

Studi Kasus : Analisis Peningkatan Efisiensi Thrust Akibat Penerapan *Energy Saving Device* pada Kapal Tanker Pertamina (Persero) 40000 LTDW dengan *Ansys Fluent* Menggunakan Metode *Moving Mesh*

Noor Muhammad Ridha dan I Ketut Aria Pria Utama

Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: kutama@na.its.ac.id

Abstrak— *Energy Saving Device* (ESD) merupakan alat yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi gaya dorong pada kapal, sehingga energi yang dikeluarkan oleh mesin kapal tidak mengalami *loss energy* yang cukup berpengaruh pada konsumsi bahan bakar. Alat ini dipasang di sekitar propeller, yang tujuannya untuk mengurangi hambatan pada daerah propeller sehingga hambatan yang dialami oleh kapal dapat berkurang. PT. Pertamina (PERSERO) selaku BUMN yang bergerak di bidang minyak dan gas, membutuhkan kapal tanker yang ramah konsumsi bahan bakar. Dari kasus ini, kemudian dicari model ESD yang akan dipakai untuk kapal tanker tersebut. ESD dimodelkan menggunakan *Ansys Fluent* dengan menggunakan metode *Moving Mesh* kemudian dianalisis efisiensi dari ESD dan gaya dorong pada kapal sebelum dan setelah dipasang ESD. Dari hasil perhitungan ditemukan adanya peningkatan efisiensi thrust sebesar 2.526% pada kecepatan 10 knot, 4.452% pada kecepatan 15 knot, dan 5.176% pada kecepatan 18 knot. Untuk gaya dorong ditemukan nilai 658182 N pada kecepatan 10 knot, 804881 N pada kecepatan 15 knot, dan 1182150 N pada kecepatan 18 knot dalam kondisi tanpa menggunakan ESD, Sedangkan dalam kondisi menggunakan ESD ditemukan nilai gaya dorong sebesar 668186 N pada 10 knot, 808917 N pada 15 knot, dan 1195770 N pada kecepatan 18 knot. Hal tersebut menunjukkan adanya peningkatan efisiensi thrust dan meningkatnya gaya dorong pada kondisi kapal menggunakan ESD bila dibandingkan dengan kondisi kapal tidak menggunakan ESD.

Kata Kunci— *Energy Saving Device*, ESD, Gaya Dorong, *Ansys*, *Fluent*, *Moving Mesh*

I. PENDAHULUAN

KAPAL tanker dikenal dengan kapal yang memiliki ukuran cukup besar. Hal ini terjadi karena dengan adanya aturan MARPOL 73/78 Part A Regulation 19 yang mengatur ruang muat kargo pada kapal tanker yang dibangun setelah 6 Juli 1996, dimana harus ditambahkan *double hull* secara tak langsung mempengaruhi ukuran kapal tanker yang dibangun [1]. Pertamina (PERSERO) selaku BUMN di bidang minyak dan gas, gencar membangun kapal tanker baru untuk meregenerasi kapal tanker yang banyak dibangun pada era 1980 an. Tentunya sebagai *owner*, Pertamina (PERSERO) menginginkan kapal yang dibangun harus efisien dari bahan bakar kapal yang dikeluarkan. Salah satu cara untuk menekan bahan

bakar kapal adalah menggunakan *Energy Saving Devices* (ESD) [2].

ESD adalah alat pelindung propeler yang berfungsi mengurangi hambatan gesek pada badan kapal sehingga bahan bakar yang dikeluarkan mesin akan efisien. Teknologi ESD ini mulai dikenal pada awal pertengahan abad 20 dan populer pada akhir tahun 1970-an dan awal tahun 1980-an saat terjadinya krisis minyak di dunia [3]. Banyak desain alat ini yang berkembang dan sebagian besar diantaranya tidak cocok untuk digunakan pada kapal saat awal inovasi ini muncul. Dengan beberapa alat ini yang tidak diterima di kapal, tentu ada alasan yang membuat alat ini tidak dipakai di kapal. Di antaranya karena masih adanya kegagalan konstruksi pada ESD, adanya cacat pada pembuatan ESD hingga terbatasnya desain ESD yang tak memungkinkan dipasang di kapal ukuran tertentu. Namun seiring berjalannya waktu, pengembangan ESD ini dapat diterima di hampir semua jenis kapal [4]. Aplikasi ESD ini dapat menekan kerugian yang timbul dari desain *stern* kapal yang dibangun. Di antaranya mengurangi hambatan gesek pada aliran yang mengalir di propeler dan badan kapal, dan mengurangi kehilangan gaya dorong propeler atau *propeler loss* [5].

