

# STUDI PERANCANGAN KAPAL PARIWISATA TIPE KATAMARAN DENGAN SISTEM *HYBRID* DENGAN KOMBINASI *DISEL ENGINE* DAN MOTOR LISTRIK UNTUK MENUNJANG PARIWISATA DI PANTAI GUNUNGKIDUL YOGYAKARTA

Moh Nurdin Septiantono R<sup>1</sup>, Deddy Chrismianto<sup>1</sup>, Eko Sasmito Hadi<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>) Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia

Email: [mnurdinsr@gmail.com](mailto:mnurdinsr@gmail.com)

## Abstrak

Kegiatan pariwisata di Gunungkidul yang akhir-akhir ini mulai diminati para wisatawan dengan terus bertambahnya jumlah para wisatawan yang datang, ini harus didukung dengan fasilitas transportasi air yang memadai. Dengan ketersediaan energi fosil yang kian menipis atau ketergantungan terhadap BBM, membuat harga bahan bakar fosil terus melambung tinggi. Karena itu muncul ide untuk merancang kapal yang dapat menggabungkan dua sumber energi yang berbeda, yaitu mesin diesel, motor listrik dan *solar cell* teknologi ini disebut *hybrid*. Dalam penelitian ini, fungsi utama kapal yang akan dirancang harus memperhitungkan ukuran utama, rencana garis, rencana umum, analisa hidrostatis, stabilitas kapal dan analisis olah gerak kapal, serta pemilihan peralatan yang sesuai dengan mode *hybrid* yang akan dirancang. Ukuran utama yang dihasilkan dari perhitungan adalah LOA: 25,60 m, LWL: 25,20 m, B: 8,40 m, T: 1,55 m, H: 2,70 m. Dari analisa hidrostatis yang dilakukan pada kapal katamaran ini didapatkan displacement kapal 95,60 ton, Cb: 0,565, LCB: 10,936 m. Kapal ini menggunakan motor listrik 9 kW, dengan sumber diesel generator 150 kW, *solar cell* 6 kW. Dalam mode *hybrid* ditentukan 6 variasi mode yaitu, *Solar cell*, Baterai, *Solar cell* + Baterai, Generator, Baterai + Generator, *Solar cell* + Baterai + Generator. Dalam proses analisa, mode *hybrid* dapat menggerakkan kapal dengan kecepatan maksimal 10,45 knot dengan hambatan 15,16 kN dan membutuhkan daya sebesar 159,75 kW.

**Kata kunci:** kapal pariwisata, gunungkidul, katamaran, *solar cell*, *hybrid*

## 1. PENDAHULUAN

Gunungkidul adalah salah satu kabupaten di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia. Pusat pemerintahan berada di Kecamatan Wonosari. Secara astronomis, Gunungkidul terletak di 110°21' - 110°50' BT dan 7°46' - 8°09' LS. Dengan luas wilayah 1.485,36km<sup>2</sup>. Perkembangan kepariwisataan dunia yang terus bergerak dinamis dan kecenderungan wisatawan untuk melakukan perjalanan pariwisata dalam berbagai pola yang berbeda merupakan peluang sekaligus tantangan bagi kepariwisataan di gunungkidul terutama sektor pantai yang terus diminati wisatawan lokal maupun mancanegara. Beberapa pantai di Gunungkidul yang menjadi tujuan wisatawan karena keindahannya adalah Pantai Pulang Syawal, Pantai Sundak, Pantai Sepanjang, Pantai Drini, Pantai Gesing, Pantai Wediombo dll.

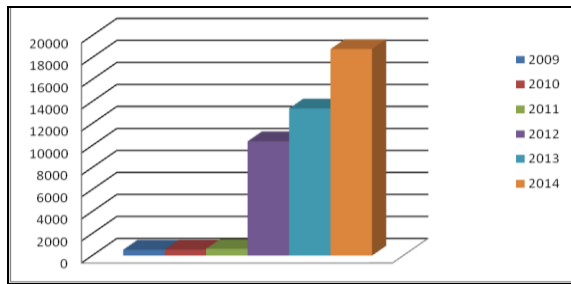
Berdasarkan inilah muncul ide untuk merencanakan sebuah alat transportasi yang dapat digunakan untuk menunjang pariwisata di Gunungkidul yaitu kapal tipe katamaran dengan

memadukan energi surya sebagai alternative energi penggerak dan pembangkit listrik yang digunakan pada alat transportasi tersebut dengan kombinasi mesin diesel dan motor listrik. Sistem ini disebut dengan sistem *hybrid*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tinjauan Obyek Wisata

Dengan luas sekitar satu per tiga dari luas provinsi, Kabupaten Gunungkidul menyimpan potensi wisata yang besar dari sektor pantai, dengan jumlah sekitar 60 pantai yang tersebar sepanjang garis pantai. Potensi ini mendapat reaksi positif dari para wisatawan lokal maupun mancanegara.



Gambar 1 Grafik data wisatawan pantai Gunungkidul 2014

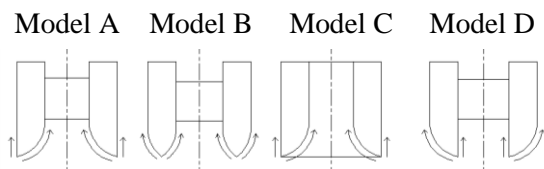
## 2.2. Gambaran Katamaran

Kapal katamaran termasuk tipe kapal *multihull* yang mempunyai dua lambung (*demihull*) yang mana lambung satu dengan lambung lainnya dihubungkan dengan struktur *bridging*. Struktur *bridging* ini bisa mengurangi terjadinya *deck wetness* karena struktur *bridging* merupakan sebuah keuntungan kapal katamaran karena menambah tinggi lambung timbul (*freeboard*) tersebut. Dengan kondisi perairan Gunungkidul diharapkan pemilihan kapal dengan bentuk badan katamaran mampu mengatasinya dengan kelebihan yang dimiliki oleh kapal katamaran tersebut.

