

ANALISA PERBANDINGAN TIPE *KORT NOZZLE* TERHADAP GAYA DORONG *PROPELLER* DENGAN METODE CFD

Wasisto Rakhmadi¹, Andi Trimulyono¹, Muhammad Iqbal¹

¹Jurusan S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email : w.rakhmadi@gmail.com

Abstrak

Pada saat beroperasi di laut suatu kapal harus memiliki kemampuan untuk mempertahankan kecepatan dinas (Vs) seperti yang direncanakan. Hal ini mempunyai arti bahwa kapal haruslah mempunyai rancangan sistem propulsi yang baik. Salah satu komponen utama sistem propulsi adalah alat penggerak (*Propeller*), pemilihan alat penggerak yang efektif akan mempengaruhi gaya dorong yang dihasilkan kapal tersebut. Penggunaan *Kort nozzle* berfungsi untuk memusatkan aliran sehingga meningkatkan nilai gaya dorong (*thrust*). Penelitian ini dibuat pada empat model tipe dari *kort nozzle* yaitu model jenis *Shushkin Nozzle tipe A*, *Shushkin Nozzle tipe B*, *Shushkin Nozzle tipe C* dan *Marin's Nozzle 19A* yang digunakan pada *propeller* jenis B-series dan Kaplan. Perbedaan model *Nozzle* mengindikasikan nilai *thrust* dan *torque* yang berbeda sehingga penulis menganalisa masing-masing model agar dapat diketahui model dengan *thrust* tertinggi dan *torque* terendah dengan bantuan program *Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Dalam penganalisaan yang dilakukan menggunakan software CFD ANSYS CFX 14.0 menunjukkan dari masing-masing model *kort nozzle propeller* yang di analisa terdapat perbedaan bentuk aliran fluida, perbedaan nilai *thrust* dan *torque* yang dihasilkan. Dari hasil analisa keempat model *nozzle* tersebut, terlihat nilai *Thrust* terbesar untuk *propeller* B-series terjadi pada *Nozzle Shushkin tipe C* dengan nilai 53,458 kN pada rpm 565, sedangkan untuk *propeller* kaplan terjadi pada *nozzle Shushkin tipe C* dengan nilai 58,311 kN pada rpm 565. Untuk nilai *torque* terendah pada *propeller* B-series terjadi pada *Nozzle Shushkin tipe B* dengan nilai 1,184 kNm pada rpm 350, sedangkan untuk *propeller* Kaplan terjadi pada *Nozzle Shushkin tipe A* dengan nilai 1,555 kNm pada rpm 350.

Kata kunci : *Propeller, Kort nozzle, Thrust, Torque, CFD.*

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam operasinya dilaut, suatu kapal harus memiliki kemampuan untuk mempertahankan kecepatan dinas (Vs) seperti yang direncanakan. Hal ini mempunyai arti bahwa kapal haruslah mempunyai rancangan sistem propulsi yang baik agar kecepatan dinasnya dapat terpenuhi.[1]

Salah satu komponen utama sistem propulsi adalah alat penggerak (*Propeller*), pemilihan alat penggerak yang efektif akan mempengaruhi gaya dorong yang dihasilkan pada kapal tersebut. Dewasa ini perkembangan desain propulsi sudah mulai beragam dikarenakan dengan menggunakan propulsi yang lebih baik maka akan mendapatkan nilai efektifitas dari propulsi tersebut. Salah satu cara untuk meningkatkan efektifitas dari propulsi adalah dengan menggunakan *Kort nozzle Propeller*, dengan cara ini terbukti dapat meningkatkan sehingga dapat meningkatkan gaya dorong *propeller*.

Kort nozzle Propeller merupakan *Propeller* yang memiliki saluran (*duct*) berupa foil yang mengelilingi baling-baling sehingga membentuk selubung atau tabung (*nozzle*). Fenomena yang terjadi pada *propeller* yang diselubungi tabung (*Kort nozzle*) adalah kecepatan aliran air yang berada di dalam tabung lebih cepat dibandingkan aliran air yang berada diluar tabung mengakibatkan tekanan didalam tabung lebih rendah dari tekanan diluar tabung. Perbedaan tekanan ini mengakibatkan timbul penambahan gaya dorong (*thrust*), dengan pemasangan *nozzle* pada *propeller* dapat terjadi peningkatan *thrust* sampai 27%. [2] *Kort nozzle* memberikan keefektifan peningkatan *propeller* pada saat beban gaya dorong yang tinggi.[3] Ada pendapat yang diterima secara luas bahwa penerapan *ducted propeller* hanya menguntungkan dalam kasus beban tinggi (kapal tunda, kapal pukot dll).

Dalam penelitian ini akan didesain empat tipe dari *kort nozzle* yang akan digunakan pada *propeller B-series* dan *Kaplan series* sehingga dapat menghasilkan beberapa desain tipe *kort*

nozzle propeller tersebut, dan selanjutnya aliran fluida, *thrust*, dan *torque* yang terjadi pada desain *kort nozzle* tersebut akan dianalisa menggunakan metode CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

1.2. Perumusan Masalah

Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang maka diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Jenis *kort nozzle* tipe manakah yang memberikan nilai *thrust* tertinggi pada *propeller* jenis *B-series* dan *propeller* jenis Kaplan ?
2. Jenis *kort nozzle* tipe manakah yang memberikan nilai *torque* terendah pada *propeller* jenis *B-series* dan *propeller* jenis Kaplan ?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan

1. *Propeller* yang digunakan adalah type B4 75 dan Ka4 75 dengan spesifikasi sebagai berikut :
 - Diameter = 1160 mm
 - Pitch = 944 mm
 - Expanded Area Ratio = 0,750
 - P/D = 0,814
 - Number of Blades = 4
 - Rake Angle = 15 deg
2. Asumsi aliran di depan *propeller steady-uniform*.
3. Kondisi *propeller* akan dianalisa pada keadaan statis sesuai dengan putaran yang dikehendaki.
4. Hanya menganalisa distribusi aliran fluida di belakang *propeller*
5. Analisis yang dilakukan pada keadaan *propeller* tanpa menggunakan lambung kapal sehingga mengabaikan faktor maupun kondisi aliran air (fluida) dari lambung.
6. Analisis biaya dan konstruksi tidak diperhitungkan.
7. Hanya membandingkan nilai yang dihasilkan oleh model yang ditetapkan.
8. Perbandingan tipe *Kort nozzle* dengan rincian sebagai berikut :
 - a. *Propeller B-series* dengan *kort nozzle* A tipe *shuskhin nozzle*

