

ANALISA PENGARUH BENTUK *FOIL SECTION NOZZLE* TERHADAP EFISIENSI PROPULSI PADA KAPAL TUNDA

Triyanti Irmiyana⁽¹⁾, Surjo W. Adji⁽²⁾, Amiadji⁽³⁾,

Jurusan Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya⁽¹⁾
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan^{(2),(3)}, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Email : Triyanti.i@gmail.com⁽¹⁾

ABSTRAK

Propeller adalah suatu alat gerak yang berbentuk baling-baling, dan digunakan untuk menggerakkan kapal. Baling-baling memindahkan tenaga dengan merubah gaya putar dari baling-baling menjadi daya dorong untuk menggerakkan badan kapal. Semakin majunya perkembangan teknologi maka muncullah solusi untuk meningkatkan efektifitas pada penggerak kapal, salah satunya yaitu dengan memberi sebuah struktur yang berbentuk selongsong (duct) pada propeller atau disebut "Ducted Propellers". Untuk mengetahui pengaruh foil section nozzle terhadap efisiensi propulsi pada kapal tunda, maka dilakukan penelitian dengan pendekatan CFD. Dalam penelitian dilakukan variasi, yaitu variasi diameter propeller dan variasi diameter duct. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gaya lift dan thrust pada propeller dengan menggunakan duct, lebih besar disbanding propeller tanpa duct.

Kata Kunci : Propeller, duct, Thrust, Lift.

PENDAHULUAN

Propeller adalah suatu alat gerak yang berbentuk baling-baling, dan digunakan untuk menggerakkan kapal. Baling-baling ini memindahkan tenaga dengan cara merubah gaya putar dari baling-baling menjadi daya dorong untuk menggerakkan badan kapal dengan perantara massa air, dengan memutar bilah-bilah yang bersumbu pada poros, kemudian perkembangan dari sistem penggerak kapal pun dari hari kehari cukup signifikan dan menunjukkan hasil yang lumayan bermanfaat. Perkembangan itu mulai dari bentuk desain propeller maupun aksesoris yang terkait padanya. Salah satu yang sudah dikenal dalam dunia perkapalan terkait aksesoris yang berpengaruh pada propeller yaitu peletakan struktur yang berbentuk selongsong (*accelerating duct*) di depan propeller dengan jarak tertentu. Salah satu keuntungan yang diperoleh dari penggunaan duct ini ialah diperolehnya efisiensi yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan yang tidak menggunakan.

Gambaran umum mengenai *accelerating duct* ini yaitu pemasangan struktur yang berbentuk selongsong dan diletakkan di depan propeller dengan jarak tertentu, pemanfaatan *accelerating duct* ini umumnya diujikan pada kapal niaga menurut artikel ilmiah dunia perkapalan, namun hal ini masih jarang dipakai di Indonesia. Ditinjau dari efisiensi propulsi yang menggunakan *accelerating duct* maka sudah jelas bahwa efisiensinya lebih tinggi apabila dibandingkan dengan yang tidak menggunakan. Oleh karena dipasangnya *accelerating duct* maka juga berdampak pada kavitasi yang ditimbulkan.

Pada penelitian ini akan diuji mengenai jarak dan ukuran yang optimum untuk mendapatkan efisiensi, sehingga diketahui thrust yang besar dengan tingkat kavitasi yang paling rendah. Kemudian aliran fluida yang terjadi pada propeller akan dianalisis menggunakan bantuan computer yaitu CFD (Computational Fluid Dynamics).

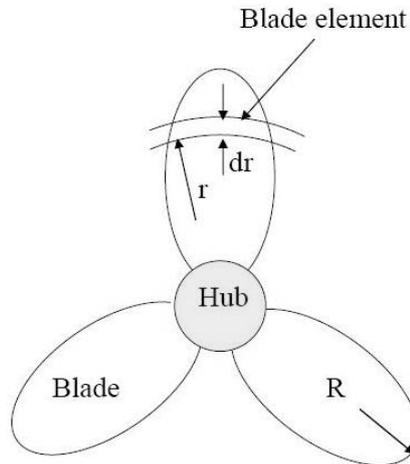
DASAR TEORI

Dalam membuat bentuk dasar propeller dibutuhkan bentuk yang hidrodinamis yaitu yang dinamakan Hidrofoil dimana menghasilkan suatu lift yang lebih besar dibandingkan dengan drag-nya. Pergerakan dari hidrofoil ini terjadi pada suatu media fluida dengan kecepatan yang memungkinkan terjadinya hidrodinamika.

