Analisis Penggunaan *Integrated Propeller and Rudder* (IPR) terhadap Performa Propulsor pada Sistem Propulsi Kapal *Offshore Supply Vessel*

Dimas Fikton Meyla Putra[1], **Erifive Pranatal**[2]
Intitut Teknologi adhi Tama Surabaya[1], Intitut Teknologi adhi Tama Surabaya[2]
e-mail: fmpdimas@gmail.com[1], erifive@itats.ac.id[2]

ABSTRACT

Offshore supply vessels operate to and from offshore platforms, transporting personnel and/or goods involved in the oil and gas production process, whose exploration and exploitation activities take place in offshore waters. Considering the dense operational activities of offshore supply vessels, good vessel performance is necessary. One way to achieve it is by using a propeller with an added construction known as a torpedo between the rudder and propeller, or the integrated propeller and rudder type. However, before implementation, analysis is necessary to obtain the best efficiency in the propulsion system. The study analyzed the design of an integrated propeller and rudder type using a B4-40 propeller. It had a diameter of 1.298 meters and a balanced rudder type with a steering blade area of 3 m, a balanced area of 0.6 m2, an IPR hub diameter of 0.26 m at the front, a middle diameter of 0.325 m, and a hub length of 1.080 m with hub angle variations of 0°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, and 35°. The analysis compared the performance values of the propulsor in terms of thrust propulsor, torque propulsor, and propulsor efficiency. The CFD test results through ANSYS-Fluent software showed that the hub inclination in an integrated propeller and rudder affected the propulsor performance. It got non-constant values at each increase in the inclination angle. The highest increase in propeller efficiency at 10° reached 19.66%.

Keywords: *CFD, Integrated Propeller and Rudder (IPR), propulsor performance, hub angle*

ABSTRAK

Kapal *offshore supply vessel* beroperasi dari dan menuju anjungan lepas pantai ini mengangkut orang dan atau barang dalam proses produksi migas yang kegiatan ekplorasi dan eksploitasinya dilakukan di laut lepas (*offshore*). Melihat kegiatan operasional kapal *offshore supply vessel* yang padat, maka diperlukan performa kapal yang baik. Salah satunya yaitu dengan menggunakan *propeller* yang ditambahkan konstruksi berupa torpedo antara *rudder* dan *propeller* atau jenis *integrated propeller and rudder*. Namun sebelum implementasi tetap harus dilakukan analisis untuk mendapatkan system propulsi dengan efisiensi terbaik. Penelitian dilakukan pada rancangan *propeller* dengan jenis integrated *propeller* and *rudder* menggunakan *propeller* B4-40 berdiameter 1,298 meter dan *rudder* jenis balansir dengan luas daun kemudi sebesar 3 m, luas balansir sebesar 0,6 m^2, dengan hub IPR berdiameter depan 0,26 m, diameter tengah 0,325 m, dan panjang hub 1,080 m dengan variasi sudut hub 0^o, 10^o, 15^o, 20^o, 25^o, 30^o, 35^o. Analisis dilakukan dengan membandingan nilai performa propulsor pada *thrust propulsor, torque propulsor,* dan efisiensi *propulsor*. Hasil uji CFD melalui *software* ANSYS-*Fluent* menunjukkan bahwa Kemiringan hub pada penggunaan *integrated propeller and rudder* mempengaruhi performa *propulsor* dengan nilai tidak konstan pada setiap kenaikan sudut kemiringannya. Peningkatan tertinggi efisiensi *propeller* pada sudut 10^o yaitu sebesar 19,66%.

