

PURWARUPA PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID TERBARUKAN BERTENAGA AIR DAN SURYA**PROTOTYPE OF RENEWABLE HYBRID ELECTRIC GENERATOR POWERED BY WATER AND SOLAR****Adhi Satya Narpratama¹, Ir. Agus Ganda Permana M.T.², Suci Aulia S.T.,M.T³**¹²³ Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom¹nar.pratama@gmail.com ²agus.ganda123@gmail.com ³sucia@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Energi listrik merupakan energi utama yang dibutuhkan untuk peralatan elektronik, energi listrik dapat dihasilkan dari berbagai sumber, seperti air, panas matahari, nuklir, batu bara, angin, panas bumi dan lainnya. Energi yang dihasilkan terdiri dari beberapa Joule hingga jutaan Joule. Saat ini di Indonesia belum banyak yang menggunakan sumber energi alternatif untuk peralatan elektronik yang digunakan dan lebih sedikit lagi yang menggunakan lebih dari satu energi alternatif sebagai sumber energi listrik, hal ini menjadikan sangat bergantungnya masyarakat Indonesia terhadap PLN sebagai perusahaan penyedia energi listrik.

Pada Proyek Akhir ini telah di rancang sebuah alat pengontrol yang digunakan untuk pembangkit listrik dengan menggunakan sumber daya alternatif yang terbarukan untuk dua sumber daya yang dapat menghasilkan listrik yaitu, air dan juga panas matahari. Pada perancangannya alat pengontrol yang menggunakan sebuah Arduino, IRF9540 dan juga MBR2045 ini dapat memonitor daya yang masuk dari kedua sumber tersebut dan juga mengecek daya baterai yang digunakan sehingga dapat diperoleh tegangan pada sistem.

Dari Proyek Akhir ini didapatkan jumlah energi listrik yang sesuai dengan kebutuhan untuk membantu memberi tenaga kawasan pembakaran sampah sebesar 41.66 Watt pada kondisi maksimum sehingga kawasan tersebut dapat terbantu dengan daya selain dari PLN sehingga dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan pengelola kawasan pembakaran sampah tersebut.

Kata kunci : Pembangkit Listrik, Alat Pengontrol Sumber Daya Terbarukan, Sumber Daya Terbarukan.

Abstract

Electrical energy is the main energy that needed to make any electronic devices work, electrical energy can be provide from many source, like water, solar heat, nuclear, charcoal, wind, geothermal etc. The energy that produce by these resources is from couple of Joules to millions of Joules. As of today in Indonesia there is very small amount of people that uses alternative energy to run their electronic devices and more fewer people whose using more than one alternative energy as their source of electrical energy, this makes Indonesian people very dependent on PLN as company that provide source of electrical energy.

In this final project there will be a controller for electrical generator that using renewable resources for two resources that can be used to produce electrical energy is water and also solar heat. This controller designed with an Arduino, IRF9540 and MBR2045 could monitor power that produce by the two resources and check the battery power so that the system voltage could be determined.

From this final project the amount of the electrical energy that have been obtained is 41.66 Watt on the peak of it's performance is enough to help powering the incinerator area, so that area will be helped from the source other than from PLN, so it will reduced the cost of the administrator for that incinerator.

Key Words: Electric Generator, Controller for Renewable Resources, Renewable Resources.

1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan energi yang sangat penting dalam kehidupan ini karna tanpa energi listrik semua peralatan listrik yang ada di muka bumi ini tidak akan bisa digerakan atau dihidupkan, energi listrik ini dapat diperoleh dari berbagai macam sumber daya seperti, air, panas matahari, nuklir, panas bumi, batu bara, angin dan lainnya. Dari beberapa sumber daya tersebut bisa di peroleh energi listrik dari beberapa Joule hingga ribuan jutaan Joule. Saat ini di Indonesia tidak banyak masyarakat yang menggunakan sumber daya alternatif terbarukan untuk menjalankan peralatan elektronik dan lebih sedikit lagi yang menggunakan lebih dari satu sumber daya alternatif terbarukan untuk keperluan tersebut. Alat pengontrol yang digunakan pada panel surya untuk melihat kinerja panel surya yang ditempatkan pada suatu kondisi lingkungan

tertentu, ditentukan dengan memantau parameter keluarannya seperti tegangan, arus dan daya[4]. Dari hasil penelitian sebelumnya sumber daya terbarukan yang digunakan pada sistem pembangkit listrik tenaga hibrida menggunakan satu jenis sumber daya terbarukan yaitu menggunakan panel surya dan PLN adalah sumber lain yang digunakan pada sistem tersebut[5]. Dari hasil penelitian yang lain pembangkit listrik tenaga pikohidro dihasilkan rata-rata tegangan sebesar 1.21 V[8].

