



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 TeKNik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Nilai *Thrust Ducted Propaller* Dengan Variasi Diameter, Panjang & Tipe *Kort Nozzle* Menggunakan Metode CFD

Febrian Sihaloho¹⁾, Parlindungan Manik, ST, MT²⁾ Ari Wibawa Budi Santosa, ST, MT³⁾

¹⁾Laboratorium Perancangan Kapal Dibantu Komputer

Departemen TeKNik Perkapalan, Fakultas TeKNik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*)}e-mail : febrian.loho@student.undip.ac.id, parlindungan_manik@live.undip.ac.id, arikapal175@gmail.com

Abstrak

Aspek yang terpenting dalam pembuatan kapal salah satunya adalah aspek perencanaan sistem propulsi. Adapun sistem propulsi disini adalah *ducted propaller*. *Ducted Propaller* merupakan salah satu aspek yang wajib direncanakan dengan baik guna mencapai tujuan fungsi kapal dalam hal kecepatan. Kecepatan pada kapal dapat dipengaruhi oleh desain *Ducted Propaller* yang baik agar mendapatkan gaya dorong (*thrust*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dari model yang dibuat, manakah model yang memiliki nilai *thrust* tinggi untuk kapal TB. PANCARAN IV-315 serta untuk mengetahui perbandingan nilai *thrust* yang dihasilkan dari variasi model *kort nozzle* MARIN 19a dan *kort nozzle* MARIN 37 dengan variasi diameter dan panjang. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode CFD dengan memakai *software* Solidworks. Hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai *thrust* tertinggi dihasilkan pada model *ducted propaller* dengan tipe *kort nozzle* MARIN 19a dengan diameter 2500 mm dan panjang 1250 mm dengan nilai 138,71 KN.

Kata Kunci : *Kort Nozzle*, MARIN 19a, MARIN 37, *Thrust*, *Torque*, *Ducted Propaller*.

1. PENDAHULUAN

Dalam perencanaan dan pembangunan sebuah kapal, perlu diperhatikan beberapa faktor guna mencapai tujuan pembangunan kapal. Faktor yang penting guna mencapai kecepatan maksimum kapal yang diinginkan yaitu perencanaan lambung, sistem permesinan, sistem keamanan, dan sistem propulsi yang baik[1].

Salah satu faktor yang tidak bisa dianggap sepele adalah sistem propulsi kapal, yang di dalamnya terdapat perencanaan desain Propaller. Propaller adalah alat penggerak kapal yang harus direncanakan dengan baik agar dapat mencapai tujuan pembangunan kapal dengan kecepatan yang optimal[2]. Desain propaller dibuat sedemikian rupa agar kapal memiliki gaya dorong (*thrust*) yang optimal, salah satu upaya untuk menambah nilai *thrust* pada propaller adalah dapat ditambahkan *kort nozzle*. Propaller yang memakai *kort nozzle* disebut dengan *ducted propaller*.

Kort Nozzle sendiri adalah pembungkus propaller yang berupa pelat berbentuk *foil*. [3] Prinsip kerja dari *kort nozzle* adalah dengan memusatkan aliran air yang mengalir ke propaller. Hal ini bertujuan agar kerja propaller lebih efisien, sehingga *thrust* yang dihasilkan lebih maksimal.

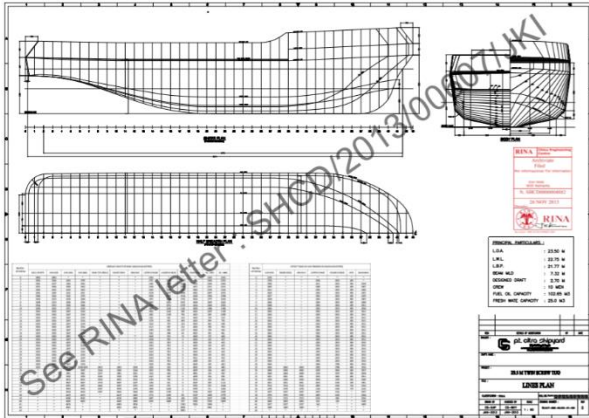
Pada penelitian-penelitian sebelumnya lebih banyak membahas mengenai propaller dan memakai *software* Ansys CFD. Namun, pada penelitian ini membahas mengenai perubahan ukuran *kort nozzle* dan hanya memakai 1 jenis propaller dan juga tidak memakai *software* Ansys CFD melainkan *software* Solidwork CFD.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa peningkatan kecepatan kapal TB. PANCARAN IV-315 dengan melakukan variasi dimensi tipe dan diameter pada *kort nozzle* menggunakan metode pendekatan CFD (Computational Fluid Dinamic) memakai *software* Solidwork.

