

Implementasi *Incremental Conductance Photovoltaic* MPPT Pada Konverter *Buck*

Blasius Zuriel Zeke Manurung¹, Donny Radianto², Herwandi³

e-mail: blazuze.manurung@gmail.com, donny.radianto@polinema.ac.id, herwandi@polinema.ac.id

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 8 November 2022

Direvisi 20 Februari 2023

Diterbitkan 31 Mei 2023

Kata kunci:

Incremental conductance

Konverter *buck*

Photovoltaic

Aki

Arduino Uno R3

Keywords:

Incremental conductance

Buck converter

Photovoltaic

Batteries

Arduino Uno R3

Penulis Korespondensi:

Blasius Zuriel Zeke Manurung,

Jurusan Teknik Elektro,

Politeknik Negeri Malang,

Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia, 65141.

Email: blazuze.manurung@gmail.com

Nomor HP/WA aktif: +62 816-554-767

ABSTRAK

Photovoltaic menghasilkan daya yang didasarkan dengan kondisi cuaca dan juga intensitas cahaya yang diterimanya. Untuk menaikkan daya yang dikeluarkan oleh *photovoltaic* agar menyamai dengan kondisi optimalnya digunakanlah *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) yang terdiri dari beberapa algoritma berbeda. Jurnal ini menggunakan metode *Incremental Conductance* yang terprogram pada sistem dengan menggunakan Arduino Uno R3. Mikrokontroler menyesuaikan DC-DC *buck converter* untuk mengekstraksi daya keluaran *photovoltaic* serta menyesuakannya untuk pengisian aki. Penggunaan sensor arus dan sensor tegangan pada sistem ini diperlukan metode *incremental conductance* untuk mencari MPPT. Pembacaan sensor arus dan sensor tegangan dikirimkan ke mikrokontroler Arduino Uno R3 sebagai *input* yang nantinya akan diproses oleh mikrokontroler menjadi sinyal PWM yang digunakan untuk mengaktifkan konverter dc - dc berbasis pada konverter buck. Dari pengujian alat konverter *buck* dengan metode *incremental conductance* menunjukkan kinerja yang baik, dimana alat mampu menghasilkan tegangan *output* yang stabil pada kisaran *setpoint* 14V. Pengujian pengecasan aki berlangsung selama 2 jam 15 menit dari kondisi awal 10,7V hingga penuh 13,7V.

ABSTRACT

Photovoltaic generates power based on weather conditions and also the intensity of the light it receives. To increase the power released by the *photovoltaic* to match its optimal condition, the *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) consists of several different algorithms. This journal uses the *Incremental Conductance* method which is programmed on the system using Arduino Uno R3. The microcontroller adjusts the DC-DC *buck converter* to extract the *photovoltaic* output power and adjusts it for battery charging. The use of current sensors and voltage sensors in this system requires an *incremental conductance* method to find MPPT. The current sensor and voltage sensor readings are sent to the Arduino Uno R3 microcontroller as *input* which will be processed by the microcontroller into a PWM signal which is used to activate the dc - dc converter based on the *buck converter*. From testing the *buck converter* with the *incremental conductance* method, it shows good performance, where the tool is able to produce a stable output voltage in the *setpoint* range of 14V. The battery charging test lasted for 2 hours 15 minutes from the initial condition of 10.7V to a full 13.7V.