- b. *Propeller B-series* dengan *kort nozzle* B tipe *shuskhin nozzle*
- c. *Propeller B-series* dengan *kort nozzle* C tipe *shuskhin nozzle*
- d. *Propeller B-series* dengan *kort nozzle* MARIN's Nozzle No. 19A
- e. *Propeller Kaplan series* dengan *kort nozzle* A tipe *shuskhin nozzle*
- f. *Propeller Kaplan series* dengan *kort nozzle* B tipe *shuskhin nozzle*
- g. *Propeller Kaplan series* dengan *kort nozzle* C tipe *shuskhin nozzle*
- h. *Propeller Kaplan series* dengan *kort nozzle* MARIN's Nozzle No. 19A

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan nilai gaya dorong tertinggi yang dihasilkan dari empat tipe *kort nozzle* pada *propeller B-series* dan *Kaplan Series*.
2. Mendapatkan nilai *torque* terendah yang dihasilkan dari empat tipe *kort nozzle* pada *propeller B-series* dan *Kaplan Series*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hidrodinamika *propeller*

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.[4]

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. [4]

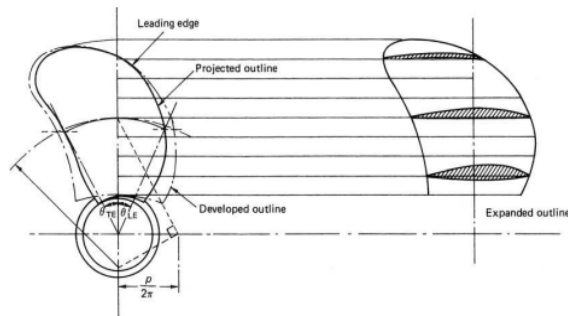
2.2. Baling-baling

Baling-baling ulir merupakan bentuk alat penggerak kapal yang paling umum. Sebuah baling-baling ulir mempunyai dua buah daun atau lebih yang menjorok dari hub atau bos. Bos ini dipasang pada poros yang digerakkan oleh mesin penggerak kapal. Daun baling-baling tersebut dapat merupakan bagian yang menyatu dengan hub, atau merupakan bagian yang dapat dilepas dari dan dipasang pada hub atau merupakan daun yang dapat dikendalikan (*controllable pitch propeller*). [5]

Baling-baling umumnya diletakkan pada kedudukan yang serendah mungkin di bagian belakang kapal. Suatu baling-baling harus mempunyai garis tengah (diameter) demikian rupa sehingga bila kapal dalam keadaan bermuatan penuh baling-baling tersebut akan terbenam dengan memadai sehingga dapat menghindari sejauh mungkin terjadinya fenomena terikunya udara (*airdrawing*) dan pemacuan baling-baling (*racing*) ketika kapal mengalami gerakan *pitching*. [5]

2.3. Geometri

Permukaan daun baling-baling yang menghadap ke belakang disebut sisi muka, atau paras, (*face*) atau sisi tekanan tinggi, sedangkan sisi sebaliknya disebut punggung atau sisi belakang, (*back*) atau sisi tekanan rendah. [4]



Gambar 2.1. Sketsa definisi baling-baling.[1]

Bentuk sisi tekanan tinggi yang paling sederhana adalah permukaan berbentuk spiral (*helicoidal surface*). Permukaan ini dapat didefinisikan sebagai permukaan yang dibentuk oleh sebuah garis lurus, disebut generatriks atau garis generator (*generatrix*, atau *generator line*) yang berkisar mengelilingi suatu sumbu yang melalui salah satu ujungnya dan sekaligus bergerak ke sepanjang sumbu tersebut. Jarak aksial yang ditempuh dalam tiap kisaran disebut langkah atau jarak ulir P (*pitch*). Jika langkah ulir tersebut tetap maka berarti bahwa P untuk

semua jari-jari dalam baling-baling demikian itu sama. [1]

2.4. Karakteristik Propeller

Secara umum karakteristik dari baling-baling kapal pada kondisi open water test adalah seperti yang direpresentasikan pada diagram $KT - KQ - J$. [6] Setiap tipe dari masing-masing baling-baling kapal, memiliki karakteristik kurva kinerja yang berbeda-beda. Sehingga kajian terhadap karakteristik baling-baling kapal tidak dapat di-generalised untuk keseluruhan bentuk atau tipe dari baling-baling. Model persamaan untuk karakteristik kinerja baling-baling kapal adalah sebagai berikut:

$$KT = \frac{T}{\rho n^2 D^4} \quad J = \frac{Va}{nD}$$

$$KQ = \frac{Q}{\rho n^2 D^5}$$

$$C_T = \frac{T}{\frac{1}{2} \rho Va^2 (\pi/4) D^2} = \frac{8KT}{\pi J^2}$$

Keterangan :

KT = koefisien gaya dorong baling-baling

KQ = koefisien torsi baling-baling

J = koefisien *advanced* baling-baling

C_T = koefisien beban gaya dorong

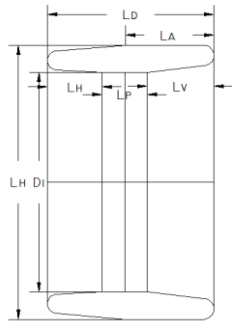
2.5. Ducted Propeller

Kort nozzle Propeller merupakan *Propeller* yang memiliki saluran (*duct*) berupa foil yang mengelilingi baling-baling sehingga membentuk selubung atau tabung (*nozzle*). Unit ini juga disebut sebagai tabung *Kort*. *Kort* diambil dari nama Ludwig *Kort*, yaitu perancang baling-baling tabung (*ducted propeller*) untuk kapal yang pertama; pada tahun 1927. [7]