## 2.3. Pemilihan Model Lambung kapal

Kapal yang akan direncanakan sebagai kapal pariwisata untuk kondisi di perairan Gunungkidul, maka diharapkan kapal ini mempunyai oleh gerak yang bagus dan kenyamanan serta keamanan yang tinggi pula. Persyaratan yang utama dalam menyelesaikan masalah yang ditimbulkan oleh kondisi perairan Gunungkidul pada saat kapal beroperasi adalah dengan cara merencanakan bentuk badan kapal sedemikian serupa sehingga kapal dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

Untuk analisa terhadap aliran yang terdapat atau dibentuk oleh model lambung kapal katamaran dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Bentuk Aliran Kapal Katamaran

Setelah ditemukan model yang dikehendaki telah ditentukan kita mendapatkan gambaran umum dari bentuk kapal katamaran yang

dirancang. Agar gelombang yang dibentuk oleh badan kapal katamaran tidak besar, tidak mengganggu sekitarnya dan geladak lebih luas maka dalam perancangan ini menggunakan model kapal katamaran yang kedua sisinya simetris streamline (Model B) yang selanjutnya kita menentukan ukuran utama kapal diperairan Gunungkidul.

## 2.4. Metode Perancangan Kapal

Dalam proses perancangan kapal, salah satu faktor yang cukup signifikan untuk dipertimbangkan adalah penetapan metode rancangan sebagai salah satu upaya untuk menghasilkan output rancangan yang optimal dan memenuhi berbagai kriteria yang disyaratkan. Metode yang digunakan dalam perancangan ini adalah menggunakan Metode Perbandingan (*comparasion method*). Merupakan metode perancangan kapal yang mensyaratkan adanya satu kapal pembanding dengan type yang sama dan telah memenuhi criteria rancangan (stabilitas, kekuatan kapal, dll.) dan mengusahakan hasil yang lebih baik dari kapal yang telah ada (kapal pembanding). Ukuran-ukuran pokok kapal dihasilkan dengan cara mengalikan ukuran pokok kapal pembanding dengan faktor skala (*scale factor*).

## 2.5. Gambaran Sistem Solar Cell

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Panel surya sering disebut sel *photovoltaic*, *photovoltaic* dapat diartikan sebagai cahaya-listrik. Sel surya atau sel PV bergantung pada efek *photovoltaic* untuk menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan. Ada kelebihan dan kelemahan yang ada dalam menggunakan solar panel ini. Keuntungan penggunaan *solar cell* antara lain tidak memerlukan bahan bakar, cara memakai dan merawatnya mudah., ramah lingkungan, tidak menimbulkan pencemaran lingkungan, dan umur relatif cukup lama, terutama untuk penggunaan dimuka bumi. Sedangkan kelemahannya antara lain harganya masih relatif mahal, penggunaannya tergantung pada intensitas sinar matahari, memerlukan unit penyimpanan energi untuk menjamin kelangsungan energi, dan memerlukan permukaan yang luas guna memperoleh daya yang besar. Agar panel surya menjadi sumber energi yang berguna haruslah memiliki efisiensi

tinggi, waktu operasi lama, biaya produksi rendah dan penyerapan sinar matahari sangat baik.

## 2.6. Penerapan Solar Cell Pada Kapal

Pada dunia perkapalan, teknologi *solar cell* belum banyak diterapkan. Sudah tentu banyak factor yang mempengaruhi didalamnya. Dan berikut factor yang mempengaruhi mengapa teknologi *solar cell* belum banyak diterapkan pada dunia perkapalan :

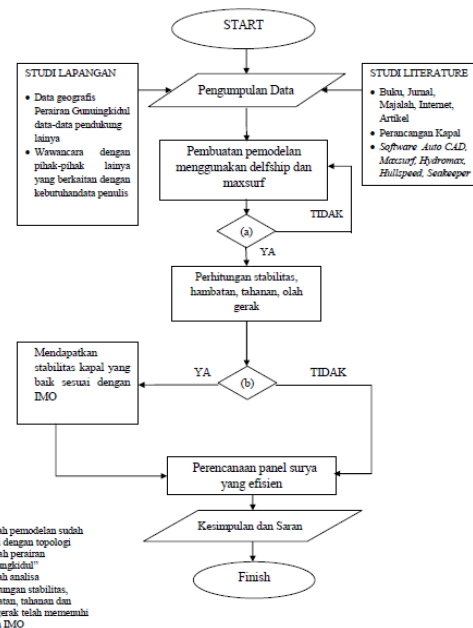
- Harga investasi *solar cell* yang tinggi.
- Memerlukan instalasi yang rumit.
- Dengan space instalasi yang sama, energy yang dihasilkan tidak sebanding dengan energi yang dihasilkan oleh mesin diesel, ini berkaitan dengan kecepatan yang dihasilkan.
- Belum banyak insinyur perkapalan yang mengerti tentang *solar cell*, sehingga tidak banyak yang bias mereparasi jika kapal mengalami kerusakan.
- Sangat bergantung pada cuaca.