Kata kunci: CFD, *Integrated Propeller and Rudder* (IPR), Performa *Propulsor,* Sudut Hub

PENDAHULUAN

Kapal *offshore supply vessel* memegang peran penting dalam produksi minyak bumi dan gas yang kegiatan ekplorasi dan eksploitasinya dilakukan di laut lepas (offshore). Kapal yang beroperasi dari dan menuju anjungan lepas pantai ini mengangkut orang dan atau barang dalam proses produksi migas. Data SKK MIGAS hingga 2019 mencatat Indonesia memiliki 613 anjungan lepas pantai terpancang, 54,65% berusia lebih dari 20 tahun, kemudian 24,63% berada di antara 16 hingga 20 tahun [1]. Seiring dengan tumbuhnya jumlah anjungan, permintaan kapal *offshore supply vessel* juga turut meningkat. Menurut Bussiness Wire dan DPP Indonesian National Ship Owners' Association (INSA), permintaan kapal ini meningkat hampir 10% tiap tahunnya, dan diperkirakan akan terus naik melihat bertambahnya jumlah anjungan lepas pantai dan potensi produksi serta bisnis migas yang terus berkembang [2].

Melihat kegiatan operasional kapal *offshore supply vessel* yang padat dalam memasok kebutuhan orang dan atau barang di anjungan lepas pantai, maka diperlukan performa kapal yang baik. Salah satunya terkait dengan performa sistem propulsi kapal yang cukup vital dan harus diperhatikan. Performa kecepatan dinas kapal menjadi hal yang sangat diprioritaskan dalam perencanaan sistem propulsi kapal. Aspek dari sistem

ISSN 2775-5630

propulsi itu sendiri ialah perencanaan desain *propeller* [3]. *Propeller* merupakan salah satu aspek yang harus dirancang dengan baik untuk mencapai tujuan fungsi kapal dalam hal kecepatan. Seiring dengan berkembangnya industri kemaritiman, propulsor sebagai alat gerak kapal juga mengalami optimalisasi guna memperoleh performa kapal yang baik untuk bersaing dalam industri [4].

Inovasi dalam bentuk modifikasi propulsor guna optimalisasi performa kapal telah banyak dilakukan dan dibuktikan dalam beberapa penelitian. Penambahan tip winglet 50 mm dan variasi sudut rake 15° mampu meningkatkan nilai thrust dengan nilai tertinggi yaitu 39930 N dengan persentase 15% dari nilai thrust *propeller* B4-70 konvensional. Selain itu penambahan tip winglet dan variasi sudut rake ini juga dapat meningkatkan pada nilai torque *propeller* sebesar 45% dan nilai efisiensi *propeller* sebesar 5% dari model *propeller* konvensional sebelumnya [5].

Simulasi variasi sudut – sudut turbin *propeller* 18^0 , 23^0, dan 28^0 pada kecepatan aliran 0,08 m/s sampai dengan 0,5 m/s. Hasil simulasi menunjukkan turbin dengan sudut 18^0 memiliki performansi terbaik dibandingkan dengan sudut turbin 23^0 dan 28^0. Sedangkan untuk sudut sudut turbin 230 cenderung memiliki performa yang lebih tinggi dibandingkan dengan sudut 28^0 meskipun keduanya memiliki puncak nilai koefisen daya (Cp) yang berkesesuaian [6].

Perbandingan baling - baling B-5 series berdiameter 2,01 m, dengan membedakan beberapa aspek yaitu *Blade* Area Ratio (Ae/Ao) dengan variasi 0.45, 0.6, 0.75, dan Pitch Ratio (P/D) dengan variasi 0.6, 0.8, 1. Dari kesembilan model yang telah dibandingkan didapat model baling – baling yang optimum yaitu B – 5 Series model 5 dengan *blade* area ratio 0,6 dan pitch ratio 0,8 dengan nilai thrust sebesar 52589 N, nilai torque 62877,3 Nm, rata-rata tekanan 59845,05 Pa, kecepatan rata - rata 18,55 m/s, bentuk aliran teratur, serta nilai effisiensi sebesar 0,756 [7].