Asas kerja *kort nozzle propeller* mirip dengan asas kerja pompa aksial, dinding tabung tersebut akan menurunkan kekuatan pusaran ikut pada ujung daun bahkan menghilangkannya sekali pusarab tersebut jika sela antara ujung daun dengan dinding tabung cukup kecil. [7]

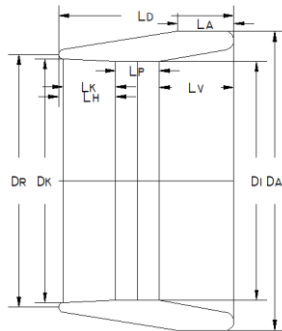
Kort nozzle memberikan keefektifan peningkatan propulsi pada saat beban gaya dorong yang tinggi ($C_t > 2$), pemuatan *nozzle* akibatnya percepatan aliran terbatas namun dengan resiko pemisahan aliran pada *nozzle*. [3]

Ada pendapat yang diterima secara luas bahwa penerapan *ducted propeller* hanya menguntungkan dalam kasus pemuatan atau beban tinggi dan kecepatan rendah (kapal tunda, kapal pukat dll). [8]



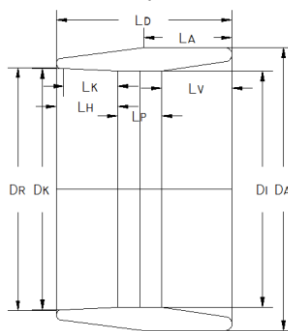
Ketentuan ukuran kort nozzle tipe A adalah sebagai berikut:
 $L_D/D_P = 0,75$; $D_I/D_P = 1,015$; limits: $20\text{mm} < (D_I - D_P) < 60\text{ mm}$; $D_A/D_I = 1,25$;
 $l_A/L_D = 0,53$; $l_P/L_D = 0,27$; $l_V/L_D = 0,40$; $l_H/L_D = 0,33$

Gambar 2.2. Kort Nozle Shushkin Tipe A [7]



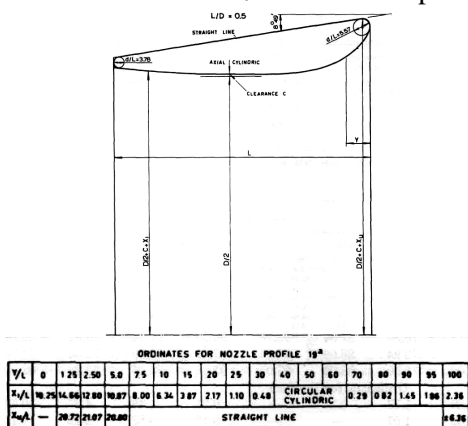
Ketentuan ukuran kort nozzle tipe B adalah sebagai berikut:
 $L_D/D_P = 0,75$; $D_I/D_P = 1,015$; limits: $20\text{mm} < (D_I - D_P) < 60\text{ mm}$; $D_A/D_I = 1,25$;
 $D_R/D_I = 1,02$; $D_K/D_I = 1,035$; $l_A/L_D = 0,32$; $l_P/L_D = 0,25$; $l_V/L_D = 0,425$; $l_H/L_D = 0,325$; $l_K/l_H = 0,925$

Gambar 2.3. Kort Nozle Shushkin Tipe B [7]



Ketentuan ukuran kort nozzle tipe C adalah sebagai berikut:
 $L_D/D_P = 0,75$; $D_I/D_P = 1,015$; limits: $20\text{mm} < (D_I - D_P) < 60\text{ mm}$; $D_A/D_I = 1:20$;
 $D_R/D_I = 1,015$; $D_K/D_I = 1,030$; $l_A = L_D = 0,50$; $l_P/L_D = 0,50$; $l_V/L_D = 0,40$;
 $l_H/L_D = 0,35$; $l_K/l_H = 0,880$

Gambar 2.4. Kort Nozle Shushkin Tipe C [7]



Gambar 2.5. Kort Nozle Marin's Nozzle 19A [7]

2.5. Computational Fluid Dynamic (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. Tujuan dari CFD adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks, yang melibatkan satu atau semua fenomena di atas. [2]

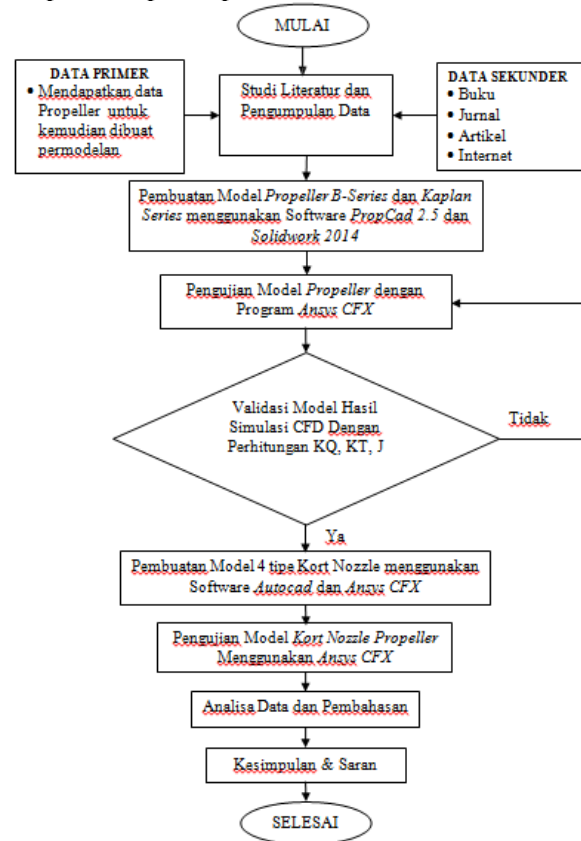
Aplikasi dari CFD untuk penyelesaian masalah aliran pada propeller telah mengalami kemajuan cukup pesat pada akhir-akhir ini. Bahkan pada saat ini teknik CFD merupakan bagian dari proses desain dalam diagram spiral perancangan.