Hidrodinamika adalah peristiwa di mana kecepatan antara bagian atas dan bawah hidrofoil terjadi perbedaan. Fluida yang melalui bagian atas airfoil melaju lebih cepat daripada fluida yang melewati bagian bawah. Hal ini disebabkan adanya perbedaan tekanan antara aliran fluida bagian

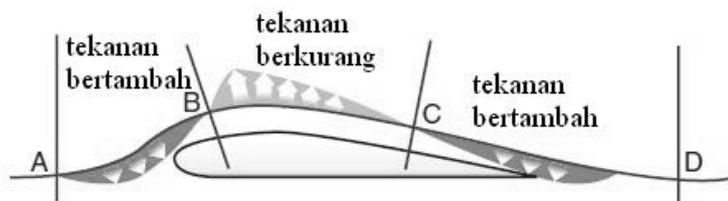
atas dan aliran fluida bagian bawah. Seperti yang kita ketahui bahwa besarnya tekanan berbanding terbalik terhadap besarnya kecepatan. Sehingga yang terjadi adalah aliran fluida yang melalui bagian bawah hidrofoil lebih pelan bila dibandingkan bagian atas hidrofoil. Perbedaan tekanan yang terjadi inilah yang kemudian akhirnya menimbulkan fenomena lift atau gaya angkat itu.

Baling – baling propeller (Propeller blade) tersusun dari bidang berbentuk seperti gelang yang memanjang dari leading edge menuju trailing edge. Setiap blade elemen berfungsi seolah – olah adalah bagian dari hidrofoil.



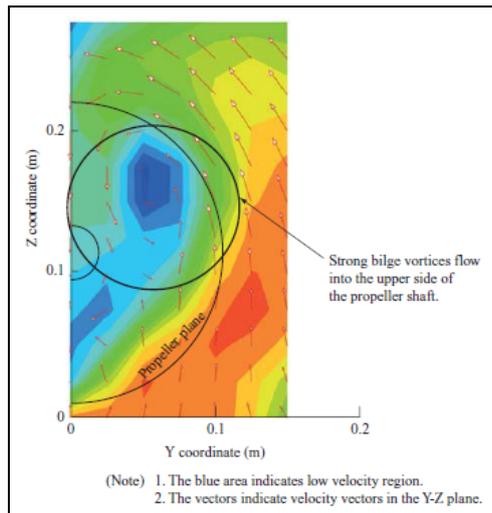
Gambar 1. Blade Element

Baling – baling propeller (Propeller blade) tersusun dari bidang berbentuk seperti gelang yang memanjang dari leading edge menuju trailing edge. Setiap blade elemen berfungsi seolah – olah adalah bagian dari hidrofoil. Propeller blade juga dapat digambarkan sebagai *twisted airfoil* dengan bentuk yang tidak beraturan. Untuk tujuan analisa, sebuah blade dapat dibagi menjadi beberapa bagian yang ditunjukkan oleh jaraknya dari pusat *blade hub*. *Blade shank* adalah bagian tipis dari propeller yang paling dekat dengan hub, yang dirancang untuk memberikan kekuatan pada blade. *Blade butt* sering juga disebut dengan *blade base* atau *root*, adalah pangkal blade yang masuk ke *propeller hub*. *Blade Tip* adalah bagian terjauh dari propeller blade.



Gambar 2. Distribusi tekanan pada foil yang dialiri fluida.

Gambar di atas menunjukkan hidrodinamika dari suatu foil, yaitu peristiwa di mana terjadinya perbedaan kecepatan antara bagian atas dan bawah hidrofoil. Bila sekelompok fluida mengenai kontur hidrofoil ini, maka ada kemungkinan bahwa fluida bagian atas akan memiliki kecepatan lebih tinggi dari bagian bawah, hal ini disebabkan karena fluida bagian atas harus melewati jarak yang lebih panjang (permukaan atas hidrofoil adalah cembung) dibandingkan fluida bagian bawah. Prinsip Bernoulli menyatakan bahwa semakin tinggi kecepatan fluida (untuk ketinggian yang relatif sama), maka tekanannya akan mengecil. Dengan demikian akan terjadi perbedaan tekanan antara fluida bagian bawah dan atas foil, hal inilah yang menciptakan gaya angkat (*force lift*).

