

Analisis Teknis dan Ekonomis Pemasangan *Towing Kite* dalam Upaya Penghematan Bahan Bakar pada Tanker 6500 DWT di Wilayah Perairan Indonesia

Andik Eko Saputro, Hesty Anita Kurniawati

Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: tita@na.its.ac.id

Abstrak— Semakin menipisnya ketersediaan sumber energi mengakibatkan harga bahan bakar minyak menjadi tinggi. Kenaikan harga bahan bakar minyak ini berdampak pada dunia maritime. Hal ini dikarenakan kapal merupakan salah satu alat transportasi yang menggunakan bahan bakar minyak dalam jumlah besar. Berangkat dari permasalahan tersebut, tugas akhir ini mencoba menghadirkan satu solusi untuk mengurangi pemakaian bahan bakar minyak dengan cara memanfaatkan potensi energi angin di wilayah perairan Indonesia. energi angin tersebut digunakan sebagai penggerak *towing kite* yang dipasang pada Tanker 6500 DWT untuk memberikan tambahan daya dorong pada kapal dan mengurangi beban kerja mesin induk pada saat kapal beroperasi. Tujuan tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan tipe dan ukuran *towing kite* yang optimum serta memiliki biaya investasi yang rendah dari beberapa jenis dan ukuran *towing kite*. Analisis kerja *towing kite* yang dilakukan adalah pada kecepatan kapal 12 knot, kecepatan angin 10,9 knot dan sudut vektor *relative* angin terhadap laju kapal sebesar 45°. Dari hasil analisis didapatkan *towing kite* yang optimum untuk dipasang di kapal adalah Skysails SKS 320 tipe Flexyfoil. Dengan menggunakan rumus teoritis didapatkan penghematan bahan bakar akibat pemasangan *towing kite* sebesar 3,0234 ton untuk sekali *trip* atau 99,7813 ton per tahun. Berdasarkan hasil analisis ekonomis, dengan biaya investasi sebesar Rp. 5.690.917.960 pemasangan *towing kite* diperkirakan dapat tercapai *Break Even Point* pada tahun ke 9 dari 20 tahun investasi.

Kata Kunci— *towing kite*, energi angin, tanker 6500 DWT

I. PENDAHULUAN

DALAM kondisi krisis energi sekarang ini, negara-negara dunia berlomba untuk mencari dan memanfaatkan sumber energi alternatif untuk menjaga ketersediaan sumber energinya. Krisis energi ini dikarenakan beberapa sebab, diantaranya semakin berkurangnya sumber daya alam terutama minyak bumi dan makin bertambahnya jumlah sarana industri yang membutuhkan pasokan energi dari sumber daya alam tadi. Sementara minyak bumi makin menipis tetapi jumlah produksi makin meningkat membuat harga minyak bumi makin mahal. Kondisi ini berdampak pula dalam bidang perkapalan karena konsumsi bahan bakar fosil yang cukup besar terutama sebagai bahan bakar untuk penggerak kapal. Dengan semakin tingginya harga bahan bakar minyak sama sekali tidak menguntungkan industri pelayaran dan nelayan sebagai pengguna kapal bermotor. Selain itu terdapat permasalahan lagi seperti pencemaran baik

di udara maupun di air akibat digunakannya bahan bakar fosil. Oleh karena itu pengembangan teknologi hemat bahan bakar dan ramah lingkungan tidak bisa ditunda lagi. Saat ini negara-negara maju mengembangkan desain-desain yang memanfaatkan sumber energi alternatif seperti energi angin dan matahari [1].