Computational Fluid Dynamics terdiri dari tiga elemen utama yaitu:

- Pre Processor
- Solver Manager
- Post Processor

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang dipakai untuk penyelesaian tugas akhir ini secara lengkap dapat dilihat pada gambar dibawah dengan tahapan-tahapan seperti berikut :



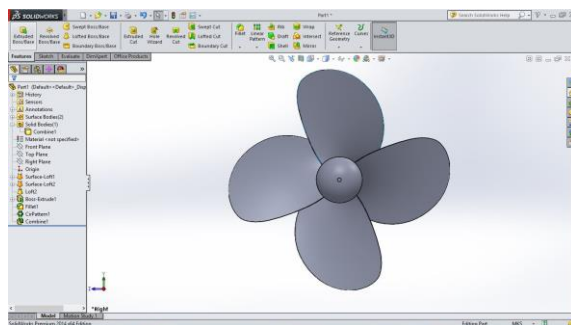
Gambar 3.1 Flow Chart metodologi penelitian

IV. Penghitungan dan Analisa Data

4.1. Pemodelan *Propeller*

4.1.1. Pemodelan Menggunakan *Solidwork*

Pembuatan model *Propeller* Menggunakan *software Solidwork* dimana hasil koordinat 3D dari perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya pada *software PropCad*, kemudian digambar ulang dengan menggunakan *software* ini pada Gambar 4.2 Berikut ini adalah hasil visualisasi desain geometri pada *software Solidwork*.



Gambar 4.2 Hasil Penggambaran *propeller* dengan *Solidwork*

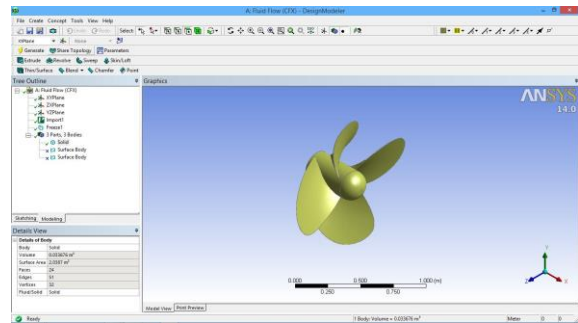
4.2. Simulasi *Computational Fluid Dynamic*

Langkah simulasi numerik pada ANSYS 14.0 pada dasarnya sama dengan jenis *software* lain yang berbasis *Computational Fluid Dynamic*. Pengujian ini menggunakan perhitungan solver *Fluid Flow Analyis (CFX)*. Secara garis besar langkah – langkah simulasi numerik pada solver ini dibagi menjadi beberapa tahapan antara lain:

- Geometri
- Mesh
- Setup
- Solution
- Result

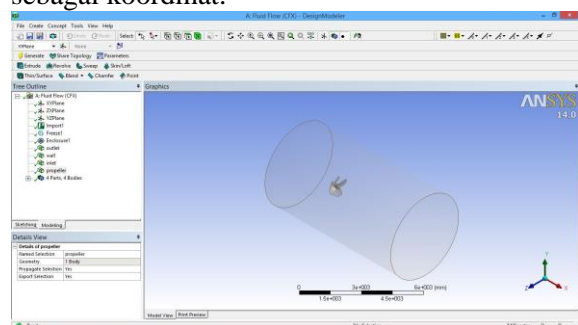
4.2.1. Tahap Geometri

Geometry merupakan langkah awal dimana pengecekan solid tidaknya model. Pada tahap ini juga dilakukan pembuatan domain fluida tempat pengujian. Pada tahap ini perintah yang digunakan adalah *file > import external geometry file > enter file model > OK > generate*. Pada Gambar 4.3 Model akan solid apabila muncul tanda balok.



Gambar 4.3 Model solid

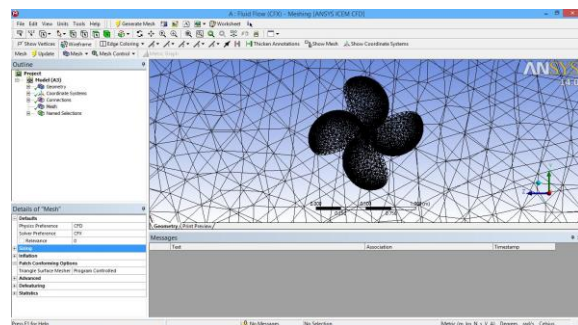
Langkah selanjutnya pembuatan *boundary building* pada Gambar 4.4 pada tahap ini langkah pertama yaitu pemilihan XY plan sebagai koordinat.



Gambar 4.4 *Boundary building propeller* pada tahap Geometri

4.2.2. Tahap Mesh

Setelah domain fluida terbentuk langkah selanjutnya adalah melakukan meshing pada model pada Gambar 4.5 Untuk itu lebih dahulu menentukan ukuran element yang akan kita gunakan. Namun perlu diingat bahwa semakin kecil elemen yang dibuat, maka jumlah element yang terbentuk semakin banyak sehingga waktu *running* akan semakin lama dan menghasilkan kapasitas file yang besar.



Gambar 4.5 Hasil meshing

4.2.3. Tahap Set Up

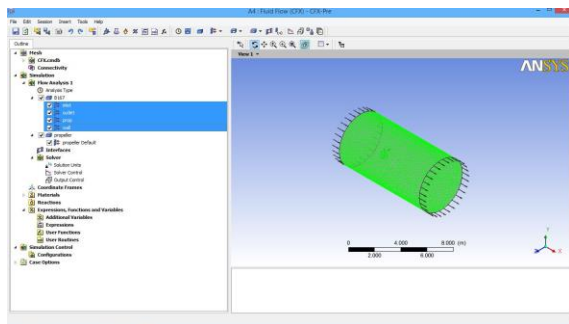
Setup adalah tahapan yang dilakukan setelah mesh berhasil dilakukan. Pada tahap *setup* ini adalah *setup* yang digunakan untuk

memvalidasi hasil uji coba *propeller* dengan CFD dan perhitungan manual yang kemudian *setup* tersebut akan di adopsi untuk pengujian *kort nozzle propeller*. Berikut adalah *setup* yang digunakan.

Pada *setup* domain *physic, type* yang digunakan berupa fluida, dengan domain *motion rotating* yang berarti fluida tersebut berputar, penggunaan *angular velocity* disesuaikan dengan satuannya, turbulence model menggunakan k-epsilon.

