

STUDI TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN MESIN DIESEL TRUK (*LAND USE*) SEBAGAI PENGGERAK KAPAL PANDU

Syukron Firmansyah^{1*}, Muhammad Shah², Emie Santoso³

¹Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jawa Timur 60111 Indonesia

²Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jawa Timur 60111 Indonesia

³Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jawa Timur 60111 Indonesia

*Email: firmansyahsyukron1996@gmail.com

Abstract - Based on the operating data Pelindo III Surabaya province in 2017 there were 9,120 ships entering the port, indicating the total of ship visits in the port of Tanjung Perak Surabaya has density. But, the reality of these conditions can not be separated from the lack of facilities and infrastructure on pilot boat. One of the factors is the age of the pilot engine which operates continuously so it needs to be replaced new engine. As a solution to improve the performance of pilot engines is to use truck diesel engine as the prime mover. References in using truck diesel engine as the prime mover are the rules & guidelines from BKI with conditions on the ship have horsepower under 500 hp. This final project aims to analyze the technical study of the use of truck diesel engine that includes how much power the engine, size dimension of engine, the supporting system of the engine, total weight of the engine and calculation of economic costs as needed. Stage of the planning process is calculation of the power engine, selection of the engine that will be used, drawing of the supporting system, calculation of cost. Results of this study show that technical point the use of a truck diesel engine as a prime mover on pilot boat still feasible with engine power of 222 hp, dimensions of the engine in accordance with the foundation, adjustment of support system, weight of engine equal to 818 kg and economical value of benefit cost ratio equal to 1.99 so that truck engine feasible to be used.

Keyword : Technical & Economical Feasibility , Pilot Boat, Truck Diesel Engine

Nomenclature

R_F	: Tahanan gesek berdasarkan rumus ITTC-1957
$(1+k_1)$: Faktor bentuk dari lambung kapal
R_{APP}	: Tahanan tambahan
R_W	: Tahanan gelombang
R_B	: Tahanan tambahan dari bulbous bow
R_{TR}	: Tahanan tambahan dari area transom yang tercelup
R_A	: Tahanan akibat model kapal
R_{AA}	: Tahanan udara
F_C	: Jumlah konsumsi bahan bakar (ltr/hr)
SFC	: Konsumsi bahan bakar spesifik (Kg/kWh)
P	: Daya keluaran mesin (kW)
ρ	: Massa jenis bahan bakar solar = 0.85 Kg/ltr

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data operasi Pelindo III provinsi Surabaya tahun 2017 terdapat 9.120 unit kapal yang memasuki dermaga. Keadaan tersebut dikarenakan ketepatan waktu dapat bersandar di dermaga dengan kinerja pelayanan pemanduan kapal dan penundaan kapal. Kenyataan dari keadaan tidak lepas dari kurangnya sarana dan prasarana pada kapal pandu akibat mengalami penurunan sistem penunjang penggerak kapal. Salah satu faktornya adalah usia mesin kapal pandu sehingga perlu dilakukan penggantian mesin baru. Saat ini, beberapa kapal pandu direncanakan menggunakan mesin diesel truk

sebagai penunjang penggerak kapal. Hal ini dilakukan atas dasar pertimbangan rules dan guideline dari BKI mengizinkan pada kapal yang memiliki horsepower dibawah 500 hp dapat menggunakan mesin diesel truk sebagai penggerak kapal.

Dalam studi ini bertujuan membandingkan secara teknis dan ekonomis penggunaan mesin diesel truk sebagai penggerak kapal pandu dengan cara melakukan studi kelayakan. Sehingga dapat diperoleh hasil mengenai layak tidaknya penggantian mesin diesel truk untuk diterapkan pada kapal pandu.

2. METODOLOGI

2.1 Kapal Pandu

Kapal pandu adalah kapal yang digunakan untuk mengantar / menjemput petugas pandu yang akan memandu / selesai melakukan pemanduan serta merupakan sarana transportasi laut bagi petugas pandu untuk naik / turun dari kapal yang dipandu dalam berolah-gerak di perairan wajib pandu, perairan di luar perairan wajib pandu saat masuk dan keluar pelabuhan dan lepas dari dermaga / tambatan.