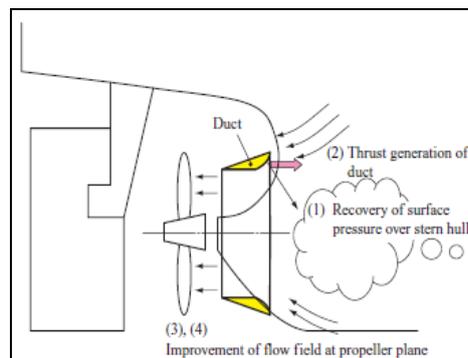


Gambar 3. Basic principle ducted energy saving device

Merupakan struktur yang berbentuk selongsong yang biasanya dalam dunia perkapalan digunakan pada system propulsi untuk meningkatkan thrust dan lift.

Berdasarkan pemeriksaan untuk berbagai jenis energy saving device yang sudah tersedia secara komersial, pengembangan dimulai dengan fokus pada jenis duct yang bertipe energy saving device (selanjutnya disebut "duct"), yang menunjukkan penghematan energi yang relatif lebih besar.

Duct ini biasanya terletak tepat di depan baling-baling, dan memiliki bentuk melingkar atau sejenisnya. Pada (Gb.3) menunjukkan dasar prinsip-prinsip penghematan energi.



Gambar 4. Example of wake pattern at propeller plane

Berdasarkan prinsip dasar energy saving, konsep desain untuk bentuk dan lokasi dari duct. Harus memenuhi kriteria berikut:

- *Straightening effect* ditingkatkan dengan menempatkan *duct* pada posisi dimana bilge vortices buritan dinilai kuat (Prinsip (1) dan (4)).
- Sebuah gaya dorong *duct* dihasilkan dengan menempatkan *duct* pada posisi di mana sudut dari diagonal aliran menjadi besar (Prinsip (2)).
- Diameter *duct* ditetapkan sekitar 0,7 kali diameter baling-baling untuk menghasilkan kecepatan aliran ombak yang rendah pada bagian di mana baling-baling menghasilkan gaya maksimum (Prinsip (3)).
- Karena *bilge vortice* biasanya kuat di sisi atas poros baling-baling, bisa dilakukan pemotongan bagian duct dari tengah kebawah yang kemudian disebut duct dengan tipe *semicircular*.

METODE

Dalam penelitian ini data yang dipakai adalah data- Adapun data-data utama yang diperlukan untuk menggambar model dan simulasi pada percobaan ini adalah:

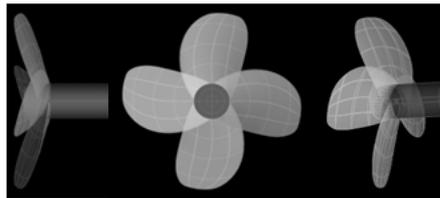
Lpp	= 98.60
T	= 6.81
H	= 8.40
Cb	= 0.75
B mid	= 16.33
Vs	= 12.5 Knot

Redesign Kort Nozzle



Gambar 4. Surface Kort Nozzle 19 A Df/Daf=1:1,05

Redesign Propeller



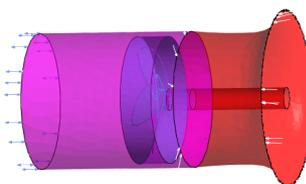
Gambar 5. Model Propeller

Simulasi

Preprocessing

Preprocessing merupakan langkah untuk membuat sebuah model menjadi model yang dapat diterjemahkan oleh *software* simulasi cara ini dapat dilakukan dengan memberikan *mesh* pada model tersebut. Langkah *Pre-Processor* merupakan langkah awal dimana bahasa pemrograman *design* model akan diterjemahkan oleh *Solver Manager*. Model akan dibentuk sedemikian rupa sehingga terdapat beberapa bagian untuk memberikan batasan-batasan aliran fluida yang dijalankan dan membuat model menjadi suatu objek yang akan dialiri fluida.

Dalam tahap ini obyek yang telah dibentuk kemudian diberikan kondisi batas dan kondisi dari fluida yang akan mengalir dalam kondisi batas tersebut untuk dapat dianalisa. Kondisi batas (*boundary*) ini berupa inlet (saluran fluida masuk), *outlet* (saluran keluar) dan *wall* (dinding pembatas). Sedangkan pada fluida (dalam program *CFD* biasanya dikenal sebagai domain) adalah berupa air dengan beberapa parameter tertentu.