Optimalisasi performa propullsor juga dapat dilakukan dengan penambahan *propeller* boss cap fin. Namun penambahan *propeller* boss cap fin ini justru bisa mengurangi performa propulsor, sehingga harus lebih teliti dalam pemilihan dan penggunaannya. Melalui uji CFD melalui software ANSYS-*Fluent* menunjukkan adanya penambahan dan penurunan performa dalam hal gaya dorong *propeller* dengan penambahan gaya dorong tertinggi dihasilkan oleh PBCF dengan sudut 45° yaitu 0.46% dan penurunan terbesar dialami saat penambahan PBCF dengan sudut 30° yaitu sebesar -0.61% [8].

Pemakaian *propeller* dengan daun kemudi yang terpadu menggunakan hub berbentuk tropedo, menyebabkan efisiensi power motor induk antara 4% hingga 9%. Peningkatan ini akan menghasilkan penghematan pemakaian bahan bakar rata-rata 73.221 US$/tahun atau pengurangan biaya bahan bakar 4,52% hingga 10,77%, tergantung jenis dan ukuran kapal [9].

Perancangan alat gerak (propulsor) dengan menambahkan konstruksi berupa torpedo antara *rudder* dan *propeller* atau jenis *integrated propeller and rudder* akan mengakibatkan aliran turbulen air yang melewati *propeller* menjadi lebih strimline. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi *propeller* dengan menghambat laju aliran fluida yang masuk ke *propeller* . Aliran yang lebih seragam di belakang *propeller* akan mengurangi kerugian energi kinematis. Tahanan gesek daun kemudi juga akan berkurang karena ukurannya yang lebih tipis.

Pada penelitian penulis sebelumnya terkait perancangan *integrated propeller and rudder* pada kapal *offshore supply vessel* 48 m menghasilkan sebuah rancangan *propeller* dengan jenis *integrated propeller and rudder* menggunakan *propeller* B4-40 berdiameter 1,298 meter yang mempunyai efisiensi sebesar 51,8% dan *rudder* jenis balansir dengan luas daun kemudi sebesar 3 m, luas balansir sebesar 0,6 m2 , tinggi kemudi sebesar 2 m, lebar kemudi bagian atas sebesar 1,8 m, dan lebar kemudi bagian bawah sebesar 1,2 m dengan hub IPR berdiameter depan 0,26 m. diameter tengah 0,325 m, diameter belakang 0,098 m, dan panjang hub 1,080 m [10]. Pada penelitian ini, penulis akan melakukan analisis terhadap rancangan integrated *propeller* and *rudder* tersebut dengan varisi sudut hub 0^o, 10^o, 15^o, 20^o, 25^o, 30^o, 35^o menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)* melalui software ANSYS-*Fluent*.

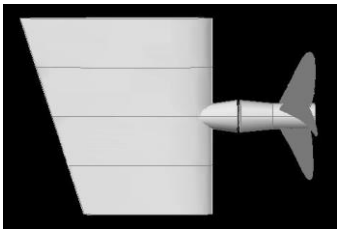
TINJAUAN PUSTAKA

Integrated Propeller and Rudder

Propeller merupakan salah satu bagian dari kapal yang berfungsi sebagai penggerak kapal secara mekanik. Bentuk dari *propeller* menyerupai kipas yang digerakkan dengan daya yang dihasilkan oleh mesin. Daya

ISSN 2775-5630

penggerak tersebut akan menghasilkan gaya dorong sesuai dengan prinsip hukum Bernoulli dan hukum ketiga Newton. *Integrated propeller and rudder* (IPR) adalah salah satu sitem propulsi kapal yang telah melalui proses pengembangan. Pada tipe *propeller* ini, hub pada *propeller* terintegrasi serta berpadu dengan kemudi dimana menyebabkan terdapat penambahan konstrusi berupa torpedo diantara *propeller* dan kemudi.



