

# KAJIAN PENGGUNAAN PROPULSI ANGIN TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR SPESIFIK PADA KAPAL LAYAR MOTOR

Muhamad As'adi\*<sup>1</sup>, Iswadi Nur\*\*<sup>2</sup>, dan Bambang Sudjasta\*\*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UPN "Veteran" Jakarta

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik UPN "Veteran" Jakarta

Jl. RS. Fatmawati Pondok Labu Jakarta Selatan – 12450

Telp. 021 7656971 Ext. 195

## Abstract

Energy from the wind has long been well known as an activator or as a ship's wheel drive, in the maritime history of wind energy has been used as propulsion (propulsion) sailboat in Egypt around 4000 BC. Since the invention of the steam engine propulsion is the use of wind began to subside and switch to the use of mechanical propulsion. Mechanical propulsion of the most widely used in shipbuilding in the world today is a diesel engine. Due to rising world market oil prices, the use of wind propulsion is one of the alternative energy that can be developed, and in general, developed countries believe that wind energy is the future of energy, a renewable (renewable) and friendly wind propulsion on environment. The use of KLM Maruta Jaya 900 DWT will reduce fuel use (fuel consumption). This study will examine how much the amount of fuel reduction on the ship when operated with dual propulsion (wind + diesel) when compared with vessels that use only diesel propulsion. The result showed that the use of wind propulsion will reduce fuel consumption (fuel consumption) for 28.1% and specific fuel consumption (sfc) of 28.08%.

**Key Words:** energy, propulsion

## PENDAHULUAN

Kebutuhan akan sumber energi alternatif sudah merupakan isu global sebagai upaya mengantisipasi peningkatan pemakaian energi dan menipisnya cadangan sumber energi konvensional yang harganya semakin tinggi. Beberapa sumber energi yang sifatnya dapat diperbarui banyak dikembangkan orang di berbagai belahan bumi. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat diperbarui adalah penggunaan energi yang berasal dari angin. Di negarane-negara maju teknologi ini sudah banyak dikembangkan, dan umumnya mereka percaya bahwa energi angin merupakan sumber energi masa depan di samping energi matahari.

Energi yang berasal dari angin ini sudah dikenal sejak lama sebagai tenaga penggerak / propulsi pada kapal layar, di dalam sejarah bahari tercatat bahwa kapal layar sudah dipergunakan sebagai alat transportasi sungai di Mesir sekitar tahun 4000 SM<sup>1)</sup>. Sejak ditemukannya teknologi mesin uap, maka penggunaan propulsi angin sebagai penggerak kapal mulai menurun dan beralih ke propulsi mekanik. Pada sekitar tahun 1960 an sudah banyak para ahli yang meneliti kembali penggunaan energi angin sebagai pengganti bahan bakar konvensional pada kapal layar komersial.

Kapal Layar Motor ( KLM ) Maruta Jaya 900 adalah sebuah kapal modern yang tenaga penggerak utamanya energi angin, dengan menggunakan serangkaian sistem layar dan sebagai tenaga penggerak bantu digunakan mesin diesel yang menggerakkan motor DC.

<sup>1</sup> Kontak Person : Muhamad As'adi  
Jurusan Teknik Mesin FT UPN "Veteran"  
Jakarta. Telp.. 021 7656971 Ext. 195

Pemanfaatan energi angin pada KLM Maruta Jaya 900 DWT adalah sangat menguntungkan ditinjau dari segi konsumsi bahan bakar spesifik yang pada gilirannya akan dapat menekan biaya operasional kapal dan tidak mencemari lingkungan, besaran konsumsi yang dapat dihemat belum jelas. Dalam penelitian ini akan mengkaji berapa penghematan yang diperoleh jika propulsi angin digunakan ditinjau dari aspek teknis yaitu konsumsi bahan bakar spesifik.

Kartika (1996) dalam penelitian Analisa Teknis Perencanaan Layar sebagai penggerak utama Pada KLM Maruta Jaya 900 DWT, mengadakan penelitian tentang hubungan bentuk layar terhadap stabilitas kapal. Melihat kondisi kecepatan angin selama satu tahun di laut Jawa yaitu 30 knot dengan probabilitas kumulatif 98%, mengemukakan bahwa bentuk layar segitiga memiliki stabilitas cadangan dinamis yang paling besar.

