

PENGARUH PERGANTIAN MOTOR INDUK DI KAPAL TERHADAP EFISIENSI SISTEM PROPULSI

Thomas Mairuhu^{*)}

Abstract

A kind of landing craft tank ship which 630 dead weight tonnage, has installed power of main engine 300 HP / 1600 rpm. The ship's speed in operating was 5,5 knot. Related to the market demand of transportation, the ship's owner has changed the main engine to the new one " 350 HP / 1800 rpm by means the service speed would be 8,0 knot. It was however the service speed of ship after changing only reached 6,5 knot. In fact, there was the difference between the power and speed of the new main engine and the former one was not suitable by the other propulsion components system, for instance propeller diameter size and its blade area ratio.

Key word : Power of engine - HP, speed of engine - rpm, ship's speed - Vs, propeller size - Dp

I. PENDAHULUAN

Sebuah kapal tipe LCT 630 milik Pertamina Dok Sorong, memiliki daya motor induk terpasang merek Cummins dengan daya sebesar 300 HP dan putaran 1600 rpm. Di saat beroperasi ternyata kecepatan kapal yang dihasilkan oleh sistem propulsinya adalah sebesar 5,5 knot. Seirama dengan tuntutan kebutuhan permintaan pasar, maka pemilik berkesimpulan bahwa kecepatan kapal sebesar 5,5 knot ini sudah tidak relevan lagi sehingga diputuskan untuk menaikkan kecepatan kapal menjadi lebih tinggi yakni 8,0 knot dengan cara menggantikan motor induk dengan daya sebesar 350 HP dan putarannya 1800 rpm serta merek yang sama seperti semula; sementara poros propeller dan propellernya tetap dipertahankan.

Dari hasil sea trial setelah mengalami pergantian motor induk ternyata terjadi perubahan kecepatan kapal dari 5,5 knot menjadi 6,5 knot. Dengan demikian keinginan pemilik kapal untuk mendapatkan kapal yang bisa beroperasi dengan kecepatan sebesar 8,0 knot itu tidak terpenuhi. Kenyataan ini memperlihatkan bahwa motor induk sebagai salah satu komponen dari sistem propulsi kapal secara utuh tidak bisa dirobah sekehendak pemilik kapal begitu saja tanpa memperhatikan keterkaitannya dengan komponen-komponen sistem yang lain. Oleh sebab itu lewat kesempatan ini dikajilah permasalahannya dengan topik " Pengaruh pergantian motor induk di kapal terhadap efisiensi sistem propulsi.

II. KAJIAN PUSTAKA

1. Tipe Instalasi Pengerak Kapal

Gerakan kapal di air berlangsung karena adanya daya dorong (thrust) yang dihasilkan oleh sistem propeller (screw propeller, paddle wheel dan lain sebagainya) yang digerakkan oleh motor induk kapal.

Pada kapal terdapat berbagai tipe mesin antara lain : internal combustion engine, steam turbin, steam engine dan juga gas turbin. Setiap tipe motor induk mempunyai cara penyaluran momen petaran dari motor induk ke poros propeller.

Pemakaian diesel sebagai motor induk dengan putaran rendah, penyaluran putarannya ke poros propeller dilakukan secara langsung; sedangkan untuk motor induk dengan putaran yang tinggi maka penyaluran putaran ke poros propeller dilakukan dengan bantuan reduction gear.

Di awal abad ke 19, kapal-kapal niaga lebih banyak menggunakan diesel dan turbin uap. Diesel dipakai pada kapal yang memerlukan tenaga sampai dengan 30.000 PK sementara turbin uap digunakan untuk keperluan tenaga yang melebihi dari 30.000 sampai 40.000 PK pada poros propeller. Akan tetapi dengan perkembangan pembuatan diesel bertenaga tinggi maka pemakaian turbin uap cenderung makin berkurang.

