

# Studi Numerik Optimasi Propeller Kapal Selam 29 meter dengan Menggunakan High Skew

Cahya Kusuma, I Made Ariana

Departemen Teknik Sistem Pengendalian Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, Indonesia

Article history: Recieved 23/05/2017 Revised 12/06/2017 Accepted : 25/06/2017

## ABSTRAK

Indonesia adalah Negara kepulauan dan sebagian besar alur perairan dangkal di wilayah Indonesia Barat, menjadikan konsep penggunaan kapal selam mini oleh TNI AL menjadi pilihan tepat. Salah satunya rekayasa yang terpenting adalah mendesain propeller kapal selam mini dengan level optimasi yang tinggi. Metode penelitian ini berdasarkan hasil simulasi numerik menggunakan Computer Fluid Dynamic (CFD) yang menggunakan B-series sebagai dasar dengan variasi skew  $36^\circ, 45^\circ, 54^\circ$ . Diharapkan hasil dari penelitian ini mampu memberikan solusi dalam pemilihan desain propeller yang efisien untuk kapal selam mini 29m. Dengan diagram open water yang dihasilkan maka didapatkan nilai efisiensi terbesar pada B4-522 dengan skew didapat pada sudut skew  $45^\circ$ . Nilai kecepatan optimum adalah pada  $J = 0.07$  yaitu pada kecepatan 8,9 knot dengan nilai efisiensi 0,856.

**Kata kunci:** Kapal selam mini 29m, Efisiensi, Computer Fluid Dinamic, Propeller.

## ABSTRACT

Indonesia is an archipelagic nation and most shallow water channel in Western Indonesia, making the concept of mini submarine use by the Navy to be the right choice. One of the most important engineering is to design a mini submarine propeller with a high level of optimization. This research method is based on the result of numerical simulation using Computer Fluid Dynamic (CFD) which use B-series as base with skew variation  $36^\circ, 45^\circ, 54^\circ$ . It is expected that the results of this research can provide solutions in the selection of efficient design propeller for mini submarine 29m. With the open water diagrams generated then obtained the greatest efficiency value on B4-522 with skew obtained at  $45^\circ$  skew angle. The optimum velocity value is at  $J = 0.07$  at 8.9 knots with an efficiency value of 0.856.

**Keywords:** Mini 29m Submarine, Efficiency, Computer Fluid Dinamic, Propeller.



Cahya Kusuma menamatkan pendidikan SMU di SMAN Jatinom, Karanganyar, Klaten pada tahun 1997. Lulusan S1 Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada Yogyakarta pada tahun 2003.

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara Kepulauan dengan wilayah barat menjadi satu lempeng dengan benua Asia yang memiliki laut yang dangkal. Dengan latar belakang perairan laut Indonesia Barat yang dangkal yang sangat sesuai dengan penggunaan kapal selam mini karena kapal selam mini mempunyai kemampuan manuver yang lincah serta bisa menjangkau perairan dangkal. Kemampuan kapal selam mini yang lainnya

adalah menembakkan torpedo, sebagai penggerak komando, meletakkan ranjaudan misi pengintaian. Dari sisi teknologi, sejatinya pembangunan kapal selam mini oleh industri strategis dalam negeri sudah bisa dilakukan. Salah satu penelitian yang dilakukan adalah dalam rancang bangun propeller.



Gambar 1. Design Kapal selam mini 22 meter karya Kol (Purn) Ir. Drajat Budiyo MBA (2006) dan simulasi numerik

\*Corresponding author.

E-mail address: [cahya\\_kusuma11@yahoo.com](mailto:cahya_kusuma11@yahoo.com)

Peer reviewed under reponsibility of Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

© 2017 Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, All right reserved, This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Penelitian tentang propeller kapal selam diantaranya oleh Erwandi (2011) meneliti rancang bangun dan uji hidrodinamika kapal selam mini, EndangWidjiati (2011 - 2012) tentang rancang bangun sistem ukur noise dan uji hidrodinamika propeller kapal selam mini. Untuk itu propeller sebagai alat penggerak kapal selam perlu memperhatikan tingkat efisiensi dan level kavitasi yang terjadi. Efisiensi berfungsi sebagai langkah penghematan energi pada motor listrik saat kapal selam beroperasi. Sedangkan level kavitasi rendah berfungsi agar propeller kapal selam saat beroperasi tidak menimbulkan noise dan getaran sehingga kerahasiaan tetap terjaga.