Gambar 1. *Integrated Propeller and Rudder.*

Karakteristik Kinerja *Propeller*

Propeller memiliki banyak jenis yang menyebabkan terdapat berbagai karakteristik yang berbeda. Karakteristik kinerja pada *propeller* saat open water test diilustrasikan pada diagram K_T-K_Q-J. Berikut merupakan persamaan untuk karakteristik kinerja *propeller.*

$$\textit{Thrust Coefficient}\ (\mathrm{KT}) = \frac{\mathrm{T}}{\rho \mathrm{n}^2 \mathrm{D}^4} \ldots\ldots(1)$$

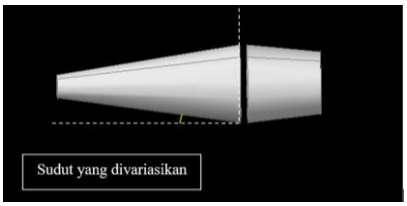
$$\textit{Torque Coefficient}\ (\mathrm{KQ}) = \frac{\mathrm{Q}}{\rho \mathrm{n}^2 \mathrm{D}^4} \ldots..(2)$$

$$\textit{Advance Ratio}\ (\mathrm{J}) = \frac{\mathrm{Va}}{\mathrm{nD}} \ldots.(3)$$

$$\text{Efisiensi } \textit{Open Water}\ (\eta) = \frac{\mathrm{JK_T}}{2\pi \mathrm{K_Q}} \ldots.(4)$$

Variasi Sudut Hub

Kemiringan sudut hub pada *integrated propeller and rudder* seperti pada gambar 2, dirancangan untuk menghubungkan antara *propeller* dan *rudder*. Tidak ada *rules* yang mengatur terkait kemiringan sudut ini dan hanya di dasarkan rancangan *drafter*.



Gambar 2. Variasi Sudut hub.

Computational Fluid Dynamics

Sistem yang berdasarkan perhitungan numerik untuk mendapatkan nilai aliran fluida, *heat transfer*, serta beberapa fenomena yang termasuk didalam reaksi kimia yang terjadi dengan bantuan komputer sering disebut dengan *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Selain itu pada buku *Fluid Mechanic (FifthEdition)* 2012, dijabarkan bahwa CFD merupakan salah satu ilmu yang menghasilkan suatu prediksi kuantitatif mengenai fenomena aliran fluida yang menggunakan dasar hukum kekekalan yang dibantu dengan penggunaan komputer digital. Hukum kekekalan yang digunakan sebagai dasar yang mempengaruhi perhitungan diantaranya adalah hukum kekekalan massa, hukum kekekalan momentum, serta energi yang mengatur gerakan gerakan fluida. Pada proses pemodelan dengan metode CFD, secara umum proses tersebut terbagi menjadi tiga bagian diantaranya adalah:

Boundary Domain

Boundary domain merupakan tahap pada proses pemodelan CFD dimana ditentukan data dan kondisi batas pada model yang akan dibuat. Selanjutnya setelah model dibuat maka ditentukan jumlah grid yang adakn diproses.

Meshing Generation

Tahap kedua setelah ditentukan kondisi batas beserta domain sebuah benda adalah melakukan proses running dari sesuai dengan jumlah grid yang ditentukan.

Solver

ISSN 2775-5630

Tahap terakhir dari metode CFD adalah melakukan proses perhitungan dari data-data yang telah diinput dalam persamaan. Pada tahap ini diharapkan hasil yang diperoleh memiliki tingkat kesalahan paling kecil dan nilai yang diperoleh merupakan nilai yang konvergen.

METODE.

Pengumpulan Data

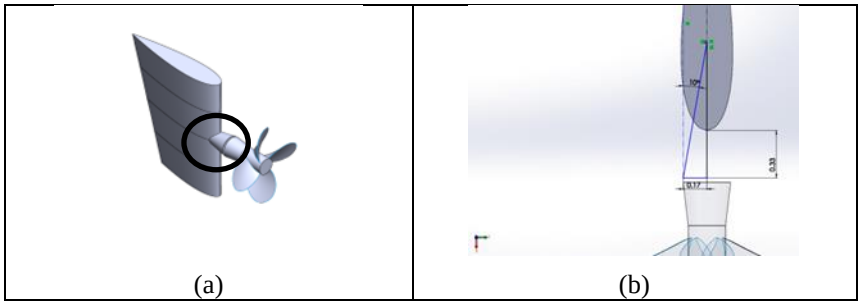
Tahapan ini berupa pengumpulan data yang digunakan untuk penelitian. Data yang dimaksud berupa data dimesi propeller, dimensi *rudder*, dan dimensi hub yang mengintegrasikan. Data ini diperoleh peneliti dari hasil penelitiannya yang sebelumnya, dimana data dimaksud seperti pada Tabel 1.