Pada *setup* inlet tipe *boundary* yang digunakan berupa *inlet* yang diibaratkan tempat masuknya fluida, massa dan momentumnya menggunakan *normal speed*.

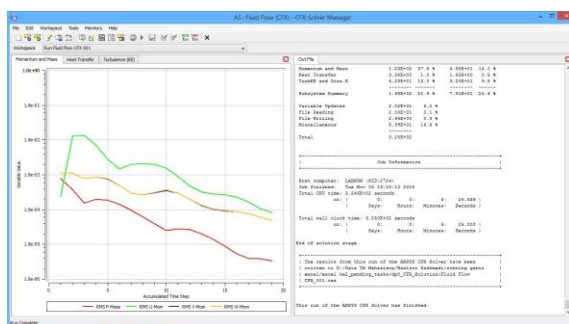
Pada *setup* wall tipe *boundary* yang digunakan berupa *wall* karena berfungsi sebagai bidang samping tertutup, massa dan momentum nya menggunakan *free slip wall* yang berarti bergerak tanpa hambatan.



Gambar 4.6 Domain pada *setup*

4.2.4. Tahap *Solution*

Setelah *setup* selesai di program, tahap selanjutnya adalah *solution* pada Gambar 4.7 Dalam tahap ini proses perhitungan (running) dilakukan berupa literasi dari persamaan dasar dinamika fluida pada CFD.

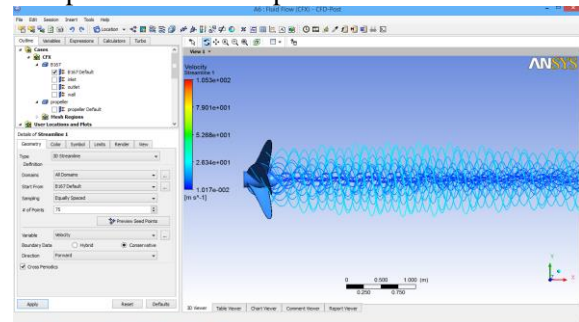


Gambar 4.7 Grafik Iterasi *Convergence*

4.2.5. Tahap *Result*

Setelah proses *running* atau simulasi selesai maka hasilnya dapat kita lihat di tahap *solution* pada Gambar 4.8. Pada tugas akhir ini

hasil yang diinginkan berupa nilai *thrust (force)*, dan *torque* model dan visualisasi aliran berupa 2 dimensi maupun 3 dimensi.

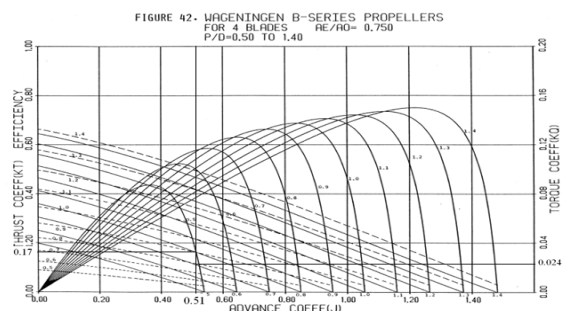


Gambar 4.8 Visualisasi aliran

4.3. Validasi *Propeller*

Pada penelitian ini untuk memvalidasi hasil dari uji model, menggunakan software hasil uji yang sudah ada. Validasi digunakan untuk menentukan *boundary condition* yang tepat untuk digunakan pada boundary condition pada saat menganalisa 4 model *nozzle* untuk *propeller* b-series dan Kaplan dengan menggunakan *software* berbasis CFD. Acuan model untuk divalidasi menggunakan *propeller* b-series. Adapun maximal error untuk validasi antara CFD dengan uji hasil perhitungan dari digram K_q , K_t dan J [6] adalah 5%. Berikut data *propeller* untuk divalidasi :

- Diameter *propeller* : 1160 mm
- Jumlah blade : 4
- Pitch/diameter : 0.81
- *Expanded Area Ratio* : 0,75



Gambar 4.9 diagram K_q , K_t , J B4-75 [7]

Pada hasil perhitungan dengan CFD pada ANSYS CFX 14.0 adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Perbandingan Hasil perhitungan *thrust* dengan simulasi CFD

Kecepatan Rotasi (rpm)	Hasil perhitungan <i>thrust</i> (kN)	Hasil simulasi CFD (kN)	Erorr (%)
400	14,046	14,468	3

Tabel 4.2 Perbandingan Hasil perhitungan *torque* dengan simulasi CFD

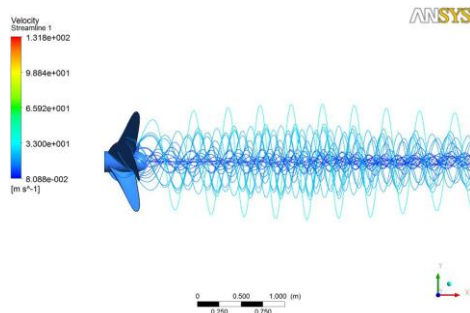
Kecepatan Rotasi (rpm)	Hasil perhitungan <i>torque</i> (kNm)	Hasil simulasi CFD (kNm)	Erorr (%)
400	2,214	2,137	3,5

Dari hasil perhitungan CFD yang dibandingkan dengan uji coba *propeller* pada Tabel 4.1 dan 4.2 dapat disimpulkan bahwa parameter *setup* pada perhitungan CFD cukup akurat yaitu dibawah 5% maka parameter *setup* tersebut akan digunakan pada simulasi *kort nozzle propeller*.

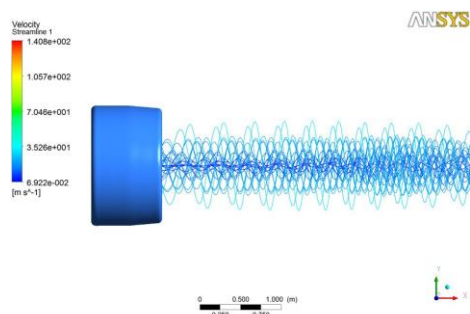
4.3.1. Perhitungan Force dan Torque pada Propeller

Perhitungan *thrust* (force) dan *torque* pada *Propeller* dengan metode *Computational Fluid Dynamic* pada *post processor* (hasil *running*) diambil dari tahap *results* yaitu pada *function calculator*, *function* yang di inginkan yaitu *force* dan *torque*. *Location* merupakan pemilihan area yang ingin di ketahui nilainya.