Pada pembangkit listrik yang menggunakan energi alternatif setiap sumber daya memiliki alat pengontrol, alat pengontrol tersebut berfungsi sebagai pengatur daya yang masuk sehingga daya yang didapatkan dari sumber energi tersebut sesuai dengan yang dibutuhkan[10]. Untuk memanfaatkan sumber daya yang lain harus menggunakan alat pengontrol yang berbeda. Alat kontrol yang diproduksi saat ini cukup mahal dan biaya akan semakin tinggi jika menggunakan lebih dari satu sumber daya karna harus membeli lebih dari satu alat pengontrol.

Pada Proyek Akhir ini telah dibuat sebuah purwarupa dari sebuah alat pengontrol yang digunakan pada energi alternatif terbarukan dengan spesifikasi 2 buah MBR2045, 2 buah IRF9540 dan 1 buah Arduino nano. Dengan spesifikasi tersebut alat pengontrol dapat digunakan untuk 2 jenis sumber daya terbarukan yang berbeda, dan dapat mengontrol siklus pengisian daya untuk baterai.

2. Dasar Teori

2.1 Panel Surya



Gambar 2. 1 Panel Surya



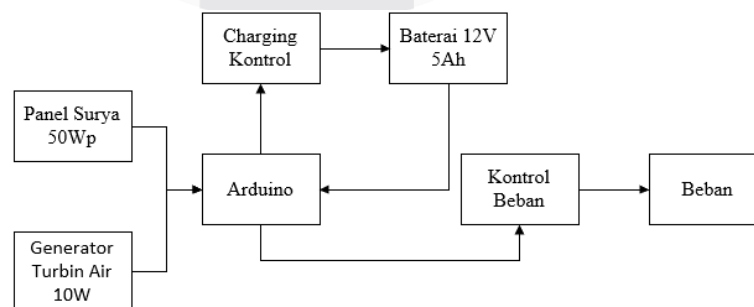
Gambar 2. 2 Generator Turbin Air

Panel Surya merupakan alat utama dari sistem pembangkit listrik tenaga surya yang berfungsi untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik secara langsung. Jumlah daya keluaran yang dihasilkan dari proses tersebut ditentukan oleh sejumlah faktor lingkungan seperti intensitas cahaya matahari, suhu, arah datangnya sinar matahari dan spektrum cahaya matahari[7].

Generator air digunakan untuk membuat sebuah pembangkit listrik tenaga mikro hidro, turbin air yang digunakan untuk pembangkit listrik tenaga mikro hidro ini dapat menghasilkan tenaga hingga 50 kilo watt. Secara teknis generator turbin dapat bekerja optimal jika turbin yang digunakan dialiri air mengalir dengan kapasitas dan juga ketinggian tertentu sehingga turbin dapat menghasilkan daya yang optimal[11].

3. Perancangan Sistem

3.1 Blok Diagram Sistem

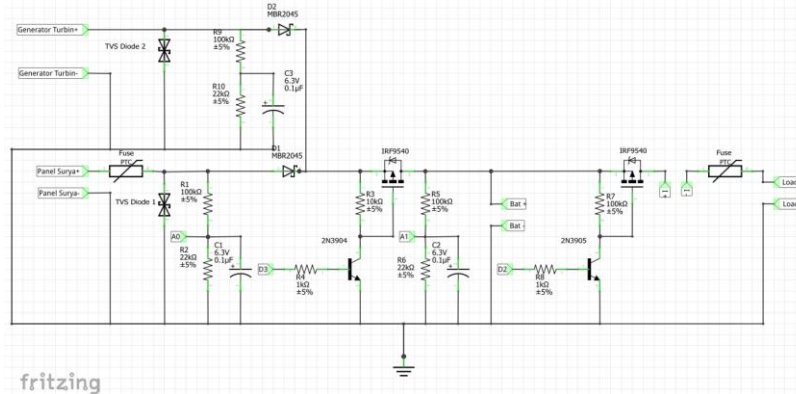


Gambar 3. 1 Blok Diagram Sistem

Pembangkit listrik hybrid yang bertenagakan air dan surya ini dikendalikan menggunakan sebuah mikrokontroler yang bertugas untuk mencegah terjadinya *overcharge* pada baterai ketika baterai telah terisi penuh, mencegah baterai *over discharge* saat sedang digunakan untuk menyalakan beban, untuk mengontrol fungsi beban secara otomatis pada saat digunakan maupun tidak digunakan, memonitor daya dan energi dan

