

ANALISA UNJUK KEJA MESIN MARINE DIESEL CUMMINS 425 HP DI KAPAL PILOT BOAT PANJANG (LOA) 13 METER, MILIK PT. A

Pedro da Silva

Program Studi Teknik Mesin ,FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
pedrodasilva@itbu.ac.id

Abstrak

Kapal Pilot Boat Panjang (LOA) 13 Meter di PT. A yang di bangun di Galangan PT. B berfungsi sebagai kapal untuk mobilisasi crew dalam melaksanakan perawatan sarana bantu navigasi pelayaran, pelampung suar, rambu suar, alat-alat navigasi kapal, radio, radar, simulator radar. Kapal jenis ini perlu speed tinggi (high speed), makan harus di pasang juga dengan mesin pendorong utama (main engine) yang memiliki kapasitas daya yang cukup besar, serta di lengkapi dengan sistem propulsi yang cocok untuk jenis kapal cepat (waterjet).

Kata Kunci : Kapal Pilot Boat Panjang (Loa) ,Marine Diesel Cummins 425 Hp

1. PENDAHULUAN

Kemampuan olah gerak kapal laut dipengaruhi oleh faktor dari luar dan faktor dari dalam kapal kapal itu sendiri. Faktor dari luar meliputi: faktor angin, gelombang, kedalaman serta lebarnya perairan dan jarak dengan kapal lain. Faktor dari dalam meliputi: bentuk kapal, kekuatan mesin (main engine) sistem propulsi. Semakin tinggi tenaga mesin yang digunakan dan sistem pendorong yang cocok maka semakin tinggi pula performance kapal tersebut. Dalam pembangunan kapal baru, perlu menggunakan mesin dan system propulsi yang cocok yang disesuaikan dengan penggunaan atau fungsi kapal tersebut (Bhahri A.S., Budam E.Y. (2020).

Kapal Pilot Boat Panjang (LOA) 13 Meter di PT. A yang di bangun di Galangan PT. B berfungsi sebagai kapal untuk mobilisasi crew dalam melaksanakan perawatan sarana bantu navigasi pelayaran, pelampung suar, rambu suar, alat-alat navigasi kapal, radio, radar, simulator radar. Kapal jenis ini perlu speed tinggi (high speed), makan harus di pasang juga dengan mesin pendorong utama (main engine) yang memiliki kapasitas daya yang cukup besar, serta di lengkapi dengan sistem propulsi yang cocok untuk jenis kapal cepat (waterjet).

2. METODOLOGI

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan berdasarkan pendekatan kuantitatif dengan mengumpulkan data pengujian Mesin Cummins 425 HP yang terpasang di Kapal Pilot Boat Panjang (LOA) 13 Meter diperoleh melalui sea-trial kapal yang termonitor di perangkat insite tools dan monitor display. Hasil data yang termonitor di insite tools cummins dan monitor display yang terkumpul kemudian akan diolah dan dianalisa untuk mendapatkan data yang valid.

2.2 Metode Penelitian

1. Alat dan Bahan Uji

Alat yang digunakan untuk menguji pengaruh putaran terhadap unjuk kerja dan laju konsumsi bahan bakar meliputi: Kapal Pilot Boat Panjang LOA 13 Meter, Milik PT. A., Mesin Diesel Marine Cummins 425 HP, insite tools cummins, dan monitor display.

- 1) Kapal Pilot Boat Panjang (LOA) 13 Meter Milik PT. A.



Gambar .1 Kapal Pilot Boat Panjang (LOA)
13 Meter, Milik PT. A.

Sumber : Penelitian Mandiri 2024

Spesifikasi Kapal :

LOA (<i>Length Over All</i>)	: 13.00	M
LWL (<i>Length on <u>designes</u> water Line</i>)	: 11.00	M
B (<i>Breath</i>)	: 3.50	M
H (<i>Height</i>)	: 1.65	M
Draft	: 0.60	M
Fuel Capacity	: 1,000	Liter

2) Mesin Cummins 425 HP



Gambar .2 Mesin Kapal Pilot Boat 13
Meter

Sumber : Penelitian Mandiri 2024

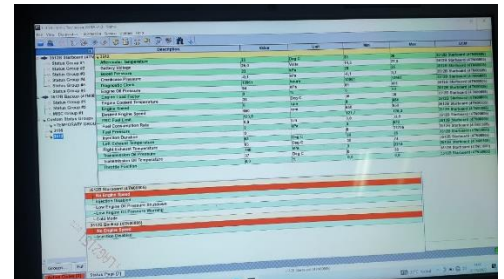
Tabel 2.1 Spesifikasi Mesin Cummins
QSB. 6.7 425 HP 14.(Denny, J. N.,
Ariesta, A. B., Pahala, Y: 2018).

	Mesin Kiri	Mesin Kanan
Model	QSB. 6.7 425 HP	QSB. 6.7 425 HP
Serial No	73579472	73579589
Power	419 Hp at 3000 Rpm	419 Hp at 3000 Rpm
Torque	995 <u>N.m</u>	995 <u>N.m</u>
Configurations	Inline, 6 Cylinder, 4 Stroke Diesel	Inline, 6 Cylinder, 4 Stroke Diesel
Aspirations	Turbocharged / Aftercooled	Turbocharged / Aftercooled
Displacement	6.7 L (408 in ³)	6.7 L (408 in ³)
Bore & Stroke	107 x 124 mm (4.21 x 4.88 in)	107 x 124 mm (4.21 x 4.88 in)
Rotation	Counterclockwise Facing Fly Wheel	Counterclockwise Facing Fly Wheel
Fuel System	High Pressure Common Rail	High Pressure Common Rail

(Sumber: Cummins QSB. 6.7)

3) Insite Tool Cummins

Insite Tool Cummins adalah sebuah *software electronic tool* yang berbasis microsoft windows. Alat ini digunakan untuk melihat *troubleshooting* dan juga melihat parameter kerja mesin.



