

PERANCANGAN *MAXIMUM POWER POINT TRACKING* PANEL SURYA MENGGUNAKAN *CONVERTER* ARUS SEARAH TIPE *BOOST* DENGAN METODE ALGORITMA *MODIFIED PERTURB AND OBSERVE*

Luthfi Galih Permana^{*)}, Susatyo Handoko, dan Karnoto

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

^{*)E-mail: luthfigalih20@gmail.com}

Abstrak

Energi matahari sangat banyak dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik dengan menggunakan panel surya. Energi matahari yang tidak tetap membuat efektifitas panel surya berkurang, hal ini menyebabkan daya yang dihasilkan akan mengalami fluktuasi. *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) adalah metode dengan menggunakan konverter daya untuk mencari titik daya maksimum dari kurva karakteristik P-V pada panel surya. Iradiasi dan suhu akan mempengaruhi titik daya maksimum panel surya. Pada penelitian ini dilakukan sistem MPPT dengan memvariasi nilai iradiasi dan beban, kemudian menganalisis daya keluaran panel surya tersebut, serta membandingkan daya keluaran sistem yang menggunakan MPPT dan tidak menggunakan MPPT terhadap perubahan beban. Dari hasil eksperimen didapatkan daya maksimum yang dihasilkan sistem MPPT dengan variasi beban 220 Ω , 470 Ω , dan 1K Ω pada iradiasi 1000 W/m² dan suhu 29°C adalah 3,60 W, sedangkan pada iradiasi 750 W/m² dan suhu 29°C adalah 2,42 W. Sistem MPPT dapat mempertahankan nilai daya pada titik maksimalnya saat terjadi perubahan beban, sedangkan pada sistem yang tidak menggunakan MPPT nilai daya yang dihasilkan akan berubah-ubah sesuai dengan perubahan beban.

Kata kunci : Boost converter, MPPT, Panel surya, Modified Perturb and Observe

Abstract

Solar energy is very much used as a source of electrical energy using solar panels. Solar energy which is unstable make the resulting power will experience fluctuations. Maximum Power Point Tracking (MPPT) is a method that uses a power converter to find the maximum power point from PV characteristic curve on solar panels. Irradiation and temperature changes so that the maximum power of solar panels will change. In this research MPPT system design is done by varying the irradiation and load values, then analyzing the output power of the solar panel, and comparing the output power of the system using MPPT and not use. From the test acquired the maximum power produced by the MPPT system with load variations of 220 Ω , 470 Ω , and 1K Ω at 1000 W/m² irradiation and temperature 29°C is 3,60 W, at irradiation 750 W/m² and temperature 29°C is 2,42 W. System MPPT can maintain the power value at its maximum point when there is a change in load, where as in systems that do not use MPPT the value of the power generated will be not stable.

Keywords : Boost Converter, MPPT, Solar panel, Modified Perturb and Observe

1. Pendahuluan

Energi surya merupakan salah satu energi terbarukan yang sedang dikembangkan di Indonesia. Energi surya dapat dikonversikan menjadi energi listrik dengan menggunakan alat yang disebut panel surya. Panel surya memiliki beberapa kelebihan, yaitu ramah lingkungan dan biaya operasional yang rendah. Penggunaan energi surya sebagai sumber energi listrik memiliki beberapa kelemahan, seperti daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya dipengaruhi oleh iradiasi sinar matahari, suhu lingkungan, dan sudut datang matahari [1]. Hal ini menyebabkan daya yang dihasilkan akan mengalami fluktuasi atau tidak konstan.

Maximum Power Point Tracking (MPPT) merupakan suatu metode untuk memaksimalkan daya keluaran yang dihasilkan oleh panel surya. MPPT berfungsi untuk menjejak daya yang dihasilkan panel surya agar berada pada titik maksimum dengan kondisi iradiasi dan suhu lingkungan yang berubah [2]. Terdapat dua jenis MPPT yang dapat digunakan untuk memaksimalkan daya keluaran panel surya, yaitu MPPT statis dan dinamis. MPPT statis merupakan metode pencarian titik daya maksimum panel surya berdasarkan kurva karakteristik, sedangkan MPPT dinamis merupakan metode pencarian titik daya maksimum panel surya berdasarkan sudut datang sinar matahari terhadap panel surya [2]. MPPT statis terdiri dari dua bagian utama, yaitu algoritma MPPT dan konverter arus searah. Contoh algoritma MPPT yang

sering digunakan untuk aplikasi panel surya adalah *Perturb and Observe* (P&O), *Incremental Conductance*, dan *Fuzzy Logic* [3]. Konverter arus searah berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan nilai tegangan yang dihasilkan oleh panel surya.

Beberapa algoritma juga dapat digunakan untuk MPPT antara lain *Incremental Conductance* [4] dan P&O [5][7]. Metode *Incremental Conductance* menggunakan konverter arus searah tipe *Buck-Boost* yang mampu menghasilkan rata-rata daya maksimum panel surya sebesar 4,43 W menggunakan panel surya 10 Wp pada iradiasi 1000 W/m² dan suhu 29°C [4], pada penelitian dibahas mengenai sistem MPPT metode P&O menggunakan konverter arus searah tipe *Buck-Boost*, *Sepic*, *Cuk* [5][6][7].