juga menampilkannya, dan juga melindungi dari kondisi yang abnormal seperti pada saat *over voltage*, *over current* dan *short circuit*.

3.2 FlowChart Sistem



Gambar 3. 2 Schematic dari alat pengontrol

Rangkaian elektronik yang terdapat pada alat pengontrol ini terdiri dari dioda TVS, MBR2045, *volt regulator*, yang dirangkai dan dihubungkan dengan arduino nano. Desain rangkaian dapat dilihat pada gambar 3.2.

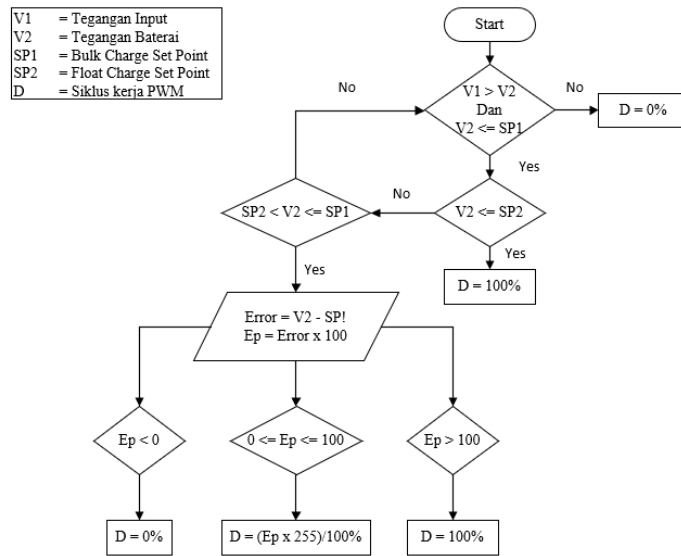
3.3 Spesifikasi Perangkat Keras dan Komponen Elektronik

Pada penggunaannya alat pengontrol pembangkit listrik bertenaga hybrid ini menggunakan perangkat keras dan beberapa komponen elektronika, perangkat keras dan komponen elektronika yang digunakan adalah:

1. Panel Surya 50Wp
2. Generator Turbin Air 10W
3. Arduino Nano
4. 2x IRF9540
5. 2x MBR2045
6. 2x TVS diode/P6KE36CA
7. Sensor Suhu/LM35
8. Sensor Arus/ACS712
9. LM2596

3.4 Konfigurasi Perangkat Lunak

Berikut ini merupakan konfigurasi perangkat lunak pada purwarupa pembangkit listrik hybrid bertenaga solar dan air. *Software* Arduino IDE yang berfungsi untuk menuliskan kode yang menjalankan Arduino nano dan fungsi PWM. Saat arduino di catu maka pada saat itu arduino akan melakukan monitoring dan juga mengatur fungsi PWM. Pada saat daya masuk kedalam alat pengontrol dan tidak ada beban yang digunakan maka Arduino akan melihat daya yang terdapat pada baterai, jika daya pada baterai kurang dari batas yang ditentukan maka daya yang masuk akan di alirkan ke baterai, namun sebaliknya jika daya baterai telah penuh dan tidak ada beban yang digunakan maka daya hanya akan digunakan untuk mentenagai Arduino nano. Berikut adalah kode pada *software* Arduino IDE.



Gambar 3. 3 Flowchart Siklus PWM

- 1) *Bulk*: Mode ini adalah mode dimana arus dengan jumlah yang maksimum dan juga secara konstan diberikan kepada baterai sehingga tidak ada PWM yang digunakan. Selama baterai sedang diisi, dan tegangan baterai perlahan meningkat.
- 2) *Absorption*: Ketika baterai mencapai titik tegangan *bulk charge*, sistem PWM mulai menahan tegangan secara konstan. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya *over-heating* dan *over-gassing* pada baterai. Ketika baterai mendekati penuh arus akan turun ke angka yang aman.
- 3) *Float*: Ketika baterai telah penuh, maka tegangan untuk mengisi baterai dikurangi untuk mencegah panas dan gas yang berlebih pada baterai.