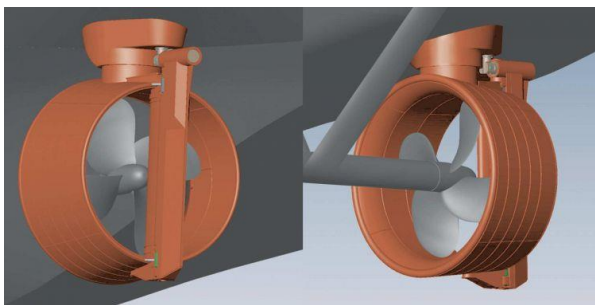
2. METODE

2.1 Objek Penelitian

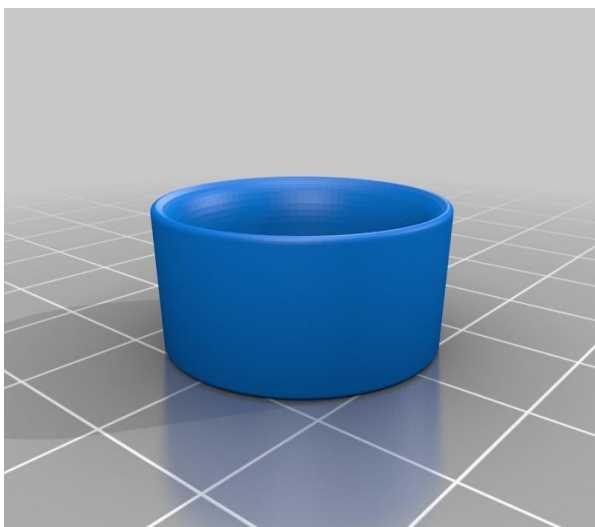
Data untuk penelitian ini didapatkan secara langsung maupun tidak. Data yang didapatkan secara langsung berupa ukuran utama kapal, *lines plan*, ukuran propeller. Sedangkan data yang didapatkan secara tidak langsung berupa catatan, jurnal mengenai topik penelitian yang sama.



Gambar 1. Lines Plan Kapal TB. PANCARAN IV-315



Gambar 2. Kort Nozzle MARIN 19'A



Gambar 3. Kort Nozzle MARIN 37

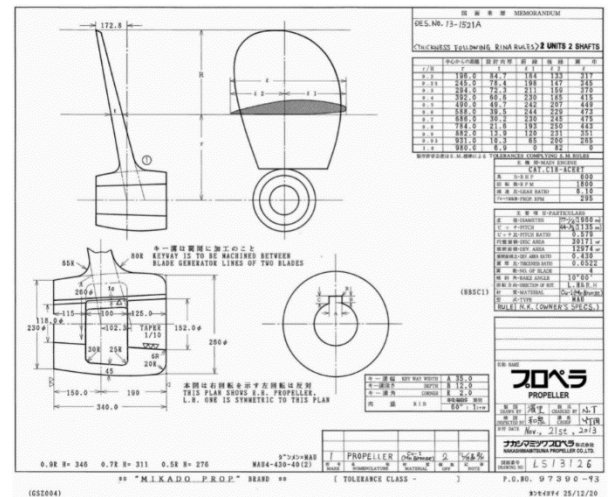
2.2 Variabel Penelitian

Kapal Tugboat adalah kapal yang digunakan untuk menarik atau mendorong kapal besar di

pelabuhan, melakukan penyelamatan seperti pemadaman api dan *salvage*, serta penunjuk jalan kapal besar[2]. Ada beberapa jenis kapal tugboat antara lain kapal tunda pelabuhan, kapal tunda samudra dan lainnya. Adapun kesulitan kapal *TugBoat* seperti melintasi sungai kecil yang berliku atau laut dangkal yang berkarang dan jalur antar pulau, sehingga manuver kapal *TugBoat* dapat berjalan dengan baik.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal Perintis

| No | Dimensi |
|----|--------------------------------------|
| 1 | Length Over All 23,5 m |
| 2 | Length Between Perpendicular 21,77 m |
| 3 | Breadth 10,4 m |
| 4 | Depth 7,32 m |
| 5 | Draft 2,7 m |
| 6 | Length Of Waterline 22,75 m |
| 7 | Speed 12 KNot |



