

# Perancangan *Automatic Transfer Switch* (ATS) Pembangkit Listrik Hibrid Panel Surya dan Generator untuk Bagan Apung

Muhammad Baharuddin Arif Aswar<sup>1</sup>, Faisal Mahmuddin<sup>1\*</sup>, Anugrah Darma Lestari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin  
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

\*Email: f.mahmuddin@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112021.09

## Abstrak

Usaha penangkapan ikan dengan bagan apung mempunyai manfaat yang besar untuk perikanan skala kecil. Perkembangan perikanan bagan apung cukup bagus di Indonesia, terutama dilihat dari segi produksi dan upaya tangkap. Kendala kekurangan sumber penerangan menjadi masalah utama yang dihadapi para nelayan di atas bagan apung karena sumber pembangkit listrik yang digunakan biasanya berasal dari pembangkit listrik tenaga konvensional (generator bensin). Pembangkit listrik hibrid merupakan salah satu inovasi pembangkit listrik yang dapat memanfaatkan penggunaan energi terbarukan dan menjadi solusi untuk menghasilkan energi alternatif di atas bagan apung. *Automatic Transfer Switch* (ATS) sistem pembangkit listrik hibrid dirancang untuk *switch* otomatis ketika sistem pembangkit listrik utama telah mencapai batas nilai tegangan yang ditentukan yaitu 11V dan dirancang pula untuk *switch* otomatis ketika sistem pembangkit listrik cadangan telah mencapai batas nilai tegangan yang ditentukan yakni 10V. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sumber pembangkit listrik utama menyuplai beban 240W selama 44 menit dengan rata-rata arus pemakaian 0.182A sedangkan sumber pembangkit listrik cadangan menyuplai 240W selama 28 menit dengan rata-rata arus pemakaian 0.177A.

## Abstract

*Design of Automatic Transfer Switch (ATS) Hybrid Solar Panel and Generator Power Plant for Floating Fishnet.*

Fishing business with floating nets has great benefits for small-scale fisheries. The development of the floating fishnet is quite good in Indonesia, especially in terms of production and fishing production. The problem of lack of lighting sources is the main problem faced by fishermen on the floating fishnet because the source of electricity used usually comes from conventional power plants (gasoline generators). Hybrid power plant is one of the power plant innovations that can take advantage of the use of renewable energy and become a solution to produce alternative energy on a floating fishnet. Automatic Transfer Switch (ATS) of hybrid power generation system is designed for automatic switch when the main power generation system has reached the specified voltage limit of 11V and is also designed for automatic switch when the backup power generation system has reached the specified voltage limit of 10V. The results obtained indicate that the main power generation source supplies 240W of load for 44 minutes with an average consumption current of 0.182A, while the backup power source supplies 240W for 28 minutes with an average current of 0.177A.

**Kata Kunci:** *Automatic transfer switch, bagan apung, energi surya, pembangkit listrik hibrid*

## 1. Pendahuluan

Energi surya yang dikonversikan menjadi energi listrik disebut juga dengan energi photovoltaic. Pada awalnya teknologi ini digunakan sebagai pembangkit listrik di daerah pedesaan terpencil kemudian berkembang menjadi lampu penerangan jalan berenergi surya, penyediaan listrik di tempat umum seperti rumah peribadatan, pelayanan kesehatan, instansi-instansi pemerintah. Selain itu telah tersedia pula pompa air tenaga surya, yang digunakan untuk pengairan irigasi atau sumber air bersih [1].

Panel surya merupakan komponen yang berfungsi untuk mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik [2]. Photovoltaic cell dibuat dari material semikonduktor terutama silikon yang dilapisi oleh bahan tambahan khusus. Jika cahaya matahari mencapai cell maka elektron akan terlepas dari atom silikon dan mengalir membentuk sirkuit listrik sehingga energi listrik dapat dibangkitkan [3].