Pemilihan tipe instalasi pengerak sebagai sumber energi dalam rancangan suatu kapal merupakan problem yang tidak mudah, karena harus memperhitungkan faktor-faktor teknis dan ekonomis yang agak kompleks dan sering saling bertentangan.

2. Komponen Sistem Propulsi

Dari aspek putaran, motor motor induk dapat digolongkan menjadi : Motor induk dengan putaran rendah, sedang dan tinggi. Apabila putaran propeler yang di butuhkan adalah rendah maka penyaluran putaran dari motor induk ke poros propeler di lakukan secara langsung. Sedangkan jika putaran propeler adalah rendah sementara putaran motor induk tinggi atau tidak sama dengan putaran propeler maka penyaluran putaran ke poros propeler dilakukan dengan bantuan reduction gear (roda gigi reduksi). Dengan kata lain apabila putaran motor induk sama dengan putaran propeler maka sistem propulsinya disebut : sistem langsung ; sedangkan apabila putaran propeler lebih kecil dari putaran motor induk maka perlu digunakan roda gigi reduksi, ini disebut sistem propulsi tidak langsung.

Dengan demikian sistem propulsi di kapal memiliki komponen-komponen sebagai berikut :

a. Motor induk, yang merupakan sumber pembangkit tenaga dapat ditempatkan di bagian buritan atau di bagian tengah kapal. Besarnya tenaga motor induk yang diperlukan untuk menjamin agar kapal beroperasi dengan kecepatan yang diinginkan dapat ditentukan secara pendekatan sebagai berikut :

$$Ne = \frac{\Delta^{\frac{2}{3}} \times V^3}{AC} \quad 1)$$

Untuk :

- Ne - Tenaga motor induk pada poros motor....[Hp]
- Δ - Deplasemen berat kapal.....[Ton]
- V - Kecepatan kapal.....[Knot]
- AC - Admiral coefficient

1).Merek motor

Kita mengenal berbagai merek motor, yang ada dipasaran antara lain ;

- Yanmar
- Mitsubishi
- Caterpillar
- Kubota
- Concurrency
- Nagata
- Hanshin

2).Engine specifications

[contoh untuk merek yanmar]

- Model
 - Dengan marine gear

- Tanpa marine gear
- Tipe
 - Letupan natural vertikal, 4 tak
 - Turbo vertikal, 4 tak
- Jumlah selinder
 - 4
 - 6 in line
 - 8 vee
 - 12 vee
- Daya
 - Kontinyu
 - maksimal
- Arah putaran
 - Berlawanan arah jarum jam (dilihat dari kedudukan goda gigi)
- Sistem pembakaran : injeksi langsung
- Sistem pendinginan : pendinginan air tawar dengan pompa sentrifugal
- Sistem pelumasan : pelumasan paksa dengan gear pump
- Berat kosong (tanpa / dengan marime gear).

3). Spesifikasi marime gear

- Tipe
 - Kopling cakram dan hidrolis
- Perbandingan reduksi
- Arah putaran
- Berat

b. Poros, yang merupakan alat transmisi tenaga dari motor induk ke propeler. Apabila motor induk di tempatkan di bagian buritan maka poros bisa terdiri dari satu bagian dan poros ini disebut poros propeler; sedangkan apabila motor induk, ditempatkan di bagian tengah kapal maka poros bisa terbagi atas dua bagian yaitu : poros antara (Intermediate shaft) dan poros propeller (propeller shaft).

- Poros antara (Intermediate shaft) , diameternya dapat ditentukan sebagai berikut :

$$do = \sqrt[3]{\frac{Ne}{\eta} \left(\frac{560}{Ts + 160} \right) K} \dots [mm] \quad 2)$$

Untuk :

- d_o = diameter poros antara
- F₁ = constant = 100
- N_e = tenaga motor induk [MCO]
- η = putaran motor

T_s = specific tensile strength dari material poros.
 K = constant = 1,0

- o Poros propeller (propeller shaft), diameternya dapat ditentukan sebagai berikut :

$$dp = 100 K_2 \sqrt[3]{\frac{Ne}{\eta} \left(\frac{560}{T_s + 160} \right)} K \dots [mm] \quad 3)$$