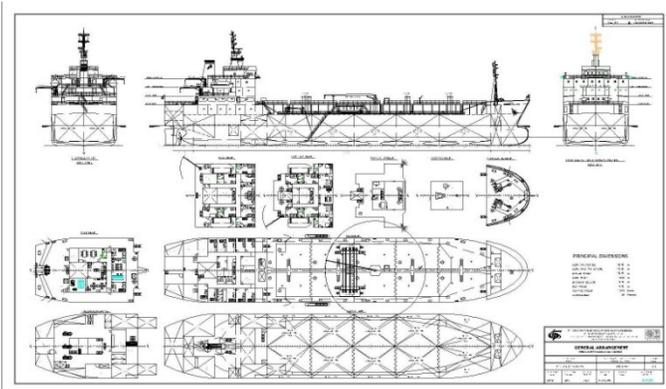
Pada aspek pengembangan energi alternatif untuk penggerak kapal telah dikenal secara luas pemanfaatan energi angin dan matahari. Energi angin ini telah dimanfaatkan sejak dahulu sebelum ditemukannya motor kapal melalui penggunaan layar yang berfungsi menangkap angin dan kemudian merubahnya menjadi resultan gaya yang mampu mendorong kapal kedepan. Selangkah lebih maju, para peneliti mulai melirik kegunaan lain dari layang – layang dalam membantu memberikan gaya dorong terhadap kapal menggantikan fungsi layar pada sebelumnya. Pengembangan dari teknologi layang-layang saat ini adalah layang layang parasut (*towing kite*).

Konsep *towing kite* pada kapal pertama kali ditemukan oleh Stephan Wrage, insinyur yang lahir di kota pelabuhan Hamburg, utara Jerman. Sistem *towing kite* ini mengandalkan energi angin yang ada di laut untuk memberikan gaya dorong pada kapal sehingga dapat mengurangi beban kerja pada mesin induk [2]. Dengan berkurangnya beban kerja mesin induk sehingga penghematan pemakaian bahan bakar fosil pada kapal dapat dilakukan. Konsep kapal dengan *towing kite* yang memanfaatkan energi angin memiliki karakteristik khusus dan mempunyai kelebihan serta kekurangan. Kapal dengan *towing kite* dapat mengurangi pemakaian bahan bakar pada mesin induk tetapi juga memiliki kekurangan yaitu sangat bergantung pada kondisi angin seperti arah datang dan kecepatan angin. Konsep teknologi ramah lingkungan ini masih baru diterapkan di negara-negara Eropa. Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, tugas akhir ini menganalisis secara teknis dan ekonomis pemanfaatan konsep teknologi *towing kite* untuk kapal-kapal di wilayah perairan Indonesia.

II. URAIAN PENELITIAN

Analisis ini dimulai dengan melakukan pengumpulan data konsumsi bahan bakar kapal, kecepatan angin, lines plan, general arrangement, dll. Data tersebut didapat dari studi kasus pada tanker PERTAMINA 6500 DWT yang sedang dibangun di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya [3]. Data-data yang diperoleh berupa *Lines plan*, *General Arrangement* dan

Construction Profile. Ukuran utama kapal tanker 6500 DWT adalah sebagai berikut :



Gambar 1. General arrangement tanker 6500 DWT

Tabel 1. Principal dimension tanker 6500 DWT

Description	Symbol	Unit	Quantity
Length Overall	LOA	m	108
Length Between Perpendicular	LPP	m	102
Breadth	B	m	19.2
Depth	D	m	9.30
Draft	T	m	6.00
Service Speed	Vs	knots	12.00

Tabel 2. Data kecepatan angin

Year	Month	Laut Sulawesi		Samudera Pasifik	
		Average Wind Direct (°)	Average Wind Speed (knots)	Average Wind Direct (°)	Average Wind Speed (knots)
2011	Januari	269.880	10.486	245.605	8.355
2011	Februari	264.213	11.142	236.520	9.653
2011	Maret	274.754	10.677	217.120	7.173
2011	April	203.888	7.489	146.297	8.623
2011	Mei	125.247	8.826	125.265	14.585
2011	Juni	131.656	13.452	132.915	17.983
2011	Juli	123.643	14.922	127.198	18.929
2011	Agustus	126.086	18.787	129.355	19.301
2011	September	125.505	9.158	107.425	9.415
2011	Oktober	160.561	7.648	128.265	8.497
2011	November	157.312	6.114	132.915	7.589
2011	Desember	275.927	5.912	130.198	7.591
Rata-Rata			10.384		11.475

Setelah itu mempelajari tentang proses pengerjaan tugas akhir dengan membaca literatur tentang *towing kite*, perhitungan konsumsi bahan bakar, perhitungan daya yang dihasilkan oleh *towing kite* dan perancangan sistem pendukung *towing kite*. Setelah dilakukan semua proses perhitungan tersebut dilakukan perhitungan hambatan dan stabilitas kapal dengan menggunakan *software maxsurf hullspeed 17.7 trial version* untuk perhitungan hambatan dan *maxsurf hydromax 17.7 trial version* untuk perhitungan stabilitas kapal.