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini dilakukan perancangan sistem MPPT menggunakan konverter arus searah tipe *boost* dengan algoritma *Modified Perturb and Observe*. Konverter arus searah tipe *boost* berfungsi untuk menaikkan nilai tegangan keluaran dari panel surya yang kemudian akan dihubungkan dengan beban. Sistem MPPT bertujuan untuk memaksimalkan daya keluaran pada panel surya untuk menyuplai beban.

2. Metode

2.1. Perancangan Modul Panel Surya

Modul panel surya yang digunakan pada penelitian ini adalah modul panel surya tipe *mono* dengan daya puncak sebesar 20 Wp. Spesifikasi dari modul panel surya yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi modul panel surya 20 Wp

Spesifikasi	Nilai
Daya Maksimum (Pmaks)	20 Wp
Tegangan Hubung Buka (Voc)	21,6 V
Arus Hubung Singkat (Isc)	1,23 A
Tegangan operasi optimal (Vmp)	18 V
Arus operasi optimal (Imp)	1,12 A

2.2. Perancangan Rangkaian Daya

Rangkaian daya yang digunakan pada penelitian ini adalah konverter arus searah topologi *boost converter*. *Boost converter* digunakan untuk menaikkan nilai tegangan panel surya dengan polaritas tegangan keluarannya sama dengan polaritas tegangan masukan. Spesifikasi rangkaian *boost converter* dapat dilihat pada Tabel 2.

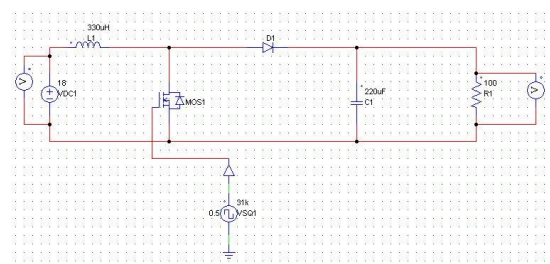
Terdapat 5 komponen penyusun rangkaian *boost converter*, yaitu induktor, kapasitor, dioda, *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* (MOSFET), dan resistor sebagai beban. Komponen penyusun *boost converter* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Spesifikasi rangkaian *boost converter*

Spesifikasi	Nilai
Tegangan Masukan	0 V - 22,2 V
Tegangan Keluaran	30 V
Arus Maksimum	3 A
Duty Cycle (D)	10% - 70%
Frekuensi Switching (fs)	31 kHz

Tabel 3. Komponen penyusun *boost converter*

Komponen	Tipe/Nilai
MOSFET	IRFP460
Dioda	MUR1560
Induktor	330µH
Kapasitor	220µF/160V
Resistor	39 Ω, 50 Ω, dan 100 Ω



Gambar 1. Blok diagram rangkaian *boost converter*

2.3. Perancangan Rangkaian Kontrol

Perancangan rangkaian kontrol pada penelitian ini dibagi menjadi 3 bagian yaitu, perancangan rangkaian pembangkit PWM yang menggunakan Arduino Nano, perancangan sensor arus, dan perancangan sensor tegangan. Berikut merupakan penjelasan tiap bagian perancangan rangkaian kontrol pada penelitian ini.

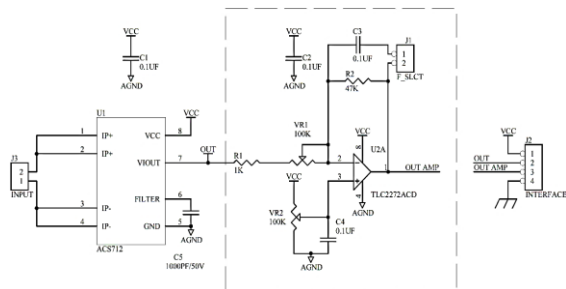
2.3.1. Sistem Minimum Arduino Nano

Arduino Nano digunakan sebagai rangkaian kontrol pada penelitian ini. Arduino Nano berfungsi untuk menerima data hasil pembacaan tegangan dan arus dari *boost converter*, pembacaan data tegangan dan arus tersebut kemudian diolah oleh mikrokontroler untuk mengoperasikan algoritma MPPT. Arduino Nano diprogram untuk bekerja pada frekuensi sebesar 31 kHz. Pin 9 (Timer1) pada Arduino Nano digunakan sebagai pin keluaran PWM.