Sistem *hybrid* merupakan sebuah konsep penggabungan dua atau lebih sumber energi untuk tercapainya sebuah efisiensi dalam berbagai hal. Pada perancangan kapal ini kapal digerakkan oleh propeller yang digerakkan oleh motor diesel dan kedua *propeller* yang digerakkan oleh motor listrik. Kebutuhan daya listrik, baik untuk peralatan listrik di kapal dan kedua motor listrik AC, disuplai dari baterai dan solar cell .

## 3. METODE PENELITIAN

Pada Gambar 2 berikut ini, merupakan alur perancangan kapal pariwisata tipe katamaran dengan system hybrid. Perancangan kapal ini menggunakan sumber daya dorong dari diesel engine, baterai dan sel surya. Daya dorong yang dipakai, digunakan untuk mendorong kapal dengan kecepatan yang diinginkan. Mesin diesel dioperasikan pada kapal untuk kecepatan 4-15 knot, sedangkan baterai yang disuplai dari sel surya dan mesin diesel dipakai untuk mengoprasikan kapal pada kecepatan rendah yaitu 0-3 knot.

Berdasarkan mode operasional diatas, maka perencanaan sistem *hybrid* pada kapal katamaran harus dilakukan secara terpadu antara kebutuhan daya untuk sistem propulsi dan kebutuhan daya listrik peralatan-peralatan listrik yang ada dikapal.



Gambar 2. Flow Chart Metodologi Penelitian

## 4. PERHITUNGAN DAN PERENCANAAN

### 4.1. Requirement

Dalam perancangan kapal ini menggunakan jenis kapal katamaran, karena kapal ini akan berlayar di wilayah perairan Gunungkidul yang memiliki gelombang 1,80 meter. Dengan jenis katamaran stabilitas kapal lebih baik dibandingkan dengan *monohul*, kestabilan kapal sangat diutamakan untuk kenyamanan para penumpangnya. Dan model katamaran yang dipilih adalah katamaran simetris streamline, agar gelombang yang dibentuk badan kapal tidak besar.

Kapal katamaran yang direncanakan ini adalah sebagai kapal pariwisata yang mana lebih ditekankan untuk kenyamanan serta hiburan bagi penumpang kapal tersebut. Lebar kapal adalah 8,4 meter untuk mendapatkan ruangan-ruangan serta fasilitas yang memadai sebagai kapal pariwisata

Tabel 1. Komponen Parameter Perancangan

Bentuk lambung	Katamaran simetris stream line
Lebar kapal	8,4 m
Kec.max	15 knots
Penumpang	40 orang
Mesin	In board
Material	Alumunium
Jarak Pelayaran	34,56 seamile

## 4.2. Penentuan Ukuran Utama Kapal

### a. Kapal Perbandingan

Data kapal perbandingan dan perbandingan ukuran utamanya adalah sebagai berikut.

Table 2. Kapal Perbandingan

NO	NAMA KAPAL PERBANDINGAN	L	B	H	T
1	White dolphin 1	25,95	8,40	1,80	3,55
2	Eclipse 2004	24,90	9,00	1,75	2,45
3	Cristal spyrit	24,92	7,76	1,40	2,59
4	White dolphin 2	27,80	8,80	1,06	2,56
5	Tusa v	24,50	7,76	1,75	2,50

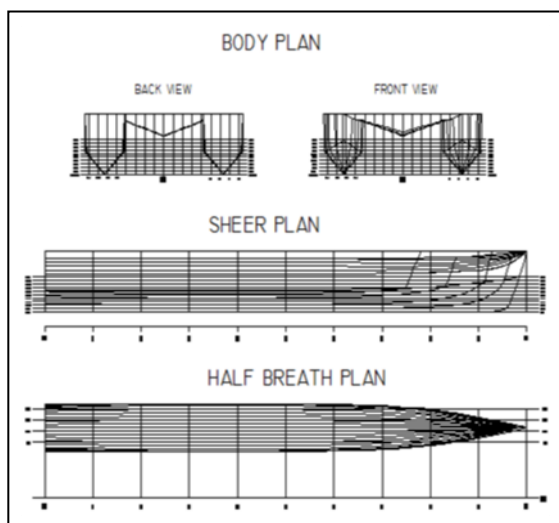
### b. Parameter Optimasi

Pengoptimasian perbandingan ukuran utama kapal perbandingan digunakan sebagai acuan dalam menentukan ukuran utama kapal pada pra perancangan ini jika sebelumnya sudah ditetapkan nilai lebar kapal ( B ) sebesar 8,4 meter. Dari harga perbandingan dapat diketahui harga minimal dan maksimal perbandingan ukuran utama kapal perbandingan. Dalam proses perancangan ini yang diambil sebagai parameter untuk menentukan ukuran utama kapal hanya perbandingan  $L_w/B$  dan  $B/T$ . Dengan pengoptimasian perbandingan ukuran utama kapal tersebut, didapat ukuran utama kapal yaitu :

$$\begin{aligned} L &= 25,60 \text{ m} & H &= 2,70 \text{ m} \\ B_w &= 8,40 \text{ m} & T &= 1,55 \text{ m} \\ B_1 &= 2,10 \text{ m} \end{aligned}$$

## 4.3. Rencana Garis

Pada Gambar 3, merupakan rencana garis kapal katamaran multifungsi yang dibuat dengan komputerisasi menggunakan *software Delftship* dan *AutoCAD*.



