



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Perbandingan Penggunaan *Energy Saving Device (ESD)* *Propeller Boss Cap Fin* Pada *Propeller Tipe B-Series* Dengan Variasi *Diameter Fin* Menggunakan Metode CFD

Alfian Tri Eka Kurniawan¹⁾, Deddy Chrismianto¹⁾, Good Rindo¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email: alfiantriekak@gmail.com, deddychrismianto@yahoo.co.id, good.rindo@gmail.com

Abstrak

Pengurangan konsumsi bahan bakar bisa dilakukan dengan cara menambah instalasi alat pada *propeller* atau yang biasa disebut desain ESD yang telah dikembangkan yaitu *Propeller Boss Cap Fins (PBCF)* yang dapat mengoptimalkan dan efektif pada kapal hingga meningkatkan gaya *thrust* kapal sampai beberapa persen. Dengan adanya penambahan *Propeller Boss Cap Fins* disini penulis ingin menganalisa pengaruh instalasi *Energy Saving Device (ESD)* terhadap gaya dorong (*thrust*) yang dihasilkan dari kedua *propeller type B-Series*, sehingga didapatkan jenis baling – baling yang optimum dengan menggunakan program *Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Dalam proses analisa menggunakan *software* berbasis CFD, kami mendapatkan hasil dari semua model baling – baling yaitu bentuk aliran, nilai *thrust* dan nilai torque yang berbeda sesuai dengan RPM yang diberikan. Dari kedelapan variasi model yang telah dibandingkan didapat model baling – baling yang optimum yaitu B-3 Series pada Model 4 Scheme A (0,20D) putaran 130 RPM dengan nilai *thrust* sebesar 740285 KN, Nilai torque terendah dihasilkan pada model 9 Scheme B (0,25D) dengan nilai 464642Nm, dan nilai perbandingan *thrust* dan torque tersebut di dapatkan dari model dengan parameter analisis dimensi yang sama dan Putaran yang sama. Dan mendapatkan Nilai efisiensi tertinggi diperoleh pada model 7 Scheme B (0,20D) yaitu sebesar 0,526369.

Kata Kunci : *Energy Saving Device, Propeller Boss Cap Fins (PBCF), Propeller CFD.*

1. PENDAHULUAN

Cenderung peningkatan harga bahan bakar semakin mendorong pelaku industry khususnya pemilik kapal melakukan penghematan konsumsi bahan bakar dan cara yang cukup efektif untuk mengurangi konsumsi bahan bakar tersebut adalah dengan menambah instalasi alat yang disebut *Energy Saving Device (ESD)* dengan tujuan meningkatkan efisiensi propulsi. Penambahan *Energy Saving Device (ESD)* pada *propeller* ini akan meminimalisir *energy losses* yang terjadi pada *propeller*^[7].

Beberapa *Energy Saving Device (ESD)* yang telah dikembangkan yakni *propeller boss cap fins (PBCF)* mampu membuat laju suatu

kapal lebih optimal dan efektif, hingga meningkatkan gaya dorong / *thrust* kapal sampai beberapa persen. yang ditimbulkan oleh baling-baling/*propeller* tersebut.

Kapal-kapal di Indonesia umumnya adalah *Fixed Pitch Propeller*. *Fixed Pitch Propeller* umumnya telah memenuhi standard yang tepat terutama jenis rancangan dan ukurannya, baik itu untuk baling-baling motor atau yang kecil hingga untuk kapal muatan curah hingga kapal tangki yang berukuran besar. Jenis baling-baling ini umumnya dipilih oleh pengguna kapal karena mudah untuk membuatnya.

Kemudian penambahan atau penggunaan *Propeller Boss Cap Fins (PBCF)* terbukti dapat meningkatkan gaya dorong/*Thrust*. Dalam penelitian ini *Energy Saving Device* dipasangkan atau divariasikan instalasi nya pada type propeller yaitu *type B-Series* dan kemudian aliran fluida yang terjadi pada propeller tersebut akan dianalisa menggunakan metode CFD (*Computational Fluid Dynamics*).^[4]

1.1. Pembatasan Masalah

Batasan masalah digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan penelitian sehingga sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan. Adapun batasan permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. *Propeller* yang digunakan adalah
2. Data *propeller* diambil dari spek *propeller*

| SCHEME | PARAMETER | SCHEME | |
|-----------|---------------------|----------|--------|
| | | A | B |
| PROPELLER | Diameter (m) | 5.5 | 5.5 |
| | Blade number | 3 | 3 |
| | (P/D) 0,7R | 0.8058 | 0.7865 |
| | (P/D) 0,2R | 0.7202 | 0.8601 |
| | Area Ratio | 0.85 | 0.85 |
| PBCF | Installed angle | 46 | 49 |
| | Fin number | 3 | 3 |
| | Radius ratio (Rf/R) | 0.28 | 0.28 |
| | Type | B-series | |

yang terdapat di dalam jurnal mendekati kesamaan dimensi dari *propeller* tersebut.

