

PERANCANGAN KONVERTER ARUS SEARAH TIPE *SEPIC* YANG DIOPERASIKAN UNTUK PENCARIAN TITIK DAYA MAKSIMUM PANEL SURYA BERBASIS METODE *PERTURBATION AND OBSERVATION (P&O)*

Ahmad Rizky Zainal^{*)}, Trias Andromeda, and Mochammad Facta

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}*E-mail: ahmad.rizky09@gmail.com*

Abstrak

Panel surya biasanya dapat dihubungkan langsung dengan beban tanpa konverter. Hal ini mengakibatkan beban menerima tegangan yang tidak sesuai dengan tegangan kerja yang dibutuhkan. Permasalahan ini dapat diselesaikan dengan menggunakan konverter arus searah yang dapat menaikkan dan menurunkan level tegangan sesuai dengan kebutuhan beban sebagaimana terdapat pada Penelitian ini. Konverter arus searah pada MPPT berfungsi sebagai konverter untuk mengubah tegangan yang dibangkitkan panel surya ke level tegangan yang dibutuhkan beban dengan memodulasi duty cycle pada konverter. Sepic konverter adalah salah satu tipe dari konverter arus searah yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan dengan polaritas tegangan yang sama. Pada Penelitian ini dilakukan perancangan konverter arus searah tipe sepic yang dioperasikan untuk pencarian titik daya maksimum panel surya berbasis metode P&O. Pengujian sistem menunjukkan bahwa konverter arus searah tipe sepic yang dirancang mampu mencari titik daya maksimum ketika terjadi perubahan irradiansi. Daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya dengan MPPT adalah 4,6 watt untuk irradiansi 1060 W/m², 3,9 watt untuk irradiansi 950 W/m², 3,6 watt untuk irradiansi 850 W/m², 2,6 watt untuk irradiansi 650 W/m², dan 1,6 watt untuk irradiansi 400 W/m².

Kata kunci : Konverter arus searah tipe sepic, Maximum power point tracking, Panel surya

Abstract

Solar panel can usually be connected directly to the load without a converter, but it led to load receives a non-compatible working voltage. This problem can be solved by using direct current converter which can raise and lower voltage levels according to load requirements. Direct current converter on the MPPT act as a converter to manipulate voltage generated by solar panel to the required voltage level by modulating the duty cycle on the converter. Sepic converter is one type of direct current converter that can raise and lower the voltage with polarity of the output voltage equal to the input voltage. This study designed direct current converter SEPIC type to find the maximum power point of the solar panel using P & O Algorithm method. Based on the system test, direct current converter SEPIC type can find maximum power point when there are radiation changes. The maximum power generated by the solar panels with MPPT is 4,6 watts at 1060 W / m² radiation, 3,9 watts at 950 W / m² radiation, 3,6 watts at 850 W / m² radiation, 2,6 watts at 650 W / m² radiation, and 1,6 watts at 400 W / m² radiation.

Keyword : direct current SEPIC type, maximum power point tracking, solar panel

1. Pendahuluan

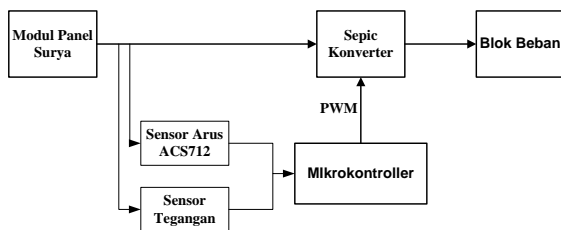
Photovoltaic (PV) merupakan sumber energi terbarukan yang populer dengan beberapa keuntungan seperti biaya operasional yang rendah, bebas biaya perawatan dan ramah lingkungan[1]. Pemanfaatan panel surya sebagai pembangkit biasanya dapat dihubungkan langsung dengan beban tanpa konverter. Hal ini mengakibatkan beban menerima tegangan yang sama dengan panel surya sehingga beban menerima tegangan yang tidak sesuai dengan tegangan kerja yang diperlukan[2]. Permasalahan

ini dapat dihilangkan dengan cara penambahan konverter arus searah sebagaimana terdapat pada Penelitian ini. Pengoptimalan panel surya dilakukan dengan menggunakan *maximum power point tracker (MPPT)*[1]. Tujuan MPPT adalah untuk memastikan bahwa sistem selalu mendapatkan daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya. Kondisi suhu dan radiasi matahari yang berubah-ubah menyebabkan kurva karakteristik P-V panel surya menjadi *nonlinear*[1]. Kondisi ini menimbulkan tantangan untuk mendapatkan algoritma atau metode pelacakan daya maksimum yang dihasilkan panel surya.