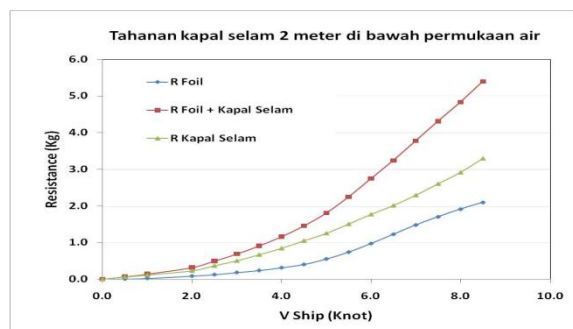
Penelitian difokuskan desain propeller kapal selam mini 29 meter untuk mencari efisiensi yang tinggi.

Penelitian ini menggunakan basic design propeller B series yang di highskew kan dengan 3 variasi sudut yang berbeda 36°, 45°, 54° yang dilakukan dengan metode numerik CFD.

## METODE

### Pengujian kapal selam mini 22m

Erwandi (2011), memaparkan hasil laporan penelitian tentang studi tahanan pada kapal selam mini 22m. Dimana penelitian tersebut meliputi perhitungan numerik dan uji tahanan di kolam Towing Tank Laboratorium Hidrodinamika Indonesia.



Gambar 2. Karakteristik tahanan kapal selam di permukaan air

- Dari hasil pengujian tahanan model kapal selam mini 22m tersebut, dapat di gunakan untuk menentukan harga Thurst pada propeller yang akan di desain. Dimana harga Thrust deduction factor dapat di lihat dengan melihat referensi diagram berikut.

$$T = \frac{RT}{(1-t)} \quad [1]$$

- Pengujian tahanan kapal selam mini dapat di lakukan juga di *wind tunnel* (terowongan angin) untuk melihat harga tahanan, karena basic dari pengujian ini menggunakan *Reynold's Number*.

### Penambahan Skew Propeller untuk Mereduksi Noise Propeller Kapal Selam

Endang Widjiati, Erwandi, Endah Suwarni, M.Nasir(2012), memberikan gambaran tentang adanya

penurunan noise yang di akibatkan oleh adanya penurunan kavitasi pada propeller. Dimana harga Thrust propeller, dan ukuran utama propeller telah di tentukan dalam perhitungan



Gambar 3. Model Skew propeller 7 blades

### High Skew Propeller

Paper ini lebih difokuskan pada desain propeller kapal selam mini 29 meter dengan menggunakan aplikasi seri propeller – B series. Penggunaan serie propeller ini sebagai propulsor kapal selam lebih disebabkan pada kemudahan dan kelengkapan desain yang ditawarkan. Sedangkan penggunaan skew adalah untuk mereduksi getaran yang dihasilkan. Variasi skew untuk mendapatkan nilai efisiensi tertinggi.

Menurut Highly Skewed Propellers—Full Scale Vibration Test Results and Economic Considerations N. O. Hammer, THE SOCIETY OF NAVAL ARCHITECTS ANO MARINE ENGINEERS, Paper to be Presented at the Ship Vibration Symposium, October 16–17, 1978 ada beberapa keuntungan dan kerugian dari propeller high skew .

Kelebihan propeller high skew :

- Mengurangi level vibrasi pada kapal
- Menambah kenyamanan kapal
- Meningkatkan umur peralatan
- Usia pakai propeller meningkat karena berkurangnya kavitasi

Kekurangan propeller high skew :

- Biaya pembuatan lebih mahal dibandingkan dengan propeller konvensional
- Lebih rentan terjadi kerusakan pada saat pengoperasian
- Berat propeller yang lebih besar sehingga membutuhkan poros ekor yang lebih besar
- Kekuatannya kurang memadai

Sedangkan menurut paper Highly skew propeller (R.A Cumming, W B Morgan, dan R J Boswell) kelebihan dan kekurangan high skew propeller adalah

Kelebihan high skew propeller :

- Turunnya Beban bearing thrust block karena thrust dari propeller
- Turunkan gaya tekanan goyah yang tidak stabil yang diakibatkan oleh gerakan berputar propeller.
- Berkurangnya kerentanan baling-baling terhadap kavitasi pada saat dioperasikan

Kekurangan high skew propeller :

