

DESAIN PROPELLER KAPAL SELAM 29 METER DENGAN MENGUNAKAN PROPELLER B-SERIES

Numerical Study of 29-meter Submarine Propeller Using B-Series

Cahya Kusuma¹, I Made Ariana¹

¹Program Studi Teknik Sistem dan Pengendalian Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Email: cahya_kusuma11@yahoo.co.id

Diterima: 20 Juni 2017; Direvisi: 22 Juni 2017; Disetujui: 7 Juli 2017

Abstrak

Kapal Selam Mini 29 Meter dengan diameter *hull* 3 meter dan *displacement* 130 T sangat cocok untuk perairan Indonesia Barat yang dangkal karena memiliki beberapa kelebihan. Perhitungan *powering* terutama tahanan kapal dilakukan dengan menggunakan metode MIT dan metode kapal pembanding untuk mendapatkan koefisien Admiral. Berdasar dari hasil perhitungan kedua metode tersebut dilakukan perancangan *propeller*. *Propeller* didesain dengan menggunakan *Propeller B-series*. Penggunaan *propeller B-series* lebih disebabkan karena kelengkapan data dan informasi performa seri tersebut bila dibandingkan dengan seri *propeller* lainnya. Dari analisa kebutuhan *thrust* dan ketersediaan daya mesin, maka *propeller B5-60* ternyata layak dipakai sebagai *propulsor* Kapal Selam Mini 29 Meter.

Kata kunci: kapal selam, *powering*, desain, *propeller*, layak

Abstract

Mini submarine 29 meters with a hull diameter of 3 meters and 130 T displacement is suitable for shallow water in western Indonesian territory. The powering calculation specially resistance calculation of the ship is carried out by using the MIT method and ship sister for calculating the Admiral coefficient. Based on the result from both method, designing propeller was to be done. The B-series Propeller was chosen as ship propulsion. The usage of this series is caused by the data and performance information are more complete compare with another series. From the thrust required and the power of the engine it is found that propeller B5-60 is suitable as propulsion of submarine 29 meters.

Keywords: submarine, powering, design, propeller, suitable

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara kepulauan terbesar di dunia. Indonesia diapit oleh dua benua yaitu benua Asia dan Australia. Indonesia Timur dengan laut yang sangat dalam merupakan lempeng Australia. Sedangkan Indonesia Barat menjadi satu lempeng dengan benua Asia yang memiliki laut yang dangkal. Teknologi kapal selam merupakan teknologi yang sangat sensitif dan bersifat eksklusif nasional. Sebagian besar negara produsen kapala selam tidak mau berbagi

teknologi yang mereka punyai, walaupun dengan negara sahabat maupun sekutunya sekalipun. Kapal selam maupun kapal permukaan merupakan SSAT atau Sistem Senjata Armada Terpadu yang terdiri dari kapal perang, pangkalan, pesawat udara dan marinir sebagai pasukan pendarat. Dengan SSAT yang mumpuni maka kemampuan Armada akan sangat disegani kawan dan ditakuti lawan. Dengan latar belakang perairan laut Indonesia Barat yang dangkal yang sangat sesuai untuk model peperangan gerilya

bawah air apabila suatu waktu perang meletus. Konsep kapal selam mini menjadi pilihan tepat karena kapal selam mini memiliki kemampuan antara lain: Poin pertama adalah manuver yang lincah. Dengan *displacement* yang kecil maka kapal selam mini sangat lincah dibandingkan dengan kapal selam yang ukurannya lebih besar. Poin ke dua adalah mampu menjangkau perairan dangkal. Kapal selam mini mampu beroperasi pada kedalaman 30-60 meter dimana hal itu sangat sulit dilakukan oleh kapal selam konvensional. Poin ke tiga adalah menembakkan torpedo. Kapal Selam Mini 29 Meter mampu membawa 2 buah tabung torpedo 533 mm. Poin ke empat adalah sebagai penggerak komando. Dengan ukurannya yang kecil sangat cocok digunakan sebagai kapal komando. Poin ke lima adalah penyebaran ranjau. Kapal selam mini ini mampu untuk membawa untuk disebar. Poin ke enam, misi pengintaian karena ukurannya yang kecil kapal selam mini cocok untuk misi pengintaian bahkan dibelakang garis pertahanan lawan. Poin ke tujuh yaitu patroli wilayah pesisir. Karena *displacement*-nya yang kecil maka kapal selam mini ini sangat cocok digunakan untuk patroli wilayah pesisir dengan kedalaman 30-60 meter.