Salah satu metode yang paling banyak digunakan adalah *perturbation and observation* (P&O)[2]. Algoritma P&O akan meningkatkan atau menurunkan tegangan PV secara terus menerus berdasarkan dari nilai daya sebelumnya hingga mencapai *Maximum Power Point*[3]. Umumnya, panel surya dioperasikan bersama dengan konverter arus searah. Konverter arus searah pada MPPT berfungsi sebagai konverter untuk mengubah tegangan yang dibangkitkan panel surya ke level tegangan yang dibutuhkan beban. *Sepic* konverter adalah salah satu tipe dari konverter arus searah. Penggunaan *sepic* konverter karena memiliki keunggulan yang lebih baik daripada konverter lain seperti keluaran *sepic* konverter dapat lebih besar atau lebih kecil atau sama dengan masukannya[4]. *Sepic* konverter juga memiliki karakteristik seperti riak arus yang kecil[4], polaritas tegangan keluaran sama dengan polaritas tegangan masukan[5]. *Sepic* konverter dapat mengurangi beban kerja komponen sehingga kegagalan kerja alat dan *overheating* sering terjadi pada konverter arus searah lainnya dapat diminimalkan[6]. Pada penelitian ini dilakukan perancangan MPPT menggunakan Konverter Arus Searah tipe *Sepic* dengan metode *Perturbation and Observation*.

2. Metode

Perancangan MPPT ada 4 sistem utama yaitu modul panel surya, rangkaian daya, rangkaian kontrol dan algoritma MPPT. Berikut blok diagram sistem MPPT terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram sistem MPPT

2.1. Modul Panel Surya

Modul panel surya yang digunakan adalah tipe *monocrystalline*. Modul ini dirancang dengan sumber cahaya dihadapkan langsung menghadap panel surya, sehingga cahaya dan panel surya membentuk sudut 90° [7]. Modul panel surya yang digunakan dalam percobaan dengan spesifikasi sebagai berikut.

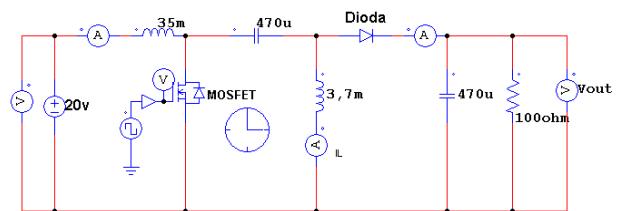
Tabel 1. Panel surya pada $1000\text{watt}/\text{m}^2$ temperatur 25°C

Spesifikasi panel surya	Nilai
Daya maksimum (W)	10 Watt
Tegangan optimal (V_{mp})	18 Volt
Arus optimal (I_{mp})	0.56 Ampere
Tegangan hubung buka (V_{oc})	21.7 Volt
Arus hubung singkat (I_{sc})	0.59 Ampere
Suhu operasi	-40°C to $+85^\circ\text{C}$

Penelitian dilakukan dalam kondisi panel surya yang berada dalam kotak yang tertutup dengan sumber penyinaran dari lampu halogen 50 watt 220 volt yang dipasang secara parallel.

2.2. Perancangan Rangkaian Daya

Sepic konverter adalah salah satu tipe dari konverter arus searah. Penggunaan *sepic* konverter karena memiliki keunggulan yang lebih baik daripada konverter lain seperti keluaran *sepic* konverter dapat lebih besar atau lebih kecil atau sama dengan masukannya[4]. Parameter yang digunakan dalam perancangan konverter adalah sebagai berikut.



Gambar 2. Perancangan konverter *sepic*

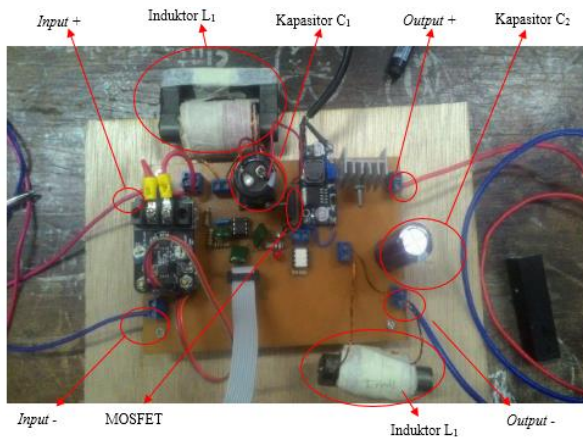
Tabel 2. Parameter perancangan konverter *sepic*

Parameter	Nilai
Tegangan Masukan	20 volt
Tegangan Keluaran	150 volt
Arus Maksimum	0,56 ampere
Duty cycle	0,1-0,9
Frekuensi	20 kHz

Terdapat 4 komponen utama dalam konverter *sepic* yaitu *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* (MOSFET), dioda, 2 induktor, 2 kapasitor dan resistor sebagai beban. MOSFET digunakan sebagai komponen *switching* yang dikontrol menggunakan PWM.

Tabel 3. Komponen rangkaian konverter *sepic*

Komponen	Tipe/Nilai
MOSFET	IRFP260N
Dioda	MUR1560
Induktor 1	35 mH
Induktor 2	3,7 mH
Kapasitor 1	470 μF /250V
Kapasitor 2	470 μF /160V



Gambar 3. Rangkaian konverter *buck-boost*

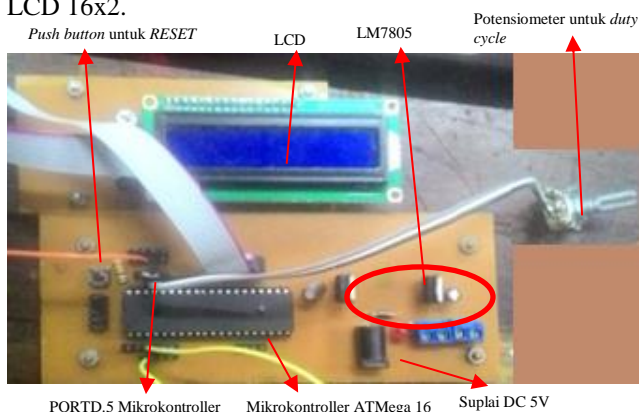
2.3. Perancangan Rangkaian Kontrol

Rangkaian kontrol terdiri dari rangkaian sistem minimum mikrokontroler ATmega16, rangkaian *driver* MOSFET, sensor tegangan, dan sensor arus. Rangkaian kontrol menggunakan suplai dari 2 buah *adaptor* dengan tegangan keluaran 12 volt DC untuk menyuplai *driver* MOSFET dan tegangan 5 volt DC untuk suplai mikrokontroler.