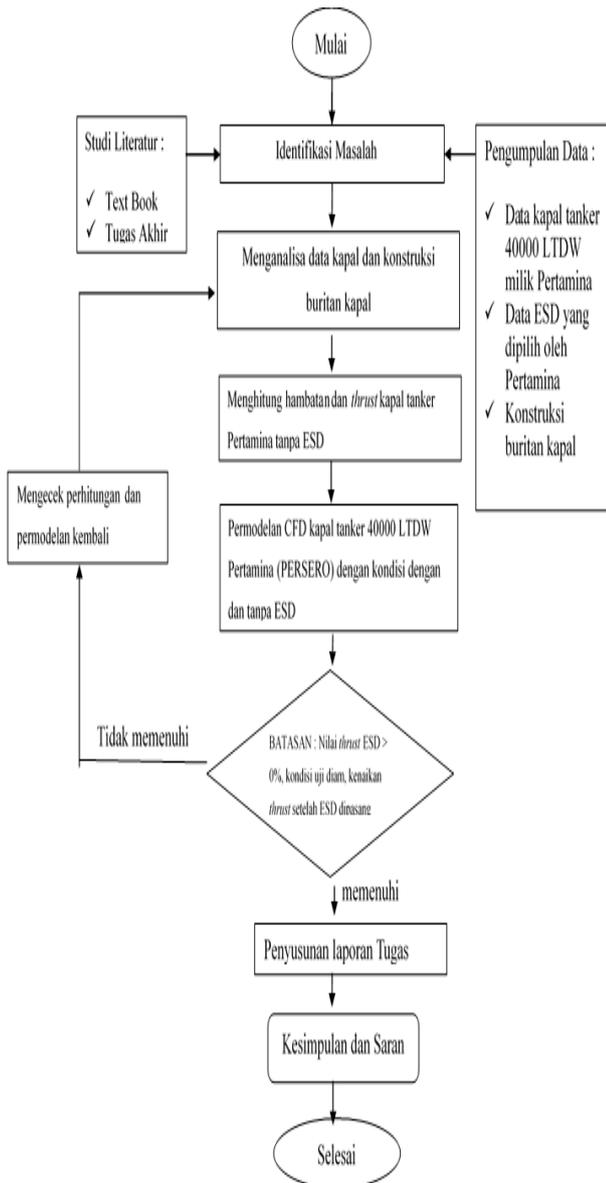
Di Indonesia, baru beberapa kapal yang menerapkan aplikasi ESD ini. Salah satunya adalah PT. Pertamina (PERSERO) dengan kapal tanker 40000 LTDW. Dengan adanya inovasi di bidang perkapalan ini, PT. Pertamina (PERSERO) tak ingin tertinggal dalam menerapkan inovasi ini agar kapal milik mereka bisa efisien dari tenaga mesin yang tak terlalu besar namun gaya dorong yang dihasilkan mesin bisa memutar propeler agar kapal bisa berjalan [2].

Berdasarkan penelitian terdahulu, kapal yang menggunakan aplikasi ESD dapat menghasilkan efisiensi hingga 7% pada kapal tertentu. Hal ini tentu dapat dilakukan juga pada kapal tanker Pertamina, yang ingin menghasilkan efisiensi yang cukup besar nilainya. Sehingga energi yang terbuang dari *thrust*, bisa digunakan kembali sebagai energi kapalnya. [6]

II. METODE PENELITIAN

Dalam Metodologi Penelitian ini akan dibahas langkah-langkah analisis perhitungan, metode yang digunakan, dan model penelitian yang dipakai. Dalam studi ini

penulis akan menghitung efisiensi dari *Energy Saving Devices* (ESD) yang dipakai oleh PT.Pertamina (Persero) yang digunakan pada kapal tanker 40000 LTDW. Kemudian penulis akan memodelkan ESD tersebut kedalam bentuk tiga dimensi untuk mengetahui cara kerja ESD tersebut. Dibawah ini, akan dibahas lebih lanjut mengenai langkah-langkah pengerjaan studi ini. Pada bagian ini, diterangkan mengenai metode yang penulis lakukan dari nol sampai Penelitian ini berhasil diselesaikan. Penulis menjabarkannya dengan menggunakan *flowchart*. Metode penelitian yang dijabarkan pada bagan berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, langkah pertama yang penulis lakukan adalah mengidentifikasi masalah. Penelitian ini meneliti tentang besarnya efisiensi yang terjadi karena adanya *Energy Saving Devices* (ESD) yang dipasang oleh PT. Pertamina (PERSERO) Perkapalan pada kapal tanker 40000 LTDW. Maka dari itu, penulis membutuhkan data berupa literatur penelitian yang memiliki topik yang serupa

dan *text book* yang berkaitan dengan masalah propulsi dan hidrodinamika. Selain itu, data-data kapal tanker 40000 LTDW dari PT. Pertamina (PERSERO) Perkapalan juga dibutuhkan. Data kapal penelitian ini dijabarkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Kapal dan Model dari Tanker Pertamina (PERSERO) 40000 LTDW

Nama	Simbol	Satuan	Kapal	Model
Length Overall	LoA	m	183.000	3.9262
Length between perpendiculars	Lpp	m	175.500	3.7653
Breadth	B	m	32.500	0.6973
Depth	D	m	17.100	0.3669
Draft	T	m	11.000	0.2360
Displacement	∇	ton	51181.000	0.5054
Volume	Δ	m ³	49932.683	0.4931