3.5 Rancangan Perhitungan Rangkaian Listrik

Perancangan alat ini menggunakan perhitungan rangkaian listrik dan juga elektronika, beberapa perhitungan yang digunakan pada perancangan alat ini adalah

3.5.1 Pembagi Tegangan

Di bawah ini merupakan persamaan rumus pembagi tegangan untuk rangkaian paralel:

$$V_{Out} = V_{In} \times \frac{R_2}{(R_1+R_2)} \dots\dots\dots(3.1)$$

Pada rangkaian kita akan mencari V_{In} maka rumus tersebut menjadi seperti dibawah ini:

$$V_{In} = V_{Out} \times \frac{(R_1+R_2)}{R_2} \dots\dots\dots(3.2)$$

Pada alat ini menggunakan $R_1 = 100K \Omega$ dan $R_2 = 22K \Omega$, maka V_{In} dapat ditentukan dengan memisalkan $V_{out} = 5 V$ adalah

$$\begin{aligned}
 V_{In} &= 5 \times \frac{(100+22)}{22} \\
 V_{In} &= 5 \times 5.54 \\
 V_{In} &= 27.72 V
 \end{aligned}$$

Pada alat ini rangkaian pembagi tegangan digunakan juga sebagai sensor tegangan, tegangan yang masuk kedalam arduino tidak bisa lebih dari 5V oleh karena itu nilai tersebut dihitung sebagai 1024 pada ADC arduino sehingga.

$$5V = 1024 ADC \dots\dots\dots(3.3)$$

$$ADC = \frac{5}{1024} V \dots\dots\dots(3.4)$$

$$ADC = 0.00488V$$

Dari persamaan diatas didapatkan bahwa 1 nilai ADC adalah 0.00488V.

Dari persamaan yang sudah disebutkan maka dapat dihitung nilai ADC yang masuk kedalam arduino dengan menggunakan persamaan 3.2, jika $V_{out} = 5V$ dari sini dapat diinputkan nilai ADC tadi,

$$V_{in} = V_{Out} \times ADC \times \frac{(R_1+R_2)}{R_2} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$V_{in} = 5 \times 0.00488 \times \frac{(100+22)}{22}$$

$$V_{in} = 0.0244 \times 5.54$$

$$V_{in} = 0.1353 V$$

Dari perhitungan diatas dapat ditarik hasil 0.1353 V sebagai nilai V_{in} yang dibaca oleh ADC pada arduino untuk menentukan tegangan V_{in} yang masuk kedalam alat pengontrol jika $V_{Out} = 5V$.

4. Pengujian Sistem



Gambar 4. 1 Alat Pengontrol Pembangkit Listrik Hybrid

4.1 Pengujian Nilai Tegangan

Pada Pengujian tegangan, setiap tegangan yang dibaca dan ditampilkan oleh Arduino maka akan dibandingkan dengan tegangan yang diukur menggunakan multimeter, hal ini dilakukan untuk melihat tingkat keakurasian dari pembacaan tegangan pada arduino.

Tabel 4. 1 Nilai Tegangan Maksimum Panel Surya pada 3 Waktu Pengujian

No.	Waktu Pengujian	Tegangan pada Multimeter	Tegangan pada Alat	Selisih Tegangan
1.	10.00	17.79 V	17.68 V	0.11 V
2.	12.15	20.53 V	20.40 V	0.13 V
3.	14.50	19.77 V	19.72 V	0.05 V

Tabel 4. 2 Nilai Tegangan Pada Generator Turbin Air

No.	Ketinggian	Tegangan pada Alat	Tegangan pada Multimeter	Selisih Tegangan
1.	±1 Meter	5.62 V	5.67 V	0.05 V
2.	±5 Meter	7.47 V	7.48 V	0.01 V
3.	±12 Meter	12.59 V	12.58 V	0.01 V

Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan tegangan yang dibaca dan juga ditampilkan oleh arduino cukup mendekati nilai yang diukur menggunakan multimeter

4.2 Pengujian Daya

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar daya yang dapat masuk kedalam alat pengontrol. Pengujian pertama-tama dilakukan dengan cara mengukur arus pada nilai tegangan tertinggi dari

setiap sumber. Setelah nilai arus didapatkan, maka daya akan bisa dihitung.

