

Optimasi *Solar Charge Control* Dengan Daya 100wp Menggunakan Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Bhakti Pradana Roesyadi¹, Andriani Parastiw², Herwandi³

[Submission: 07-05-2021, Accepted: 30-05-2021]

Abstract – Photovoltaic has the characteristics of non-linear voltage and current curves and has a maximum power at a certain point with coordinates at V_{mpp} and I_{mpp} . MPPT has the Incremental Conductance (IC) method and the Perturbation and Observation (P&O) method, the purpose of these methods is to analyze the advantages of each method in optimizing the output of the PLTS system. The output of the PLTS system to charge the battery is controlled by the LTC3780 MPPT module. The result of this comparison is that the ratio of power generated by MPPT with the Perturbation and Observation method has a power ratio of up to 93.46% to the output power of photovoltaic, while MPPT with the Incremental Conductance method has a power ratio of up to 96.84% to the output power of photovoltaic. . This proves that the IC method produces more power than the P&O method.
Keywords – Power Ratio, Incremental Conductance, Perturb and Observe

Intisari – Fotovoltaik memiliki karakteristik kurva tegangan dan arus yang tidak linier dan mempunyai daya maksimum pada titik puncak dengan koordinat pada V_{mpp} dan I_{mpp} . MPPT memiliki metode Incremental Conductance (IC) dan metode Perturbation and Observation (P&O), tujuan dari metode tersebut adalah untuk menganalisa kelebihan dari masing – masing metode dalam pengoptimalan output dari sistem PLTS. Output dari sistem PLTS untuk mengisi baterai dikontrol oleh modul MPPT LTC3780. Hasil dari perbandingan ini adalah, rasio daya yang dihasilkan oleh MPPT dengan metode Perturbation and Observation memiliki rasio daya hingga 93,46% terhadap daya ouput panel surya, sedangkan MPPT dengan metode Incremental Conductance memiliki rasio daya hingga 96,84% terhadap daya ouput panel surya. Ini membuktikan bahwa metode IC menghasilkan daya yang lebih besar daripada metode P&O.

Kata Kunci – Rasio Daya, Incremental Conductance, Perturb and Observe

I. PENDAHULUAN

Maximum Power Point Tracking (MPPT) adalah salah satu sistem Solar Charge Controller yang terdapat pada sistem panel surya agar dapat menghasilkan daya maksimal.

MPPT tidak hanya berfungsi untuk meningkatkan daya dari input panel surya yang dialirkan menuju beban, selain itu juga meningkatkan lifetime sistem fotovoltaik[1]. MPPT ini dapat dibedakan menjadi beberapa macam karakteristik termasuk jenis sensor yang digunakan, kecepatan, biaya yang dikeluarkan, efektivitas, dan perangkat keras[2].

Faktor *irradiance* dan temperatur yang diterima oleh fotovoltaik sangat menentukan besarnya energi listrik (daya) yang dihasilkan. Merancang sistem fotovoltaik yang baik

tentunya tetap menggunakan sistem pelacak (*tracker*) untuk mencari titik maksimum daya atau bisa disebut *maximum power point* (MPP) yang berada pada kurva karakteristik dalam daya keluaran fotovoltaik.

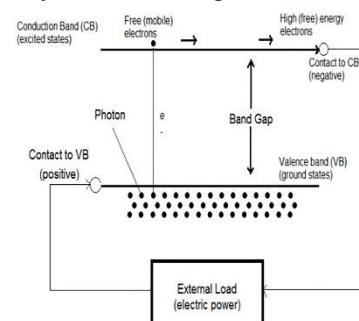
Controller MPPT dapat meningkatkan jumlah nilai arus yang masuk ke baterai, nilainya dapat bervariasi jumlahnya tergantung kepada kondisi cuaca hari tersebut, suhu yang terukur, status pengisian daya baterai, dan faktor-faktor lainnya. Selain itu, fotovoltaik memiliki karakteristik kurva tegangan dan arus yang tidak linier dan mempunyai daya maksimum pada titik puncak dengan koordinat pada V_{mpp} dan I_{mpp} . Tegangan dan arus yang dihasilkan akan diolah datanya melalui controller kemudian dihasilkan sinyal PWM dengan nilai *dutycycle* yang sesuai dengan algoritma yang digunakan[3].

MPPT terdapat 2 algoritma diantaranya, algoritma *Incremental Conductance* dan *Perturbation & Observation*, untuk menentukan metode yang baik dalam mengoptimalkan daya panel surya yang masuk ke beban, maka penggunaan LTC dengan mengimplementasikan sistem MPPT pada LTC 3780. Kemudian dilakukan perbandingan diantara kedua metode akan menghasilkan rasio daya, sehingga dari nilai rasio tersebut dapat membuktikan metode yang baik untuk mengoptimalkan daya panel surya yang masuk ke beban.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Panel Surya 100 WP

Sel Surya (*Photovoltaic*) Sel surya diartikan sebagai teknologi yang menghasilkan tegangan listrik dc dari suatu bahan semikonduktor ketika dipaparkan pada cahaya matahari. Selama bahan semi-konduktor tersebut dipaparkan pada cahaya matahari maka sel surya akan menghasilkan energi listrik, dan ketika tidak dipaparkan pada cahaya matahari, sel surya berhenti menghasilkan energi listrik[4].