Untuk :

dp = diameter poros propeller
 K^2 = constant = 1,22
 Ne = tenaga motor induk [MCO]
 η = putaran motor poros
 T_s = specific tensile strength di material poros
 K = constant = 1,0

c. *Propeller, yang merupakan alat penggerak kapal, merubah momen putaran motor induk menjadi gaya dorong. Besarnya ukuran diameter propeller selalu di batasi oleh tinggi sarat air kapal, T dan bentuk konstruksi tinggi buritan kapal, CL. Menurut biro klasifikasi indonesia - BKI untuk peraturan konstruksi kapal di tetapkan bawah :*

$$CL = D + 0,09 D + 0,04 D \dots [m] \quad 4)$$

Untuk :

CL = garis vertikal dari sepatu kemudi ke tinggi buritan kapal
 D = diameter propeller
 $0,09D$ = kelonggaran antara unjung propeller dengan tinggi buritan
 $0,04D$ = kelonggaran antara unjung propeller dan sepatu kemudi

1) *Tipe propeller*

Sampai dengan sekarang ini, kita mengenal 2 tipe propeller yaitu :

- Fixed pitch propeller ; yakni propeller dengan jarak langka putar (pitch) yang tetap, tidak bisa berubah
- Controll lable pitch propeller; yakni propeller dengan jarak langka putar (pitch) yang dapat dirubah-rubah sesuai keinginan.

2) Jumlah daun propeller

Secara umum di kapal dijumpai propeller dengan 3 dan 4 daun, terkadang bisa dijumpai 5 daun. Jumlah daun propeller ini, dapat dipilih sesuai dengan besarnya nilai koefisien K_n^I dan K_d^I .

Apabila $K_n^I \geq 1,00$ atau $K_d^I \geq 2,00$ maka jumlah daun propeller adalah 3 daun ; sedangkan apabila $K_n^I < 1,00$ atau $K_d^I < 2,00$ maka jumlah daun propeller adalah 4 daun.

Besarnya nilai K_n^I atau K_d^I dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$K_n^I = \frac{V_A}{\sqrt{\eta}} \sqrt[4]{\frac{\rho}{T_h}} \quad \text{atau} \quad K_d^I = V_A \times D \sqrt{\frac{\rho}{T_h}} \quad 5)$$

Untuk :

V_A = speed adirnce.....[m/det]
 η = putaran poprells.....[1/det]
 P = dencity air.....[kg.det²/m⁴]
 T_H = thrust [kg]
 D = dramets propells[m]

3) *Rasio luas daun A_E/A_O*

Perbandingan antara luas area diameter propeller - A_E dan luas keseluruhan area untuk jumlah daun propeller A_o , dinamakan : rasio luas daun propeller.

Berdasarkan percobaan seri model propeller yang dilakukan oleh prof : Trosst di towing tank Wageningen - Nedherland, diperoleh sejumlah produk model propeller dengan karakteristik sebagai berikut :

Tabel 1. Model propeler

| No | Jlh daun | Perbandingan | |
|----|----------|------------------------------|-------|
| | | A_e/A_o | P/D |
| 1 | 3 | 0,35; 0,50; 0,65; 0,80 | 5,0 |
| 2 | 4 | 0,40; 0,55; 0,70; 0,85; 1,00 | 4,5 |
| 3 | 5 | 0,45; 0,60 | 4,0 |

4) *Ukuran optimal propeller.*

Kecepatan kapal, selalu ditetapkan oleh ship owner, kemudian besarnya tenaga motor dan ukuran propeller di tentukan sesuai hasil rancangan. Apabila tenaga motor telah ditetapkan sesuai prosedur rancangan maka dipastikan putaran propeller juga diketahui. Dengan demikian ukuran diameter propeller

optimal dapat di tentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$D_{opt} = \frac{V_A}{J \times \eta} \quad (6)$$