Dari sisi teknologi, sejatinya pembangunan kapal selam mini oleh industri strategis dalam negeri sudah bisa dilakukan. Sedangkan dari segi pembuatan serta pemeliharaan juga lebih kecil dari kapal selam diesel elektrik yang lebih besar.

Sebagai salah satu bagian SSAT pengembangan kapal selam terus dilakukan agar Indonesia dapat mandiri dalam pembuatan maupun penguasaan teknologi kapal selam. Salah satu hasil desain kapal selam mini seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Widjiati (2012), telah mengkaji untuk *noise propeller* kapal selam.

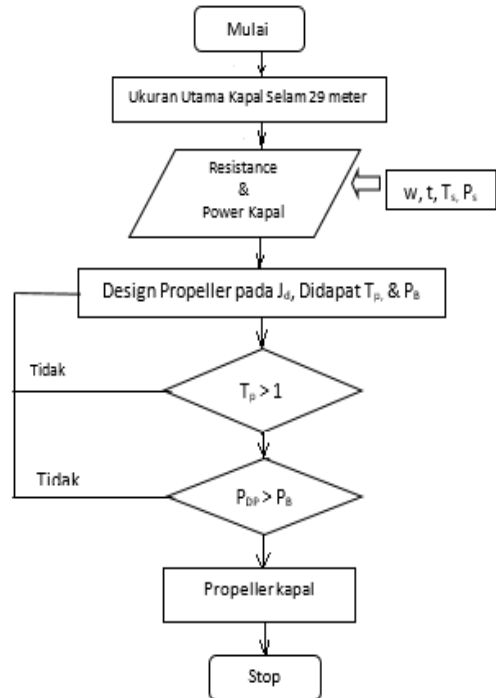


Gambar 1. Design Kapal Selam Mini 22 meter karya Dinas Penelitian dan Pengembangan TNI AL (Sumber: indomiliter.com, 11 Februari 2016)

Paper ini lebih difokuskan pada desain *propeller* Kapal Selam Mini 29 Meter dengan menggunakan

aplikasi seri *propeller B-series*. Penggunaan seri *propeller* ini sebagai propulsor kapal selam lebih disebabkan pada kemudahan dan kelengkapan desain yang ditawarkan.

METODE PENELITIAN



Gambar 2. Alur desain *propeller* Kapal Selam Mini 29 Meter

Obyek penelitian adalah Kapal Selam Mini 29 Meter dengan data-data teknis sebagai berikut,

| | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| <i>Design speed</i> (Jelajah) | : 8.00 [knots] |
| <i>LOA</i> | : 29 [meter] |
| <i>Diameter Hull</i> | : 3 [meter] |
| <i>Displacement</i> | : 150700 [kg] |
| <i>RPM Engine</i> | : 270.0 [1/Min] |
| | 4 [Hz] |
| <i>Diameter propeller</i> | : 1.450 [meter] |
| <i>Jumlah daun propeller</i> | : 5 [-] |
| <i>Kondisi lingkungan</i> : | |
| Suhu | : 30 [°C] |
| Berat Jenis air laut | : 1025 [kg/m ³] |
| <i>Kinematic viscosity</i> | : 8.43E-07 [m ² /dt] |

Tahanan kapal selam mini dihitung dengan menggunakan metode yang telah dikembangkan oleh MIT (Bizzard, 2008). Metode ini telah diaplikasikan pada *Design Ballistic Defense Submarine SSMBD*.