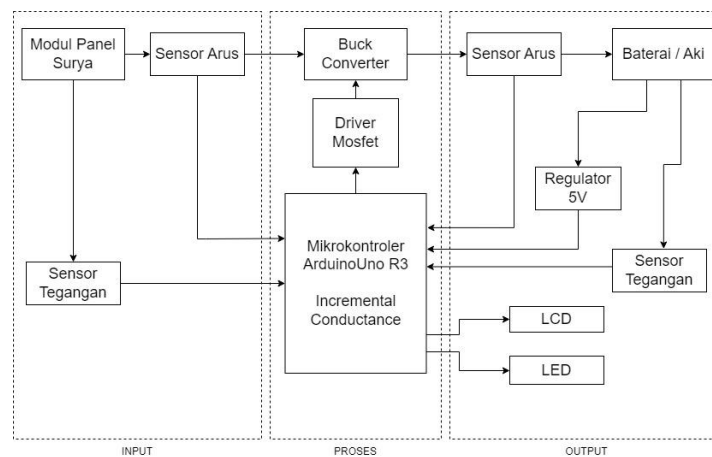
1. PENDAHULUAN

Permasalahan kualitas daya menjadi salah satu masalah akibat meningkatnya penggunaan *power* elektronik. *Power* elektronik mempunyai beberapa rangkaian elektronik contohnya seperti *konverter*, *rectifier* dan *inverter*. [2] Didalam jurnal ini digunakan sebuah konverter untuk mengontrol tenaga listrik. Konverter merupakan alat yang difungsikan untuk mengubah bentuk daya elektrik dari satu bentuk daya elektrik ke bentuk daya elektrik lainya atau yang sama dengan ukuran yang berbeda. Konverter yang digunakan adalah konverter DC-DC. Untuk mengatur tegangan keluaran, konverter DC-DC biasanya memiliki sebuah *regulator*. Didalam konverter DC-DC ada beberapa *regulator* yang sering digunakan, salah satu yang digunakan pada sistem ini adalah *regulator buck*. *Regulator buck* berfungsi untuk mendapatkan tegangan *output* yang didapatkan lebih kecil dari tegangan *input*.

Untuk mengatur tegangan keluaran, konverter *buck* membutuhkan sebuah *switching komponen* yaitu mosfet. Tegangan keluaran diatur berdasarkan *duty cycle* (D) PWM (*Pulse Width Modulation*) pada mosfet. [3] Dalam mengatur *duty cycle* untuk mendapat tegangan *output* yang diinginkan biasanya digunakan sebuah metode untuk mengontrol *duty cycle* tersebut. Ada banyak teknik kontrol diantaranya adalah MPPT (*Maximum Power Point Tracker*). Pada sistem yang dibuat ini memiliki tujuan memperbaiki kualitas daya pada pengecasan aki menggunakan konverter *buck* dengan kontrol MPPT (*Maximum Power Point Tracker*) menggunakan algoritma *Incremental conductance*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Blok



Gambar 1: Diagram Blok

Panel surya sebagai sumber dari sistem akan menghasilkan arus dan tegangan yang kemudian dialirkan ke *buck converter* untuk diatur keluaran dayanya. Tegangan dan arus dari sumber tersebut akan melalui sensor sebelum mencapai converter buck. Sensor ini berfungsi untuk mengirikan data tegangan dan arus ke mikrokontroler. Nantinya data tersebut digunakan oleh mikrokontroler untuk perbandingan pada metode *incremental conductance*. Metode *incremental conductance* membandingkan tegangan dan arus iterasi terbaru dengan iterasi sebelumnya untuk mencari titik daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh panel surya. Setelah mengendalikan *duty cycle* pada metode *incremental conductance* untuk mencari daya maksimal, mikrokontroler mengirim data berupa pwm untuk mengatur *gate* pada mosfet. *Output* dari *buck converter* digunakan untuk pengecasan aki. Rangkaian menuju aki diberi sensor arus dan tegangannya untuk diamati apakah aki sudah penuh atau belum. Pada aki juga diberi *regulator 5V* yang digunakan untuk menyalakan mikrokontroler. *Output* lain yang ditampilkan mikrokontroler yaitu berupa *lcd* yang menampilkan nilai arus, tegangan, dan daya. Adapun *led* yang berfungsi sebagai indikator baterai ketika baterai penuh atau sedang terisi.

