

Analisa Perbandingan *PWM* Dan *MPPT* Untuk Beban Di Atas 200 W

Jamaaluddin Jamaaluddin¹; Izza Anshory¹; Emy Rosnawati²; Drajad Kuncoro Aji¹

¹ Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

² Hukum, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
jamaaluddin@umsida.ac.id

Abstract - Solar energy sources are one of the energy sources and have advantages compared to fossil energy sources. This solar energy really needs to be researched and developed further, including at the University of Muhammadiyah Sidoarjo. The utilization of this solar energy is by installing a *Photovoltaic Cell (PV)* with a *Photovoltaic output control system using MPPT (Maximum Power point Tracking)* and *PWM (Pulse width Modulation)* for setting the load used and charging batteries. The two PV control methods have different characteristics. This difference will be analyzed according to the load characteristics and sunlight contained in the Electrical Engineering Laboratory of the Muhammadiyah University of Sidoarjo. From the analysis results, it is found that at power above 200 W, *MPPT* has a better voltage stability than using *PWM*.

Keywords — *MPPT; PWM; Solar Energy; Photovoltaic; Voltage*

Abstrak—Sumber energi surya adalah salah satu sumber energi dan memiliki kelebihan dibandingkan dengan sumber energi fosil. Energi matahari ini sangat perlu untuk diteliti dan kembangkan lebih lanjut termasuk pada lingkungan Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Pemanfaatan Energi matahari ini, adalah dengan melakukan pemasangan *Photovoltaic Cell (PV)* dengan sistem pengaturan output *Photovoltaic* dengan menggunakan *MPPT (Maximum Power point Tracking)* dan *PWM (Pulse width Modulation)* untuk pengaturan beban terpakai dan pengisian *accu*. Kedua metode kontrol *PV* itu memiliki karakteristik yang berbeda. Perbedaan ini akan di analisis sesuai dengan karakteristik beban dan sinar matahari yang terdapat pada Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Dari hasil analisa maka didapatkan pada daya diatas 200 W, *MPPT* mempunyai kestabilan tegangan yang lebih baik daripada jika menggunakan *PWM*.

Kata Kunci— *MPPT; PWM; Energi Surya; Photovoltaic; Tegangan*

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang dilintasi garis khatulistiwa, garis ini hampir tepat ditengah-tengah Indonesia. Sehingga Indonesia memiliki sumber energi matahari yang cukup banyak dengan intensitas radiasi matahari rata – rata sekitar 4.8 kWh/m² per hari di seluruh wilayah Indonesia

[1][2][3]. Sedangkan di sisi lain energi surya ini masih belum dimanfaatkan secara maksimal.

Walaupun pemanfaatan Tenaga surya masih kurang, tetapi sudah cukup banyak dimanfaatkan untuk perumahan dan sering disebut dengan *Solar Home system (SHS)*[4][5][6]. PLTS adalah suatu pembangkit yang mengkonversikan energi foton dari surya menjadi energi listrik. Proses ini terjadi pada sel surya. Konversi ini dilakukan pada panel surya yang terdiri dari sel sel *PV*[7]. Sel – sel ini merupakan lapisan lapisan tipis dari *silikon (Si)* murni atau bahan semi konduktor lainnya. Sehingga apabila bahan tersebut memperoleh energi foton akan mengeksitasi elektron dari ikatan atomnya menjadi elektron yang bergerak bebas dan pada akhirnya akan mengeluarkan tegangan listrik arus searah[8][9].

Pada penelitian ini, akan dimanfaatkan PLTS itu untuk menjadi sumber energi alternatif pada Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, disamping sebagai sarana penelitian untuk langkah awal penerapan *Solar Building System (SBS)* juga sebagai sarana mengurangi biaya energi listrik yang disuplai oleh PT. PLN. Penelitian ini menganalisa efisiensi penggunaan pengatur daya masuk dari matahari (*Solar panel*) dan pembagian bebannya yang kearah beban beban terpakai dan kearah penyimpanan energi atau *accu*[10].

Pada penggunaan sistem pengaturan ini dikenal ada 2 sistem yaitu menggunakan *Maximum Power Point Tracking (MPPT)* Dan *Pulse Width Modulation (PWM)*[11][12]. Masing – masing sistem pengaturan tersebut memiliki karakteristik dan kemampuan masing – masing. Oleh karenanya pada penelitian ini akan dilakukan analisa percobaan dan pelaksanaan prakteknya sehingga di dapatkan sistem pengaturan yang paling baik untuk *SBS* yang akan di aplikasikan pada bangunan gedung[13][14].