Gambar 1 : Skema efek Photovoltaic [5]

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195

¹Mahasiswa, Program Studi Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9 (telp: 0341-404424 ; e-mail: bhaktipradana24@gmail.com)

^{2,3}Dosen, Program Studi Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9 (telp: 0341-404424 ; e-mail: andriani.parastiw@polinema.ac.id , e-mail: herwandi@polinema.ac.id)



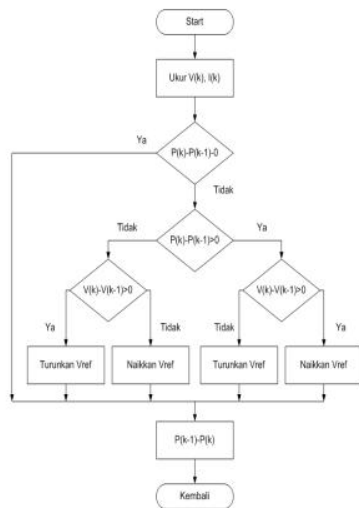
B. Metode Perturbation and Observation (P&O)

Perturbation & Observation memiliki dua tahap diantaranya, *perturb* yakni mengubah sedangkan *observation* yakni menghitung perubahan terhadap daya akibat kondisi *perturb* sebelumnya. Pada saat perubahan daya yang dihasilkan oleh algoritma ini adalah bernilai positif maka *perturb* yang selanjutnya akan tetap berada di posisi yang sama, sedangkan apabila perubahan nilai daya yang dihasilkan oleh algoritma ini dalam kondisi negatif maka *perturb* akan diposisikan terbalik.

TABEL I.

ALGORITMA PERTURBATION & OBSERVATION [5]

Perturbation	Perubahan Daya	Perturbation Selanjutnya
Positif	Positif	Positif
Positif	Negatif	Negatif
Negatif	Positif	Negatif
Negatif	Negatif	Positif



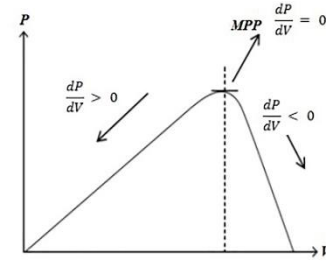
Gambar 2 : Flowchart Algoritma Perturbation & Observation [5]

Seperti halnya ICM, besar nilai *perturb* yang diberikan akan tetap. Untuk itu, masalah waktu penjajakan dan osilasi MPP diselesaikan dengan menggunakan besar *perturb* yang bervariasi [6].

C. Metode Incremental Conductance

Komponen utama yang digunakan dalam algoritma metode *incremental conductance* adalah sensor tegangan dan arus. Komponen ini digunakan untuk mengukur tegangan dan arus dari modul *Photovoltaic*. Dengan menggunakan metode ini, maka tegangan output dari modul *Photovoltaic* dikondisikan untuk mendapatkan output daya maksimum.

Dasar dari *incremental conductance* adalah tingkat kemiringan dari grafik arus dan daya pada titik MPP adalah 0.



Gambar 3 : Prinsip Kerja Incremental Conductance [7]

Prinsip Kerja IC menunjukkan prinsip kerja dari teknik IC dan flowchart metode IC. *Maximum Power Point* (MPP) dicapai pada saat nilai dP/dV sama dengan nol. Persamaan untuk teknik IC diberikan sebagai berikut :

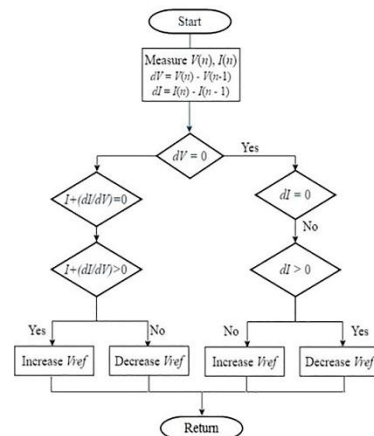
$$\frac{dI}{dV} = -\frac{I}{V}, \text{ Titik Maximum Power Point} \quad (1)$$

$$\frac{dI}{dV} > -\frac{I}{V}, \text{ Area sebelah kiri dari titik MPP} \quad (2)$$

$$\frac{dI}{dV} < -\frac{I}{V}, \text{ Area sebelah kanan dari titik MPP} \quad (3)$$

Simbol V adalah tegangan output dari modul *Photovoltaic*, sedangkan symbol I adalah arus *outputnya*. Dengan membandingkan nilai antara tegangan *output* dan arus *output* dari modul *Photovoltaic*, maka titik *maximum power point* dapat ditentukan. Bentuk *incremental conductance* dipresentasikan oleh persamaan disebelah kiri, sedangkan sisi sebelah kanan menunjukkan konduktasinya. Persamaan nilai MPPT dari modul *Photovoltaic*.

$$\frac{dI}{dV} + \frac{I}{V} = 0 \quad (4)$$



Gambar 5 : Flowchart Incremental Conductance [7]

Algoritma Incremental Conductance bekerja pada sistem MPPT. Ada 2 kelemahan utama dari teknik IC dan P&O yaitu pertama adalah kecepatan respon dari algoritma *incremental conductance* dan P&O bergantung pada nilai V_{ref} yang digunakan. Semakin besar nilai V_{ref} , maka



semakin cepat pula bekerja pada titik MPP dan begitu pula sebaliknya. Namun, kecepatan respon ini membawa kelemahan utama yaitu menyebabkan osilasi pada titik MPP. Kelemahan lainnya dan yang paling utama adalah dapat dengan mudah kehilangan titik MPP.