2.3.2. Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan pada penelitian ini adalah ACS712-05B. Pemilihan sensor arus ACS712-05B pada penelitian ini mempertimbangkan nilai arus maksimum yang dapat melewati sensor tersebut yaitu sebesar 5 A. Hal ini sudah cukup untuk mengukur arus keluaran panel surya yang memiliki nilai maksimal arus 1,39 A. Sensor arus ACS712-05B sudah dilengkapi dengan IC OpAmp atau penguat sinyal yang dapat digunakan untuk meningkatkan

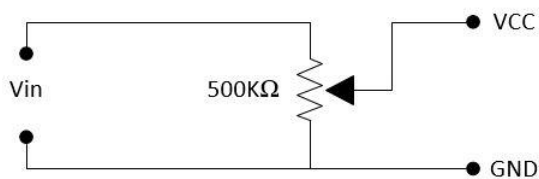
sensitivitas sensor [8]. Pengaturan OpAmp dapat dilakukan dengan mengatur *offset* dan *gain* melalui dua buah potensiometer. Pada penelitian ini, potensiometer *offset* dan *gain* diatur sedemikian rupa sehingga pada saat arus aktual yang mengalir melewati sensor sebesar 3 A, tegangan keluaran sensor sebesar 5 V. Pengaturan nilai tersebut disesuaikan dengan batas arus keluaran maksimum panel surya yaitu sebesar 1,39 A. Potensiometer *offset* diatur agar pada saat arus bernilai 0, tegangan keluaran sensor sebesar 1 V. Potensiometer *gain* diatur sedemikian rupa hingga nilai sensitivitasnya sebesar 1 V/A.



Gambar 2. Skema rangkaian sensor arus ACS712-05B

2.3.3. Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan pada penelitian ini adalah rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian pembagi tegangan dibuat menggunakan potensiometer jenis *multi turn* dengan nilai hambatan 500kΩ. Nilai hambatan potensiometer diatur sedemikian rupa sehingga pada saat nilai tegangan aktual sebesar 25 V, maka tegangan yang terbaca oleh sensor tegangan sebesar 5 V. Pengaturan nilai tersebut disesuaikan dengan batas tegangan keluaran maksimal panel surya yaitu sebesar 21.52 V.

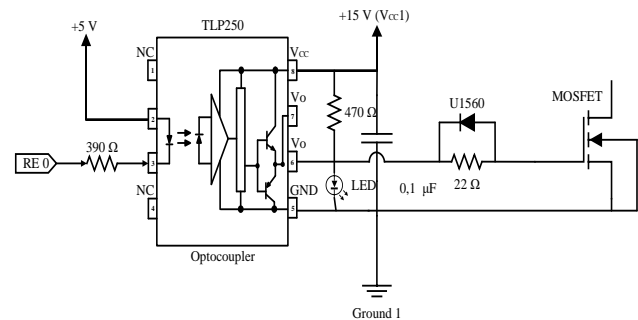


Gambar 3. Skema sensor tegangan

2.4. Perancangan Rangkaian Driver

Rangkaian *driver* MOSFET yang digunakan pada penelitian ini adalah TLP250. Pemilihan TLP250 sebagai rangkaian *driver* MOSFET pada penelitian ini dikarenakan TLP250 memiliki fungsi isolasi yang memisahkan *ground* rangkaian kontrol dengan rangkaian daya [9]. Selain itu, TLP250 juga dapat menguatkan sinyal PWM dengan nilai tegangan 5 V yang dibangkitkan oleh rangkaian kontrol menjadi sinyal PWM dengan nilai tegangan yang lebih tinggi (level tegangan 15 V) sehingga dapat digunakan

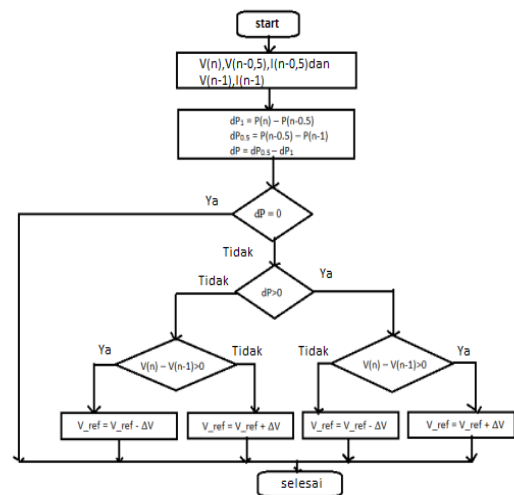
untuk memicu pensaklaran MOSFET IRFP460 yang membutuhkan tegangan VGS ± 20 V.



Gambar 4. Skematik Rangkaian driver MOSFET TLP250

2.5. Perancangan Algoritma MPPT

Algoritma MPPT yang digunakan pada penelitian ini adalah *Modified Perturb & Observe*. Metode *Modified Perturb & Observe* merupakan metode untuk mencari titik daya maksimum panel surya yang bekerja berdasarkan nilai selisih daya dan selisih tegangan yang dihasilkan panel surya [10]. Diagram alir dari algoritma *Modified Perturb & Observe* ditunjukkan oleh Gambar 5.