Gambar . 3 Parameter Insite Tool Cummins

Sumber : Penelitian Mandiri 2024

4) Monitor Display

Monitor display merupakan sebuah alat untuk melihat parameter kerja mesin saat mesin dioperasikan, bedanya dengan *insite tool*, *monitor display* hanya menampilkan data pada saat mesin itu dihidupkan namun tidak dapat mengambil riwayat *troubleshooting* seperti *insite tool*.



Gambar . 4 Monitor Display

Sumber : Penelitian Mandiri 2024

5) GPS

Global Positioning System (GPS) adalah sistem navigasi berbasis satelit adalah untuk menentukan posisi lintang dan bujur kapal, kecepatan kapal, jarak tempuh kapal, memperkirakan jarak waktu datang di pelabuhan tujuan, sisa waktu tempuh, menyimpan posisi kapal

yang diinginkan, menentukan jejak pelayaran dalam bentuk peta, dan membuat bagan panduan bernavigasi (Moeshariyanto dan Saputra, 2009)



Gambar . 5 Monitor GPS

Sumber : Penelitian Mandiri 2024

2.3 Metode Pengambilan Data

2.3.1 Persiapan Pengambilan Data

Sebelum melakukan proses pengambilan data, diperlukan untuk menyiapkan kondisi kapal dari segala aspek teknis dan aspek keselamatan. Berikut persiapan teknis yang perlu dilakukan:

1. Pemeriksaan alat navigasi dan komunikasi kapal.
2. Persiapan mesin utama (*main engine*) dan mesin bantu,
 - a. Pengecekan oli pelumas.
 - b. Pengecekan *water coolant*.
 - c. Pengecekan *voltage accu*.
 - d. Pengecekan sistem pendingin mesin.
 - e. Pengisian bahan bakar kapal.

f. Start mesin bantu.

3. Menghidupkan sistem navigasi, blower, pompa steering, pompa pendingin dan lampu penerangan.
4. Start mesin.
5. Olah gerak untuk memastikan semua sistem berjalan normal.
6. Membawa kapal ke laut untuk proses seatrial dan pengambilan data.
7. Pemasangan *Insite Tool* ke mesin utama kanan / kiri.
8. Pengambilan data.

2.3.2 Langkah Pengambilan Data

Pengambilan data dimulai setelah alat *insite tool* sudah terpasang dan terhubung di salah satu mesin dalam hal ini, terhubung ke mesin kanan terlebih dahulu.

1. Menentukan arah laju kapal.
2. Memulai pengambilan data dari 600 rpm (stationer dengan gearbox maju), menyimpan hasil data dalam *insite tool* dan mencatat hasil di monitor.
3. Menaikkan putaran mesin ke 1.000 rpm, 1.500 rpm, 2.000 rpm, 2.500 rpm, dan 3.000 rpm serta menyimpan hasil data di *insite tool* dan mencatat hasil dari *monitor display*.
4. Ulangi langkah tersebut untuk mengambil data mesin kiri.
5. Setelah semua data yang diperlukan terpenuhi, selanjutnya kapal dibawa kembali ke galangan PT. T.

Data yang tidak termonitor di *insite tool* maupun *monitor display* akan diambil dari data

yang telah dimiliki oleh divisi mesin dan dilakukan perhitungan untuk data yang tidak termonitor dan tidak dimiliki oleh divisi mesin, adapun data yang tidak termonitor adalah sebagai berikut:

1. Daya mesin
2. Torsi mesin

2.3.3 Hasil Pengujian

Dalam hasil pengujian tersebut diperoleh data yang tercatat pada *insert tools* cummins dan hasil *record* dari monitor display sebagai berikut:

1. Putaran mesin yang di uji.
2. Data laju konsumsi bahan bakar tiap putaran mesin yang di uji.
3. Data kecepatan kapal.

Setelah mendapatkan hasil pengambilan data tersebut, tahap selanjutnya adalah menghitung data yang akan dihubungkan dengan grafik. Data yang telah didapatkan adalah:

1. Daya mesin.
2. Torsi Mesin.
3. Laju konsumsi bahan bakar spesifik.
4. Efisiensi mesin.
5. Jarak tempuh kapal tiap rpm dengan bahan bakar satu ton.

2.3.4 Analisa Data Metode Statistik

Setelah mendapat data hasil percobaan dan data perhitungan dari mesin kiri dan kanan, selanjutnya dihitung rata-rata data mesin tersebut, kemudian data tersebut disajikan dalam bentuk tabel. Data hasil ujicoba dan perhitungan disajikan ke dalam bentuk grafik untuk mengetahui perbandingan pengaruh putaran

mesin terhadap unjuk kerja dan laju konsumsi bahan bakar pada mesin tersebut. Hubungan grafik yang disajikan yaitu:

1. Grafik putaran mesin terhadap torsi.
2. Grafik putaran mesin terhadap daya mesin.
3. Grafik putaran mesin terhadap laju konsumsi bahan bakar mesin utama (*main engine*) kanan dan mesin utama (*main engine*) kiri.
4. Grafik putaran mesin vs laju konsumsi bahan bakar spesifik.
5. Grafik putaran mesin vs efisiensi mesin utama (*main engine*) kanan dan mesin utama (*main engine*) kiri.
6. Grafik putaran mesin vs kecepatan kapal.
7. Grafik putaran mesin vs jarak yang dapat di tempuh kapal dengan bahan bakar satu ton.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengumpulan Data