Langkah berikutnya adalah menghitung hambatan kapal kosong. Metode yang dipakai adalah metode Holtrop, karena metode ini cukup efektif dalam mencari nilai hambatan kapal, dan juga karena koefisien dari metode ini mudah dicari [7]. Setelah dari perhitungan hambatan kapal kosong, kemudian penulis melakukan permodelan terhadap kapal tanker Pertamina (PERSERO) ini. Untuk data hambatan serta koefisien propulsi dijabarkan pada Tabel 2 dan Tabel 3 :

Tabel 2. Data Hambatan Kapal Tanker Pertamina (PERSERO) 40000 LTDW

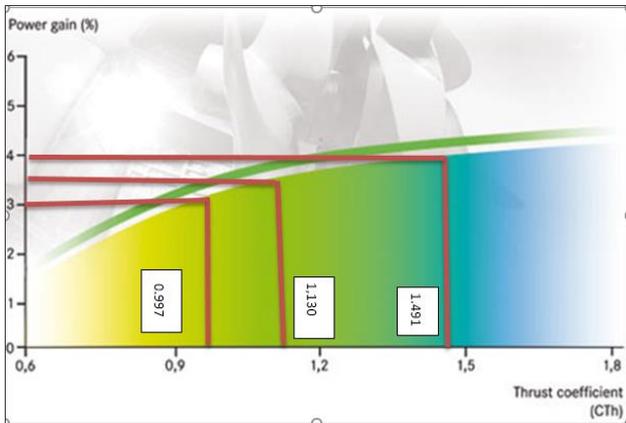
Item	V = 10 knot	V = 15 knot (Service Speed)	V = 18 knot
Froude Number (Fn)	0,122	0,182	0,182
Koefisien Gesek (C _f)	0,00158	0,00150	0,00147
Model – Ship Correction Allowance (C _A)	0,000382111	0,000382111	0,000382111
Wake Fraction (w)	0,158	0,157	0,157
Hambatan Total (R _T)	282,098 KN	720,315 KN	1369,776 KN
Effective Horse Power (EHP)	1972,962 HP	7556,692 HP	17244,089 HP
Delivered Horse Power (DHP)	3284,22 HP	10828,35 HP	24720,04 HP
Shaft Horse Power (SHP)	3351,24 HP	11049,34 HP	25224,53 HP
Brake Horse Power (BHP)	3437,171 HP	11332,65 HP	25871,313 HP
Speed of Advance (Va)	8,42 knot	12,64 knot	15,17 knot

Tabel 3. Data Koefisien Propulsi Kapal Tanker Pertamina (PERSERO) 40000 LTDW

Item	V = 10 knot	V = 15 knot (Service Speed)	V = 18 knot
Jumlah daun Propeler (Z)	4	4	4
Propeler Disc Area (A ₀)	34,266 m ²	34,266 m ²	34,266 m ²
Diameter Propeler (D)	6,60 m	6,60 m	6,60 m
Hambatan total (RT)	282,098 KN	720,315 KN	1369,776 KN
Speed of Advance (Va)	8,42 knot	12,64 knot	15,17 knot
Massa jenis air laut (ρ)	1,025 ton/m ³	1,025 ton/m ³	1,025 ton/m ³
Thrust dari hambatan total (kN)	328,021	837,575	1592,762
Koefisien gaya dorong (C _{Th})	0,997	1,130	1,491

Berdasarkan hasil koefisien gaya dorong yang penulis

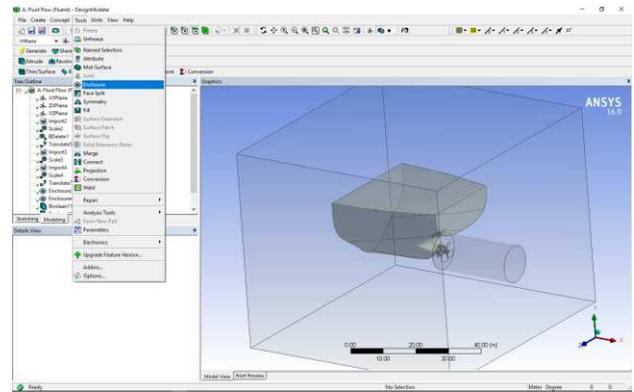
dapat, dengan data yang diklaim dari Becker™ selaku perusahaan yang menyediakan ESD pada kapal tanker Pertamina 40000 LTDW ini, diperkirakan nilai efisiensi dari ESD akan bernilai 3% pada Vs = 10 knot, 3,5% pada Vs = 15 knot dan 4% pada Vs = 18 knot. [8].



Gambar 2. Perbandingan Antara CTh dan Kenaikan Efisiensi Thrust.

