



PENGATURAN DAYA ANTARA PHOTOVOLTAIC DAN
BATERAI DALAM SMART GRID

Muhamad Suharto¹, Elfira Pranita², Made Andik Setiawan³, Eko Sulisty⁴
^{1,2,3,4}Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
Corresponding Author: muhamadsuharto1997@gmail.com

ABSTRAK

Output dari photovoltaic sangat bergantung dari intensitas cahaya matahari. Ketika intensitas cahaya matahari yang diterima oleh photovoltaic sesuai atau lebih dari spesifikasi yang ditentukan, maka photovoltaic dapat menghasilkan output maksimum sesuai spesifikasinya. Namun jika intensitasnya kurang dari spesifikasi, maka output photovoltaic kurang dari yang diharapkan. Hal ini dapat terjadi pada saat cuaca berawan atau pada saat pagi, sore atau malam hari. Sedangkan kebutuhan daya listrik beban dapat bervariasi, tidak bergantung pada waktu maupun cuaca. Sehingga pada saat itu suplai daya listrik yang dibutuhkan oleh beban harus disuplai oleh penghasil energi lainnya, seperti baterai. Sebaliknya, pada saat photovoltaic menghasilkan daya listrik yang maksimum atau lebih dari kebutuhan beban, maka energi listrik yang lebih dapat disimpan oleh baterai. Untuk dapat melakukan hal ini, harus didesain suatu alat yang dapat mengatur besaran output daya dari photovoltaic maupun baterai. Pengaturan daya output photovoltaic atau baterai dilakukan melalui pengaturan sinyal pulse width modulation (PWM) melalui controller yaitu Arduino MEGA 2560. Pengaturan daya ini dilakukan dengan memanfaatkan DC-DC konverter berjenis buck-boost konverter tipe XL6019. Percobaan dilakukan secara eksperimental dan pengukuran secara langsung. Berdasarkan hasil pengukuran, daya photovoltaic sudah dapat mensuplai kebutuhan daya listrik beban dengan intensitas cahaya 50% dari spesifikasi yang dibutuhkan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa proporsi daya yang diserap maupun dikeluarkan oleh baterai dapat diatur sesuai dengan daya output dari photovoltaic terhadap kebutuhan beban

Kata Kunci: baterai, charging, discharging, intensitas cahaya, photovoltaic

ABSTRACT

The output of photovoltaic is highly dependent on the intensity of sunlight. When the sunlight intensity received by photovoltaic matches or more than the specified, the photovoltaic can produce the maximum output according to the specifications. However, if the intensity is less than specification, the photovoltaic output will be less than expected. This can happen on cloudy days or in the morning, evening or night. Meanwhile, load electric power requirements may varies, it does not depend on time or weather. So that at that time the supply of electrical power needed by the load must be supplied by other energy producer, such as battery.

Conversely, when photovoltaic generate maximum electrical power or more than the load requirement, more electrical energy can be stored by the battery. To be able to do this, a device must be designed that can regulate the amount of power output from the photovoltaic or battery. The photovoltaic or battery output power setting is adjusting the pulse width modulation (PWM) signal via a controller, namely Arduino MEGA 2560. This power setting works by utilizing a DC-DC converter, buck-boost converter type XL6019. Experiments were carried out experimentally and measured directly. Based on the measurement results, photovoltaic power has been able to supply the load's electrical power needs with a light intensity of 50% of the required specifications. The experimental results show that the proportion of power absorbed or discharged by the battery can be adjusted according to the photovoltaic output power to the load requirements.

Keywords: baterai, charging, discharging, light intensity, photovoltaic

1. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik bertenaga bahan bakar fosil ini sudah digunakan dan terus dikembangkan sejak abad ke-18. Kini dunia sangat bergantung pada bahan bakar fosil sebagai pembangkit listrik utama. Manusia tidak bisa selamanya memanfaatkan tenaga bahan bakar fosil sebagai pembangkit listrik. Di bumi ini banyak terdapat sumber daya alam pembangkit listrik yang terbaharukan, contohnya adalah energi cahaya matahari atau *photovoltaic* (Purwanto, 2020). Pembangkit listrik tenaga *photovoltaic* sangat efektif digunakan di Indonesia yang merupakan negara tropis. Komponen/perangkat yang bisa mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan *photovoltaic* (putra, et al., 2019).

