

ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN WIND TURBINE DAN SOLAR CELL PADA KAPAL PERIKANAN

Boris De Palma Sitorus¹, Ari Wibawa Budi Santosa¹, Good Rindo¹

¹)Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email ; brssitorus92@gmail.com

Abstrak

Semakin menipisnya ketersediaan sumber energi mengakibatkan harga bahan bakar minyak menjadi tinggi. Kenaikan harga bahan bakar minyak ini berdampak pada dunia perkapalan karena kapal merupakan salah satu alat transportasi yang menggunakan bahan bakar minyak. Berangkat dari permasalahan tersebut, tugas akhir ini mencoba menghadirkan satu solusi untuk mengurangi pemakaian bahan bakar minyak dengan menggunakan *wind turbine* dan *solar cell* yang dipasang pada kapal ikan 17 GT untuk mensuplai kebutuhan penerangan^[1]. Tujuan tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan tipe dan ukuran *wind turbine* dan *solar cell* yang optimum serta memiliki biaya investasi yang rendah dari beberapa variasi *wind turbine*. Analisis solar cell diasumsikan dilakukan pada intensitas cahaya yang konstan dan maksimum yaitu sebesar 1000 watt/m². Analisis *wind turbine* yang dilakukan adalah pada kecepatan kapal 7 knot, kecepatan angin 10,686 knot sehingga didapat kecepatan angin yang bekerja pada *wind turbine* sebesar 12,77 knot dengan sudut serang angin terhadap *wind turbine* (*angle of attack*, α) adalah 180° (arah angin berlawanan dengan arah kapal). Dari hasil analisa didapatkan *wind turbine* yang optimum untuk dipasang di kapal adalah tipe sumbu horisontal dengan diameter rotor 3,6 m dengan jumlah yang terpasang sebanyak 2 unit dan *solar cell* yang dapat dipasang adalah sebanyak 3 unit. Dengan menggunakan rumus teoritis didapatkan hambatan yang ditimbulkan *wind turbine* sebesar 0,684 kN sehingga mengakibatkan pengurangan kecepatan kapal sebesar 1,09 knot. Dengan total biaya investasi dan operasional awal yaitu Rp.243.088.294, pemasangan *wind turbine* dan *solar cell* ini dapat menghemat biaya sebesar Rp.183.384.000 per tahun.

Kata kunci : *Wind Turbine*, *Solar Cell*, Analisa Teknis, Analisa Ekonomis

Abstract

*The depletion of the energy sources result in the price of fuel is high. The increase in fuel prices has an impact on the world shipbuilding because the ship is one of the means of transportation that uses fossil fuels. Departing from these problems, this thesis tries to present a solution to reduce fuel consumption by using a wind turbine and a solar cell mounted on a 17 GT fishing vessels to supply lighting. The purpose of this thesis is to get the type and size of the wind turbine and solar cell are the optimum and has a low investment cost of some variation of wind turbine. Analisis solar cell is assumed to be carried out at a constant light intensity and the maximum is equal to 1000 watts / m². Analysis of wind turbine is performed at 7 knots boat speed, wind speed of 10.686 knots of wind speed in order to get that working on the wind turbine at 12.77 knots with a wind attack angle of the wind turbine (*angle of attack*, α) is 180° (opposite the wind direction with the direction of the ship). From the analysis results obtained optimum wind turbine to be installed in the ship is a type of horizontal axis rotor with a diameter 3,6 m and the number of installed 2 units and a solar cell that can be mounted is 3 units. By using the theoretical formula obtained wind turbine barriers posed by 0,684 kN, resulting in a reduction in boat speed of 1,09 knots. With a total investment cost of the initial installation Rp.243.088.294 wind turbine and solar cell can save as much as Rp.183.384.000 per year*

Keywords: *Wind Turbine*, *Solar Cell*, *Technical Analysis*, *Economics Analysis*

1 PENDAHULUAN

Dengan adanya kenaikan harga bakar minyak (BBM) ekonomi nelayan kecil dan buruh pencari ikan dipastikan semakin tertekan. Kondisi mereka kian memprihatinkan tatkala pasokan minyak tanah yang menjadi alternatif pengganti solar untuk bahan bakar melaut sulit untuk didapat. Sekali melaut, nelayan-nelayan kecil (*one day fishing*) berperahu kecil ini kira-kira dapat menghabiskan duapuluh lima liter solar per hari.

