

ANALISIS KINERJA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SEBAGAI PENGGERAK PROPELLER PADA PERAHU NELAYAN

Andreas Pangkung¹, A.M. Shiddiq Yunus¹, Oktapianus Ala², dan Dichersinarto R.²

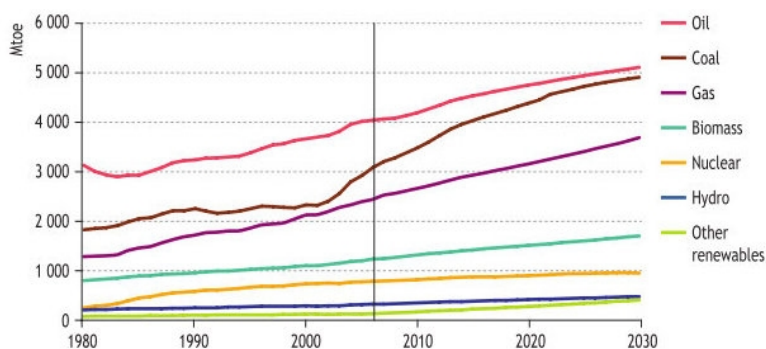
Abstrak: Indonesia sebagai negara yang terletak di wilayah garis Khatulistiwa memiliki potensi penyinaran 12 jam setiap hari sepanjang tahun. Semakin menipisnya cadangan minyak bumi membuat manusia harus mencari energi yang terbarukan. Solar sel merupakan sebuah alat yang dapat mengkonversi energi cahaya menjadi energi listrik. Penggunaan solar sel telah berkembang dalam berbagai bidang industri antara lain sebagai pendorong kegiatan ekonomi dan bahkan kebutuhan transportasi. Pada penelitian ini, solar sel digunakan sebagai sumber penggerak perahu menggunakan motor dc. Motor dc yang digunakan 0,9 Hp dengan 5 pengaturan kecepatan maju dan menggunakan perahu fiber kayu dimensi 8,2m x 0,75m x 0,7m. Hasil penelitian bahwa beban maksimum pada pengaturan kecepatan 5 dengan beban 4 orang (265 kg). Kecepatan maksimum 6,37 km/jam dan dapat bertahan hingga 2 jam 22 menit menggunakan baterai 100Ah. Dari pengujian, aplikasi ini dapat diterapkan dan bahkan dikembangkan dengan daya motor yang lebih besar.

Kata Kunci : *Garis Khatulistiwa, Energi Terbarukan, Solar Sel, Baterai, Motor DC, Perahu Fiber Kayu*

I. PENDAHULUAN

Energi merupakan aspek kehidupan yang kini menjadi sorotan manusia di seluruh dunia. Hal ini karena konsumsi dunia akan energi tidak kurang dari 80 persen yang dilayani oleh bahan bakar fosil (*Kompasiana*, 2013). Minyak, batubara dan gas adalah energi yang paling banyak digunakan. Sedangkan jika dilihat dari trend konsumsi energi, dapat dilihat bahwa konsumsi energi akan bertambah jika jumlah populasi dunia semakin meningkat.

Salah satu sumber energi terbarukan yang belum dimanfaatkan dengan optimal adalah cahaya matahari. Dengan letak Indonesia yang berada pada daerah khatulistiwa, yaitu pada 6°LU – 11°LS dan 95°BT – 141°BT serta dengan memperhatikan peredaran matahari dalam setahun berada pada daerah 23,5°LU dan 23,5°LS maka wilayah Indonesia akan selalu disinari matahari selama 10-12 jam dalam sehari (Baroken,1991) dengan intensitas yang tinggi 5,1 kWh/m²/hari.



Gambar 1. Konsumsi energi dunia dan prediksinya (1980-2030)
(Sumber : World Energy Outlook, 2008)

Adapun perkembangan solar sel, salah satunya pada bidang transportasi, baik transportasi darat, laut dan udara. Untuk transportasi laut, selama ini nelayan menggunakan solar sebagai bahan bakar untuk menggerakkan propeller perahu. Para nelayan kecil di sekitar sungai Lakkang melakukan

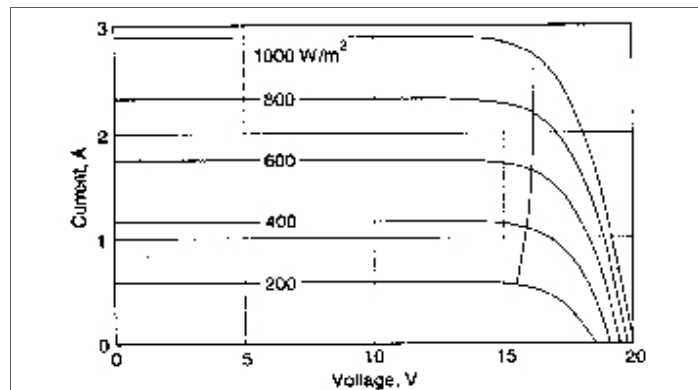
¹ Staf Pengajar D4 Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