Setelah analisis teknis dari pemasangan *towing kite* selesai, dilakukan analisis ekonomis mengenai perhitungan biaya

investasi dan operasional dari pemasangan *towing kite* serta besar penghematan bahan bakar.

III. HASIL PENELITIAN

Dari data yang telah didapat dilakukan analisis teknis dan ekonomis untuk mendapatkan besar penghematan bahan bakar dari pemasangan *towing kite* pada tanker 6500 DWT [4].

Dilakukan analisa hambatan dengan metode manual dan metode *software maxsurf 17.7 trial version* [5].

Tabel 3. Perbandingan hasil perhitungan hambatan kapal

No	Speed (knots)	Hambatan	
		Manual (kN)	Maxsurf (kN)
1	0	0	0
2	1	1.325	1.27
3	2	4.861	4.66
4	3	10.427	9.99
5	4	17.937	17.19
6	5	27.337	26.19
7	6	38.587	36.96
8	7	51.656	49.51
9	8	66.519	63.96
10	9	83.162	80.69
11	10	101.579	100.56
12	11	121.776	124.98
13	12	143.767	146.781
14	13	167.581	171.439
15	14	193.252	199.403
16	15	220.818	227.146
17	16	250.32	257.078
18	17	281.794	289.403
19	18	315.287	323.486
20	19	350.842	359.167

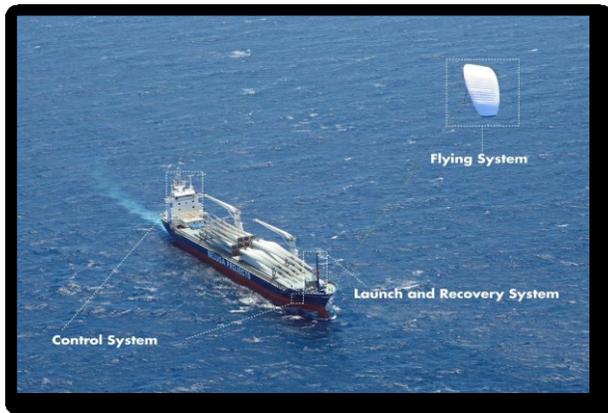
Dari analisa hambatan tersebut, didapatkan spesifikasi mesin yang akan dipasang pada tanker 6500 DWT. Akhirnya dipilih mesin induk dengan daya sebesar 2760 kW [6]. Berikut adalah spesifikasi teknis dari mesin induk tersebut.

Tabel 4. Spesifikasi teknis mesin induk tanker 6500 DWT

MAIN ENGINE	
Type	6L32 WARTSILA
No of Shaft	One (1)
Maximum Continuous	2760 kW at 750 rpm
No of Cylinder	6 in-line
Cylinder Bore	320 mm
Stroke	400 mm
Fuel Oil Feed Pump	Makers Standard x 1 set
Direction of Rotation	Counter Clockwise

A. Perhitungan Kecepatan Angin pada Towing kite

Berdasarkan jurnal ilmiah "*Wind power generation with a parawing on ships, a proposal*" oleh J Kim dan C. Park. Kecepatan total yang bekerja pada kapal adalah kecepatan kapal ditambahkan dengan kecepatan angin yang bekerja pada *towing kite* dengan sudut *vector relative* angin (β) sebesar 45°.