Pambudi (1999) dalam penelitiannya Studi Pengembangan Sistem Propulsi Motor Sailing Boat Maruta Jaya 900 DWT ke 1475 DWT, mengemukakan antara lain : (1) pengembangan sistem propulsi pada motor sailing boat MJ 900 DWT ke 1475 DWT adalah masih memungkinkan dengan beberapa penyesuaian, (2) pengukuran unjuk kerja dari layar lebih sulit untuk diprediksi karena ketergantungan akan faktor lingkungan selama kapal berlayar.

Suhariyanto (1989) dalam karya ilmiahnya Propulsi Angin Pada Kapal Layar Komersial, mengemukakan bahwa: (1) kecepatan kapal dapat diprediksi dengan persamaan keseimbangan hidrodinamika dan aerodinamika, (2) pada kapal yang berukuran besar perlu adanya motor bantu, (3) penerapan sistem layar akan lebih ekonomis, dan (4) penggunaan tenaga angin sebagai tenaga penggerak kapal tidak mencemari lingkungan.

Muis (1996) dalam prosidingnya Pemanfaatan Propulsi Angin sebagai Tenaga Penggerak Utama Pada Kapal Niaga Maruta Jaya, di Seminar Nasional Maritim dalam rangka tahun Bahari 1996, mengemukakan bahwa secara umum pemanfaatan energi angin pada kapal Maruta Jaya adalah sangat menguntungkan dari segi penghematan bahan bakar dan aspek pencemaran lingkungan.

### Sistem Propulsi Layar Maruta Jaya 900 DWT

Kapal ini menggunakan layar dengan tipe Schooner sails sebagai penggerak utama (main Propulsion) dan electric motor DC sebagai tenaga penggerak Bantu (auxiliary propulsion). Jadi tenaga penggerak bantu hanya digunakan bila kapal sedang berolah gerak di perairan terbatas (pelabuhan) atau pada saat kondisi kecepatan angin yang terjadi

relatif lemah. Sedangkan tenaga angin (layar) digunakan bila kapal berlayar berolah gerak pada perairan bebas dan pada kecepatan angin yang terjadi relatif cukup tinggi. Layar Maruta Jaya 900 DWT dapat dikategorikan dalam tipe Schooner sails dan bentuknya merupakan kombinasi, yaitu perpaduan bentuk layar segi tiga dan layar segi empat.

Maruta Jaya 900 DWT mempunyai tiga buah tiang layar dengan ketinggian 38 m dan 4 (empat) buah variasi sails, yaitu: jib sail, fore sails, main sail, dan mizzen sail.

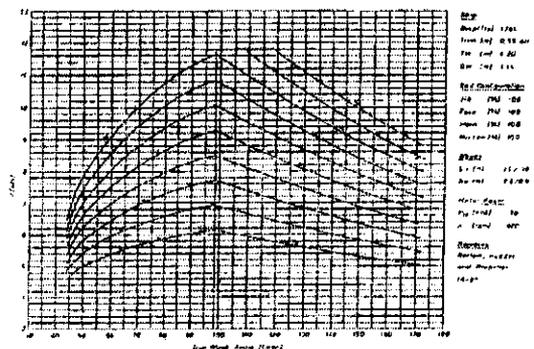
Adapun ukuran layarnya sebagai berikut :

Jib sail	l = 9,1 m	h = 32 m
Main sail	l = 12,8 m	h = 11,8 m
Mizzen sail	l = 11,5 m	h = 22 m