Sel surya selalu didesain untuk mengubah cahaya menjadi energi listrik sebanyak-banyaknya dan dapat digabung secara seri atau paralel untuk menghasilkan tegangan dan arus yang diinginkan [4]. Kondisi iklim (misal awan



dan kabut) mempunyai efek yang signifikan terhadap jumlah energi matahari yang diterima sel sehingga akan mempengaruhi pula unjuk kerjanya [5], [6].

Sel surya bekerja berdasarkan efek fotoelektrik pada material semikonduktor untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Proses pengubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya fotovoltaik berupa semikonduktor. Lebih tepatnya tersusun atas dua jenis semikonduktor; yakni jenis n dan jenis p. Semikonduktor jenis n merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif, ( $n = \text{negatif}$ ). Sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan hole, sehingga disebut dengan p ( $p = \text{positif}$ ) karena kelebihan muatan positif [7]. Apabila jumlah energi cahaya matahari yang diterima sel surya berkurang atau intensitas cahayanya melemah, maka besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan juga akan menurun. Penurunan tegangan relatif lebih kecil dibandingkan penurunan arus listriknya [8].

Salah satu sistem pembangkit listrik hibrid yang berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia adalah kombinasi antara sel surya (photovoltaic) dengan generator. Potensi sumber energi matahari di Indonesia mencapai rata-rata 4,5 kWh per meter persegi per hari, matahari bersinar berkisar 2000 jam per tahun, sehingga Indonesia tergolong kaya sumber energi matahari [9].

Sistem hibrid adalah kombinasi dari satu atau lebih sumber energi terbarukan seperti solar, angin, micro/mini hydropower dan biomassa dengan teknologi lain seperti *battery* dan generator diesel. Khususnya, sistem hibrid solar yang dikembangkan dengan kombinasi solar dengan *battery* dan diesel generator. Sebagai pembangkit listrik off-grid, sistem hibrid menawarkan daya bersih dan efisien yang dalam banyak kasus lebih hemat biaya daripada sistem diesel tunggal. Sehingga, penggunaan energi terbarukan menjadi solusi untuk sistem pembangkit listrik sekarang ini [10]. Salah satu persyaratan utama untuk sistem hibrid adalah untuk memastikan aliran daya yang berkelanjutan dengan menyimpan kelebihan energi dari sumber energi terbarukan [11].

Sistem pembangkit listrik hibrid PV-Diesel adalah kombinasi antara energi surya dengan

diesel generator [12]. Sistem hibrid tersebut biasa digunakan pada kapal-kapal berukuran besar yang memiliki beban kelistrikan yang relatif besar. Hal tersebut dikarenakan apabila pada kapal berukuran besar hanya menggunakan sistem pembangkit listrik tenaga surya (stand-alone), kebutuhan daya listrik di kapal tidak dapat terpenuhi disebabkan keterbatasan ruang di kapal [9].

Penggunaan sistem hibrid dapat diterapkan pada bangunan-bangunan terapung (floating platform) sebagai pemasok sumber pembangkit listrik. Bagan apung yang awalnya mengandalkan generator sebagai pemasok listrik, dengan sistem hibrid pasokan listrik juga dapat diperoleh dari penggunaan sel surya (photovoltaic) [13]. Dengan menerapkan sistem hibrid pada bangunan-bangunan apung (floating platform) diharapkan pasokan listrik yang tersedia dapat mencukupi selama operasi penangkapan ikan dan dapat mengurangi kebutuhan terhadap bahan bakar fosil serta mengurangi emisi gas buang dari penggunaan generator.

Untuk dapat mengaplikasikan sistem hibrid pada bangunan apung seperti bagan, diperlukan sebuah sistem kontroler yang disebut dengan *automatic transfer switch* (ATS). ATS ini akan mengatur penggunaan daya dari aki dan panel surya sesuai dengan kondisi yang ada.

Bagan adalah alat tangkap yang menggunakan cahaya sebagai alat untuk menarik dan mengumpulkan ikan di daerah cakupan alat tangkap, sehingga memudahkan dalam proses penangkapan selanjutnya [14]. Bagan dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu bagan tancap dan bagan apung [15].