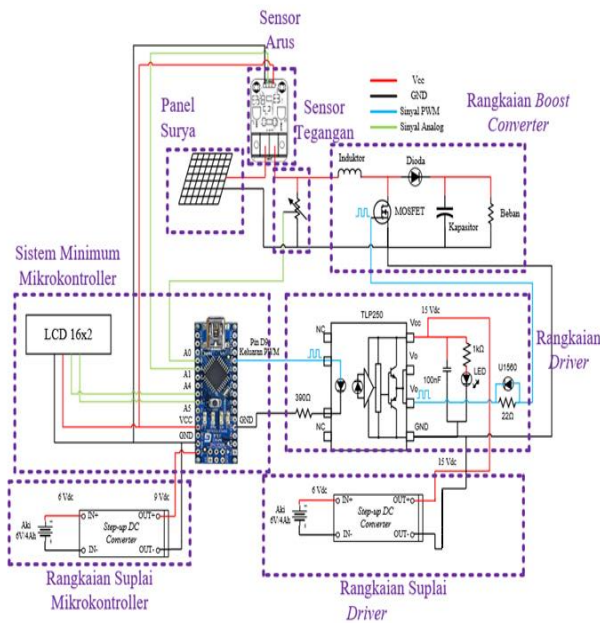
Gambar 5. Diagram alir metode Modified Perturb and Observe

3. Hasil dan Analisis

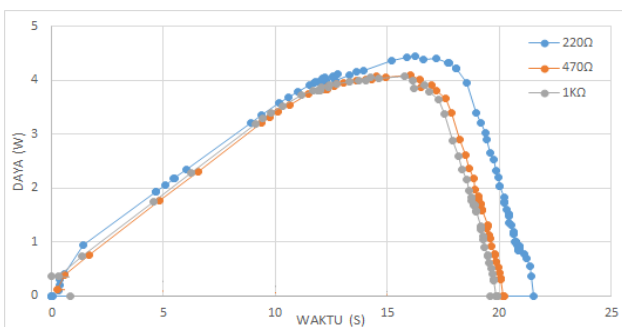
3.1. Pengujian Modul Panel Surya

Gambar 6 merupakan rangkaian secara keseluruhan. Pengujian panel surya dilakukan dengan menggunakan modul *box* panel surya. Pengambilan data yang dilakukan pertama kali adalah data spesifikasi dari panel surya yang digunakan pada waktu pengujian. Pengambilan data daya dan tegangan panel surya untuk mendapatkan kurva karakteristik P-V. Pengujian panel surya dilakukan dengan

menghubungkan panel surya dengan rangkaian *boost converter* lalu ke beban. Pada sisi input PWM Arduino potensiometer di ubah nilainya sehingga nilai PWM berubah sesuai dengan nilai *variable resistor* (potensiometer). Nilai perubahan PWM membuat nilai arus dan tegangan pada panel surya akan berubah dan membentuk kurva karakteristik P-V dan I-V. Variasi nilai beban yang digunakan sebesar 220Ω 470Ω 1KΩ. Pengambilan data daya dan tegangan dilakukan dengan menggunakan nilai iradiasi lampu halogen 1000 W/m² dan 750 W/m² serta temperatur yang dijaga konstan 29°C.

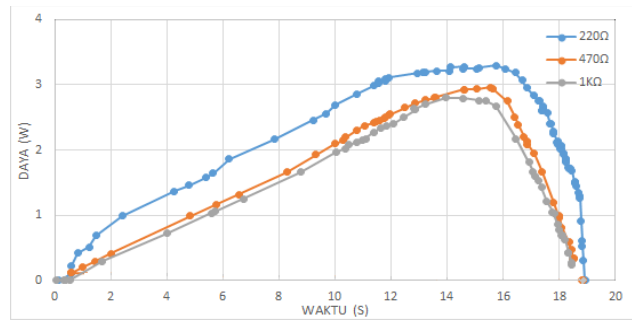


Gambar 6. Rangkaian secara keseluruhan



Gambar 7. Kurva daya dan tegangan iradiasi 1000 W/m² dan suhu 29°C

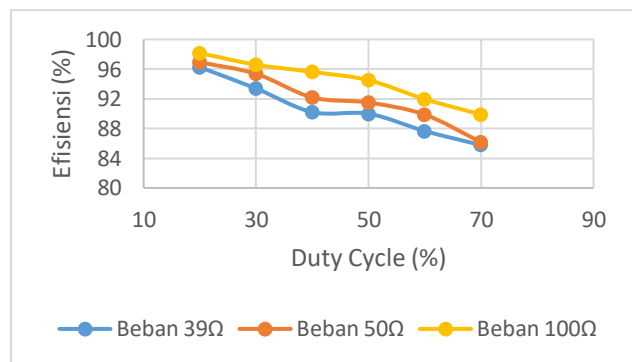
Berdasarkan Gambar 7 dan Gambar 8, kurva karakteristik panel surya yang diuji sudah sesuai dengan gambar kurva karakteristik panel surya. Daya maksimum pada saat iradiasi 1000 W/m² dan suhu 29°C berada pada titik daya 4,44 W dengan tegangan 17,18 V, lalu pada saat iradiasi 750 W/m² dan suhu 29°C berada pada titik daya 3,26 W dengan tegangan 15,16 V.