Gambar 2. Kecepatan angin pada *towing kite*

Sedangkan kecepatan rata rata angin (V_w) sebesar 10,90 knot maka didapatkan nilai V_r sebesar 17,95 knot. Dikarenakan ini merupakan kapal jenis Tanker maka kecepatan tidak terlalu menjadi aspek utama, maka nilai V_r diharapkan sama dengan kecepatan dinas kapal tersebut senilai 12 knot, berarti kecepatan kapal diturunkan menjadi 9,44 knot. Sehingga sistem *towing kite* diperuntukkan sebagai penopang daya dorong ketika kecepatan kapal (V_s) diturunkan agar kecepatan total tetap pada 12 knot.

B. Pemilihan jenis *towing kite*

Pada tugas akhir ini, dilakukan analisis teknis pada variasi jenis *towing kite* yang dipakai. Berdasarkan *Journal of Wind engineering and industrial aerodynamics* oleh R. Duckworth BP Research Centre. Adapun jenis *towing kite* yang akan dipakai adalah sebagai berikut :

1. *Stable Parachute*
2. *Ram Air Wings*
3. *Flexifoil*

Berdasarkan hasil analisis teknis, dipilih *towing kite* jenis flexifoil merk Skysails SKS 320.

C. Daya yang Dihasilkan *Towing kite*

Berdasarkan jurnal ilmiah “*Wind power generation with a parawing on ships, a proposal*” oleh J Kim dan C. Park. Kecepatan angin yang bekerja pada *towing kite*, dikonversikan ke dalam satuan gaya. Dua gaya yang muncul akibat pengaruh kecepatan angin tersebut adalah *Lift Force* dan *Drag Force*.

Sehingga didapat nilai L_w dan D_w untuk dilakukan perhitungan total gaya F_w . Berikut rumus perhitungan total gaya F_w :

$$F_w = \sqrt{L_w^2 + D_w^2}$$

Karena gaya angkat *towing kite* (L_w) membentuk sudut elevasi, sehingga perlu dilakukan perhitungan vektor dengan memasukkan nilai sudut elevasi (θ)

$$F'_w = \sqrt{L'_w^2 + D_w^2}$$

Jadi total gaya yang dihasilkan oleh *towing kite* adalah sebesar 10.772,625 N. untuk menghasilkan daya yang dibutuhkan, gaya total *towing kite* dikalikan dengan kecepatan angin yang bekerja. Berikut persamaan dari daya *towing kite* :

$$P = F'_w \times V_w$$

Berikut hasil perhitungan yang disajikan dalam bentuk tabel.

Tabel 5. Tabel daya *towing kite* SKS 320

NO	VR (knot)	FW (N)	P (W)	P (kW)
1	0	10,772.62494	0	0
2	1	10,772.62494	10772.62494	10.77262
3	2	10,772.62494	21545.24988	21.54525
4	3	10,772.62494	32317.87482	32.31787
5	4	10,772.62494	43090.49976	43.0905
6	5	10,772.62494	53863.1247	53.86312
7	6	10,772.62494	64635.74964	64.63575
8	7	10,772.62494	75408.37458	75.40837
9	8	10,772.62494	86180.99952	86.181
10	9	10,772.62494	96953.62446	96.95362
11	10	10,772.62494	107726.2494	107.7262
12	10.9	10,772.62494	117421.6118	117.4216
13	11	10,772.62494	118498.8743	118.4989

D. Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar

Berdasarkan data olahan yang bersumber dari internet, jarak tempuh rute Balikpapan – Jayapura adalah ± 3012,006 Km atau ± 1626,3531 Nautical Mile . Kecepatan dinas Tanker 6500 DWT adalah 12 knot. Sehingga diperoleh jam layar sebesar :

$$t = \frac{S}{V_s}$$

Sehingga didapat Jam Layar (t) sebesar 135.5294 jam atau sama dengan 5.647059 hari. Setelah diketahui jam layar 1 kali *trip* Tanker PERTAMINA 6500 DWT Balikpapan – Jayapura. Dapat dilakukan perhitung besar penggunaan bahan bakar dalam 1 kali *trip* dan besar biaya penggunaan bahan bakar kapal tersebut [7].