2.3.1. Sistem Minimum Mikrokontroler

Sistem minimum mikrokontroler adalah sebuah rangkaian elektronika sederhana yang terdiri dari komponen-komponen dasar yang dibutuhkan oleh mikrokontroler agar dapat berfungsi dengan baik[8]. Mikrokontroler digunakan sebagai pembacaan sensor arus dan arus yang kemudian memberikan perhitungan dengan metode algoritma MPPT dan memberikan sinyal PWM ke rangkaian daya.

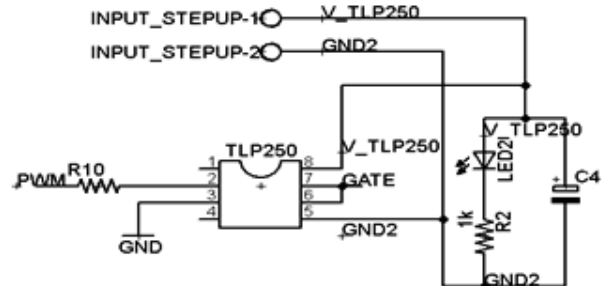
Rangkaian sistem minimum menggunakan ATmega16 dengan sumber clock yang terdapat pada internal *crystal oscillator* 8MHz yang berfungsi untuk memberikan sinyal agar mikrokontroler dapat memproses data. Rangkaian 2 buah regulator LM7805 sebagai catu daya dan rangkaian LCD 16x2.



Gambar 4. Skematik rangkaian ATmega16

2.3.2. Rangkaian Driver MOSFET

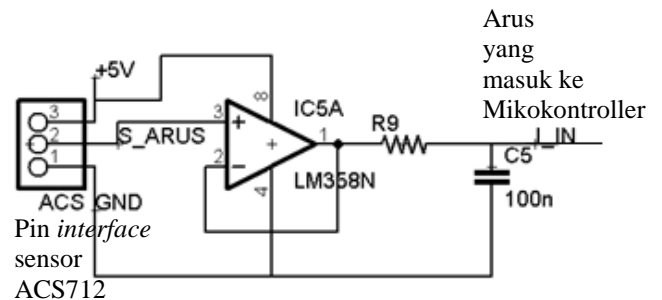
Rangkaian TLP250 digunakan untuk mengisolasi dan menguatkan sinyal PWM tegangan 5 volt yang dibangkitkan mikrokontroler menjadi level tegangan yang lebih tinggi dengan sistem ground terpisah dan cukup untuk memicu MOSFET yang membutuhkan tegangan $V_{GS} \pm 20V$ [3].



Gambar 5. Rangkaian TLP250

2.3.3. Sensor Arus

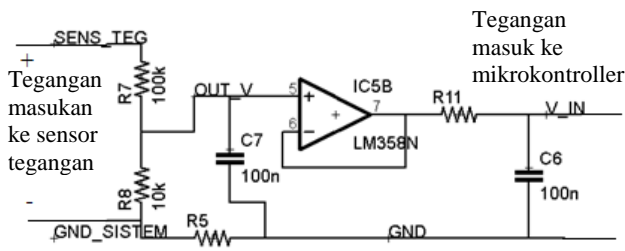
Sensor arus yang digunakan adalah ACS712 merupakan *Hall Effect current* sensor, yaitu arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga menghasilkan medan magnet kemudian ditangkap oleh *integrated Hall IC* dan diubah menjadi tegangan proporsional [4]. Data yang berupa tegangan analog terlebih dahulu melalui OP-AMP sebagai *buffer*, dan keluarannya digunakan sebagai masukan ADC mikrokontroler.



Gambar 6. Sensor ACS712 dan OpAmp [5]

2.3.4. Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan adalah rangkaian pembagi tegangan. Nilai maksimum masukan konverter *sepic* 20 V, sehingga dibutuhkan nilai dari R1 sebesar 50 k Ω dan R2 sebesar 10 k Ω . Tegangan keluaran pembagi tegangan terlebih dahulu melalui OP-AMP agar di-*buffer* dan kemudian diteruskan sebagai masukan ADC mikrokontroler.