2.2 Tahanan Kapal

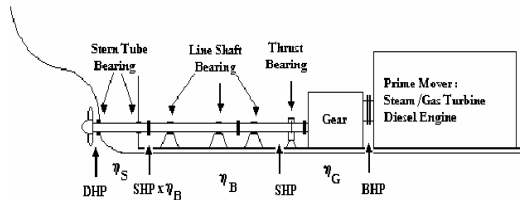
Tahanan kapal adalah gaya-gaya fluida yang bekerja pada badan kapal sehingga bekerja melawan gerakan kapal tersebut.[1]

Untuk menghitung tahanan kapal dapat digunakan dengan persamaan metode holtrop sebagai berikut:

$$R_{Total} = R_F(1+k_l) + R_{APP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A + R_{AA} \quad (1)$$

2.3 Kebutuhan Daya Mesin Kapal

Menggerakkan kapal dengan kecepatan yang diinginkan disebut kebutuhan daya mesin. Daya mesin terdapat dua jenis yaitu daya kontinyu dan daya maksimum.[2]



Gambar 2.1 Distribusi Tenaga Penggerak Kapal

Beberapa istilah horse power sebagai daya mesin yang dikenal di kapal yaitu IHP, BHP, SHP atau DHP dan EHP. IHP ditentukan dari tekanan di dalam silinder atau dari diagram mesin. BHP merupakan tenaga yang dibutuhkan untuk memutar poros dan nilainya lebih kecil dari IHP karena adanya kehilangan tenaga didalam silinder. SHP ditentukan dari torsi pada poros dan EHP merupakan tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal.[2]

2.4 Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar merupakan jumlah pemakaian bahan bakar pada mesin. Cara menentukan jumlah pemakaian bahan bakar dapat diketahui dengan menghitung keluaran daya mesin yang digunakan untuk menghabiskan jumlah bahan bakar pada volume tertentu.[4] persamaannya sebagai berikut:

$$F_c = \left[\frac{SFC \times P}{\rho} \right] \text{ (ltr/hr)} \quad (2)$$

Dimana :

Konsumsi bahan bakar pada operasionalnya dapat dihitung saat pemakaian bahan bakar selama pelayaran. maka dapat diketahui nilai ekonomis dari suatu mesin. Untuk menghitung konsumsi bahan bakar pada operasionalnya dapat dilakukan dengan persamaan berikut ini:

$$V = F_c \times T \text{ (ltr)} \quad (3)$$

Dimana :

V : Jumlah volume bahan bakar yang dibutuhkan (ltr)

F_c : Jumlah konsumsi bahan bakar (ltr/hr)

T : Lama pelayaran (hr)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Utama Kapal

Berikut ini adalah data utama kapal pandu MPS 023:

Vessel Name	: MPS 023
Kind of Vessel	: Pilot Boat/steel
Owner	: PT. Pelabuhan Indonesia III (Persero) Unit Perkapalan
Flag	: Indonesia
Length Overall	: 13.20 m
Length Perpendicular	: 11.25 m
Breadth Moulded	: 3.4 m
Depth Moulded	: 1.45 m
Design Draft	: 0.90 m
Speed	: 10 knots
Classification	: BKI

3.2 Perhitungan Tahanan Kapal

Perhitungan tahanan kapal digunakan untuk menentukan daya mesin kapal yang dibutuhkan. Metode yang digunakan adalah metode holtrop dan pendekatan program *maxsurf resistance*. Berikut hasil perhitungan tahanan metode holtrop:

$$R_{Total} = 9.450 \text{ kN}$$

$$R_{T(Service)} = R_t + (15\% \times R_t)$$

$$R_{T(Service)} = 9.450 + (15\% \times 9.450) = 10.868 \text{ kN}$$

$$EHP = R_{T(Service)} \times V_s = 76.06 \text{ Hp}$$

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_o \times \eta_{\pi} = 0.488$$