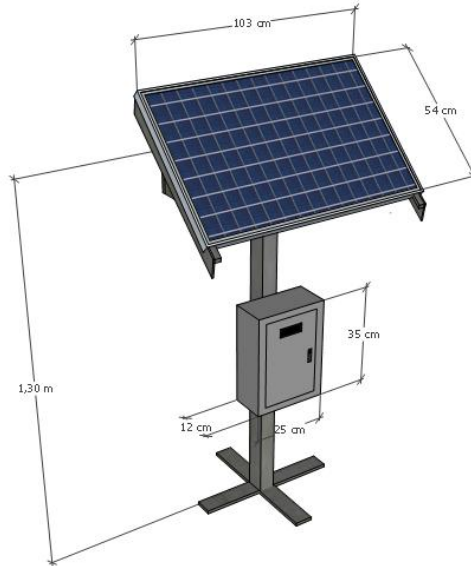
2.2 Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik mencakup desain tiang penyangga dan desain panel *box*. Gambaran desain dapat dilihat pada gambar 2. Ukuran desain tiang penyangga dan desain panel *box* adalah sebagai berikut:

- a. Desain Tiang Penyangga



- Panjang penyangga PV : 103 cm
- Lebar penyangga PV : 54 cm
- Tinggi Penyangga : 130 cm
- b. Desain Panel *Box*
 - Panjang : 25 cm
 - Lebar : 12 cm
 - Tinggi : 35 cm



Gambar 2: Desain Mekanik Tiang Penyangga dan Panel Box

2.3 Perancangan Elektrik

Perancangan elektrik mencakup spesifikasi *photovoltaic*, sensor arus dan tegangan, serta perancangan konverter *buck*.

a. Spesifikasi *Photovoltaic*

Pada rangkaian digunakan *photovoltaic* 100 Watt Peak dengan tipe sel *monocrystalline*. Tabel 1 menunjukkan spesifikasi keseluruhan *photovoltaic* yang digunakan.

TABEL I: SPESIFIKASI *PHOTOVOLTAIC*

Keterangan	Spesifikasi
<i>Rated Max Power (Pmax)</i>	100W
<i>Open Circuit Voltage (VOC)</i>	21.8V
<i>Short Circuit Current (ISC)</i>	6.05A
<i>Current at Pmax (Imp)</i>	5.62A
<i>Voltage at Pmax (Vmp)</i>	17.8V
<i>Normal Cell Temp (NOCT)</i>	-4°C ~ + 85°C
<i>Maximum System Voltage</i>	1000V
<i>Number of Cells</i>	36

b. Spesifikasi Sensor Arus

Pada rangkaian digunakan sensor arus dengan tipe ACS712 5A. Sensor arus ini dipilih untuk mendapat tingkat *detail* yang cukup tinggi pada kisaran arus 1A hingga 2A.

c. Spesifikasi Sensor Tegangan

Pembagi tegangan digunakan sebagai sensor tegangan dalam rangkaian. Rangkaian pembagi tegangan didesain untuk mendapat tegangan masukan hingga 30 V dan tegangan keluaran sebesar 5 V yang di gunakan pada mikrokontroler. Perhitungan untuk pembagi tegangan dapat dilihat pada persamaan.

$$V_{out} = \frac{V_{in} \times R_2}{(R_1 + R_2)} \tag{1}$$

Dimana, $V_{out} = 5V$; $V_{in} = 30V$; $R_1 = 10k\Omega$



$$5 = \frac{30 \times R2}{(10k\Omega + R2)}$$

$$5 (10k\Omega + R2) = 30R2$$

$$50k\Omega + 5R2 = 30R2$$

$$R2 = \frac{50k\Omega}{25} = 2k\Omega$$

d. Perancangan Konverter *Buck*

Untuk menghasilkan keluaran yang stabil, diperlukan perhitungan untuk menentukan komponen yang digunakan pada rangkaian konverter *buck*. Untuk itu ada beberapa rumus yang diperlukan untuk mencari komponen yang tepat pada rangkaian konverter *buck*. Adapun parameter dari konverter *buck* dapat dilihat pada tabel 2.