Pembangkit listrik tenaga *photovoltaic* mempunyai kelebihan yaitu ramah lingkungan dan bebas polusi, serta mudah diterapkan pada negara tropis. Tetapi *photovoltaic* juga mempunyai kekurangan, salah satunya adalah ketergantungan dengan intensitas cahaya matahari. Bila intensitas cahaya matahari dalam keadaan redup atau pada pagi dan sore hari maka output *photovoltaic* akan menghasilkan daya listrik mendekati minimum. Sebaliknya, bila intensitas cahaya matahari dalam keadaan terang atau pada siang hari maka output *photovoltaic* akan menghasilkan daya listrik mendekati maksimum. Namun, saat malam *photovoltaic* tidak bisa digunakan sama sekali karena tidak adanya cahaya matahari (Yuliananda, et al., 2015).

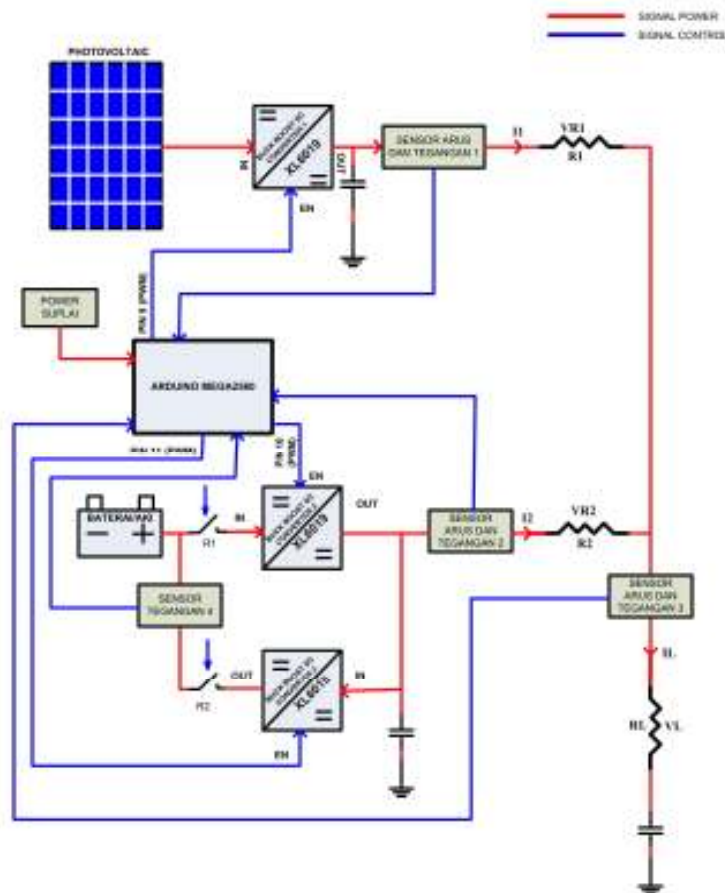
Dalam hal ini baterai sangat diperlukan agar dapat mengatasi kinerja *photovoltaic* pada malam hari. Baterai memiliki fungsi sebagai alat menyimpan daya listrik yang dihasilkan *photovoltaic* dan menyuplai daya ke beban. Jenis baterai yang digunakan pada sistem pembangkit listrik tenaga *photovoltaic* adalah baterai kering. Dalam hal ini, terdapat masalah bagaimana baterai dapat menyimpan daya yang dihasilkan pembangkit listrik *photovoltaic* secara optimal (Anto, et al., 2014).

Oleh karena itu, dikembangkan teknologi berjudul Pengaturan Daya antara *Photovoltaic* dan Baterai dalam *Smart Grid* yang bertujuan untuk mengatur daya listrik *photovoltaic* dan baterai yang digunakan untuk sumber listrik tenaga *photovoltaic* sebagai sumber utama, yang akan diganti dengan baterai apabila alat

mendeteksi bahwa daya output *photovoltaic* lebih kecil dari daya yang diperlukan beban. Teknologi ini dapat mengatur pemasokan tegangan yang cukup (tidak kurang/tidak lebih) ke beban dan baterai disertai *smart grid* yang merupakan jaringan listrik pintar berbasis digital yang dapat *me-monitoring* penggunaan listrik yang dibutuhkan sehingga penggunaan cukup efisien (Muhaemin, 2017).