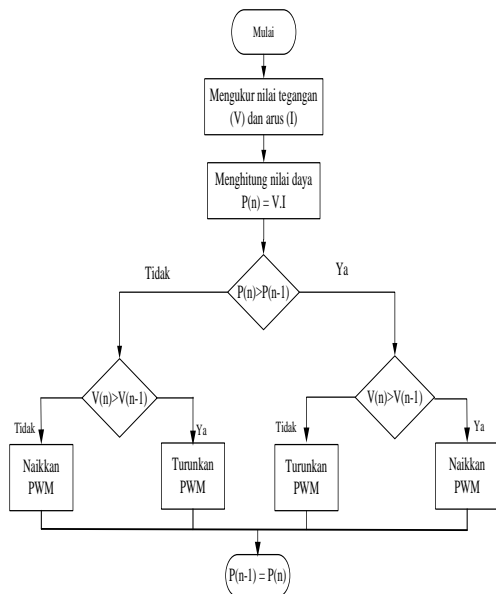


Gambar 7. Rangkaian sensor tegangan

2.4. Perancangan Program MPPT

Setiap panel surya memiliki titik puncak daya maksimal masing-masing. Nilai daya puncak tersebut harus dicari (*tracking*) dengan menentukan tegangan kerja panel surya dan disesuaikan terhadap kondisi irradiansi. Tegangan dan arus dari panel surya bertanggung jawab untuk mendapatkan nilai daya maksimum dari panel surya. Pencarian titik daya maksimum dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu:

1. Pembacaan ADC
2. Pengolahan tegangan dan arus dengan metode MPPT Flowchart dari algoritma *Perturb and Observe* ditunjukkan oleh gambar 8.



Gambar 8. Flowchart *Perturb and Observe*[9]

3. Pembangkitan sinyal PWM

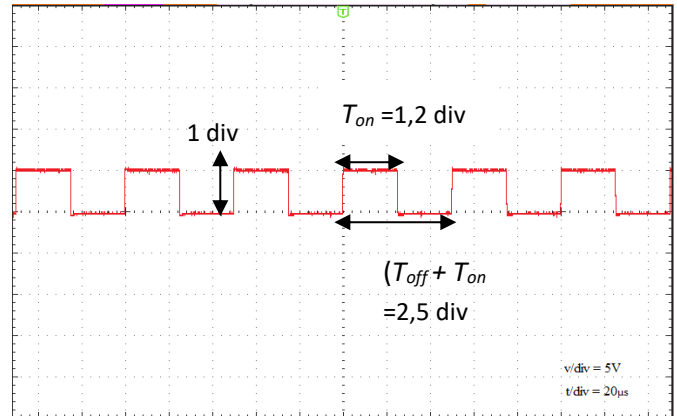
3. Hasil dan Analisa

3.1. Pengujian Rangkaian Kontrol

Pengujian subbab ini akan membahas mengenai hasil pengujian nilai keluaran pada blok rangkaian control yang terdiri dari rangkaian PWM mikrokontroler, MOSFET Driver TLP250, sensor tegangan dan sensor arus.

3.1.1. Pengujian Rangkaian PWM

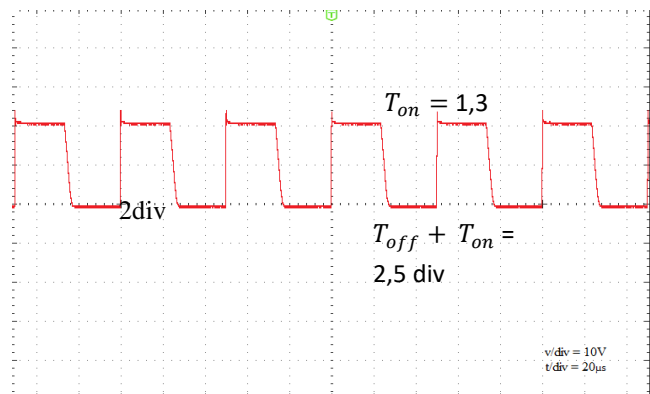
Gambar 9 menunjukkan output pin PWM PORTD.5 dimana pengamatan dilakukan pada V/div 5 volt dan Time/div 20 μ s



Gambar 9. Gelombang keluaran PWM 50,4%

3.1.2. Pengujian Rangkaian MOSFET driver TLP250

Gambar 10. Menunjukkan output pin 6 sebagai keluaran TLP250 dimana pengamatan dilakukan pada V/div 10V dan Time.div 20 μ s.



Gambar 9. Gelombang keluaran PWM 50,4%

3.1.3. Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai tegangan multimeter SANWA PC5000 dengan nilai tegangan yang ditampilkan mikrokontroler yang kemudian akan didapatkan *error* dari nilai selisih pembacaan tegangan multimeter SANWA PC5000 dan nilai tegangan input mikrokontroler.

Berdasarkan data pada Tabel 5 didapatkan *error* rata-rata pembacaan sensor tegangan sebesar 2.69%. Hal ini disebabkan karena nilai dari sensor tegangan dengan resistor memiliki toleransi 5% dari nilai yang tertera pada

gelang resistor tersebut. Hasil yang diperoleh untuk unjuk kerja sensor tegangan cukup mendukung agar sensor tegangan yang dirancang dapat digunakan dalam Penelitian ini, karena pembacaan daya baru bisa berjalan ketika terdapat arus pada rentang tegangan 2-18 volt. Pada rentang tegangan ini error rata-rata pembacaan sensor tegangan lebih kecil dari 2,69%.