Dengan adanya permasalahan tersebut banyak negara-negara mulai mencari dan memanfaatkan alternatif sumber energi lain yang ramah lingkungan dan bisa membantu mengurangi ketergantungan akan bahan bakar fosil. Saat ini desain yang digunakan banyak yang memanfaatkan sumber energi alternatif seperti angin dan matahari. Pengembangan sumber energi alternatif angin sangat cocok digunakan dalam industri perkapalan mengingat di laut energi angin ini sangat besar jumlahnya. Pemanfaatan energi angin dan cahaya bisa dilakukan dengan cara pemasangan *solar cell* atau *wind turbine* pada kapal.[2]

Konsep kapal dengan *wind turbine* yang memanfaatkan energi angin memiliki karakteristik khusus dan mempunyai kelebihan dan kekurangan. Kapal dengan *wind turbine* dapat mengurangi pemakaian bahan bakar dalam hal pemilihan mesin bantu tetapi memiliki kekurangan yaitu sangat bergantung pada kondisi angin seperti arah datangnya angin dan kecepatan angin (m/dtk atau km/jam).[3]

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Turbin Angin (*Wind Turbine*)

Turbin angin atau *wind turbine* adalah kincir angin yang digunakan untuk memutar generator listrik dan menghasilkan energi listrik. Prinsip kerja dari turbin angin ini menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang terbarukan yaitu angin. Energi angin bisa ditangkap dengan dua atau tiga buah bilah sudu yang didesain seperti sayap pesawat terbang. Bilah sudu yang digunakan berfungsi seperti sayap pesawat udara. Ketika angin bertiup melalui bilah tersebut, maka akan timbul udara bertekanan rendah di bagian bawah dari sudu, Tekanan udara yang rendah akan menarik sudu bergerak ke area tersebut. Gaya yang ditimbulkan dinamakan gaya angkat. Besarnya gaya angkat biasanya lebih kuat dari

tekanan pada sisi depan bilah, atau yang biasa disebut tarik. Kombinasi antara gaya angkat dan tarik menyebabkan rotor berputar seperti propeler dan memutar generator.. Turbine angin terdiri dari 2 jenis yaitu turbin angin sumbu vertical (TASV) dan turbin angin sumbu horizontal (TASH).

Untuk bisa mencapai 100% efisien, maka sebuah turbin angin harus menahan 100% kecepatan angin yang ada, dan rotor harus terbuat dari piringan solid dan tidak berputar sama sekali, yang artinya tidak ada energi kinetik yang akan dikonversi. Besarnya energi angin yang dapat dikonversi menjadi daya dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$P = \frac{1}{2} A \rho \eta v^3 \quad (2.1)$$

Dimana :

P = daya yang dapat dihasilkan oleh *wind turbine*

A = *swept area wind turbine*

ρ = massa jenis udara

η = efisiensi *wind turbine*

V = kecepatan angin

Secara teori, efisiensi maksimum yang bisa dicapai setiap desain turbin angin adalah 59%, artinya energi angin yang bisa diserap hanyalah 59%. Jika faktor-faktor seperti kekuatan dan durabilitas diperhitungkan, maka efisiensi sebenarnya hanya 35 - 45%, bahkan untuk desain terbaik. Terlebih lagi jika ditambah inefisiensi sistem *wind turbine* lengkap, termasuk generator, bearing, transmisi daya dan sebagainya, hanya 10-30% energi angin yang bisa dikonversikan ke listrik.

2.2 Cara Kerja *Wind Turbine*

Pembangkit Listrik Tenaga Angin mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin. Cara kerjanya cukup sederhana, energi angin yang memutar rotor turbin angin, kemudian akan memutar poros turbin angin yang dihubungkan ke *gearbox* untuk memutar rotor pada generator dibagian belakang turbin angin sehingga akan menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan ini biasanya disimpan kedalam baterai sebelum dapat digunakan.