TABEL II: PARAMETER KONVERTER *BUCK*

Spesifikasi	Nilai
Tegangan Masukan	16 V – 25 V
Tegangan Keluaran	14 V
Arus Keluaran	2A
Frekuensi	30 KHz

Perhitungan *duty cycle*

$$D_{\min} = \frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in min}}} = \frac{14}{16} = 0.875 \tag{2}$$

$$D_{\max} = \frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in max}}} = \frac{14}{25} = 0.56 \tag{3}$$

Besar *peak to peak ripple currents*

$$\Delta i_L = 30\% \times I_{\text{out}} \tag{4}$$

$$\Delta i_L = 30\% \times 2$$

$$\Delta i_L = 0,6 \text{ A}$$

Besar induktor

$$L_{\min} = D \frac{(V_{\text{in min}} - V_{\text{out}})}{\Delta i_L \times f_s} \tag{5}$$

$$L_{\min} = 0,875 \times \frac{16 - 14}{0,6 \times 30000}$$

$$L_{\min} = 9,722 \times 10^{-5} \text{ H}$$

$$L_{\min} = 97 \mu\text{H}$$

Dari perhitungan diatas, induktor yang digunakan adalah sebesar 100 μH

Besar *peak to peak ripple voltages*

$$\Delta v_L = 3\% \times V_{\text{out}} \tag{6}$$

$$\Delta v_L = 3\% \times 14$$

$$\Delta v_L = 0,42$$

Besar Kapasitor

$$C_{\text{out min}} = \frac{\Delta i_L}{8 \times f_s \times \Delta v_L} \tag{7}$$

$$C_{\text{out min}} = \frac{0,6}{8 \times 30000 \times 0,42}$$

$$C_{\text{out min}} = 5,96 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$C_{\text{out min}} = 6 \mu\text{F}$$

Dari perhitungan diatas, kapasitor yang digunakan adalah sebesar 10 μF

2.4 Perancangan Kontrol *Incremental conductance*

Salah satu metode yang digunakan untuk mencapai titik daya maksimum dari sebuah sumber adalah metode *incremental conductance*. Dimana pada rangkaian ini digunakan *photovoltaic* sebagai sumbernya. Metode



incremental conductance bekerja berdasarkan gradien kurva P-V atau kurva P-I karakteristik panel surya. Karakteristik P-V panel surya merupakan fungsi daya terhadap tegangan, mencapai titik maksimum ketika gradiennya bernilai nol. Sehingga didapatkan rumus