Gambar 6. Domain pada Kort Nozzle

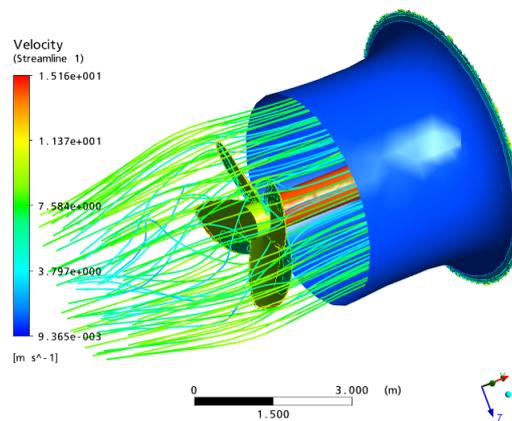
Solver Manager

Solver Manager adalah langkah kedua bagian dari *CFD Program*, dimana pada langkah ini berfungsi sebagai penerjemah file dalam format *.def* menjadi format *.res* yang selanjutnya dapat diterjemahkan oleh *Post-Processor*. Pada *program solver* ini CFD menghitung kondisi-kondisi yang diterapkan pada saat *preprocessing*.

Dalam program solver semua parameter yang telah dimasukkan akan diolah pada program ini. Proses perhitungan/*iterasi* harus menentukan kriteria konvergensi yang akan dihitung. Yang dimaksud dengan konvergensi adalah kesalahan/perbedaan antara tebakan awal dan hasil akhir dari *iterasi* yang dilakukan oleh *solver manager*.

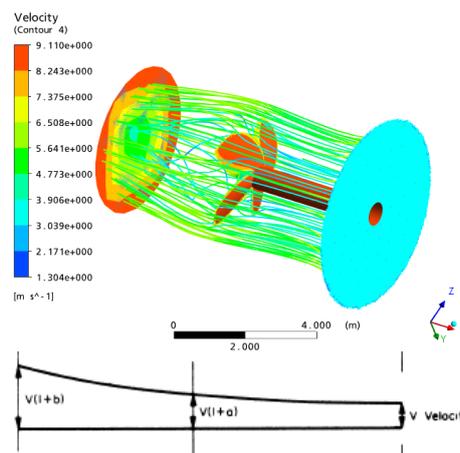
Post-Processor

Langkah *Post-Processor* akan menampilkan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada tahap *Solver Manager*, hasil perhitungan dapat dilihat berupa data numerik dan data visualisasi aliran fluida pada model. Data numerik yang diambil adalah data nilai variable sifat fluida, data sifat fluida yang dapat di ambil adalah sebagai berikut:



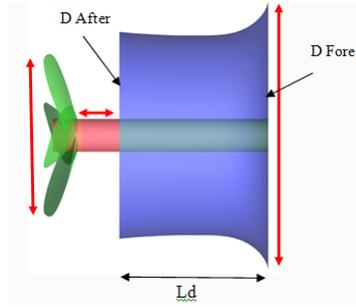
Gambar 7. Kontur tekanan dan kecepatan aliran fluida.

Dalam kasus ini dilakukan validasi terhadap kecepatan fluida sebelum dan setelah propeller. Dari teori momentum yang sudah ada disebutkan bahwa kecepatan fluida sebelum masuk propeller lebih kecil dari pada keluar propeller.



Gambar 8. Contour Kecepatan aliran

Variasi ini dilakukan pada model dengan tujuan untuk mencari gaya lift, trust dan velocity aliran yang lebih besar dibanding dengan model yang tanpa menggunakan duct.