² Alumni Program D4 Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

aktifitas melaut di lokasi perairan dangkal yang biasanya memiliki kedalaman 3-7 m dengan jarak 4-6 mil dari pantai. Selain untuk mencari ikan, para warga di Kelurahan Lakkang juga menggunakan perahu bermotor sebagai sarana transportasi. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dibahas mengenai pemanfaatan energi *solar cell* sebagai sumber penggerak pada perahu nelayan dan bagaimana hubungan kapasitas baterai dengan lama waktu beroperasi motor tempel listrik yang digunakan.

Energi Listrik Sel Surya

Sel surya dalam menghasilkan listrik tidak tergantung pada besaran luas bidang silikon, dan secara konstan menghasilkan energi berkisar ± 5 volt maksimum 6000 mV pada 2 amp, dengan kekuatan radiasi solar matahari $1000 \text{ W/m}^2 = \text{“1 Sun”}$ akan menghasilkan arus listrik (I) sekitar 30 mA/cm^2 per sel surya. Grafik I-V (Gambar 2.5) menggambarkan keadaan sebuah sel surya beroperasi secara normal. Sel surya menghasilkan energi maksimum jika nilai V_m dan I_m juga maksimum. I_{sc} adalah arus listrik maksimum pada nilai volt = nol; I_{sc} berbanding langsung dengan ketersediaan sinar matahari. V_{oc} adalah tegangan maksimum pada nilai arus nol; V_{oc} naik secara logaritma dengan peningkatan sinar matahari, karakter ini yang memungkinkan *solar cell* untuk mengisi baterai.



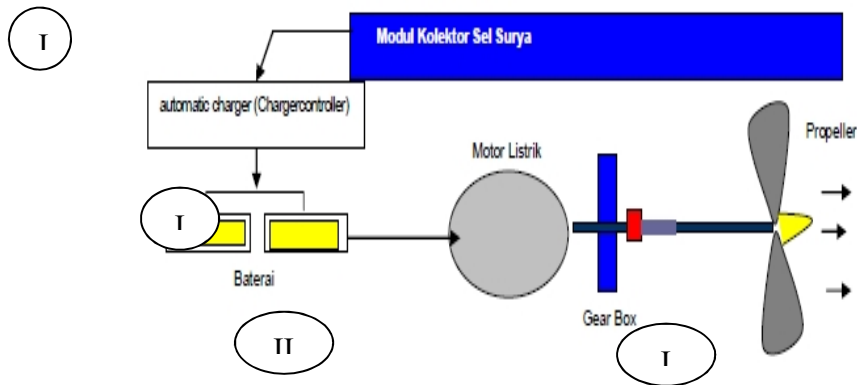
Gambar 2. Karakteristik Tegangan versus Arus untuk Beberapa Radiasi

Motor DC yang dipakai untuk propulsi perahu biasanya adalah motor DC jenis *shunt wound* karena kecepatan putar dari motor DC type shunt wound dapat diatur secara proporsional, dengan menerapkan voltase pada armaturnya sehingga pengaturan kecepatan pada sistem ini secara langsung diiringi oleh pengaturan voltase *output* dari sumber tenaga berdasarkan respon terhadap sebuah voltase acuan.

Berikut skema sistem pembangkit tenaga listrik perahu untuk menggerakkan propeller menggunakan motor dc.

Prinsip kerja dan proses perubahan bentuk energi pada perahu listrik tenaga surya yaitu :

- Proses I = Energi dirubah bentuknya dari energi radiai cahaya matahari ke energi listrik
- Proses II = Energi listrik yang dihasilkan oleh sel fotovoltaiik diatur tegangannya oleh *charge controller*
- Proses III = Baterai mengubah energi listrik menjadi energi kimia, dan pada saat disalurkan keluar, energi kimia dirubah menjadi energi listrik.
- Proses IV = Motor DC mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa putaran dan torsi yang ditransmisikan ke propeller perahu.