3. Variasi yang dilakukan ada 8 :
 - a. Propeller Scheme A tanpa instalasi ESD (*Energy Saving Device*)
 - b. Propeller Scheme A instalasi PBCF dengan variasi 0.30D
 - c. Propeller Scheme A instalasi PBCF dengan variasi 0.25D
 - d. Propeller Scheme A instalasi PBCF dengan variasi 0.20D
 - e. Propeller Scheme A instalasi PBCF dengan variasi 0.15D
 - f. Propeller Scheme B tanpa instalasi (*Energy Saving Device*)
 - g. Propeller Scheme B instalasi PBCF dengan variasi 0.30D
 - h. Propeller Scheme B instalasi PBCF dengan variasi 0.25D
 - i. Propeller Scheme B instalasi PBCF dengan variasi 0.20D
 - j. Propeller Scheme B instalasi PBCF dengan variasi 0.15D
4. Hanya membandingkan desain yang ada.

5. Asumsi aliran di depan *propeller* adalah *steady-uniform*
6. Analisa pada keadaan *open water*.
7. *Thruster* dianalisa pada kondisi keadaan statis sesuai dengan putaran yang diinginkan.
8. Hanya menganalisa distribusi aliran fluida dibelakang *propeller*.
9. Mengabaikan faktor maupun kondisi aliran air (fluida) dari badan propeller.
10. Tidak memperhitungkan analisa biaya.
11. Menggunakan *software* analisa CFD yaitu *Ansys CFX*.

Tidak melakukan pengujian *towing tank*

1.2. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang serta permasalahannya maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh pemasangan *Energy Saving Device* berupa Propeller pada terhadap bentuk aliran fluida yang dihasilkan.
2. Mengetahui Nilai Efisiensi paling tinggi dari variasi/kombinasi model instalasi yang dibuat pada propeller type B-Series.
3. Mengetahui kenaikan gaya dorong (thrust) yang signifikan pada jenis propeller type B-Series dengan pemasangan ESD tersebut.

2. 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.

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.^[3]

Beberapa hal yang dibutuhkan oleh oleh system propulsi dan juga *propeller*, yaitu ^[3]:

- Manuver tinggi muncul dan khususnya dalam kondisi menyelam.
- Peningkatan perlindungan dengan mengurangi emisi kebisingan dan dalam melawan hambatan.
- Baling-baling bebas dari kavitasi dengan memadai margin.
- *Propeller* dengan efisiensi tinggi.

2.2 Karakteristik Baling-baling Kapal

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-generalisasi untuk keseluruhan bentuk

$$\text{atau tipe } K_T = \frac{T}{\rho \cdot n^2 \cdot D^4} \quad K_Q = \frac{Q}{\rho \cdot n^2 \cdot D^5}$$

dari baling-baling. Persamaan sebagai berikut :

$$J = \frac{Va}{nxD}$$

Dimana:

KT = Koefisien gaya dorong baling-baling

KQ = Koefisien torsi baling-baling

J = Koefisien *advanced* baling-baling

Va = kecepatan *advanced*

D = diameter *propeller*

n = putaran *propeller*

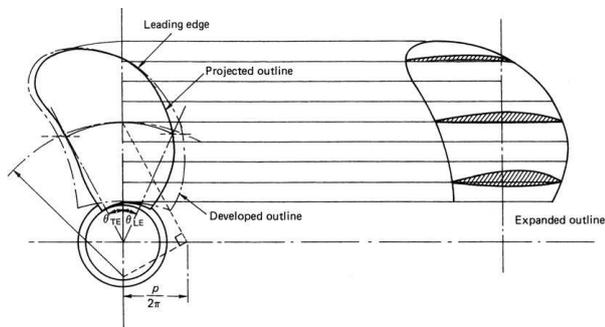
T = *thrust propeller*

Q = *torque propeller*

ρ = massa jenis fluida (*fluid density*)

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.



Gambar 1.1. Sketsa definisi baling-baling

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.^[3]

2.4 Propeller Boss Cap Fins (PBCF)

Propeller Boss Cap Fins (PBCF) merupakan sirip kecil yang dipasang pada preopeller hub yang mana didesain untuk mengurangi hub vortex, yang bertujuan untuk mengembalikkan rotational energy yang hilang, dan mengurangi kavitasi. Konsep ini telah ditemukan oleh Mitsui OSK Lines Ltd.

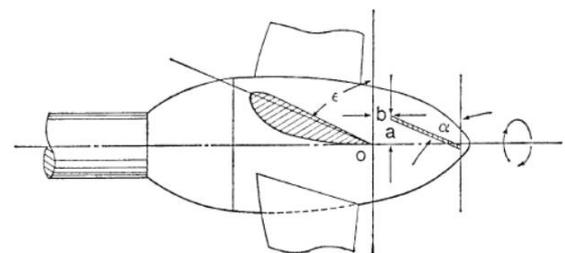
Unit ini telah menghemat energy pada lebih dari 830 kapal di seluruh dunia. Meningkatkan efisiensi propeller dengan memanfaatkan kembali energy dari hub vortex, yang merupakan efek dari pemasangan Propeller Boss Cap Fins (PBCF).^[9]



Gambar 1.3. Propeller Boss Cap Fin

PBCF dapat didesain untuk dipasang pada segala ukuran dan tipe kapal, dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Menghemat 4-5 % konsumsi bahan bakar atau 1-2% kenaikan kecepatan kapal.
2. 3 % pengurangan rasio torsi propeller.
3. Mengurangi vibrasi karena hub vortex.
4. Mengurangi rudder erosion.



