

ANALISA TEKNIS PENGARUH JUMLAH SUDU *PROPELLER* BEBAS PUTAR TERHADAP GAYA DORONG KAPAL TUNDA DPS IX

Dewi Nurma Yunita¹, Arif Winarno², Bimo Darmadi P.³,

^{1,2,3}Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan,
Universitas Hang Tuah Surabaya
dewinurmayunita@hangtuah.ac.id

Abstrak: *Propeller* bebas putar adalah *propeller* yang berputar secara bebas pada poros *propeller* utama. Kelebihan dari *propeller* bebas putar yaitu bisa sebagai turbin yang memanfaatkan energi putaran aliran bebas (*slipstream*) dari *propeller* utama dan juga sebagai *propeller* biasa yang dapat mengubah energi dari aliran bebas kedalam gaya dorong/*thrust*. Dengan memanfaatkan aliran bebas dari *propeller* utama dapat meningkatkan gaya dorong/*thrust*, torsi dan efisiensi *propeller*. Untuk mendapatkan nilai gaya dorong/*thrust* yang maksimal hal yang perlu diperhatikan ialah diameter, jumlah sudu (daun), *pitch*, dan juga *design* dari profil daun *propeller*. Jumlah sudu (daun) pada *propeller* sangat berpengaruh terhadap gaya dorong/*thrust*. Dengan parameter putaran *propeller* yang sama dengan jumlah sudu (daun) yang berbeda maka akan menghasilkan nilai gaya dorong/*thrust* yang berbeda pula. Sehingga dalam penelitian ini dibuat modifikasi jumlah sudu (daun) 8 (model 1), 10 (model 2) dan 11 (model 3) pada *propeller* bebas putar dengan penyelesaian menggunakan metode Sv. Aa. Harvald. Hasil nilai *thrust* yang didapatkan dari model 1 sebesar 40,284 kN, model 2 sebesar 55,906 kN dan pada model 3 sebesar 56,837 kN. Selain itu juga didapatkan persentase kenaikan *thrust* dari setiap model yaitu, pada model 1 mengalami kenaikan *thrust* sebesar 0,0139882%, pada model 2 persentase kenaikan *thrust* yang didapat sebesar 0,36866%, sedangkan pada model 3 didapat nilai persentase kenaikan *thrust* sebesar 0,3911180%.

Kata kunci: *propeller*, *propeller* bebas putar, sudu *propeller*, gaya dorong/*thrust*.

PENDAHULUAN

Propeller merupakan bentuk alat penggerak kapal yang paling umum digunakan untuk menggerakkan kapal. *Propeller* memindahkan tenaga dengan cara merubah gaya putar dari *propeller* menjadi gaya dorong/*thrust* untuk menggerakkan badan kapal dengan perantara massa air dengan memutar *propeller* yang bersumbu pada poros (Afif dkk, 2014).

Thrust merupakan gaya dorong yang ditimbulkan dari gaya angkat/*lift* pada bagian belakang *propeller* yang bergerak serta searah dengan gerakan kapal. Untuk mendapatkan nilai gaya dorong/*thrust* yang maksimal hal yang perlu diperhatikan ialah diameter, jumlah sudu (daun), *pitch*, dan juga *design* dari profil daun *Propeller*. Karena dalam setiap pembuatan desain *propeller* akan menghasilkan nilai gaya dorong/*thrust* yang berbeda pula (Simbolon dkk, 2015). Berdasarkan dari sistem penggeraknya *propeller* dibagi menjadi 2 jenis yaitu *propeller* yang digerakkan dengan *engine* dan *propeller* yang tidak digerakkan dengan *engine* atau disebut juga dengan *propeller* bebas putar.

Propeller bebas putar atau *Free Rotating Propeller* pertama kali diperkenalkan oleh Professor Grim dari *Federal Minister of Research and Technology* Jerman, oleh karena itulah *propeller* ini dikenal pula dengan nama *Grim's Vane Wheel*. Prinsip kerja dari *propeller* ini adalah berputar secara bebas pada poros *propeller* utama dengan memanfaatkan aliran bebas dari *propeller* utama dengan demikian akan dapat meningkatkan efisiensi energi. Untuk itulah maka diameter *propeller* bebas putar ini harus dibuat lebih besar dari *propeller* utama. *Propeller* ini dapat mengubah energi dari aliran bebas ke dalam energi dorong/*thrust* (Sasono, 2009).