$$DHP = \frac{EHP}{\eta_D} = 155.83 \text{ Hp}$$

$$SHP = \frac{DHP}{\eta_S} = 159.01 \text{ Hp}$$

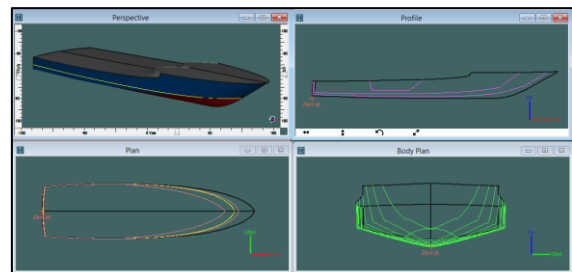
$$BHP_{SCR} = \frac{SHP}{\eta_G} = 162.25 \text{ Hp}$$

$$BHP_{MCR} = \frac{BHP_{SCR}}{80 - 85\%} = 190.89 \text{ Hp}$$

Jika dibandingkan dengan kondisi existingnya, BHP pada kapal yang dianalisa 230 Hp (2 x 115 Hp) kapal mengalami *over design*.

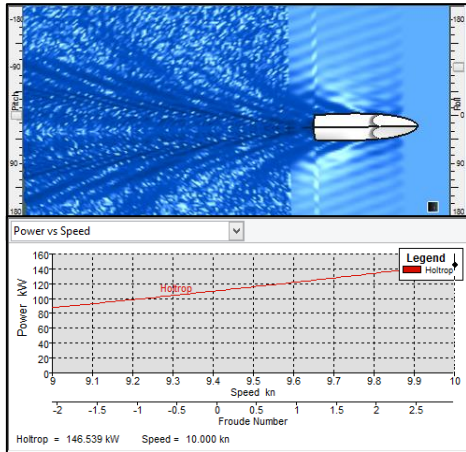
3.3 Perhitungan Tahanan Kapal Pendekatan Program Maxsurf

Parameter dan hasil perhitungan tahanan kapal dengan pendekatan program *maxsurf* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 3.1 Model Linesplan Maxsurf

Setelah hasil model didapat, maka menentukan tahanan kapal dapat dihitung pada program *maxsurf resistance* metode Holtrop dan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.1 Model Bentuk Permukaan Gelombang & Grafik Total Power yang dihasilkan pada Kecepatan Kapal 10 Knots

Maksud hasil gambar 3.2 menunjukkan kecepatan kapal sangat berbanding lurus dengan power yang dihasilkan. Nilai power pada *program maxsurf* merupakan power BHP dengan *overall efficiency* 40%. *Overall efficiency* merupakan perkalian total *efficiency* dari BHP – SHP.

Sehingga didapatkan hasil:

$$\text{Overall efficiency} = \text{engine rated power} \times \eta_G \times \eta_S \times \eta_D = 0.85 \times 0.98 \times 0.98 \times 0.488 = 0.40 = 40\%$$

Jika dibandingkan hasil dari perhitungan kalkulasi pada program *maxsurf resistance* dengan hasil dari perhitungan teori, hasilnya sebagai berikut:

Tabel 3.1 Selisih % Perhitungan Teori dengan Maxsurf

No.	Data	Teori	Maxsurf	Selisih (%)
1	Power BHP(kW)	142.345	146.539	3%
2	Resistance (kN)	10.868	11.7	7%

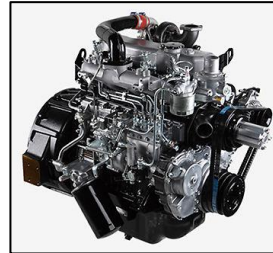
Dari hasil perbandingan selisih perbedaan antara teori dengan program *maxsurf* tidak melebihi 12%. Sehingga program *maxsurf* dalam pendekatan dengan perhitungan teoritis.