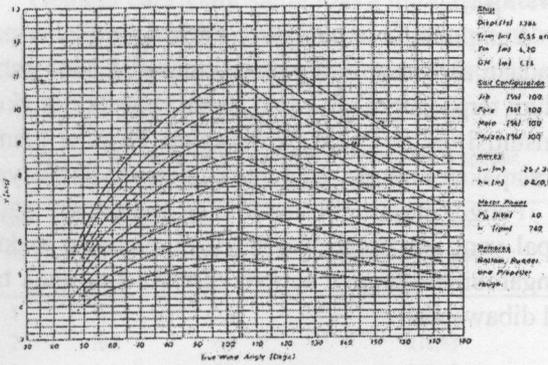
### Unjuk kerja layar

Menunjuk hasil *preliminary test* didapatkan bahwa bila masing-masing layar dalam konfigurasi penuh yaitu 100 %, dan kondisi displacement kapal sebesar 1364 tons; Trims 0,55 m (aft); sarat maksimum 4,20 m ; GM 1,14 m; dan keadaan lautnya mempunyai panjang gelombang  $L_w$  25 – 30 m; tinggi gelombang  $H_w$  0,8 – 0,9 m, maka kecepatan servis kapal yang direncanakan 7 knot tanpa dibantu oleh tenaga motor listrik akan dicapai hanya dengan *true wind speed* sebesar 8 knot dan sudut arah angin 90 – 110 °.

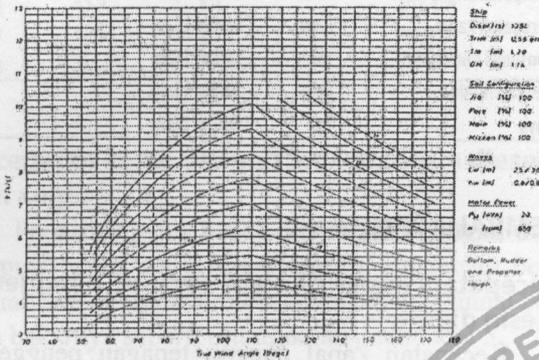
Jika keadaan tersebut sudah dicapai, pengaruh penambahan kapasitas power pada motor listrik DC tidak begitu besar. Gambar 1, 2, dan 3 menunjukkan hubungan antara *true wind angle (deg)*; *true windspeed*; power motor; dan kecepatan kapal. Dengan asumsi gelombang laut konstan baik panjang maupun tingginya. Akan tetapi unjuk kerja propulsi angin (layar) memang lebih sukar diprediksi bila dibanding dengan unjuk kerja propulsi motor listrik, hal ini disebabkan propulsi angin sangat tergantung dari faktor lingkungan seperti kecepatan dan arah angin serta kondisi arus perairan yang dilewati pada saat kapal berlayar.



Gambar 1.  
Hubungan Antara True Wind Angle (deg) dengan Kecepatan Kapal.



Gambar 2. Hubungan Antara True Windspeed dengan Kecepatan Kapal.



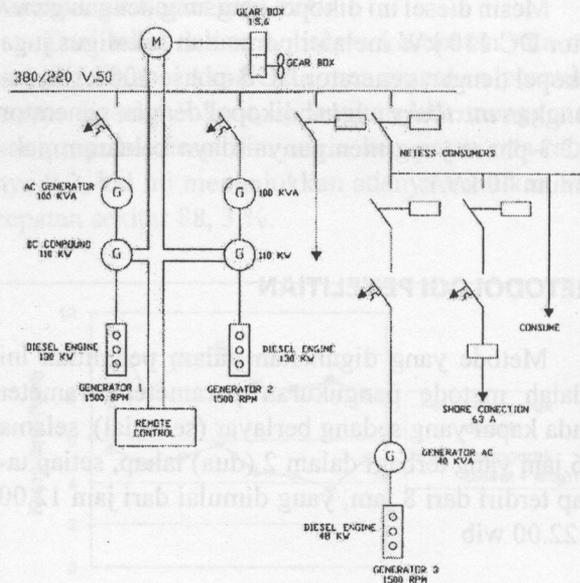
Gambar 3. Hubungan Antara Power Motor dengan Kecepatan Kapal.