Salah satu upaya untuk meningkatkan gaya dorong/*thrust* adalah dengan merubah jumlah sudu (daun) *propeller*. Penelitian yang dilakukan sebelumnya pada Kapal Tunda DPS IX menggunakan mesin induk CUMMINS NTA 855 M, putaran mesin induk 1724 rpm, dengan propeler tipe B 4-40 putaran *propeller* mencapai 383.1111 rpm, dengan pembebanan 317.957 Kw. Telah dilakukan kajian tentang penambahan *propeller* bebas putar dengan jumlah sudu 9, mampu menghasilkan gaya dorong/*thrust* sebesar 40,847 KN, atau mengalami peningkatan sebesar 2,52761% (Nursalim, 2018). Namun pada penelitian tersebut tidak membahas mengenai pengaruh jumlah sudu pada *propeller* bebas putar terhadap *thrust*, hal tersebut menjadi alasan perlu dilakukannya analisa teknis tentang perubahan jumlah sudu (daun) *propeller* bebas putar terhadap gaya dorong/*thrust* yang dihasilkan. Sehingga pada penelitian ini dilakukan suatu analisa tentang pengaruh jumlah sudu (daun) *propeller* bebas putar terhadap nilai gaya dorong/*thrust* yang dihasilkan. Dengan mendesain tiga perbedaan model menggunakan jumlah sudu 8 (model 1), 10 (model 2) dan 11 sudu (daun) (model 3), dapat diketahui nilai gaya dorong/*thrust* tiap model. Sehingga dapat dilihat jumlah sudu (daun) manakah yang menghasilkan nilai gaya dorong/*thrust* paling baik, dengan bantuan program *Computational Fluid Dynamics (CFD)*.

Oleh karena itu, jumlah sudu (daun) pada *propeller* sangat berpengaruh terhadap gaya dorong /*thrust*. Dengan parameter putaran *propeller* yang sama dengan jumlah sudu (daun) yang berbeda maka akan menghasilkan nilai gaya dorong /*thrust* yang berbeda pula (Trimulyono dkk, 2015). Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, dapat diturunkan rumusan masalah yang akan dicari jawabanya melalui penelitian ini, yaitu

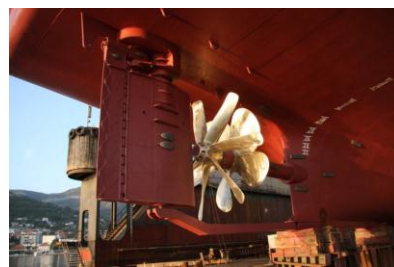
Berapa besar gaya dorong/*thrust* yang dihasilkan dari 3 model dengan jumlah sudu (daun) 8 (model 1), 10 (model 2) dan 11 (model 3) pada *propeller* bebas putar ?

Tujuan penelitian berikut ini merupakan uraian hasil yang akan dicapai melalui penelitian, yaitu

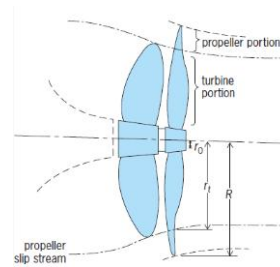
Ingin mengetahui besar gaya dorong/*thrust* yang dihasilkan dari variasi jumlah sudu (daun) pada *propeller* bebas putar.

Propeller Bebas Putar

Setelah perkembangannya pada tahun 1969, *propeller* belum diterapkan secara umum karena kemungkinan kegagalan operasi. Namun, ditunjukkan bahwa baling-baling meningkatkan efisiensi propulsi hingga lebih dari 5%, yang lebih tinggi dari perangkat lain.



(a)



(b)

Gambar 1. (a) *propeller and vane wheel for a container ship*, (b) *vane wheel general arrangement*.

Fungsi utama dari *propeller* bebas utama adalah untuk mengekstrak energi dari *slipstream* *propeller* di bagian turbin dan untuk mengubah energi ini menjadi dorongan propulsi tambahan di bagian *propeller*. Diameter *propeller* bebas putar lebih besar sekitar 1,2 kali dari diameter *propeller* utama, dan jarak anatar *propeller* bebas putar dengan *propeller* utama sekitar 25% dengan dari diameter *propeller*. *Propeller* bebas putar memiliki jumlah sudu (jumlah daun) lebih banyak dari *propeller* utama, biasanya lebih dari enam, dan berputar pada kecepatan yang agak rendah dari urutan 30 hingga 50% dari putaran (rpm) baling-baling. *Propeller* dengan CRP

(*Contra Rotating Propeller*), yang meminimalkan kerugian aksial dan rotasi energi kinetik *propeller* (Benjamin, dkk, 1988).