- Jumlah fin atau sirip harus sama dengan jumlah daun baling-baling.
- Perbedaan fase pada cross-section dari pangkal daun propeller dengan sirip bervariasi antara 20° - 30° .
- Diameter fin/sirip tidak lebih 33% dari diameter propeller.
- Leading edge dari fin terletak dekat antara dua pangkal daun propeller.^[9]

2.6 Computational Fluid Dynamics

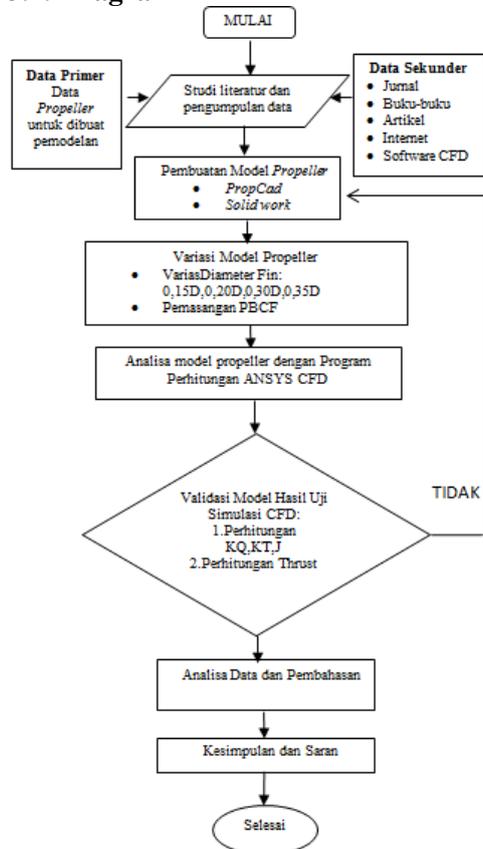
Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. Tujuan CFD untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas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

Computational Fluid Dynamics terdiri dari tiga elemen utama yaitu:^[12]

- Pre Processor*
- Solver Manager*
- Post Processor*

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir

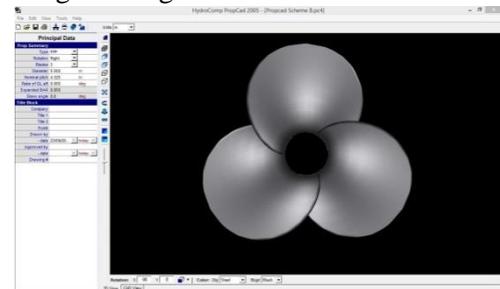


Gambar 4. Diagram Alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Model

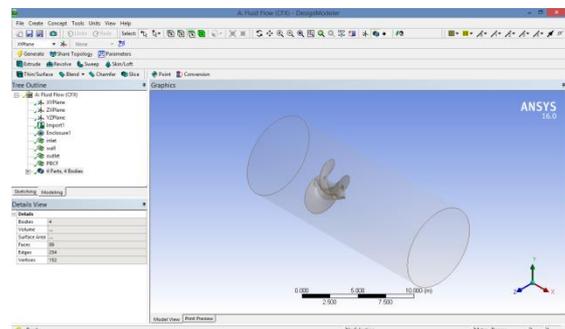
Data ukuran utama *propeller* diolah menggunakan *software PropCad* (gambar.2) yang merupakan *software* pengolah koordinat baling – baling.



Gambar. 5 *Software PropCad*

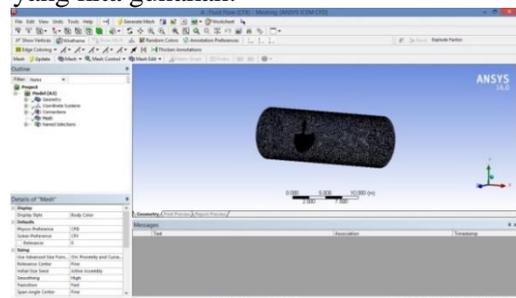
Selanjutnya dilakukan pembuatan 3D model dan melakukan variasi untuk diolah menjadi benda solid sebelum dimasukkan ketahap analisa, pemodelan 3D tersebut menggunakan *software solidwork* (gambar.3)

Tahap selanjutnya yaitu *geometry* dimana model dilakukan pengecekan apakah model sudah *solid*. Lalu dilakukan pembentuk *boundary* pada bidang sumbu x y z dan pendefinisian setiap bagian boundary seperti pengaturan inlet, outlet, dan wall.



Gambar. 7 Tahap *Geometry*

Selanjutnya tahap *meshing* untuk menentukan ukuran tiap elemen dan mengatur kedetailan melalui ukuran elemen yang kita gunakan.