Data dari perusahaan di dapatkan berdasarkan data dari pabrikan :

Tabel .1 Data Torsi dan Daya Mesin

RPM	TORSI		DAYA	
	Ft-Lb	N.M	HP	KW
600	369	500	42	31
1000	457	620	87	65
1500	678	919	195	145
2000	1050	1424	400	298
2500	881	1195	418	312
3000	734	995	419	313

Sumber : Penelitian Mandiri 2024

3.2 Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian kapal Pilot Boat Panjang (LOA) 13 Meter yang menggunakan dua unit mesin marine diesel Cummins QSB. 6.7425 IDI yang di dapatkan data sebagai berikut:

Tabel 2. Data Konsumsi Bahan Bakar dan Kecepatan Kapal.

RPM	MESIN KANAN	MESIN KIRI	KECEPATAN (Knot)	KECEPATAN (KM/Jam)
	Konsumsi Bahan Bakar (L/h)	Konsumsi Bahan Bakar (L/h)		
600	7.90	9.20	5,6	10,37
1000	16.80	16.20	12,2	22,86
1500	25.40	24.70	15,5	28,71
2000	41.80	43.40	24,8	45,93
2500	51.80	54.20	27,2	50,37
3000	81.30	81.20	31,6	58,52

Sumber : Penelitian Mandiri 2024

3.3 Perhitungan Data

Setelah dilakukan pengujian berikutnya dilakukan perhitungan data untuk memperoleh data yang sedang kita cari sesuai dengan persamaan yang telah di berikan di bab II, sehingga diperoleh data sebagai berikut:

3.3.1 Daya Mesin

Dengan data dari perusahaan yang diperoleh berupa data torsi dan daya kita pastikan untuk data daya yang diperoleh sama dengan hasil perhitungan dengan data torsi dari perusahaan:

$$P = 2\pi \frac{N}{60} \times T \times 10^{-3}$$

Dimana,

P = daya (kW)

T = torsi (Nm)

N = putaran mesin (Rpm)

a. Daya mesin pada RPM 600

Torsi = 500 N.m

$$P = 2\pi \frac{N}{60} \times T \times 10^{-3}$$

$$P = 2\pi \frac{600}{60} \times 500 \times 10^{-3}$$

$$P = 62,86 \times 500 \times 10^{-3}$$

$$P = 31,43 \text{ kW}$$

b. Daya mesin pada RPM 1.000

Torsi = 620 N.m

$$P = 2\pi \frac{N}{60} \times T \times 10^{-3}$$

$$P = 2\pi \frac{1.000}{60} \times 620 \times 10^{-3}$$

$$P = 104,76 \times 620 \times 10^{-3}$$

$$P = 64,95 \text{ kW}$$

c. Daya mesin pada RPM 1.500

Torsi = 919 N.m

$$P = 2\pi \frac{N}{60} \times T \times 10^{-3}$$

$$P = 2\pi \frac{1.500}{60} \times 919 \times 10^{-3}$$

$$P = 157,14 \times 919 \times 10^{-3}$$

$$P = 144,41 \text{ kW}$$

d. Daya mesin pada RPM 2.000

Torsi = 1.424 N.m

$$P = 2\pi \frac{N}{60} \times T \times 10^{-3}$$

$$P = 2\pi \frac{2.000}{60} \times 1.424 \times 10^{-3}$$

$$P = 209,52 \times 1.424 \times 10^{-3}$$

$$P = 298,36 \text{ kW}$$

e. Daya mesin pada RPM 2.500

Torsi = 1.195 N.m

$$P = 2\pi \frac{N}{60} \times T \times 10^{-3}$$

$$P = 2\pi \frac{2.500}{60} \times 1.195 \times 10^{-3}$$

$$P = 261,90 \times 1.195 \times 10^{-3}$$

$$P = 312,97 \text{ kW}$$

f. Daya mesin pada RPM 3.000

Torsi = 995 N.m

$$P = 2\pi \frac{N}{60} \times T \times 10^{-3}$$

$$P = 2\pi \frac{3.000}{60} \times 995 \times 10^{-3}$$

$$P = 314,29 \times 995 \times 10^{-3}$$

$$P = 312,72 \text{ kW}$$

Tabel 3. Data Perhitungan Daya

RPM	TORSI		DAYA		DAYA HASIL PERHITUNGAN	
	Ft-Lb	N.m	HP	kW	HP	kW
600	369	500	42	31	42,15	31,43
1000	457	620	87	65	87,10	64,95
1500	678	919	195	145	193,66	144,41
2000	1050	1424	400	298	400,11	298,36
2500	881	1195	418	312	419,70	312,97
3000	734	995	419	313	419,35	312,71

Sumber : Penelitian Mandiri 2024

3.3.2 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik, Sfc

Dalam pengujian mesin, konsumsi bahan bakar di ukur sebagai laju aliran masa bahan bakar pe unit waktu (Q). Dengan persamaan berikut:

$$sfc = \frac{m_f}{P}$$

Dimana:

sfc = konsumsi bahan bakar spesifik (kg/kW jam)

m_f = konsumsi bahan bakar (kg/jam)

P = daya (kW)

$$m_f = \frac{V}{t} \times \frac{3600}{1000} \times \rho_{bb}$$

Dimana:

m_f = konsumsi bahan bakar (kg/jam)

V = volume bahan bakar yang dipakai dalam pengujian (cc)

t = waktu yang diperlukan dalam detik (s)