Thrust/Gaya Dorong Kapal

Gaya dorong/*thrust* kapal merupakan komponen yang sangat penting, yang mana digunakan untuk mengatasi tahanan (*resistance*) atau gaya hambat kapal. Pada kondisi yang sangat-sangat ideal, besarnya gaya dorong yang dibutuhkan mungkin sama besar dengan gaya hambat yang terjadi dikapal. Namun kondisi tersebut sangat-sangat tidak realistis, karena pada faktanya dibadan kapal tersebut terjadi fenomena *hidrodinamis* yang menimbulkan degradasi terhadap nilai besaran gaya dorong kapal (Febrianto, 2017). Sehingga untuk gaya dorong kapal dapat ditulis seperti model persamaan, sebagai berikut:

$$T_{\text{Prop}} = \frac{R_T}{1-t} \quad (1)$$

AutoCAD

AutoCAD atau disebut *Computer Aided Design* merupakan alat merancang gambar berbasis komputer. *Software* ini juga merupakan *software* yang paling sederhana untuk belajar menggambar 2D dan 3D. Dalam menggambar 3D pada *software* AutoCAD harus dapat mengetahui sudut pandang (*view*), mengatur koordinat, dan bidang gambar (Syaefudin dkk, 2016). Berikut adalah perintah-perintah dasar yang sering digunakan untuk membuat desain pada *software* AutoCAD antara lain :

- L (*Line*) : untuk membuat garis
- Tr (*Trim*) : untuk memotong garis
- M (*Move*) : untuk memindahkan objek
- Cp (*Copy*) : untuk memperbanyak objek
- Ex (*Extend*) : untuk memanjangkan garis atau menyambungkan garis satu dengan garis lainnya.
- F (*Fillet*) : untuk mebuat garis tepi yang lengkung
- E (*Eraser*) : untuk menghapus objek
- O (*Offset*) : memperbanyak garis dengan jarak yang ditentukan

Adapun Kelebihan AutoCAD yaitu:

- Gambar yang dihasilkan mempunyai kualitas jauh lebih baik dibanding dengan hasil gambar manual karena gambar lebih rapi dan presisi,
- Gambar desain yang dihasilkan mempunyai tingkat akurasi yang tinggi karena AutoCAD mempunyai tingkat presisi hingga tiga belas digit sehingga gambar lebih sempurna dan tepat ukurannya,
- Gambar yang dihasilkan akan terjamin kerapian dan kebersihannya karena sangat memungkinkan direvisi maupun pengeditan gambar untuk kesesuaian cetak yang dikehendaki,
- Bidang gambar kerja AutoCAD tidak terbatas sehingga memungkinkan untuk membuat gambar dengan ukuran yang sangat luas dan kompleks, tetapi dalam pencetakannya bisa dipilih bagian tertentu saja,
- Skala gambar yang dihasilkan fleksibel karena dapat mencetak gambar desain yang dihasilkan dengan jenis skala yang sangat variatif,
- Gambar yang dihasilkan bisa disimpan dengan cara yang sangat mudah, dimana hasil penyimpanan gambar tersebut bisa dibuka dengan *software* lain serta dipublikasikan untuk kerja antar tim apabila diperlukan.

Adapun juga Kekurangan AutoCAD antara lain:

- Aplikasi ini menjadi lebih kompleks

Seminar Nasional Kelautan XIV

"Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

- Kebutuhan *hardware* yang lebih tinggi.
- Infrastruktur pendukungnya harus memadai, seperti penggunaan *printer* atau *plotter* untuk mencetak gambar dalam ukuran yang besar.
- *Software* prabayar.
- Struktur file hasil penggambaran, definisi *database* dan file *database* dari *software* tersebut rumit.

Alur dari proses pekerjaan desain rumit karena *software* tersebut terbagi atas beberapa *software* lagi menurut bagian konstruksi mana yang akan dibuat. *Software* tersebut kurang familiar diantara para *drafter* dan desainer kapal hanya orang yang pernah diberi pelatihan saja yang bisa, sementara pelatihan *software* tersebut sangat mahal.

Computational Fluid Dynamics (CFD)

Computational Fluid Dynamics atau yang sering disebut CFD merupakan metode perhitungan dengan sebah kontrol dimensi, luas dan *volume* dengan bantuan komputer untuk melakukan perhitungan pada setiap elemen pembagi. Pada prinsipnya CFD adalah suatu ruang yang berisi fluida yang akan dilakukan perhitungan dibagi menjadi beberapa bagian yang prosesnya sering disebut dengan meshing. Pada setiap titik perhitungan dilakukan oleh aplikasi dengan batasan domain dan *boundary condition* yang telah ditentukan (Sutiyo, 2014).