Tabel 4. Hasil pengujian tegangan input dan tegangan sensor

Tegangan Input (volt)	Tegangan Sensor (volt)	Error (%)
2	1.88	6.00
4	3.9	2.50
6	5.91	1.50
8	7.73	3.37
10	9.78	2.20
12	11.74	2.17
14	13.68	2.29
16	15.64	2.25
18	17.58	2.33
20	19.55	2.25

3.1.4. Pengujian Sensor Arus

Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai pembacaan arus pada multimeter SANWA PC5000 dengan nilai arus yang ditampilkan mikrokontroler yang kemudian akan didapatkan *error* dari nilai selisih pembacaan arus multimeter SANWA PC5000 dan nilai arus mikrokontroler.

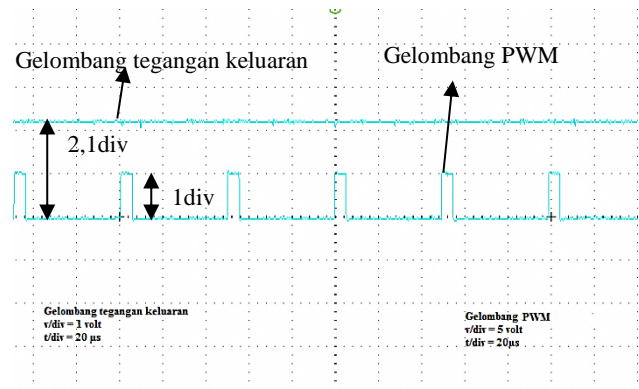
Tabel 5. Hasil pengujian arus input dan arus sensor

Beban (Ω)	Arus Input (A)	Arus Sensor (A)	Error (%)	Tegangan proporsional sensor (v)
100	0,06	0,06	0	2.50148
50	0,13	0,13	0	2.502775
33,3	0,2	0,2	0	2.5037
25	0,28	0,27	3,57	2.50481
20	0,35	0,34	2,86	2.505735

Berdasarkan data pada Tabel 4.3 didapatkan *error* rata-rata pembacaan sensor arus ACS712 sebesar 1,28%. *Error* yang terjadi disebabkan karena perhitungan pembulatan nilai konstanta pada mikrokontroler yang tidak tepat dan sensor ACS712 dipengaruhi oleh medan magnet disekitar sensor yang disebabkan induktor pada rangkaian dan hubungan antara tegangan proporsional sensor dengan arus yang terbaca oleh sesor berbanding lurus dan linear.

3.2. Pengujian Rangkaian Daya

Pengujian konverter *sepic* dilakukan dengan mengukur tegangan masukan, arus masukan, tegangan keluaran, arus keluaran, dan perhitungan efisiensi rangkaian konverter. Pengujian bertujuan untuk mengetahui efisiensi dari konverter *sepic* yang dibuat.



Gambar 10. Gelombang tegangan keluaran D=10%

Berdasarkan Gambar 10. Gelombang tegangan keluaran konverter berbentuk garis lurus yang merupakan bentuk dari gelombang tegangan searah.

Tabel 6. Hasil pengujian konverter *sepic* beban 100 Ω

Vin(V)	Iin(A)	Pin(W)	Vout(V)	Iout(A)	Pout(W)	Duty cycle(&)	Efisiensi %
12.39	0.01	0.07	2.17	0.02	0.04	10.00	58.38
12.38	0.02	0.20	4.01	0.03	0.12	20.00	60.73
12.37	0.04	0.48	6.51	0.06	0.39	30.00	80.97
12.36	0.09	1.14	10.15	0.10	1.00	40.00	88.37
12.31	0.21	2.57	15.43	0.15	2.35	50.00	91.16
12.20	0.48	5.82	23.08	0.22	5.08	60.00	87.25
11.95	1.22	14.57	35.36	0.35	12.41	70.00	85.20
11.11	3.92	43.55	55.12	0.54	29.93	80.00	68.72

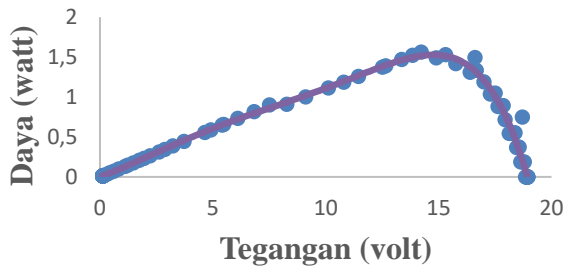
Berdasarkan Tabel 6. Nilai efisiensi yang tidak mencapai 100% disebabkan karena adanya daya yang terbuang dalam komponen. Komponen MOSFET dan dioda terdapat *switching* frekuensi yang menyebabkan berkurangnya daya pada saat pensaklaran. Panas yang timbul pada komponen menyebabkan daya terbuang menjadi panas. Komponen induktor menyebabkan terbuangnya daya karena induktor yang digunakan memiliki nilai yang besar akibat banyaknya lilitan sehingga resistansinya semakin besar.

3.3. Pengujian *maximum power point tracking*

Pengujian subbab ini akan membahas mengenai hasil pengujian panel surya dengan variasi iradiasi dan membahas mengenai pengujian metode *P&O* pada sistem *maximum power poin tracking*.