Perhitungan kebutuhan daya (mesin) kapal selam mini digunakan metode Admiral dengan menggunakan kapal selam pembanding *midget* 120 buatan *Drass Tecnologie Sotomarine*, Italia, dengan data-data sebagai berikut:

| | |
|-----------------------------|---------------|
| LOA | 28.20 [meter] |
| Displacement | 130 [ton] |
| Kecepatan maksimal menyelam | 9 [knots] |
| Motor pendorong pokok | 220 [kW] |

Desain *propeller* Kapal Selam Mini 29 Meter dilakukan seperti termaktub pada Kuiper (1992). Secara skematis alur desain *propeller* dapat dipresentasikan seperti pada Gambar 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Resistance dan Daya Mesin

Dengan menggunakan *Resistance Calculations MIT Method* dapat di jelaskan dengan beberapa persamaan di bawah ini:

$$iii = 8 \text{ knot}$$

$$i = 1 \dots iii$$

$$Vi = (i - 1) \cdot \text{knt} + Ve \quad (1)$$

dimana: Ve (kecepatan awal) = 1 knot
 knt (*increment*) = 1 knot
 V_{iii} = 8 knot

Sehingga di dapatkan nilai V_i adalah 4.116 m/dt.

Asumsi:

$$Nf = 2.0 \text{ (Fullness factor 2.0-3.5)}$$

$$Na = 2.5 \text{ (Fullness factor aft 2.5-4)}$$

Correlation Allowance

Correlation Allowance Resistance:

$$RAi = 5 \cdot \rho \cdot SW \cdot (Vi)^2 \cdot S \cdot CA \quad (2)$$

dimana: S = Luasan tercelup (m^2)
 CA = *Coeffisien admiralty* 0.0007071

Sehingga dari perhitungan didapatkan nilai RAi adalah 12.243 kN.

Viscous Resistance

Form Factor diambil dari Gilmer dan Johnson.

$$\text{formfac} = 1 + 5 \cdot \frac{B}{LOA} + 3 \cdot \left(\frac{B}{LOA} \right)^{7-12 \cdot \frac{B}{LOA}} \quad (3)$$

Didapatkan nilai *Form Factor* = 1.517.

Reynold's Number

$$RNI = LOA \cdot \frac{Vi}{SW} \quad (4)$$

Didapatkan nilai RNI : 1.42.E+08

Coefficient of Friction (ITTC)

$$CFi = \frac{0.075}{(\log RNI - 2)^2} \quad (5)$$

Didapatkan nilai Cfi : 1.98.E-03

Viscositas Resistance

$$RVi = 0.5 \cdot \rho \cdot SW \cdot (Vi)^2 \cdot S \cdot Cfi \cdot \text{formfac} \quad (6)$$

Didapatkan nilai Rvi : 5.21kN

$$RTi = RVi + RAi \quad (7)$$

Dari perhitungan perhitungan di atas didapatkan nilai total tahanan adalah

$$RTi = 12.243 + 5.21 \\ = 17.450 \text{ kN}$$

Perhitungan Thrust

Untuk menghitung *thrust* yang dibutuhkan kapal selam untuk bergerak 8 knot, dilakukan perhitungan –perhitungan sebagai berikut:

Coeffisient Waterplane Ship

$$CWS = \frac{S}{\pi \cdot LOA \cdot D} \quad (8)$$

Didapatkan nilai CWS : 0.730105

Nilai Wake Friction

$$w = 1 - 0.371 - 1.7151 \cdot \frac{\frac{UP}{D}}{\sqrt{CWS \cdot \frac{LOA}{D}}} \quad (9)$$

Didapatkan nilai w : 0.317

Nilai Thrust Deduction Factor

$$t = 1 - 0.632 - 1.3766 \cdot \frac{\frac{UP}{D}}{\sqrt{CWS \cdot \frac{LOA}{D}}} \quad (10)$$

Nilai *thrust deduction factor* didapatkan 0.272

$$Va = V(1 - w) \quad (11)$$

Nilai Va didapatkan 2.811 m/s.

Dengan nilai yang didapatkan pada persamaan (10) maka, dapat dihitung nilai *thrust* kapal.

$$T = \frac{RT}{(1-\epsilon)} \quad (12)$$

Sehingga didapatkan nilai total *thrust* yang dibutuhkan kapal selam sebesar 23.986 kN.