Dengan berkembang luasnya penggunaan CFD dalam beberapa bidang industri dan berbagai ilmu. Pada saat ini terdapat berbagai macam perangkat lunak CFD yang dapat digunakan untuk analisa menggunakan CFD yaitu, Ansys CFX, Ansys Fluent, Foltrant, Shipflow dan lain-lain (Sutiyo, 2014). Sedangkan Pemakaian CFD secara umum dipakai untuk memprediksi:

- Aliran dan panas.
- Transfer massa.
- Perubahan fasa seperti pada proses *melting*, pengembunan dan pendidihan.
- Reaksi kimia seperti pembakaran.
- Gerakan mekanis seperti piston dan *fan*.
- Tegangan dan tumpuan pada benda *solid*.
- Gelombang *electromagnet*.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan penelitian dan pengembangan (Research and Development). Langkah-langkah penelitian dan pengembangan (Research and Development) meliputi potensi dan masalah, pengambilan data kapal untuk penelitian, permodelan kapal dan propeller, simulasi Ansys, validasi model, perhitungan tahanan kapal dengan metode Sv. Aa. Harvald.

Alur Penelitian

1. Potensi dan Masalah

Pada tahapan ini penelitian dan pengembangan yang dilakukan merupakan tahap analisis. Analisis yang dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai kebutuhan media pembelajaran serta materi dari mata kuliah yang akan disajikan.

2. Pengambilan Data Kapal untuk Penelitian

Pada tahap ini sebelum dilakukan pemilihan jumlah sudu (daun) *propeller* akan dilakukan pengumpulan data ditempat objek penelitian pada Kapal Tunda DPS IX.

Berikut adalah gambar Kapal Tunda DPS



Gambar 2. Kapal Tunda DPS X

Data Dimensi *Propeller* Bebas Putar

Dimensi *propeller* yang digunakan sama dengan dimensi *propeller* bebas putar pada analisa tugas akhir sebelumnya, maka dalam tugas akhir ini dilakukan pemilihan jumlah sudu yang akan digunakan dalam analisa berikut yaitu 8 (model 1), 10 (model 2) dan 11 (model 3) daun *propeller*.

Tabel 1. Distribusi *pitch*, *camber* dan *akord* (Benjamin et al, 1989).

r/R	c/D	P/D	t/c	fM/C
0,15	0,1483	97,8175	0,136	0
0,25	0,1501	83,6533	0,1242	-0,0367
0,3	0,1508	77,489	0,1184	-0,0441
0,4	0,1515	67,2547	0,1076	-0,0437
0,5	0,1506	58,176	0,0980	-0,0328
0,6	0,1472	49,8808	0,0898	-0,0149
0,7	0,1393	43	0,0828	0,0080
0,8	0,1249	37,8251	0,0766	0,0299
0,9	0,1011	32,947	0,0707	0,0408
0,95	0,0797	28,6783	0,0678	0,0313
1,0	0	21,7895	0,0649	0,0045

Tabel 2. *Design geometry* propeler bebas putar

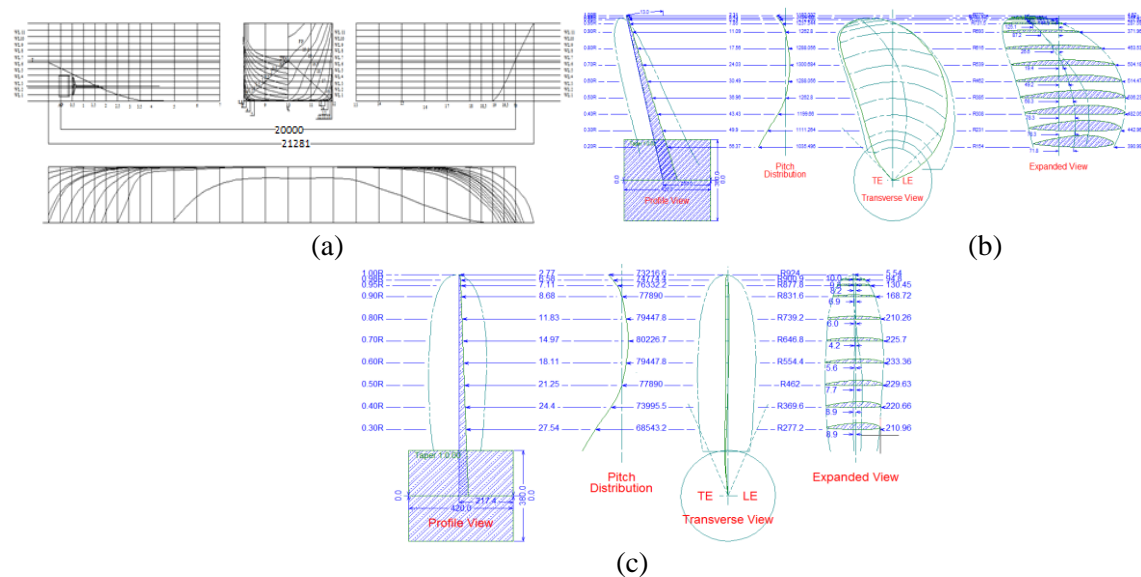
r/R	c/D	P/D	t/c	fM/C
0,15	274.0584	97,8175	37.27194	0
0,25	277.3848	83,6533	34.45119	10.18002
0,3	278.6784	77,489	32.99552	12.28972
0,4	279.972	67,2547	30.12499	12.23478
0,5	278.3088	58,176	27.27426	9.128529
0,6	272.0256	49,8808	24.4279	4.053181
0,7	257.4264	43	21.31491	2.059411
0,8	230.8152	37,8251	17.68044	6.901374
0,9	186.8328	32,947	132.0908	7.622778
0,95	147.2856	28,6783	9.985964	4.610039
1,0	0	21,7895	0	0