Gambar 3. Lines Plan Katamaran

## 4.4. Rencana Umum Kapal

Pada Gambar 4, menunjukkan rencana umum kapal. Pada pembahasan kali ini, akan dijelaskan mengenai besarnya volume tangki bahan bakar, pelumas dan air tawar untuk pendingin mesin selama kapal beroperasi. Selain itu juga untuk menentukan luasan *solar cell* yang dapat diletakan di dek kapal.

### 1. Berat Bahan Bakar (WFO)

$$Wfo = \frac{a \times (EHPMe) \times Cf}{V \times 1000}$$

Dimana :

a = Radius pelayaran  
(pulang-pergi)

= 34,56 seamiles

V = kecepatan dinas

= 15 knots

EHP ME = 55% x BHP ME

= 55% x 261

= 110,55 HP

Cf = Koefisien berat pemakaian bahan bakar untuk diesel

= 0,18 kg/BHP/jam (0,17 – 0,18)

$$Wfo = \frac{34,56 \times (110,55) \times 0,18}{15 \times 1000}$$

Wfo = 0,05 Ton

Untuk cadangan bahan bakar ditambah 10% :

Wfo = 110% x 0,05

Wfo = 0,055 Ton ini

= 0,11 Ton (2 mesin)

### 2. Tangki Minyak Pelumas ( Wsc )

Diketahui specific oil consumption pada 100 % load (dengan toleransi 13.5 adalah 1.3 gr/kwh ).

Maka berat minyak pelumas Wsc adalah :

$$Wsc = \frac{a \times (EHPMe) \times Cl}{V \times 1000}$$

Cl = Koefisien berat minyak lumas

=

0,0025Kg/HPjam(0,002~0,0025)

$$Wsc = \frac{34,56 \times (110,55) \times 0,0025}{15 \times 1000}$$

Wsc = 6,37 x 10<sup>-4</sup> Ton

Untuk cadangan minyak lumas ditambah 10% :

Wsc = 110% x 6,37 x 10<sup>-4</sup> Ton

Wsc = 7,01 x 10<sup>-4</sup> Ton

= 14,02 x 10<sup>-4</sup> Ton (2 mesin)

### 3. Tangki Air Tawar (Wfw)

Penentuan besarnya volume tangki air tawar direncanakan untuk menampung persediaan air tawar untuk kebutuhan pendingin mesin utama (Wfw) engine. Kebutuhan air tawar untuk pendingin motor induk sebagai berikut :

$$W_{fw} = \frac{a \times (EHP_{Me}) \times C_a}{V \times 1000}$$

$C_a$  = Koefisien pemakaian air pendingin mesin  
= 0,05 Kg/HP jam (0,02 ~ 0,05)  
Kg/HP jam

$$W_{fw} = \frac{34,56 \times (110,55) \times 0,05}{15 \times 1000}$$

$$W_{fw} = 0,013 \text{ Ton}$$

Untuk cadangan air pendingin ditambah 10% :

$$W_{fw} = 110\% \times 0,013 \text{ Ton}$$

$$W_{fw} = 0,014 \text{ Ton}$$

#### Perencanaan tangki

Tangki ini direncanakan untuk bisa menampung bahan bakar untuk satu kali perjalanan (tidak pulang pergi)

##### a. FOT

$$WFO = 0,11 \text{ Ton}$$

Spesifikasi volume bahan bakar =  $1,25 \text{ m}^3/\text{ton}$ ,  $V_{fo} = 1,25 \times 0,11 = 0,138 \text{ m}^3$ . Maka ukuran tangki tiap lambung

$$1,92 \times 2,10 \times 0,20 \text{ m.}$$

##### b. DOT

$$WSC = 0,0014 \text{ Ton}$$

Spesifikasi volume bahan bakar =  $1,25 \text{ m}^3/\text{ton}$ ,  $V_{fo} = 1,25 \times 0,0014 = 0,00175 \text{ m}^3$ . Maka ukuran tangki tiap lambung

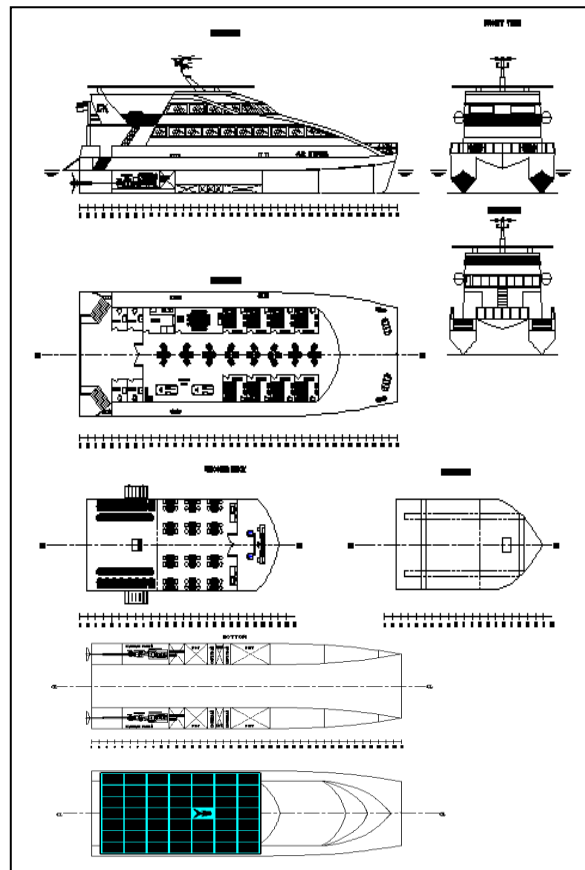
$$0,64 \times 2,10 \times 0,2 \text{ m.}$$