ρ_{bb} = 0,88 (kg/l)

a. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Mesin Kanan

1. RPM 600,

Konsumsi bahan bakar = 7,90 L/Jam

7,90 Liter/Jam = 2,19 cc/s

Daya hasil perhitungan = 31,43 kW

$$m_f = \frac{V}{t} \times \frac{3600}{1000} \times \rho_{bb}$$

$$m_f = 2,19 \times \frac{3600}{1000} \times 0,88$$

$$m_f = 6,94 \text{ kg/jam}$$

$$sfc = \frac{m_f}{P}$$

$$sfc = \frac{6,94}{31,43}$$

$$sfc = 0,22 \text{ kg/kW.jam}$$

2. RPM 1.000

Konsumsi bahan bakar = 16,8 L/Jam

16,8 Liter/Jam = 4,67 cc/s

Daya hasil perhitungan = 64,95 kW

$$m_f = \frac{V}{t} \times \frac{3600}{1000} \times \rho_{bb}$$

$$m_f = 4,67 \times \frac{3600}{1000} \times 0,88$$

$$m_f = 14,79 \text{ kg/jam}$$

$$sfc = \frac{m_f}{P}$$

$$sfc = \frac{14,79}{64,95}$$

$$sfc = 0,23 \text{ kg/kW.jam}$$

3. RPM 1.500

Data konsumsi bahan bakar = 25,4 L/Jam

25,4 Liter/Jam = 7,05 cc/s

Daya hasil perhitungan = 144,41 kW

$$m_f = \frac{V}{t} \times \frac{3600}{1000} \times \rho_{bb}$$

$$m_f = 7,05 \times \frac{3600}{1000} \times 0,88$$

$$m_f = 22,33 \text{ kg/jam}$$

$$sfc = \frac{m_f}{P}$$

$$sfc = \frac{22,33}{144,41}$$

$$sfc = 0,15 \text{ kg/kW.jam}$$

4. RPM 2.000

Data konsumsi bahan bakar = 41,8 L/Jam

34,8 Liter/Jam = 11,61 cc/s

Daya hasil perhitungan = 298,36 kW

$$m_f = \frac{V}{t} \times \frac{3600}{1000} \times \rho_{bb}$$

$$m_f = 11,61 \times \frac{3600}{1000} \times 0,88$$

$$m_f = 36,78 \text{ kg/jam}$$

$$sfc = \frac{m_f}{P}$$

$$sfc = \frac{36,78}{298,36}$$

$$sfc = 0,12 \text{ kg/kW.jam}$$

5. RPM 2.500

Data konsumsi bahan bakar = 51,8 L/Jam

51,8 Liter/Jam = 14,39 cc/s

Daya hasil perhitungan = 312,97 kW

$$m_f = \frac{V}{t} \times \frac{3600}{1000} \times \rho_{bb}$$

$$m_f = 14,39 \times \frac{3600}{1000} \times 0,88$$

$$m_f = 45,59 \text{ kg/jam}$$

$$sfc = \frac{m_f}{P}$$

$$sfc = \frac{45,59}{312,97}$$

$$sfc = 0,15 \text{ kg/kW.jam}$$

6. RPM 3.000

Data konsumsi bahan bakar = 81,30
L/Jam

81,30 Liter/Jam = 22,58 cc/s

Daya hasil perhitungan = 312,71 kW

$$m_f = \frac{V}{t} \times \frac{3600}{1000} \times \rho_{bb}$$

$$m_f = 22,58 \times \frac{3600}{1000} \times 0,88$$

$$m_f = 71,53 \text{ kg/jam}$$

$$sfc = \frac{m_f}{P}$$

$$sfc = \frac{71,53}{312,71}$$

$$sfc = 0,23 \text{ kg/kW.jam}$$

b. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Mesin
Kiri

1. RPM 600

Data konsumsi bahan bakar = 9,20
L/Jam

9,20 Liter/Jam = 2,6 cc/s

Daya hasil perhitungan = 31,43 kW

$$m_f = \frac{V}{t} \times \frac{3600}{1000} \times \rho_{bb}$$

$$m_f = 2,56 \times \frac{3600}{1000} \times 0,88$$

$$m_f = 8,11 \text{ kg/jam}$$

$$sfc = \frac{m_f}{P}$$

$$sfc = \frac{8,11}{31,43}$$

$$sfc = 0,26 \text{ kg/kW.jam}$$

2. RPM 1.000

Data konsumsi bahan bakar = 16,20
L/Jam

16,20 Liter/Jam = 4,50 cc/s

Daya hasil perhitungan = 64,95 kW

$$m_f = \frac{V}{t} \times \frac{3600}{1000} \times \rho_{bb}$$

$$m_f = 4,50 \times \frac{3600}{1000} \times 0,88$$

$$m_f = 14,26 \text{ kg/jam}$$

$$sfc = \frac{m_f}{P}$$

$$sfc = \frac{14,26}{64,95}$$

$$sfc = 0,22 \text{ kg/kW.jam}$$

3. RPM 1.500

Data konsumsi bahan bakar = 24,70
L/Jam

24,70 Liter/Jam = 6,86 cc/s

Daya hasil perhitungan = 144,41 kW

$$m_f = \frac{V}{t} \times \frac{3600}{1000} \times \rho_{bb}$$

$$m_f = 6,86 \times \frac{3600}{1000} \times 0,88$$

$$m_f = 21,73 \text{ kg/jam}$$

$$sfc = \frac{m_f}{P}$$

$$sfc = \frac{21,73}{144,41}$$

$$sfc = 0,15 \text{ kg/kW.jam}$$

4. RPM 2.000

Data konsumsi bahan bakar = 43,40
L/Jam

43,40 Liter/Jam = 12,06 cc/s

Daya hasil perhitungan = 298,36 kW

$$m_f = \frac{V}{t} \times \frac{3600}{1000} \times \rho_{bb}$$