Gambar 8. Kurva daya dan tegangan iradiasi 750 W/m² dan suhu 29°C

3.2. Pengujian Rangkaian Daya

Pengujian rangkaian daya bertujuan untuk mengetahui kinerja konverter *boost* yang telah dirancang. Pengujian dilakukan dengan mengukur nilai tegangan masukan, arus masukan, tegangan keluaran, dan arus keluaran. Variasi beban dan *duty cycle* dilakukan untuk melihat perubahan nilai tegangan dan arus masukan maupun tegangan dan arus keluaran pada rangkaian *boost converter*.



Gambar 9. Efisiensi *boost converter* variasi *duty cycle*

Berdasarkan grafik pada Gambar 9, didapatkan nilai rata-rata efisiensi *boost converter* dengan beban 39Ω, 50Ω, dan 100Ω secara berurutan adalah 90,55%, 92,00%, 94,46%. Nilai efisiensi *boost converter* tidak dapat mencapai 100% disebabkan karena adanya daya yang terbuang (daya disipasi) pada saat komponen penyusun rangkaian *boost converter* beroperasi. Nilai efisiensi akan mengalami penurunan dengan semakin besarnya nilai *duty cycle*. Penurunan nilai efisiensi tersebut disebabkan karena semakin besar nilai *duty cycle*, maka waktu pensaklaran MOSFET pada saat aktif akan semakin lama. Pada saat saklar MOSFET aktif, tegangan masukan *boost converter* akan mengalir menuju induktor sehingga induktor akan mengalami pengisian muatan. Semakin besar nilai *duty cycle*, maka pengisian muatan induktor akan semakin lama. Pengisian muatan induktor secara terus menerus sampai titik jenuhnya akan mengakibatkan jatuh tegangan pada sisi keluaran rangkaian *boost converter*. Hal ini

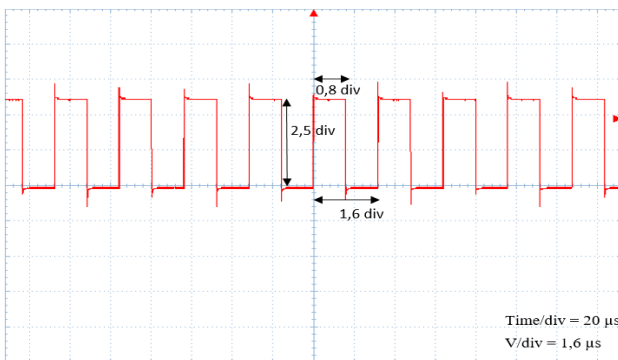
mengakibatkan penurunan nilai efisiensi pada rangkaian *boost converter*.

3.3. Pengujian Rangkaian Kontrol

Pengujian rangkaian kontrol terdiri dari 3 bagian pengujian, yaitu pengujian rangkaian pembangkit PWM, pengujian sensor tegangan, dan pengujian sensor arus. Pengujian tersebut bertujuan untuk mengetahui kinerja rangkaian kontrol dan ketelitian pembacaan sensor arus dan tegangan.

3.3.1. Pengujian Rangkaian Pembangkit PWM

Pengujian rangkaian pembangkit PWM bertujuan untuk mengamati dan menganalisis gelombang keluaran PWM yang dihasilkan Arduino Nano. Pengujian dilakukan dengan mengatur nilai *duty cycle* menggunakan potensiometer. Gambar 10 adalah gelombang keluaran PWM dengan nilai *duty cycle* 25% dan frekuensi 31 kHz.



Gambar 10. Gelombang keluaran PWM *duty cycle* 25%

3.3.2. Pengujian Sensor Arus

Pengujian sensor arus bertujuan untuk mengetahui tingkat ketelitian pembacaan sensor arus. Pengujian sensor arus dilakukan dengan menghubungkan sensor arus dengan sumber arus, kemudian nilai arus aktual akan dibandingkan dengan nilai arus hasil pembacaan sensor. Tabel 4 merupakan data hasil pengujian sensor arus.

Tabel 4. Hasil pengujian sensor arus

Arus Aktual (A)	Arus yang Dibaca Sensor (A)	Error (%)
0,1	0,1	0
0,2	0,2	0
0,3	0,3	0
0,4	0,39	2,5
0,5	0,49	2
0,6	0,6	0
1	1	0
1,5	1,5	0
2	2	0
2,5	2,5	0

Berdasarkan data pada Tabel 4, didapatkan nilai *error* rata-rata pembacaan sensor arus sebesar 0,45%. Selisih nilai arus aktual dengan arus yang dibaca sensor disebabkan karena pembacaan sensor arus ACS712-05B dipengaruhi oleh medan magnet disekitar sensor.

3.3.3. Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian sensor tegangan bertujuan untuk mengetahui tingkat ketelitian pembacaan sensor tegangan. Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan menghubungkan sensor tegangan dengan sumber tegangan, kemudian nilai tegangan aktual akan dibandingkan dengan nilai tegangan hasil pembacaan sensor. Tabel 5 merupakan data hasil pengujian sensor tegangan.