2.3 Komponen Utama *Wind Turbine*

Dalam mengkonversi energi kinetik menjadi energi mekanik suatu *wind turbine* memerlukan beberapa komponen-komponen yang mempunyai fungsi masing-masing.

Komponen-komponen tersebut antara lain adalah:

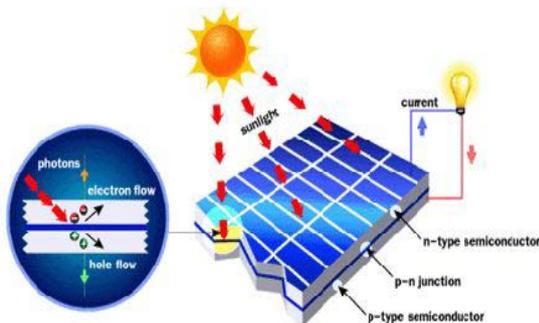
- Sudu
- Rotor
- Gearbox
- Generator
- Sensor dan pengatur arah
- Baterai
- Rectifier
- Regulator
- Tower
- Brake
- Controller

2.4 Solar Cell

Ada banyak cara untuk memanfaatkan energi dari matahari. Tumbuhan mengubah sinar matahari menjadi energi kimia dengan menggunakan fotosintesis. Begitu juga dengan *solar cell*. Pada siang hari modul surya menerima cahaya matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui fotovoltaiik. Listrik yang dihasilkan oleh modul dapat langsung disalurkan ke beban ataupun disimpan dalam baterai sebelum digunakan ke beban: lampu, radio, dll. Pada malam hari, di mana modul surya tidak menghasilkan listrik, beban sepenuhnya dicatu oleh baterai.

2.5 Cara Kerja Solar Cell

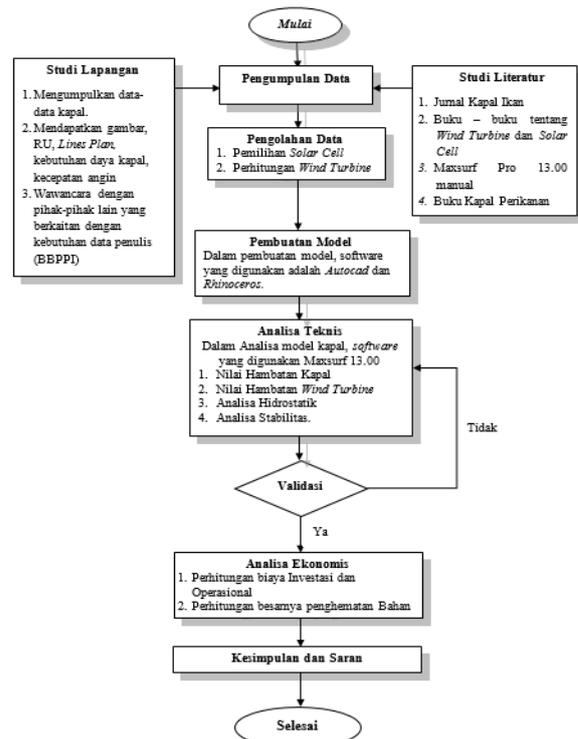
Cahaya yang jatuh pada sel surya menghasilkan elektron yang bermuatan positif dan *hole* yang bermuatan negative kemudian elektron dan *hole* mengalir membentuk arus listrik. Prinsip ini di kenal sebagai prinsip *photoelectric*. Sel surya dapat tereksitasi karena terbuat dari semikonduktor yang mengandung unsur silikon. Silikon ini terdiri atas dua jenis lapisan sensitif: lapisan negatif (tipe-n) dan lapisan positif (tipe-p). Karena sel surya ini mudah pecah dan berkarat sehingga sel ini dibuat dalam bentuk panel-panel dengan ukuran tertentu yang dilapisi plastik atau kaca bening yang kedap air dan panel ini dikenal dengan panel surya.



Gambar.1 Prinsip Kerja Solar Sel

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam karya ilmiah yang baik perlu memiliki metodologi yang terperinci dengan sumber informasi yang sebanyak-banyaknya. Untuk mencapai hasil yang diinginkan, maka dalam pengerjaan Tugas Akhir ini diperlukan kerangka pengerjaan yang tersrtuktur.