Gambar 3. Propeller yang dipakai kapal TB> PANCARAN IV-315

Tabel 2. Ukuran Utama Propeller

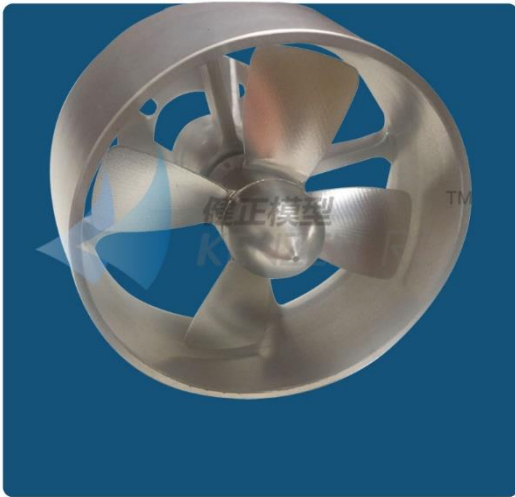
| No | Dimensi |
|----|--------------------------|
| 1 | Tipe M-AU |
| 2 | Diameter 1,96 m |
| 3 | Pitch 1,135 m |
| 4 | Blade Area Ratio 0,579 |
| 5 | Number Of Blades 4 |
| 6 | Kecepatan Putaran 295rpm |

Hal yang dicari pada penelitian ini yaitu nilai *thrust* dan juga *torque* kapal TB. PANCARAN IV-315, dengan variasi panjang, diameter dan tipe *kort nozzle* yang dipakai pada kondisi kecepatan serta propeller yang sama.

2.3 Ducted Propeller

Selubung atau tabung (*nozzle*) yang terbentuk dari *propeller* yang memiliki saluran (*duct*) berupa

foil yang mengelilingi baling-baling disebut *ducted propaller*. Pada tahun 1927 Ludwig Kort menemukan rancangan baling-baling untuk kapal pertama kalinya[3]. Oleh karena itu nama selungnya disebut *kort nozzle*. Asas kerja pompa aksial merupakan asas kerja yang mirip dengan asas kerja *Ducted propaller*, kekuatan pusaran ikut pada ujung daun dapat turun atau bahkan hilang disebabkan oleh dinding tabung bila jarak antara ujung daun dan dinding tabung cukup kecil.

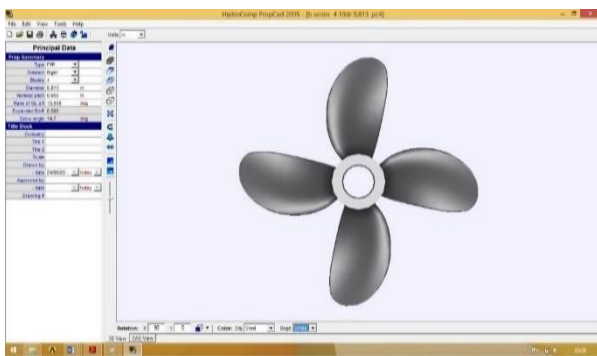


Gambar 5. *Ducted Propaller*

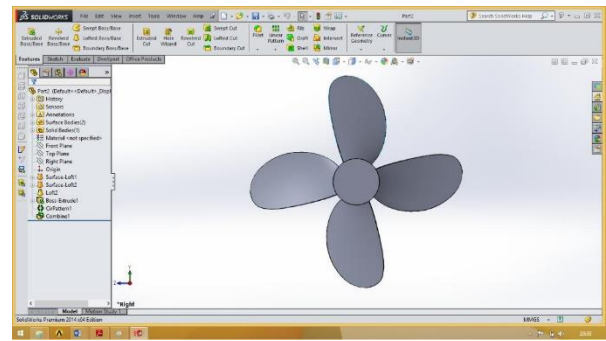
2.4 Pembuatan Model

Model *propaller* dan *kort nozzle* ini dibuat menggunakan *software* PropCad serta Solidworks. *Propaller* pertama didesain di *software* PropCad lalu dimasukkan di *software* Solidworks.