##### c. FWT

$$WFW = 0,014 \text{ Ton}$$

Spesifikasi volume bahan bakar =  $1,00 \text{ m}^3/\text{ton}$ ,  $V_{fo} = 1,00 \times 0,014 = 0,014 \text{ m}^3$

Maka ukuran tangki tiap lambung  $3,20 \times 2,10 \times 0,20 \text{ m.}$



Gambar 4. Rencana Umum

Sesuai dengan penyusunan ruangan pada rencana umum kapal, maka jumlah *solar cell* yang dapat disusun berjumlah 48 buah. Peletakan *solar cell* disesuaikan dengan ruangan yang ada di atas kapal, peletakan dilakukan seoptimal mungkin, sehingga didapat letak yang efisien.

Pada perhitungan berat menggunakan ketentuan berdasarkan Buku Parametric Design, Michael G. Parsons Chapter 11 Hal 22 didapat berat total keseluruhan kapal kosong (LWT) 65,61 ton.

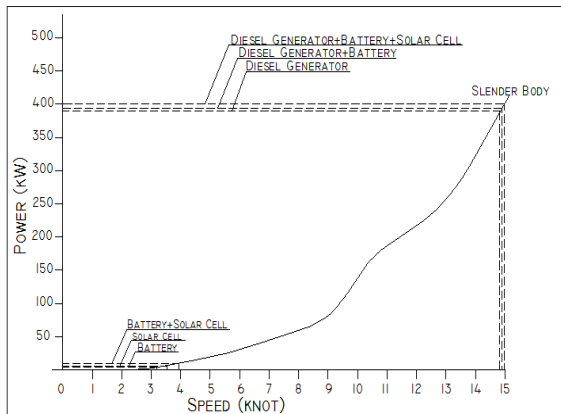
#### 4.5. Analisa Hambatan dan Pemilihan Motor Kapal

Dari hasil analisa perhitungan hambatan diketahui dengan kecepatan 6 knot dengan sumber dari *solar cell* didapatkan daya 30,08 kW dengan hambatan 4,87 kN. Untuk diesel generator dengan diketahui kecepatan 15 knot didapatkan daya 402,09 kW dengan hambatan 26,05 kN. Oleh karena itu digunakan disel generator HND-DEUTZ-MWM 201 Hp *Inboard motor* model 4-stroke *water cooled* sebanyak dua buah yang di letakkan di belakang samping kanan-kiri konstruksi bridge sejajar dengan arah horizontal. Untuk motor



listrik ditentukan LAK 2132 B 180 Volt. Berikut perbandingan hambatan yang disajikan dalam bentuk grafik.

Setelah menentukan daya mesin, kembali kita analisa hambatan dan kecepatan maksimal dari tiap mode. Dalam analisa perhitungan hambatan diketahui grafik sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik Power vs Speed Pada Tiap Mode

Berdasarkan analisa diatas maka kita akan dapat menentukan kecepatan dan hambatan tiap mode *Solar cell*, Baterai, *Solar cell* + Baterai, Generator, Baterai + Generator, *Solar cell* + Baterai + Generator dengan parameter yang digunakan adalah Power (kW).

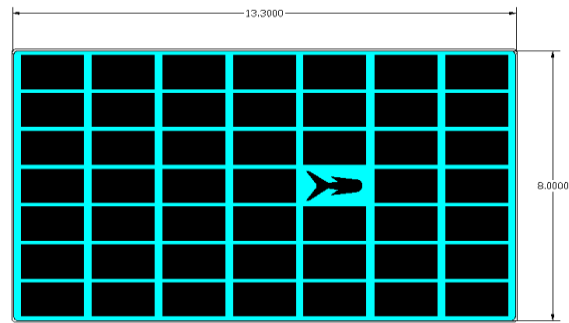
#### 4.6. Analisa Pemanfaatan Sel Surya

##### 4.6.1. Penggunaan Sel Surya

Sel surya difungsikan sebagai sumber energi penggerak motor AC dan pengisian baterai. Karakteristik daya keluaran sel surya dipengaruhi oleh radiasi sinar matahari dan temperatur permukaan sel surya dengan waktu operasi sel surya pada pukul 08.00 WIB sampai 16.00 WIB.

Tabel 4. Parameter panel surya

Merk	Axitec Solar
Type	AC-250P/156-
Maximum power (Pmax)	250 Wp
Maximum Power Current (Imp)	8,18 A
Maximum Power Voltage (Vmp)	30,70 V
Open Circuit Voltage (Voc)	37,80 V
Short Circuit Current (Isc)	8,71 A
Module Efficiency	15,37 %
Dimension (L x W x H)	1640 x 992 x 40
Module Area	1,63 m <sup>2</sup>
Weight	19,5 Kg