Gambar 3. Diagram sistem pembangkit listrik tenaga surya perahu (Sumber : Sudiyono,2008)

Berikut rumus-rumus perhitungan yang digunakan dalam pengujian kinerja pembangkit listrik tenaga surya sebagai penggerak motor tempel DC 0,9 Hp untuk perahu :

a. Daya input sel fotovoltaik

$$P_{Sun} = G \times A \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- P_{Sun} = daya input sel fotovoltaik (Watt)
- G = intensitas radiasi matahari ($Watt/m^2$)
- A = luasan sel fotovoltaik (m^2)

b. Daya output sel fotovoltaik

$$P_{solar\ cell} = V \times I \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- $P_{solar\ cell}$ = daya output sel fotovoltaik (Watt)
- V = tegangan (V)
- I = arus (A)

c. Efisiensi sel fotovoltaik

$$\eta = \frac{P_s}{P_s} \times 100\% \quad (\%) \dots\dots\dots (3)$$

d. Jarak jangkauan perahu

$$S = v \times t \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

- S = Jarak yang ditempuh (mil/km)
- v = Kecepatan perahu (knot, km/jam)
- t = Waktu yang ditempuh (jam)

e. Daya Mekanis Perahu

$$P_m = F \cdot v \dots\dots\dots (5)$$

dimana,

$$F = \mu \times N$$

$$= \mu \times m \times g \text{ (Newton)} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

- F = Gaya (N)
- μ = Koefisien gesek
- g = Gravitasi (m/s^2)
- v = Kecepatan (m/s)
- m = Massa (kg)

f. Daya input motor DC

$$P_{in\ m} = V_m \cdot I_m \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

- V_m = Tegangan motor (Volt)

I_m = Arus motor (Ampere)

g. Efisiensi motor

$$\eta_m = \frac{D}{D} \frac{m}{m} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

II. METODE PENELITIAN

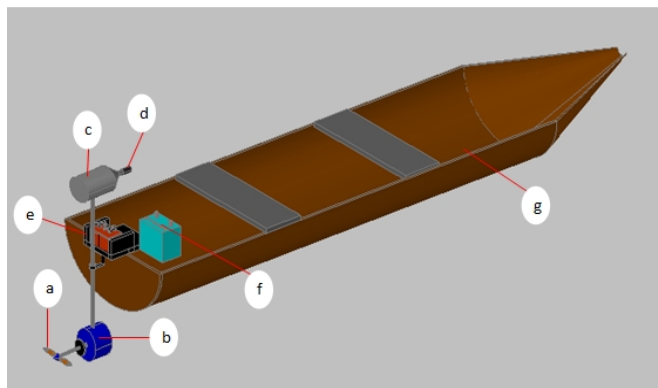
Tempat penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium dan Bengkel Mekanik Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang dan Sungai Tello serta waktu penelitian selama kurang lebih 6 bulan dari bulan Maret sampai dengan Agustus 2014.

Untuk melakukan penelitian ini, maka diperlukan :

- | | |
|---|---|
| 1. Panel Surya jenis RSM40 DSC 012-01 (0,36 m ²) dan Solarindo (0,4m ²) | |
| 2. Piranometer | 9. Meter rol |
| 3. Regulator | 10. Timbangan digital |
| 4. Stopwatch | 11. Tachometer |
| 5. Baterai jenis GS Astra 12V, 100 Ah | 12. Neraca Pegas |
| 6. Tang Ampere | 13. Motor penggerak arus DC 12V, 0,9 HP |
| 7. Voltmeter | 14. Perahu nelayan (8,2 m x 0,7 m x 0,75 m) |
| 8. Amperemeter | 15. Kabel secukupnya |

Prosedur pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. **Persiapan**
 Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data awal berupa ukuran perahu nelayan dan motor listrik yang akan digunakan dalam penelitian. Mengecek baterai yang akan digunakan dari tegangan dan arusnya dalam kondisi full serta memastikan setiap komponen yang digunakan dalam kondisi yang baik. Pada tahap ini juga dilakukan pengukuran jarak tempuh untuk mengetahui kecepatan perahu.
2. **Pra Pengujian Lapangan**
 Pada tahap ini dirancah dudukan mesin pada perahu nelayan dan dirancah rangkaian listrik untuk menghubungkan baterai, motor listrik dan tang ampere. Yang perlu diperhatikan adalah agar motor tidak terbakar karena arus yang masuk berlebih. Pada uji ketahanan baterai, motor di *running* di dalam bak air untuk mendapatkan pembebanan. Dalam tahap ini juga dirancah skema pengisian baterai.



Gambar 4. Skema Penggabungan Perahu Nelayan dan Motor Penggerak Propeller

Keterangan gambar :

- | | |
|----------------------------|-------------------|
| a. Propeller perahu | e. Dudukan mesin |
| b. Motor box | f. Baterai |
| c. Kontrol box | g. Perahu nelayan |
| d. Tuas pengatur kecepatan | |

3. **Pengujian Lapangan**

- Pengujian di Sungai Tello
Setelah dibuat rangkaian listrik dan motor dalam keadaan yang aman, kemudian motor dijlankan dengan tahapan awal *running test* (motor dijalankan di atas permukaan air) kemudian motor dicelupkan ke dalam air dan mulai dijalankan pada *speed* 1 sampai *speed* 5, dilakukan pencatatan data (arus dan tegangan) hingga waktu yang ditentukan.