Gambar. 8 Tahap *Mesh*

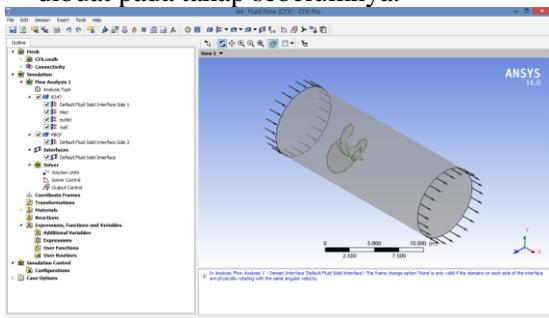
Selanjutnya kita mengatur setiap kriteria yang kita gunakan dengan mengatur *Set-up*. *Set-up* yang digunakan merupakan kriteria yang telah di validasi dahulu sebelumnya

sehingga mendapatkan hasil yang memiliki *error* tidak jauh dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Berikut *Domain Physics* yang digunakan.

Tabel.1 *Domain Default*

| Domain - Default Domain | |
|--------------------------|--------------------------|
| Type | Fluid |
| Location | B385 |
| <i>Materials</i> | |
| Water | |
| Fluid Definition | Material Library |
| Morphology | Continuous Fluid |
| <i>Settings</i> | |
| Buoyancy Model | Non Buoyant |
| Domain Motion | Rotating |
| Angular Velocity | [rev min ⁻¹] |
| Axis Definition | Coordinate Axis |
| Rotation Axis | Coord 0.1 |
| Reference Pressure | 1.0000e+00 [atm] |
| Heat Transfer Model | Isothermal |
| Fluid Temperature | 2.5000e+01 [C] |
| Turbulence Model | k epsilon |
| Turbulent Wall Functions | Scalable |

Berikut merupakan gambar dari pengaturan *set-up* pada *boundary* yang telah dibuat pada tahap sebelumnya.



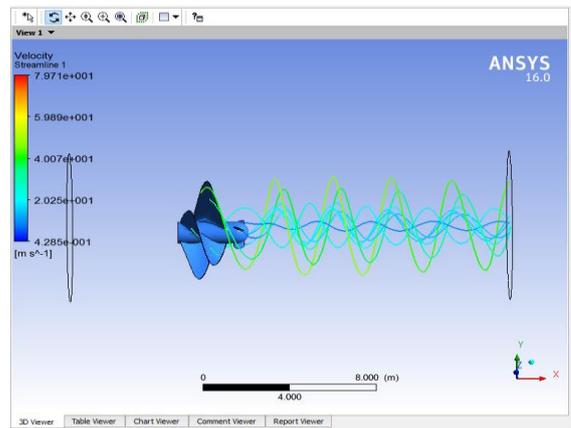
Gambar. 9 *Boundary Set-up*

Tahap *solution* yaitu tahap dimana proses perhitungan (running) dilakukan berupa literasi dari persamaan dasar dinamika fluida pada CFD.



Gambar. 10 *Convergence model*

Tahap akhir yaitu tahap *post* dimana kita mendapatkan hasil yang dapat disimulasikan baik 3D ataupun 2D.



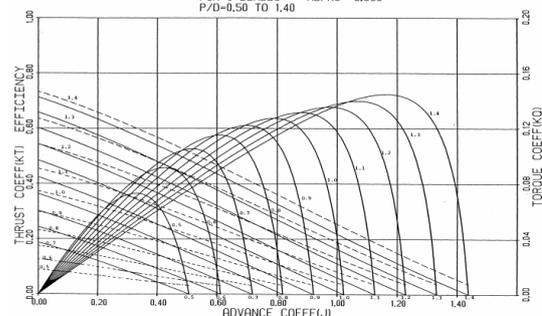
Gambar. 11 *Result model*

4.2 Validasi Model

Pada penelitian ini untuk memvalidasi hasil dari uji model, menggunakan perhitungan manual nilai Thrust dan Torque. Validasi digunakan untuk menentukan boundary condition yang tepat untuk digunakan pada boundary condition pada saat menganalisa 8 model propeller dengan menggunakan *software* berbasis CFD. Acuan Validasi untuk Propeller Menggunakan Grafik pada Diktat Analisa KT-KQ-J Wageningen B-series Propeller dengan pengujian Propeller B-Series yaitu propeller yang digunakan tipe Wageningen B4 70 series propeller. Adapun maximal error untuk validasi antara CFD dengan uji hasil perhitungan KT-KQ-J adalah 6%. Berikut data Propeller untuk di

- Jenis Propeller : FPP- B Series
- Diameter propeller : 5,500 m
- Pitch : 4,325 m
- Jumlah blade : 3 Blades
- Pitch/diameter : 0,80
- Rake angle : 0°
- Rotation : Right
- Blade Area Ratio : 0,85

FIGURE 28. WAGENINGEN B-SERIES PROPELLERS FOR 3 BLADES RE/RO = 0,850 P/D=0,50 TO 1,40



Gambar. 12 Diagram K_q, K_t, J B3-85^[8]

Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Perhitungan dengan simulasi CFD

Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Perhitungan dengan simulasi CFD

| Kecepatan Rotasi (rpm) | Hasil Perhitungan thrust (N) | Hasil simulasi CFD (N) | Erorr (%) |
|------------------------|------------------------------|------------------------|-----------|
| 130 | 748389 | 709432 | 5,12 |

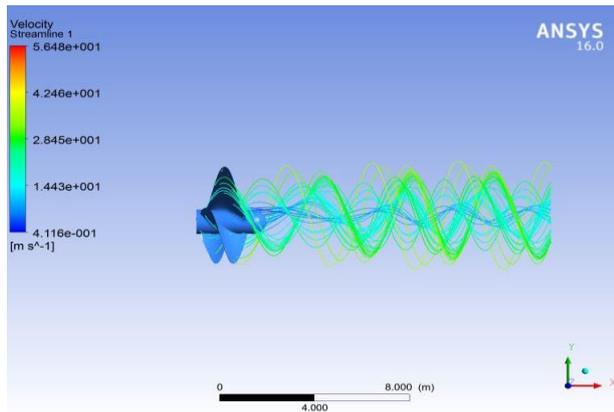
| Kecepatan Rotasi (rpm) | Hasil Perhitungan thrust (N) | Hasil simulasi CFD (N) | Erorr (%) |
|------------------------|------------------------------|------------------------|-----------|
| 130 | 532538 | 518212 | 3,10 |

4.2.1 Perhitungan Force dan Torque pada Propeller

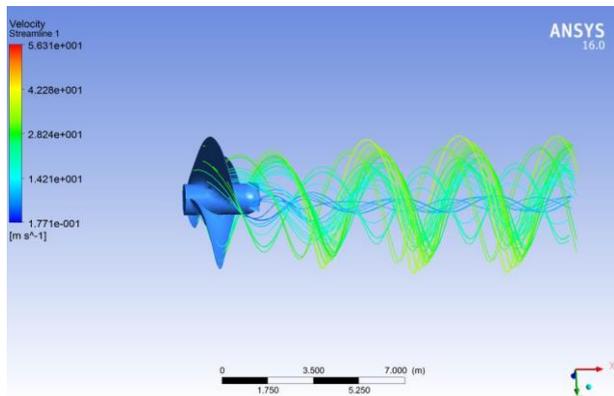
Perhitungan *thrust* (force) dan *torque* pada *Propeller* dengan metode *Computational Fluid Dynamic* pada *post processor* (hasil *running*) diambil dari tahap *results* yaitu pada *function calculator*, *function* yang di inginkan yaitu *force* dan *torque*. *Location* merupakan pemilihan area yang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

4.3 Analisa Data

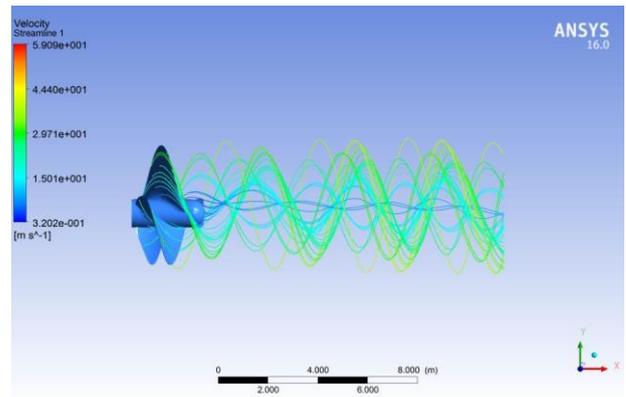
Gambar 13. Streamline Velocity pada Propeller



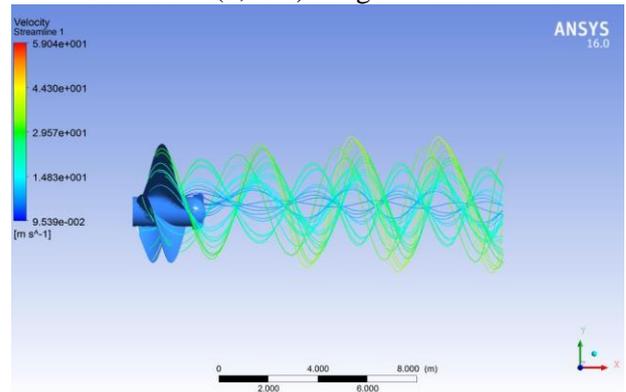
Scheme A konvensional



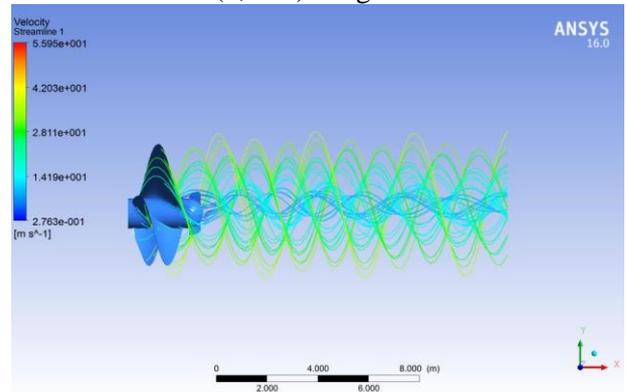
Gambar 14. Streamline Velocity pada Propeller Scheme A (0,15D) dengan instalasi PBCF