3. Permodelan Kapal dan Propeller

Setelah data yang dibutuhkan dalam penelitian didapatkan, maka selanjutnya adalah membuat model *propeller* bebas putar dalam bentuk 2 dimensi dan 3 dimensi. Data dimensi yang digunakan *propeller* utama dan *propeller* bebas putar sama dengan pada penelitian sebelumnya yang sudah di cantumkan dalam penentuan sudu *propeller*. Kemudian *propeller* dirancang menggunakan *Software AutoCAD*. Adapun tahap yang dilakukan sebagai berikut :

a. Desain kapal, *propeller* utama dan *propeller* bebas putar 2D

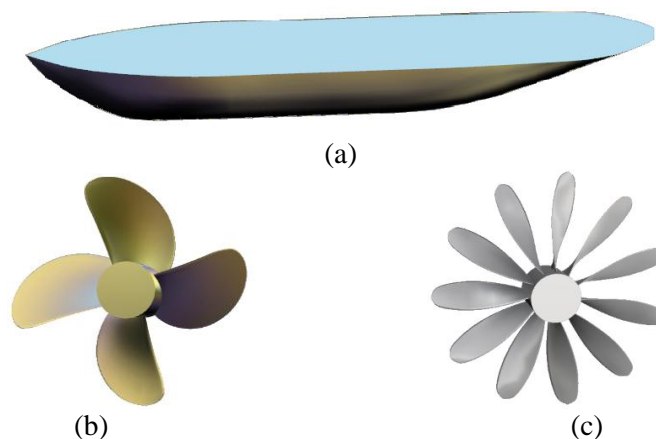
Pada tahap ini akan dilakukan penggambaran *linesplan* kapal Tunda DPS IX, *propeller* utama dan *propeller* bebas putar 2 dimensi.



Gambar 3. (a) Linesplan Kapal Tunda DPS IX, (b) Linesplan *propeller* utama dan (c) *propeller* bebas putar

b. Desain kapal, *propeller* utama dan *propeller* bebas putar 3D

Pada tahap ini dilakukan penggambaran badan kapal, *propeller* utama dan *propeller* bebas putar dengan bentuk 3 dimensi.



Gambar 4. (a) Kapal Tunda 3D, (b) *propeller* utama 3D dan (c) *propeller* bebas putar 3D

4. Simulasi Ansys

Pada tahap ini akan dilakukan simulasi dan pengambilan data dari model yang telah dibuat dalam *software Rhinoceros 5.0*. Bagian model yang akan disimulasi adalah bagian lambung kapal yang tercelup air (*base line*) sampai sarat kapal (T). Berikut adalah tahapan pada proses simulasi Ansys sebagai berikut :

a. Geometry

Pada tahap ini merupakan langkah awal untuk pengecekan model apakah sudah solid atau tidak. Apabila gambar muncul dan maka dapat dilihat apakah model tersebut sudah *solid* atau tidak. Jika model sudah *solid* maka akan muncul keterangan *ready* dan terdapat centang warna hijau pada tulisan “*Fluid Flow*”.