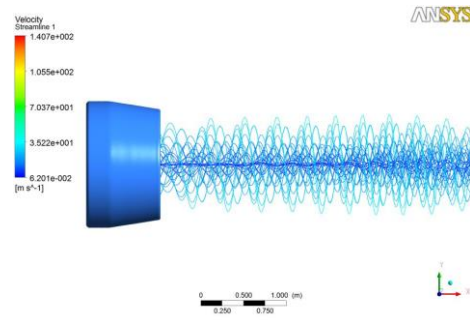
4.4. Analisa Data



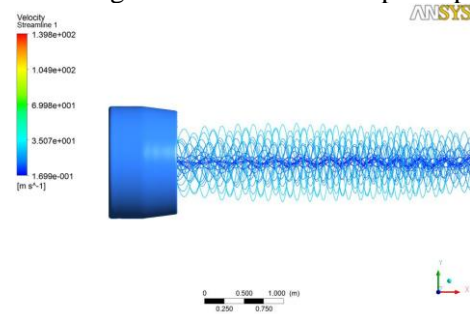
Gambar 4.10 *Streamline velocity* pada *Propeller B* konvensional pada rpm 565



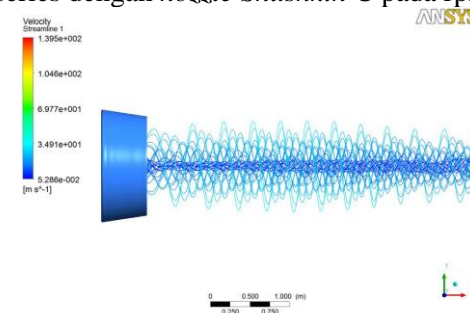
Gambar 4.11 *Streamline velocity* *Propeller B-series* dengan *nozzle Shushkin A* pada rpm 565



Gambar 4.12 *Streamline velocity* *Propeller B-series* dengan *nozzle Shushkin B* pada rpm 565



Gambar 4.13 *Streamline velocity* *Propeller B-series* dengan *nozzle Shushkin C* pada rpm 565

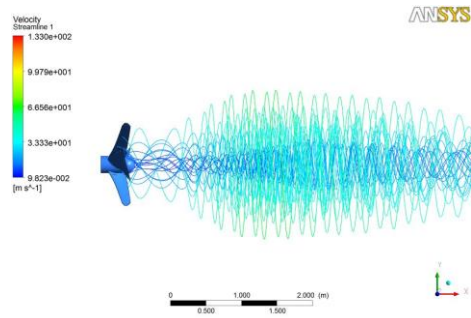


Gambar 4.14 *Streamline velocity* *Propeller B-series* dengan *nozzle 19A* pada rpm 565

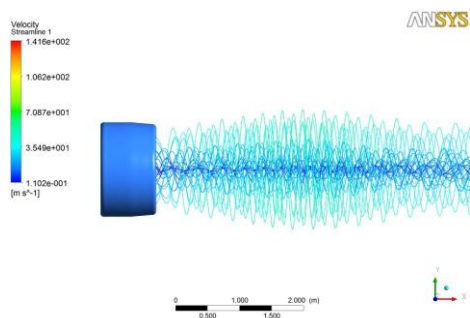
Dari hasil running simulasi pada Gambar 4.10 sampai dengan gambar 4.14 menunjukkan fenomena *Streamline velocity* pada model *propeller b-series* :

1. Bentuk aliran fluida pada *kort nozzle Shushkin* tipe A alirannya lebih memusat dibanding *propeller* konvensional dan sedikit bergelombang.
2. Bentuk aliran fluida pada *kort nozzle Shushkin* tipe B alirannya lebih memusat dibanding *propeller* konvensional, masih terdapat perbedaan lebar aliran fluida.
3. Bentuk aliran fluida pada *kort nozzle Shushkin* tipe C alirannya lebih memusat dan gelombangnya merata dibanding *propeller* konvensional
4. Bentuk aliran fluida pada *kort nozzle 19a* alirannya lebih memusat dibanding *propeller*

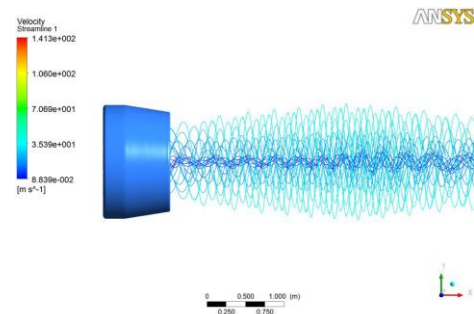
konvensional, bergelombang dan terdapat perbedaan lebar aliran fluida.



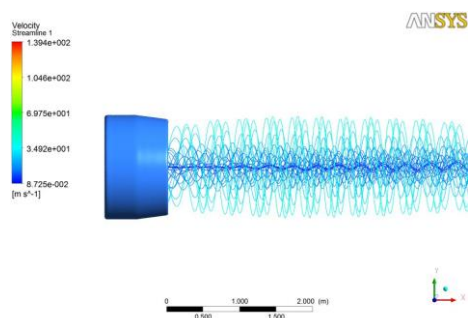
Gambar 4.15 Streamline velocity pada Kaplan konvensional pada rpm 565



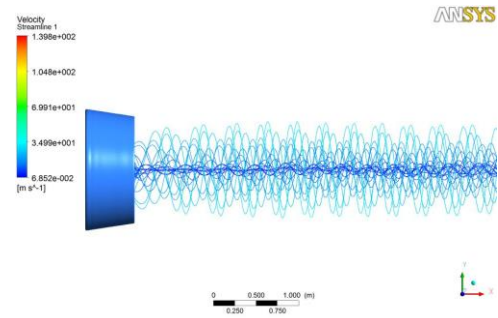
Gambar 4.16 Streamline velocity Propeller Kaplan dengan nozzle Shushkin A pada rpm 565