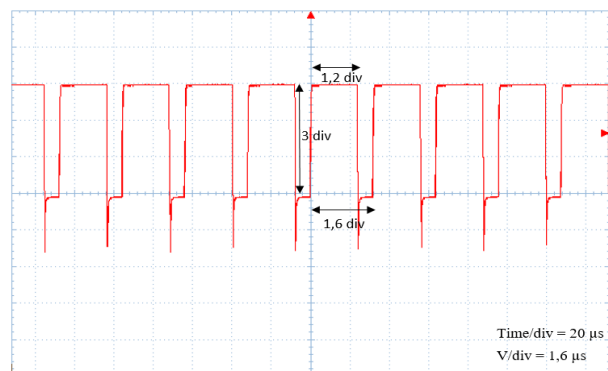
Tabel 5. Hasil pengujian sensor tegangan

Tegangan Aktual (V)	Tegangan yang Dibaca Sensor (V)	Error (%)
2	2	0
4	3,98	0,5
6	5,99	0,16
8	7,98	0,25
10	10	0
12	12	0
14	13,96	0,28
16	15,97	0,18
18	17,96	0,22
20	19,97	0,15

Berdasarkan data pada Tabel 5, didapatkan *error* rata-rata pembacaan sensor tegangan sebesar 0,176%. Selisih nilai tegangan aktual dengan tegangan yang dibaca sensor disebabkan karena nilai toleransi resistor pada rangkaian pembagi tegangan dan pembulatan nilai konstanta dan nilai konversi nilai analog ke digital pada saat perhitungan.

3.4. Pengujian Rangkaian Driver

Pengujian rangkaian *driver* bertujuan untuk mengamati dan menganalisis gelombang keluaran PWM setelah mengalami penguatan oleh rangkaian *driver*. Gambar 11 merupakan gelombang keluaran PWM rangkaian *driver*.



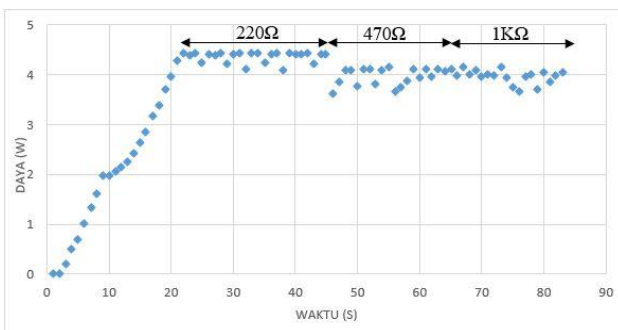
Gambar 11. Gelombang keluaran PWM TLP250 *duty cycle* 25%

3.5. Pengujian Algoritma MPPT

Pengujian algoritma MPPT ini bertujuan untuk membuktikan bahwa algoritma yang digunakan sudah mampu menjejak titik daya maksimum panel surya. Pengujian MPPT dilakukan dengan variasi iradiasi dan variasi nilai beban. Variasi iradiasi yang dilakukan sebesar 1000 W/m^2 dan 750 W/m^2 . Iradiasi didapatkan dari sinar matahari langsung. Beban yang digunakan pada pengujian MPPT adalah resistor dengan nilai 220Ω , 470Ω , dan $1\text{K}\Omega$. Pada setiap variasi iradiasi, dilakukan *switching* beban yang akan mempengaruhi operasi MPPT. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai daya keluaran sistem yang menggunakan MPPT dan tanpa menggunakan MPPT.

3.5.1. Pengujian MPPT Iradiasi 1000 W/m^2 Suhu 29°C

Pengujian MPPT pada iradiasi 1000 W/m^2 dan suhu 29°C dilakukan dengan 3 variasi nilai beban, yaitu 220Ω , 470Ω , dan $1\text{K}\Omega$. Gambar 12 merupakan grafik pengujian MPPT iradiasi 1000 W/m^2 dan suhu 29°C .

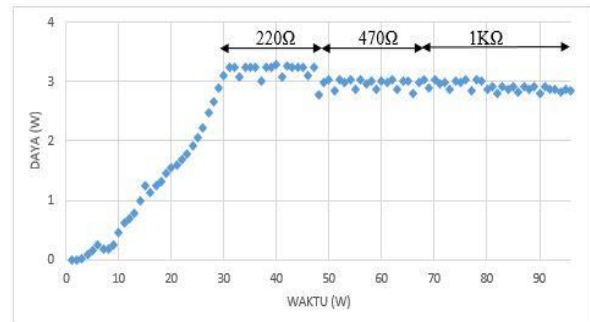


Gambar 12. Grafik MPPT iradiasi 1000 W/m^2 dan suhu 29°C

Gambar 12 merupakan grafik pengujian MPPT iradiasi 1000 W/m^2 dan suhu 29°C . Perubahan beban dilakukan sebanyak 3 variasi yaitu, 220Ω , 470Ω , dan $1\text{K}\Omega$. Pengambilan data dilakukan dengan waktu *sampling* sebesar 1 detik. Daya maksimal rata-rata yang didapatkan dari pengujian tersebut adalah $3,60 \text{ W}$. Pada kondisi awal, sistem MPPT mulai menjejak titik daya maksimum panel surya. Setelah mencapai titik daya maksimumnya, sistem MPPT akan mempertahankan nilai daya pada titik maksimumnya meskipun terjadi perubahan beban.