b. Meshing

Tahap ini merupakan tahap yang paling rumit. Jika terjadi kesalahan maka *meshing* akan berhenti dan gagal. Maka tahap ini harus diulang. Semakin besar jumlah elemen *meshing* maka hasilnya akan semakin halus dan hasil yang didapatkan bias semakin akurat. Apabila pada tahap *meshing* terjadi kesalahan, maka proses *meshing* akan cepat selesai dan terdapat gambar petir berwarna kuning yang menandakan bahwa proses tersebut telah gagal. Dan harus diulang kembali. Semakin kecil ukuran bentuk jaring *meshing*, maka hasil yang didapat semakin akurat dan semakin presisi.

c. Setup

Pada tahap ini dilakukan apabila proses *meshing* telah berhasil. Proses *set up* merupakan tahapan tentang penentuan simulasi. Pada ansys CFX tahap ini dibagi menjadi beberapa langkah sebagai berikut :

- Domain

Domain merupakan penentuan arah aliran fluida pada saat simulasi. Adapun beberapa arah dan tempat domain antara lain, *top*, *symetri*, *outlet*, *inlet*, *side*, *wall* dll. Domain juga merupakan daerah batasan ruang lingkup benda pada saat simulasi. Dalam simulasi ini terdapat 2 domain yaitu *domain stasioner* yang merupakan domain untuk badan kapal dan kolam sedangkan *domain rotating* merupakan domain untuk *propeller*.

- Boundary

Boundary adalah tahapan dimana membagi bagian yang terdapat pada domain untuk mengetahui karakteristik benda dan fluida yang disesuaikan dengan kondisi sebenarnya.

d. Solution

Setelah proses *set up* telah berhasil dilanjutkan ketahap *solution*. Tahap ini merupakan proses *running* (perhitungan) dari parameter yang telah dimasukkan pada tahapan yang sebelumnya. Jika dalam proses *running* sedang berlangsung terjadi *error* maka proses simulasi harus diulang pada proses *meshing*.

e. Result

Tahap ini merupakan tahapan akhir pada proses simulasi. Jika tahapan sebelumnya sudah berhasil maka pada tahap ini akan muncul badan kapal, *propeller* dan aliran yang terjadi pada saat proses simulasi berlangsung.

5. Perhitungan Tahanan Kapal dengan Metode Sv. Aa. Harvald

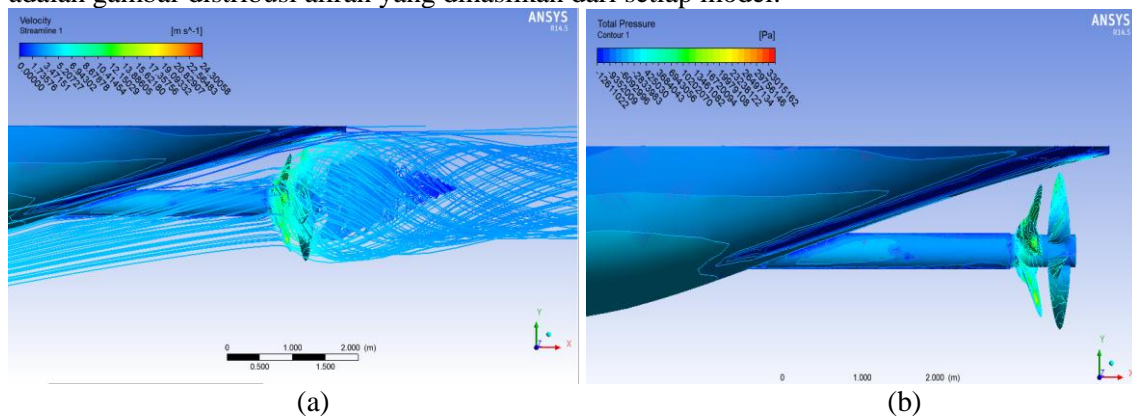
Dalam penelitian ini metode yang digunakan untuk menghitung tahanan total kapal yaitu menggunakan metode Sv.Aa.Harvald.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pada tahap ini dilakukan pemilihan *propeller* bebas putar, pembahasan dan perhitungan gaya dorong / *thrust* yang dihasilkan dari beberapa model yang telah dibuat menggunakan *software* ansys CFX pada kapal Tunda DPS IX.

Setelah mendapatkan hasil simulasi, maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan dan perbandingan *thrust* / gaya dorong dari tiga model yang telah dibuat dalam penelitian ini. Berikut adalah gambar distribusi aliran yang dihasilkan dari setiap model.