Sedangkan untuk *kort nozzle* langsung dibuat di *software* Solidworks.



Gambar 6. Model *Propaller* pada *software* PropCad



Gambar 7 Hasil Model *Propaller* dengan *Solidwork*

2.5 Validasi Numerik

Validasi terhadap nilai *thrust* dilakukan pada *propaller* tanpa menggunakan *kort nozzle* melalui perhitungan matematis yang dilakukan dengan membandingkan nilai KT-KQ-J pada Grafik *Modified AU propaller* dengan T dan Q yang didapat melalui *Open Water Test Propaller* pada CFD.

2.6 Pemodelan CFD *Ducted Propaller* Pada Solidworks.

Hasil dari validasi numerik pada kapal tanpa *kort nozzle*, jika dihasilkan nilai *thrust* yang valid maka langkah selanjutnya adalah melakukan pemodelan *ducted propaller* TB. PANCARAN IV-315 pada *software* solidwoks.

2.7 Alat Dan Bahan Yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk penelitian ini

1. CPU
2. OS : Windows 10 64 Bit
3. Processor : Intel Core i5
4. RAM : 4 GB
5. Grafik : AMD Radeon 1 GB

Software yang digunakan untuk penelitian ini

- *Software* PropCad
- *Software* Analisa Aliran (Solidworks)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan *ducted propaller* dalam menganalisa *thrust* kapal dan *torque propaller* diperlukan sebagai lanjutan dari hasil uji eksperimen sebagai salah satu cara untuk mengkalibrasi hasil uji eksperimen. Pada uji eksperimen model dilakukan dengan skala 1 banding 1.

Hasil dari model yang dianalisa nilai *Thrust* dan *Torquency* dengan menggunakan metode CFD, akan divalidasi dengan hasil perhitungan manual.

3.1 Simulasi CFD (*Computation Fluid Dynamic*)

Proses simulasi pada *Computation Fluid Dynamic* dimulai dari pembuatan model *propaller*.

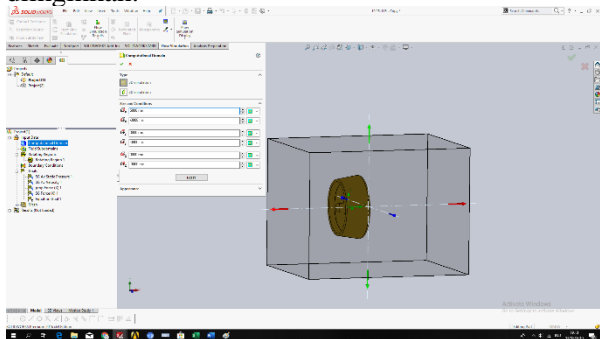
Model pertama didesain pada *software* PropCad, kemudian *file* hasilnya di-*export* dalam bentuk *file* .igs.

Model yang telah selesai didesain pada *software* Propcad kemudian dilanjutkan menggunakan *Software* simulasi numerik berbasis *Computation Fluid Dynamic* (Solidworks). Langkah – langkah simulasi numerik dibagi pada beberapa tahap antara lain:

3.1.1 Geometry

Tahap *geometry* merupakan tahap penentuan model yang akan dianalisa. Model dapat dibuat pada tahapan ini atau model dapat didesain pada *software* lain seperti *software* PropCad bila model yang akan didesain terlalu rumit, lalu modelnya di import di tahap ini. Pada tahap *geometry* ini juga langkah awal pengecekan *solid* tidak nya model yang didesain.

Jika model sudah *solid* digunakan maka langkah selanjutnya yaitu pembuatan kolam sebagai tempat uji kapal (*domain fluida*). Selanjutnya model yang akan di *running* harus mempunyai domain fluida. Domain fluida ini berfungsi untuk mengatur luas area dimana fluida yang akan masuk dan keluar. Cara membuat domainnya adalah mengklik kanan *Computational Domain*, lalu masukkan jarak area domain yang diinginkan.