Gambar 5. Perahu yang digunakan untuk pengambilan data

Data Utama Perahu :

Dimensi : 8,20 m x 0,7 m x 0,75 m (p x l x t)
Bahan : Fiber dan Kayu

- Pengujian di Kampus Politeknik Negeri Ujung Pandang
Pada tahap ini dilakukan pengisian aki menggunakan solar cell dengan variasi jumlah solar cell, dilakukan pencatatan data (intensitas matahari, arus dan tegangan input baterai).
Setelah dilakukan pengujian, maka pengumpulan data dilakukan dengan cara membaca langsung hasil yang diperoleh dan selanjutnya analisa data dilakukan dengan metode statistik sederhana. Pada tahap akhir yaitu akan dilihat hasil pengujian dengan menampilkan karakteristik-karakteristik dari motor DC 0,9 HP penggerak perahu.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengumpulan data dan perhitungan sistem pembangkit listrik tenaga surya sebagai penggerak propeller perahu nelayan menggunakan data sesaat dan harian, diperoleh hasil yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Kecepatan kondisi Tidak Melawan Arus

v (km/jam)	Speed I	Speed II	Speed III	Speed IV	Speed V
Beban II	2,25	2,84	3,30	4,52	6,37
Beban III	2,09	2,40	3,08	4,32	6,03
Beban IV	1,91	2,14	2,75	4,27	5,27

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 2. Kecepatan kondisi Melawan Arus

v (km/jam)	Speed I	Speed II	Speed III	Speed IV	Speed V
Beban II	0,71	1,40	2,65	3,06	5,55
Beban III	0,67	0,85	1,29	1,95	3,63
Beban IV	0,61	0,73	1,19	1,74	3,38

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 3. Konsumsi Arus Kondisi Tidak Melawan Arus

Arus(A)	Speed I	Speed II	Speed III	Speed IV	Speed V
Beban II	5,33	6,55	12,51	14,94	35,6
Beban III	5,31	6,39	12,08	14,51	34,57
Beban IV	4,72	5,78	11,78	14,28	32,82

Sumber : Pengambilan Data

Tabel 4. Konsumsi Arus Kondisi Melawan Arus

Arus (A)	Speed I	Speed II	Speed III	Speed IV	Speed V
Beban II	5,53	6,58	12,52	15,37	36,24
Beban III	5,43	6,51	12,31	14,88	34,97
Beban IV	5,21	6,46	11,86	14,37	33,08

Sumber : Pengambilan Data

Tabel 5. Daya Kondisi Tidak Melawan Arus

P (Watt)	Speed I	Speed II	Speed III	Speed IV	Speed V
Beban II	64,98	80,28	153,92	183,81	434,32
Beban III	64,83	77,98	147,13	174,12	414,86
Beban IV	54,02	68,06	137,85	165,65	380,01

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 6. Daya Kondisi Melawan Arus

P (Watt)	Speed I	Speed II	Speed III	Speed IV	Speed V
Beban II	67,42	80,96	154,05	189,05	442,13
Beban III	66,27	80,10	149,49	180,10	419,64
Beban IV	55,23	72,40	138,55	167,00	381,74

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 7. Data hasil pengujian waktu konsumsi untuk beban maksimum (4 orang) dengan speed 5

No.	Konsumsi energi baterai	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)
1.	100%-80%	57 : 42,9	12,2	37,11
2.	80%-70%	1 : 14 : 52,8	11,8	34,07
3.	70%-60%	1 : 26 : 47,9	11,7	32,41
4.	60%-50%	1 : 32 : 59,4	11,5	32,01
5.	50%-40%	1 : 40 : 10,5	11,4	30,77
6.	40%-30%	1 : 45 : 22,3	11,2	31,63
7.	30%-20%	1 : 49 : 32,3	11	30,68
8.	20%-10%	1 : 51 : 51,7	8,5	25,12
9.	10%-0%	2 : 22 : 29,1	6,6	15,57

Sumber : Pengambilan Data

Tabel 8. Data hasil pengujian waktu konsumsi untuk beban maksimum (4 orang) dengan speed 5