Gambar.2 Diagram alir metode penelitian

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Kebutuhan Beban Penerangan Kapal

Data kebutuhan beban penerangan kapal didapat dari BBPPI (Balai Besar Pengembangan Penangkapan Ikan) Semarang berupa tabel kebutuhan kelistrikan lampu. Pada tabel tersebut terdapat macam-macam beban sumber daya yang disuplai oleh generator. Berikut ini contoh dari tabel kelistrikan tersebut.

Tabel 1 Tabel Kebutuhan Lampu Kapal

Jenis Lampu	Input (W)	Input (kW)	Jumlah	Total Input (kW)
Lampu Galaxy	400	0,4	4	1,6

Lampu Pijar	60	0,06	6	0,36
Lampu Pijar	50	0,05	6	0,30
Lampu Halogen	500	0,5	2	1

Berdasarkan data diatas maka total kebutuhan lampu KM. Sumber Mino Mulyo adalah **3,3 kW atau 3300 watt.**

4.2 Pemilihan Solar Cell

Ada pun jenis solar cell yang dipilih adalah jenis Polikristal (*Poly-Crystalline*) *The Polycrystalline cell* memiliki tingkat output yang lebih baik pada sudut cahaya rendah dan pada saat ini paling umum digunakan.

4.3 Perhitungan Solar Cell

Modul *solar cell* diasumsikan optimalnya akan digunakan selama 12 jam. Dari kebutuhan daya kelistrikan dikapal dan luas atap kapal yang dapat dipasang *solar cell* maka dapat ditentukan banyaknya sel surya yang harus dipasang di kapal yang dikombinasikan dengan *wind turbine*. Untuk intensitas cahaya matahari yang didapat oleh *solar cell* direncanakan konstan dan maksimum (*peak*) yaitu sebesar 1000 watt/m².

Adapun berhitung output yang dihasilkan oleh *solar cell* adalah sebagai berikut:

Dengan efisiensi modul = 15,2 %

$$W_{\text{input}} = 1000 \text{ watt/m}^2$$

$$\text{Efisiensi } (\eta) = \frac{W_{\text{output}}}{W_{\text{input}}} \times A \text{ (luas)}$$

$$15,2 \% = \frac{W_{\text{output}}}{1000} \times 1,966$$

$$W_{\text{output}} = 1000 \times 15,2\% \times 1,966$$

$$= 299,832$$

$$= 300 \text{ watt}$$

$$\text{Jumlah modul} = \frac{A_{\text{atap}}}{A_{\text{modul}}}$$

$$A_{\text{atap}} = \text{panjang} \times \text{lebar}$$

$$= 3,96 \text{ m} \times 2,2 \text{ m}$$

$$= 8,712$$

$$\text{Jumlah Modul} = \frac{8,712}{1,966}$$

$$= 4,43$$

$$= 4 \text{ buah}$$

Maka total listrik yang dihasilkan dari panel *solar cell* adalah sebesar **1200 watt.**

4.4 Kecepatan Angin Yang Bekerja Pada Wind Turbine

Komponen yang sangat berpengaruh dari kerja *wind turbine* adalah kecepatan angin. Kecepatan angin ini akan menentukan berapa

jumlah daya yang dapat dihasilkan oleh sebuah *wind turbine*. Karena *wind turbine* dipasang di kapal, jadi kecepatan angin yang bekerja pada turbin angin merupakan resultan dari kecepatan kapal dan kecepatan angin maka didapatkan kecepatan angin yang bekerja pada turbin angin adalah sebesar 12,77 knot atau sama dengan 6,57 m/s.