3.4 Pemilihan Mesin Truk Sebagai Penggerak

Pemilihan mesin tipe truk (*land use*) dipilih sesuai dari hasil perhitungan mengenai daya pada kondisi MCR. Peraturan Guideline BKI (hal 3 BKI Circular) untuk penggerak kapal tipe diesel darat (*land use*) tenaga horsepower BHP_{MCR} besarnya 75% dari daya keluaran pada kondisi maximum (MCR). Sehingga:

$$\text{BHP}_{\text{MCR}} = \frac{\text{BHP}_{\text{SCR}}}{75\%} = \frac{162.25}{0.75} = 216.33 \text{ Hp}$$

Dari data BHP_{MCR} dibagi 2 karena menggunakan 2 penggerak. Berikut mesin penggerak tipe truk yang digunakan:



Gambar 3.3 ISUZU 4BG1T 81.64 kW (111 Hp)

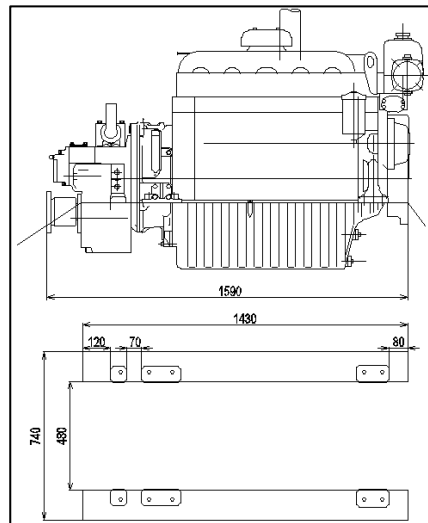
3.5 Analisa Teknis

Segi teknis penerapan mesin diesel tipe truk sebagai penggerak kapal meliputi daya mesin, ukuran dimensi mesin, pondasi, sistem penunjangnya & total berat mesin.

1. Daya Mesin

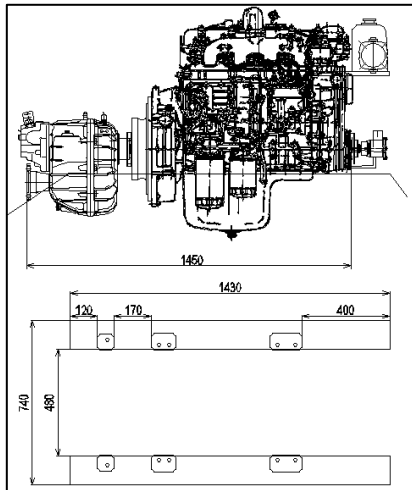
Daya penggerak kapal MPS 023 mesin tipe marine membutuhkan daya sebesar 190.89 Hp (2 x 95 Hp). Perbandingan antara penggerak tipe marine dengan penggerak tipe truk lebih besar penggerak tipe truk dengan daya 222 Hp (2 x 111 Hp) dikarenakan pada aturan Guidelane BKI (hal 3 BKI Circular) 75% dari daya keluaran pada kondisi maximum (MCR).

2. Ukuran Dimensi Mesin & Pondasi.



Berikut perbandingan ukuran dimensi mesin tipe marine dengan mesin tipe truk

Gambar 3.4 Dimensi & Pondasi Mesin Tipe Marine



Gambar 3.5 Dimensi & Pondasi Mesin Tipe Truk

3. Sistem Penunjang dan total berat mesin
 Sistem penunjang pada mesin yang digunakan mengalami perubahan sistem khususnya sistem pendingin yang semula menggunakan radiator diubah menjadi *heat exchanger*. Sistem penunjang meliputi sistem bahan bakar, pelumas & pendingin. Estimasi perbandingan berat antara mesin tipe marine dengan mesin tipe truk yang digunakan pada kapal adalah:

Tabel 3.2 Selisih Perbandingan Berat Mesin Marine dengan Mesin Truk

Item	Set	Berat (kg)	
		Truk(Land)	Marine
Diesel Engine	2	2 x 385	2 x 630
Gearbox Lama	2	-	2 x 70
Gearbox Baru	2	2 x 24	-
Total		818	1400
Selisih		582	

Dari estimasi tabel perbandingan diatas menunjukkan bahwa penerapan mesin tipe truk yang digunakan pada kapal MPS 023 lebih ringan 582 kg dari pada mesin tipe marine yang jauh lebih berat.