$$m_f = 12,06 \times \frac{3600}{1000} \times 0,88$$

$$m_f = 38,21 \text{ kg/jam}$$

$$sfc = \frac{m_f}{P}$$

$$sfc = \frac{38,21}{298,36}$$

$$sfc = 0,13 \text{ kg/kW.jam}$$

5. RPM 2.500

Data konsumsi bahan bakar = 54,20
L/Jam

54,20 Liter/Jam = 15,06 cc/s

Daya hasil perhitungan = 312,97 kW

$$m_f = \frac{V}{t} \times \frac{3600}{1000} \times \rho_{bb}$$

$$m_f = 15,06 \times \frac{3600}{1000} \times 0,88$$

$$m_f = 47,71 \text{ kg/jam}$$

$$sfc = \frac{m_f}{P}$$

$$sfc = \frac{47,71}{312,95}$$

$$sfc = 0,15 \text{ kg/kW.jam}$$

6. RPM 3.000

Data konsumsi bahan bakar = 81,20

L/Jam

81,20 Liter/Jam = 22,56 cc/s

Daya hasil perhitungan = 312,71 kW

$$m_f = \frac{V}{t} \times \frac{3600}{1000} \times \rho_{bb}$$

$$m_f = 22,56 \times \frac{3600}{1000} \times 0,88$$

$$m_f = 71,47 \text{ kg/jam}$$

$$sfc = \frac{m_f}{P}$$

$$sfc = \frac{71,47}{312,71}$$

$$sfc = 0,23 \text{ kg/kW.jam}$$

Tabel .4 Data Hasil Perhitungan

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

RPM	Daya Perhitungan		Konsumsi BBM (L/h)		Masa Bahan Bakar (kg/jam)		Konsumsi BBM Spesifik (kg/kW.h)	
	HP	kW	ME KN	ME KR	ME KN	ME KR	ME KN	ME KR
600	42,15	31,43	7,90	9,20	6,94	8,11	0,22	0,26
1000	87,10	64,95	16,80	16,20	14,79	14,26	0,23	0,22
1500	193,66	144,41	25,40	24,70	22,33	21,73	0,15	0,15
2000	400,11	298,36	31,80	34,40	36,78	38,21	0,12	0,13
2500	419,70	312,97	51,80	54,20	45,59	47,71	0,15	0,15
3000	419,35	312,71	81,30	81,20	71,53	71,47	0,23	0,23

Sumber : Penelitian Mandiri 2024

3.3.3 Efisiensi

Pengukuran efisiensi ini dinamakan dengan fuel conversion efficiency (η_f) dan didefinisikan sebagai:

$$\eta_f = \frac{P \times 632}{\dot{m}_f \times Q_{HV}} \times 100\%$$

Dimana,

η_f = Efisiensi dari kerja mesin (%)

Q_{HV} = Harga panas dari bahan bakar (kkal/kg)

$\dot{m}_f$ = Masa bahan bakar (kg/jam)

P = Daya (kW)

Dalam efisiensi ini besarnya Q_{HV} merupakan harga panas rendah Q_{LHV} dari bahan bakar yang di gunakan.

$$LHV = [16280 + 60.(API)] \text{ Btu/lb}$$

Dimana,

$$API = \left[\frac{141,5}{SG \text{ solar } (60^\circ F)} \right] - 131,5$$

$$API = \left[\frac{141,5}{0,87} \right] - 131,5$$

$$API = 31,14$$

$$LHV = [16280 + 60.(API)] \text{ Btu/lb}$$

$$LHV = [16280 + 60.(31,14)] \text{ Btu/lb}$$

$$LHV = [16280 + 2048,4] \text{ Btu/lb}$$

$$LHV = 18.148,4 \text{ Btu/lb}$$

$$LHV = 42.412,2 \text{ kJ/kg}$$

$$LHV = 10.129,93 \frac{\text{kkal}}{\text{kg}}$$

a. Efisiensi Mesin Kanan

1. RPM 600

Masa Bahan Bakar, $\dot{m}_f = 6,94 \text{ kg/jam}$

Daya Perhitungan, $P = 31,43 \text{ kW}$

$$\eta_f = \frac{P \times 632}{\dot{m}_f \times Q_{HV}} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{31,43 \times 632}{6,94 \times 10.129,93} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{19.863,76}{70.297,342} \times 100\%$$

$$\eta_f = 28\%$$

2. RPM 1.000

Masa Bahan Bakar, $\dot{m}_f = 14,79 \text{ kg/jam}$

Daya Perhitungan, $P = 64,95 \text{ kW}$

$$\eta_f = \frac{P \times 632}{\dot{m}_f \times Q_{HV}} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{64,95 \times 632}{14,79 \times 10.129,93} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{41.048,4}{149.821,6647} \times 100\%$$

$$\eta_f = 27\%$$

3. RPM 1.500

Masa Bahan Bakar, $\dot{m}_f = 22,33 \text{ kg/jam}$

Daya Perhitungan, $P = 144,41 \text{ kW}$

$$\eta_f = \frac{P \times 632}{\dot{m}_f \times Q_{HV}} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{144,41 \times 632}{22,33 \times 10.129,93} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{91.267,12}{226.201,3369} \times 100\%$$