Penelitian ini menggunakan perhitungan dengan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) [9]. Metode ini dibutuhkan permodelan, running, dan visualisasi hasil. Pada tahap permodelan, data linesplan kapal dibutuhkan untuk proses penggambaran ulang atau *redrawing* dari badan kapal. Aplikasi yang digunakan adalah *Autodesk AutoCAD 2014 trial version*. Setelah badan kapal selesai digambar ulang, maka tahap berikutnya adalah memodelkan propeler dan ESD. ESD yang digunakan oleh PT. Pertamina (PERSERO) ini adalah Becker™ Twisted Fins. Untuk memodelkan propeler, penulis memakai aplikasi *HydroComp PropCAD 2005*. Setelah data dibuat dari *PropCAD*, data tadi diekspor ke *AutoCAD* untuk dilakukan perbaikan. Sedangkan permodelan ESD dilakukan dengan aplikasi *Autodesk AutoCAD 2014 trial version* yang dibantu juga dengan aplikasi *SolidWorks 2015 SP 3.0*. Hal ini dilakukan untuk memastikan ESD yang dibuat bisa presisi dengan badan kapal dan propeler. (10)

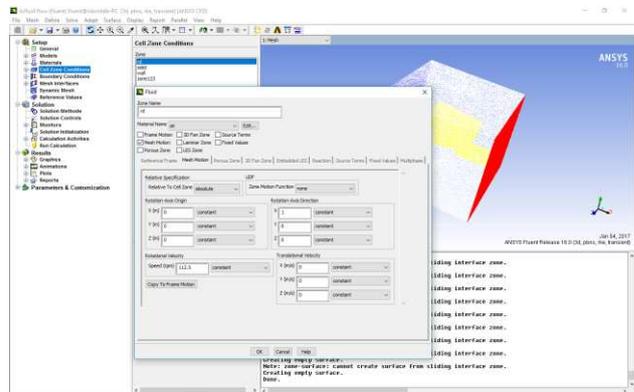
Kemudian setelah diolah melalui Solidwork item ini diekspor dalam ekstensi .stp untuk kemudian disatukan di dalam software *ANSYS Design Modeler*. Software tersebut berfungsi untuk mengatur dan memodelkan geometri yang akan diujikan sebelum dilakukan meshing. Pada penelitian penulis, dibuat dua permodelan : kondisi tanpa ESD (kapal + propeler) dan kondisi dengan ESD (kapal + propeler + ESD).



Gambar 3. Memodelkan Geometri dengan ANSYS Design Modeler

Setelah model dan *enclosure* selesai disusun kemudian kita rubah *enclosure* tersebut menjadi domain menggunakan Boolean. Untuk Rotating Domain dipilih *Subtract* Boolean kemudian kita tentukan Cylinder Enclosure sebagai Target Bodies dan Propeller sebagai Tool Bodies dan pada pilihan Preserve Tool Bodies kita pilih No. Untuk Wall Domain kita pilih *Subtract* Boolean kemudian kita tentukan Box Enclosure sebagai Target Bodies dan Cylinder Enclosure sebagai Tool Bodies dan pada pilihan Preserve Tool Bodies kita pilih Yes.

Langkah selanjutnya adalah meshing. Meshing adalah membuat elemen – elemen kecil dari geometri yang akan dianalisis. Semakin banyak elemen yang terbentuk, maka hasilnya akan bagus. Setelah permodelan sudah dilakukan, maka tahap berikutnya adalah running file oleh ANSYS Fluent. Perbedaan Ansys Fluent dan Ansys CFX adalah bahwa Ansys Fluent mampu memodelkan moving mesh.



Gambar 4. Tampilan Menu Untuk Pengaturan Moving Mesh pada ANSYS Fluent

Kemudian dimasukkan kondisi batas pada analisis ini. Untuk analisis ini, penulis membatasi kondisi : propeler dalam analisis ini dalam keadaan *moving mesh*. Lalu diuji dalam keadaan dua kondisi, kapal dengan menggunakan ESD dan kapal tanpa menggunakan ESD dengan tiga variasi kecepatan, yaitu 10 knot, 15 knot dan 18 knot.

Masukan batasan-batasan ini, beserta persamaan kendali kasus di jendela domain di kiri layar aplikasi. Batasan yang dimasukkan di antaranya :

- a. Persamaan kontinuitas yang memiliki rumus :

$$\dot{m}_{inlet} = \dot{m}_{outlet}$$

$$(\rho Av)_{inlet} = (\rho Av)_{outlet} \dots\dots\dots (1)$$

b. Persamaan Navier-Stokes yang memiliki rumus :

$$\rho \left(\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} \right) = -\nabla p + \nabla \cdot \mathbf{T} + \mathbf{f}, \dots\dots\dots (2)$$

c. Persamaan *turbulence model* pada kasus, dimana penulis memakai metode *k-epsilon*. Metode ini memiliki rumus :

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\epsilon} \dots\dots\dots (3)$$

Kemudian setelah selesai, dapat dilakukan simulasi running dengan *ANSYS Solver*. Metode yang biasa digunakan untuk menyelesaikan governing equation di atas adalah metode diskrit. Beberapa metode diskrit yang digunakan adalah: Finite Element Method (FEM) dan Finite Volume Method (FVM). (11)

Tahapan berikutnya adalah tahap iterasi atau running. Proses iterasi adalah proses penghitungan kasus yang dibuat dengan menggunakan perhitungan komputer, sehingga nantinya akan didapat hasil perhitungan yang telah dimasukan pada aplikasi *ANSYS Fluent*. Hasil dari iterasi ini bisa dicari dengan menggunakan aplikasi *ANSYS Post*. Pada penelitian ini, penulis ingin mengetahui hasil kenaikan efisiensi *thrust* dan *thrust* pada masing-masing kasus. Sehingga yang dicari pada *ANSYS Post* berupa gaya tekan yang bekerja sesuai kecepatan kapal.

III. HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan langkah pekerjaan pada bagian sebelumnya, setelah dilakukan iterasi dengan *ANSYS Solver*, maka tabulasi gaya tekan yang menekan daun propeler dijabarkan pada Tabel 5 berikut .

Tabel 4.

Hasil gaya tekan propeler pada semua kondisi uji model dengan *function calculator ANSYS Post*

Keadaan	Propeler 18 knot	Propeler 15 knot	Propeler 10 knot	Propeler & ESD 18 knot	Propeler & ESD 15 knot	Propeler & ESD 10 knot
Gaya tekan(N)	1601650	1244740	710154	1558300	1207450	688993

Dari data diatas, bisa disimpulkan bahwa pada saat ESD terpasang, gaya tekan pada propeler mengalami penurunan. Hal itu bisa terjadi karena sebagian gaya tekan terdistribusi ke ESD, yang mengarahkan aliran air menjadi teratur, sehingga gaya yang bekerja berkurang. Selisih antara gaya tekan ini dinamakan gain. Dimana rumusnya adalah : 1601650 – 1558300 = 43350 N untuk kecepatan kapal (Vs) = 18 knot dan 1244740 – 1207450 = 37290 N untuk kecepatan kapal (Vs) = 15 knot serta 710154 – 688993 = 21161 N untuk kecepatan kapal (Vs) = 10 knot. Serta berdasarkan perhitungan hambatan yang mendapatkan nilai service thrust pada kapal ini sebesar 837,575 kN, maka berdasarkan rumus di awal, bisa dicari efisiensi dari thrust kapal ini.

$$\text{Eff. Gained} = \frac{\text{Gain}}{\text{Service thrust}} * 100\% = \frac{21,161}{837,575} * 100\% = 2,526 \% \text{ untuk } V_s = 10 \text{ knot}$$

$$\text{Eff. Gained} = \frac{\text{Gain}}{\text{Service thrust}} * 100\% = \frac{37,290}{837,575} * 100\% = 4,452 \% \text{ untuk } V_s = 15 \text{ knot}$$

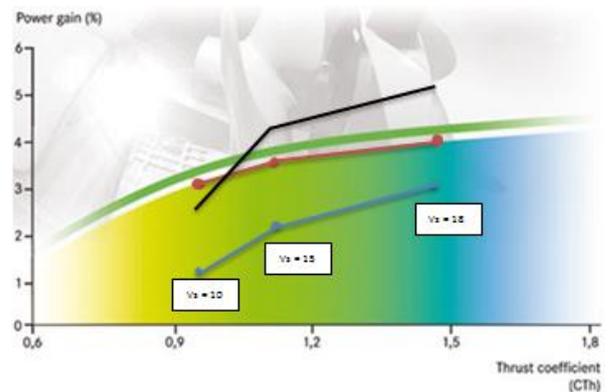
$$\text{Eff. Gained} = \frac{\text{Gain}}{\text{Service thrust}} * 100\% = \frac{43,350}{837,575} * 100\% = 5,176 \% \text{ untuk } V_s = 18 \text{ knot}$$

Untuk membandingkan dengan klaim dari Becker™ pada kapal Pertamina (PERSERO) ini, memiliki efisiensi ESD seperti berikut :

Tabel 5.

Persentase efisiensi ESD berdasarkan klaim Becker™			
Kecepatan (knot)	10 knot	15 knot	18 knot
Persentase efisiensi berdasarkan koefisien thrust (CTh)	3%	3,5%	4%

Dan ini adalah plot grafik perbandingan antara efisiensi dari perhitungan CFX dan klaim Becker™.



Gambar 5. Plot grafik klaim Becker (merah) dan persentase dari CFX (biru) dan Fluent (hitam)

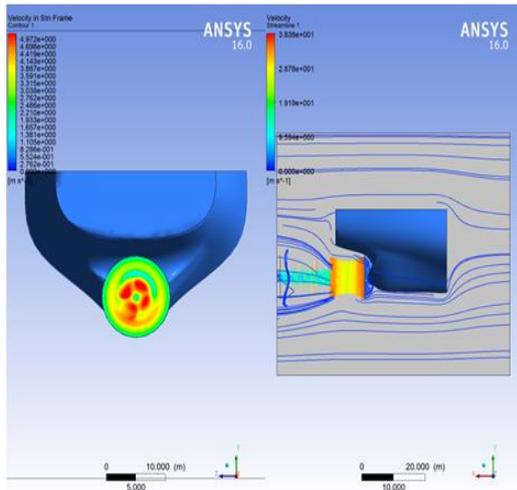
Selain efisiensi *thrust* penulis juga mengukur *thrust* yang dihasilkan pada kondisi saat menggunakan ESD dan saat tidak menggunakan ESD. Ditemukan adanya peningkatan *thrust* sebesar 1.52% pada kecepatan 10 knot, 0.50% pada kecepatan 15 knot, dan 1.15% pada kecepatan 18 knot.