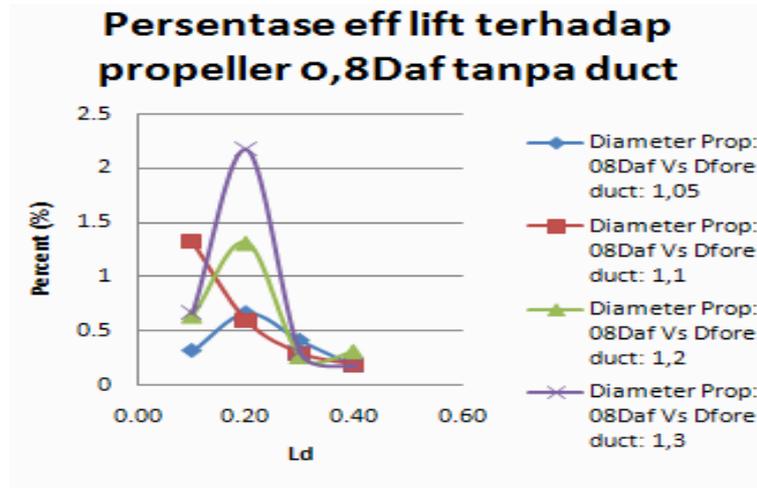


Gambar 9.Variasi

Diameter Propeller	Dfore/Dafter	Jarak Propeller Terhadap Duct
0.8 D after	1.05	0,1Ld
		0,2Ld
		0,3Ld
		0,4Ld
	1.1	0,1Ld
		0,2Ld
		0,3Ld
		0,4Ld
	1.2	0,1Ld
		0,2Ld
		0,3Ld
		0,4Ld
1.3	0,1Ld	
	0,2Ld	
	0,3Ld	
	0,4Ld	
0.9 D after	1.05	0,1Ld
		0,2Ld
		0,3Ld
		0,4Ld
	1.1	0,1Ld
		0,2Ld
		0,3Ld
		0,4Ld
	1.2	0,1Ld
		0,2Ld
		0,3Ld
		0,4Ld
1.3	0,1Ld	
	0,2Ld	
	0,3Ld	
	0,4Ld	

PEMBAHASAN

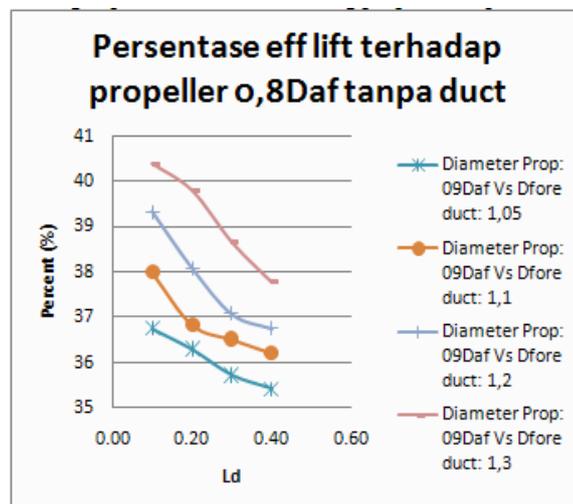
Hubungan persentase lift berbanding propeller tanpa duct.



Gambar 10. Grafik hubungan persentase lift berbanding propeller tanpa duct.

Dari grafik hubungan persentase lift berbanding tanpa duct, dapat dilihat bahwa kecenderungan nilai persentase lift pada *propeller* dibelakang *duct*. Dan kecenderungan nilai persentase lift pada *propeller* di belakang *duct* lebih besar dibandingkan dengan propeller tanpa menggunakan duct. Semakin besar nilai Ld maka nilai lift juga cenderung menurun.

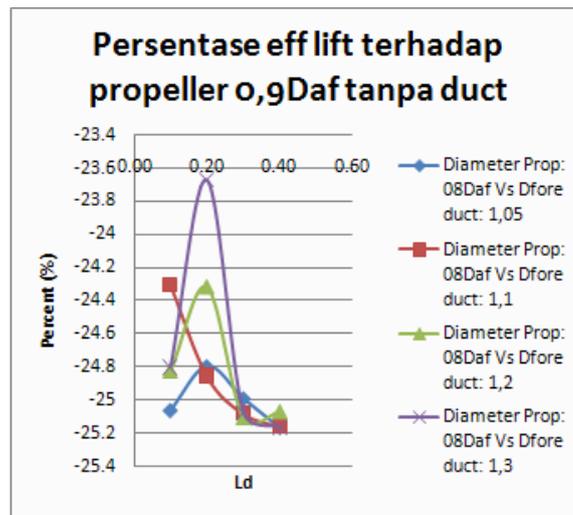
Hubungan persentase lift berbanding propeller tanpa duct.



Gambar 11. Grafik hubungan persentase lift berbanding propeller tanpa duct.

Dari grafik hubungan persentase lift berbanding tanpa duct, dapat dilihat bahwa kecenderungan nilai persentase lift pada *propeller* dibelakang *duct*. Dan kecenderungan nilai persentase lift pada *propeller* di belakang *duct* lebih besar dibandingkan dengan propeller tanpa menggunakan duct. Semakin besar nilai Ld maka nilai lift juga cenderung menurun.