Pada penelitian sebelumnya, Meti, dkk [16] telah merancang sebuah sistem monitoring panel surya yang dapat memonitor energi yang dikonversi oleh sebuah sistem photovoltaic. Untuk itu, pada penelitian ini akan dilakukan perancangan sebuah sistem yang tidak hanya menggunakan sistem photovoltaic sebagai sumber listrik tetapi juga menggunakan aki/*battery*.

## 2. Metode

### 2.1. Objek Penelitian

Objek dari penelitian mengenai sistem pembangkit listrik hibrid panel surya



(photovoltaic) dan generator adalah bagan ikan. Bagan ikan merupakan salah satu alat tangkap yang digunakan oleh masyarakat nelayan dalam menangkap ikan. Bagan ikan memanfaatkan cahaya untuk menarik dan mengumpulkan ikan pada daerah cakupan alat tangkap yang dilengkapi dengan jaring berbentuk kubus [14].



Gambar 1. Bagan apung

Keperluan pasokan sumber listrik untuk penerangan pada bagan ikan umumnya dihasilkan oleh generator. Oleh sebab itu, melalui penelitian ini diharapkan dengan menggunakan panel surya (photovoltaic) sebagai sumber pembangkit listrik utama dapat menggantikan atau mengalihfungsikan penggunaan generator. Panel surya (photovoltaic) digunakan untuk menyuplai tegangan yang dihasilkan dari panas matahari kemudian disimpan ke *battery* untuk dipergunakan di malam hari. Ketika penggunaan *battery* di atas bagan ikan telah mencapai batas optimum, maka dilakukan pergantian (switch) otomatis dari *battery* ke generator.

## 2.2. Komponen Utama

### 2.2.1. Panel Surya

Panel surya berfungsi sebagai perubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Spesifikasi panel surya yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Merk	: GSE Solar Panel
Type	: SP80-12P
Maximum Power (Pmax)	: 80 W
Open-circuit voltage (Voc)	: 21.24 V
Short-circuit current (Isc)	: 5.05 A
Voltage at Pmax (Vmp)	: 18 V
Current Pmax (Imp)	: 4.45 A
Maximum system voltage	: 1000 V



Gambar 2. Panel (modul) surya

### 2.2.2. Generator

Generator merupakan alat yang digunakan sebagai sumber pembangkit cadangan yang memback-up beban kerja dari panel surya ketika beroperasi. Spesifikasi generator yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Merk	: POWERZONE PG-1800
Bahan Bakar	: Gasoline
Max. Output	: 1000 W
Rated Output	: 900 W
Rated Voltage	: 220 V
Frequency	: 50 Hz



Gambar 3. Generator

### 2.2.3. Battery/Aki

*Battery* berfungsi menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh modul surya sebelum dimanfaatkan untuk menggerakkan beban. *Battery* tersebut mengalami proses siklus menyimpan dan mengeluarkan, tergantung pada ada atau tidak adanya sinar matahari. Spesifikasi *battery* yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu:

Merk	: Motolite
Type	: MFN50Z
Capacity	: 60Ah



Gambar 4. Battery/Aki

#### 2.2.4. Inverter

Inverter merupakan peralatan elektronika yang berfungsi untuk mengubah arus listrik searah (DC) dari panel surya atau battery menjadi arus listrik bolak-balik (AC) dengan frekuensi 50Hz/60Hz. Pemilihan inverter yang tepat untuk aplikasi tertentu, tergantung pada kebutuhan beban dan juga tergantung pada apakah inverter akan menjadi bagian dari sistem yang terhubung ke jaringan listrik atau sistem yang berdiri sendiri. Efisiensi inverter pada saat pengoperasian adalah sebesar 90% (Foster dkk., 2010).