4.5 Perhitungan Wind Turbine dan Baterai

Dari kecepatan angin yang telah didapatkan, kemudian dicari variasi untuk *wind turbine* sumbu vertikal dan horisontal yang dapat bekerja pada kecepatan angin tersebut. Tujuan dilakukan variasi ini adalah agar didapatkan *wind turbine* yang paling optimum untuk dipasang di kapal. Dari semua variasi *wind turbine* tersebut kemudian dilakukan perhitungan-perhitungan seperti :

- Efisiensi *Wind Turbine*
- Daya Output *Wind Turbine*
- Jumlah *Wind Turbine* Yang Dibutuhkan
- Pemilihan Baterai
- Jumlah Baterai Yang Dibutuhkan
- Total Berat Pemasangan *Wind Turbine*

Daya penerangan yang akan disuplai oleh *wind turbine* adalah sebesar 3,4 kW. Dari jumlah daya yang dihasilkan oleh tiap-tiap *wind turbine* nantinya akan disimpan ke dalam baterai terlebih dahulu sebelum digunakan untuk penerangan sebagai antisipasi apabila kecepatan angin menurun atau terjadi kerusakan pada *wind turbine*. Dari jumlah daya yang dihasilkan oleh tiap-tiap *wind turbine* dan jumlah baterai serta kapasitas dan tegangan baterai, maka dapat dihitung lama pengisian dari seluruh baterai yang diperlukan.^[6] Pemasangan *wind turbine* ini akan menambah berat dan hambatan kapal, dengan adanya penambahan ini maka perlu dilakukan analisa pengaruhnya terhadap kapal.

Tabel.2 Hasil Perhitungan Untuk (VAWT) *Vertical Axis Wind Turbine*

No	Item	Satuan	SAIAM 5kW
1	Daya Output	kW	1,064
2	Jumlah Wind Turbine	buah	2
3	Jumlah Baterai	buah	6
4	Total Berat	ton	2,382

Tabel.3 Hasil Perhitungan Untuk (HAWT) *Horizontal Axis Wind Turbine*

No	Item	Satuan	WIIND WING
1	Daya Output	kW	1,107
2	Jumlah Wind Turbine	buah	2
3	Jumlah Baterai	buah	6
4	Total Berat	ton	1,282

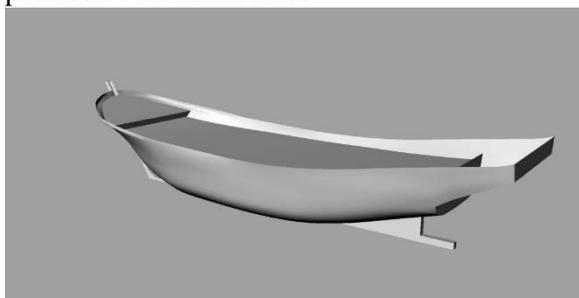
4.6 Analisa Kapal Setelah Pemasangan *Wind Turbine*

Setelah pemasangan *wind turbine* tentunya akan berpengaruh terhadap kondisi kapal. Penambahan berat dan hambatan kapal akibat adanya *wind turbine* akan berpengaruh terhadap kecepatan kapal dan stabilitas kapal. Bertambahnya hambatan kapal akan mengurangi kecepatan service kapal dan akibatnya diperlukan adanya daya tambahan untuk main engine agar kapal tetap bisa beroperasi pada kecepatan service awal kapal.

4.6.1 Analisa Hambatan

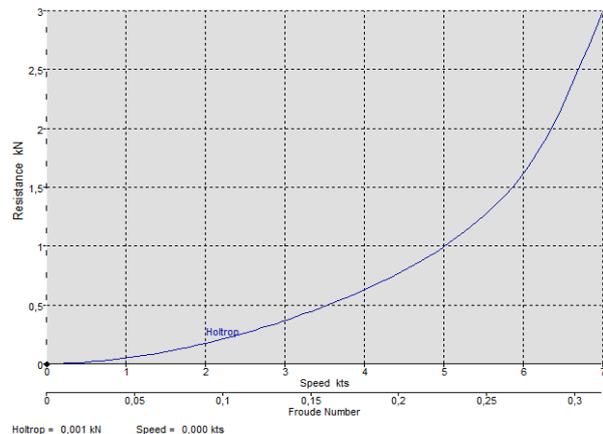
Bertambahnya berat kapal akibat pemasangan *wind turbine* dan komponen-komponenya akan mengakibatkan bertambahnya sarat kapal. Pertambahan sarat ini perlu dicari karena akan mempengaruhi besarnya hambatan kapal. Semakin besar luas permukaan kapal yang tercelup, semakin besar pula hambatan yang ditimbulkan.[4]