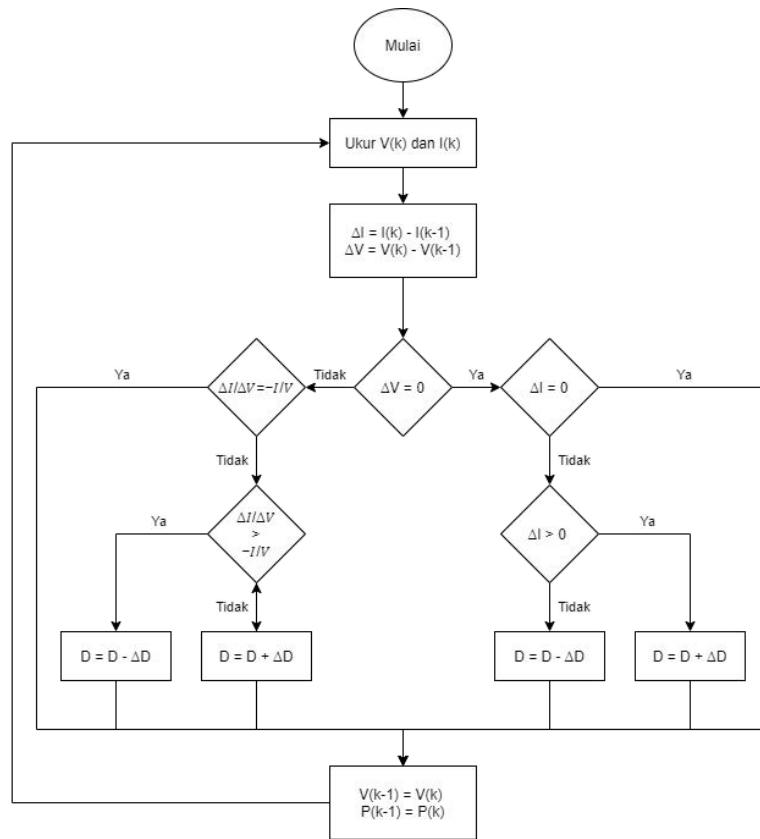
$$\frac{dP}{dV} = 0 \tag{8}$$

Karena $P = V \cdot I$

$$\frac{d(V.I)}{dV} = \frac{V.dI + dV.I}{dV}$$

$$V \frac{dI}{dV} + I = 0$$

$$\frac{dI}{dV} = - \frac{I}{V} \tag{9}$$



Gambar 3: Perancangan Kontrol *Incremental conductance*

Berdasarkan rumus 9, titik MPP dapat dilacak dengan membandingkan perhitungan sesaat (I / V) dengan *incremental conductance* ($\Delta I / \Delta V$). Sehingga dari perhitungan diatas dapat dijadikan sebuah *flowchart* untuk mempermudah penggambaran metode *incremental conductance* seperti pada gambar 3. Keluaran *photovoltaic* dipertahankan pada titik MPP setelah titik MPP tercapai, kecuali jika adanya perubahan pada ΔI yang menandakan adanya perubahan pada kondisi atmosfer sehingga nilai MPP juga berubah. Algoritma *incremental conductance* bekerja dengan cara menambahkan atau menentukan *duty cycle* untuk melacak titik MPP baru. Besarnya nilai penambahan menjadi penentu seberapa cepat MPP dilacak. Semakin besar nilai penambahannya pelacakan MPP dapat dicapai dengan cepat, tetapi mungkin sistem tidak akan beroperasi dengan tepat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Metode *Incremental Conductance* pada Panel Surya Menggunakan Konverter *Buck*

Pada pengujian metode *Incremental conductance* ini yang diimplementasikan pada mikrokontroler Arduino Uno R3 memiliki tugas untuk menambahkan maupun mengurangi nilai *duty cycle* pada *buck* konverter untuk



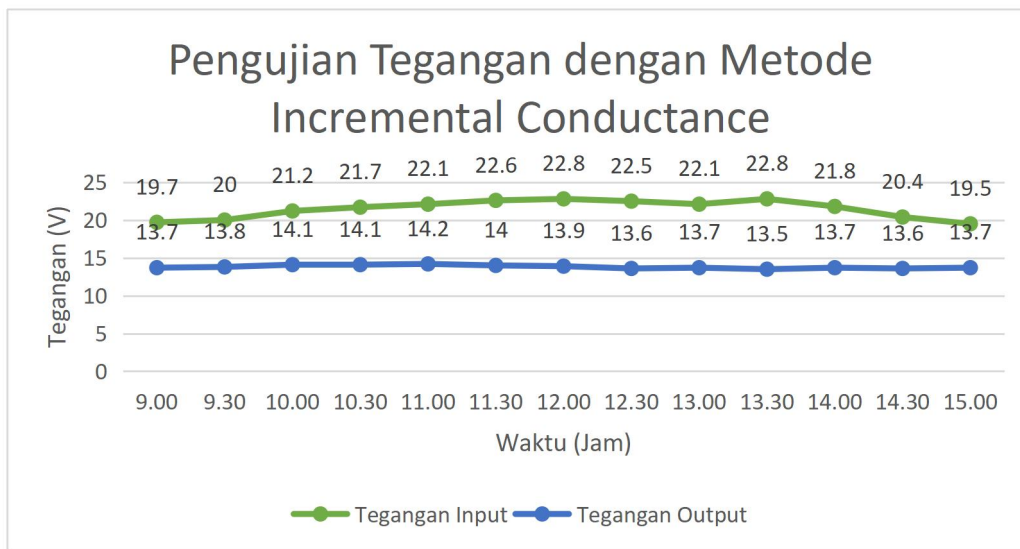
mencari titik daya maksimum dari *input* photovoltaic. Nilai *duty cycle* akan selalu berubah untuk mempertahankan nilai optimumnya, sehingga dapat dilihat bahwasannya terjadi perubahan pada tegangan, arus, dan daya. Data yang diambil dari pengujian menggunakan metode *Incremental conductance* menggunakan *buck converter* dapat dilihat pada tabel 3.