3.6 Analisa Ekonomis

Anlisa ekonomis penggunaan mesin diesel truk sebagai penggerak kapal meliputi biaya investasi, biaya operasional, biaya pemeliharaan dan pendapatan dari kapal tersebut. Berikut tabel dan perhitungan:

Tabel 3.3 Rincian Biaya Investasi Instalasi

No.	Nama Peralatan	Merck	Satuan	Jml	Harga Satuan	Total Harga
1	Mesin Diesel	4BG1T	Unit	2	Rp. 42,500,000	Rp. 85,000,000
2	Heat Exchanger	FH400	Unit	2	Rp. 9,200,000	Rp. 18,400,000
3	Gearbox	ZF 25	Unit	2	Rp. 25,000,000	Rp. 50,000,000
4	Pompa	DJ 0001	Unit	2	Rp. 12,500,000	Rp. 25,000,000
	Total					Rp. 153,400,000

Konsumsi bahan bakar
 $POWER_{ENGINE} = 111 \text{ Hp} = 81.64 \text{ kW}$;
 $SFOC_{ENGINE} = 225 \text{ gr/kWh} = 0.225 \text{ kg/kWh}$;
 $\rho_{solar} = 0.85 \text{ kg/ltr}$

$$F_c = \frac{[SFC \times P]}{\rho} = \frac{[0.225 \text{ kg/kWh} \times 81.64 \text{ kW}]}{0.85 \text{ kg/ltr}} = 21.61 \text{ ltr/h}$$

T (Lama pelayaran) = 12 jam = 12 hours
 $V = F_c \times T = 21.61 \text{ ltr/h} \times 12 \text{ h} = 259 \text{ liter}$
 Mesin yang digunakan berjumlah 2 maka volume bahan bakar yang dibutuhkan = 2 x 259 liter = 520 liter.

Tabel 3.4 Rincian Biaya Operasional Penggunaan Bahan Bakar

No.	Item	Satuan	Jml	Volume	Harga Satuan	Total Harga
1	Biaya bahan bakar ME	Liter	2	259	Rp. 11,000	Rp. 5,720,000
					Total 1 trip	Rp. 5,720,000
					Total 1 bulan (16 trip)	Rp. 91,520,000
					Total 1 tahun (Total 1 bulan x 12)	Rp. 1,098,240,000

Biaya investasi awal = Rp. 153,400,000
 Biaya operasional = Biaya bahan bakar + Biaya ABK = Rp. 1,098,240,000 + Rp. 252,000,000 = Rp. 1,350,240,000
 Pendapatan pertahun = Rp. 3,000,000,000

$$B / C = \frac{\text{Benefit}}{\text{Cost}} = \frac{\text{Rp. 3.000.000.000}}{\text{Rp. 153.400.000} + \text{Rp. 1.350.240.000}} = 1.99$$

Berdasarkan perhitungan nilai *benefit cost ratio* yang didapat adalah sebesar 1.99 atau $B/C > 1.00$. Sehingga rencana investasi layak untuk dilaksanakan.

3.7 Perbandingan Ekonomis dengan Mesin Penggerak Tipe Marine

Perbandingan ekonomis bertujuan untuk membandingkan selisih biaya-biaya yang dikeluarkan

penggerak tipe marine dengan penggerak tipe truk dan dijabarkan pada tabel perbandingan sebagai berikut:

Tabel 3.5 Rincian Perbandingan Biaya Mesin Tipe Marine dengan Tipe Truk

No.	Item	Marine	Truk
1	2 Mesin Diesel	Rp. 700,000,000	Rp. 85,000,000
2	2 Gearbox	Rp. 54,000,000	Rp. 50,000,000
3	2 Heat Exchanger	-	Rp. 18,400,000
4	2 Pompa	-	Rp. 25,000,000
5	Biaya bahan bakar pertahun	Rp. 1,220,736,000	Rp. 1,098,240,000
	Total	Rp. 1,974,736,000	Rp. 1,251,640,000
	Selisih	Rp. 723,096,000	