Gambar 8. Domain Fluida yang dipakai

3.1.2 Mesh

Proses *mesh/meshing* pada *software* Solidwork tidak dilakukan secara manual, tapi sudah terotomatis pada saat kita akan me-*running* model nya.

3.1.3 Setup

Setup yang dilakukan berupa pemilihan *surface*/bagian propaller dan *kort nozzle* yang bersentuhan dengan fluida. Pada proses ini juga ditentukan *goal/result* yang akan kita inginkan.

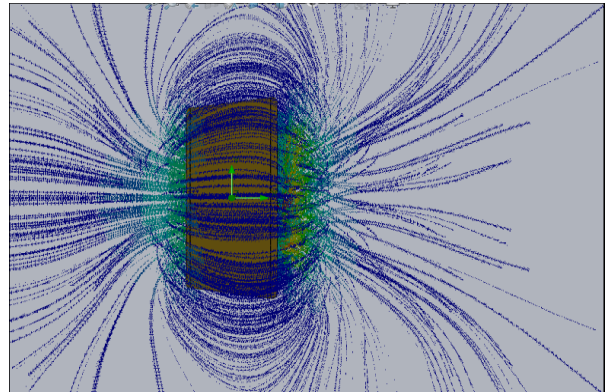
3.1.4 Solution

Tahap ini adalah proses perhitungan (*running*) berupa literasi dari persamaan dasar dinamika fluida pada CFD.

3.1.5 Result

Setelah proses *running* selesai maka hasil dapat kita liat ditahap *Solution*. Pada penelitian kali ini hasil yang akhir berupa nilai *thrust* dan *torque* yang dihasilkan oleh *ducted propaller*.

3.2 Hasil Analisa Thrust dan Torque Ducted Propaller



Gambar 9 Hasil CFD Model propaller dengan *kort nozzle* tipe MARIN 19a dengan diameter 2500mm dan panjang 1250mm.

Dari semua model *ducted propaller* yang telah diuji, aliran fluida yang dihasilkan hampir sama dengan model pada gambar diatas. Namun ada beberapa model yang aliran fluidanya sangat tidak teratur diantaranya model propaller dengan *kort bozzle* dengan tipe MARIN 37 dengan diameter 2350 mm dan panjang 1150mm. Dari penelitian ini didapatkan bahwa nilai *Thrust* berada pada kisaran angka 55,35 kn sampai 138,71 kn. Sedangkan untuk nilai *toeque* yang didapat dari semua model berada pada kisaran angka 16,87 kn.m sampai 29,49kn.m.

Tabel 3 Hasil *Thrust, Torque*, Dan Efisiensi Yang Didapat Dari Semua Model

| No | Type Nozzle | Diameter (mm) | Panjang (mm) | Thrust (kn) | Torque (kn.m) | Efisiensi |
|----|-------------|---------------|--------------|-------------|---------------|-----------|
| 1 | | | 1150 | 56,68 | 18,16 | 0,420 |
| 2 | | 2300 | 1200 | 69,43 | 19,01 | 0,492 |
| 3 | | | 1250 | 78,91 | 23,45 | 0,453 |
| 4 | | | 1150 | 55,35 | 16,87 | 0,442 |
| 5 | MARIN 19A | 2400 | 1200 | 95,21 | 25,39 | 0,505 |
| 6 | | | 1250 | 122,2 | 29,49 | 0,558 |
| 7 | | | 1150 | 90,55 | 21,12 | 0,577 |
| 8 | | 2500 | 1200 | 109,5 | 19,46 | 0,758 |
| 9 | | | 1250 | 138,7 | 19,35 | 0,965 |
| 10 | | | 1150 | 70,12 | 17,51 | 0,539 |
| 11 | | 2300 | 1200 | 73,32 | 17,64 | 0,559 |
| 12 | | | 1250 | 92,72 | 18,54 | 0,673 |
| 13 | | | 1150 | 73,99 | 22,31 | 0,446 |
| 14 | MARIN 37 | 2400 | 1200 | 90,28 | 22,71 | 0,535 |
| 15 | | | 1250 | 93,18 | 25,23 | 0,497 |
| 16 | | | 1150 | 87,18 | 22,11 | 0,531 |
| 17 | | 2500 | 1200 | 90,29 | 24,77 | 0,491 |
| 18 | | | 1250 | 119,7 | 26,43 | 0,610 |

Nilai *Thrust* tertinggi dihasilkan oleh model propaller dengan *kort nozzle* tipe MARIN 19a dengan diameter 2500 mm dan panjang 1250 mm dengan nilai 138,71 KN.