Tabel 6.

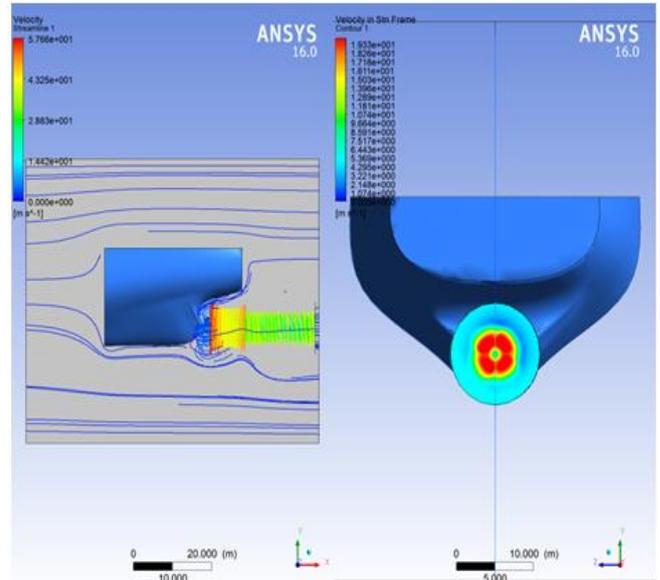
Hasil Perhitungan Gaya Tekan di Depan Propeller dan Thrust di Belakang Propeller

	Kecepatan Kapal	Gaya Tekan di Depan Propeller	Besar Thrust Diukur di Belakang Propeller
Tanpa Menggunakan ESD	10 Knot	710154 N	658182 N
	15 Knot	1244740 N	804881 N
	18 Knot	1601650 N	1182150 N
Menggunakan ESD	10 Knot	688993 N	668186 N
	15 Knot	1207450 N	808917 N
	18 Knot	1558300 N	1195770 N

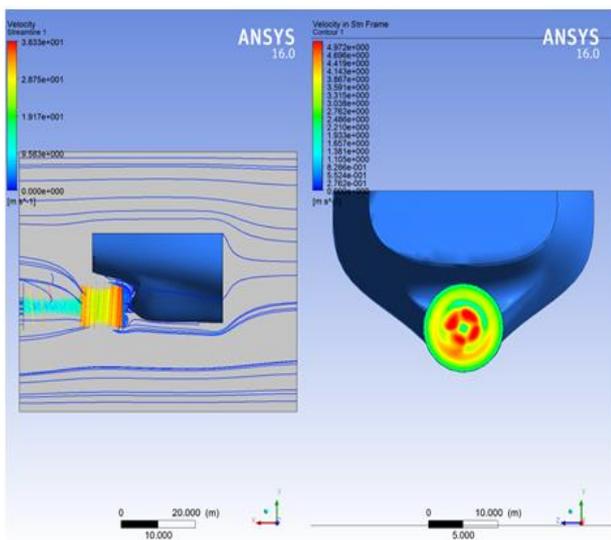
Setelah dilakukan perhitungan, maka penulis dapat menganalisis gaya tekan pada propeler. Fungsinya adalah untuk mengetahui distribusi dari persebaran tekanan air terhadap daun propeler yang diuji. Ini adalah grafik dari propeler yang terkena gaya tekan setelah dilakukan iterasi.



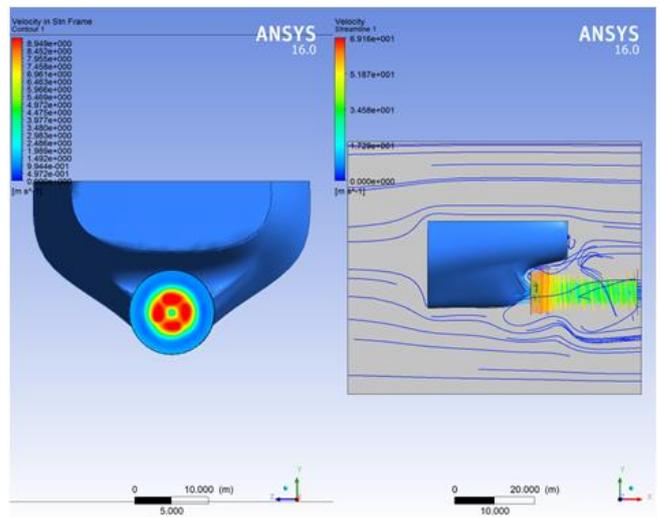
Gambar 6. Gaya Tekan dan Aliran Fluida Pada Propeler yang Tidak Menggunakan ESD Dengan Kecepatan 10 Knot