Gambar 5. Hasil simulasi (a) distribusi kecepatan dan (b) distribusi tekanan

Dari gambar 4 dapat dijelaskan bahwa distribusi kecepatan pada buritan kapal. Dapat dilihat bahwa tekanan berada di belakang propeller pada model 1 dengan nilai sebesar 10,41454 m/s, pada model 2 sebesar 11,984 m/s dan pada model 3 sebesar 12,046 m/s. Sedangkan distribusi tekanan tertinggi yang dihasilkan dari model 1 sebesar 33015162 Pa dan distribusi tekanan terendah sebesar 423050 Pa. Pada model 2 distribusi tekanan tertinggi sebesar 349485228 Pa dan pada distribusi tekanan terendah sebesar 4815884 Pa. Dan pada model 3 distribusi tekanan tertinggi memiliki nilai sebesar 349485228 Pa dan distribusi tekanan terendah sebesar 4815884 Pa.

Selain itu dari simulasi ini juga didapatkan hasil nilai R_n (Reynold Number) pada model 1 sebesar 1.0926×10^8 , pada model 2 sebesar 1.1576×10^8 dan pada model 3 sebesar 1.1726×10^8 . Dimana nilai R_n berfungsi untuk menghitung tahanan kapal dengan menggunakan metode Sv. Aa. Harvald.

Selanjutnya, dilakukan proses perhitungan tahanan kapal dari hasil nilai R_n pada setiap model menggunakan metode Sv. Aa. Harvald dan didapatkan hasil tahanan kapal pada model 1 sebesar 26,608 kN, pada model 2 sebesar 36,032 kN dan pada model 3 sebesar 36,632 kN.

Setelah didapatkan hasil tahanan kapal dari masing-masing model kemudian, dilakukan perhitungan gaya dorong/*thrust*. Hasil yang didapatkan dari perhitungan gaya dorong/*thrust* pada model 1 sebesar 40,284 kN, sedangkan pada model 2 didapatkan nilai *thrust* sebesar 55,906 kN dan pada model 3 sebesar 56,837 kN.

Setelah selesai dilakukan proses perhitungan manual selanjutnya dilakukan validasi dengan hasil simulasi. Berikut adalah validasi hasil simulasi dengan hasil manual.

Tabel 3. Validasi hasil simulasi dengan perhitungan manual

Hasil	RT (kN) Model 1	T (kN) Model 1	RT (kN) Model 2	T (kN) Model 2	RT (kN) Model 3	T (kN) Model 3
Simulasi	26,137	39,813	35,561	55,435	36,161	56,352
Manual	26,608	40,284	36,032	55,906	36,632	56,823

Dimana :

RT PBP = tahanan total propeler bebas putar

T PBP = *thrust* propeler bebas putar

Setelah nilai *thrust* yang diketahui kemudian dapat dilakukan perhitungan persentase kenaikan *thrust* dari ketiga model yang dibuat penelitian. Pada model 1 didapatkan hasil sebesar 0.0139882%, pada model 2 didapatkan hasil sebesar 0.36866% dan pada model 3 didapatkan hasil sebesar 0.3911180%. Dimana terdapat kenaikan nilai dari tiap model hal ini dikarenakan pengaruh jumlah sudu (daun propeller) yang telah dimodifikasi.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan dengan bantuan *software* Ansys CFD didapatkan hasil nilai *thrust* sebagai berikut :

Jumlah sudu (daun) pada *propeller* bebas putar sangat berpengaruh terhadap *thrust* yang dihasilkan.

Nilai *thrust* terbesar dihasilkan oleh model 3 dengan jumlah sudu (daun) 11 dengan putaran 123 rpm sebesar 56,823 kN. Sedangkan nilai *thrust* terendah terdapat pada model 1 yang memiliki jumlah sudu (daun) 8 dengan putaran 123 rpm. Nilai *thrust* yang dihasilkan sebesar 40,284 kN. Dan pada model ke-dua yang memiliki jumlah sudu (daun) 10 dengan putaran yang sama 123 rpm sebesar 55,906 kN.

Persentase kenaikan *thrust* dari model 1 sebesar -0.0139882%, pada model 2 sebesar 0.36866% dan pada model 3 sebesar 0.3911180%.