E. Hasil perhitungan penghematan bahan bakar

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, telah didapatkan daya yang dihasilkan dari pemasangan *towing kite*. Pada kecepatan angin sebesar 10,9 knot didapatkan daya (P) sebesar 117, 4216 kW [8]. Sesuai dengan standar kondisi yang ditetapkan di awal bahwa kecepatan kapal diharapkan tetap pada kecepatan dinas 12 knot. sehingga dilakukan penurunan daya yang dihasilkan dari *main engine*, tanpa perlu mengganti jenis *main engine* baru. Berikut persamaan perhitungan daya *main engine* baru :

Jadi daya *main engine* yang baru adalah sebesar 2642,5783 kW. Dari perhitungan daya *main engine* baru tersebut dapat dilakukan perhitungan penghematan konsumsi bahan bakar sekali *trip*.

F. Perhitungan Biaya Investasi

Analisis ekonomis yang dimaksud disini pada dasarnya adalah suatu analisis untuk menilai kelayakan suatu investasi dengan melihat profitabilitas dari investasi tersebut. Analisis ini dimulai dengan menaksir arus kas selama periode pinjaman (20 tahun) dan kemudian menentukan tingkat bunga yang dipandang layak. Selanjutnya arus kas dan tingkat bunga tersebut digunakan untuk menilai profitabilitas investasi dengan menggunakan metode – metode sebagai berikut :

- *Net Present Value* (NPV)
- *Profitability Index* (PI)
- *Internal Rate of Return* (IRR)

Tabel 6. Tabel Investasi

Item	Nilai	Keterangan
Besar Pinjaman	60%	Dari biaya pembuat
Bunga Pinjaman	12%	Pertahun
Masa Pinjaman	20	Tahun
Grace Period	0	Tahun
Umur Ekonomis	20	Tahun
Biaya Resawatan (per 2 tahun)	5%	Dari biaya pembuat
Kepuasan Biaya Resawatan	5%	2 tahun sekali
Kepuasan Harga Bahan Bakar	9%	1 tahun sekali
MARR	12%	Pertahun

Tabel 7. Tabel Angsuran Per Tahun

Investasi	Satuan	Nilai
Biaya Investasi	Rp	5.690.917.960
Pinjaman	Rp	3.414.556.776
Bunga Pinjaman	%	12%
Masa Pinjaman	Tahun	20
Grace Period	Tahun	-
Pembayaran per Tahun	Tahun	1
Angsuran per Tahun	Rp	457.135.892
Umur Ekonomis	Tahun	20
Nilai Akhir Kapal	Rp	-
Depresiasi	Rp	-

Tabel 8. Tabel Pendapatan

Operasional	Satuan	Nilai
Jumlah Trip Kapal	/trip	61
Jumlah Trip Kapal Efektif + Towing Kite	/trip	33
Penghematan bahan bakar per trip	ton	3.0236758,185
Penghematan bahan bakar per tahun	ton	99.7813037,000
Nilai Tukar Rupiah (1 USD)	Rp	6718
Harga Bahan Bakar	USD/Ton	969,06
Harga Bahan Bakar	Rp/Ton	9.368,735
Besar penghematan bahan bakar per tahun	Rp	934.824.601

Tabel 9. Tabel Kriteria Investasi

Item	Nilai	Kriteria	Min
Present Worth (PW atau NPV)	Rp 1.777.170.840	Ok	0
Present Worth Index (NPVI)	kali 0.52	Ok	0
IRR	% 14.2%	Ok	12%
IRR Index (IRRI = IRR / MARR)	kali 1.18	Ok	0
BEP from year -	9	Ok	1
Accum Cash on BEP	Rp 426.583.750	Ok	0
Annual Discount Rate	%/thn 12%		
MARR (Min Attrac. Rate of Rtn)	%/thn 12%		