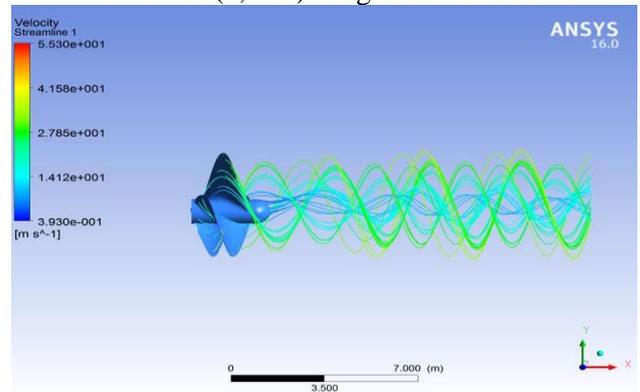
Gambar 15. Streamline Velocity pada Propeller Scheme A (0,20D) dengan instalasi PBCF



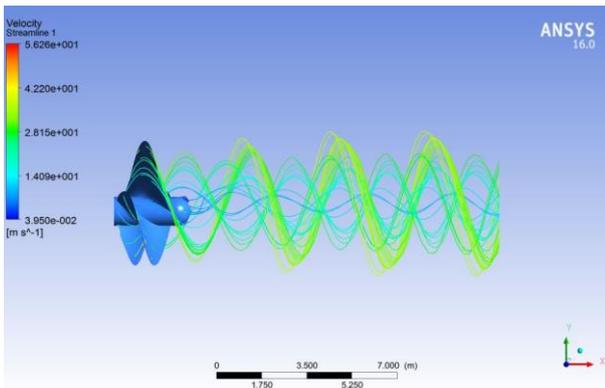
Gambar 16. Streamline Velocity pada Propeller Scheme A (0,25D) dengan instalasi PBCF



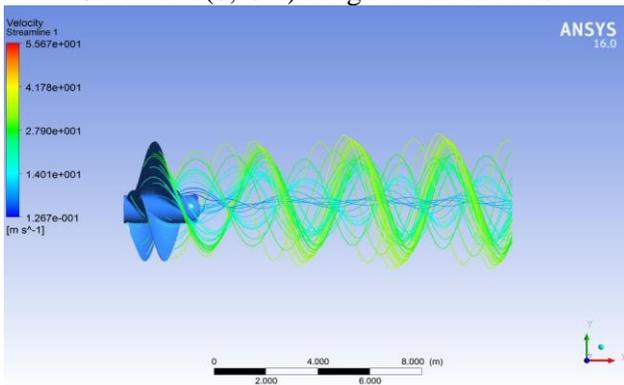
Gambar 17. Streamline Velocity pada Propeller Scheme A (0,30D) dengan instalasi PBCF



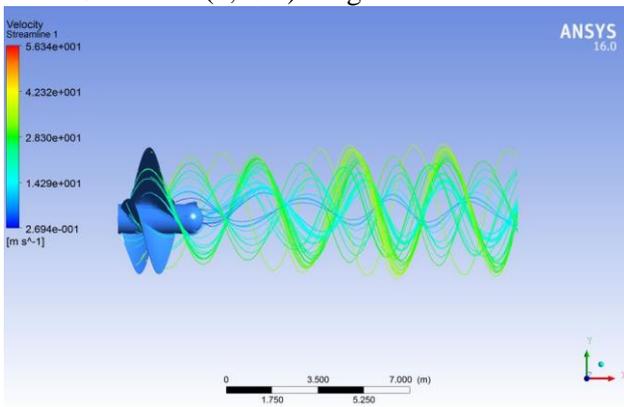
Gambar 18. Streamline Velocity pada Propeller Scheme B Konvensional



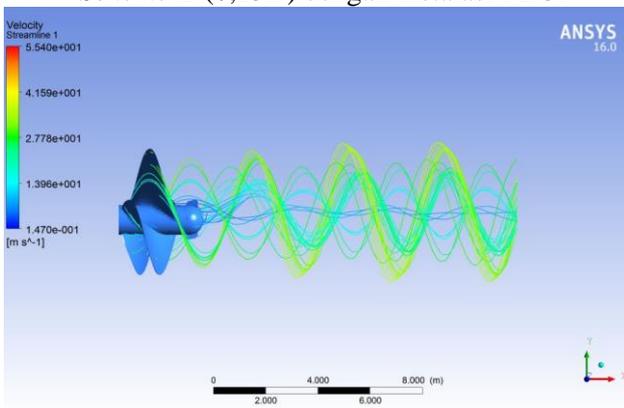
Gambar 19. Streamline Velocity pada Propeller Scheme B (0,15D) dengan instalasi PBCF



Gambar 20. Streamline Velocity pada Propeller Scheme B (0,20D) dengan instalasi PBCF



Gambar 21. Streamline Velocity pada Propeller Scheme B (0,25D) dengan instalasi PBCF