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa selisih biaya penerapan mesin tipe marine dengan mesin tipe truk lebih murah Rp. 723,096,000. & hasil perhitungan kelayakan investasi (*benefit cost ratio*) pada penerapan mesin tipe marine dengan mesin tipe truk diperoleh nilai sebesar 1.35 dan 1.99. Maka jika dibandingkan, nilai rasio yang dipilih yaitu nilai yang paling besar karena arti dari (*benefit cost ratio*) yaitu semakin besar nilai rasio maka

semakin besar pula pendapatan bersih yang didapat. Berikut perhitungan pendapatan bersih pada penerapan mesin tipe truk berdasarkan nilai rasio:

$$\text{Cost} = \frac{\text{Benefit}}{B/C} = \frac{\text{Rp. 3,000,000,000}}{1.99}$$

$$= \text{Rp. 1,503,640,000}$$

$$\begin{aligned} \text{Pendapatan bersih} &= \text{Pendapatan kotor} - \text{Biaya} \\ &\quad \text{pengeluaran} \\ &= \text{Rp. 3,000,000,000} - \text{Rp.} \\ &\quad 1,503,640,000 \\ &= \text{Rp. 1,496,360,000} \end{aligned}$$

Sehingga hasil perhitungan pendapatan bersih yang didapat sebesar Rp. 1,496,360,000 berdasarkan nilai rasio terbesar.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada studi teknis & ekonomis penggunaan mesin diesel truk (*land use*) sebagai penggerak kapal pandu. Maka kesimpulan yang dapat diambil dalam tugas akhir ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Kapal yang dianalisa yaitu MPS 023 merupakan kelas BKI dengan notasi T “pilot boat, artinya kapal berlayar didaerah pelayaran terbatas pada perairan tenang, teluk, pelabuhan, atau perairan yang sejenis dimana tidak terdapat ombak yang besar (BKI Vol. 1 Section 2 Classification). Mesin yang dimiliki MPS 023 (2 x 115 HP) maka kapal ini layak dan sesuai aturan guideline dari BKI untuk bisa dilaksanakan modifikasi / penggantian mesin tipe truk sebagai penggerak kapal.
2. Segi teknis dari perbandingan mesin marine dengan mesin truk yaitu pada bab 3.5 tentang daya mesin, dimensi mesin dengan pondasi, tentang sistim penunjang dari mesin tipe truk mengalami perubahan sistim pendingin & selisih perbandingan berat mesin tipe truk dengan mesin tipe marine yaitu 582 kg keuntungannya lebih ringan karena berat mesin tipe truk sebesar 818 kg sedangkan berat mesin tipe marine sebesar 1400 kg.
3. Analisa perbandingan ekonomis pada selisih biaya penerapan mesin tipe marine dengan mesin tipe truk didapatkan selisih biaya sebesar Rp. 723,096,000 & Analisa perbandingan kelayakan investasi penerapan mesin tipe marine dengan mesin tipe truk dipilih pada hasil *benefit cost ratio* yang paling besar yaitu pada penerapan mesin tipe truk bernilai 1.99 karena semakin besar nilai rasio semakin besar pula pendapatan bersih yang didapat. Sehingga hasil perhitungan pendapatan bersih yang diperoleh pada mesin tipe truk sebesar Rp. 1,496,360,000. & nilai $B/C > 1.00$, Sehingga rencana investasi layak untuk diterapkan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Djatmiko, E. B. (2013). Perancangan Propeler Self-Propelled Barge.
- [2] Ir. Suryo W. Adji, M. (2006). *Sistem Propulsi Kapal*. Surabaya: Teknik Sistem Perkapalan, FTK-ITS.
- [3] Mennen, J. H. (1978). *A Statistical Power Prediction Method*. Rotterdam, Netherlands: International Shipbuilding Progress.
- [4] Sitepu, A. H. (2009). Analisa Teknis Ekonomis Penggunaan Mesinl Truck Diesel Sebagai Penggerak Kapal Penangkap Ikan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”