- Menurunkan nilai efisiensi
- Lebih sulit dalam proses pembuatannya

### Computing Fluid Dynamic (CFD)

Pendekatan Numerik pada propeller model perlu dilakukan dengan menggunakan CFD hal ini bertujuan untuk mengetahui hasil sementara tentang gambaran performance diagram dari propeller yang telah di desain. Langkah – langkah dalam perhitungan numerik dengan menggunakan CFD adalah dengan menggambar propeller dalam bentuk 3D. Sehingga setelah tergambar kita bisa melakukan meshing pada objek propeller yang akan kita analisa. Meshing pada model propeller bertujuan untuk memecah obyek ukur menjadi beberapa elemen tak hingga, sehingga memudahkan komputer untuk menghitung dalam bentuk Fenite elemen. Fenit elemen diperlukan untuk mendapatkan hasil simulasi numerik dalam bentuk Computer Fluid Dynamic (CFD).

### HASIL

Dasar penghitungan adalah menggunakan propeller B series.

Data utama propeller adalah sebagai berikut :

Design speed	8.00 [knots] (Jelajah)
Design shaft power	130 [kW]
Revolutions	270.0 [1/Min]
Diameter	1.450 [m]
Number of blades	5 [-]
AEA0	0.522 [-]
PDRA	0.929 [-]

Dari data utama tersebut didapatkan data Resistance kapal selam 29 meter yang dihitung secara numerik dengan Marin Program.

Tabel 1. Resistance deep water (calm water)

VS	R-FRIC	R-WAV	R-BULB	R-TRANS	R-APP	R-ALL	R-TOT
[knots]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
5	1.8	0.2	0	0	0.1	0.6	3.2
5.5	2.2	0.4	0	0	0.1	0.7	4
6	2.6	0.7	0	0	0.1	0.9	5.1
6.5	3	1.3	0	0	0.1	1	6.3
7	3.4	2.1	0	0	0.2	1.2	7.9
7.5	3.9	3.1	0	0	0.2	1.4	9.7
8	4.4	4.5	0	0	0.2	1.6	11.9
8.5	4.9	7	0	0	0.2	1.8	15.3
9	5.4	9.9	0	0	0.3	2	19.2
9.5	6	13.1	0	0	0.3	2.2	23.4
10	6.6	16.7	0	0	0.3	2.4	28

Setelah dilakukan penghitungan Resistance didapatkan hubungan antara lambung kapal selam 29 meter dengan propulsornya. Dimana dari hubungan tersebut didapatkan propulsi koefisien(ETA-D) yang terdiri dari Effisiensi hull (ETA-H), effisiensi rotatif relatif (ETA-R) dan Effisiensi propeller open water (ETA-O). Dimana diagram open water dari data propeller diatas dapat dipresentasikan pada gambar 5.

Tabel 2. Interaction deep water (calm water)

VS	R-TOT	THRUST	W	T	ETA-H	ETA-R	ETA-O	ETA-D
[knots]	[kN]	[kN]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
5	3.2	3.9	0.172	0.176	0.995	0.988	0.633	0.623
5.5	4	4.9	0.171	0.176	0.995	0.988	0.631	0.62
6	5.1	6.1	0.171	0.176	0.994	0.988	0.627	0.616
6.5	6.3	7.7	0.171	0.176	0.994	0.988	0.62	0.609
7	7.9	9.6	0.17	0.176	0.994	0.988	0.613	0.602
7.5	9.7	11.7	0.17	0.176	0.993	0.988	0.606	0.595
8	11.9	14.5	0.17	0.176	0.993	0.988	0.597	0.586
8.5	15.3	18.6	0.17	0.176	0.993	0.988	0.582	0.571
9	19.2	23.3	0.17	0.176	0.993	0.988	0.567	0.556
9.5	23.4	28.4	0.169	0.176	0.993	0.988	0.555	0.544
10	28	34	0.169	0.176	0.992	0.988	0.545	0.535

Tabel 3. Propulsion deep water (calm water)