No.	Pengukuran			Perhitungan	
	Tegangan (V)	Arus (A)	Waktu	Output	Input
1.	12,2	37,11	9 : 53		2,7
2.	12,2	37,01	9 : 58		1,5
3.	12,2	36,35	10 : 03		3,5
4.	12,1	35,88	10 : 08		4,5
5.	12,1	34,79	10 : 13		1,0
6.	12,1	35,35	10 : 18		7,7
7.	12,0	34,88	10 : 23		8,6
8.	12,0	34,25	10 : 28		1,0
9.	11,9	33,86	10 : 33		2,9
10.	11,9	33,97	10 : 38		404,2
11.	11,9	33,67	10 : 43		400,7
12.	11,8	33,93	10 : 48		400,4
13.	11,8	34,07	10 : 53		402,0
14.	11,7	32,81	10 : 58		383,9
15.	11,7	32,63	11 : 03		381,88

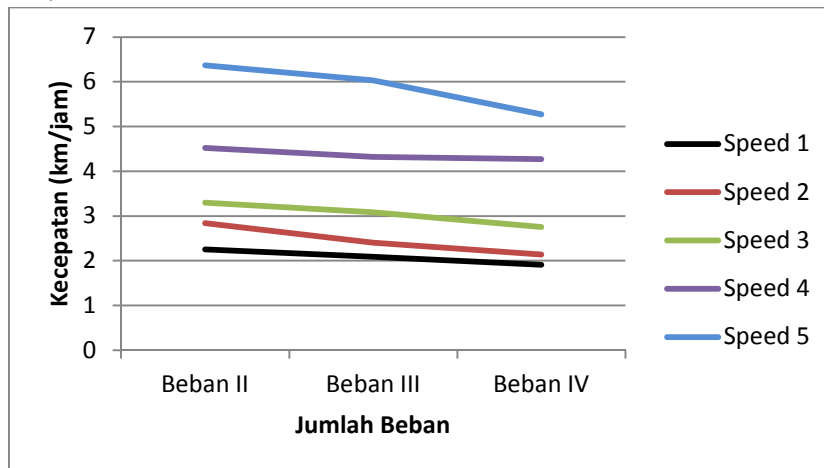
Melawan Arus Sungai

16.	11,7	32,41	11 : 08	379,2
17.	11,6	31,97	11 : 13	370,9
18.	11,5	32,01	11 : 18	368,1
19.	11,4	31,53	11 : 23	359,4
20.	11,4	30,77	11 : 28	350,8
21.	11,2	31,63	11 : 33	354,3
22.	11	30,57	11 ; 38	336,3
23.	11	30,68	11 : 43	337,5
24.	8,5	25,12	11 : 48	213,5
25.	8,4	22,64	11 : 53	190,2
26.	7,2	17,35	11 : 58	124,9
27.	6,6	15,57	12 : 15	102,8