Hambatan kapal dihitung dengan menggunakan metode van Oortmerssen dengan bantuan *software* maxsurf hullspeed. Namun terlebih dahulu harus membuat model kapal pada *software* Rhinoceros

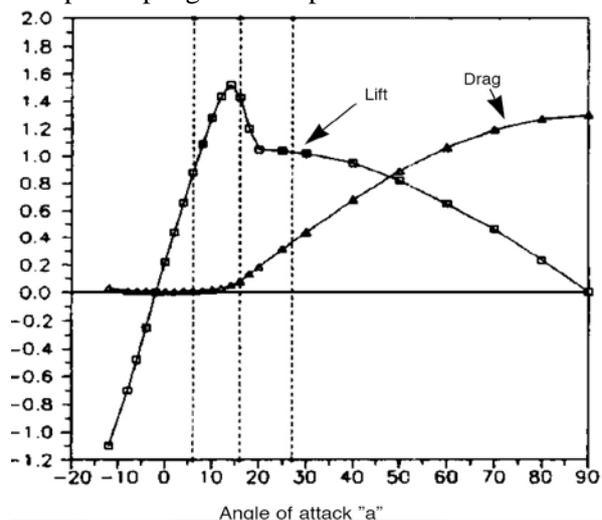


Gambar.3 Model Kapal Pada Rhinoceros

Setelah dilakukan beberapa proses tahapan pada *software* maxsurf hullspeed, didapatkan hambatan kapal pada kecepatan 7 knot adalah sebesar 3,73 kN.



Gambar 4. Grafik Hambatan Hullspeed
Hambatan dari *wind turbine* dihitung berdasarkan besarnya kecepatan angin, luas penampang *wind turbine* dengan koefisien drag dari penampang dan kerapatan udara.[5]



Gambar.5 Grafik C_L , C_D dan *angle of attack* series NACA 63 (Henrik Stiesdal, 1999)

Berdasarkan grafik di atas harga koefisien drag untuk sudut serang angin 90^0 adalah 1,3. Harga ini diambil dari profil NACA series 63 berdasarkan *catalogue wind turbine*. Dengan kerapatan udara sebesar $1,3 \text{ kg/m}^3$ maka bisa dihitung hambatan dari tiap-tiap *wind turbine*.^[7] Besarnya hambatan dari *turbine* dapat dihitung dengan persamaan:

$$F_D = 0,5 \times \rho \times A \times V^2 \times C_D \quad (2.2)$$

Dimana:

ρ = massa jenis udara

A = luas penampang dari *wind turbine* yang terkena angin

- V = kecepatan angin yang bekerja pada turbin
 C_D = koefisien drag

Setelah dilakukan penjumlahan antara hambatan *wind turbine* dengan hambatan kapal sehingga didapatkan hambatan total. Hambatan total inilah yang akan digunakan untuk menghitung besarnya pengurangan kecepatan kapal setelah pemasangan *wind turbine*.

Tabel.5 Rekapitulasi Perhitungan Hambatan Untuk VAWT

Buatan	Hambatan Kapal (kN)	Hambatan Wind Turbine (kN)	Total Hambatan (kN)
SAIAM 5kW	3,73	0,942	4,672

Tabel.6 Rekapitulasi Perhitungan Hambatan Untuk HAWT

Buatan	Hambatan Kapal (kN)	Hambatan Wind Turbine (kN)	Total Hambatan (kN)
WIND WING	3,73	0,684	4,414

4.6.2 Evaluasi Pengurangan Kecepatan Kapal

Dengan adanya *wind turbine* akan mengurangi kecepatan kapal akibat hambatan yang ditimbulkan oleh *wind turbine*. Pengurangan kecepatan ini perlu dihitung karena apabila pengurangannya besar maka perlu adanya daya tambahan untuk *main engine* agar kapal bisa tetap beroperasi pada kecepatan service awal.