Jika radiasi yang ada pada permukaan berubah dengan cepat. Ketika kurva MPP tetap, algoritma IC dan P&O dapat melakukan tracking dengan sangat baik, namun ketika terjadi perubahan kurva MPP dengan sangat cepat akibat adanya perubahan radiasi seperti matahari yang tertutup awan maka algoritma IC dan P&O kehilangan performanya. Penyebab utamanya adalah adanya perubahan tegangan output pada yang tidak dibedakan oleh algoritma itu sendiri apakah berasal algoritma ataukah dari perubahan level radiasi matahari.

D. Watt Meter

Wattmeter yang terpasang pada sistem panel surya merupakan alat untuk mengukur daya listrik secara langsung yang dihasilkan oleh panel surya dalam satuan watt.

E. Relay DC

Relay yang terpasang pada sistem panel surya adalah saklar elektronis SPDT yang dikendalikan melalui program Arduino, sebagai pengaman pada modul LTC3780. Relay akan bekerja berdasarkan magnet yang berada di dekat kontak relay, sehingga ketika kumparan pada relay dihubungkan dengan sumber tegangan DC maka relay akan bekerja[8].

F. Sensor arus ACS712

ACS712 merupakan suatu IC terpaket berfungsi sebagai sensor arus menggantikan trafo arus yang relatif besar dalam ukurannya. Pada prinsipnya ACS712 sama dengan sensor hall effect[9].

G. Sensor tegangan DC

Sensor tegangan ini merupakan rangkaian pembagi tegangan input yang terukur dari nilai output LTC 3780 kemudian dibagi menjadi beberapa bagian tegangan output.

H. Arduino mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah mikrokontroler yang menggunakan chipset ATmega2560. Arduino Mega 2560 memiliki pin sebanyak 54 input / output digital (untuk 14 pin dapat digunakan sebagai output sinyal PWM), input sebanyak 16 berupa analog, 4 UART (port serial untuk perangkat keras), osilator crystal bernilai 16 MHz, terdapat koneksi USB, colokan listrik (DC), header ICSP, dan sebuah tombol reset.

I. Accu / Aki

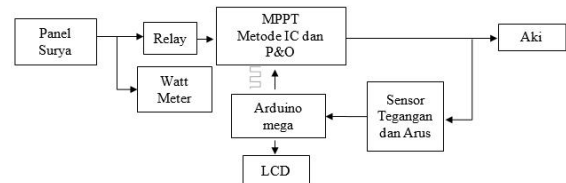
Baterai VRLA (Valve Regulated Lead Acid) atau baterai kering adalah baterai yang kondisinya tertutup (sealed). Karena sifat dari baterainya tertutup maka uap yang keluar dari baterai sangatlah sedikit (terjadi rekombinasi) sehingga

tidak perlu lagi menambahkan cairan/electrolyte selama masa pemakaian baterai tersebut.

J. Liquid Crystal Display (LCD)

LCD (Liquid Crystal Display) atau display elektronik adalah komponen yang memiliki fungsi sebagai tampilan suatu data, karakter, huruf ataupun grafik. Merupakan salah satu jenis display yang dibuat dengan menggunakan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak memancarkan pencahayaan apapun namun memantulkan cahaya yang berada di sekitarnya.

III. METODE PENELITIAN



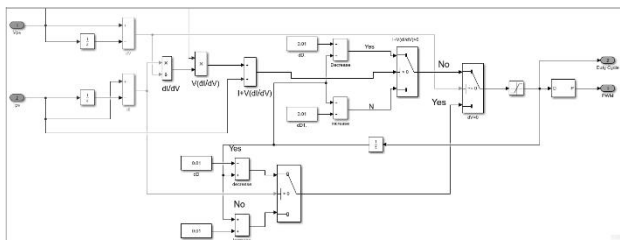
Gambar 6 : Proses Sistem Secara Keseluruhan

Input dari sistem ini adalah panel surya, panel surya tersebut mengeluarkan nilai tegangan yang berubah-ubah sesuai dengan kondisi sinar matahari yang diterima oleh panel surya. Panel surya yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis Monocrystalline 100 WP dengan range tegangan maksimum sebesar 21.8 volt dan arus sebesar 6.05 Ampere. Tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya tersebut kemudian dibaca oleh Watt Meter, dan mengalir menuju MPPT.