TABEL III: PENGUJIAN METODE *INCREMENTAL CONDUCTANCE* PADA PANEL SURYA MENGGUNAKAN KONVERTER *BUCK*

Waktu	Tegangan Input (V)	Arus Input (A)	Daya Input (W)	Tegangan Output (V)	Arus Output (A)	Daya Output (W)
09.00	19,7	1,49	29.3	13,7	2,07	28.3
09.30	20,0	1,51	30.2	13,8	2,15	29.7
10.00	21,2	1,57	33.3	14,1	2,31	32.6
10.30	21,7	1,86	40.4	14,1	2,44	34.4
11.00	22,1	2,05	45.3	14,2	2,48	35.2
11.30	22,6	2,23	50.4	14,0	2,87	40.2
12.00	22,8	2,22	50.6	13,9	3,00	41.7
12.30	22,5	2,19	49.3	13,6	3,10	42.2
13.00	22,1	2,17	48.0	13,7	3,03	41.5
13.30	22,8	2,19	49.8	13,5	2,99	40.3
14.00	21,8	2,12	46.2	13,7	2,62	35.9
14.30	20,4	1,89	38.6	13,6	2,10	28.6
15.00	19,5	1,49	29.1	13,7	2,09	28.6

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa pengujian metode *incremental conductance* pada panel surya menggunakan konverter *buck* dilakukan setiap 30 menit dimulai dari jam 9.00 hingga jam 15.00. Tegangan *input* berada pada kisaran 19V hingga 23V dimana ini sesuai dengan *output* yang tertera pada *photovoltaic* dalam keadaan cerah tidak berawan, sedangkan arus *input* berada pada kisaran 1,4A hingga 2,3A. Setelah melalui *buck converter* dengan menggunakan metode *incremental conductance* didapati bahwa tegangan *output* dari konverter *buck* berkisar antara 13,5V hingga 14,1V dengan arus yang lebih tinggi daripada arus *inputnya* yaitu sekitar 2A hingga 3A. Dari gambar 4 diketahui bahwa konverter *buck* dengan metode *incremental conductance* bekerja dengan baik dengan mempertahankan tegangan *output* pada kisaran *setpoint*.





Gambar 4: Grafik Pengujian Tegangan dengan Metode *Incremental conductance*

3.2 Pengujian Pengisian Aki dengan Metode *Incremental conductance* Menggunakan Konverter *Buck*

Dalam pengujian ini aki yang digunakan berukuran 12 V 7Ah. Berikut adalah data yang didapat dari pengujian pengisian aki.

TABEL IV: PENGUJIAN PENGISIAN AKI

Vin	Vout	Tegangan Aki Sebelum Pengisian	Tegangan Aki Setelah Pengisian	Durasi Pengisian
21 V	14 V	10,7 V	13,7 V	2 jam 15 menit

Berdasarkan Tabel 4 pengujian pengisian aki dengan metode *incremental conductance* menggunakan konverter *buck* memiliki tegangan awal sebesar 10,7 V. LED pengisian aki menyala sebagai tanda penuh setelah sekitar 2 jam 15 menit dengan menampilkan *voltase* penuh sebesar 13,7 V. Dari hasil pengujian tersebut, maka metode *Incremental conductance* dengan menggunakan konverter *buck* dapat berfungsi dengan baik untuk pengisian aki 12 V 7 Ah.