Tabel.7 Evaluasi Kecepatan dan Daya Main Engine Untuk VAWT

Buatan	Pengurangan Kecepatan (Knot)	Penambahan Daya (kW)
SAIAM	1,416	20,42

Tabel.8 Evaluasi Kecepatan dan Daya Main Engine Untuk HAWT

Buatan	Pengurangan Kecepatan (Knot)	Penambahan Daya (kW)
WIND WING	1,09	14,84

4.7 Analisa Ekonomis

4.7.1 Biaya Investasi

Perhitungan biaya investasi meliputi beberapa biaya yaitu : biaya pembelian *wind turbine* beserta komponen pendukungnya, biaya pembelian *solar cell*, dan biaya pembelian baterai.[8] Adapun rincian biaya investasinya adalah sebagai berikut:

wind turbine beserta komponen pendukungnya, biaya pembelian *solar cell*, dan biaya pembelian baterai.[8] Adapun rincian biaya investasinya adalah sebagai berikut:

Tabel.9 Biaya Investasi *Wind Turbine Wing Wind + Solar Cell*

Barang	Harga Satuan (Rp)	Jumlah	Total Harga (Rp)
Solar Cell	6.446.000	3	19.338.000
Wind Turbine	26.950.000	2	53.900.000
Baterai	26.364.000	6	158.184.000
Regulator	1.154.890	1	1.154.890
Inverter	1.594.450	1	1.594.450
TOTAL			234.171.340

Tabel.10 Biaya Investasi *Wind Turbine SAIAM 5kW+ Solar Cell*

Barang	Harga Satuan (Rp)	Jumlah	Total Harga (Rp)
Solar Cell	6.446.000	3	19.338.000
Wind Turbine	97.800.000	2	195.600.000
Baterai	26.364.000	6	158.184.000
Regulator	1.154.890	1	1.154.890
Inverter	1.594.450	1	1.594.450
TOTAL			357.871.340

4.7.2 Keuntungan

Adapun keuntungan yang didapat dari pemasangan *wind turbine* dan *solar cell* ini adalah jumlah pengeluaran genset karena sudah ditanggung oleh pemasangan *wind turbine* dan *solar cell*. Biaya pengeluaran genset adalah sebagai berikut:

Tabel.11 Biaya Pengeluaran Genset

ITEM	Satuan	Pengeluaran
Daya Genset	kW	5
Pemakaian Bahan Bakar	L/H	7,2
Pemakaian Bahan Bakar	L/day	172
Harga	Rp/day	648.000
Total Pengeluaran	Rp/day	648.000

Berdasarkan tabel diatas maka total pengeluaran genset perhari adalah Rp 648.000 atau sebesar Rp. 131.143.071 per tahun. Maka jumlah

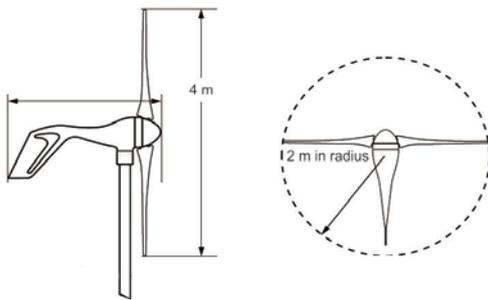
keuntungan yang diperoleh pertahun adalah sebesar **Rp. 183.384.000**

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada kapal ikan Sumber Mino Mulyo ini maka diperoleh beberapa kesimpulan :

1. Dari hasil analisa variasi jenis dan ukuran wind turbine, didapatkan wind turbine yang optimum untuk dipasang dikapal adalah wind turbine dengan sumbu horizontal dengan spesifikasi teknis sebagai berikut :



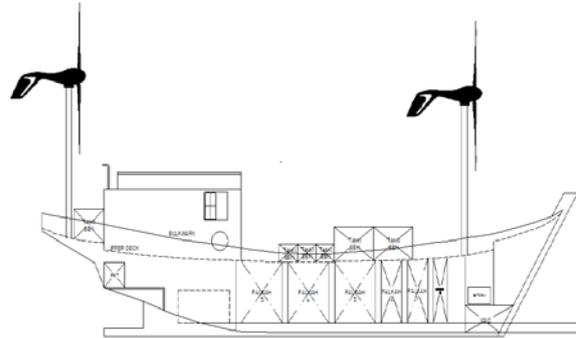
Gambar 6. Gambar *Wind Turbine*

Tabel.11 Spesifikasi *Wind Turbine*

Type	HAWT
Produsen	WIND WING
Model	WKH-2000
Diameter Blade	3,6 m
Swept Area	10,17 m ²
Start Up Wind Speed	2,5 m/s ²
Rated Wind Speed	8 m/s ²
Power	2000 watt
Massa	80 kg

Jumlah wind turbine yang dibutuhkan untuk mensuplai kebutuhan penerangan dikapal dengan spesifikasi wind turbine seperti gambar diatas adalah 2 buah.