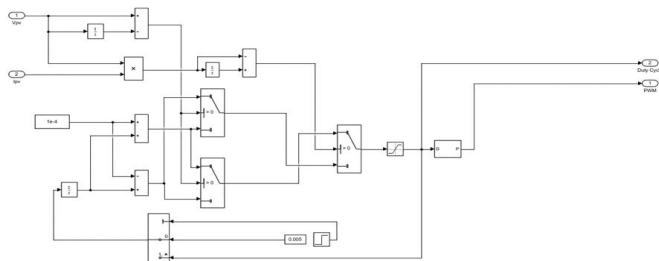
Pada saat tegangan panel surya > 15 volt maka sistem MPPT akan bekerja sebagai buck converter untuk menurunkan tegangan hingga nilai mencapai 15 volt, sedangkan ketika tegangan yang dihasilkan oleh panel surya < 15 volt maka sistem MPPT akan bekerja sebagai boost converter untuk menaikkan tegangan hingga nilai mencapai 15 volt. Tegangan hasil dari MPPT ini akan digunakan untuk men-charging aki 12V/33Ah. Sensor Tegangan dan Arus digunakan sebagai pendeteksi tegangan dan arus output dari MPPT serta berfungsi sebagai Auto Charge dan Auto Cut off. Setiap pembacaan dari sensor data diolah pada Arduino, Arduino digunakan sebagai mikrokontroler yang akan memproses data hasil pembacaan sensor yang kemudian dijadikan sebagai pembandingan hasil dari wattmeter. Display LCD yang digunakan 128 x 64. Berfungsi untuk menampilkan hasil pembacaan sensor dan Jam.

A. Diagram Blok Kontrol





Gambar 5 : Diagram Blok Control Metode Incremental Conductance



Gambar 6 : Diagram Blok Control Metode Perturbation & Observation

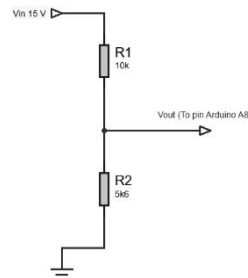
Diagram blok kontrol pada gambar 5 dan 6 menunjukkan proses control dari charge controller yang dikendalikan menggunakan metode Incremental Conductance dan Peturb and Observe. Prosesnya, tegangan yang dihasilkan oleh panel surya akan dicari titik maksimumnya hingga stop time yang ditentukan. Proses ini akan mengalami looping dan akan terdapat perubahan dari nilai, dan dalam hal ini disebut fuzzifikasi.

B. Perancangan Sensor Tegangan

Dalam pembacaan tegangan keluaran dari MPPT yang masuk menuju ke aki oleh ADC mikrokontroller diperlukan sebuah sensor yang dapat menurunkan tegangan menjadi tegangan yang dibutuhkan oleh ADC mikrokontroller, namun tetap dapat mewakili nilai tegangan asli. Oleh karena itu, menggunakan prinsip dasar voltage divider atau pembagi tegangan untuk menurunkan tegangan pada panel surya yang kemudian masuk ke pin ADC mikrokontroller.

Sensor tegangan ini memiliki range tegangan input sebesar 15 volt. Hal ini sesuai dengan egangan output dari MPPT yang akan terdeteksi. Sedangkan range tegangan sensor adalah 0 sampai 5 volt dengan disesuaikan pada tegangan yang dibutuhkan oleh ADC mikrokontroller. Persamaan untuk menentukan nilai resistor pada sensor tegangan [10].

$$\begin{aligned}
 V_{out} &= R_2 / (R_1 + R_2) \times V_{in} \\
 5V &= R_2 / (R_1 + R_2) \times 15V \\
 5R_1 + 5R_2 &= 15R_2 \\
 5R_1 &= 10R_2 \\
 R_2 &= 5 \times R_1 / 10 \\
 \text{Jika } R_1 &= 10k, \text{ Maka :} \\
 R_2 &= 5 \times 10k / 10 \\
 R_2 &= 5K \approx 5k6 \text{ (menyesuaikan nilai standard resistor E12).}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$



Gambar 7 : Rangkaian Skematik Sensor Tegangan

C. Perancangan Driver Relay

Rangkaian driver relay ini berfungsi sebagai pengaman dari MPPT, ketika kapasitas aki sudah terpenuhi maka secara otomatis akan memutus sumber dari panel surya yang masuk ke MPPT.

Diketahui :

- Voh Arduino = 5 V
- Ioh = 40 Ma
- I Relay = 63 mA

Perancangan driver relay ini Rb dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut :

- Voh Arduino = 5 V
- Ioh = 40 Ma
- I Relay = 63 mA
- Ib = 10% dari Ioh agar port I/O bekerja dengan aman = 10% x 40 mA = 4 mA

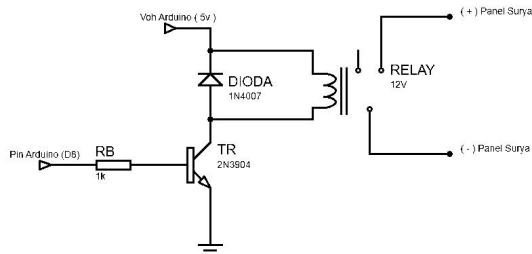
Pemilihan Transistor

$$\begin{aligned}
 H_{fe} \text{ (min)} &= I_c / I_b \\
 &= 100 / 4 \\
 &= 25
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Dipilih transistor type 2N3904, karena Nilai hFE min = 30 Mudah didapatkan Harga kompetitif dan murah Persamaan untuk menghitung nilai Rb [11].

$$\begin{aligned}
 R_b &= (V_{oh} - V_{be}) / I_b \\
 &= (5 - 0.7) / 0.004 \\
 &= 1075\Omega \approx 1k\Omega
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Jadi, untuk pemilihan nilai resistor basis pada transistor 2N3904 yaitu 1kΩ dikarenakan arus Ib akan menjadi 4.3 mA dengan perhitungan (5 - 0.7) / 1 kΩ = 4.3 mA. Arus ini masih sangat aman untuk port Io dan seandainya hFE hanya minimal 30 maka Ic sudah sangat cukup. Apabila nilai hFE kurang dari 30 atau serendah rendahnya 20 maka Ic masih berada pada nilai 4.3 x 20 = 86 mA, masih sangat cukup untuk mendrive relay 63 mA.