Inverter merupakan alat pengubah arus searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC). Spesifikasi inverter yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Merk : SUOER POWER INVERTER  
 DC input : 12V  
 AC output : 230V  
 Power : 500W



Gambar 5. Inverter

#### 2.2.5. Charge Controller

Charger Controller adalah indikator yang akan memberikan informasi mengenai kondisi battery sehingga pengguna PLTS dapat mengendalikan konsumsi energi menurut ketersediaan listrik yang terdapat di dalam battery. Saat ini banyak perangkat Charge Controller yang beredar di pasaran yang memiliki efisiensi sekitar 95 % [17].

Charge controller merupakan alat yang berfungsi sebagai pengontrol pengisian battery, mengatur arus searah yang diisi ke battery dan diambil dari battery ke beban. Spesifikasi charge controller yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Merk : MIKACHI  
 Type : RTD1220  
 Charge current: 20A  
 Batt Voltage : 12V / 24V auto



Gambar 6. Solar charge controller

#### 2.2.6. Arduino

Arduino Uno merupakan board mikrokontroler berbasis ATmega328. Arduino Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal sehingga dapat digunakan untuk mengatur suatu rangkaian bahkan mengendalikannya. Spesifikasi Arduino Uno yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Mikrocontroller : ATmega328  
 Operating Voltage : 5V  
 Input Voltage : 6-20V 43  
 Digital I/O Pins : 14 (of which 6 provide PWM Output)  
 Flash Memory : 32KB



Gambar 7. Arduino Uno R3

### 2.2.7. Sensor Arus

Sensor arus merupakan perangkat untuk mendeteksi besarnya arus yang terdapat didalam rangkaian. Spesifikasi sensor arus yang digunakan adalah sebagai berikut:

- 5V power supply
- On-board power indicator
- Bidirectional current measurement up to 30A
- Analog output with a sensitivity of 66 mV/A



Gambar 8. Sensor arus ACS712-30A

### 2.2.8. Relay

Relay merupakan jenis golongan saklar yang dimana beroperasi berdasarkan prinsip elektromagnetik yang dimanfaatkan untuk menggerakkan kontaktor guna menyambungkan rangkaian secara tidak langsung. Spesifikasi *relay* yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Rated Voltage : 12VDC
- Rated Current : 75mA
- Power : 160 Ohm
- Maximum Switching Current/Volt (DC) : 5A/28 Volt DC
- Maximum Switching Current/Volt (AC) : 5A/240 Volt AC



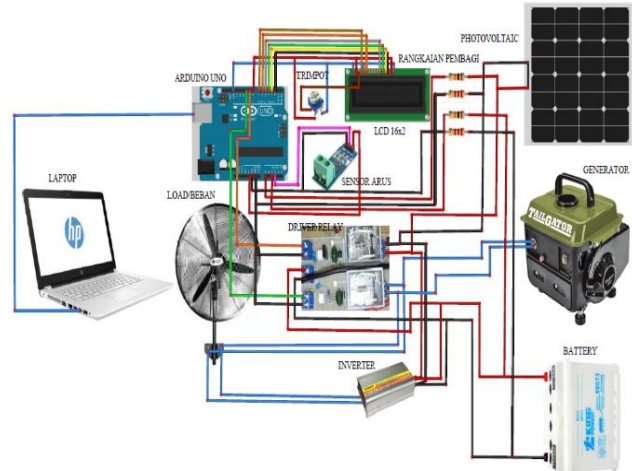
Gambar 9. Relay

### 2.3. Hasil Perakitan Sistem

Dalam penelitian ini dilakukan perancangan perangkat keras (hardware) disertai dengan penkodean agar komponen-komponen tersebut dapat bekerja dengan baik. Perancangan perangkat keras meliputi perancangan sensor tegangan dan sensor arus sebagai nilai input, perancangan kontroller driver *relay*

menggunakan Arduino Uno serta perancangan LCD sebagai penampil output dari keseluruhan kerja sistem pembangkit listrik hibrid.

Hasil perancangan sistem yang dibuat dalam penelitian ini ditampilkan dalam bentuk gambar rangkaian sehingga mudah untuk dipahami seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.