Tabel. 1. Dimensi Model

Ukuran Model *Propeller*		Ukuran Model *Rudder*	
Type	FPP B4-40	Type	Balansir
Rotation	Right	Luas daun kemudi	3 m^2
Blades	4	Luas Balansir	0,6 m^2
Diameter	1.298 m	Tinggi	2 m
Nominal Pitch	1.298 m	Panjang atas	1.8 m
Rake of GL aft	15.000 deg	Panjang bawah	1.2 m
Expanded BAR	0.6	**Ukuran Model Hub**	
Skew Angle	0.0 deg	Diameter Depan	0,260 m
Pitch Distribution	Full	Diameter Tengah	0,325 m
Hub diam/D	0.2 m	Diameter Belakang	menyesuaikan
Shaft taper	1/10	Panjang hub pada boss propeller	0,300 m
Hub length	0.4 m	Panjang hub pada rudder	0,750 m
Tip/edge thicness	0.00389 m	Jarak antar diameter tengah	0,030 m
Root thickness	0,004205 m		
r/R	0.30		
Thickness distribution	Linear		

Pemodelan *Integrated Propeller and Rudder*

Modeling dilakukan menggunakan beberapa *software.* Untuk *modeling propeller* menggunakan aplikasi *PropCad. Modelling rudder* menggunakan aplikasi *AutoCad.* Kemudian kedua model di-*import* kedalam *SolidWorks* untuk *modelling* variasi hub. Proses di *SolidWorks* dilakukan untuk semua variasi kemiringan hub hingga menghasilkan model yang siap di-*import* kedalam *Software* ANSYS sebagaimana pada Gambar 3, untuk selanjutnya dilakukan simulasi.



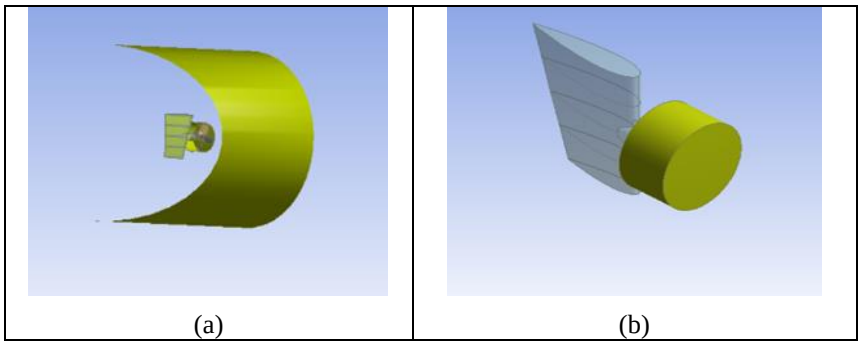
(a) (b)

Gambar 3. a) Pemodelan, b) Detail

Boundari Domain

Tahap awal dalam simulasi adalah pembuatan *boundary domain*. Tahap ini digunakan untuk membuat batas area dimana model akan diujikan. Setelah dilakukan *import* geometri model IPR, *domain* yang dibuat yaitu *static domain* dan *rotating domain*. Hasil pada tahap ini sebagaimana pada Gambar 4.