Saran

Dari simulasi yang telah dilakukan, adapun saran yang akan disampaikan dalam penelitian selanjutnya yaitu :

1. Dalam penelitian selanjutnya dapat diaplikasikan pada jenis kapal yang berbeda.
2. Dalam penelitian selanjutnya dapat menggunakan *software* lain untuk mendesain objek (seperti kapal dan *propeller*) yang akan diteliti agar mendapatkan hasil yang maksimal.
3. Dapat menggunakan *software* lain yang lebih tinggi spesifikasinya untuk simulasi, agar mendapatkan hasil simulasi yang lebih akurat.
4. Dapat menganalisa tentang *roller bearing* atau kavitasinya.
5. Dapat menganalisa tentang manouver dari masing-masing model.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif Muwafiq K, dkk. 2014. Analisa Pengaruh Variasi Sudut *Rake*, Jumlah Daun dan Putaran *Propeller* Terhadap *Thrust* Dengan Menggunakan Pendekatan *Single Rotating Reference Frame* Metode (CFD). Surabaya.
- Benjamin Y, dkk. 1989. *A Vane-Wheel Propulsor for A Naval Auxiliary*. DTRC-89/023 United States: *Ship Hydromechanics Department Research and Development Report*
- Damastu Nuradito Muhandian 2016. Studi Eksperimen Dan Kajian Numerik Aliran Fluida Pada Nosel Diameter 0,3 Mm [skripsi]. Bandung : Universitas Pasundan.
- Febrianto Yoga. 2017. *Engine Propeller Matching* Pada Kapal Tunda DPS IX Dengan Mesin Induk CUMMINS NTA855-M. [Skripsi]. Surabaya: Universitas Hang-Tuah.
- Febrinan Vallentinus. 2017. Penerapan Dari Hukum Bernauli WWW.scribd.com. [Terhubung Berkala]. <https://www.scribd.com/doc/63557553/BAB-II-Penerapan-Hukum-Bernoulli#.html> [20 februari 2018]
- Ghofar Maulana A. 2018. Pemilihan Sudut Pasang Airfoil NACA 2412 pada Taul UAV Male dengan Menggunakan Software Berbasis *Computational Fluid Dynamics* Untuk

Seminar Nasional Kelautan XIV

"Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

- Memperoleh Gaya Angkat Optimal. [Tugas Akhir]. Yogyakarta: Universitas Islam Yogyakarta.
- Harvald, Sv. Aa. 1983. Tahanan dan Propulsi Kapal. Surabaya : Airlangga University Press.
- Lesmana Risky T. 2014. Analisa Sistem Propulsi *Kort Nozzle* Pada Kapal Ikan [Skripsi] Surabaya : Universitas Hang Tuah.
- Muh. Zainal Abidin, Surjo W. Adji, Irfan Syarief Arief. 2012. Analisa *Performance Propeller* B-Series dengan Pendekatan *Structure* dan *Unstructure Meshing*. Vol. 1, no.1, pp. 242
- Nursalim. 2018. Analisa Gaya Dorong Kapal Tunda DPS IX Akibat Penambahan *Propeller* Bebas Putar Menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamics*(CFD).[Skripsi]. Surabaya: Universitas Hang-Tuah.
- Putra Pradika D, dkk. 2015. Analisa Pengaruh *Pemasangan Energy Saving Device (ESD) Propeller Boss Cap Fins (PBCF)* dan *Knort Nozzle* pada *Propeller Type B-Series* dan *Propeller Type AU* Terhadap Gaya Dorong *Propeller* dengan Metode CFD. Vol. 3, no. 4, pp. 407-409.
- Sasono Eko Julianto. 2009. Pemakaian Propeler Bebas Putar (*Free Rotating Popeller*) Pada Kapal. Vol. 30, no. 2, pp. 142-145.
- Simbolon H, dkk. 2015. Analisa Nilai *Maximum Thrust* Propeller B-Series dan Kaplan Series pada Kapal *Tugboat* ARI 400 HP dengan Menggunakan variasi Diameter, Jumlah Daun, Sudut Rake, Menggunakan CFD. Vol. 3, no.4, pp. 394-396.
- Syaefudin Arif E, dkk. 2016. Pelatihan Dasar-Dasar CAD/CAM/dan *Software* AutoCAD untuk Guru-Guru SMK Bidang Keahlian Teknik Mesin Di Wilayah Kabupaten Bekasi. Universitas Jakarta. Vol. 11, no. 3, pp 125-126.
- Trimulyono A, dkk. 2015. Analisa Efisiensi *Propeller* B-Series dan Kaplan pada Kapal *Tugboat* ARI 400 HP dengan Variasi Jumlah Daun, Sudut Rake, Menggunakan CFD. Vol. 12, no.2, pp. 112-113.
- Wicaksono H. dkk. 2014. Gaya Selingkung dan *Template* Artikel Ilmiah Mahasiswa S1 ITS. Vol.3, no.1, pp. 105-109.
- Woo-Chan seok, dkk. 2013. *Design and Performance Analysis of Vane Wheel*. *Maritime Research Institute, Hyundai Heavy Industries Co., Ltd., Ulsan, Korea. DNV GL SE, Hamburg, Germany*. pp. 01-04