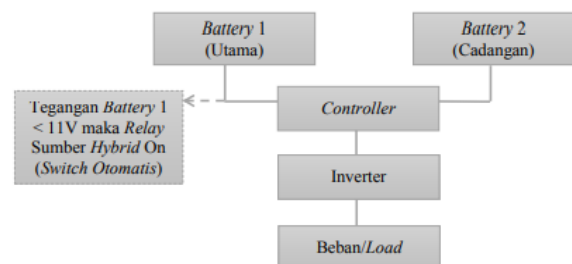
Gambar 10. Hasil perancangan sistem pembangkit listrik hibrid

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Pengujian *Switch* Otomatis Sumber Utama-Cadangan

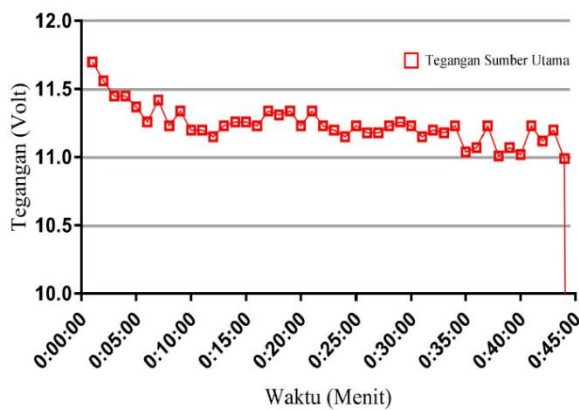
Pengujian *switch* otomatis sistem pembangkit listrik hibrid dilakukan dengan mengatur batas nilai minimum tegangan yang dapat menyuplai beban pada sumber pembangkit listrik utama dengan menggunakan setting controller pada program IDE Arduino Uno R3. Tegangan minimum yang digunakan pada sumber pembangkit listrik utama sebesar 11V.

Pada pengujian ini, ketika tegangan sumber pembangkit listrik utama < 11V maka suplai beban akan dipindahkan ke sumber pembangkit listrik cadangan secara otomatis yang ditandai dengan indikator lampu LED menyala.

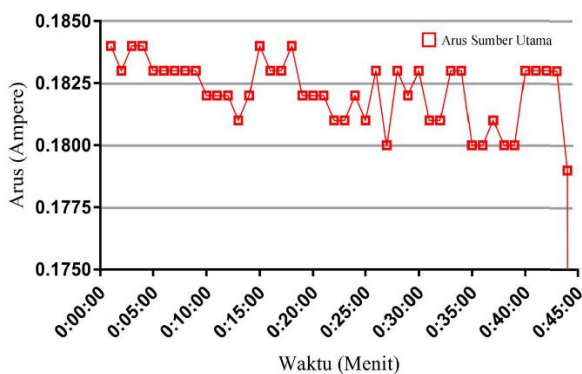


Gambar 11. Skema *switch* otomatis sumber utama - cadangan

Sumber pembangkit listrik utama dan sumber pembangkit listrik cadangan yang digunakan pada pengujian ini menggunakan *battery 1* dan *battery 2* yang dihubungkan pada kontroller. Kemudian menghubungkan kontroller dengan inverter dengan memperhatikan pemasangan kabel pada kutub positif dan kutub negatif dengan benar. Saat tegangan *battery 1* < 11V maka *relay* sumber *hybrid* On (*Switch* Otomatis) akan mengubah arus listrik DC yang dihasilkan dari *battery 1* maupun *battery 2* menjadi arus AC untuk dialiri masuk ke beban. Beban yang digunakan pada pengujian ini sebesar 240W.