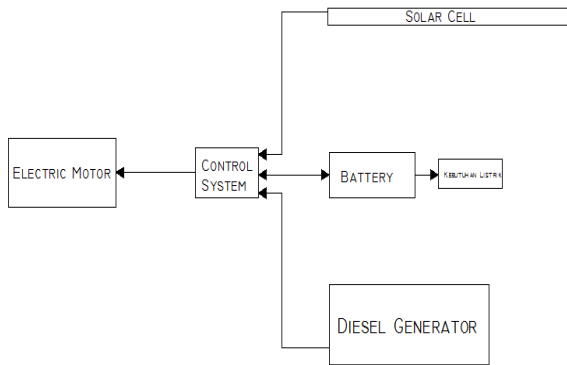
Gambar 6. Pandangan Atas Modul Sel Surya

Dari data ukuran kapal diperoleh bahwa modul sel surya digunakan disamping untuk menyerap panas dari matahari untuk mengisi baterai, juga sebagai pelindung / atap dari kapal tersebut. Sehingga keseluruhan panjang kapal dan lebar kapal digunakan untuk meletakkan modul sel surya. Sistem peletakan modul sel surya ditunjukkan pada Gambar 6. Jumlah keseluruhan yang dapat dipasang diatas kapal sebagai atap direncanakan sebanyak 48 buah modul dengan luas keseluruhan adalah 105,81 m<sup>2</sup>. Dari ukuran ini dapat ditentukan ukuran panjang modul 1,64 m dan lebar 0,992 m. Untuk diketahui bahwa dengan asumsi kapal wisata tenaga surya beroperasi pada siang hari dengan kondisi cuaca cerah tanpa ada mendung sedikitpun, maka daya yang dibutuhkan untuk sumber kelistrikan pada kapal dianggap memenuhi. Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan sumber energi dari pemanfaatan solar panel yang digunakan didapat energi sebesar 48 kW untuk tiap harinya.

##### 4.6.2. Penentuan Variasi Sistem Hybrid

Dari tiga sumber energi, maka dapat ditentukan beberapa variasi pada sistem *Hybrid*. Berikut beberapa variasi mode yang dapat digunakan :

- a. *Solar cell*
- b. Baterai
- c. *Solar cell* + Baterai
- d. Generator
- e. Baterai + Generator
- f. *Solar cell* + Baterai + Generator



Gambar 7. Hybrid Mode System

Berdasarkan beberapa variasi mode yang ditentukan, maka dihasilkan kecepatan dan hambatan pada tiap daya yang digunakan tiap mode.

Tabel 5. Variasi *hybrid* dan nilai kecepatan, power, dan hambatan tiap mode

Mode	Jarak Pelayaran Seamiles	Power kW	Kecepatan Knot	Hambatan kN	Jumlah Konsumsi Bahan Bakar Liter	Lama Waktu Operasi Jam
Solar Cell		6,00	3,53	1,67	-	8
Battery		3,75	3,19	1,19	-	8
Battery+Solar Cell		9,75	3,94	2,47	-	8
Diesel Generator		390	14,81	25,31	84,11	2,33
Diesel Generator + Battery	34,56	393,75	14,90	25,68	83,75	2,32
Diesel Generator + Battery+Solar Cell		399,75	14,98	25,87	83,39	2,31

#### 4.6.3. Penentuan Charger Controller

Maksimum Charger Ampere : 60,00A

Maksimum Modul Ampere : 8,18 A

Jumlah Solar Cell per *Charger Controller* :

$$n = 20 \text{ A} : 8,18 \text{ A}$$

$$= 7,33 \text{ buah} \approx 7 \text{ buah}$$

Sehingga dengan kapal menggunakan 48 buah solar cell dapat menggunakan 7 solar charger controller.

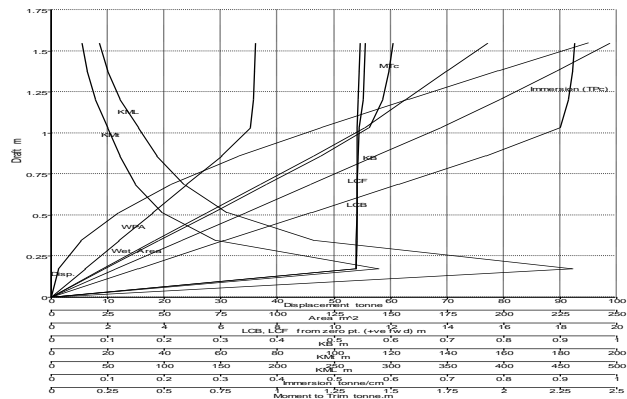
#### 4.6.4. Analisa Pemanfaatan Sistem Hybrid

Dalam rangkaian yang diterapkan pada kapal pariwisata ini, 48 solar cell dirangkai secara *parallel* agar mendapatkan *output* daya sebesar 6 kW dengan 30,70 Volt. Dalam mode generator, rangkaian listriknya sangat sederhana. Power yang dihasilkan dari generator akan langsung menuju *control system* untuk di teruskan ke motor listrik. Dalam rangkaian mode baterai, 10 baterai dirangkai secara *parallel* agar didapatkan *output* daya sebesar 29,99 kW dengan 12 Volt. Sedangkan sumber energi solar cell dan baterai dibutuhkan sebuah *control system* untuk menggabungkan kedua listrik dan mengaturnya agar dapat

menggerakkan motor listrik. Selain itu daya lebih yang dihasilkan oleh solar cell juga berguna untuk melakukan isi ulang baterai. Sehingga dibutuhkan *charge controller* dalam rangkaian solar cell menuju baterai. Pada mode generator + baterai, sumber energi yang digunakan adalah baterai dan generator. Pada mode ini menggabungkan tiga sumber energi yang tersedia, yaitu solar cell + baterai + diesel generator, sehingga dibutuhkan rangkaian yang kompleks. Dalam hal ini, harus ada sebuah *charge controller* untuk mengisi ulang baterai yang berasal dari solar cell. Selain itu diperlukan adaptor untuk mengisi ulang baterai dari generator. Untuk sumber energi yang dihasilkan tiap mode apabila sudah digunakan untuk menggerakkan kapal dan melebihi kapasitas atau dikatakan kelebihan beban, maka daya tersebut akan di alirkan untuk mengisi baterai dan sumber kelistrikan.