ISSN 2775-5630



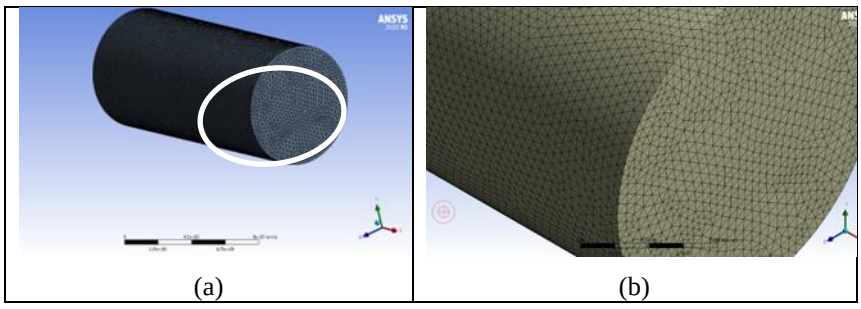
(a) (b)

Gambar 4. a) *Static Domain*, b) *Rotating Domain*

Selanjutnya adalah tahap *boundary condition*, dimana tahap ini merupakan proses untuk memberikan kondisi batas dari sistem fluida pada simulasi ini. Data yang dimasukkan adalah *Velocity Magnitude* pada *inlet* senilai kecepatan dinas kapal dengan nilai negatif x karena berlawanan dengan arah laju kapal, yaitu -6,1673 m/s. Sedangakan untuk *outlet* akan secara *default* terisi. Sedangkan silinder besar dari *inlet* ke *outlet* sebagai *wall static domain* dengan *no slip shear condition*. Arah aliran fluida dari sumbu x menuju sumbu -x atau dengan kata lain dari *inlet* menuju *outlet*.

Meshing Generation

Tahap *Meshing* pada model adalah langkah setelah *domain* fluida atau *boundary building* terbentuk. Untuk itu lebih dahulu menentukan ukuran *element* yang akan di gunakan, namun perlu di ingat bahwa semakin kecil elemen yang dibuat maka jumlah elemen yang terbentuk semakin banyak sehingga waktu running akan semakin lama dan menghasilkan file yang besar. Untuk itu diperlukan adanya validasi *meshing*. Validasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan validasi *meshing* yang mana menggunakan variasi jumlah *cell*. Validasi meshing dapat dinilai dari nilai relative error dari hasil variasi *element size.* Hasil pada tahap ini sebagaimana pada Gambar 5 dengan ukuran elemen yang digunakan adalah 0,250 m menghasilkan 1172165 *cells* dengan persen eror senilai 0.048%.

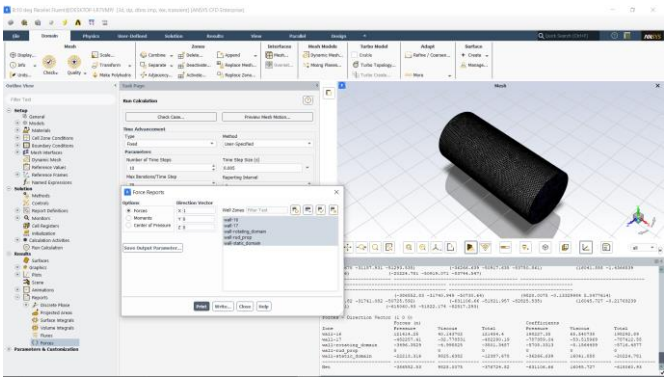


(a) (b)

Gambar 5. a) *Meshing Generation*, b) Detail *Mesh*

Solver

Langkah selanjutnya yaitu *set-up* parameter – parameter yang digunakan ANSYS-*Fluent* dalam mengkalkulasi simulasi. *Setup* merupakan tahapan yang berisi tentang penentuan semua hal yang berkaitan dengan simulasi. *Set-up* yang digunakan merupakan kriteria yang telah di validasi seperti massa jenis fluida, arah aliran fluida, dan lain – lain. Pada tahap ini akan didapatkan nilai *Thrust* (N) dan *Torque* (Nm). Fluida yang digunakan adalah *sea water* dengan *density* 1025,07 kg/m^3. *Viscous model* menggunakan k-epsilon (2 eqn) karena aliran fluida pada penelitian ini adalah aliran fluida yang mempunyai viskositas. Pada tahap ini akan didapatkan nilai *Thrust* (N) dan *Torque* (Nm) sebagaimana gambar 6, yang kemudian digunakan untuk perhitungan efisiensi.