II. METODE PENELITIAN

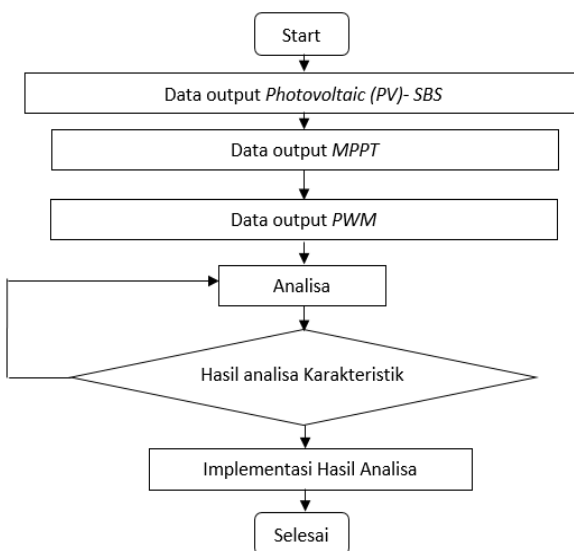
2.1. Bagan Alir Penelitian

Adapun bagan Alir penelitian pada metode ini adalah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar.1 : Penelitian yang akan dilakukan ini memiliki tahapan – tahapan sebagai berikut:

2.2. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan rencana kegiatan sebagai berikut, diantaranya:

1. Pemasangan *PV* pada Laboratorium Teknik Elektro kampus 2 Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Beserta alat penyimpan arus (*accumulator*), kontrol pengisian unit dan beban. Disimulasikan pemakaian daya *PV* diinterkoneksi dengan *Sub Distribution Panel (SDP)* pada Laboratorium Teknik Elektro.
2. Pengumpulan data output tegangan dan arus pada *PV* berikut arus dan tegangan *accu* dan beban terpakai.
3. Data analisa karakteristik *MPPT* dan *PWM*.
4. Melakukan aplikasi sistem dan dicoba penerapannya pada sistem yang terpasang pada Laboratorium Teknik Tenaga Listrik dan Konversi Energi Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
5. Evaluasi dan perbaikan.
6. Pelaporan.



Gambar.1. Bagan alir penelitian

2.3. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan peneliti guna mendukung penelitian adalah :

- a. Pengukuran tegangan dan arus output *PV*, Pengukuran ini dilakukan dengan mempergunakan ampere meter dan volt meter digital.

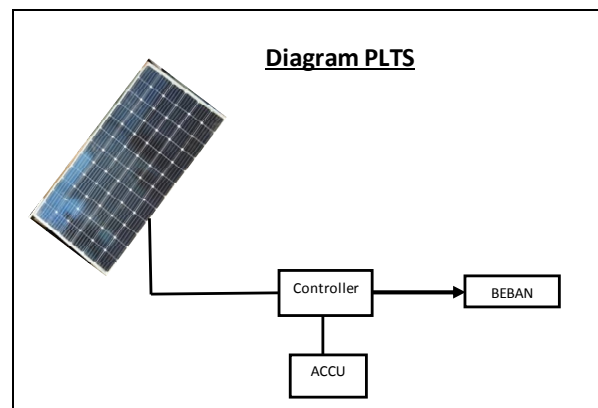
- b. Pengukuran tegangan dan arus ke arah beban terpakai. Pengukuran ini dilakukan dengan mempergunakan *ampere meter* dan *volt meter digital*.
- c. Pengukuran tegangan dan arus ke arah beban terpakai. Pengukuran ini dilakukan dengan mempergunakan *ampere meter* dan *volt meter digital*.
- d. Studi Pustaka

Pada tahap studi literatur, dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui secara teoritis mengenai metode apa yang dapat digunakan untuk mengambil kesimpulan dari penelitian ini. Beberapa teori yang menjadi dasar dalam penelitian ini antara lain adalah Sistem *PV*, Teknik pengukuran output system *PV*. Sistem pengaturan output *PV*, Output *accu* dan output ke beban dengan mempergunakan *MPPT* dan *PWM*[15][9][12].