2. METODE

Smart grid sebagaimana jaringan listrik yang ada saat ini, terdiri dari pembangkit atau penghasil listrik, jaringan distribusi, beban, dan penyimpan energi listrik. Gambaran secara umum dari *smart grid* berbasis *photovoltaic* sebagai penghasil energi listrik dan baterai dapat diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram sistem *smart grid* berbasis *photovoltaic*

Sistem *Smart Grid* dilengkapi komponen-komponen alatnya, yaitu *photovoltaic*, *buck-boost converter*, sensor tegangan, sensor arus INA219, resistor 180Ω, Arduino Mega 2560, baterai, dan *relay 2 channel*.

Dari Gambar 1 dapat dibuat persamaan sebagai berikut:

$$I_L = I_1 + I_2 \quad (1)$$

Dimana I_L adalah arus yang mengalir pada beban, I_1 adalah arus yang mengalir dari *photovoltaic*, dan I_2 adalah arus yang mengalir dari baterai.

Sedangkan daya listrik yang dibutuhkan oleh beban dapat dirumuskan:
$$P_L = I_L \times V_L \quad (2)$$

Dimana P_L adalah daya pada beban, dan V_L adalah tegangan pada beban. V_L bersifat konstan, sehingga P_L bergantung dari I_L , sebagaimana disebutkan dalam Persamaan (2). Sedangkan untuk besaran I_L , bergantung dari I_1 dan I_2 sebagaimana disebutkan dalam Persamaan (1).

I_1 dan I_2 dapat diatur melalui pengaturan output dari *buck-boost converter*, dan output dari *buck-boost converter* tersebut diatur melalui pengaturan PWM dari Arduino Mega 2560.

Percobaan dilakukan secara eksperimental menggunakan komponen-komponen sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 1.

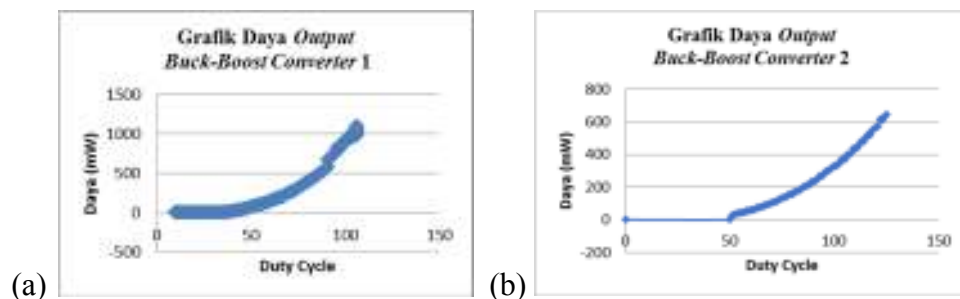
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertama-tama melakukan pengujian dahulu pada setiap *buck-boost converter* dengan beban resistor 180Ω untuk mengetahui bagaimana *buck-boost converter* bekerja sesuai yang diharapkan.

Pengujian *buck-boost converter* 1 dilakukan dengan membaca daya output *buck-boost converter* 1 dari sensor tegangan 1 dan sensor arus 1. Hasil pengukuran dari sensor ditunjukkan pada Gambar 2 (a).

Berdasarkan dari grafik Gambar 2 (a), dapat dianalisa bahwa daya output dari *buck-boost converter* 1 naik hingga kapasitas yang dibutuhkan beban terpenuhi dengan tegangan sebesar 9 V. Awal mula naiknya daya *buck-boost converter* 1 dimulai pada *duty cycle* 34 dengan dayanya sebesar 0,64 mW. Daya output terus naik seiring dengan bertambahnya *duty cycle* *buck-boost converter* 1 hingga tegangan beban utama mencapai 9 V dengan *duty cycle*-nya mencapai 106 dan daya output sebesar 1060 mW. Pengambilan data dilakukan menggunakan *photovoltaic*, sehingga *duty cycle* yang bekerja bergantung dari intensitas cahaya matahari yang terjadi saat pengujian.