4. KESIMPULAN

Dari pengujian yang dilakukan, diketahui bahwa konverter *buck* menggunakan metode *incremental conductance* untuk mencari daya maksimum bekerja dengan baik. Konverter dengan metode *incremental conductance* yang dirancang mampu mempertahankan tegangan keluaran mendekati *setpoint* yaitu 14V. Dimana tegangan keluaran yang stabil pada kisaran 14V ini digunakan sebagai pengecasan aki 12V 7Ah. Pengecasan aki dimulai saat kondisi awal aki pada tegangan 10,7V hingga tegangan aki penuh pada 13,7V, berlangsung selama 2 jam 15 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Saleh, W. Hadi and M. C. Anwar, "DESAIN KONTROL MAXIMUM POWER POINT TRAKER (MPPT) MENGGUNAKAN INCREMENTAL CONDUCTANCE (INC) PADA DC/DC TIPE SEPIC," Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017, pp. 1-8, 2017.
- [2] D. Almada and P. G. Chamdareno, "Perbandingan Kinerja Konverter Buck Boost Dan Konverter Sepic Sebagai Charger Baterai Berbasis Panel Surya," Seminar Nasional Sains dan Teknologi, pp. 1-4, 2019.
- [3] B. Nugroho, S. Handoko and T. Andromeda, "PERANCANGAN MAXIMUM POWER POINT TRACKING PANEL SURYA MENGGUNAKAN BUCK BOOST CONVERTER DENGAN METODE INCREMENTAL CONDUCTANCE," TRANSMISI, vol. XVIII, pp. 168-175, 2016.
- [4] A. B. Pulungan, Sukardi and T. Ramadhani, "Buck Converter Sebagai Regulator Aliran Daya Pada Pengereman Regeneratif," Jurnal EECCIS, vol. X!!, pp. 93-97, 2018.
- [5] M. Arofik, E. D. Marindani and D. Suryadi, "RANCANG BANGUN PERALATAN LISTRIK RUMAH BERBASIS SUARA MENGGUNAKAN ARDUINO UNO R3," Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, pp. 1-9, 2018.



- [6] R. M. M. Wilutomo and T. Yuwono, "RANCANG BANGUN MEMONITOR ARUS DAN TEGANGAN SERTA KECEPATAN MOTOR INDUKSI 3 FASA MENGGUNAKAN WEB BERBASIS ARDUINO DUE," GEMA TEKNOLOG, vol. XIX, pp. 19-24, 2017.
- [7] Karyadi, "PENGARUH PENGGUNAAN PULSE WIDTH MODULATION (PWM) TERHADAP UNJUK KERJA GENERATOR ELEKTROLISIS PENGHASIL GAS HIDROGEN," Jurnal Teknik Elektro Universitas Negeri Jakarta, 2016.
- [8] L. A. Subagyo and B. Suprianto, "SISTEM MONITORING ARUS TIDAK SEIMBANG 3 FASA BERBASIS ARDUINO UNO," Jurnal Teknik Elektro, vol. VI, pp. 213-221, 2017.
- [9] Soniarto, "ANALISA BEBAN ARUS PADA INVERTER DAN TRAFU PADA WAKTU PEMAKAIAN DAN PENGISISAN AKI," Jurnal Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Semarang, 2017.
- [10] I. Winarno and L. Natasari, "MAXIMUM POWER POINT TRACKER (MPPT) BERDASARKAN METODE PERTURB AND OBSERVE DENGAN SISTEM TRACKING PANEL SURYA SINGLE AXIS," Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017, pp. 1-9, 2017.
- [11] D. N. Prakoso, A. Afandi, M. Arrijal, R. Abdurrahman and N. A. Windarko, "Perbandingan Metode MPPT Incremental Conductance Incremental Resistance dan Hill Climbing dengan PSIM," Jetri: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, vol. XVII, pp. 175-190, 2020.