Gambar 6. *Solver*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Nilai *Thrust, Torque, dan* Efisiensi

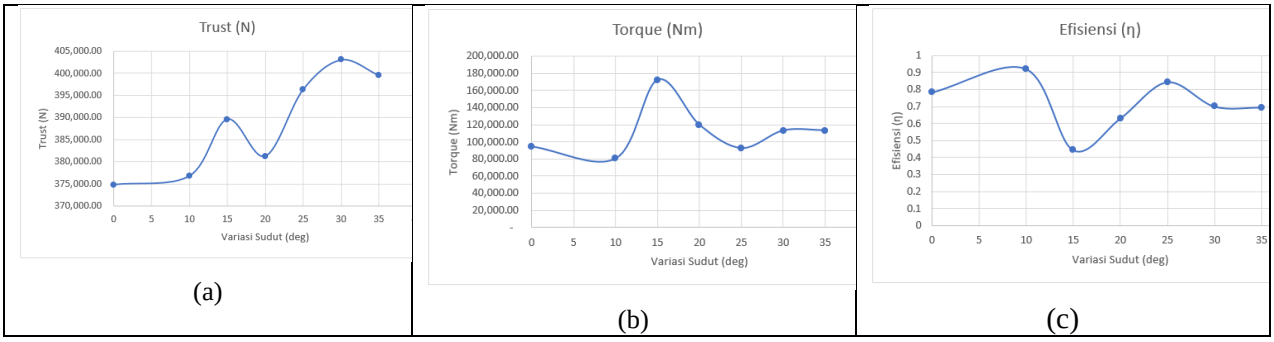
Berikut adalah nilai *thrust, torque* dan efisiensi pada masing – masing variasi model dan perbandingannya dengan efisiensi pada *propeller* konvensional yang sebesar 0,587, sebagaimana pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai *Thrust, Torque* dan Efisiensi.

Sudut (deg)	Trust (N)	Torque (Nm)	Efisiensi	%diff
0	374,772.90	94,310.59	0.783	11.51%
10	376,724.82	80,521.29	0.922	19.66%
15	389,592.88	172,342.93	0.446	-8.32%
20	381,211.50	119,443.03	0.629	2.46%
25	396,344.15	92,546.77	0.844	15.08%
30	403,019.55	113,257.47	0.701	6.70%
35	399,481.57	113,261.53	0.695	6.34%

Grafik Perbandingan

Berdasarkan hasil yang didapatkan, selanjutnya data disajikan dalam bentuk grafik untuk dapat dilihat perbandingannya pada masing masing model, sebagaimana pada Gambar 7.



Gambar 7. a) Nilai *Thrust*, b) Nilai *Torque*, c) Nilai Efisiensi.

KESIMPULAN

Kemiringan hub pada penggunaan *integrated propeller and rudder* mempengaruhi nilai *thrust propulsor* dengan nilai tidak konstan pada setiap kenaikan sudut kemiringannya, yaitu pada 0^o senilai 374772,9 N, pada 10^o senilai 376724,82 N, pada 15^o senilai 389592,88 N, pada 20^o senilai 381211,5 N, pada 25^o senilai 396344,15 N, pada 30^o senilai 403019,55 N, dan pada 35^o senilai 399481,57 N.

Kemiringan hub pada penggunaan *integrated propeller and rudder* mempengaruhi nilai *torque propulsor* dengan nilai tidak konstan pada setiap kenaikan sudut kemiringannya, yaitu pada 0^o senilai 94310,585 Nm, pada 10^o senilai 80521,292 Nm, pada 15^o senilai 172342,93 Nm, pada 20^o senilai 119443,03 Nm, pada 25^o senilai 92546,769 Nm, pada 30^o senilai 113257,47 Nm, dan pada 35^o senilai 113261,53 Nm.