Sedangkan nilai torque terendah dihasilkan oleh model propaller dengan *kort nozzle* tipe MARIN 19a dengan diameter 2400 mm dan panjang 1150 mm dengan nilai 16,87KN.m.

3.7 Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan tujuan untuk membandingkan hasil (*thrust* dan *torque*) dari perhitungan *software* dan perhitungan manual. Dengan perhitungan manual, nilai *thrust* dan *torque propaller* dapat dicari dengan menggunakan rumus persamaan dibawah ini:

$$KT = \frac{T}{\rho n^2 D^4}$$

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

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

Dimana:

KT = Koefisien gaya dorong baling-baling

KQ = Koefisien torsi baling-baling

J = Koefisien *advanced* baling-baling

Va = kecepatan *advanced*, ft/s

D = diameter *propaller*, ft

N = putaran *propaller*, rev/s

T = *thrust propaller*, lbf

Q = *torque propaller*, lbf ft

ρ = massa jenis fluida (*fluid density*), 1,9905 s/ft³

Diketahui M-AU Series :

- Diameter = 1,96 m = 6.430 ft
- Kecepatan Putaran = 295 rpm = 4,91 rps
- Vs = 12 *Knot* = 20,2 ft/s
- Massa Jenis = 1,9905 s/ft³
- Blade Area Ratio = 0,43

❖ Menghitung Wake Fraction dan Velocity Advance

$$Va = (1-w)Vs$$

$$Va = (1-0,1014)20,2537 \text{ ft/s}$$

$$Va = 18,20 \text{ ft/s}$$

$$w = 0,55Cb-0.2$$

$$w = 0,555(0,548)-0,2$$

$$w = 0,1014$$

Menghitung Thrust dan Torque *Propaller*

$$J = \frac{Va}{nxD} = \frac{18,20}{4,19 \times 6,430} = 0,576$$

$$KT = \frac{T}{\rho n^2 D^4}$$

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

Nilai KT dan KQ didapatkan pada grafik diagram KT, KQ, dan J pada gambar 8.

$$0,24 = \frac{T}{1,9905 \times 4,91^2 \times 6,430^4}$$

$$T = 19692,497 \text{ lb}$$

$$0,037 = \frac{Q}{1,9905 \times 4,91^2 \times 6,430^5}$$

$$Q = 19627,889 \text{ lbft}$$

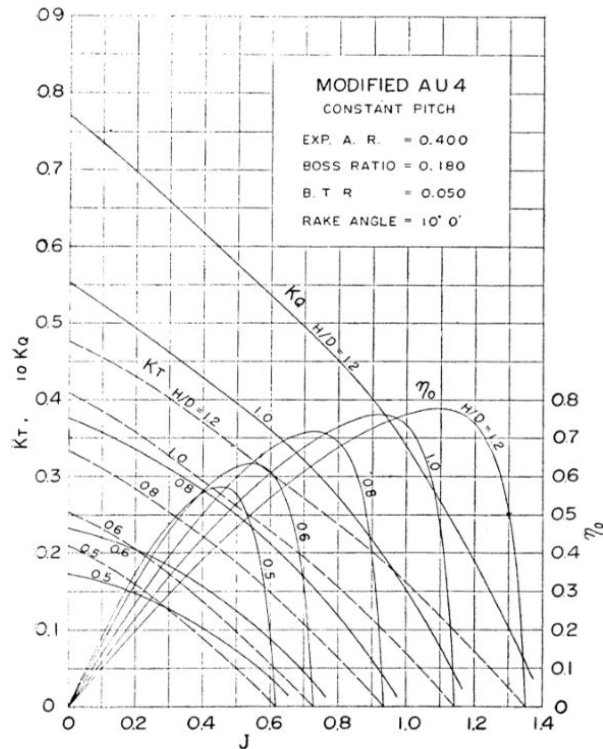
Maka nilai konversinya :

$$T = 87596,591 \text{ N}$$

$$T = 87,59 \text{ KN}$$

$$Q = 26611,84 \text{ Nm}$$

$$Q = 26,612 \text{ KNm}$$



Gambar 10 Diagram KT-KQ-J Propaller M-AU[7]