Gambar 12. Perubahan tegangan sumber utama



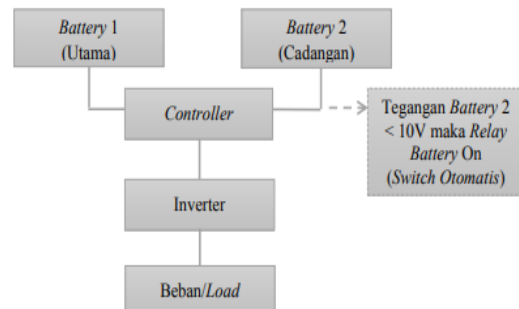
Gambar 13. Perubahan arus sumber utama

Berdasarkan Gambar 12 dan 13, dapat dilihat perubahan tegangan sumber utama dan perubahan arus sumber utama. Lama waktu yang digunakan untuk menyuplai beban 240W oleh *battery 1* sekitar 44 menit sebelum digantikan oleh *battery 2*. Arus rata-rata pemakaian *battery 1* sebesar 0.182A.

### 3.2. Pengujian *Switch* Otomatis Sumber Cadangan-Utama

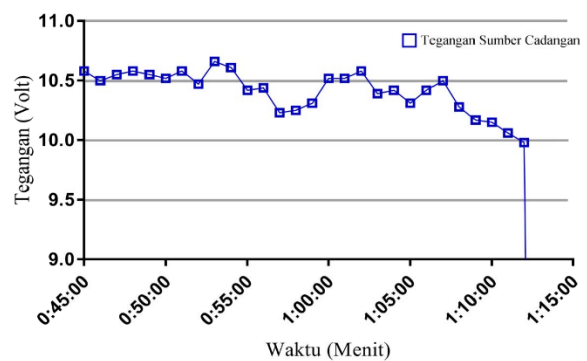
Pengujian *switch* otomatis sistem pembangkit listrik hibrid dilakukan dengan mengatur batas

nilai minimum tegangan yang dapat menyuplai beban pada sumber pembangkit listrik cadangan dengan menggunakan setting kontroller pada program IDE Arduino Uno R3. Tegangan minimum yang digunakan pada sumber pembangkit listrik utama sebesar 10V. Pada pengujian ini, ketika tegangan sumber pembangkit listrik cadangan < 10V maka suplai beban akan dipindahkan ke sumber pembangkit listrik utama secara otomatis yang ditandai dengan indikator lampu LED padam.



Gambar 14. Skema *switch* otomatis sumber cadangan-utama

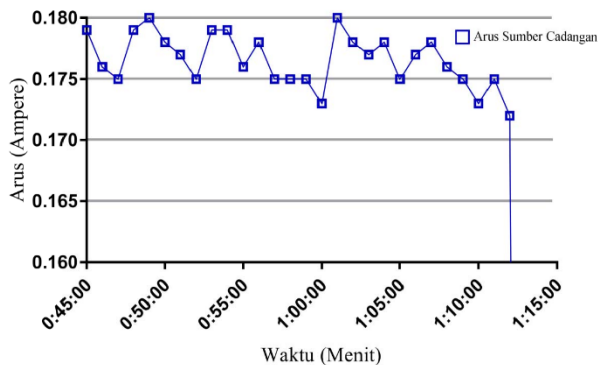
Pergantian otomatis dari sistem pembangkit listrik cadangan ke sistem pembangkit listrik utama ketika tegangan sistem pembangkit listrik cadangan telah melebihi batas nilai minimum tegangannya. Hasil pengujian *switch* otomatis ketika nilai minimum tegangan sumber pembangkit listrik cadangan disetting 10V pada sistem pembangkit listrik hibrid.



Gambar 15. Perubahan tegangan sumber cadangan

Berdasarkan Gambar 15 dan 16, dapat dilihat perubahan tegangan sumber cadangan dan perubahan arus sumber cadangan grafik untuk melihat perubahan tegangan dan arus *battery 2* ketika menyuplai beban 240W. Terlihat bahwa ketika tegangan yang dihasilkan oleh *battery 2* kurang dari 10V maka beban akan otomatis

dipindahkan ke *battery* 1 yang ditandai dengan LED indikator padam. Lama waktu yang digunakan untuk menyuplai beban 240W oleh *battery* 2 sekitar 72 28 menit. Arus rata-rata pemakaian *battery* 2 sebesar 0.177A.