III. DATA ANALISA PENELITIAN

3.1. Blok Diagram Rangkaian

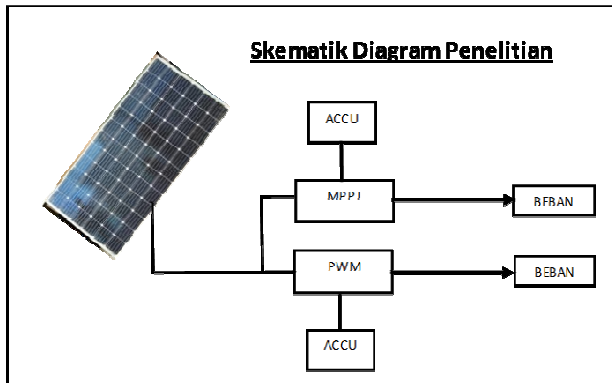
Blok diagram rangkaian PLTS sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2. Gambar 2. menunjukkan sistem PLTS dimulai dari *Photovoltaic (PV)* – *Controller* – dibagi dua, yang pertama ke arah beban dan yang lainnya ke arah *accu*.



Gambar 2. Blok Diagram PLTS

Untuk *controller* dikarenakan yang diteliti adalah perbandingan antara kontroler yang menggunakan *MPPT* dan *PWM*, maka sesudah dari *PV* arus dipisah menjadi 2 yaitu *ACCU* dan beban. Adapun rangkaian yang dipergunakan untuk pelaksanaan penelitian adalah sebagaimana pada gambar 3.

Proses penelitian menggunakan skematik diagram sebagaimana gambar 3. Masing-masing sistem dilakukan pengukuran tegangan dan arusnya tiap satuan waktu tertentu. Sehingga akan di dapatkan hasil analisis yang akurat pada masing – masing sistem *Controller* nya.



Gambar 3. Skematik Pelaksanaan Penelitian

3.2. Pengukuran Yang Dilakukan

Pengukuran yang dilakukan untuk melaksanakan penelitian ini ada beberapa tahap, yaitu:

- Pengukuran tegangan dan arus *output PV*, Pengukuran ini dilakukan dengan mempergunakan ampere meter dan volt meter digital dari jam per 30 menit selama 4 jam, mulai jam 10.00 WIB sampai dengan 14.00 WIB.
- Pengukuran tegangan dan arus ke arah beban terpakai. Pengukuran ini dilakukan dengan mempergunakan ampere meter dan volt meter digital dari jam per 30 menit selama 4 jam, mulai jam 10.00 WIB sampai dengan 14.00 WIB.
- Pengukuran tegangan dan arus ke arah beban terpakai. Pengukuran ini dilakukan dengan mempergunakan *ampere meter* dan *volt meter digital* dari jam per 30 menit selama 4 jam, mulai jam 10.00 WIB sampai dengan 14.00 WIB.

Dengan ketentuan sebagaimana dibawah ini:

- Semua pengukuran diatas diberlakukan untuk sistem *PWM* dan sistem *MPPT*.
- Pengukuran dilakukan dengan menggunakan beban dibawah 200 wP.

3.3. Hasil Pengukuran

Pengukuran dilakukan beberapa kali, dengan *PV* sebanyak 1 buah, *Controller PWM* 1 unit dan *MPPT* 1 unit. Hasil pengukuran yang dilakukan ditunjukkan pada tabel 1. sampai tabel 6. Pengukuran ini dilakukan untuk beban dibawah 200 W.

Tabel. 1. Pengukuran Tegangan Tanggal 7 Juli 2020 Dengan *PWM*(Beban>200W)

| PWM | | | | | | |
|------|--------------|---------|---------|---------|---------------|---------|
| Time | Photovoltaic | | Battery | | Load > 200 wp | |
| | Voltage | Current | Voltage | Current | Voltage | Current |

| | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 10.00 | 12,20 | 18,20 | 12,70 | 18,10 | 9,60 | 21,30 |
| 10.30 | 12,20 | 18,20 | 12,70 | 18,10 | 9,60 | 21,30 |
| 11.00 | 12,50 | 18,20 | 12,70 | 18,10 | 9,60 | 21,30 |
| 11.30 | 12,50 | 18,20 | 12,50 | 19,00 | 9,70 | 21,30 |
| 12.00 | 12,50 | 18,20 | 12,50 | 19,00 | 9,30 | 21,70 |
| 12.30 | 12,00 | 18,20 | 11,30 | 20,30 | 12,10 | 19,70 |
| 13.00 | 13,20 | 17,50 | 12,20 | 19,70 | 11,40 | 20,10 |
| 13.30 | 13,00 | 17,50 | 12,20 | 19,70 | 14,13 | 18,90 |
| 14.00 | 13,00 | 17,50 | 12,20 | 19,70 | 12,90 | 18,00 |