3.5.2. Pengujian MPPT Iradiasi 750 W/m^2 Suhu 29°C

Pengujian MPPT pada iradiasi 750 W/m^2 dan suhu 29°C dilakukan dengan 3 variasi nilai beban, yaitu 220Ω , 470Ω , dan $1\text{K}\Omega$. Gambar 13 merupakan grafik pengujian MPPT iradiasi 750 W/m^2 dan suhu 29°C .

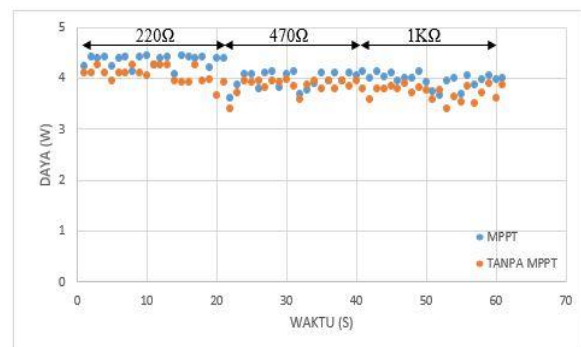


Gambar 13. Grafik MPPT iradiasi 750 W/m^2 dan suhu 29°C

Gambar 13 merupakan grafik pengujian MPPT iradiasi 750 W/m^2 dan suhu 29°C . Perubahan beban dilakukan sebanyak 3 variasi yaitu, 220Ω , 470Ω , dan $1\text{K}\Omega$. Pengambilan data dilakukan dengan waktu *sampling* sebesar 1 detik. Daya maksimal rata-rata yang didapatkan dari pengujian tersebut adalah $2,42 \text{ W}$. Pada kondisi awal, sistem MPPT mulai menjejak titik daya maksimum panel surya. Setelah mencapai titik daya maksimumnya, sistem MPPT akan mempertahankan nilai daya pada titik maksimumnya meskipun terjadi perubahan beban.

3.5.3. Perbandingan MPPT dan Tanpa MPPT Iradiasi 1000 W/m^2 Suhu 29°C

Perbandingan daya keluaran yang dihasilkan sistem yang menggunakan MPPT dan tanpa menggunakan MPPT diuji dengan memvariasi nilai beban. Beban yang digunakan pada pengujian ini adalah 220Ω , 470Ω , dan $1\text{K}\Omega$. Pengambilan data MPPT dilakukan dengan waktu *sampling* 1 detik, sedangkan pengambilan data tanpa MPPT dilakukan dengan waktu *sampling* 1 detik. Gambar 14 merupakan grafik perbandingan daya keluaran sistem yang menggunakan MPPT dan tanpa MPPT pada iradiasi 1000 W/m^2 dan suhu 29°C .

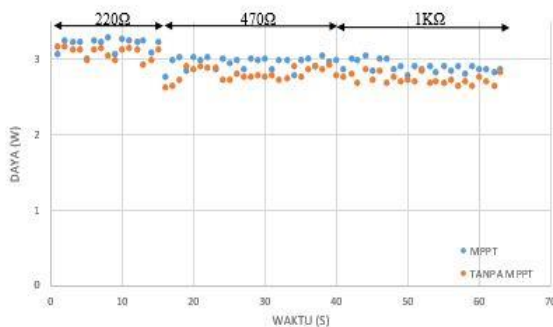


Gambar 14. Grafik perbandingan sistem MPPT dan tanpa MPPT iradiasi 1000 W/m^2 dan suhu 29°C

Data pengujian MPPT dan tanpa MPPT yang ditampilkan pada Gambar 14 merupakan data dengan keadaan awal saat daya maksimum pada beban 220Ω , kemudian dilakukan perubahan beban untuk menganalisis pengaruh perubahan beban terhadap daya yang dihasilkan sistem dengan MPPT dan tanpa MPPT. Berdasarkan Gambar 14 dapat dilihat bahwa daya yang dihasilkan sistem yang menggunakan MPPT relatif konstan pada saat terjadi perubahan beban. Daya maksimal rata-rata yang dihasilkan sistem yang menggunakan MPPT adalah 3,26 W. Pada sistem yang tidak menggunakan MPPT didapatkan nilai daya yang berubah-ubah pada saat terjadi perubahan beban. Daya rata-rata yang dihasilkan sistem yang tidak menggunakan MPPT pada beban 220Ω adalah 4,07 W, 3,84 W pada beban 470Ω , dan 3,76 W pada beban $1K\Omega$. Sistem MPPT dapat mempertahankan nilai daya pada titik maksimalnya pada saat terjadi perubahan beban, sedangkan pada sistem yang tidak menggunakan MPPT nilai daya yang dihasilkan akan berubah-ubah sesuai dengan perubahan beban.