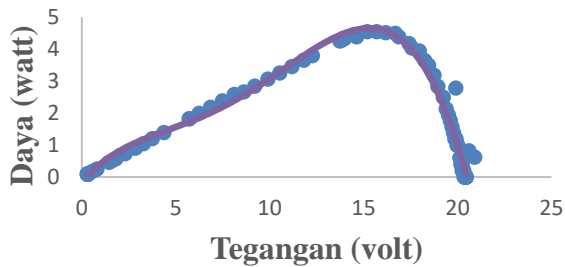
3.3.1. Pengujian Panel surya

Pengambilan data arus dan tegangan dilakukan menggunakan variasi nilai radiasi lampu halogen. Variasi nilai radiasi yang digunakan sebesar 400 watt/m², 650 watt/m², 850 watt/m², 950 watt/m² dan 1050 watt/m².



Gambar 11. Kurva tegangan terhadap daya pada irradiansi 400 watt/m²

Pada Gambar 11 Kurva tegangan terhadap daya diperoleh daya maksimum berada pada titik daya 1,56 watt dengan tegangan sebesar 14,22 volt pada irradiansi 400 watt/m².

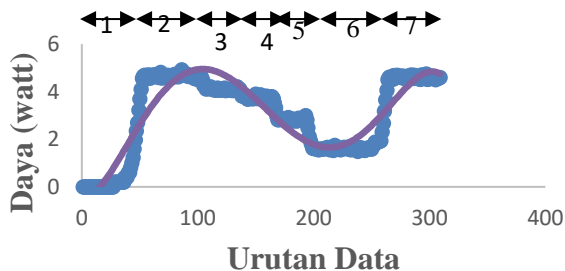


Gambar 12. Kurva tegangan terhadap daya pada irradiansi 1060 watt/m²

Pada Gambar 12. Kurva tegangan terhadap daya diperoleh daya maksimum berada pada titik 4,54 watt dengan tegangan sebesar 15,68 volt pada irradiansi 1060 watt/m².

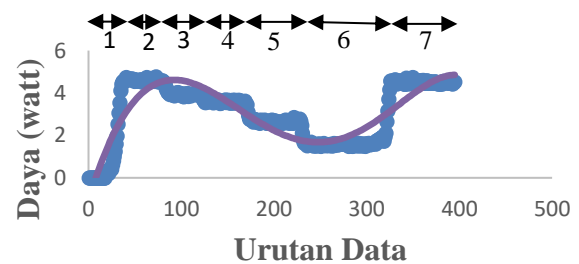
3.3.2. Pengujian Metode P&O pada MPPT

Pengujian ini bertujuan untuk membuktikan metode *P&O* dapat digunakan untuk *tracking* titik daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya. Pengujian dilakukan dengan variasi radiasi dan variasi nilai hambatan. Variasi radiasi yang digunakan sebesar 400W/m², 650 W/m², 850 W/m², 950 W/m², dan 1060 W/m². Variasi tersebut berdasarkan data lapangan yang telah diambil. Variasi beban yang digunakan sebesar 20 Ω, 25 Ω, 33,3 Ω, 50 Ω dan 100 Ω.



Gambar 13. Grafik daya input pada proses pencarian titik daya maksimum dengan variasi irradiansi dan beban 100 Ω

Berdasarkan Gambar 4.13 terdapat beberapa kondisi yang terjadi pada daya maksimum yang dihasilkan panel surya. Kondisi 1 dengan radiasi 1060W/m², grafik mulai naik dimana nilai pwm terus bertambah untuk mencari daya maksimum. Kondisi disaat daya maksimum sudah dicapai terjadi pada kondisi 2, di kondisi ini mikrokontroller akan mencoba terus menaikkan dan menurunkan nilai pwm untuk mengetahui apakah daya yang lebih besar masih bias tercapai. Daya maksimum yang dicapai pada kondisi ini sebesar 4,66 watt. Kondisi 3, 4 dan 5 adalah kondisi dimana radiasi yang diterima panel surya mengalami penurunan. Setiap perubahan kondisi radiasi mikrokontroller tetap berusaha untuk menemukan daya maksimum yang dapat dihasilkan panel surya. Kondisi 3, nilai radiasi yang diterima panel surya turun menjadi 950 W/m² tetapi nilai daya maksimum masih dapat dicapai dengan nilai 4,11 watt. Kondisi 4, nilai radiasi masih mengalami penurunan menjadi 850 W/m² dan daya maksimum yang dapat dicapai bernilai 3,75 watt. Kondisi 5, nilai radiasi turun menjadi 650 W/m² dan daya yang dapat dicapai bernilai 2,83 watt. Penurunan nilai radiasi terus berlanjut sampai nilai radiasi 400 W/m², penurunan tersebut terjadi pada kondisi 6 dimana mikrokontroller tetap berusaha menemukan nilai daya maksimum yang dapat dicapai dengan kondisi radiasi yang kecil. Nilai daya maksimum yang dapat dicapai sebesar 1,60 watt. Kondisi 7 adalah kondisi dimana nilai radiasi kembali mengalami kenaikan sampai nilai 1060 W/m² dan pada kondisi ini nilai pwm terus bertambah sampai didapatkan kembali nilai daya maksimum dari panel surya.