Gambar 8 : Rangkaian Skematik Driver Relay



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

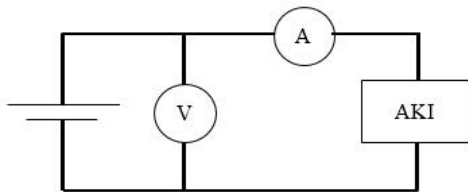
Pengujian disini bertujuan untuk memperoleh data-data spesifik yang menunjukkan pengoptimalan daya output MPPT. Dari data-data tersebut akan diamati kesesuaiannya dan dapat ditentukan metode yang baik untuk digunakan dalam sistem MPPT. Terdapat perbandingan antara daya keluaran yang konkret dalam satu waktu dengan daya maksimum yang telah diukur pada kondisi kerja sel surya tersebut. Untuk nilai parameter ini akan berkisar antara 0 sampai 100%. Rasio daya dapat diperoleh berdasarkan persamaan

$$\text{Rasio Daya Output} = \frac{\text{Rata}^2 \text{ Daya MPPT}}{\text{Rata}^2 \text{ Daya Ouput Panel Surya}} \times 100\% \quad (7)$$

Semakin besar nilai rasio daya outputnya, maka algoritma yang digunakan oleh MPPT tersebut semakin baik.

A. Pengujian Panel Surya

Pengujian panel surya ini dilakukan untuk dapat mengetahui tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya dibawah sinar matahari. Pengukuran tegangan dan arus panel surya ini diukur dengan menggunakan multimeter dan beban aki sebesar 33Ah.



Gambar 9: Pengukuran Tegangan dan Arus

Peralatan yang digunakan pada saat pengujian diantaranya adalah panel surya 100WP, Multimeter digital, kabel connector dan Watt Meter. Prosedur dari pengujian tegangan dan arus panel surya adalah sebagai berikut:

- Menghubungkan kabel connector pada panel surya
- Meletakkan panel surya dibawah sinar matahari dengan arah menghadap matahari
- Untuk pengukuran tegangan tanpa beban ataupun menggunakan beban dilakukan dengan mengatur skala multimeter pada volt meter kemudian menghubungkan kabel positif (+) panel surya dengan kabel positif (+) multimeter, sedangkan kabel negatif (-) panel surya dengan kabel negatif (-) multimeter.
- Untuk pengukuran arus tanpa beban, mengatur skala multimeter pada posisi ampere kemudian menghubungkan kabel positif (+) panel surya dengan kabel positif (+) multimeter, kabel negatif (-) multimeter dengan kabel negatif (-) panel surya.
- Mengamati nilai tegangan dan arus yang terbaca pada multimeter kemudian mencatat hasil pengujian
- Membandingkan pembacaan Watt Meter dengan Multimeter

Setelah melakukan pengujian tegangan dan arus panel surya, data yang diperoleh ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

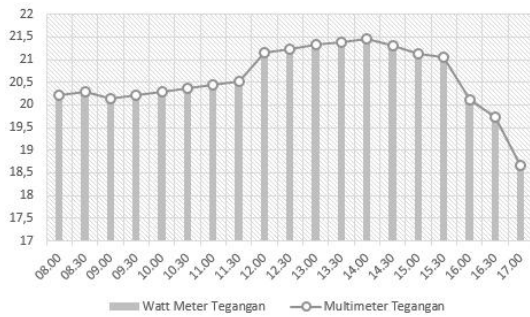
TABEL 2.
 PENGUJIAN TEGANGAN DAN ARUS PANEL SURYA 100WP

Waktu	Multimeter		Watt Meter	
	Tegangan	Arus	Tegangan	Arus
08.00	20.22 V	2.03 A	20.21 V	2.04 A
08.30	20.28 V	2.12 A	20.28 V	2.13 A
09.00	20.15 V	2.18 A	20.15 V	2.17 A
09.30	20.22 V	2.24 A	20.22 V	2.25 A
10.00	20.29 V	2.32 A	20.29 V	2.32 A
10.30	20.37 V	2.31 A	20.36 V	2.30 A
11.00	20.45 V	2.46 A	20.45 V	2.45 A
11.30	20.52 V	2.49 A	20.52 V	2.50 A
12.00	21.15 V	2.05 A	21.15 V	2.05 A
12.30	21.22 V	2.12 A	21.22 V	2.12 A
13.00	21.34 V	2.12 A	21.34 V	2.12 A
13.30	21.39 V	2.21 A	21.39 V	2.21 A
14.00	21.46 V	2.12 A	21.46 V	2.12 A
14.30	21.31 V	2.40 A	21.32 V	2.40 A
15.00	21.14 V	2.38 A	21.14 V	2.38 A
15.30	21.06 V	2.27 A	21.06 V	2.26 A
16.00	20.12 V	2.05 A	20.12 V	2.06 A
16.30	19.72 V	2.21 A	19.72 V	2.21 A
17.00	18.66 V	2.00 A	18.67 V	2.00 A