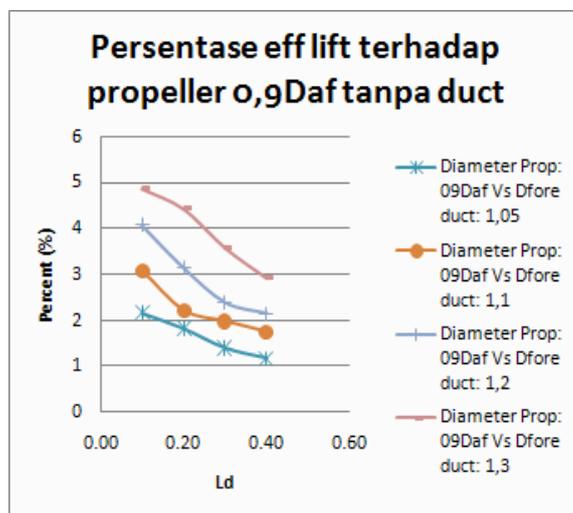
Hubungan persentase lift berbanding propeller tanpa duct.



Gambar 12. Grafik hubungan persentase trust berbanding propeller tanpa duct.

Dari grafik hubungan persentase lift berbanding tanpa duct, dapat dilihat bahwa kecenderungan nilai persentase lift pada *propeller* dibelakang *duct*. Dan kecenderungan nilai persentase *lift* pada *propeller* di belakang *duct* lebih kecil dibandingkan dengan propeller tanpa menggunakan duct. Semakin besar nilai Ld maka nilai lift juga cenderung menurun.

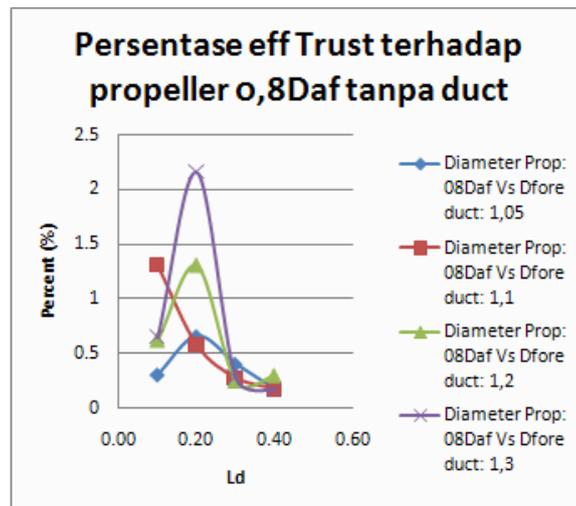
Hubungan persentase lift berbanding propeller tanpa duct.



Gambar 13. Grafik hubungan persentase lift berbanding propeller tanpa duct.

Dari grafik hubungan persentase lift berbanding tanpa duct, dapat dilihat bahwa kecenderungan nilai persentase lift pada *propeller* dibelakang *duct*. Dan kecenderungan nilai persentase *lift* pada *propeller* di belakang *duct* lebih besar dibandingkan dengan propeller tanpa menggunakan duct. Semakin besar nilai Ld maka nilai lift juga cenderung menurun.

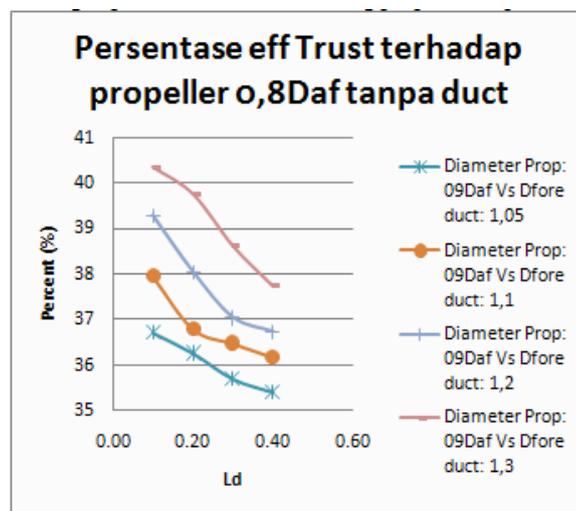
Hubungan persentase trust berbanding propeller tanpa duct.



Gambar 14. Grafik hubungan persentase trust berbanding propeller tanpa duct.

Dari grafik hubungan persentase lift berbanding tanpa duct, dapat dilihat bahwa kecenderungan nilai persentase lift pada *propeller* dibelakang *duct*. Dan kecenderungan nilai persentase *trust* pada *propeller* di belakang *duct* lebih besar dibandingkan dengan propeller tanpa menggunakan duct. Semakin besar nilai Ld maka nilai *trust* juga cenderung menurun.