Perhitungan Daya Efektif (EHP) Kapal Selam

Power Bare hull

$$P_{EBHi} = R_{Ti} \cdot V_i \quad (13)$$

Didapatkan nilai P_{EBHi} : 71.817 KW

Nilai appendage Resistance

$$P_{EAPPi} = 0.3 \cdot P_{EBHi} \quad (14)$$

Sehingga didapatkan nilai P_{EAPPi} = 21.545 KW

Nilai Effective Horse Power

$$EHP_i = P_{EBHi} + P_{EAPPi} \quad (15)$$

Dengan demikian Daya Efektif (EHP) kapal selam 29 m sebesar 93.362 kW.

Perhitungan Daya Mesin (BHP)

Dengan menghitung besarnya koefisien Admiral kapal pemanding, besarnya daya mesin Kapal Selam Mini 29 Meter dapat ditentukan. Koefisien Admiral kapal pemanding.

$$Ac = \frac{\Delta^{2/3} \cdot V^2}{N_E} \quad (16)$$

Didapatkan nilai AC kapal pemanding 1.158. Dengan memakai hukum kesamaan, bahwa koefisien Admiral kapal yang akan dihitung sama dengan kapal pemanding, maka didapatkan nilai BHP kapal adalah 170.5 kW.

Desain Propeller

Berdasar pada perhitungan-perhitungan di atas yang meliputi tahanan kapal selam, *thrust* yang dibutuhkan, serta besarnya mesin yang disediakan maka desain *propeller* Kapal Selam Mini 29 Meter dilakukan dengan menggunakan *propeller B-series*. Pemilihan *propeller* didasarkan pada grafik *open water test* diagram yang telah ada, dimana untuk pemilihan propellernya menggunakan tipe *propeller B-series 5* (lima) daun dengan beberapa variasi *blade area ratio* (BAR) seperti yang dipresentasikan pada Tabel 1.

Dengan menggunakan pendekatan nilai *advance coefficient ratio* (J) pada persamaan (17), maka

propeller kapal selam 29 m bekerja pada nilai J sebesar 0.431. Nilai ini merupakan J desain *propeller* kapal selam 29 m dan digunakan sebagai patokan dalam penentuan harga P/D, Kt, dan Kq pada tiap-tiap tabel *open water* yang digunakan.

$$J = \frac{V_a}{n \cdot D} \quad (17)$$

$$T = K_t \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^4 \quad (18)$$

$$Q = K_q \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^5 \quad (19)$$

$$P_{Dp} = 2 \cdot \pi \cdot Q \cdot n \quad (20)$$

Sehingga dengan dasar J_d tersebut dan persamaan (18), (19), dan (20) serta dengan menggunakan diagram *open water propeller B-series*, maka didapatkan beberapa harga seperti yang terlihat pada Tabel 1.

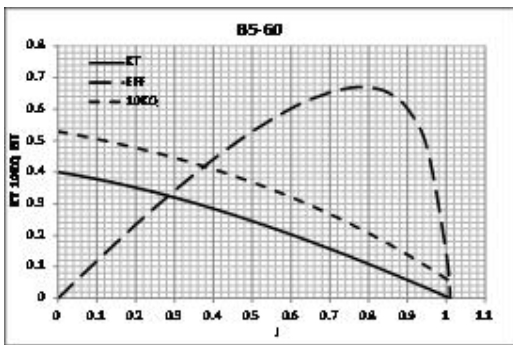
Tabel 1. Performa *propeller* B5

| Type prop | P/D | KT | KQ | T (N) | Q (Nm) | DHP (KW) |
|-----------|-----|-------|-------|----------|---------|----------|
| B5-45 | 0.9 | 0.265 | 0.037 | 24314.58 | 4922.56 | 139.11 |
| B5-60 | 0.9 | 0.27 | 0.038 | 24773.35 | 5055.60 | 142.87 |
| B5-75 | 0.9 | 0.28 | 0.039 | 25690.88 | 5188.64 | 146.63 |
| B5-90 | 0.9 | 0.27 | 0.039 | 24773.35 | 5188.64 | 146.63 |
| B5-105 | 0.9 | 0.028 | 0.04 | 2569.09 | 5321.68 | 150.39 |