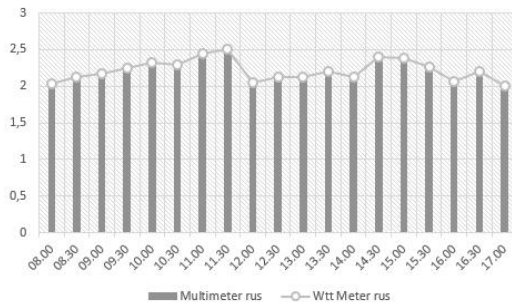
TABEL 3.
 PENGUJIAN TEGANGAN DAN ARUS PADA SAAT MALAM HARI

Waktu	Multimeter		Watt Meter	
	Tegangan	Arus	Tegangan	Arus
19.00	0.05 V	0 A	0.051 V	0 A





Gambar 10 : Grafik Pengukuran Tegangan Panel Surya



Gambar 11 : Grafik Pengukuran Arus Panel Surya

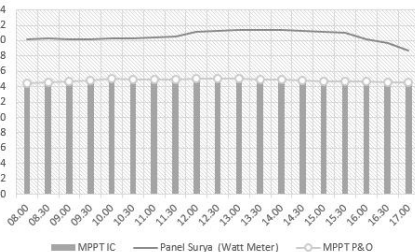
Pada gambar 10 dan 11 dapat diketahui bahwa tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya saling berbanding lurus. Ketika tegangan yang dihasilkan oleh panel surya tinggi, maka arus yang dihasilkan oleh panel surya juga tinggi, begitupun sebaliknya apabila tegangan yang dihasilkan oleh panel surya itu rendah maka arus yang dihasilkan juga rendah.

B. Pengujian MPPT

Pengujian MPPT ini bertujuan untuk menguji rangkaian MPPT yang telah dirangkai apakah bekerja dengan baik sesuai dengan fungsi, rangkaian buck (penurun tegangan output panel surya) atau sebagai rangkaian boost (penaik tegangan output panel surya). Peralatan yang digunakan adalah modul LTC3780, dc voltage, multimeter. Prosedur pada pengujian kali ini adalah sebagai berikut:

- Mempersiapkan rangkaian dan peralatan yang dibutuhkan
- Menghubungkan rangkaian MPPT dengan dc voltage
- Mengatur nilai Pulse agar rangkaian menghasilkan tegangan output 15 volt

Data yang diperoleh setelah melakukan pengujian dapat ditunjukkan pada tabel.



Gambar 12 : Grafik Perbandingan Tegangan Panel Surya dan Tegangan Output MPPT

TABEL 4.
HASIL PENGUJIAN RANGKAIAN MPPT

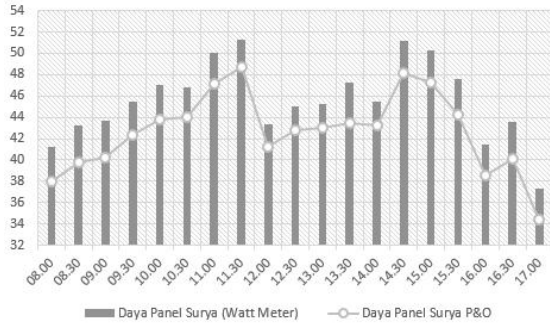
Waktu	Panel Surya		MPPT			
			IC		P&O	
	V	A	V	A	V	A
08.00	20.21	2.04	14.40	2.75	20.21	2.04
08.30	20.28	2.13	14.60	2.84	20.28	2.13
09.00	20.15	2.17	14.70	2.86	20.15	2.17
09.30	20.22	2.25	14.85	2.94	20.22	2.25
10.00	20.29	2.32	15.00	3.04	20.29	2.32
10.30	20.36	2.30	14.94	3.04	20.36	2.30
11.00	20.45	2.45	14.95	3.25	20.45	2.45
11.30	20.52	2.50	14.96	3.36	20.52	2.50
12.00	21.15	2.05	15.05	2.82	21.15	2.05
12.30	21.22	2.12	15.02	2.94	21.22	2.12
13.00	21.34	2.12	15.03	2.95	21.34	2.12
13.30	21.39	2.21	14.96	3.10	21.39	2.21
14.00	21.46	2.12	14.94	2.95	21.46	2.12
14.30	21.32	2.40	14.78	3.36	21.32	2.40
15.00	21.14	2.38	14.75	3.31	21.14	2.38
15.30	21.06	2.26	14.68	3.14	21.06	2.26
16.00	20.12	2.06	14.64	2.72	20.12	2.06
16.30	19.72	2.21	14.58	2.87	19.72	2.21
17.00	18.67	2.00	14.56	2.46	18.67	2.00