#### 4.7. Hidrostatik Kapal

Gambar 9, menunjukkan hasil perhitungan hidrostatik, kapal pariwisata di kawasan Perairan Gunungkidul mempunyai *displacement* = 95,05 ton,  $C_b = 0,565$ ,  $CM = 0,677$ ,  $C_{wl} = 0,54$   $CP = 0,34$ ,  $LCB = 10,936$  m (dari FP).



Gambar 8. Kurva Hidrostatic

#### 4.8. Stabilitas dan Periode Oleng Kapal

Pada semua kondisi kapal katamaran multifungsi ini mempunyai stabilitas yang stabil karena titik M diatas titik G dan nilai GZ yang paling besar terjadi pada kondisi I pada saat volume tangki 100% dan kapal tidak mengangkut penumpang dan bergerak dengan sumber energi dari solar cell. Pada Tabel 6 di bawah ini merupakan tabulasi dari hasil perhitungan stabilitas Kapal Katamaran pada kondisi I sampai dengan kondisi IX dengan standar kriteria IMO.

Tabel 6. Hasil analisa periode oleng tiap kondisi

No	Ruls	Criteria	Required	Kondisi								
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	IMO.A.7 49(18) Ch.3.1.2 1	Area 0° to 30°	3,15 m.deg	62,70	61,78	61,35	61,40	61,44	60,68	61,76	61,17	62,87
2	IMO.A.7 49(18) Ch.3.1.2 1	Area 0° to 40° or Downflood ingpoint	5,16 m.deg	86,58	85,22	84,53	84,46	84,31	83,79	85,19	84,36	86,28
3	IMO.A.7 49(18) Ch.3.1.2 1	Area 30° to 40° or Downflood ingpoint	1,719 m.deg	23,88	23,44	23,18	23,06	22,87	23,11	23,42	23,19	23,41
4	IMO.A.7 49(18) Ch.3.1.2 2	GZ at 30° or greater	0,2m	2,57	2,53	2,51	2,50	2,48	2,50	2,54	2,51	2,53
5	IMO.A.7 49(18) Ch.3.1.2 3	Angle of GZ max	25 deg	21,80	21,80	21,80	20,90	20,90	21,80	21,8	21,8	20,90
6	IMO.A.7 49(18) Ch.3.1.2 4	GM	0,15 m	11,68	11,38	11,25	11,36	11,54	11,07	11,07	11,05	12,18

Untuk periode oleng, menunjukkan bahwa semakin muatan dan berat *consumable* berkurang nilai dari MG semakin besar dan nilai periode oleng kapal semakin kecil. Pada kondisi IX kapal katamaran pariwisata memiliki nilai MG yang besar dan periode oleng yang kecil, sehingga pada kondisi IX kapal mempunyai kemampuan untuk kembali ke posisi tegak yang cepat pula. Artinya pada kondisi IX kapal memiliki periode oleng yang kecil karena memiliki momen pembalik dan momen kopel (*righting moment*) yang cukup besar.

Tabel 7. Hasil analisa periode oleng tiap kondisi

KONDISI	B (m)	d (m)	MG (m)	C	T (s)
I	8,40	1,364	11,679	0,393	1,932
II	8,40	1,380	11,381	0,394	1,957
III	8,40	1,384	11,249	0,394	1,974
IV	8,40	1,374	11,362	0,394	1,964
V	8,40	1,360	11,535	0,393	1,949
VI	8,40	1,395	11,066	0,394	1,990
VII	8,40	1,395	11,066	0,394	1,990
VIII	8,40	1,393	11,049	0,394	1,991
IX	8,40	1,327	12,183	0,393	1,896

#### 4.9. Olah Gerak Kapal

Dalam analisa olah gerak kapal ini menggunakan program *Sea Keeper* dengan gelombang JONSWAP tipe moderate water (spesifikasi tinggi gelombang 1,80 m dan periode gelombang 8,8 s). Hasil yang didapatkan pada semua *weve heading* (0,45,90,180 deg) kapal tidak terjadi *deck wetness*.

Table 8. Nilai *Amplitudo, Velocity, Acceleration* Kapal Pariwisata

Item	Wave heading (deg)	Kapal Katamaran Pariwisata		
		Amplitudo	Velocity	Acceleration
Heaving	0	0,343 m	0,108 m/s	0,152 m/s <sup>2</sup>
	45	0,353 m	0,285 m/s	1,349 m/s <sup>2</sup>
	90	0,392 m	0,316 m/s	0,304 m/s <sup>2</sup>
	180	0,357 m	0,434 m/s	0,592 m/s <sup>2</sup>
Rolling	0	0	0	0
	45	0,98 deg	0,023 rad/s	0,074 rad/s <sup>2</sup>
	90	1,62 deg	0,034 rad/s	0,046 rad/s <sup>2</sup>
	180	0	0	0
Pitching	0	1,28 deg	0,010 rad/s	0,039 rad/s <sup>2</sup>
	45	2,27 deg	0,060 rad/s	0,328 rad/s <sup>2</sup>
	90	0,93 deg	0,021 rad/s	0,032 rad/s <sup>2</sup>
	180	1,25 deg	0,031 rad/s	0,053 rad/s <sup>2</sup>