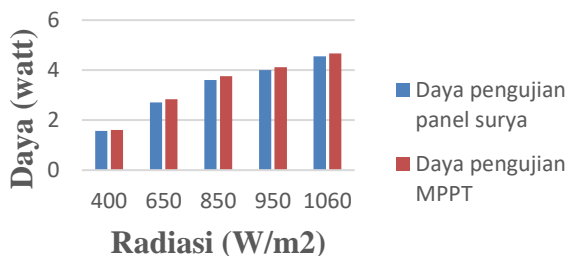
Gambar 14. Grafik daya input pada proses pencarian titik daya maksimum dengan variasi irradiansi dan beban 33,3 Ω

Gambar 14 menunjukkan grafik nilai daya yang dapat dihasilkan panel surya pada beban 33,3 Ω. Kondisi radiasi pada saat pengujian sama dengan pengujian yang dilakukan pada beban 100 Ω. Perubahan daya maksimum juga terjadi pada beban 33,3 Ω. Berdasarkan Gambar 4.25 terdapat beberapa kondisi yang terjadi pada daya maksimum yang dihasilkan panel surya. Kondisi 1 dengan radiasi 1060W/m², grafik mulai naik dimana nilai pwm terus bertambah untuk mencari daya maksimum. Kondisi disaat daya maksimum sudah dicapai terjadi pada kondisi 2, di kondisi ini mikrokontroller akan mencoba terus

menaikkan dan menurunkan nilai pwm untuk mengetahui apakah daya yang lebih besar masih bias tercapai. Daya maksimum yang dicapai pada kondisi ini sebesar 4,59 watt. Kondisi 3, 4 dan 5 adalah kondisi dimana radiasi yang diterima panel surya mengalami penurunan. Setiap perubahan kondisi radiasi mikrokontroller tetap berusaha untuk menemukan daya maksimum yang dapat dihasilkan panel surya. Kondisi 3, nilai radiasi yang diterima panel surya turun menjadi 950 W/m² tetapi nilai daya maksimum masih dapat dicapai dengan nilai 3,95 watt. Kondisi 4, nilai radiasi masih mengalami penurunan menjadi 850 W/m² dan daya maksimum yang dapat dicapai bernilai 3,60 watt. Kondisi 5, nilai radiasi turun menjadi 650 W/m² dan daya yang dapat dicapai bernilai 2,66 watt. Penurunan nilai radiasi terus berlanjut sampai nilai radiasi 400 W/m², penurunan tersebut terjadi pada kondisi 6 dimana mikrokontroller tetap berusaha menemukan nilai daya maksimum yang dapat dicapai dengan kondisi radiasi yang kecil. Nilai daya maksimum yang dapat dicapai sebesar 1,58 watt. Kondisi 7 adalah kondisi dimana nilai radiasi kembali mengalami kenaikan sampai nilai 1060 W/m² dan pada kondisi ini nilai pwm terus bertambah sampai didapatkan kembali nilai daya maksimum dari panel surya.

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.24 dan gambar 4.25 perubahan nilai beban tidak mempengaruhi nilai daya yang dihasilkan. Hal ini juga terjadi pada pengujian beban 50 Ω, 33,3 Ω, dan 25 Ω yang dapat dilihat dari data tegangan, arus, dan perhitungan daya pada Lampiran.

Berdasarkan Gambar 11 sampai Gambar 14 dapat dibuat grafik perbandingan antara pengujian panel surya dengan pengujian panel surya menggunakan MPPT.



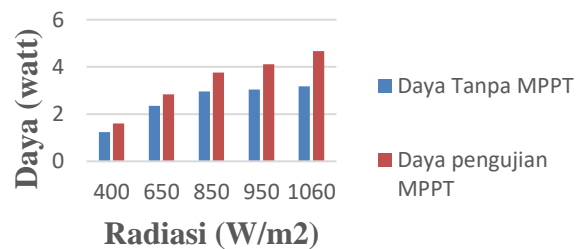
Gambar 15. Grafik perbandingan daya pengujian panel surya dan daya pengujian MPPT

Berdasarkan Gambar 15 daya hasil pengujian MPPT yang didapatkan dengan menggunakan MPPT sedikit berbeda dengan daya hasil pengujian yang didapatkan dari pengujian panel surya dengan radiasi yang sama. Daya hasil pengujian yang didapatkan pada radiasi 1060 W/m² sebesar 4,551 watt sedangkan daya hasil pengujian MPPT yang didapatkan sebesar 4,66 watt, pada radiasi 950 W/m² daya hasil pengujian yang didapatkan sebesar 3,99 watt sedangkan daya hasil pengujian MPPT yang didapat sebesar 4,11 watt, pada radiasi 850 W/m² daya hasil

pengujian yang didapatkan sebesar 3,60 watt sedangkan daya hasil pengujian MPPT yang didapat sebesar 3,75 watt, pada radiasi 650 W/m² daya hasil pengujian yang didapatkan sebesar 2,70 watt sedangkan daya hasil pengujian MPPT yang didapat sebesar 2,83 watt, pada radiasi 400 W/m² daya hasil pengujian yang didapatkan sebesar 1,56 watt sedangkan daya hasil pengujian MPPT yang didapat sebesar 1,60 watt. Terlihat bahwa perbedaan nilai yang terjadi tidak terlalu jauh. Hal ini disebabkan oleh waktu pengambilan data yang tidak sama dimana berpengaruh pada kondisi panel surya.

3.3.3. Perbandingan MPPT dan Tanpa MPPT

Pada pengujian tahap akhir ini bertujuan untuk mengetahui hasil pengujian daya maksimum yang dihasilkan panel surya menggunakan MPPT dan tanpa menggunakan MPPT. Pengujian dilakukan pada beban 100 Ω dan 33,3 Ω dengan variasi irradiansi 450 W/m², 650 W/m², 850 W/m², 950 W/m², dan 1060 W/m². Berikut adalah grafik perbandingan daya yang dihasilkan menggunakan MPPT dan tanpa menggunakan MPPT.