ISSN 2775-5630

Kemiringan hub pada penggunaan *integrated propeller and rudder* mempengaruhi nilai efisiensi *propulsor* dengan nilai tidak konstan pada setiap kenaikan sudut kemiringannya, yaitu pada 0^o senilai 0,783, pada 10^o senilai 0,922, pada 15^o senilai 0,446, pada 20^o senilai 0,629, pada 25^o senilai 0,844, pada 30^o senilai 0,701, dan pada 35^o senilai 0,695. Peningkatan tertinggi pada sudut 10^o yaitu sebesar 19,66%.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Arianti, Erdina & Ghofur, Abd. (2019). *Teknologi Decommisioning Anjungan Lepas Pantai Terpancang Pasca-Operasi*. Jurnal Inovtek Polbeng, Vol. 9, No. 2, November 2019. Balai Teknologi Hidrodinamika BPPT, Surabaya.

[2]. D.Z. Ramadhani, (2017). *Model Penjadwalan Operasi Supply Vessel untuk Anjungan Lepas Pantai di Wilayah dengan Multi Origin, Multi Block, MultiOperator: Studi Kasus Wilayah Operasi Balikpapan*. Tugas Akhir, No : MS141501.Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

[3]. Utomo, Budi & F.K. Samuel, (2019). *Studi Perancangan Propulsi Kapal Peti Kemas 100 Teus*. GEMA TEKNOLOGI Vol. 20 No. 2 Periode Oktober 2018 - April2019. Universitas Diponegoro, Semarang.

[4]. S. Herbet, T. Andi, R. Good, (2015). *Analisa Nilai Maximum Thrust Propeller B-Series dan KaplanSeries Pada Kapal Tugboat Ari 400 Hp dengan Variasi Diameter, Jumlah Daun, Sudut Rake Menggunakan CFD*. Jurnal Teknik Perkapalan - Vol. 3, No.4, Oktober2015. Universitas Diponegoro, Semarang.

[5]. V. Buyung, F.Z. Ahmad, S.H. Eko, (2020). *Analisa Pengaruh Penambahan Tip Winglet dan Variasi Sudut Rake Terhadap Performa Propeller Tipe B4-70*. Jurnal Teknik Perkapalan, Vol. 8, No. 1, Januari 2020. Universitas Diponegoro, Semarang.

[6]. Pribadyo, H. Hadiyanto, J. Jamari, (2020). *Simulasi Turbin Propeller Dengan Sudut Pitch Yang Divariasikan*. Jurnal Mekanova, Vol. 6, No. 1, April 2020. Universitas Diponegoro,Semarang.

[7]. H.S. Didik, A. Berlian, R. Good, (2018). *Analisa Performance Propeller Tipe B-5 Series Pada Kapal Rumah Sakit Tipe Katamaran Dengan Variasi Nilai Blade Area Ratio (AE/AO) Dan Pitch Ratio (P/D) Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic (CFD)*. Jurnal Teknik Perkapalan - Vol. 6, No. 1, Januari 2018. Universitas Diponegoro, Semarang.

[8]. B.H. Renanda & Pranatal, Erifive (2022). *Analisa Pengaruh Penambahan EnergySaving Device (Esd) Propeller Boss Cap Fin (PBCF) Terhadap Performa PropellerB-Series Pada Kapal Ro-Ro 600 GT*. Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMITAN), Vol. 1, No. 1, 2022. Institut Adhi Tama Surabaya, Surabaya.

[9]. Ridwan, Mohd (2009). *Perpaduan antara Propeller dan Daun Kemudi gunaMengoptimalkan Propulsi dan Manuver Kapal serta Efisiensi Bahan Bakar*. Kapal,Vol.6, No.2, pp.126-129, Universitas Diponegoro, Semarang.

[10]. F.M.P. Dimas, (2021). *Perancangan Integrated Propeller and Rudder pada KapalOffshore Supply Vessel 48 M Guna Efisiensi Alat Gerak Kapal (Propulsor)*.Repository PPNS, No. Inventaris : 5449/DC-18/2021 Lokasi TA : 529. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.