### Konfigurasi Sistem Propulsi Elektrik

Konfigurasi sistem propulsi elektrik Maruta Jaya seperti ditunjukkan pada Gambar 4, di mana sistem penggerak bantu kapal ini mengadopsi *electric drive propulsion system* dengan menggunakan motor listrik DC sebagai penggerak propellernya. Secara garis besar ditunjukkan bahwa seluruh kebutuhan listrik dilayani oleh 2 (dua) buah diesel engine AC yang berkapasitas 130 kW, serta 1 (satu) buah diesel emergency AC yang berkapasitas 48 kW.

Sedangkan 2 (dua) buah generator yang terpasang adalah untuk melayani kebutuhan listrik DC motor listrik yang akan menggerakkan propeller kapal. Hal ini menunjukkan bahwa sistem propulsi elektrik Maruta Jaya 900 DWT ini bertipe integrasi artinya tenaga yang dihasilkan diesel engine tidak hanya untuk menggerakkan kapal tetapi dipakai juga untuk memenuhi pelayanan kebutuhan listrik di kapal.

Menunjuk konsep awal yang menyatakan bahwa sistem propulsi elektrik ini hanya sebagai penggerak bantu kapal, sehingga bila tenaga penggerak utamanya berfungsi dengan baik maka motor listrik DC dimatikan dan kopling pada poros propelernya dilepas dan poros akan berputar secara bebas (*free milling*)



Gambar 4. Konfigurasi Sistem Propulsi Elektrik

### Motor Propulsi

Kapal ini menggunakan motor listrik DC sebagai motor propulsi, yang diproduksi oleh Anton Piller, dengan tipe GMCL 315 26 B yang diinstalasikan dalam hubungan Leonard. Hal ini menunjukkan bahwa pengaturan kecepatan motor DC dilakukan dengan cara mengubah-ubah tegangan keluaran generator DC. Motor DC ini mempunyai penguatan bebas dengan daya keluaran rata-rata 100 kW pada putaran 1000 rpm, serta mempunyai range control putaran pada jangkar 0 – 1000 rpm dan range control putaran pada medan 1000 – 2000 rpm. Tegangan input maksimum 440 volt dan arus 220 ampere.

### Diesel Engine

KLM maruta Jaya mempunyai 2 (dua) buah diesel engine dengan kapasitas masing-masing 130 kW dan 1 (satu) buah diesel auxiliary yang berkapasitas 48 kW. Adapun spesifikasi teknis diesel engine sebagai berikut :

Main diesel engine	
Power	: 2 x 130 kW
Stroke	: four stroke
Speed	: 1500 rpm
Tipe	: D 234-V8
Merk	: MWM
Without Supercharged	
Diesel auxiliary	
Power	: 1 x 48 kW
Stroke	: four stroke
Speed	: 1500 rpm
Tipe	: D 226-V6
Merk	: MWM
Without Supercharged	

Mesin diesel ini dikopel langsung dengan generator DC 110 kW melalui poros dan sekaligus juga dikopel dengan generator AC 3-phase 100 kVA, sedangkan *auxiliary engine* dikopel dengan generator AC 3-phase yang mempunyai daya keluaran maksimum 40 kVA.

## METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengukuran parameter-parameter pada kapal yang sedang berlayar (*sea trial*), selama 16 jam yang terbagi dalam 2 (dua) tahap, setiap tahap terdiri dari 8 jam, yang dimulai dari jam 12.00 – 22.00 wib

### Deskripsi alat uji

Penelitian ini dilakukan di atas kapal Maruta Jaya 900 DWT dengan spesifikasi sebagai berikut :

LOA	: 63 m
LPP	: 50 m
B (lebar)	: 12 m
H (tinggi)	: 6,5 m
T (sarat)	: 4,5 m
Vs (kecepatan)	: 6 knot (memakai motor)
	: 14 knot (memakai motor+larar)
ABK (crew)	: 29 orang
DWT	: 900 DWT

### Alat ukur yang digunakan

Alat ukur yang digunakan meliputi alat ukur kecepatan angin, kecepatan kapal, konsumsi bahan bakar, putaran, daya, dan waktu, seperti ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Variabel dan alat ukur