Gambar 16. Grafik perbandingan daya menggunakan MPPT dan Tanpa MPPT

Berdasarkan Gambar 4.28 dapat dilihat perbandingan daya yang dihasilkan oleh panel surya menggunakan MPPT dan tanpa menggunakan MPPT. Berdasarkan Gambar 4.28 pada beban 100 Ω dan 33,3 Ω dengan variasi irradiansi 450 W/m², 650 W/m², 850 W/m², 950 W/m², dan 1060 W/m², panel surya mampu menghasilkan daya maksimal yang lebih baik daripada tanpa menggunakan MPPT. Berdasarkan Gambar 4.28 dengan beban 100 Ω, pada irradiansi 450 W/m² daya yang dihasilkan panel surya menggunakan MPPT sebesar 1,6 Watt sedangkan daya yang dihasilkan tanpa menggunakan MPPT sebesar 1,2 Watt, pada irradiansi 650 W/m² daya yang dihasilkan menggunakan MPPT sebesar 2,8 Watt sedangkan daya yang dihasilkan tanpa menggunakan MPPT sebesar 2,3 Watt, pada irradiansi 850 W/m² daya yang dihasilkan panel surya menggunakan MPPT sebesar 3,7 Watt sedangkan tanpa menggunakan MPPT sebesar 2,9 Watt, pada irradiansi 950 W/m² daya yang dihasilkan panel surya menggunakan MPPT sebesar 4,1 Watt sedangkan daya yang dihasilkan panel surya tanpa MPPT sebesar 3,04 Watt, dan pada irradiansi 1060 W/m² daya yang dihasilkan panel surya menggunakan MPPT sebesar

4,6 Watt sedangkan daya yang dihasilkan tanpa MPPT sebesar 3,1 Watt.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengukuran dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa rangkaian konverter arus searah tipe *sepic* dan rangkaian kontrolnya telah berhasil dibuat untuk dioperasikan sebagai konverter sel surya yang dioperasikan untuk pencarian titik daya maksimum berbasis metode P&O. Efisiensi rata-rata konverter bernilai 77,6 %. Daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya adalah 4,6 watt untuk radiasi 1060 W/m², 3,9 watt untuk radiasi 950 W/m², 3,6 watt untuk radiasi 850 W/m², 2,66 watt untuk radiasi 650 W/m², dan 1,6 watt untuk radiasi 400 W/m². Variasi resistansi beban tidak mempengaruhi nilai daya maksimum yang dihasilkan panel surya bila diberi MPPT. Daya hasil pengujian panel surya dan daya hasil pengujian MPPT memiliki nilai yang hampir sama pada seluruh variasi irradiansi. Daya yang dihasilkan panel surya menggunakan MPPT algoritma P&O lebih besar dari daya yang dihasilkan panel surya tanpa menggunakan MPPT untuk seluruh variasi irradiansi. Untuk pengembangan sistem dan hardware lebih lanjut, maka dapat diberikan saran-saran bahwa penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan menggunakan komponen-komponen yang mengandung *internal resistance* yang lebih kecil untuk memperbesar efisiensi konverter *sepic* dan menambahkan jumlah panel surya yang digunakan.

Referensi

- [1]. V. Gali and K. Hemakumar, "of Emerging SEPIC converter based Photovoltaic system with Particle swarm Optimization MPPT," vol. 1, no. 1, 2013.
- [2]. S. Muhammad, "Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Pembangkit Listrik Terbarukan," *J. Tek. Jakarta*, vol. 27 Nomor 3, 2014.
- [3]. S. Ranjani and T. A. Ragavendiran, "Analysis of High Step-up DC-DC Converter for PV Applications," vol. 3, no. 2, 2016.
- [4]. R. B. Darla, "Development of maximum power point tracker for PV panels using SEPIC converter," *INTELEC, Int. Telecommun. Energy Conf.*, pp. 650–655, 2007.
- [5]. J. Joseph, "Design and Implementation of SEPIC Converter Based PV System Using Modified Incremental Conductance Algorithm," pp. 3–8, 2016.
- [6]. M. R. Banaei, M. R. Shirinabady, and M. Mirzaey, "ACCESS OPEN MPPT control of Photovoltaic using SEPIC converter to reduce the input current ripples," vol. 4, no. 1, pp. 160–166, 2014.
- [7]. F. F. R. Soeharto, Hermawan, and A. Nugroho, "Analisis pengaruh kenaikan temperatur dan variasi irradiansi pada tegangan, arus dan daya keluaran," *TRANSIEN, VOL.5, NO.3, Sept. 2016, ISSN 2302-9927*, vol. 5, 2016.
- [8]. A. B. Vernandez, M. Facta, and T. Sukmadi, "PERANCANGAN KONVERTER DC-DC TOPOLOGI BUCK BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA8535 UNTUK APLIKASI HEATER EKSTRAKSI BIJI KAPUK," *TRANSIEN, VOL.4, NO.2, Sept. 2013, ISSN 2302-9927*.
- [9]. "C2000 Solar MPPT tutorial covering the electronics & C code."