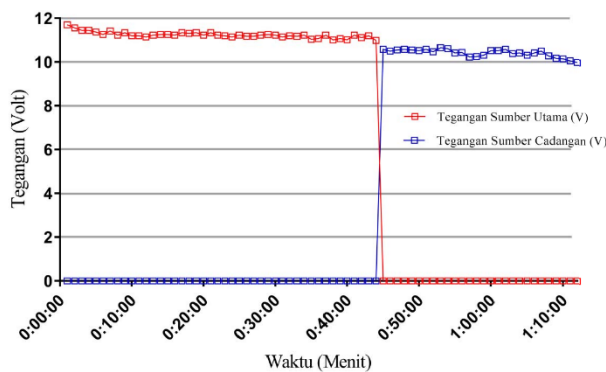


Gambar 16. Perubahan arus sumber cadangan

### 3.3. Analisa Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Hibrid

Pengujian sistem pembangkit listrik hibrid telah dilakukan dengan menggunakan *battery* 1 sebagai sistem pembangkit listrik utama dan *battery* 2 sebagai sistem pembangkit listrik cadangan. Sistem kerja dari pengujian yang dilakukan adalah sistem *switch* otomatis. Sistem *switch* otomatis aktif ketika tegangan sumber listrik utama atau *battery* 1 telah mencapai batas minimum tegangan yang disetting pada program IDE Arduino dengan memindahkan beban ke sumber listrik cadangan atau *battery* 2.

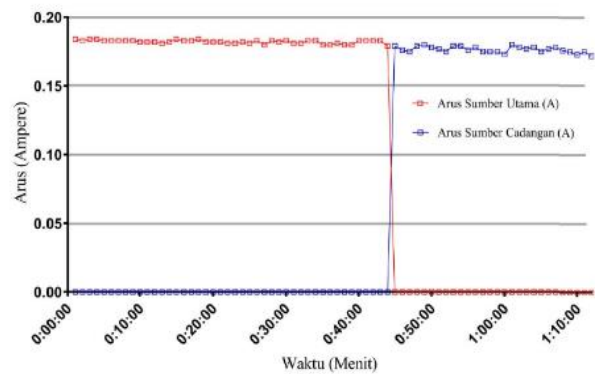
Begitu pula ketika tegangan sumber pembangkit listrik cadangan telah mencapai batas minimum tegangan yang disetting pada program IDE Arduino dengan memindahkan sumber listrik dari sumber pembangkit listrik cadangan atau *battery* 2 ke sumber pembangkit listrik utama atau *battery* 1.



Gambar 17. Perbandingan perubahan tegangan sistem pembangkit listrik hibrid

Berdasarkan Gambar 17, dapat dilihat bahwa perubahan nilai tegangan yang dihasilkan pada *battery* 1 ketika sistem pembangkit listrik hibrid dioperasikan cenderung lebih stabil dibandingkan dengan nilai tegangan yang dihasilkan pada *battery* 2 saat menyuplai beban 240W. Tegangan awal *battery* 1 ketika beroperasi adalah sebesar 11.70V dan akan terus menurun hingga batas tegangan minimum sistem pembangkit listrik utama yang telah disetting pada program IDE Arduino yakni 11V.

Lama waktu yang dibutuhkan oleh *battery* 1 untuk mencapai batas tegangan minimum adalah 45 menit. Sementara tegangan awal *battery* 2 ketika beroperasi adalah sebesar 10.58V dan akan terus menurun hingga batas tegangan minimum sistem pembangkit listrik cadangan yang telah disetting pada program IDE Arduino yakni 10V. Lama waktu yang dibutuhkan oleh *battery* 2 untuk mencapai batas tegangan minimum adalah 28 menit.



Gambar 18. Perbandingan perubahan arus sistem pembangkit listrik hibrid

Begitu pula dengan perubahan arus yang dihasilkan pada sistem pembangkit listrik hibrid yang ditunjukkan pada Gambar 18. Dimana perubahan arus yang dihasilkan *battery* 1 ketika sistem pembangkit listrik hibrid dioperasikan cenderung lebih stabil dibandingkan dengan nilai arus yang dihasilkan pada *battery* 2 saat menyuplai beban 240W. Rata-rata arus pemakaian pada *battery* 1 sebesar 0.182A sementara rata-rata arus pemakaian pada *battery* 2 sebesar 0.177A.