Gambar 4.17 Streamline velocity Propeller Kaplan dengan nozzle Shushkin B pada rpm 565



Gambar 4.18 Streamline velocity Propeller Kaplan dengan nozzle Shushkin C pada rpm 565



Gambar 4.19 Streamline velocity Propeller Kaplan dengan nozzle 19A pada rpm 565

Dari hasil running simulasi pada Gambar 4.15 sampai dengan gambar 4.19 menunjukkan fenomena *Streamline velocity* pada model *propeller* kaplan :

1. Bentuk aliran fluida pada *kort nozzle Shushkin* tipe A alirannya lebih memusat dibanding *propeller* konvensional, terdapat perbedaan lebar aliran fluida.
2. Bentuk aliran fluida pada *kort nozzle Shushkin* tipe B alirannya lebih memusat dibanding *propeller* konvensional, perbedaan lebar aliran fluida lebih baik daripada *Shushkin* A.
3. Bentuk aliran fluida pada *kort nozzle Shushkin* tipe C alirannya lebih memusat dan merata dibanding *propeller* konvensional.
4. Bentuk aliran fluida pada *kort nozzle 19A* alirannya lebih memusat dibanding *propeller* konvensional dan bergelombang.

4.5. Pembahasan

Dari hasil analisa diatas maka dapat dibuat table dan grafik sebagai berikut :

Tabel 4.3 Hasil nilai *Thrust* pada CFD pada *Propeller B-series*

C_T	RPM	Propeller dan Instalasinya				
		Propeller Konvensional	Shushkin A	Shushkin B	Shushkin C	Nozzle 19a
1.03	350	8842.54	7270.31	7131.28	7776.27	8395.62
1.7	400	14468.3	14799.3	14923.3	15366.4	15385.7
2.56	450	21703.1	23291.8	23299.5	24331.8	24044.1
3.53	500	29915.1	34414.7	34251.3	35543.9	33648.3
4.96	565	42007.8	51377.9	51294.3	53458.3	49034.5

Tabel 4.4 Hasil nilai *Torque* pada CFD pada *Propeller B-series*

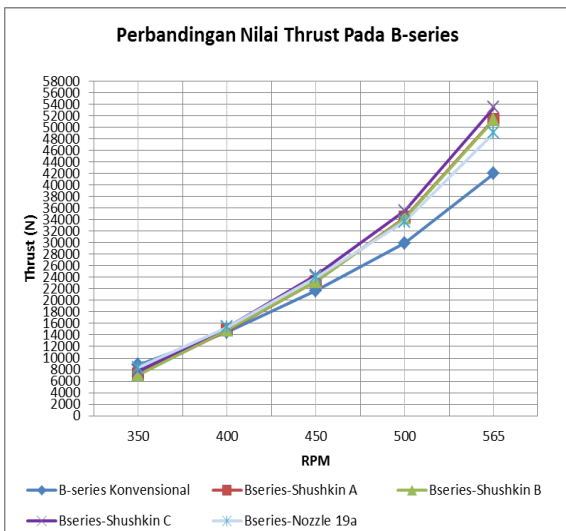
Propeller dan Instalasinya						
C_T	RPM	Propeller Konvensional	Shushkin A	Shushkin B	Shushkin C	Nozzle 19a
1.03	350	1368.05	1197.85	1184.76	1266.28	1345.98
1.7	400	2137.28	2246.86	2272.24	2321.24	2320.26
2.56	450	3091.54	3406.18	3412.59	3539.24	3511.04
3.53	500	4161.65	4918.95	4904.23	5062.04	4813.75
4.96	565	5728.95	7169.88	7165.72	7462.06	6907.27

Tabel 4.5 Hasil nilai *Thrust* pada CFD pada *Propeller Kaplan*

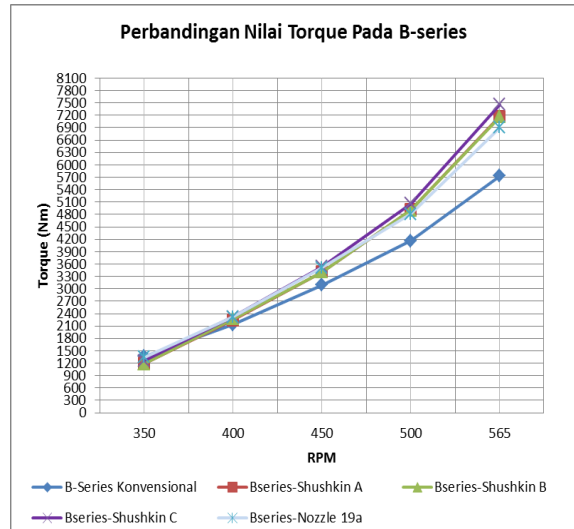
Propeller dan Instalasinya						
C_T	RPM	Propeller Konvensional	Shushkin A	Shushkin B	Shushkin C	Nozzle 19a
1.32	350	11338.1	8859.37	9392.1	10196.1	10548.7
1.95	400	17457.2	17678.9	18188.3	18898.3	17814.9
2.92	450	24758.8	27734.2	28131.7	29052.4	27986.9
3.89	500	33073.9	39338.1	39735.3	40919.6	37090
5.37	565	45378.9	54748.1	56828.4	58311.4	52060.8