C. Pengujian Metode Perturbation & Observation (P&O)



$$\text{Rasio Daya Output} = \frac{\text{Rata - Rata Daya MPPT}}{\text{Rata - Rata Daya Output Panel Surya}} \times 100\%$$

$$\text{Rasio Daya Output} = \frac{42,64}{45,62} \times 100\% = 93,46\%$$



Gambar 13 : Grafik Pengujian Daya Perturbation & Observation

TABEL 5.
HASIL PENGUJIAN METODE PERTURBATION & OBSERVATION

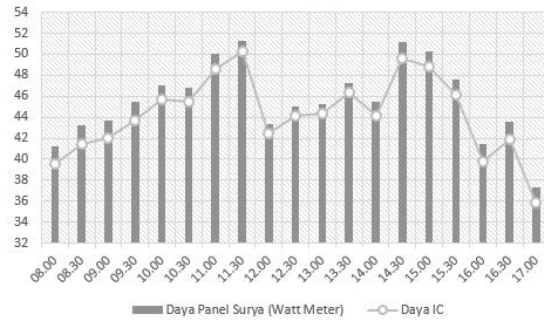
Waktu	Panel Surya		P&O		Daya (W)	
	V	A	V	A	Panel Surya	P&O
08.00	20.21	2.04	14.4	2.63	41.23	37.93
08.30	20.28	2.13	14.6	2.72	43.2	39.74
09.00	20.15	2.17	14.7	2.74	43.73	40.23
09.30	20.22	2.25	14.85	2.85	45.5	42.31
10.00	20.29	2.32	15.00	2.92	47.07	43.78
10.30	20.36	2.3	14.94	2.95	46.83	44.02
11.00	20.45	2.45	14.95	3.15	50.1	47.1
11.30	20.52	2.5	14.96	3.26	51.3	48.74
12.00	21.15	2.05	15.05	2.74	43.36	41.19
12.30	21.22	2.12	15.02	2.85	44.99	42.74
13.00	21.34	2.12	15.03	2.86	45.24	42.98
13.30	21.39	2.21	14.96	2.91	47.27	43.49
14.00	21.46	2.12	14.94	2.89	45.5	43.22
14.30	21.32	2.4	14.78	3.25	51.17	48.1
15.00	21.14	2.38	14.75	3.21	50.31	47.29

15.30	21.06	2.26	14.68	3.02	47.6	44.26
16.00	20.12	2.06	14.64	2.63	41.45	38.55
16.30	19.72	2.21	14.58	2.75	43.58	40.09
17.00	18.67	2.00	14.56	2.36	37.34	34.35
Rata ²	20.58	2.22	14.81	2.88	45.62	42.64

D. Pengujian Metode Incremental Conductance (IC)

$$\text{Rasio Daya Output} = \frac{\text{Rata - Rata Daya MPPT}}{\text{Rata - Rata Daya Output Panel Surya}} \times 100\%$$

$$\text{Rasio Daya Output} = \frac{44,22}{45,62} \times 100\% = 96,84\%$$



Gambar 14 : Grafik Pengujian Daya Incremental Conductance

TABEL 6
HASIL PENGUJIAN INCREMENTAL CONDUCTANCE

Waktu	Panel Surya		IC		Daya (W)	
	V	A	V	A	Panel Surya	IC
08.00	20.21	2.04	14.4	2.75	41.23	39.58
08.30	20.28	2.13	14.6	2.84	43.2	41.47
09.00	20.15	2.17	14.7	2.86	43.73	41.98
09.30	20.22	2.25	14.85	2.94	45.5	43.68
10.00	20.29	2.32	15.00	3.04	47.07	45.66
10.30	20.36	2.3	14.94	3.04	46.83	45.42
11.00	20.45	2.45	14.95	3.25	50.10	48.6
11.30	20.52	2.5	14.96	3.36	51.30	50.27
12.00	21.15	2.05	15.05	2.82	43.36	42.49
12.30	21.22	2.12	15.02	2.94	44.99	44.09

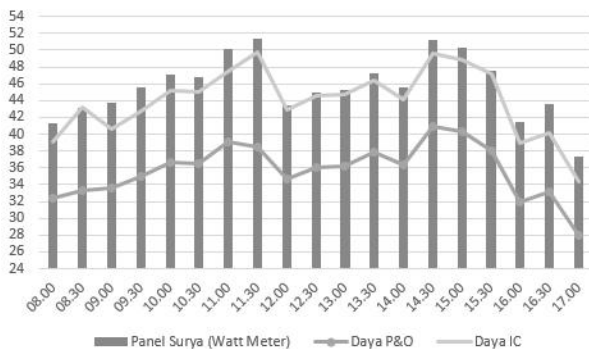


13.00	21.34	2.12	15.03	2.95	45.24	44.34
13.30	21.39	2.21	14.96	3.1	47.27	46.33
14.00	21.46	2.12	14.94	2.95	45.5	44.13
14.30	21.32	2.4	14.78	3.36	51.17	49.63
15.00	21.14	2.38	14.75	3.31	50.31	48.8
15.30	21.06	2.26	14.68	3.14	47.6	46.17
16.00	20.12	2.06	14.64	2.72	41.45	39.79
16.30	19.72	2.21	14.58	2.87	43.58	41.84
17.00	18.67	2,00	14.56	2.46	37.34	35.85
Rata ²	20.58	2.22	14.81	2.98	45.62	44.22