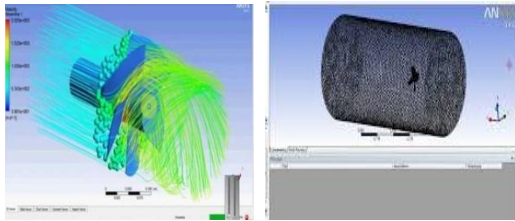
VS	THRUST	ETA-D	CAVP	CAVN	N	PE	PS
[knots]	[kN]	[-]	[-]	[-]	[1/Min]	[kW]	[kW]
5	3.9	0.623	1	1	133.6	8	14
5.5	4.9	0.62	1	1	148.2	11	19
6	6.1	0.616	1	1	163.9	16	26
6.5	7.7	0.609	1	1	180.9	21	35
7	9.6	0.602	1	1	199	28	48
7.5	11.7	0.595	1	1	217.2	37	63
8	14.5	0.586	1	1	237.5	49	85
8.5	18.6	0.571	1	1	262.2	67	119
8.68	20.2	0.566	1	1	269.9	74	133
9	23.3	0.556	1	1	288.3	89	162
9.5	28.4	0.544	1	1	313.5	115	213
10	34	0.535	1	1	338.5	144	272

Hasil penghitungan dengan menggunakan propeller B series didapatkan nilai KT,KQ, J

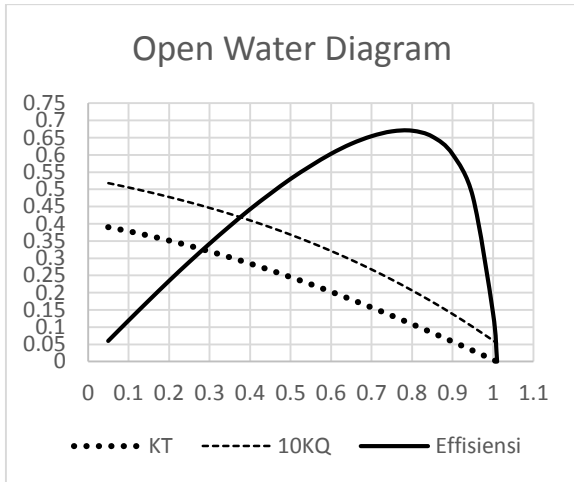
Tabel 4. Nilai KT,KQ,J pada B4-522

J	KT	KQ	η
0.05	0.3902	0.05183	0.06
0.1	0.3785	0.05057	0.119
0.15	0.3655	0.04923	0.177
0.2	0.3514	0.0478	0.234
0.25	0.3363	0.04627	0.289
0.3	0.32	0.04464	0.342
0.35	0.3028	0.04289	0.393
0.4	0.2845	0.04101	0.442
0.45	0.2654	0.03901	0.487
0.5	0.2453	0.03686	0.53
0.55	0.2245	0.03457	0.568
0.6	0.2028	0.03213	0.603
0.65	0.1803	0.02953	0.632
0.7	0.1571	0.02676	0.654
0.75	0.1333	0.02381	0.668
0.8	0.1088	0.02067	0.67
0.85	0.0837	0.01735	0.653
0.9	0.0581	0.01382	0.602
0.95	0.032	0.01009	0.479
1	0.0054	0.00614	0.14
1.01	0	0.00532	0

Dari data diatas dapat dibuat tabel KT, KQ dan J seperti pada gambar 4.

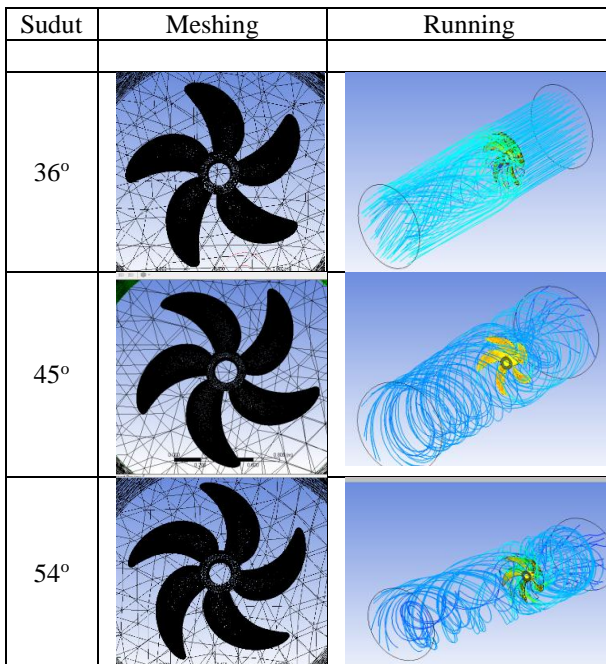


Gambar 4. Gambar Meshing dan analisa CFD



Gambar 5. Diagram KT, KQ, J pada B4-522

Pada propeller kapal selam hal yang paling utama adalah vibrasi yang serendah mungkin karena kapal selam beroperasi serahasia mungkin. Untuk dapat menghasilkan vibrasi yang serendah mungkin maka propeller B series tersebut direkayasa dengan menambahkan skew yaitu 36°, 45°, 54°.