3.5.4. Perbandingan MPPT dan Tanpa MPPT Iradiasi 750 W/m^2 Suhu 29°C

Perbandingan daya keluaran yang dihasilkan sistem yang menggunakan MPPT dan tanpa menggunakan MPPT diuji dengan memvariasi nilai beban. Beban yang digunakan pada pengujian ini adalah 220Ω , 470Ω , dan $1K\Omega$. Pengambilan data MPPT dilakukan dengan waktu *sampling* 1 detik, sedangkan pengambilan data tanpa MPPT dilakukan dengan waktu *sampling* 1 detik. Gambar 15 merupakan grafik perbandingan daya keluaran sistem yang menggunakan MPPT dan tanpa MPPT pada iradiasi 750 W/m^2 dan suhu 29°C .



Gambar 15. Grafik perbandingan sistem MPPT dan tanpa MPPT iradiasi 750 W/m^2 dan suhu 29°C

Data pengujian MPPT dan tanpa MPPT yang ditampilkan pada Gambar 15 merupakan data dengan keadaan awal saat daya maksimum pada beban 220Ω , kemudian dilakukan perubahan beban untuk menganalisis pengaruh perubahan beban terhadap daya yang dihasilkan sistem dengan MPPT dan tanpa MPPT. Berdasarkan Gambar 15 dapat dilihat bahwa daya yang dihasilkan sistem yang menggunakan MPPT relatif konstan pada saat terjadi perubahan beban.

Daya maksimal rata-rata yang dihasilkan sistem yang menggunakan MPPT adalah 2,42 W. Pada sistem yang tidak menggunakan MPPT didapatkan nilai daya yang berubah-ubah pada saat terjadi perubahan beban. Daya rata-rata yang dihasilkan sistem yang tidak menggunakan MPPT pada beban 220Ω adalah 3,09 W, 2,80 W pada beban 470Ω , dan 2,72 W pada beban $1K\Omega$. Sistem MPPT dapat mempertahankan nilai daya pada titik maksimalnya pada saat terjadi perubahan beban, sedangkan pada sistem yang tidak menggunakan MPPT nilai daya yang dihasilkan akan berubah-ubah sesuai dengan perubahan beban.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa konverter arus searah tipe *boost* dengan sistem pencarian titik daya maksimum panel surya algoritma *Modified Perturb and Observe* telah berhasil direalisasikan. Daya maksimum yang dihasilkan sistem menggunakan MPPT pada iradiasi 1000 W/m^2 dan suhu 29°C dengan variasi beban 220Ω , 470Ω , dan $1K\Omega$ adalah 4,44 W. Daya maksimum yang dihasilkan sistem menggunakan MPPT pada iradiasi 750 W/m^2 dan suhu 29°C dengan variasi beban 220Ω , 470Ω , dan $1K\Omega$ adalah 3,26 W. Sistem MPPT dapat mempertahankan nilai daya pada titik maksimalnya saat terjadi perubahan beban, sedangkan pada sistem yang tidak menggunakan MPPT nilai daya yang dihasilkan akan berubah-ubah sesuai dengan perubahan beban.

Referensi

- [1] *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, 1st ed., John Wiley & Son Ltd, Chicester, England, 2003.
- [2] D. S. Morales, "Maximum Power Point Tracking Algorithms for Photovoltaic Applications," Master's Thesis, Departemen of Electrical Engineering, Aalto University, Finland, 2010.
- [3] B. Bendib, H. Belmili, and F. Krim, "A survey of the most used MPPT methods: Conventional and advanced algorithms applied for photovoltaic systems," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 45. pp. 637–648, 2015
- [4] N. Betantya, "Perancangan Maximum Power Point Tracking Panel Surya menggunakan Buck Boost Converter dengan Metode Incremental Conductance," Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, 2017.
- [5] A. P. Haris, "Perancangan Maximum Power Point Tracking Panel Surya menggunakan Konverter Buck-Boost dengan Algoritma Perturb and Observe," Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, 2017.
- [6] R. Z. Ahmad. "Perancangan Konverter Arus Searah tipe SEPIC yang dioperasikan untuk Pencarian Titik Daya Maksimum Panel Surya berbasis Metode Perturbation and Observation (P&O)," Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2017.

- [7] D. P. Arifna, "Perancangan Konverter Arus Searah tipe cuk yang dioperasikan untuk Pencarian Titik Daya Maksimum Panel Surya berbasis Perturb and Observe," Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2017.
- [8] *DT-Sense Current Sensor*, Innovative Electronics, Jakarta, 2012.
- [9] *TLP250*, Toshiba Corporation, Japan, 2007.
- [10] Yu, Byunggyu, An improved dynamic maximum power point tracking method for PV application. Korea: IEICE Eletronics Express, 2013.