10.00	47.07 W	36.72 W	45.15 W
10.30	46.83 W	36.53 W	44.97 W
11.00	50.10 W	39.08 W	47.54 W
11.30	51.30 W	38.48 W	49.82 W
12.00	43.36 W	34.69 W	42.89 W
12.30	44.99 W	35.99 W	44.61 W
13.00	45.24 W	36.19 W	44.79 W
13.30	47.27 W	37.82 W	46.38 W
14.00	45.50 W	36.40 W	44.07 W
14.30	51.17 W	40.93 W	49.66 W
15.00	50.31 W	40.25 W	48.82 W
15.30	47.60 W	38.08 W	47.12 W
16.00	41.45 W	31.91 W	38.94 W
16.30	43.58 W	33.12 W	40.10 W
17.00	37.34 W	28.01 W	34.36 W
Rata²	45.62 W	44.22 W	42.64 W

E. Perbandingan Penggunaan Metode IC dan Metode P&O

Hasil dari perbandingan ini adalah, daya yang dihasilkan oleh MPPT dengan metode Perturbation & Observation memiliki rasio daya sebesar 93,46% terhadap daya output panel surya, sedangkan MPPT dengan metode Incremental Conductance memiliki daya sebesar 96,84% terhadap daya output panel surya. Semakin besar nilai rasio ini, maka algoritma yang digunakan semakin baik, ini membuktikan bahwa metode Incremental Conductance lebih baik daripada metode Perturbation & Observation.



Gambar 15 : Grafik Perbandingan Daya Metode IC dan P&O

TABEL 7
HASIL PERBANDINGAN DAYA METODE IC DAN P&O

Waktu	Panel Surya	Daya P&O	Daya IC
08.00	41.23 W	32.37 W	39.02 W
08.30	43.20 W	33.26 W	43.20 W
09.00	43.73 W	33.67 W	40.57 W
09.30	45.50 W	35.03 W	42.77 W

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Metode Incremental Conductance memiliki Osilasi yang kecil, osilasi ini disebabkan oleh adanya switching pada MPPT. Nilai osilasi ini berbahaya untuk baterai, semakin kecil nilai osilasi maka tidak membahayakan baterai.
2. Metode Perturbation & Observation menghasilkan daya yang besar, presentase arus juga mengalami kenaikan yang cukup tinggi sedangkan presentase tegangan sangat kecil.
3. Rasio daya yang dihasilkan oleh MPPT dengan metode Perturbation & Observation memiliki rasio daya hingga 93,46% terhadap daya ouput, panel surya, sedangkan MPPT dengan metode Incremental Conductance memiliki rasio daya hingga 96,84% terhadap daya ouput, panel surya.
4. Dari hasil perbandingan antara metode Incremental Conductance dengan metode Perturbation & Observation, nilai rasio yang mendekati 100% (daya output panel surya) adalah metode Incremental



Conductance ini membuktikan bahwa metode tersebut lebih baik dari metode Perturbation & Observation.

B. Saran

1. Dari segi mekanik, perlu digunakan panel surya diatas 100 Wp dan Aki yang berkapasitas lebih besar sehingga dapat diaplikasikan pada rumah yang sekaligus nantinya bisa bermitra dengan perumahan.
2. Dari segi metode, perlu adanya metode selain Incremental Conductance dan Perturbation & Observation yang digunakan pada penelitian ini, sehingga dapat dibandingkan efisien daya nya.

REFERENSI

- [1] A. B. G. Bahgat, N. H. Helwa, G. E. Ahmad, and E. T. El Shenawy, "Maximum power point tracking controller for photovoltaic systems using neural networks," *Renew. Energy*, vol. 30, no. 8, pp. 1257–1268, 2005
- [2] T. Esum and P. L. Chapman, "Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques," *IEEE Trans. Energy Convers.*, vol. 22, no. 2, pp. 439–449, 2007.
- [3] Dimas J, Tatyantoro, dkk (2018). Optimalisasi Stand-Alone Photovoltaic System dengan Implementasi Algoritma P&O-Fuzzy MPPT.
- [4] Hegedus, S., & Luque, A. (2003). *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. West Sussex: Jhon Wiley & Sons.
- [5] Ranny, Herri, dkk (2017). Optimasi Pengisian Daya Baterai pada Panel Surya Menggunakan Maximum Power Point Tracking (MPPT).
- [6] Plegari, L., & Rizzo, R. (2010). Adaptive perturb and observe algorithm for photovoltaic maximum power point tracking. *Renewable Power Generation, IET*, 4 (4), 317-328.
- [7] Sri U., Siti S., Apip P. 2018. *Penggunaan Algoritma Incremental Conductance Pada MPPT Dengan Buck Converter Untuk Pengujian Indoor Dan Outdoor*. Jurnal Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Bandung.
- [8] Joko Utomo. (2016). Rancang Bangun Pengendali Dan Monitoring Motor Dc Menggunakan Komputer Berbasis Mikrokontroler. Fakultas Teknik Universitas Lampung Bandar Lampung.
- [9] Agus Budiman, Isnan Nur Rifai (2014). Sistem Monitoring Dan Proteksi Watt Meter Multi Chanel Listrik Rumah Tangga. Diploma Elektronika Dan Instrumentasi Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada.
- [10] Hilman Hr. Jufri, Nasruddin M.N, Bisman P3. Rancang Bangun Alat Ukur Daya Arus Bolak-Balk Berbasis Mikrokontroler Atmega8535
- [11] Arief Hendra S., Niat Bagus S., (2009). Perancangan Alat Pendeteksi Pemasangan Ilegal Pada Sistem Telepon Rumah. Program Studi Diploma III Teknik Telekomunikasi, Purwokerto.