## 5. PENUTUP

### 5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan penulis yaitu Perancangan Kapal Katamaran Pariwisata, yang mana difungsikan sebagai kapal wisata perairan Gunungkidul Yogyakarta, maka dapat disimpulkan beberapa informasi teknis sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan metode perancangan perbandingan regresi dari kapal pembanding, didapatkan ukuran utama dari kapal katamaran pariwisata yaitu LOA = 25,60 m, LWL = 25,20 m, B = 8,40 m, H = 2,70 m, T = 1,55 m, B1 = 2,10 m.
2. Hasil perhitungan hidrostatis, kapal pariwisata ini mempunyai *displacement* = 95,05 ton, *Cb* = 0,565, LCB = 10,936 m (dari FP). Hasil analisa stabilitas menunjukkan bahwa kapal memiliki nilai GZ maksimum terjadi pada kondisi I, II, III, VI, VII dan VIII. Dan nilai MG terbesar terjadi pada kondisi IX. Sedangkan nilai MG terkecil terjadi pada kondisi VIII. Untuk analisa olah gerak kapal, tipe *Moderate water* dengan spesifikasi tinggi gelombang 1,80 m dan periode gelombang 8,8 s, didapatkan hasil bahwa kapal katamaran pariwisata ini mempunyai olah gerak yang baik pada semua kondisi dan semua sudut *heading*. Hal ini terbukti dari tidak terjadinya *deck wetness* atau masuknya air ke dalam dek kapal.
3. Hasil *General Arrangement* (rencana umum) kapal didesain sesuai



kebutuhan 40 penumpang serta terdapat fasilitas yang memadai.

4. Hasil perhitungan hambatan dengan analisa *Hullspeed* (efisiensi 50%) dengan kecepatan penuh  $V=15$  knot didapatkan nilai *resistance* yang dialami kapal sebesar 26,05 kN dan power sebesar 538,99 HP. Dari hasil tersebut, maka dipilihlah motor penggerak berupa mesin dalam HND-DEUTZ-MWM BF6M1013MCP (*inboard*) sebanyak dua buah dengan *power* daya masing - masing sebesar 261 HP (*4 Stroke – Water Cooled*).
5. *Solar cell* yang digunakan berjumlah 48 buah diletakan pada deck kapal seluas 105,81 m<sup>2</sup>. Dengan *solarcell* didapatkan daya 6 kW dengan hambatan 1,67 kN pada kecepatan 3,53 knot.
6. Jumlah baterai yang digunakan sebanyak 10 buah dan *charger controller* sebanyak 7 buah. Dan dalam mode *hybrid* ditentukan 6 variasi mode yaitu, *Solar cell*, Baterai, *Solar cell* + Baterai, Generator, Baterai + Generator, *Solar cell* + Baterai + Generator.

## 5.2. SARAN

1. Adanya pengembangan lebih lanjut dalam studi perancangan kapal pariwisata dan dapat diaplikasikan secara nyata guna menunjang kegiatan pariwisata di daerah tersebut.
2. Adanya sumbangsih dari penelitian serupa yang menggunakan model secara fisik dan diuji dengan fasilitas kolam uji sangat diharapkan. Dengan harapan dapat menghasilkan data - data yang lebih riil sehingga kajian.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

Chandra Handy, Daniel Donal, etc. 2010 “**Kajian Aplikasi Sel Surya Sebagai Tenaga Penggerak Kapal Tanpa BBM**” Riset Terapan, Badan Penelitian Dan Pengembangan Kelautan Dan Perikanan, Kementrian Kelautan Dan Perikanan, Jakarta.

Danisman, Devrim Bulent, 2014, ” **Reduction of demi-hull wave interference resistance in fast displacement catamarans utilizing an optimized centerbulb concept**”, Istanbul

Technical University, Department of Naval Architecture

Gunungkidul, 2014, “**Potensi Kebudayaan dan Kepariwisataan Kabupaten Gunungkidul**”, Yogyakarta

Junaedy, 2006, ” **Analisa Teknis Perencanaan Kapal Patroli Cepat Dengan Bentuk Hull Katamaran**”, Tugas Akhir-LK 1347, ITS Surabaya.

Jun Kyoung Lee, Yoo Dong Wook, etc. 2012 “**Hybrid photovoltaic/diesel green ship operating in standalone and grid-connected mode e Experimental investigation**”, The School of Electrical Engineering, Pusan National University, Jangjeon-dong, Geumjung-gu, Busan, Republic of Korea

Ngumar, H.S, 2004, “ **Identifikasi Ukuran Kapal** “, Departemen Pendidikan Nasional, Direktorat Jendral Pendidikan Dasar dan Menengah, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan. Jakarta.

Santoso, IGM, Sudjono, YJ, 1983, ” **Teori Bangunan Kapal** “, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Indonesia.

V. Dubrousky, 2001, ” **Multi Hull Ships**“, *Backtone Publishing Company*, USA.

Yulianto Totok, etc. 2012, ”**Rancang Bangun Kapal Hybrid Trimaran Yang Handal Dan Efisien**”, Surabaya :ITS

Watson, D. , 1998, ”**Practical Ship Design**”, Vol.1, Elsevier Science Ltd., Kidlington, Oxford, UK.