Tabel 9. Tabel Perhitungan BEP

Initial Investment	Rp. 5.690.917.960,00		
Year	Income (Rp)	Spending + Tax (Rp)	Earning Aft Tax (Rp)
1	934.824.601	392.324.939	274.627.457
2	1.018.958.815	25.820.853	18.074.597
3	1.110.665.108	568.165.447	397.715.813
4	1.210.624.968	217.487.006	152.240.905
5	1.319.581.215	777.081.554	543.957.088
6	1.438.343.525	445.205.563	311.643.894
7	1.567.794.442	1.025.294.780	717.706.346
8	1.708.895.942	715.757.980	501.030.586
9	1.862.696.576	1.320.196.915	924.137.840
10	2.030.339.268	1.037.201.307	726.040.915
11	2.213.069.802	1.670.570.141	1.169.399.099
12	2.412.246.085	1.419.108.123	993.375.686
13	2.629.348.232	2.086.848.571	1.460.793.999
14	2.865.989.573	1.872.851.611	1.310.996.128
15	3.123.928.635	2.581.428.973	1.807.000.281
16	3.405.082.212	2.411.944.250	1.688.360.975
17	3.711.539.611	3.169.039.949	2.218.327.964
18	4.045.578.176	3.052.440.214	2.136.708.150
19	4.409.680.212	3.867.180.550	2.707.026.385
20	4.806.551.431	3.813.413.469	2.669.389.428

Berdasar hasil analisis ekonomis, dengan biaya investasi sebesar Rp. 5.690.917.960 pemasangan *towing kite* diperkirakan dapat tercapai *break even point* (BEP) pada tahun ke 9 dari 20 tahun investasi.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis teknis dan ekonomis yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis variasi jenis dan ukuran *towing kite*, didapatkan *towing kite* yang optimum untuk dipasang di kapal adalah *towing kite* merk Skysails SKS 320

2. Setelah pemasangan sistem *towing kite*, pada kecepatan angin 10,9 knot daya *main engine* berkurang menjadi sebesar 117,4216 kW.
3. Setelah pemasangan sistem *towing kite* sehingga *main engine* yang semula bekerja pada 2760 kW turun menjadi sebesar 2642,5783 kW. Jadi besar penghematan konsumsi bahan bakar per *trip* adalah sebesar 3.023675872 ton.
4. Dengan adanya *towing kite* penghematan biaya bahan bakar per tahun adalah sebesar Rp 934.824.601,00 untuk 33 kali *trip*.
5. Biaya investasi dan operasional pemasangan *towing kite* dengan lama operasi 20 tahun sebesar Rp. 5.690.917.960,00 dengan perkiraan terjadi Break Even Point pada tahun ke 9

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, ilmu serta inspirasi bagi penulis, kepada kedua orang tua, Bapak Supriyono dan Ibu Tumini atas semua doa, semangat serta motivasi yang diberikan tanpa henti, Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc selaku dosen pembimbing yang dengan sabar memberikan arahan dan nasehat selama penyelesaian Tugas Akhir, Miftakhun Khoiriana orang terkasih yang selalu menjadi motivasi bagi penulis, teman-teman dari Tortuga yang selalu mengingatkan dan memotivasi penulis, teman-teman laboratorium lantai 4 yang selalu menemani begadang selama pengerjaan Tugas Akhir, dan pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas segala bantuan dan doa dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lysen, E. H., Agustus 1982, Introduction to Wind Energy, CWD Amersfoort The Netherlands.
- [2] Clayton, B.R., Nance, C.T., June 1984, Wind Assisted Ship Propulsion Report. British Wind Energy Association.
- [3] Data Dok Dan Perkapalan Surabaya, Surabaya
- [4] Data Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Perak I, Surabaya
- [5] Harvald. Sv.Aa., 1992, Resistance and Propulsion of Ship, Departement of Ocean Engineering and John wiley & sons Inc, New york.
- [6] Lewis, E.V.(Editor), 1988, Principle of Naval Architecture, Volume II. – Resistance, Propulsion and Vibration, The Society of Naval Architecture and Marine Engineers, Jersey City.
- [7] Rivaldi Yogja, 2011, Analisa Teknis dan Ekonomis Pemasangan Wind Turbine Sebagai Penghasil Daya untuk Sistem Penerangan pada Kapal Tanker 6500 DWT.
- [8] Marchaj, C.A., Sailing Theory and Practice, Published Granada.