$$\eta_f = 40\%$$

4. RPM 2.000

Masa Bahan Bakar, $\dot{m}_f = 36,78 \text{ kg/jam}$

Daya Perhitungan, $P = 298,36 \text{ kW}$

$$\eta_f = \frac{P \times 632}{\dot{m}_f \times Q_{HV}} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{298,36 \times 632}{36,78 \times 10.129,93} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{188.563,52}{372.578,8254} \times 100\%$$

$$\eta_f = 51\%$$

5. RPM 2.500

Masa Bahan Bakar, $\dot{m}_f = 45,59 \text{ kg/jam}$

Daya Perhitungan, $P = 312,97 \text{ kW}$

$$\eta_f = \frac{P \times 632}{\dot{m}_f \times Q_{HV}} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{312,97 \times 632}{45,59 \times 10.129,93} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{197.765,44}{461.823,5087} \times 100\%$$

$$\eta_f = 43\%$$

6. RPM 3.000

Masa Bahan Bakar, $\dot{m}_f = 45,59 \text{ kg/jam}$

Daya Perhitungan, $P = 312,97 \text{ kW}$

$$\eta_f = \frac{P \times 632}{\dot{m}_f \times Q_{HV}} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{312,97 \times 632}{45,59 \times 10.129,93} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{197.765,44}{461.823,5087} \times 100\%$$

$$\eta_f = 43\%$$

b. Efisiensi Mesin Kiri

1. RPM 600

Masa Bahan Bakar, $\dot{m}_f = 8,11 \text{ kg/jam}$

Daya Perhitungan, $P = 31,43 \text{ kW}$

$$\eta_f = \frac{P \times 632}{\dot{m}_f \times Q_{HV}} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{31,43 \times 632}{8,11 \times 10.129,93} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{19.863,76}{82.153,7323} \times 100\%$$

$$\eta_f = 24\%$$

2. RPM 1.000

Masa Bahan Bakar, $\dot{m}_f = 14,26 \text{ kg/jam}$

Daya Perhitungan, $P = 64,95 \text{ kW}$

$$\eta_f = \frac{P \times 632}{\dot{m}_f \times Q_{HV}} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{64,95 \times 632}{14,26 \times 10.129,93} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{41.048,4}{144.452,802} \times 100\%$$

$$\eta_f = 28\%$$

3. RPM 1.500

Masa Bahan Bakar, $\dot{m}_f = 21,73 \text{ kg/jam}$

Daya Perhitungan, $P = 144,41 \text{ kW}$

$$\eta_f = \frac{P \times 632}{\dot{m}_f \times Q_{HV}} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{144,41 \times 632}{21,73 \times 10.129,93} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{91.267,12}{220.123,3789} \times 100\%$$

$$\eta_f = 41\%$$

4. RPM 2.000

Masa Bahan Bakar, $\dot{m}_f = 38,21 \text{ kg/jam}$

Daya Perhitungan, $P = 298,36 \text{ kW}$

$$\eta_f = \frac{P \times 632}{\dot{m}_f \times Q_{HV}} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{298,36 \times 632}{38,21 \times 10.129,93} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{188.563,52}{387.064,6253} \times 100\%$$

$$\eta_f = 49\%$$

5. RPM 2.500

Masa Bahan Bakar, $\dot{m}_f = 47,71 \text{ kg/jam}$

Daya Perhitungan, $P = 312,97 \text{ kW}$

$$\eta_f = \frac{P \times 632}{\dot{m}_f \times Q_{HV}} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{312,97 \times 632}{47,71 \times 10.129,93} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{197.797,04}{483.298,9503} \times 100\%$$

$$\eta_f = 41 \%$$

6. RPM 3.000

Masa Bahan Bakar, $\dot{m}_f = 71,47 \text{ kg/}$
jam

Daya Perhitungan, $P = 312,71 \text{ kW}$

$$\eta_f = \frac{P \times 632}{\dot{m}_f \times Q_{HV}} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{312,71 \times 632}{71,47 \times 10.129,93} \times 100\%$$

$$\eta_f = \frac{197.632,72}{723.986,0971} \times 100\%$$

$$\eta_f = 27\%$$

Tabel .5 Data Hasil Perhitungan
Efisiensi Mesin

RPM	Daya Perhitungan		Konsumsi BBM (L/h)		Masa Bahan Bakar (kg/Jam)		Konsumsi BBM Spesifik (kg/kWh)		Efisiensi (%)	
	(kW)	(HP)	KN	KR	ME KN	ME KR	ME KN	ME KR	ME KN	ME KR
600	42,15	31,43	7,90	9,20	0,22	0,22	0,22	0,26	28	24
1000	87,10	64,95	16,80	16,20	0,23	0,23	0,23	0,22	27	28
1500	193,66	144,41	25,40	24,70	0,15	0,15	0,15	0,15	40	41
2000	400,11	298,36	41,80	43,40	0,12	0,12	0,12	0,13	51	49
2500	419,70	312,97	51,80	54,20	0,15	0,15	0,15	0,15	43	41
3000	419,35	312,71	81,30	81,20	0,23	0,23	0,23	0,23	27	27