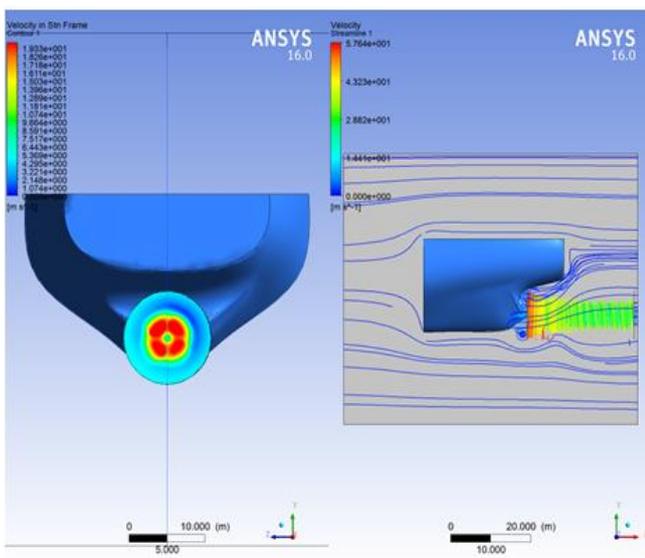
Gambar 9. Gaya Tekan dan Aliran Fluida Pada Propeler yang Menggunakan ESD Dengan Kecepatan 15 Knot



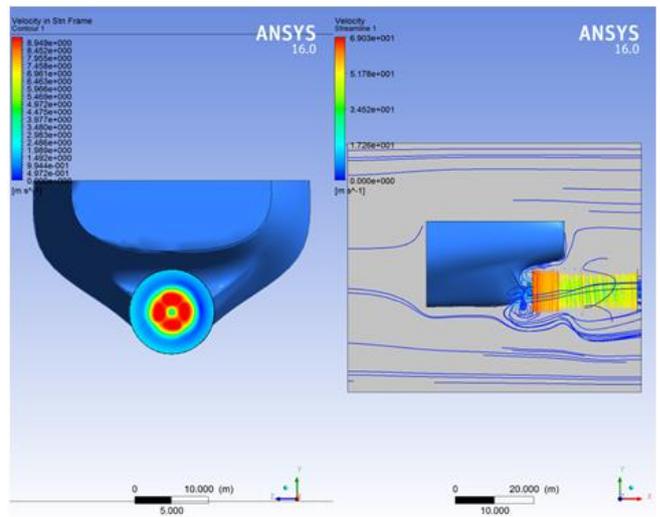
Gambar 7. Gaya Tekan dan Aliran Fluida Pada Propeler yang Menggunakan ESD Dengan Kecepatan 10 Knot



Gambar 10. Gaya Tekan dan Aliran Fluida Pada Propeler yang Tidak Menggunakan ESD Dengan Kecepatan 18 Knot



Gambar 8. Gaya Tekan dan Aliran Fluida Pada Propeler yang Tidak Menggunakan ESD Dengan Kecepatan 15 Knot



Gambar 11. Gaya Tekan dan Aliran Fluida Pada Propeler yang Menggunakan ESD Dengan Kecepatan 18 Knot

Maka, efisiensi thrust yang terjadi pada saat kapal berlayar dengan kecepatan 18 knot adalah 5,176%, pada kecepatan dinasnya memiliki efisiensi sebesar 4,452 %, dan untuk kecepatan 10 knot, efisiensi thrust dihasilkan sebesar 2,526 %. Hasilnya tersebut menunjukkan adanya perbedaan hasil analisis pada Ansys CFX dan Ansys Fluent Meski tak sama dengan klaim dari Becker™, hasil ini sudah cukup membuktikan bahwa Pertamina (PERSERO) melakukan langkah yang tepat dalam berinvestasi memasang ESD pada kapal tanker 40000 LTDW milik mereka. Nilai dari klaim ini bisa berbeda karena penulis hanya memodelkan bagian buritan kapal saja, atas dasar keterbatasan waktu dan komputasi penulis. Selain itu, kecepatan akan mempengaruhi nilai efisiensi dari ESD. Hal ini karena semakin cepat kapal berjalan, maka gaya tekan yang menghantam daun propeler kapal akan besar. Sehingga jika ESD dipasang pada kapal yang berjalan lambat, maka nilainya relatif kecil dan bahkan bisa tidak menghasilkan efisiensi. Maka dari itu, faktor bentuk lambung kapal, dan kecepatan kapal sangat dibutuhkan pada saat memilih ESD yang akan dipasang ke kapal.