Untuk :

- V_A = speed advance
- J = speed advanc coefficient
- η = putaran propeller

III. Metodologi

1. Tipe penelitian

Mengacu pada subjek penelitian adalah motor induk dari kapal tipe landing craft yang mengalami pergantian dari daya 300 HP/1600 RPM menjadi 350 HP/180 RPM ; maka penelitian ini dapat di kategorikan sebagai penelitian diskriptif. Masalah yang dihadapi oleh pemilik kapal di pelajari kemudian data ukuran pokok kapal dan motor induk serta sistemnya di observasi selanjutnya dilakukan pembuktiannya, analisa dan evaluasi sampai sejauh mana keringinan pemilik kapal itu terpenuhi.

2. Tujuan penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar perobahan kecepatan yang di alami oleh kapal sesuai dengan perubahan besarnya daya motor induk yang di inginkan oleh pihak pemilik kapal.

3. Manfaat penelitian

Pemilik kapal dan galangan tradisional dapat mengetahui dan memahami tentang keterkaitan sistem suatu propulsi kapal. Suatu keterkaitan antara masing-masing komponen dari sistem tersebut.

4. Variabel penelitian

Variabel yang diukur di saat penelitian ini adalah : kecepatan kapal - V setelah pergantian motor induk dan efisiensi propulsi - η yang dihasilkan ; sedangkan variabel yang dikumpulkan untuk menganalisa dampak pengantiaan ini adalah : ukuran pokok kapal (L, B, T) ukuran dari masing-masing komponen sistem propulsi : (N_e, D_p)

5. Analisa data

Untuk mempermudah proses analisa, maka data yang diperoleh ditabulasi, kemudian dengan menggunakan rumus - rumus yang ada pada referensi terkait dengan penyelesaian masalah

sistem propulsi kapal maka selanjutnya dihitung tahanan terhadap lambung kapal dan kecepatan yang dicapai malalui pemanfaatan tenaga motor serta dimensi propeller terpasang.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A..HASIL

1. Ukuran Pokok Kapal dan Motor induk sebelum dan sesudah perubahan.

Tabel 2. Ukuran Pokok Kapal Sebelum dan Sesudah Perubahan

| Ukuran Pokok Kapal | | Nilai | |
|--------------------|----------------------------|-----------|-----------|
| 1 | Panjang seluruh - Loa | 34,14 m | |
| 2 | Panjang ant grs muat - Lwl | 32,89 | |
| 3 | Panj ant grs tegak - Lbp | 31,76 | |
| 4 | L e b a r - B | 10,85 | |
| 5 | Tinggi geladak - H | 1,68 | |
| 6 | Tinggi sarat - T | 1,20 | |
| | | | |
| Motor Induk | | Lama | Baru |
| 7 | Merek | Cummins | |
| 8 | Jumlah | 2 | 2 |
| 9 | Tipe | NT855 | NTA855 |
| 10 | Daya maksimum | 300 HP | 350 HP |
| 11 | Putaran maksimim | 1600 rpm | 1800 rpm |
| 12 | Daya kontinyu | 224 | 261 |
| 13 | Putaran kontinyu | | |
| 14 | Reduction ratio | 4,5 : 1 | 2,04 : 1 |
| | | | |
| P o r o s | | | |
| 15 | Diameter (antara) | | |
| 16 | Panjang | | |
| 17 | Diameter (propeller) | 0,08 m | |
| 18 | Panjang | 2,950 m | |
| | | | |
| Propeller | | | |
| 19 | Jumlah daun | z | 3 |
| 20 | Diameter | D_p | 0,80 m |
| 21 | Blade area ratio | A_e/A_o | 0,35 |
| 22 | Pitch diameter ratio | P/D | 0,60 |
| 23 | Putaran | n | 355 882 |

2..Tahanan Total - Rt dan Tenaga Motor - Pe

| Kecepatan - V | | Tahanan total - Rt | Tenaga motor - Pe |
|---------------|-----------|--------------------|-------------------|
| [knot] | [m/det] | [KN] | [KW] |
| 5,5 | 2,829 | 5,407 | 15,298 |
| 6,0 | 3,086 | 6,708 | 20,703 |
| 6,5 | 3,344 | 8,409 | 28,118 |
| 7,0 | 3,601 | 10,270 | 36,979 |
| 7,5 | 3,858 | 12,383 | 47,772 |
| 8,0 | 4,115 | 16,611 | 68,356 |
| 8,5 | 4,372 | 21,191 | 92,657 |

3. Propulsi Kapal

a. Motor Induk Lama

1) Perhitungan Va, Th, Ae/Ao, J dan Kt/J2

| Item | Satuan | Nilai | | |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| V | knot | 7,5 | 8,0 | 8,5 |
| W | - | 0,36 | 0,36 | 0,36 |
| t | - | 0,312 | 0,312 | 0,312 |
| Va | m/det | 2,469 | 2,634 | 2,794 |
| Th | KN | 17,998 | 24,143 | 30,802 |
| Ae/Ao | - | 0,628 | 0,825 | 1,039 |
| J | - | 0,417 | 0,445 | 0,473 |
| Kt/J2 | - | 4,512 | 5,320 | 6,012 |

2) Interaksi Kapal - Mesin - Propeller

| Item | satuan | Nilai | | |
|----------|--------|---------|---------|---------|
| V | Knot | 7,5 | 8,0 | 8,5 |
| Rt | KN | 12,383 | 16,611 | 21,191 |
| Th | KW | 17,998 | 24,143 | 30,802 |
| Pe | KW | 47,772 | 68,356 | 92,657 |
| Pt | KW | 44,438 | 63,586 | 86,192 |
| η_o | - | 0,320 | 0,300 | 0,285 |
| η_p | - | 0,344 | 0,323 | 0,306 |
| Pd | KW | 138,871 | 211,956 | 302,406 |
| Ps | KW | 141,705 | 216,282 | 308,578 |
| Pb | KW | 149,164 | 227,665 | 324,819 |

b. Motor Induk Baru

1) Perhitungan Va, Th, Ae/Ao, J, Kt/J2

| Item | Satuan | Nilai | | |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| V | knot | 7,5 | 8,0 | 8,5 |
| W | - | 0,36 | 0,36 | 0,36 |
| t | - | 0,312 | 0,312 | 0,312 |
| Va | m/det | 2,469 | 2,634 | 2,794 |
| Th | KN | 17,998 | 24,143 | 30,802 |
| Ae/Ao | - | 0,568 | 0,758 | 0,965 |
| J | - | 0,206 | 0,219 | 0,234 |
| Kt/J2 | - | 4,354 | 5,134 | 5,802 |

2) Interaksi Kapal - Mesin - Propeller

| Item | satuan | Nilai | | |
|----------|--------|---------|---------|---------|
| V | Knot | 7,5 | 8,0 | 8,5 |
| Rt | KN | 12,383 | 16,611 | 21,191 |
| Th | KW | 17,998 | 24,143 | 30,802 |
| Pe | KW | 47,772 | 68,356 | 92,657 |
| Pt | KW | 44,438 | 63,586 | 86,192 |
| η_o | - | 0,295 | 0,275 | 0,262 |
| η_p | - | 0,317 | 0,296 | 0,282 |
| Pd | KW | 150,652 | 231,245 | 328,922 |
| Ps | KW | 153,726 | 235,964 | 335,635 |
| Pb | KW | 161,817 | 248,383 | 353,299 |

B. PEMBAHASAN

1. Aspek teknis

Perubahan tenaga motor dari 300 Hp/1600 rpm menjadi 350 Hp/ 180 rpm berarti di pastikan akan menjadi penambahan berat dari posisi berat motor induk; akan tetapi apabila dilihat deplesmen berat kapal Δ sebesar 342 ton, dan berat bersih motor induk dengan penambahan 50 HP sekitar 0,5 ton jika dibandingkan dengan 342 ton; berat penambahannya hanya sekitar, 0,01 %, dengan demikian dapatlah diabaikan.

Luas permukaan basah kapal juga dianggap sama dengan sebelum perubahan motor induk, dengan demikian tekanan kapal adalah tetap.

2. Aspek propulsi

Besarnya tenaga motor induk terpasang 350 Hp/180 rpm. Berarti $P_B = 350$ HP, Dengan demikian ;

- Daya yang disalurkan melalui poros - P_S

$$\begin{aligned} P_S &= P_B \times \eta_{red} \\ &= 350 \times 0,95 \\ &= 333 \text{ HP} \end{aligned}$$

- Daya pada propeller - P_D

$$\begin{aligned} P_D &= P_S \times \eta_{as} \\ &= 333 \times 0,98 \\ &= 326 \text{ HP} \end{aligned}$$

- Daya dorong propeller - P_T

$$\begin{aligned} P_T &= P_D \times \eta_o \\ &= 326 \times 0,275 \\ &= 90 \text{ HP} \end{aligned}$$

- Daya efektif - P_e

$$\begin{aligned} P_e &= P_T \times \eta_h \\ &= 90 \times 1,075 \\ &= 97 \text{ HP} \end{aligned}$$

- Putaran motor induk $\eta = 180$ rpm

Reduktion gear ratio = 2,04 : 1

Putaran propeller = 883 rpm

$$\begin{aligned} D_{opt} &= \frac{V_A}{J \times \eta} \times 60 \\ &= \frac{2,634}{0,219 \times 883} \\ &= 0,817 \text{ m} \end{aligned}$$

V. PENUTUP

Dari hasil analisa dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat di simpulkan dari penelitian adalah :

1. Kesimpulan

- a. Motor induk terpasang dengan daya 350 Hp / 1800 rpm ternyata tidak sesuai dengan propeller terpasang dengan $P/D = 0,6$ dan efisiensi propeller 0,350 pada blade area ratio (A_C/A_O) = 0,35 pada saat kecepatan kapal mencapai 6,5 knot akan terjadi kavitasi sementara kecepatan yang di inginkan dengan adanya pergantian sementara ini adalah 8,0 knot. Hal ini disebabkan karena harga blade area ratio dari propeler terpasang terlalu kecil.
- b. Di tinjau dari sisi teknis dan ekonomis, maka pemakaian motor induk terpasang dengan daya 350 Hp / 1800 rpm sangat tepat digunakan dengan propeller yang di rencanakan, walaupun efisiensinya mencapai 0,295 dengan $P/D = 0,7$ dan $A_C/A_O = 0,80$ karena tidak akan terjadi kavitasi. Hal ini terlihat bahwa untuk mencapai kecepatan 8,0 knot harga A_C/A_O yang diperoleh adalah 0,758 lebih kecil dari A_C/A_O yang di gunakan yaitu 0,80; dengan demikian kapal dapat mencapai kecepatan yang di gunakan yaitu 8,0 knot sesuai dengan tujuan dari pergantian motor induk tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 1981, "*Wageningen Propeller Series Diagram*", Hanouver.
- Comstock.J.P, 1987, "*Principle of Naval Architecture* " SNAME Published, New York.
- Harvald SV, 1983, "*Tahanan dan Propulsi Kapal,*" Departemen of Ocean Engineering, The Technical University of Denmark, Lying by Airlangga University, Surabaya.
- Lewis. E.V, 1988, "*Principle of Naval Architecture, volume II : Resistance, Propulsion and Vibration*", SNAME Publication, Jersey City.
- Rawson, K.J. Tupper. E.C., 1984, "*Basic Ship Theory*", Volume 2 Third Edition, Longman, London.
- Taggard.R, 1980, "*Ship Design and Construction*" SNAME Publication, Jersey City.