Metode perhitungan matematis nilai *thrust* dan *torque* menggunakan diagram KT – KQ – J sesuai dengan rumus diatas. Maka validasi perhitungan manual dan perhitungan berdasarkan metode CFD dapat disimpulkan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 4 Perbandingan *Torque* dan *Thrust* Hasil Perhitungan Manual Dengan Hasil Simulasi CFD

| Hasil | Kecepatan Rotasi (rpm) | Hasil Perhitungan Matematis | Hasil Simulasi CFD | Error (%) |
|--------|------------------------|-----------------------------|--------------------|-----------|
| Thrust | 295 | 87,57 kn | 93,20 kn | 5,01 |
| Torque | 295 | 26,611 knm | 25,602 kn.m | 3,78 |

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pemakaian *kort nozzle* dapat menambah ataupun mengurangi nilai *thrust* dan nilai *torque* kapal. Tergantung pemilihan *kort nozzle* yang sesuai dengan tipe propaller yang dipakai.

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai *thrust* tertinggi dihasilkan oleh model propaller dengan *kort nozzle* tipe MARIN 19a dengan diameter 2500 mm dan panjang 1250 mm dengan nilai 138,71 KN.

Sedangkan nilai *torque* terendah dihasilkan oleh model propaller dengan *kort nozzle* tipe MARIN 19a dengan diameter 2300 mm dan panjang 1150 mm dengan nilai 16,87 KNm.

Untuk efisiensi yang tertinggi didapat dari model *ducted propaller* dengan *nozzle* tipe MARIN 19a dengan diameter 2500 mm dan panjang 1250 mm dengan nilai 0,965.

4.2 Saran

Penulis memberikan saran kepada yang ingin mengembangkan studi penulisan ini untuk dapat memvariasikan kecepatan yang di gunakan oleh penulis, tipe propaller yang dipakai dan juga dapat memvariasikan *kort nozzle* tipe yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Simbolon, "Analisa Nilai Maximum Thrust Propaller B-Series Dan Kaplan Series Pada Kapal Tugboat Ari 400 Hp Dengan Variasi Diameter, Jumlah Daun, Sudut Rake Menggunakan Cfd," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 3, no. 4, pp. 394–404, 2015.
- [2] P. Manik, *Buku Ajar Propulsi Kapal*, Semarang: Lembaga Pengembangan Dan Penjamin Mutu Pendidikan Universitas Diponegoro, 2008.
- [3] J. Carlton, *Marine Propaller And Propulsion Second Edition*, Boston: ELSEVIER, 2007.
- [4] J. Bosschers and R. van der Veecken, "Open water tests for propaller Ka4-70 and duct 19a with a sharp trailing edge," MARIN Report 224457-2-VT, Wageningen, 2008.

- [5] S. Steen and K. Koushan, *Marine Propulsors*, Basel: JMSE, 2018.
- [6] A. Molland, *The Maritime Engineering Reference Book*, Oxford: Oxford University, 2010.
- [7] A. Yazaki, E. Kuramochi, and T. Kumasaki, "Open Water Test Series with Modified AU-Type Four-Bladed Propeller Models," *J. Zosen Kiokai*, vol. 1960, no. 108, pp. 99–104, 1960, doi: 10.2534/jjasnaoe1952.1960.108_99.
- [8] J. Baltazar, J. A. C. Falcão De Campos, and J. Bosschers, "Open-water thrust and torque predictions of a ducted propeller system with a panel method," *Int. J. Rotating Mach.*, vol. 2012, no. June, 2012, doi: 10.1155/2012/474785.
- [9] J. M. Baltazar, D. Rijpkema, J. F. de Campos, and J. Bosschers, "Prediction of the open-water performance of ducted propellers with a panel method," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 6, no. 1, 2018, doi: 10.3390/jmse6010027.
- [10] S. Ekinci, "A Practical Approach for Design of Marine Propellers with Systematic Propeller Series," *Brodogradnja*, vol. 62, no. 2, pp. 123–129, 2011