Kemudian pengujian *buck-boost converter* 2 dilakukan dengan membaca daya output *buck-boost converter* 2 dari sensor tegangan 2 dan sensor arus 2. Hasil pengukuran dari sensor ditunjukkan pada Gambar 2 (b).



Gambar 2. Grafik daya output: (a) *buck-boost converter* 1 dan (b) *buck-boost converter* 2

Berdasarkan dari grafik Gambar 2 (b), dapat dianalisa bahwa *buck-boost converter* 2 bekerja apabila *relay* 1 aktif setelah *buck-boost converter* 1 bekerja.

Maka dari itu, pada *duty cycle* 0 sampai 50, belum ada daya output. Dari *duty cycle* 50 sampai 125, *buck-boost converter* (2) bekerja terus menaikkan tegangan yang diterima sampai memenuhi kapasitas *discharging* ke beban utama sebesar 9 V dan daya output dari *buck-boost converter* 3 sebesar 644,3 mW.

Terakhir adalah pengujian *buck-boost converter* 3 dilakukan dengan membaca daya output *buck-boost converter* 3 dari sensor tegangan 2 dan sensor arus 2. Hasil pengukuran dari sensor ditunjukkan pada Gambar 3.

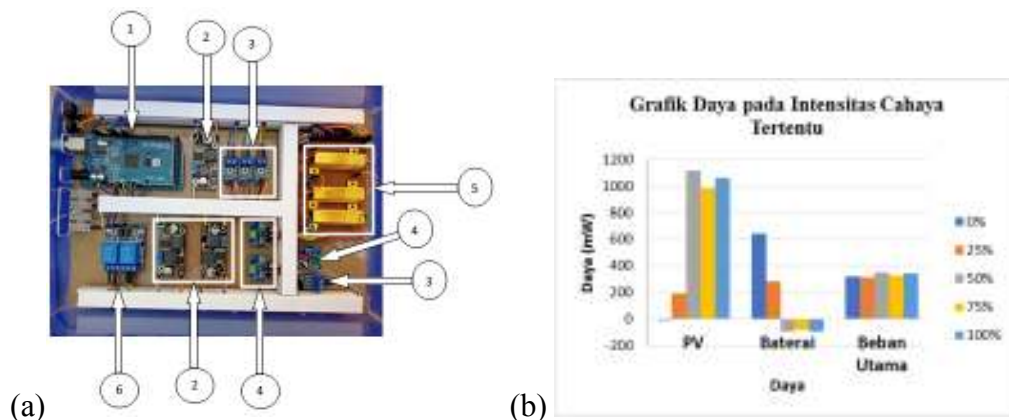


Gambar 3. Grafik daya output *buck-boost converter* 3

Berdasarkan dari grafik Gambar 3, dapat dianalisa bahwa daya output yang terbaca bernilai negatif karena sensor arus membaca arus mengalir ke baterai sehingga nilai terbaca negatif. *Buck-boost converter* 3 bekerja apabila *relay* 2 aktif setelah *buck-boost converter* 1 bekerja. Maka dari itu, pada nilai *duty cycle*-nya 60 dengan daya sebesar 5 mW sampai *duty cycle*-nya 250 dengan daya sebesar 91,7 mW, *buck-boost converter* 3 terus menaikkan tegangan yang diterima sampai memenuhi kapasitas *charging* ke baterai sebesar 9 V.

Setelah melakukan pengujian pada setiap *buck-boost converter*-nya, dapat diketahui bahwa setiap konverter sudah bekerja sesuai harapan. Maka dari itu, tahap selanjutnya dilakukan pengujian *final* untuk mengetahui kinerja keseluruhan alat dengan penghasil energi yaitu *photovoltaic* dan baterai. Alat dibuat dengan komponen-komponen yang disusun sesuai diagram *smart grid*-nya dapat dilihat seperti Gambar 4 (a).

Hasil pengukuran pembagian daya antara *buck-boost converter* 1 dan baterai ditampilkan di *serial monitor* Arduino Mega 2560, kemudian didapatkan hasil grafiknya seperti pada Gambar 4 (b).