Tabel 4.6 Hasil nilai *Torque* pada CFD pada *Propeller Kaplan*

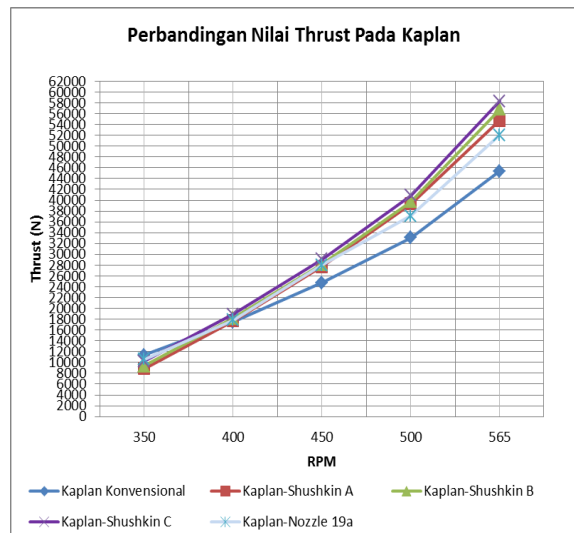
Propeller dan Instalasinya						
C_T	RPM	Propeller Konvensional	Shushkin A	Shushkin B	Shushkin C	Nozzle 19a
1.32	350	1793.4	1555.78	1627.22	1716.8	1773.24
1.95	400	2669.12	2751.87	2815.16	2916.27	2781.33
2.92	450	3695.04	4114.6	4161.83	4288.13	4174.21
3.89	500	4855.59	5630.26	5682.72	5828.5	5404.17
5.37	565	6564.86	7746.77	7930.95	8082.33	7381.08



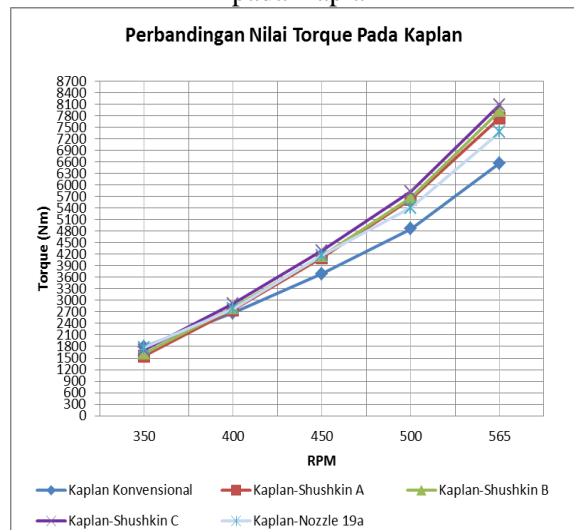
Gambar 4.20 Grafik perbandingan *Thrust* pada B-series



Gambar 4.21 Grafik perbandingan *Torque* pada B-series



Gambar 4.22 Grafik perbandingan *Thrust* pada Kaplan



Gambar 4.23 Grafik perbandingan *Torque* pada Kaplan

Dari penyajian gambar dan tabel di atas pada tabel 4.3 sampai dengan tabel 4.6 dan pada gambar grafik 4.20 sampai gambar grafik 4.23 Menunjukkan perbedaan nilai *thrust* dan *torque*.

1. Pada *propeller* jenis b-series yang memiliki nilai *Thrust* tertinggi adalah model B-series dengan *Nozzle Shushkin* tipe C dengan nilai 53,458 kN pada saat rpm 565, sedangkan pada *propeller* jenis kaplan yang memiliki nilai *Thrust* tertinggi adalah model kaplan dengan *Nozzle Shushkin* tipe C dengan nilai 58,311 kN pada saat rpm 565.
2. Pada *propeller* jenis b-series yang memiliki nilai *torque* terendah adalah model B-series dengan *Nozzle Shushkin* tipe B dengan nilai 1,184 kNm pada saat rpm 350, sedangkan untuk nilai *torque* terendah pada *propeller* kaplan adalah model kaplan dengan *Nozzle Shushkin* tipe A dengan nilai 1,555 kNm pada saat rpm 350.

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan percobaan dan simulasi yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari empat tipe *kort nozzle* yang dibandingkan yaitu *Shushkin Nozzle* Tipe A, *Shushkin Nozzle* Tipe B, *Shushkin Nozzle* Tipe C, *Marin's Nozzle* 19A pada *propeller* jenis b-series yang memiliki nilai *Thrust* tertinggi pada *propeller* b-series adalah model b-series dengan menggunakan *Nozzle Shushkin* tipe C dengan nilai 53,458 kN pada saat rpm 565, sedangkan yang memiliki nilai *thrust* tertinggi pada *propeller* jenis kaplan adalah model kaplan dengan menggunakan *Nozzle Shushkin* tipe C dengan nilai 58,311 kN pada saat rpm 565.
2. Dari empat tipe *kort nozzle* yang dibandingkan yaitu *Shushkin Nozzle* Tipe A, *Shushkin Nozzle* Tipe B, *Shushkin Nozzle* Tipe C, *Marin's Nozzle* 19A pada *propeller* jenis B-series yang memiliki nilai *torque* terendah pada *propeller* B-series adalah model B-series dengan menggunakan *Nozzle Shushkin* tipe B dengan nilai 1,184 kNm pada saat rpm 350, sedangkan yang memiliki nilai *torque* terendah pada *propeller* kaplan adalah model kaplan dengan menggunakan *Nozzle Shushkin* tipe A dengan nilai 1,555 kNm pada saat rpm 350.

Daftar Pustaka

- [1] Manik, Parlindungan, 2008. *Buku Ajar Propulsi Kapal*. Jurusan Teknik Perkapalan. UNDIP: Semarang.
- [2] Huda,Nurul, 2013. *Analisa pengaruh Energy Saving Device pada Propeller dengan Metode CFD*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang
- [3] Oosterveld, DR. IR. M. W. *Wake Adapted Ducted Propellers*. Publication No. 345 Netherlands Ship Model Basin Wageningen : Netherlands
- [4] Lewis, E.V., 1988. *Principles of naval architecture. Edition: 2nd revision*” *Society of Naval Architects and Marine Engineers*. Library of Congress Catalog : United State of America
- [5] Harvald, Sv Aa. 1992. *Tahanan dan Propulsi Kapal*. Airlangga University Press:Surabaya
- [6] M.M. Bernitsas, D. Ray, P.Kinley, 1981. *Kt, Kq, and Efficiency Curves for the Wageningen B-series Propellers*. The university of Michigan : Michigan
- [7] Schneekluth, H and Bertram, V. (1998). *Ship Design for Efficiency and Economy*. Butterworth-Heinemann, A division of Reed Educational and Professional Publishing Ltd. : Oxford
- [8] Koronowicz T., Krzemianowski Z., Tuskowska T., Szantyr J.A, 2009. *A complete design of ducted propellers using the new computer system*. Polish Maritime Research No. 1 Vol. 16 : Gdansk