Sumber : Penelitian Mandiri 2024

3.3.4 Perhitungan Daya Jelajah Kapal

Kapasitas tanki bahan bakar yang ada di kapal, hanya dapat menampung bahan bakar sebanyak satu ton maka jarak tempuh maksimal kapal di setiap rpm dapat dihitung dengan rumus yang ada di bab II, dengan hasil sebagai berikut:

$$s = v \times t$$

Dimana,

$$s = \text{Jarak (Nm)}$$

$$v = \text{Kecepatan kapal(Knot)}$$

$$t = \text{Waktu (Jam)}$$

$$t = \frac{\text{Kapasitas Bahan Bakar}}{\text{Laju konsumsi bahan bakar}}$$

Daya jelajah atau jarak tempuh kapal dengan bahan bakar satu ton di tiap RPM di dapat:

a. RPM 600

Kapasitas bahan bakar = 1.000 liter

Konsumsi bahan bakar mesin kiri dan kanan = 17,10 liter/jam

$$t = \frac{\text{Kapasitas Bahan Bakar}}{\text{Laju konsumsi bahan bakar}}$$

$$t = \frac{1.000}{17,10}$$

$$t = 58,48 \text{ Jam}$$

$$s = v \times t$$

$$s = 5,6 \times 58,48$$

$$s = 327,49 \text{ Mill Laut}$$

b. RPM 1.000

Kapasitas bahan bakar = 1.000 liter

Konsumsi bahan bakar mesin kiri dan kanan = 33 liter/jam

$$t = \frac{\text{Kapasitas Bahan Bakar}}{\text{Laju konsumsi bahan bakar}}$$

$$t = \frac{1.000}{33}$$

$$t = 30,30 \text{ Jam}$$

$$s = v \times t$$

$$s = 12,2 \times 30,30$$

$$s = 369,66 \text{ Mill Laut}$$

c. RPM 1.500

Kapasitas bahan bakar = 1.000 liter

Konsumsi bahan bakar mesin kiri dan kanan = 17,10 liter/jam

$$t = \frac{\text{Kapasitas Bahan Bakar}}{\text{Laju konsumsi bahan bakar}}$$

$$t = \frac{1.000}{50,10}$$

$$t = 19,96 \text{ Jam}$$

$$s = v \times t$$

$$s = 15,5 \times 19,96$$

$$s = 309,38 \text{ Mill Laut}$$

d. RPM 2.000

Kapasitas bahan bakar = 1.000 liter

Konsumsi bahan bakar mesin kiri dan kanan = 85,20 liter/jam

$$t = \frac{\text{Kapasitas Bahan Bakar}}{\text{Laju konsumsi bahan bakar}}$$

$$t = \frac{1.000}{85,20}$$

$$t = 11,74 \text{ Jam}$$

- $s = v \times t$
 $s = 24,8 \times 11,74$
 $s = 291,15 \text{ Mill Laut}$
 e. RPM 2.500
 Kapasitas bahan bakar = 1.000 liter
 Konsumsi bahan bakar mesin kiri dan kanan = 106 liter/jam

$$t = \frac{\text{Kapasitas Bahan Bakar}}{\text{Laju konsumsi bahan bakar}}$$

$$t = \frac{1.000}{106}$$

$$t = 9,43 \text{ Jam}$$

- $s = v \times t$
 $s = 27,2 \times 9,43$
 $s = 256,50 \text{ Mill Laut}$
 f. RPM 3.000
 Kapasitas bahan bakar = 1.000 liter
 Konsumsi bahan bakar mesin kiri dan kanan = 162,50 liter/jam
- $$t = \frac{\text{Kapasitas Bahan Bakar}}{\text{Laju konsumsi bahan bakar}}$$
- $$t = \frac{1000}{162,50}$$
- $$t = 6,15 \text{ Jam}$$
- $s = v \times t$
 $s = 31,6 \times 19,96$
 $s = 194,34 \text{ Mill Laut}$

Tabel .6. Hasil Perhitungan Jarak Tempuh Kapal dengan BBM 1 Ton

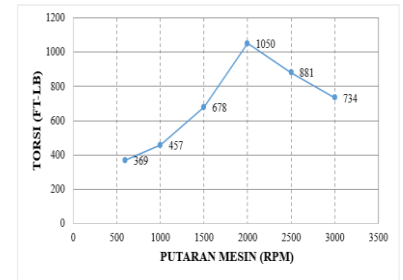
RPM	KONSUMSI BBM (L/JAM)		TOTAL (L/JAM)	SPEED		DURASI BBM 1 TON (JAM)	JARAK TEMPUH	
	ME KN	ME KR		Knot	KM /JAM		Mil	KM
600	7,90	9,20	17,10	5,6	10,37	58,48	327,49	606,51
1000	16,80	16,20	33,00	12,2	22,86	30,30	369,66	684,61
1500	25,40	24,70	50,10	15,5	28,71	19,96	309,38	572,97
2000	41,80	43,40	85,20	24,8	45,93	11,74	291,15	539,21
2500	51,80	54,20	106,00	27,2	50,37	9,43	256,50	475,04
3000	81,30	81,20	162,50	31,6	58,52	6,15	194,34	359,92

Sumber : Penelitian Mandiri 2024

3.4 Analisa dan Pembahasan

Tabel-tabel hasil pengumpulan, pengujian dan perhitungan data tersebut kemudian disajikan dalam bentuk grafik.

3.4.1 Karakteristik Torsi Mesin

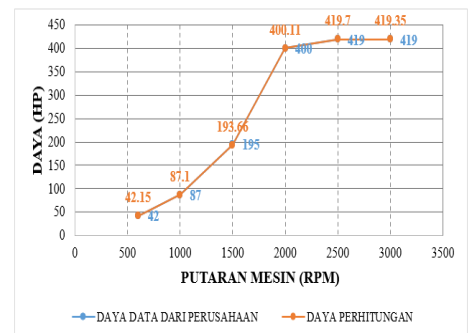


Gambar 3.1 Grafik Torsi (Ft-Lb) VS Putaran Mesin (RPM)

Sumber : Penelitian Mandiri 2024

Pada gambar grafik 1 di atas menunjukkan hasil torsi mesin di setiap putaran, dari gambar di atas dapat disimpulkan bahwa setiap RPM memiliki nilai torsi yang berbeda dan tidak ikut naik konstan pula, dimana di RPM paling tinggi belum tentu menghasilkan nilai torsi yang paling tinggi pula di mana nilai torsi tertinggi terdapat di RPM 2,000 dengan nilai torsi 1,050 ft-lb. sedangkan di RPM 3,000 hanya memperoleh nilai torsi 734 ft-lb, sedangkan RPM terendah atau idle di RPM 600 hanya di 369 ft-lb.