Gambar 22. Streamline Velocity pada Propeller Scheme B (0,30D) dengan instalasi PBCF

Berikut adalah data variasi *propeller* beserta nilai efisiensi, *thrust* dan *torque* :

Tabel 4.18 Variasi propeller B-series beserta nilai efisiensi, *thrust* dan *torque* Scheme A

| Scheme A | Diameter Fins | Thrust | Torque | Efisiensi |
|-----------|---------------|--------|--------|-----------|
| | Konvensional | 709432 | 518212 | 0.524043 |
| B- Series | 0,15 D | 670481 | 512093 | 0.501189 |
| | 0,20 D | 740285 | 567556 | 0.499292 |
| | 0,25 D | 669786 | 525837 | 0.487583 |
| | 0,30 D | 637001 | 521173 | 0.467867 |

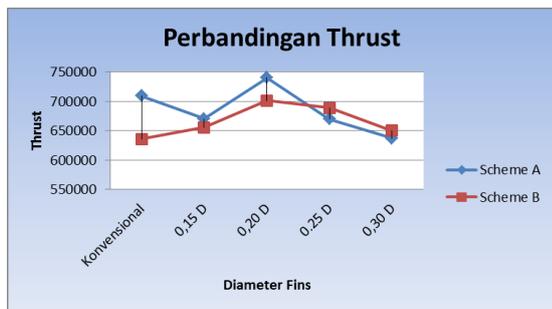
Pada Tabel 4.18 Variasi propeller B-series Scheme A beserta nilai efisiensi, *thrust* dan *torque* tiap model *propeller B-Series* dengan variasi diameter fins. Dari table hasil perhitungan tersebut dapat dilihat hasil nilai maximum dan minimum pada *Thrust, torque* dan efisiensi propeller. Adapun nilai max pada *thrust* didapatkan 740285 N dikarenakan memiliki nilai *thrust* terbesar, lalu ditambahkan dengan *Propeller Boss Cap Fins* dibandingkan dengan model lainnya. Nilai *torque* minimum 512093 Nm dan nilai efisiensi maximum 0.524043 pada tipe pengujian B-series Scheme A karena instalasi PBCF.

Tabel 4.19 Variasi propeller B-series beserta nilai efisiensi, *thrust* dan *torque* Scheme B

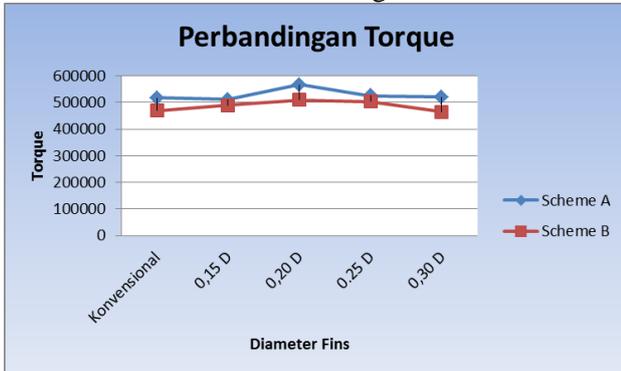
| Scheme B | Diameter Fins | Thrust | Torque | Efisiensi |
|-----------|---------------|--------|--------|-----------|
| | Konvensional | 635779 | 468739 | 0.519205 |
| B- Series | 0,15 D | 655619 | 489692 | 0.519205 |
| | 0,20 D | 701177 | 509919 | 0.526369 |
| | 0,25 D | 689093 | 464642 | 0.512014 |
| | 0,30 D | 649929 | 493601 | 0.507016 |

Pada Tabel 4.19 Variasi Propeller B-Series Scheme B beserta nilai efisiensi, *thrust* dan *torque* menunjukkan hasil perhitungan nilai *thrust, torque* dan efisiensi tiap model propeller B-Series dengan variasi diameter fins. Dari table hasil perhitungan tersebut dapat dilihat hasil nilai *Thrust* maximum, *torque* minimum dan efisiensi *propeller*. Adapun nilai max pada *thrust* didapatkan 701177 N nilai *torque* minimum 464642 Nm dan nilai efisiensi maximum 0,526369 pada tipe B-Series Penambahan PBCF.

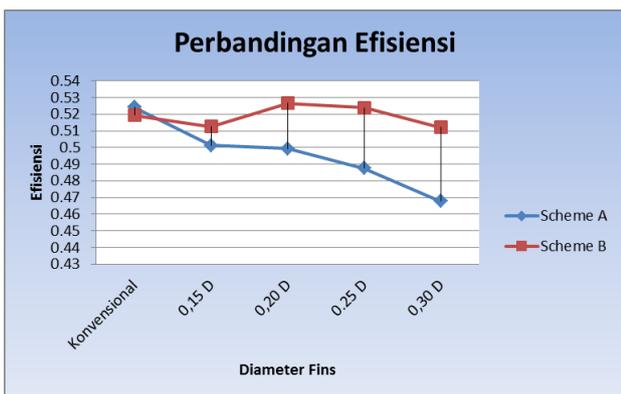
- c. Perbandingan Grafik dari Propeller B-Series pada Scheme A dan Scheme