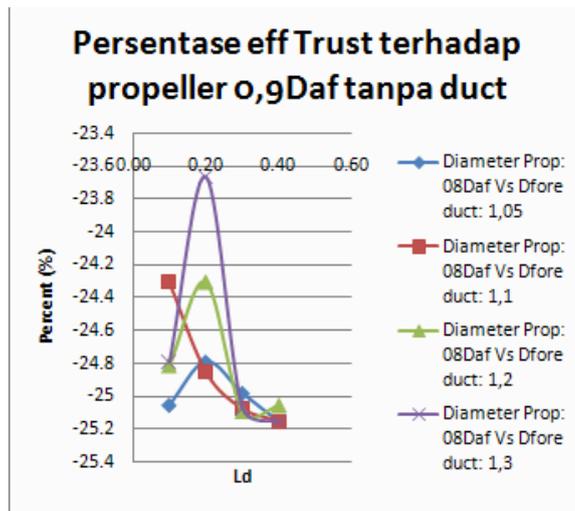
Hubungan persentase trust berbanding propeller tanpa duct.



Gambar 15. Grafik hubungan persentase trust berbanding propeller tanpa duct.

Dari grafik hubungan persentase lift berbanding tanpa duct, dapat dilihat bahwa kecenderungan nilai persentase lift pada *propeller* dibelakang *duct*. Dan kecenderungan nilai persentase *trust* pada *propeller* di belakang *duct* lebih besar dibandingkan dengan propeller tanpa menggunakan duct. Semakin besar nilai Ld maka nilai *trust* juga cenderung menurun.

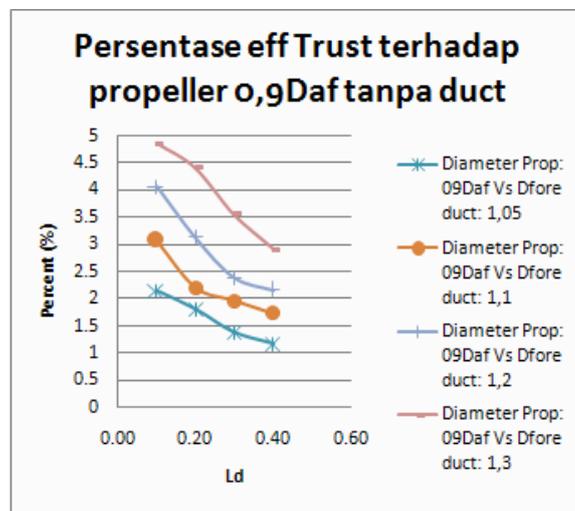
Hubungan persentase trust berbanding propeller tanpa duct.



Gambar 16. Grafik hubungan persentase trust berbanding propeller tanpa duct.

Dari grafik hubungan persentase lift berbanding tanpa duct, dapat dilihat bahwa kecenderungan nilai persentase lift pada *propeller* dibelakang *duct*. Dan kecenderungan nilai persentase *trust* pada *propeller* di belakang *duct* lebih kecil dibandingkan dengan propeller tanpa menggunakan duct. Semakin besar nilai Ld maka nilai *trust* juga cenderung menurun.

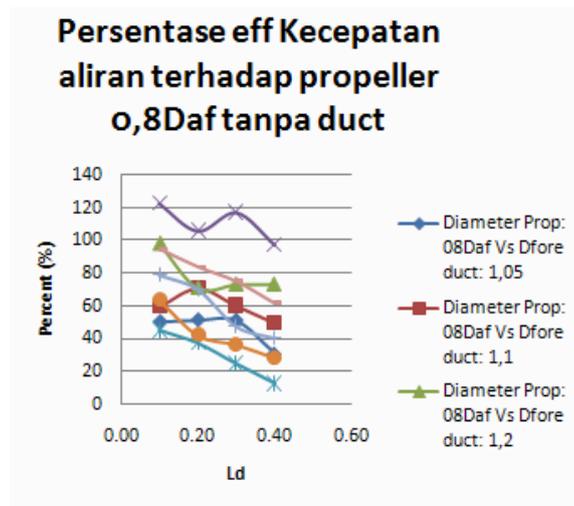
Hubungan persentase trust berbanding propeller tanpa duct.



Gambar 17. Grafik hubungan persentase trust berbanding propeller tanpa duct.

Dari grafik hubungan persentase lift berbanding tanpa duct, dapat dilihat bahwa kecenderungan nilai persentase lift pada *propeller* dibelakang *duct*. Dan kecenderungan nilai persentase *trust* pada *propeller* di belakang *duct* lebih besar dibandingkan dengan propeller tanpa menggunakan duct. Semakin besar nilai Ld maka nilai *trust* juga cenderung menurun.

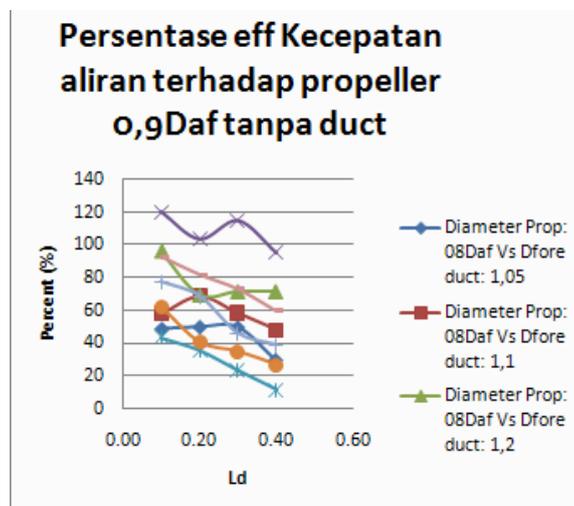
Hubungan persentase velocity outlet berbanding propeller tanpa duct.



Gambar 18. Grafik hubungan persentase velocity berbanding propeller tanpa duct.

Dari grafik hubungan persentase lift berbanding tanpa duct, dapat dilihat bahwa kecenderungan nilai persentase lift pada *propeller* dibelakang *duct*. Dan kecenderungan nilai persentase *velocity* pada *propeller* di belakang *duct* lebih besar dibandingkan dengan propeller tanpa menggunakan duct. Semakin besar nilai *Ld* maka nilai *velocity* juga cenderung menurun.

Hubungan persentase velocity outlet berbanding propeller tanpa duct.



Gambar 19. Grafik hubungan persentase velocity berbanding propeller tanpa duct.

Dari grafik hubungan persentase lift berbanding tanpa duct, dapat dilihat bahwa kecenderungan nilai persentase lift pada *propeller* dibelakang *duct*. Dan kecenderungan nilai persentase *velocity* pada *propeller* di belakang *duct* lebih besar dibandingkan dengan propeller tanpa menggunakan duct. Semakin besar nilai *Ld* maka nilai *velocity* juga cenderung menurun.

KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan dan simulasi yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa gaya lift dan thrust pada *propeller* dengan diameter $0.8Daf$ dan $0.9Daf$ di belakang *duct* lebih besar dari pada gaya lift pada *propeller* dengan diameter $0.8Daf$ tanpa *duct*. Ini dikarenakan

tekanan efek penguatan dari bentuk dimensi duct sehingga aliran yang masuk dari tepi dinding duct ikut mendorong aliran fluida yang tidak bersinggungan dengan dinding duct, dan oleh karena itu tekanan yang dihasilkan meningkat, jadi tekanan yang diterima oleh permukaan face propeller. Akan tetapi ada beberapa variasi model yang memiliki nilai trust dan lift dibawah nilai trust dan lift yang dimiliki oleh propeller dengan diameter $0.9D_{af}$ tanpa duct hal ini dikarenakan luas area face propeller yang lebih kecil jika dibanding dengan propeller berdiameter $0.9D_{af}$. Sedangkan bahwa kecepatan aliran fluida setelah melewati *propeller dengan diameter $0.8D_{af}$ dan $0.9D_{af}$ di belakang duct* lebih besar dari pada kecepatan aliran fluida setelah melewati *propeller dengan diameter $0.8D_{af}$ maupun $0.9D_{af}$ tanpa duct*. Jadi semakin besar diameter propeller, D_{fore}/D_{after} , serta pendeknya jarak antar propeller terhadap D_{after} maka nilai lift dan trust semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Soekarsono, (1995) *Sistem dan Perlengkapan Kapal*, Jakarta
- [2] K.J. Rawson and E.C. Tupper (2001) *Basic Ship Theory 5th Edition Volume 2 - Ship Dynamics and Design*, Plant a Tree
- [3] G. Kuiper (1992) *The Wageningen Propeller series*, Hamburg