Tabel 4. 3 Jumlah Daya yang Digunakan

No.	Jenis Sumber	Daya yang dihasilkan
1.	Panel Surya	37.16 W
2.	Generator Turbin Air	4.5 W
Total		41.66 W

Pada Pengujian daya hasil dari setiap sumber ditambahkan sehingga menghasilkan daya yang masuk kedalam alat pengontrol

4.3 Pengujian Siklus PWM

Alat ini memiliki program PWM yang dibuat agar dapat mencegah baterai mengalami *overcharging* dan *overgassing* sehingga alat dapat bekerja secara otomatis tanpa harus dipantau setiap saat.

```
*****
Solar Panel Voltage: 0.28V
Generator Voltage: 0.20V
Battery Voltage: 12.03V
System Voltage: 12.00V
Charge Set Point:14.49
Temperature:22C
Load Current: 0.05A
Power: 0.61W
Energy: 0.05WH
Duty Cycle :0%
NOT CHARGING
LOAD IS CONNECTED
*****
```

Gambar 4. 2 Nilai Awal yang ditunjukkan

Pada gambar 4.1 menunjukan nilai awal yang muncul ketika alat dihubungkan dengan baterai, dengan kata lain gambar tersebut merupakan nilai yang muncul ketika alat tersebut baru dinyalakan.

```
LOAD IS DISCONNECTED
*****
Solar Panel Voltage: 8.84V
Generator Voltage: 0.24V
Battery Voltage: 12.11V
System Voltage: 12.00V
Charge Set Point:14.46
Temperature:23C
Load Current: 0.10A
Power: 1.20W
Energy: 0.02WH
Duty Cycle :0%
NOT CHARGING
LOAD IS DISCONNECTED
```

Gambar 4. 3 Kondisi saat V baterai > dari V input

Pada gambar 4.2 menunjukan nilai ketika alat dihubungkan dengan input, dimana saat tegangan input tidak lebih dari tegangan baterai, dan tegangan baterai lebih dari 5V maka beban akan secara otomatis terputus. Pada kondisi ini baterai belum mengalami pengisian daya dikarenakan tegangan input tidak lebih dari tegangan baterai.

```
*****
Solar Panel Voltage: 21.20V
Generator Voltage: 0.83V
Battery Voltage: 13.40V
System Voltage: 12.00V
Charge Set Point:14.22
Temperature:31C
Load Current: 0.10A
Power: 1.33W
Energy: 0.01WH
Duty Cycle :99%
BULK CHARGING
LOAD IS DISCONNECTED
*****
```

Gambar 4. 4 Nilai pada Saat Kondisi Bulk

Pada gambar 4.3 adalah kondisi *Bulk*, pada kondisi ini tegangan baterai lebih kecil dari tegangan input. Dan pada kondisi ini PWM bekerja 99% yang menandakan arus yang dikeluarkan input dengan tegangan tersebut dapat mendorong tegangan baterai hingga mencapai titik *Bulk*.

```

.....
Solar Panel Voltage: 14.24V
Generator Voltage: 0.51V
Battery Voltage: 13.62V
System Voltage: 12.00V
Charge Set Point:14.22
Temperature:31C
Load Current: 0.05A
Power: 0.69W
Energy: 0.00WH
Duty Cycle :59.92%
FLOAT CHARGING
LOAD IS DISCONNECTED
.....

```

Gambar 4. 5 Nilai pada Saat Kondisi Float

Pada gambar 4.4 adalah kondisi *Float*, pada kondisi ini tegangan baterai masih lebih kecil dari tegangan input, akan tetapi tegangan baterai sudah mendekati titik dimana baterai dikatakan penuh. Sehingga pada kondisi ini arus yang dikeluarkan oleh input dikurangi dan kondisi PWM yang bekerja adalah 59.92%.

```

Solar Panel Voltage: 15.52V
Generator Voltage: 0.59V
Battery Voltage: 14.83V
System Voltage: 12.00V
Charge Set Point:14.22
Temperature:31C
Load Current: 0.05A
Power: 0.75W
Energy: 0.01WH
Duty Cycle :0%
NOT CHARGING
LOAD IS DISCONNECTED
*****

```

Gambar 4. 6 Nilai pada Saat V baterai > Titik Penuh

Pada gambar 4.24 adalah kondisi baterai penuh, ketika baterai telah melampau titik pengisian daya, maka siklus PWM tidak bekerja dengan menunjukan nilai 0%, dan ditandai dengan tanda tidak mengisi.