3.4.2 Karakteristik Mesin



Gambar 6. Grafik Daya (HP) VS Putaran Mesin (RPM)

Sumber : Penelitian Mandiri 2024

Pada gambar grafik 3.2 diatas menunjukkan grafik hubungan antara putaran mesin (RPM) dengan daya mesin, dari gambar

grafik di atas dapat dilihat bahwa daya mesin tertinggi hanya di 419 HP di RPM 3,000 tidak mencapai 425 HP. Sedangkan data dari hasil perhitungan di ketahui bahwa daya tertinggi berada di RPM 2.500 dengan hasil 419,7 HP, sedangkan di RPM 3.000 hanya di 419,35 HP.

4. KESIMPULAN

Hasil dari pengujian dan analisa di yang telah di laksanakan dengan menguji kapal secara langsung, data dari perusahaan dan hasil perhitungan dengan putaran mesin yang bervariasi yaitu pada putaran mesin RPM 6000, RPM 1.000, RPM 1.500, RPM 2.000, RPM 2.500 dan RPM 3.000 maka dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan data dari perusahaan pengambilan data dan perhitungan data di ketahui torsi tertinggi berada di RPM 2.000 dengan hasil 1.050 Ft-lb atau 1.424 N.m, sedangkan daya tertinggi berada di RPM 2.500 dengan 312.97 kW atau 419 HP. Efisiensi mesin berada pada RPM 2.000 dengan hasil 51% untuk mesin kanan dan 49% untuk mesin kiri.
2. Berdasarkan data hasil pengujian dan perhitungan di dapatkan hasil konsumsi bahan bakar dan konsumsi bahan bakar spesifik pada mesin kanan di RPM 600 dengan hasil konsumsi bahan bakar 7,90 Liter/Jam dan konsumsi bahan bakar spesifik 0,22 kg/kW.Jam untuk mesin kanan dan mesin kiri konsumsi bahan bakar sebanyak 9,20 Liter/Jam dan konsumsi bahan bakar spesifik 0,26 kg/kW.Jam. RPM 1.000 konsumsi bahan bakar sebanyak 16,80 Liter/Jam dan

konsumsi bahan bakar spesifik 0,23 kg/kW.Jam untuk mesin kanan dan mesin kiri konsumsi bahan bakar sebanyak 16,20 Liter/Jam dan konsumsi bahan bakar spesifik 0,22 kg/kW.Jam. RPM 1.500 konsumsi bahan bakar sebanyak 25.40 Liter/Jam dan konsumsi bahan bakar spesifik 0,15 kg/kW.Jam untuk mesin kanan dan mesin kiri konsumsi bahan bakar sebanyak 24.70 Liter/Jam dan konsumsi bahan bakar spesifik 0,15 kg/kW.Jam. RPM 2.000 konsumsi bahan bakar sebanyak 43.40 Liter/Jam dan konsumsi bahan bakar spesifik 0.12 kg/kW.Jam untuk mesin kanan dan mesin kiri konsumsi bahan bakar sebanyak 43.40 Liter/Jam dan konsumsi bahan bakar spesifik 0,13 kg/kW.Jam. RPM 2.500 konsumsi bahan bakar sebanyak 51.80 Liter/Jam dan konsumsi bahan bakar spesifik 0.15 kg/kW.Jam untuk mesin kanan dan mesin kiri konsumsi bahan bakar sebanyak 54,20 Liter/Jam dan konsumsi bahan bakar spesifik 0,135 kg/kW.Jam. RPM 3.000 konsumsi bahan bakar sebanyak 81,30 Liter/Jam dan konsumsi bahan bakar spesifik 0.23 kg/kW.Jam untuk mesin kanan dan mesin kiri konsumsi bahan bakar sebanyak 83,20 Liter/Jam dan konsumsi bahan bakar spesifik 0,23 kg/kW.Jam.

3. Berdasarkan data hasil pengujian dan perhitungan di dapatkan hasil kecepatan maksimum kapal berada di RPM 3.000 dengan kecepatan

31.6 Knot atau 58,52 KM/Jam. Kecepatan ekonomis kapal untuk menempuh jarak tertentu dengan waktu tersingkat dan jumlah konsumsi bahan bakar paling sedikit, dari gambar grafik 4.7 di dapatkan hasil kecepatan ekonomis kapal berada pada RPM 1.000 dengan kecepatan 12,2 Knot atau 22,86 KM/Jam dengan bahan bakar satu ton dapat menempuh jarak 684,61 KM atau 369,66 Mill laut dengan waktu tempuh 30 Jam 30 Menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhahri A.S., Budam E.Y. (2020). Buku Ajar Olah Gerak dan Pengendalian Kapal. Medan: Larispa.
- Denny, J. N., Ariesta, A. B., Pahala, Y. (2018). Pengaruh Kecepatan Terhadap Biaya Angkutan Kapal Tanker. Jurnal, Jakarta: Universitas Trisakti.
- Operation dan Maintenance Manual Marine QSB 6.7 CM2250 (2013) USA: Cummins Inc.Elektro Vol 10. Cikarang: Nurhabibah Naibaho, Mohammad Yoverly