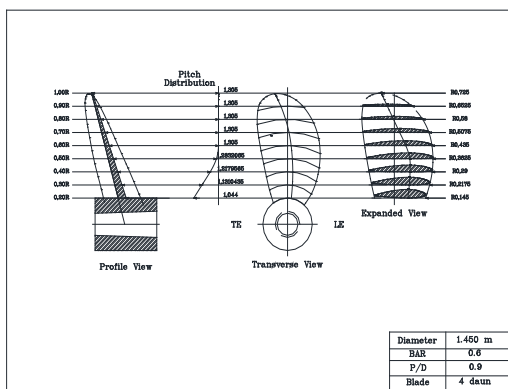
Dari Tabel 1 tersebut akan dipilih *propeller* mana yang memenuhi kriteria kebutuhan *thrust* dan kebutuhan mesin Kapal Selam Mini 29 Meter. Pada perhitungan *thrust* kapal (T_s) sesuai persamaan (12) didapatkan harga 23.98 kN, maka pada saat pemilihan *propeller*, *thrust* yang dihasilkan *propeller* (T_p) harus lebih besar bila dibandingkan *thrust* yang dibutuhkan kapal selam (T_s), jadi $T_p > T_s$. Pada pemilihan *propeller* B5-60 didapatkan harga *thrust* sebesar 24.77 kN sehingga dapat dikatakan bahwa besaran *thrust propeller* lebih besar 3.28% daripada *thrust* yang di butuhkan kapal pada kecepatan 8 knot. Sedangkan dengan menggunakan mesin pemanding dengan kapal selam yang hampir sama di dapatkan nilai koefisien admiral (C_A) pada persamaan (16) sebesar 1.158. maka pendekatan BHP mesin (P_B) yang akan di pasang pada Kapal Selam Mini 29 Meter adalah 170 kW. Sedangkan persayaratan Kapal Selam Mini 29 Meter untuk mendorong pada kecepatan 8 knot di bawah air adalah $P_s > P_{Dp}$. Dari Tabel.1 dengan menggunakan *propeller* B5-60 di dapatkan harga P_{Dp} sebesar 142.87 kN. Dengan kata lain mesin

yang terpasang pada Kapal Selam Mini 29 Meter lebih besar 16.21 % terhadap kebutuhan *Power Delivery* (PD) *propeller* B5-60 yang beroperasi pada kecepatan 8 knot di bawah air.

Dengan demikian dari perhitungan-perhitungan di atas dapat di pilih tipe *propeller* B5-60 sebagai propulsor kapal selam karena memenuhi kriteria-kriteria yang dibutuhkan Kapal Selam Mini 29 Meter. Adapun grafik *open water* serta *profile propeller* B5-60 berturut-turut di tampilkan seperti Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Diagram *open water* B-series B5-60



Gambar 4. *Propeller* B5-60

KESIMPULAN

Dari uraian dia atas dapat disimpulkan bahwa Kapal Selam Mini 29 Meter dapat menggunakan *propeller* B5-60 dengan motor pokok sebesar 170.51 kW. Karena tipe *propeller* ini dinilai sesuai dengan kebutuhan Kapal Selam Mini 29 Meter. Namun pada penulisan ini hanya terfokus pada pemilihan *propeller*-nya saja, tanpa memperhatikan kavitasi dan optimasi efisiensi yang terjadi pada putaran kerja *propeller* saat beroperasi pada kecepatan 8 knot di bawah air. Selanjutnya untuk penelitian selanjutnya

dapat digunakan sebagai dasar pengembangan untuk pemilihan *propeller* yang mempunyai efisiensi yang tinggi dan kavitasi yang rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Bizzard, C. R. (2008). *Design Balistic Missile Defense Submarine SSMBD*. Aerospace & Ocean Engineering Virginia Tech.
- Kuiper, G. (1992). *The Wageningen Propeller Series*. MARIN Publication 92-001.
- Martin, R. (2015). *Submarine Hydrodynamic*. Springer Briefs in Applied Sciences and Technology.
- Midget DG120. *Drass Tecnologie Sottomarine*, Livorno, Itali.
- Widjiati, Endang. (2012), *Rancang Bangun dan Uji Akustik Propeller Kapal Selam Mini*. Prosiding Insinas 2012.

Halaman kosong