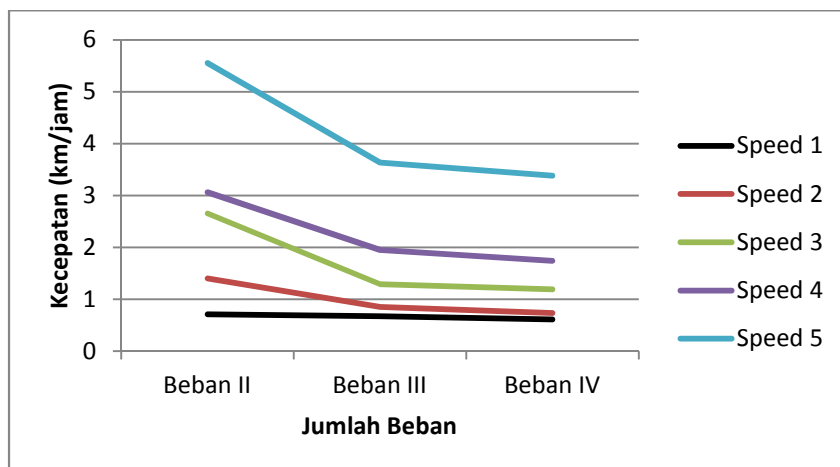
Tidak Melawan Arus Sungai

Sumber : Pengambilan Data

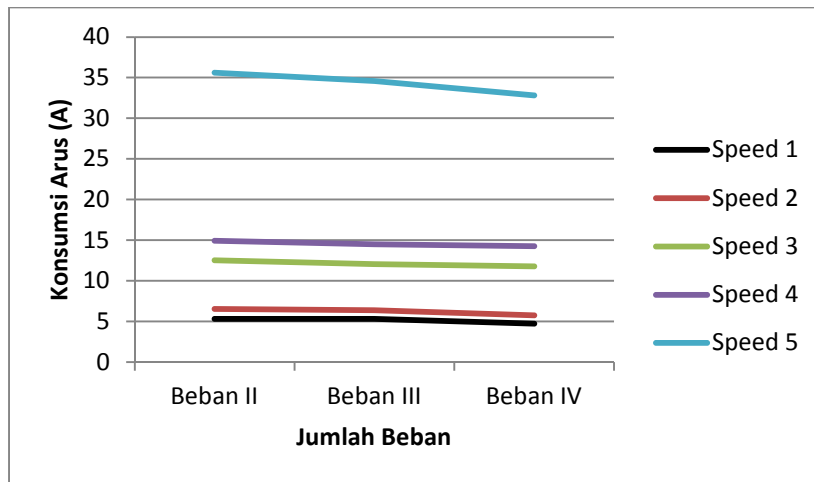
Grafik hubungan antara pengaruh beban, kecepatan, arus dan daya dapat dilihat pada grafik-grafik di bawah ini :



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Jumlah Beban dan Kecepatan pada kondisi Tidak Melawan Arus Sungai
 Ket : Beban II = 137 kg Beban III = 200 kg Beban III = 265 kg
 *Beban belum termasuk berat perahu.



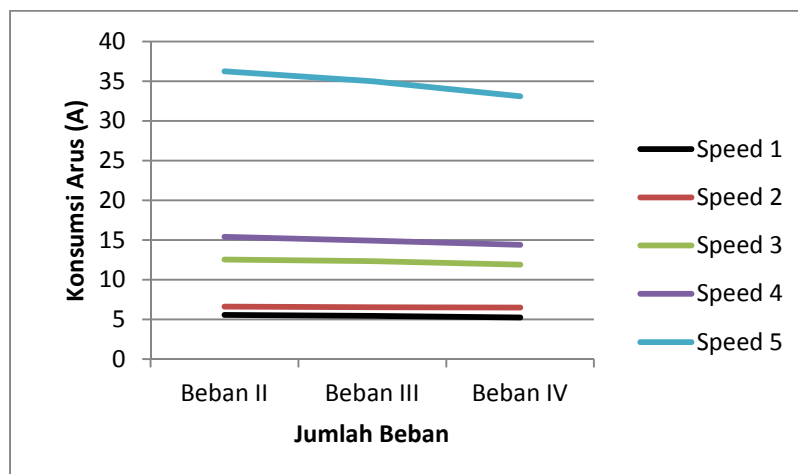
Gambar 7. Grafik Hubungan antara Jumlah Beban terhadap Kecepatan pada Kondisi Melawan Arus Sungai
 Ket : Beban II = 137 kg Beban III = 200 kg Beban III = 265 kg
 *Beban belum termasuk berat perahu.



Gambar 8. Grafik Hubungan antara Jumlah Beban terhadap Konsumsi Arus pada Kondisi Tidak Melawan Arus Sungai

Ket : Beban II = 137 kg Beban III = 200 kg Beban III = 265 kg

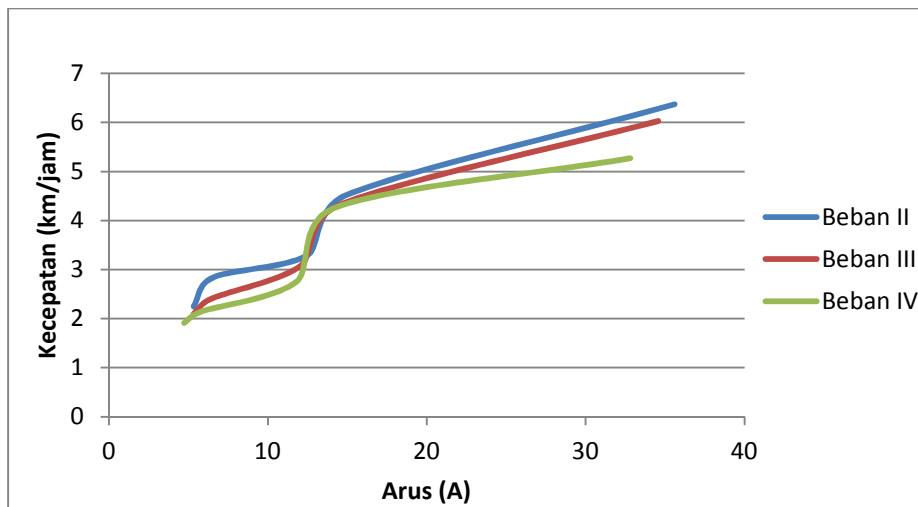
*Beban belum termasuk berat perahu.