No.	Variabel	Alat ukur yang digunakan
1.	Kecepatan dan arah angin Kecepatan kapal	Anemometer, alat ini sudah terpasang pada kapal.
2.	Konsumsi bahan bakar	Buret, dengan kapasitas 100 ml
3.	Putaran mesin	Tachometer digital dengan spek : • Display 5 digit, 1 mm LCD • Rang pengukuran 5-99.999 rpm • Ketepatan ± (0,05 + 1 digit)
4.	Pengukur daya	Dinamometer digital
5.	Waktu	Stopwatch digital

### Prosedur pengujian

Tahapan pengujian ini merupakan tahapan pengambilan data untuk dianalisa. Sedangkan prosedurnya terdiri dari:

### Persiapan

Langkah persiapan yang dilakukan adalah pengadaan alat ukur dan pemasangan alat ukur yang belum terpasang pada kapal seperti buret (alat ukur konsumsi bahan bakar), disamping itu juga mempersiapkan metode pengukuran putaran dan daya.

Pengukuran data parameter penelitian pada kapal yang sedang berlayar, parameter dan waktu pengambilan datanya seperti ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 2. Parameter dan waktu pengambilan data

Parameter	Satuan	Waktu pengambilan data
Kecepatan angin	knot	Setiap 1 jam
Kecepatan kapal	knot	Setiap 1 jam
Konsumsi bhn bakar	ml	Setiap 1 jam
Putaran mesin	rpm	Setiap 1 jam
Daya	hp	Setiap 1 jam

### PEMBAHASAN

#### Kecepatan kapal dengan tenaga penggerak mesin diesel

Kecepatan kapal dengan tenaga penggerak mesin diesel adalah kecepatan kapal dimana tenaga penggeraknya hanya menggunakan mesin diesel saja (propulsi elektrik) dan propulsi angin tidak digunakan sama sekali. Parameter kecepatan angin, kapal, dan konsumsi bahan bakar nya seperti ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hubungan kecepatan kapal dan konsumsi bahan bakar dengan penggerak mesin diesel

Jam ke	Kecepatan Angin (knot)	Kecepatan Kapal (knot)	Konsumsi Bahan Bakar (cm <sup>3</sup> /s)	Putaran (rpm)	Daya (hp)
1	9,1	5,6	6,4	950	92
2	10,2	4,9	6,6	960	86
3	9,4	5,2	6,6	980	88
4	8,8	5,8	7,1	1100	104
5	11,6	4,5	6,8	940	93
6	12,2	4,3	6,2	810	84
7	10,1	3,7	6,0	780	80
8	9,5	5,15	6,3	930	96

#### Perhitungan konsumsi bahan baker spesifik (sfc)

$$sfc = \frac{fc \times \gamma}{P}$$

dimana :

fc = konsumsi bahan bakar

∂ = berat jenis bahan bakaar = 0,815 g/cm<sup>3</sup>

P = Daya

$$sfc = \frac{6,4 \times 0,815 \times 3600}{92} = 204,1 \text{ g/kW.h}$$

Dengan cara yang sama maka hubungan kecepatan angin, kecepatan kapal, dan konsumsi bahan bakar spesifik seperti ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4.  
Hubungan kecepatan kapal dan konsumsi bahan bakar spesifik dengan penggerak mesin diesel.

Jam ke	Kecepatan		Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (g/kW.h)
	Angin (knot)	Kapal (knot)	
1	9,1	5,6	204,1
2	10,2	4,9	210,48
3	9,4	5,2	210,48
4	8,8	5,8	226,43
5	11,6	4,5	216,86
6	12,2	4,3	197,3
7	10,1	3,7	191,35
8	9,5	5,15	200,92

### Kecepatan kapal dengan tenaga mesin diesel dan angin

Pada tahap ini kapal digerakkan dengan dua propulsi yaitu mesin diesel dan angin secara bersama-sama. Parameter kecepatan dan konsumsi bahan bakarnya seperti ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5.  
Hubungan kecepatan kapal, konsumsi bahan bakar dengan penggerak mesin diesel dan angin.