2. Penempatan Pemasangan *Wind Turbine* di kapal



Gambar.7 Penempatan *Wind Turbine*

3. Dari hasil analisa didapatkan solar cell yang optimum untuk dipasang dikapal adalah sebagai berikut:

Tabel.12 Spesifikasi *Solar Cell*

Dimension	1966 mm × 1000 mm × 50 mm
Weight	26 Kg
Frame	Aluminium Alloy
Front	Tempered Glass
Back Cover	White or black back sheet
Cell Technology	Polycrystalline
Output	300 W
Module Efficiency (%)	15,2 %

4. Apabila kapal ini tetap menggunakan daya mesin dari perencanaan awal, maka kecepatan *service* kapal menjadi 5,91 knot. Dengan kecepatan *service* awal kapal sebesar 7 knot maka didapatkan pengurangan kecepatan kapal sebesar 1,09 knot atau 15,57 % dari kecepatan awal.
5. Biaya Investasi pemasangan *wind turbine* dan *solar cell* adalah sebesar Rp. 243.008.294
6. Dengan adanya wind turbine maka dapat menghemat pemakaian generator sebesar Rp.648.000 perhari atau Rp.183.384.000 pertahun
7. Hasil perhitungan stabilitas setelah pemasangan *wind turbine* Wing Wind menunjukkan bahwa kapal memiliki nilai GZ maksimum terjadi pada kondisi IV = 2,4 m dan nilai MG terbesar juga terjadi pada kondisi IV = 2,41 m

5.2 Saran

1. Untuk mendapatkan hasil perhitungan yang lebih akurat mengenai analisa daya yang dihasilkan dan hambatan dari *wind turbine*, perlu dilakukan pemodelan *wind turbine* dengan menggunakan CFD.
2. Perlu dilakukan survey kondisi kapal secara langsung sehingga dapat diketahui berapa jumlah *wind turbine* yang dapat terpasang di kapal dan kecepatan rata-rata yang bekerja pada *wind turbine* pada saat kapal beroperasi.
3. Perlu dilakukan variasi sudut serang angin terhadap *wind turbine* guna mengetahui pengaruhnya terhadap olah gerak kapal.
4. Penelitian ini hanya membahas mengenai pemanfaatan energi angin untuk menggantikan lampu penerangan pada kapal Ikan Sumber Mino Mulyo 17 GT. Agar lebih jelas dan praktis perlu dilakukan penelitian yang menggantikan seluruh kebutuhan listrik kapal dengan energi angin, dengan demikian secara ekonomis penggantian ini akan dapat lebih signifikan pengaruhnya dibandingkan dengan sistem sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bockman, Eirik dan Steen, Sverre. June 2011. "Wind Turbine Propulsion of Ship", Second International on Marine Propulsor.
- [2] Ganda Akbar, 2009, Tugas Akhir "Studi Pembangkit Listrik Tenaga Angin Laut Untuk Memenuhi Kebutuhan Penerangan Jembatan Suramadu", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [3] Jacobs, G.J., 2008, "Small Wind Turbine System for Battery Charge".
- [4] 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.
- [5] Lysen, E. H., Agustus 1982, "Introduction to Wind Energy", CWD Amersfoort The Netherlands.
- [6] Park, Jack., 1981, "The Wind Power Book", Cheshire Books, Palo Alto California.
- [7] Strong, Simon James., 2008, Dissertation "Design of a Small Wind Turbine", University of Southern Queensland, Australia.
- [8] Walford, Christopher A., March 2006, "Understanding and Minimizing Wind Turbine Operation and Maintenance Cost", Sandia National Laboratory, California.