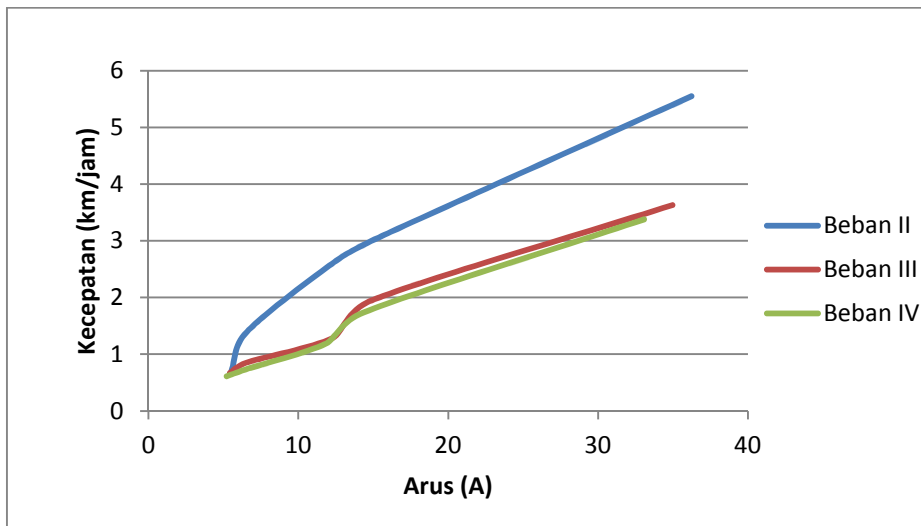
Gambar 9. Grafik Hubungan antara Jumlah Beban terhadap Konsumsi Arus pada Kondisi Melawan Arus Sungai

Ket : Beban II = 137 kg Beban III = 200 kg Beban III = 265 kg

*Beban belum termasuk berat perahu.

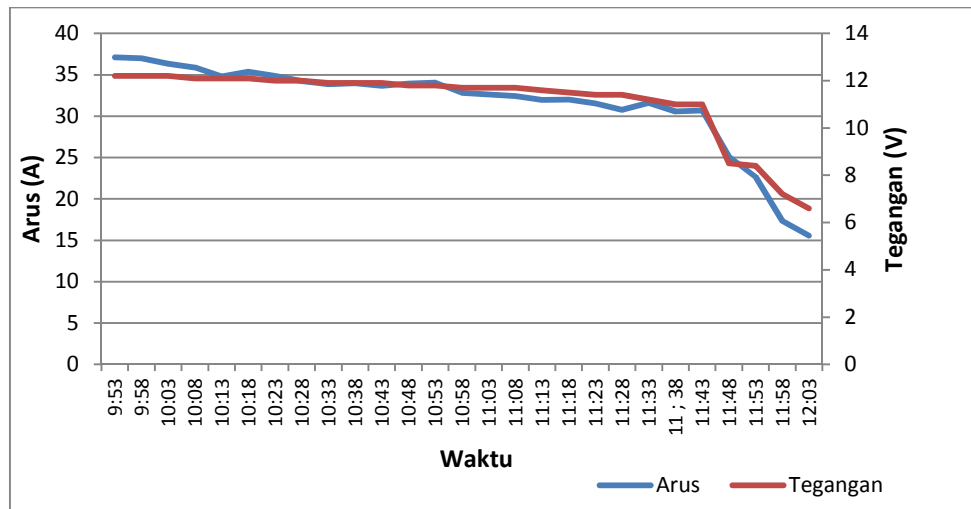


Gambar 10. Grafik Hubungan antara Arus terhadap Kecepatan pada Kondisi Tidak Melawan Arus Sungai



Gambar 11. Grafik Hubungan antara Arus terhadap Kecepatan pada Kondisi Melawan Arus Sungai

Grafik penggunaan baterai 100 Ah untuk menggerakkan motor tempel DC 0,9 Hp pada kondisi *speed 5* dapat dilihat pada beberapa grafik di bawah ini :



Gambar 12. Grafik hubungan antara Tegangan dan Arus Baterai terhadap Waktu pada Speed 5 Motor 0,9 HP