### 4. Kesimpulan

Sistem pembangkit listrik hibrid menggunakan panel surya (photovoltaic) dan generator-gasoline yang dirancang telah bekerja sesuai dengan harapan dimana sistem ini terdiri



atas dua fungsi yakni dapat digunakan untuk *switch* otomatis ketika tegangan sumber pembangkit listrik utama telah mencapai batas minimum tegangan maka beban akan dipindahkan ke sumber pembangkit cadangan dan ketika tegangan sumber pembangkit listrik cadangan telah mencapai batas minimum tegangan maka beban akan dipindahkan ke sumber pembangkit utama.

## Referensi

- [1] H. Hasan, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Pulau Saugi," *J. Ris. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 10, no. 2, 2012.
- [2] V. Quaschnig, *Understanding Renewable Energi System*. London: Earthscan Publications Ltd, 2005.
- [3] R. Chenni, M. Makhlof, T. Kerbache, and A. Bouzid, "A Detailed Modeling Method for Photovoltaic Cells," *J. Energy*, vol. 32, no. 9, pp. 1724–1730, 2007.
- [4] R. M. H. Sholeh, S. Mahfudz, Y. Rudy, S. Hadi, and F. S., "Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya," *J. EECCIS*, vol. 6, no. 1, 2012.
- [5] S. Youness, R. Claywell, and T. Muneer, "Quality Control of Solar Radiation Data: Present Status and Proposed New Approaches," *J. Energi*, vol. 30, no. 9, pp. 1533–1549, 2005.
- [6] M. D. Pucar and A. R. Despic, "The Enhancement of Energy Gain of Solar Collectors and Photovoltaic Panels by The Reflection of Solar Beams," *J. Energi*, vol. 27, no. 3, pp. 205–223, 2002.
- [7] E.-S. Abdul, "Design and Economic Analysis of a Stand-Alone PV System to Electrify a Remote Area Household in Egypt," *Open Ren.Energi J.*, vol. 2, pp. 33–37, 2009.
- [8] S. Satwiko, "Uji Karakteristik Sel Surya Pada Sistem 24 Volt DC Sebagai Catudaya pada Sistem Pembangkit Tenaga Hybrid," Universitas Negeri Jakarta, 2012.
- [9] D. P. Putri, E. S. Koenhardono, and I. R. Kusuma, "Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid (Sel Surya dan Diesel Generator) Pada Kapal Tanker," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [10] K. Sopian and M. Y. Othman, "Performance of a Photovoltaic Diesel Hybrid System In Malaysia," *ISESCO Sci. Technol. Vis.*, vol. 1, 2005.
- [11] A. Adria and Tarmizi., "Model Hibrid PV-Genset Aplikasi pada Sistem Off-Grid," *Semin. Nas. dan Expo Tek. Elektro Univ. Syiah Kuala*, 2015.
- [12] A. Kurniawan, "A Review of Solar- Powered Boat Development," *J. Technol. Sci.*, vol. 27, no. 1, 2016.
- [13] J. Palimbunga, "Analisa Performa Sistem Pembangkit Listrik Menggunakan Photovoltaic pada Bagan Apung," Universitas Hasanuddin, 2018.
- [14] A. U. Ayodhyoa, *Metode Penangkapan Ikan*. Bogor: Yayasan Dewi Sri, 1981.
- [15] M. S. Baskoro and A. A. Suherman, *Teknologi Penangkapan Ikan dengan Cahaya*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro, 2007.
- [16] M. Sesa and F. Mahmuddin, "Development of Real-Time Monitoring System for an Off-Grid Photovoltaic System," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 921, no. 012031, 2021.
- [17] R. A. Messenger and J. Ventre, *Photovoltaic Systems Engineering, Second Edition*. Taylor & Francis, 2004.

