylinders, *Journal of Hydrodynamics* 23(6), 792-805.
- [6] Singha, S. & Sinhamahapatra, K. P. (2010), Flow past a circular cylinder between parallel walls at low Reynolds numbers, *Ocean Engineering* 37(8), 757-769.