Dari pengujian diatas maka dapat disimpulkan untuk siklus PWM bekerja dan dapat mencegah baterai mengalami *over-charge* dan juga *over-gassing* yang dapat merusak fungsi baterai tersebut.

5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Alat pengontrol berhasil melakukan pengujian yang diskema kan dengan spesifikasi Arduino nano, 2 buah MBR2045 dan 2 buah IRF9540.
2. Alat pengontrol yang digunakan pada purwarupa pembangkit listrik hybrid bertenaga air dan surya digunakan pada dua sumber yang seharusnya sampai dengan 60 Watt. Akan tetapi alat kedua sumber tersebut hanya memberi total 41.66 Watt, kurang 30.6% dari yang diharapkan.
3. Alat pengontrol dapat menampilkan nilai tegangan, arus, dan daya dengan tingkat keakurasian sebesar 93%.
4. Alat pengontrol dapat mengisi daya baterai dengan menggunakan siklus PWM sehingga baterai tidak mengalami *over-charge* dan *over-gassing*.

5.2 Saran

1. Alat dapat digunakan dengan menerima input secara optimal dan juga dapat mengalami peningkatan jumlah input yaitu lebih dari 100 Watt.
2. Memperbaiki tingkat keakurasian yang ditampilkan oleh alat.
3. Dapat diimplementasikan dan diterapkan, sehingga bisa benar-benar mengurangi daya yang diambil dari PLN.

Daftar Pustaka

- [1] A. Talukdar, K. Laishram, K. Tayu, J. K. Barman and G. Das, "Design of RTU & SCADA," *Journal of Engineering Technology*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [2] D. Bouangeune, S.-s. Choi, C.-J. Choi, D.-H. Cho and K.-H. Shim, "Bidirectional Transient Voltage Suppression Diodes for the Protection of High Speed Data Line from Electrostatic Discharge Shocks," *JOURNAL OF SEMICONDUCTOR TECHNOLOGY AND SCIENCE*, vol. 14, no. 1, pp. 1-7, 2014.

- [3] D. P. Latha, K. S. and D. Swati, "Millienium3 PLC Based Temperature Control Using LM 35," *Research Journal of Engineering Sciences*, vol. 2, no. 6, pp. 30-34, 2013.
- [4] F. Shariff, N. A. Rahim and H. W. Ping, "Zigbee-based data acquisition system for online monitoring of grid-connected photovoltaic system," *Expert Systems with Applications*, vol. 42, pp. 1730-1742, 2015.
- [5] M. Ariandy, S. Sumaryo and E. , "Perancangan Sistem Pengisi dan Penyalur Daya Baterai Pada Pembangkit Listrik Hibrida," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 5, pp. 1871-1882, 2018.
- [6] M. Pammar and S. Chavan, "DESIGN AND DEVELOPMENT OF ADVANCED MICROCONTROLLER BASED SOLAR BATTERY CHARGER AND SOLAR TRACKING SYSTEM," *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 03, no. 03, pp. 35-41, 2014.
- [7] M. R. Fachri, I. D. Sara and Y. Away, "Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino secara Real Time," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 11, no. 4, pp. 123-128, 2015.
- [8] N. Athifah, S. and A. Qurthobi, "Perancangan Alat Uji Efisiensi Pembangkit Listrik Turbin PikoHidro," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 4, no. 3, pp. 3853-3861, 2017.
- [9] N. Y. A. Shammass, S. Eio and D. Chammumd, "High Power Switching Devices: Past, Present, Future," *World Scientific and Engineering Academy and Society*, pp. 192-209, 2010.
- [10] O. C.A. and E. F.O., "Design and Implementation of a Solar Charge Controller with Variable Output," *Journal of Electrical and Electronic Engineering*, vol. 12, no. 2, pp. 40-50, 2015.
- [11] S. Sukamta and A. Kusmanto, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 5, no. 2, pp. 58-63, 2013.
- [12] Z. N. Tun, A. T. Naing and H. M. Tun, "Design And Construction Of Microcontroller Based Solar Battery Charger," *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH*, vol. 5, no. 06, pp. 117-120, 2016.