Pengujian untuk pemakaian baterai 100 Ah dilakukan dengan menggunakan pengaturan kecepatan maksimum yaitu *speed 5* dengan beban 265 kg (belum termasuk beban perahu). Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai waktu minimum yang dapat dicapai jika menggunakan motor tempel 0,9 Hp dengan kapasitas 100 Ah. Pengujian dilakukan dengan menyusuri sungai Tello yang dimulai dari Dermaga Lakkang pada pukul 9:53 WITA dengan tegangan baterai mula-mula yaitu 12,2 V dimana arus maksimum yang diserap motor 37,11 A. Selama perjalanan tegangan dan arus ini menurun hingga mencapai titik jenuhnya pada pukul 11:48 WITA yaitu tegangan 8,5V dan arus 25,12 A. Hingga kondisi kapasitas baterai tersisa 10 % pengambilan data terakhir pada pukul 12:03 menunjukkan tegangan baterai yaitu 6,6% dan arus 15,57 A.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan yang telah dilakukan terhadap sistem pembangkit listrik tenaga surya sebagai penggerak propeller pada perahu nelayan, maka diperoleh kesimpulan bahwa arus keluaran dari 2 buah panel RSM40 012-01 dan Solarindo belum dapat diandalkan. Arus keluaran rata-rata yang diperoleh jika menggunakan 1 modul sel surya jenis RSM40 012-01 adalah 1,57 A. Jika menggunakan 2 modul yaitu sel surya jenis RSM40 012-01 dan Solarindo yang dihubungkan secara paralel rata-rata 2,49 A. Oleh karena itu, untuk efektifitas terhadap waktu pengisian baterai masih mengandalkan pengisian dengan sumber PLN dengan arus keluaran rata-rata 19,02 A untuk mengisi baterai kapasitas 100 Ah. Dimana dengan sebuah baterai kapasitas 100 Ah, motor listrik penggerak propeller pada perahu nelayan mampu bertahan hingga 2 jam 22 menit pada pengaturan *speed 5* dengan kecepatan maksimum yang dapat ditempuh oleh motor tempel DC 0,9 Hp yaitu sebesar 6,37 km/jam menggunakan perahu fiber kayu jenis ketinting berdimensi 8,2 m x 0,7 m x 0,75 m dan beban seberat 265kg. Namun jika merujuk dengan referensi yang ada, aplikasi solar sel untuk perahu ini masih dapat digunakan jika menggunakan jenis solar sel dengan output yang besar dan waktu penggunaan juga dapat ditingkatkan dengan penambahan jumlah baterai. Adapun untuk pengembangan pengujian selanjutnya agar mendapatkan perbandingan yang lebih riil dengan kondisi lapangan, pengujian seharusnya menggunakan motor tempel DC 5 Hp sesuai dengan kapasitas mesin tempel nelayan pada umumnya yaitu 5 Hp untuk mengetahui kelayakan penggantian mesin tempel nelayan konvensional yang masih menggunakan bensin/solar.

V. DAFTAR PUSTAKA

Ama, Idham. dkk. "Objek Wisata Air Masa Depan". Dalam *Harian Pagi Fajar Makassar*, 7 September 2014. Makassar.

- Astuti, Septin Puji. 2013. "Jika Suatu Negara Bergantung Hanya Kepada Minyak Bumi". Dalam *Kompasiana*, 11 April 2013. Jakarta.
- Apollo, 2011. *Bahan Ajar Sistem Pembangkit Energi 3*. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Bintaro, Akimobil team. 2014. *Cara Benar Memilih Aki yang Baik*. (Online), (<http://akimobil.com/9-news-and-tips/5-cara-benar-memilih-aki-yg-baik>), diakses 7 Oktober 2014).
- IEA. 2008. *World Energy Outlook 2008*, Paris.
- Ikawati, Yuni. 2011. "Mengembangkan Kapal Bersistem Hibrida". Dalam *Kompas*, 14 April 2011. Jakarta.
- Kristian, Arianto Limbu dkk. 2012. Laporan Akhir, "Rancang Bangun Panel Sel Surya dengan Menggunakan Transistor".
- Lukman, dkk. 1993. Proyek Akhir, "Pembuatan Mobil Listrik Tenaga Surya".
- Nardi, Adi dkk. 2011. Laporan Akhir, "Uji Kinerja Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Energi Surya dan Energi Bayu (PLTH-SB) Pada Kapal Nelayan".
- Pusat Riset Teknologi Kelautan (PRTK)-BRKP, 2010. Laporan Akhir, "Kajian Aplikasi Sel Surya sebagai Sumber Tenaga Penggerak Kapal tanpa BBM".
- Sudiyono, dkk. Perancangan dan Pembuatan Kapal Wisata dengan Motor Generator Listrik Tenaga Surya sebagai Energi Alternatif Penggerak Propeller, *JURNAL TEKNIK MESIN* Vol.10 No. 1, April 2008.
- Syam, Hardy. 1994. *Dasar-Dasar Teknik Listrik Aliran Rata*. PT. Rineka Cipta : Jakarta.
- Vries de Pieter, dkk. *Buku Panduan Energi yang Terbaharukan*. Contained Energi Indonesia.
- Wibowo, Abdi. 2012. *Bahan Ajar Energi Alternatif*. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Yusuf, Muh. dkk. 2013. *Tips Memilih Aki Mobil*, (Online), (abuiramnews.wordpress.com/2013/11/25/tips-memilih-aki-mobil/), diakses 7 Oktober 2014).