Gambar 4.23 Grafik Perbandingan nilai Thrust



Gambar 4.24 Grafik Perbandingan nilai Torque



Gambar 4.25 Grafik Perbandingan nilai Efisiensi

Dari hasil running simulasi pada tabel 4.18 sampai dengan tabel 4.20 dan dari gambar grafik 4.24 sampai gambar grafik 4.25 menunjukkan Nilai *thrust* dan *torque* dan *efisiensi* pada model *propeller* yang berbeda:

1. Pada model Propeller B3 85 (Scheme A Diameter Fin: 0.20D) Series mempunyai nilai Thrust paling besar senilai 740285 N dibandingkan dengan 8 variasi model lainnya. Karena adanya penambahan Propeller Boss Cap Fins dalam peningkatan kualitas gaya dorong baling-baling.
2. Pada model Propeller B3 85 Series (Scheme B Diameter Fins :0.30D) memiliki nilai Torque paling rendah dibandingkan model-model variasi yang lainnya dengan nilai 464642 Nm
3. Pada model Propeller B3 85 Series (Scheme B Diameter Fins :0,20 D)

memiliki nilai efisiensi paling maximum dibandingkan model-model variasi yang lainnya dengan nilai 0,526369.

5. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisa maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh pemakaian *Energy Saving Device* berupa *Propeller Boss Cap Fins* mampu menyelaraskan aliran searah dengan arah aliran pada daun sehingga meminimalisir terjadinya *hub vortex*.
2. Nilai perbandingan thrust dan torque tersebut di dapatkan dari model dengan parameter analysis dimensi yang sama dan putaran 130 RPM dan mendapatkan Nilai efisiensi tertinggi dihasilkan pada Scheme B (diameter fins:0,20D) yaitu sebesar 0,526369
3. Setelah dilakukan analisa model *propeller B-3 Series* dengan variasi *diameter fins* (0,15D,0,20D,0,25D,0,30D) serta dengan instalasi penambahan *PBCF* dari 8 variasi model tersebut didapatkan hasil bahwa, Nilai thrust tertinggi dari Schme A dan Scheme B terlihat variasi 0,20D pada Scheme A memiliki nilai Thrust tertinggi sebesar 740285 N pada putaran 130 RPM Nilai Torque terendah dihasilkan pada model Scheme A 0,25D dengan nilai 464642 Nm pada putaran 130 RPM.

6. SARAN

Selanjutnya dari pembahasan penelitian ini, dapat dirangkum beberapa saran yang berkaitan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut: Adapun saran penulis untuk penelitian lebih lanjut (*future research*) antara lain :

1. Perlunya dilakukan kajian lebih mendalam lagi untuk masing-masing instalasi *Propeller Boss Cap Fins* dalam segi pemasangan *Diameter Fins* sehingga kajiannya lebih komprehensif.
2. Diperlukan komputasi yang tinggi dalam analisa CFD.

Penelitian masih dapat dikembangkan lagi lebih lanjut dengan meninjau berbagai macam aspek pada sistem propulsi kapal

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Carlton, J. 2007. *Marine Propellers and Propulsion*, 2nd Edition. Butterworth-Heinemann
- [2] Simbolon, Herbet. 2015, *Analisa Nilai Maximum Thrust Propeller B-Series dan Kaplan Series Pada kapal Tugboat Ari 400 HP dengan Variasi Diameter, Jumlah Daun, Sudut Rake Menggunakan CFD, Tugas akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP : Semarang.*
- [3] Manik, Parlindungan, 2008, *Buku Ajar Propulsi Kapal*, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang
- [4] Pradika, Desto, 2015. “*Analisa Pengaruh Pemasangan Energy Saving Device (ESD) Propeller Boss Cap Fins (PBCF) Dan Kort Nozzle Pada Propeller Type B-Series Dan Kort Nozzle Pada Propeller Type B-Series Dan Propeller Type AU Terhadap Gaya Dorong Propeller*” Tugas Akhir ,UNDIP.Semarang
- [5] Kuiper,G. 1992. *The Wageningen Propeller Series*.Institut fur Schiffbau Dar Universitit Hamburg.
- [6] Bernitsas, M.M., Ray D., Kinley P.,1981. “*KT,KQ and Efficiency Curves For the Wageningen B- Series Propellers*”.The University Of Michigan.Michigan
- [7] Huda,Nurul, 2013, *Analisa pengaruh Energy Saving Device pada Propeller dengan Metode CFD*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang
- [8] Samsul Huda, Ismail, 2011, *Perancangan program pemilihan propeller jenis wegeningen B-Seried berbasis efisiensi*, Tugas Akhir, jurusan Teknik Sistem Perkapalan, FTK-ITS
- [9] Ouchi ,K.,Tamashima,M. 1989. “*Research and development of PBCF (propeller boss cap fin),new and practical device to enchance propeller efficiency*”,4th international
- [10] Abidin, Zaenal, 2015, *Komparasi Desain Dan Analisa Underwater Thruster Pada Remotely Operated Vehicle (ROV) Dengan Metode CFD*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang.