

# PERPADUAN ANTARA PROPELLER DAN DAUN KEMUDI GUNA MENGOPTIMALKAN PROLPULSI DAN MANUVER KAPAL SERTA EFFISIENSI BAHAN BAKAR

Mohd Ridwan  
Program Diploma III Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

### ABSTRACT

*Operational of ship influences the running cost. A old ship, day by day cash cost are higher with ageing machinery requiring constant maintenance, a rusty hull requiring regular steel replacement and high fuel oil consumption. Fuel cost are 30-45 % all of running cost. with integrated between propeller and rudder to optimum ship propulsion and manoeuvring to reduce 4-9% vessel's fuel oil consumption and energy efficiency.*

*Keywords : Intergrated propeller and rudder, ship propulsion and manoeuvring.*

### Pendahuluan

Biaya total dari pengoperasian sebuah kapal niaga terdiri dari beberapa komponen, yaitu :

- a. Biaya Opeasional (*operating cost*)
- b. Biaya Berkala (*periodic maintenance cost*)
- c. Biaya Pelayaran (*voyage cost*)
- d. Biaya modal dan Pengembalian (*capital cost & repayment*)

Biaya operasional terdiri dari : *ABK, minyak pelumas, makanan dan minuman, perbaikan dan perawatan, asuransi, dan administrasi.* Biaya pelayaran terdiri dari: bahan bakar dan biaya pelabuhan. Tiap kapal memiliki *cost* yang tidak sama walaupun type dan ukurannya sama. Perbedaan besar biaya opeasional kapal baik *operating cost* maupun *voyage cost* akan bertambah besar seiring dengan penambahan usia kapal.

Komponen pembiayaan kapal terbesar adalah bahan bakar baik saat kapal berlayar maupun di pelabuhan. Biaya bahan bakar berkisar antara 30-45% dari total seluruh biaya operasional kapal. Biaya ini dapat dikurangi dengan pemakaian energi di kapal dengan se-efisien mungkin, terutama untuk energi listrik yang berasal dari generator listrik dan energi untuk propulsi kapal dari motor induk saat kapal berlayar maupun manuver.

Dari tabel 1. menggambarkan bahwa semakin besar ukuran kapal , konsumsi bahan bakar akan meningkat namun untuk tiap satuan *dwt* atau satu ton muatan biaya operasional kapal yang dikeluarkan turun (ekonomis).

Penghematan bahan bakar pada kapal saat berlayar dapat dilakukan salah satunya dengan memperkecil radius putar kapal atau saat kapal bermanuver. Hal ini dapat diperoleh dengan kemampuan *rudder* ditingkatkan dengan memperkecil area aliran fluida yang mengalami turbulen setelah melewati propeller kapal. Dengan memadu *propeller* dan Daun Kemudi (*rudder*) akan diperoleh aliran fluida yang *streamline* pada Daun Kemudi (*rudder*).

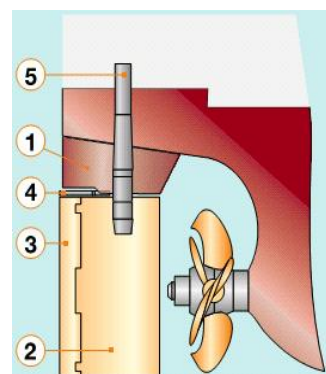
### Perpaduan Propeller dan Daun Kemudi (*rudder*)

Daun Kemudi (*rudder*) dibutuhkan agar kapal dapat berputar (*ship manoeuvring*), namun kehadiran *rudder* ini menimbulkan tambahan terhadap tahanan kapal, tahanan ini akan meningkat sejalan dengan pengotoran yang terjadi pada badan kapal sehingga aliran disekitar *rudder* tidak *streamline* lagi. Disamping hal itu pada kapal yang menggunakan Daun Kemudi (*rudder*) konvensional seperti berikut

Tabel.1. Skala ekonomis operasional kapal (*bulk shipping*)

Ship size	Operating Cost	Fuel cost		Total	Cost per DWT per annum
		US \$ 1000	US \$ 1000		
DWT	US \$ 1000	US \$ 1000	%	US \$ 1000	US \$ 1
30,000	1,414	680	32.47%	2,094	70
40,000	1,476	778	34.52%	2,254	56
65,000	1,633	972	37.31%	2,605	40
150,000	1,940	1,458	42.91%	3,398	23
170,000	2,120	1,620	43.32%	3,740	22

Sumber : Drewry shipping Cons. 1997  
270 day at sea, 14 knots

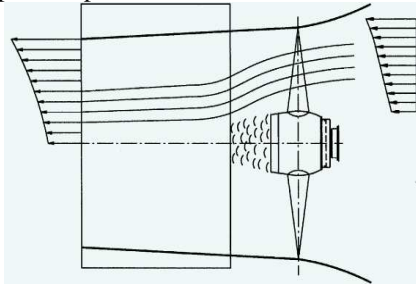


- Keterangan:
1. Rudder horn
  2. Rudder blade
  3. Flap
  4. Flap mechanism
  5. Rudder stock

Gambar.1. Rudder Conventional.

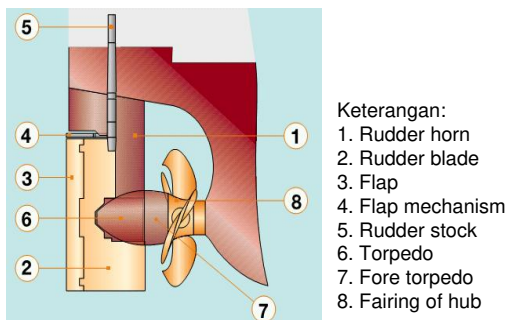
Propeller yang berada di depan Daun Kemudi (*rudder*) juga menghasilkan aliran fluida yang tidak *streamline*, seperti yang terlihat dalam gambar.2 berikut.

Aliran turbulen yang terjadi setelah propeller akan mengakibatkan tahanan kapal meningkat dan radius putar kapal akan besar.



Gambar.2. Aliran fluida yang masuk ke rudder.

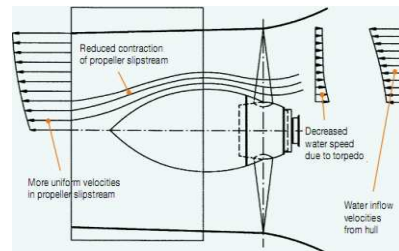
Dengan menambah konstruksi berupa torpedo yang menjadi penghubung antara propeller dan Daun Kemudi (*rudder*), susunannya dapat dilihat dalam gambar.3.



Gambar.3. Perpaduan propeller dan rudder

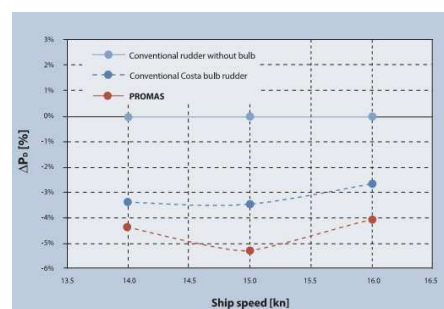
Pada Daun Kemudi (*rudder*) konvensional terdapat aliran turbulen yang masuk ke *rudder*, hal ini akan berubah menjadi *streamline* akibat bentuk torpedo. Disamping terbentuknya aliran fluida yang *streamline*, pemakaian torpedo juga menimbulkan efek sebagai berikut :

- Menghambat laju aliran fluida yang masuk ke propeller sehingga propeller dapat bekerja dengan efisien.
- Aliran yang berada di belakang propeller lebih seragam sehingga mengurangi kerugian energi kinematis.
- Tarikan di hub propeller berkurang dengan aliran fluida yang menyatu. (tidak terjadi turbulen) di banding daun kemudi konvensional.
- Konstruksi daun kemudi lebih tipis dan ukurannya lebih kecil, sehingga tahanan gesek daun kemudi akan berkurang.

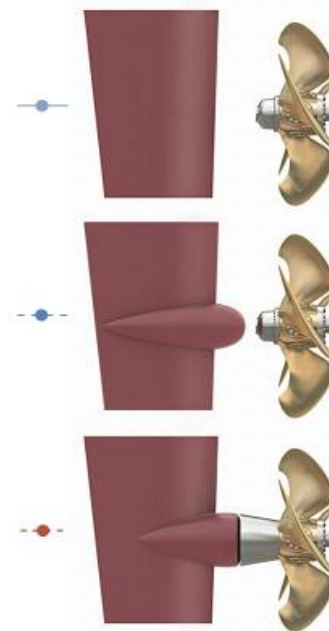


Gambar.4. Aliran pada torpedo antara daun kemudi dan propeller.

Hasil eksperimen menunjukkan perbandingan pemakaian power motor induk dalam kapal saat berlayar dengan menggunakan 3 model sistem propulsi kapal (*propeller dan rudder*), adalah sebagai berikut :



Gambar.5. Pd (*power delivery*) Vs Kecepatan kapal (Sumber : Rolls Royce)



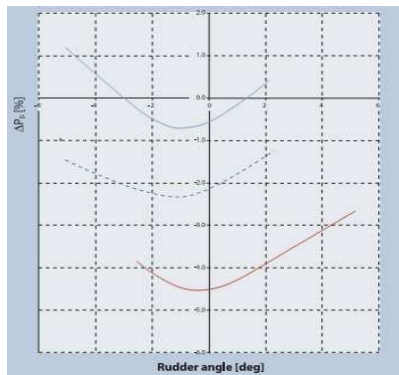
Gambar.6. Model propeller & rudder yang di ujikan.

Pada gambar di atas terlihat 3 model yang diujikan menghasilkan yaitu :

- a. *propeller dan rudder terpisah (konvensional) tanpa efisiensi power (0%),*

- b. *Pemakaian torpedo konvensional dan propeller terdapat peningkatan efisiensi power 2,5–3,5%,*
- c. *Propeller dan rudder yang terpadu, terdapat peningkatan efisiensi power 4,0–5,1%.*

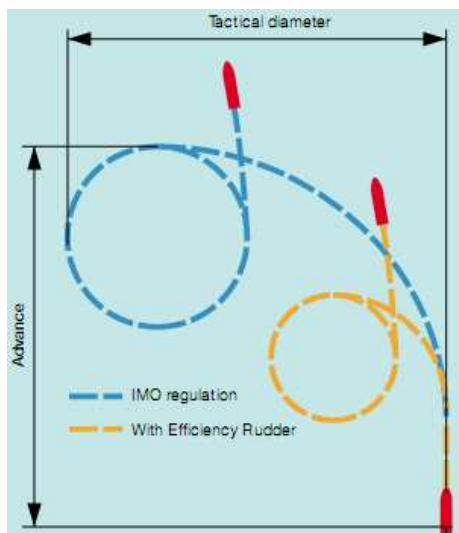
Sedangkan pada saat manuver putar kapal terdapat penghematan penggunaan power motor induk seperti berikut :



Gambar. 7. Power saat kapal manuver  
(Sumber : Rolls Royce)

### Kemampuan Manuver Kapal

Dengan pemakaian Daun Kemudi (*rudder*) yang di padukan dengan propeller, kemampuan kapal dalam bermanuver jauh lebih baik dari yang dipersyaratkan oleh IMO (*International Maritime Organization*) terutama untuk manuver putar dan zig-zag. Radius putar kapal yang diperoleh saat *sea trial* lebih kecil dari yang dipersyaratkan oleh IMO. Hal ini dapat dilihat dari hasil *sea trial* sebagai berikut :



Gambar.8. Turning circle (Sumber: Sea Trial).

Tabel.2. Hasil uji *sea trial*

Jenis kapal	Kecepatan (knots)	Power Engine (kW)	Diameter Propeller (mm)	Efficiency Gain (%)
Container	25.0	10000	4400	5.0 – 8.0
Paper carrier	17.6	6300	4500	9.0 – 12.0
Tanker	16.1	6000	5300	5.0 – 7.4
Che. Tanker	16.7	6300	5100	6.0 – 9.0
Container	21.3	12800	6000	5.0 – 6.0
Container	18.0	9600	5400	4.0 – 5.5
Passenger	21.5	2 x 7920	4300	4.0 – 6.0
Car carrier	21.6	2 x 4920	4000	2.0 – 6.0
RoRo	24.3	2 x 12600	5300	3.0 – 4.0
Passenger	19.4	2 x 6900	3500	4.0 – 6.0

(Sumber: Sea Trial, Warstila)

*Efficiency gain* merupakan tambahan efisiensi dari pemakaian power motor induk saat kapal berlayar, sehingga diperoleh penghematan bahan bakar sebagai dampak positif menggunakan propeller dan Daun Kemudi (*rudder*) terpadu, yang besarnya dapat ditentukan sebagai berikut :

$$x = Pd n sfoc \Delta\eta h C$$

Dimana :

- $Pd$  = 85 % Max. Continuous Rating (kW)
- $n$  = rata-rata pemakaian motor induk (85%)
- $sfoc$  = *specific fuel oil consumption* (kg/kWh)
- $\Delta\eta$  = *efficiency gain*
- $h$  = jumlah jam berlayar/tahun
- $C$  = harga bahan bakar (\$/1000kg)
- $x$  = penghematan/tahun (\$/tahun)

Tabel.3. *saving operational cost.*

Jenis kapal	Kecepatan (knots)	Power Engine (kW)	lama trip/tahun (jam)	Eff. Gain (%)	Penghematan cost/tahun (US \$)
Container	25.00	10000	4800	5	58,752.0
Paper carrier	17.60	6300	5500	9	76,340.9
Tanker	16.10	6000	5300	5	38,923.2
Che. Tanker	16.70	6300	5100	6	47,192.5
Container	21.30	12800	6000	5	94,003.2
Container	18.00	9600	5400	4	50,761.7
Passenger	21.50	15840	5300	4	82,205.8
Car carrier	21.60	9840	6000	6	86,718.0
RoRo	24.30	25200	4300	4	106,106.1
Passenger	19.40	13800	4500	6	91,212.5
$C$ :	160	US\$/1000			
$sfoc$ :	0.18	kg/kWh			
$n$ :	85%				

### Kesimpulan

Pemakaian propeller dengan Daun Kemudi (*rudder*) yang terpadu menggunakan hub berbentuk tropedo, menyebabkan aliran di rudder akan streamline. Hal ini mnyebabkan radius putar kapal lebih kecil dan zig-zag lebih pendek, sehingga terdapat peningkatan efisiensi power motor induk antara 4 s/d 9% tergantung jenis kapal dan ukurannya. Peningkatan efisiensi power motor induk ini akan menghasilkan penghematan pemakaian bahan bakar rata-rata 73.221 US\$/tahun atau pengurangan biaya bahan bakar 4,52 s/d 10,77 %, tergantung jenis dan ukuran kapal.

## Daftar Pustaka

1. Javier Jiménez, 2004, "Turbulence and vortex dynamics", Madrid and Stanford.
2. Roll Royce, 2004, "*Promas, High efficiency propulsion system*".
3. Robertson, H.P. 1940, "The invariant theory of isotropic turbulence", Proc. Camb. Phil.
4. Smagorinsky, J. 1963, "General circulation experiments with the primitive equations", Mon. Weather.
5. Van Lammeren, 1945, "Resistance, Propulsion, And Steering Of Ship".
6. Wrastila, 2004, "Efficiency Rudder".