Gambar 4. (a) Peralatan uji coba *smart grid* berbasis *photovoltaic*

(b) grafik pembagian daya antara *photovoltaic* dan baterai pada saat intensitas cahaya berbeda

Keterangan, 1: Arduino Mega 2560, 2: *buck-boost converter* XL6019, 3: sensor tegangan, 4: sensor arus INA219, 5: resistor 180R, dan 6: *relay 2 channel*

Grafik pada Gambar 4 (b) menunjukkan bahwa terdapat tiga daya, yaitu daya PV (daya output dari *buck-boost converter* 1), daya baterai (daya output dari *buck-boost converter* 2), dan *buck-boost converter* 3, serta daya beban utama (daya pada beban). Grafik batang dibedakan menjadi empat warna, yang masing-masing warna berarti berbeda juga persentase intensitas cahaya yang diterima *photovoltaic*.

Kondisi intensitas cahaya 0% diujikan dengan diibaratkan seperti kondisi bumi pada malam hari (matahari tenggelam). Sehingga daya PV tetap di daya 0 mW, yang berarti *photovoltaic* tidak menyuplai daya ke beban. Daya baterai sampai ke daya di atas 600 mW, yang berarti pada kondisi ini baterai menyuplai (*discharging*) daya ke beban sampai tegangan beban mencapai 9 V.

Kondisi intensitas cahaya 25% diibaratkan seperti kondisi bumi pada fajar atau senja hari. Sehingga daya PV sampai ke daya di bawah 200 mW, yang berarti *photovoltaic* menyuplai daya ke beban, tapi sangat sedikit membuat tegangan pada beban belum mencapai 9 V. Daya baterai sampai ke daya di atas 200 mW, yang berarti pada kondisi ini baterai membantu menyuplai (*discharging*) daya ke beban sampai tegangan beban mencapai 9 V.

Kondisi intensitas cahaya 50% keatas *photovoltaic* menyuplai daya ke beban hingga maksimum, tegangan beban mencapai 9 V. Daya baterai sampai ke daya di bawah 0 mW (nilai negatif), yang berarti yang berarti pada kondisi ini baterai baterai mengisi (*charging*) sampai tegangan pada beban naik lagi hingga 9 V.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengerjaan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pengaturan daya output *photovoltaic* atau baterai dilakukan melalui pengaturan *signal pulse width modulation* (PWM) melalui *controller* yaitu Arduino MEGA 2560. Pengaturan daya ini dilakukan dengan memanfaatkan *DC-DC converter* berjenis *buck-boost converter* tipe XL6019. Percobaan dilakukan secara eksperimental dan pengukuran secara langsung dan dengan kondisi permukaan *photovoltaic* yang berbeda-beda. Kondisi cahaya 0% dan 25% terjadi kekurangan daya listrik yang dibutuhkan beban sehingga dibantu penyuplaian daya dari baterai. Sedangkan pada kondisi cahaya 50% sampai 100%, daya listrik yang dibutuhkan beban mencukupi dan lebih, sehingga kelebihan daya tersebut disuplai ke baterai yang berarti baterai melakukan pengisian.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih untuk Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dan Penelitian Riset Dasar Kementerian Riset dan Teknologi tahun 2020, I Made Andik Setiawan selaku dosen pendamping, serta pihak-pihak lain yang telah memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan naskah ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Anto, B., Hamdani, E. & Abdullah, R., 2014. Portable Battery Charger Berbasis Sel Surya. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 11(01), pp. 19-24.
- Muhaemin, C., 2017. Multi Utility Service Infrastructure (MUSI) Berbasis OPLC Untuk Implementasi Smart Grid Communication Network. *Jurnal Teknologi Elektro*, 8(1), pp. 32-42.
- Purwanto, I., 2020. SOLAR CELL(PHOTOVOLTAIC/PV)SOLUSI MENUJU PULAU MANDIRI LISTRIK. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah*, 5(02), pp. 117-126.
- putra, g. m. d., Lailatun, H. I., Sabani, R. & Setiawati, D. A., 2019. Sistem Otomasi Photovoltaic pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Berbasis Mikrokontroler Arduino skala lab. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 8(02), pp. 130-138.
- Yuliananda, S., Sarya, G. & Hastijanti, R. R., 2015. Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari terhadap Daya Keluaran Panel Surya. *Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surrabaya*, 01(02), pp. 193-202.