Jam ke	Kecepatan		Konsumsi Bahan Bakar (cm <sup>3</sup> /s)	Putaran (rpm)	Daya (hp)
	Angin (knot)	Kapal (knot)			
1	25	11,3	4,2	700	72
2	9,3	8,2	4,8	720	86
3	20	9,8	5,2	760	74
4	18	10,4	4,7	710	74
5	11,8	8,6	4,8	740	76
6	12,5	8,4	4,3	750	72
7	10,3	8,8	4,6	800	84
8	8,4	8,2	4,8	900	92

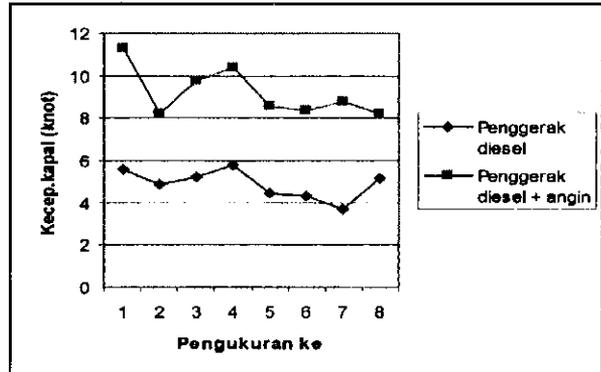
Sedangkan konsumsi bahan bakar spesifiknya seperti ditunjukkan pada tabel 6

Tabel 6.  
Hubungan kecepatan kapal dan konsumsi bahan bakar spesifik dengan penggerak mesin diesel dan angin

Jam ke	Kecepatan		Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (g/kW.h)
	Angin (knot)	Kapal (knot)	
1	9,1	5,6	133,94
2	10,2	4,9	153,08
3	9,4	5,2	165,83
4	8,8	5,8	149,49
5	11,6	4,5	153,08
6	12,2	4,3	137,13
7	10,1	3,7	146,70
8	9,5	5,15	153,08

### Kecepatan kapal rata-rata

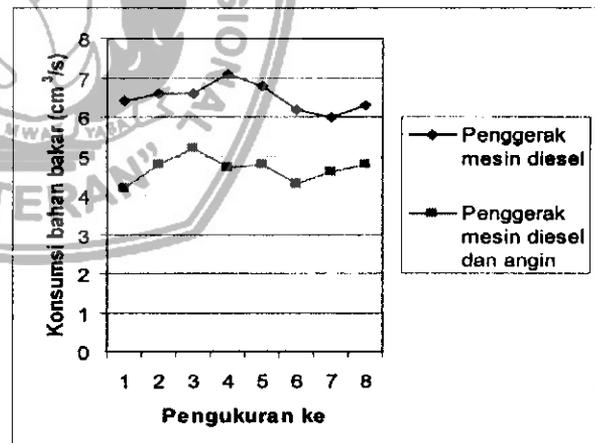
Dari tabel 3 dan 4, bahwa kecepatan rata-rata yang dicapai kapal bila menggunakan propulsi mesin diesel 4,9 knot, sedangkan bila menggunakan propulsi diesel dan angin kecepatan rata-ratanya 9,2, hal ini menunjukkan adanya kenaikan kecepatan sekitar 88,3%.



Gambar 5. Grafik kecepatan kapal dengan tenaga penggerak diesel, diesel dan tenaga angin.

### Konsumsi bahan bakar rata-rata

Sedangkan konsumsi bahan bakar rata-rata pada kapal yang menggunakan propulsi mesin diesel 6,5 cm<sup>3</sup>/s, dan yang menggunakan penggerak mesin diesel dan angin 4,7 cm<sup>3</sup>/s, sehingga terjadi penghematan bahan bakar sekitar 28,1%.

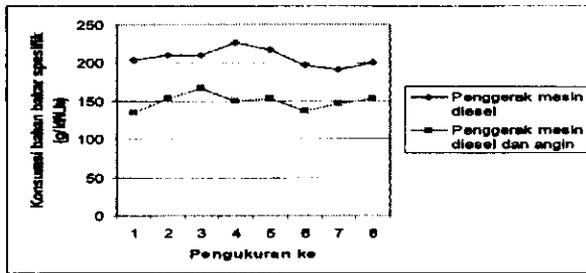


Gambar 6.  
Grafik konsumsi bahan bakar kapal dengan tenaga penggerak diesel, diesel dan angin.

### Konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) rata-rata

Dari tabel 5 dan tabel 6 bahwa konsumsi bahan bakar spesifik kapal yang menggunakan penggerak mesin diesel 207.24 g/kW.h, sedangkan konsumsi bahan spesifik kapal yang menggunakan penggerak mesin diesel dan angin 140.04 g/kW.h, hal ini menunjukkan adanya penurunan konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 28,08%. Penurunan atau penghematan bahan bakar sekitar 28,08% ini

diakibatkan oleh adanya tambahan energi angin yang sangat melimpah dan gratis, namun masalah yang dihadapi selanjutnya adalah karakteristik energi angin sulit untuk diprediksi akibat adanya degradasi lingkungan yang semakin mengkhawatirkan.



Gambar 7.  
Grafik konsumsi bahan bakar spesifik kapal dengan tenaga penggerak diesel, diesel dan angin.

## SIMPULAN

Dengan adanya tambahan energi angin maka terjadi kenaikan kecepatan kapal sebesar 88,3 %. Namun kecepatan kapal belum bisa mencapai spesifikasi yang ada, hal ini disebabkan adanya fouling yang terlalu besar pada badan kapal. Untuk konsumsi bahan bakar terjadi penghematan bahan bakar sebesar 28,1%, karena adanya tambahan energi angin melalui serangkaian layar. Konsumsi bahan spesifik (sfc) terjadi penghematan juga sebesar 28,08%.

Energi angin (propulsi angin) dengan serangkaian layar merupakan energi masa depan yang harus terus dikembangkan, melalui kajian-kajian yang berkesinambungan karena ramah lingkungan dan murah, sehingga didapatkannya suatu prototipe desain yang menguntungkan khususnya untuk kapal-kapal pelayaran rakyat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Jamaluddin, Andi, et al. 2003, *Perancangan Airboat Untuk Transportasi Perairan Pesisir dan Pulau-pulau Kecil dengan Sistem Propulsi Angin*, Prosiding Seminar Teknologi Untuk Negeri, Volume VIII, hlm. 43-48
- Harvad, Sv.Aa, 1992, *Tahanan dan Propulsi Kapal*, Airlangga University Press, Surabaya.
- Heywood, John B. 1988, *Internal Combustion Engine Fundamental*, McGraw-Hill Publishing Company.

Katika, Chresna Agung, 1996, *Analisa Teknis Perencanaan Layar Sebagai penggerak Utama Pada KLM Maruta Jaya 900 DWT*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FT. Kelautan ITS Surabaya.

Marchaj, C. A. 1982, *Sailing Theory and Practice*, Granada Publishing, London Toronto Sydney New York.

Muis, Abdul 1990, *Kapal Layar Niaga Modern Maruta Jaya 900*, Majalah BPPT. No. VII/ th. III/1990.

Muis, Abdul, 1996, *Pemanfaatan Propulsi Angin Sebagai Tenaga Penggerak Utama Pada Kapal Niaga Maruta Jaya*, Prosiding Seminar Nasional Maritim - FT. Kelautan ITS.

Pambudi, Teguh, 1999, *Studi Pengembangan Sistem Propulsi Motor Sailing Boat Maruta Jaya 900 DWT ke 1475 DWT*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FT. Kelautan ITS Surabaya.

Suhariyanto, R.B., 1989, *Propulsi Angin Pada Kapal Layar Komersial*, Majalah BPPT. No. XXX/1989.

Wiranto Arismunandar, Koichi Tsuda, 1979, *Motor Diesel Putaran Tinggi*, Pradnya Paramita, Jakarta.

-----, Biro Klasifikasi Indonesia, 2005, *Spesifikasi KLM Maruta Jaya 900 DWT*.

-----, Tim Maruta Jaya BPPT 2004., *Pemantauan Pengoperasian Kapal Layar Motor Maruta Jaya 900*, (periode 22 Februari s/d 22 Nopember 2004)