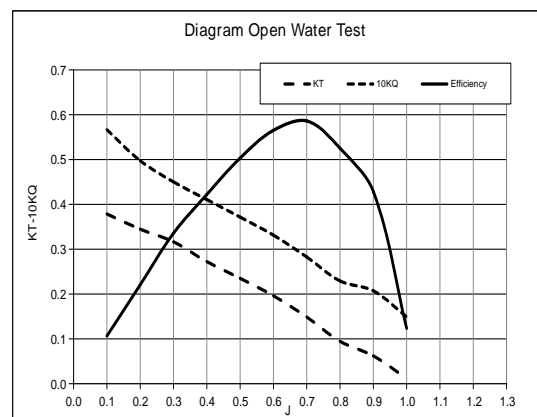


Gambar 6. Hasil meshing dan running pada B4-522 dengan skew 36°, 45°, 54°

Tabel 5. Nilai KT, KQ, J pada J = 0.7

	RPM Prop(Hz)	Skew 36°	Skew 45°	Skew 54°
Thrust (N)	4.500	15188.30	13311.30	12983.30
Torque (Nm)	4.500	4289.78	3668.78	3992.78
KT	4.500	0.170	0.149	0.145
10KQ	4.500	0.330	0.283	0.308
Effisiensi	4.500	0.572	0.586	0.525

Dari running CFD dihasilkan tabel 5 pada J = 0.7 dimana kecepatan model adalah 8.9 knot. Dari tabel tersebut dengan RPS yang sama nilai efisiensi tertinggi pada skew propeller 45° dengan hasil 0.586. Nilai thrust pada B4-522 pada V=8 knot adalah 14500 N sedangkan nilai thrust pada V=8.9 knot pada skew 36° adalah 15188N, skew 45° nilai thrust 13311N dan pada skew 54° adalah 12983N. Hal ini membuktikan bahwa dengan penambahan skew maka akan terjadi penurunan thrust maupun efisiensi.



Gambar 7. Diagram KT, KQ, J pada B series skew 45°

## KESIMPULAN

Dari diagram Open water pada gambar 6 maka didapatkan nilai efisiensi terbesar pada B4-522 dengan skew didapat pada sudut skew 45°. Nilai kecepatan optimum adalah pada J = 0.07 yaitu pada kecepatan 8,9 knot dengan nilai efisiensi 0,856. Demikian selanjutnya akan dilaksanakan pengujian model untuk membandingkan nilai penghitungan CFD dengan pengujian open water test.

## REFERENSI

- [1] Agung Purwana, Studi perbandingan karakteristik baling – baling skew dengan CFD dan EFD, 2011.
- [2] Endang Widjiati, “Rancang bangun dan uji akustik propeller kapal selam mini”, prosiding Insinas, 2012.
- [3] Edward V. Lewis, “Principles of Naval Architecture Second Revision”, Published by The Society of Naval Architecture and Marine Engineers.601 Pavana Avenue, Jersey City, 1988.
- [4] Erwandi, “Laporan hasil pengujian tahanan kapal selam 22 meter”, 2011.
- [5] N. O. Hammer, “Highly Skewed Propellers—Full Scale Vibration Test Results and Economic Considerations”, The Society Of Naval Architects

- Ano Marine Engineers, Paper to be Presented at the Ship Vibration Symposium, October 16–17, 1978.
- [6] M.M. Bernitsas, D. Ray, P. Kinley, “KT, KQ and Efficiency Curve for the Wageningen B-Series Propellers”, The University of Michigan, Report No. 237, May 1981.
- [7] Martin Renilson, Submarine Hydrodynamic Launceston, TAS, Australia, 2015.
- [8] Vladimir Krasilnikov, Jiaying Sun and Karl Henning Halse, “CFD Investigation in Scale Effect on Propellers with Different Magnitude of Skew in Turbulent Flow”, First International Symposium on Marine Propulsors, Trondheim, Norway, 2009.