IV. KESIMPULAN & SARAN

Kesimpulan dari pembahasan penelitian ini, dapat disimpulkan :

1. PT. Pertamina (PERSERO) melakukan langkah tepat dengan memasang ESD pada kapal tankernya.
2. Permodelan Fluent membuktikan adanya peningkatan efisiensi dari thrust, meski tak sama dengan klaim . 2,526 % untuk kecepatan 10 knot, 4,452 % untuk kecepatan 15 knot, dan 5,176 % untuk kecepatan 18 knot. Berbanding dengan klaim . 3 % untuk kecepatan 10 knot, 3,5 % untuk kecepatan 15 knot, dan 4 % untuk kecepatan 18 knot.
3. Analisis menggunakan Fluent membuktikan adanya peningkatan efisiensi dari thrust dibandingkan dengan analisis menggunakan CFX. 2,526 % untuk kecepatan 10 knot, 4,452 % untuk kecepatan 15 knot, dan 5,176 % untuk kecepatan 18 knot. Berbanding dengan analisis CFX . 1,26 % untuk kecepatan 10 knot, 2,34 % untuk kecepatan 15 knot, dan 3,39 % untuk kecepatan 18 knot.
4. Analisis menggunakan Fluent membuktikan adanya peningkatan thrust dari 658182 N untuk kecepatan 10 knot, 804881 N untuk kecepatan 15 knot, dan 1182150 N untuk kecepatan 18 knot pada kondisi tanpa menggunakan ESD. Berbanding dengan 668186 N untuk kecepatan 10 knot, 808917 N untuk kecepatan 15 knot, dan 1195770 N untuk kecepatan 18 knot pada saat menggunakan ESD.
5. Kecepatan dinas kapal akan mempengaruhi besar kecilnya efisiensi dari ESD.
6. Nilai efisiensi yang didapat penulis memiliki perbedaan dikarenakan tidak menguji dengan metode towing tank. Penulis hanya menguji dengan iterasi komputer.

Saran dari penelitian ini, penulis memberikan saran kepada beberapa pihak. Saran untuk PT. Pertamina (PERSERO) Perkapalan adalah :

1. Sejalan dengan kebijakan green ship yang dilakukan

IMO, maka PT.Pertamina (PERSERO) bisa memperbanyak kapal yang dipasang ESD. Hal ini nertujuan untuk meningkatkan efisiensi gaya dorong pada kapal.

2. Memvariasikan model ESD dari kapal milik Pertamina (Persero) agar kedepannya dapat menjadi sarana ilmu pengetahuan dan sarana riset di Indonesia.

Serta untuk saran kepada yang ingin mengembangkan studi penulis adalah :

1. Dapat memvariasikan kecepatan selain dua kecepatan yang penulis ambil contohnya.
2. Dapat memvariasikan model ESD yang lainnya. Karena model ESD yang berbeda, bisa membuat nilai efisiensi thrust yang ditimbulkan berbeda-beda.
3. Jika menggunakan model ESD Becker™ Twisted Fins dapat divariasikan jarak antara propeler dan ESD nya.
4. Menghitung hambatan yang dihasilkan oleh ESD sehingga dapat mempertimbangkan apakah efisiensi yang dihasilkan lebih besar daripada hambatan yang ditimbulkankjoijppo

UCAPAN TERIMA KASIH

“Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Pertamina (PERSERO) Shipping selaku instansi dari penelitian penulis yang senantiasa memberikan kemudahan dalam pemberian data, sdr. Garry Raditya Putra yang telah memberikan data serta masukan berdasarkan Studinya sehingga kemudian dapat dilanjutkan oleh penulis, dan pihak-pihak yang tak bisa penulis sebutkan satu persatu dalam kesuksesan penulisan penelitian ini.”

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lewis, Edward V. 1980. Principles of Naval Architecture Second Revision, Volume II, Resistance, Propulsion and Vibration. Jersey City, NJ : The Society of Naval Architects & Marine Engineers.
- [2] Data-data kapal, propulsi dan ESD oleh Pertamina (PERSERO) Shipping. Jakarta, Indonesia.
- [3] Jong, J. H. D. 2015. A Framework for Energy Saving Devices (ESD) Decision Making, Netherland: MARIN
- [4] Holtrop, J., Mennen, G.G.J. 1982. An Approximate Power Prediction Method, International Shipbuilding Progress : Vol. 29, Netherland
- [5] Schneekluth, H and V. Bertram. 1998. Ship Design Efficiency and Economy, Second Edition, Oxford, UK : Butterworth Heinemann.
- [6] Leksono, Setyo. 2014. Disertasi Pemanfaatan Aliran Slipstream Di Belakang Propeler Kapal Sebagai Energi Penggerak Turbin. Surabaya, Indonesia : ITS
- [7] Harvald, Sv., Aa. . 1992. Diktat Tahanan dan Propulsi Kapal, Surabaya. Indonesia : Airlangga University Press
- [8] http://www.becker-marine-systems.com/03_products/products_twisted_fin.html
Diakses 15 September 2016
- [9] Munson, B.R. Young, D.F. & Okiishi T.H. 2002. Fluid Mechanics. USA : Departements of Mechanical Engineering – Iowa State University
- [10] Putra, G. R. 2016. Studi Kasus : Penerapan Energy Saving Device Dalam Rangka Menaikkan Efisiensi Thrust Pada Kapal Tanker Pertamina 40000 LTDW. Surabaya, Indonesia : ITS
- [11] Ahadyanti, G. M. 2014. Modifikasi Bentuk Lambung Pada Shallow Draft Bulk Carrier Untuk Menurunkan Konsumsi Bahan Bakar. Surabaya, Indonesia : ITS.