Tabel. 2. Pengukuran Tegangan Tanggal 7 Juli 2020 Dengan *MPPT*

| MPPT | | | | | | |
|-------|--------------|---------|---------|---------|---------------|---------|
| Time | Photovoltaic | | Battery | | Load > 200 wp | |
| | Voltage | Current | Voltage | Current | Voltage | Current |
| 10.00 | 14,00 | 4,38 | 12,00 | 18,33 | 12,00 | 18,33 |
| 10.30 | 14,00 | 4,38 | 12,00 | 18,33 | 12,00 | 18,33 |
| 11.00 | 14,00 | 4,38 | 12,00 | 18,33 | 12,00 | 18,33 |
| 11.30 | 14,30 | 4,30 | 12,10 | 18,18 | 12,10 | 18,18 |
| 12.00 | 14,30 | 4,30 | 12,00 | 18,18 | 12,10 | 18,18 |
| 12.30 | 14,30 | 4,30 | 12,00 | 18,18 | 12,10 | 18,18 |
| 13.00 | 14,30 | 4,30 | 12,00 | 18,33 | 12,00 | 18,33 |
| 13.30 | 14,10 | 4,36 | 12,00 | 18,33 | 12,00 | 18,33 |
| 14.00 | 14,10 | 4,36 | 12,00 | 18,33 | 12,00 | 18,33 |

Tabel. 3. Pengukuran Tegangan Tanggal 8 Juli 2020 dengan *PWM*

| PWM | | | | | | |
|-------|--------------|---------|---------|---------|---------------|---------|
| Time | Photovoltaic | | Battery | | Load > 200 wp | |
| | Voltage | Current | Voltage | Current | Voltage | Current |
| 10.00 | 12,15 | 18,20 | 12,10 | 18,10 | 10,30 | 21,30 |
| 10.30 | 12,15 | 18,20 | 12,10 | 18,10 | 10,30 | 21,30 |
| 11.00 | 12,15 | 18,20 | 12,10 | 18,10 | 10,30 | 21,30 |
| 11.30 | 12,50 | 18,20 | 12,50 | 19,00 | 12,10 | 21,30 |
| 12.00 | 12,50 | 18,20 | 12,50 | 19,00 | 12,10 | 21,70 |
| 12.30 | 12,00 | 18,20 | 11,30 | 20,30 | 12,10 | 19,70 |
| 13.00 | 13,20 | 17,50 | 12,20 | 19,70 | 11,40 | 20,10 |
| 13.30 | 13,00 | 17,50 | 12,20 | 19,70 | 14,13 | 18,90 |
| 14.00 | 13,00 | 17,50 | 12,20 | 19,70 | 12,90 | 18,00 |

Tabel. 4. Pengukuran Tegangan Tanggal 8 Juli 2020 Dengan *MPPT*

| Time | Photovoltaic | | Battery | | Load > 200 wp | |
|-------|--------------|---------|---------|---------|---------------|---------|
| | Voltage | Current | Voltage | Current | Voltage | Current |
| | 10.00 | 13,90 | 4,38 | 12,00 | 18,33 | 12,00 |
| 10.30 | 13,90 | 4,38 | 12,00 | 18,33 | 12,00 | 18,33 |
| 11.00 | 13,90 | 4,38 | 12,00 | 18,33 | 12,00 | 18,33 |
| 11.30 | 14,30 | 4,30 | 12,10 | 18,18 | 12,10 | 18,18 |
| 12.00 | 14,30 | 4,30 | 12,00 | 18,18 | 12,10 | 18,18 |
| 12.30 | 14,30 | 4,30 | 12,00 | 18,18 | 12,10 | 18,18 |
| 13.00 | 14,25 | 4,30 | 12,00 | 18,33 | 12,00 | 18,33 |
| 13.30 | 14,10 | 4,36 | 12,00 | 18,33 | 12,00 | 18,33 |
| 14.00 | 14,10 | 4,36 | 12,00 | 18,33 | 12,00 | 18,33 |

Tabel. 5. Pengukuran Tegangan Tanggal 9 Juli 2020 Dengan *PWM*

| Time | Photovoltaic | | Battery | | Load > 200 wp | |
|-------|--------------|---------|---------|---------|---------------|---------|
| | Voltage | Current | Voltage | Current | Voltage | Current |
| | 10.00 | 12,20 | 18,20 | 12,10 | 18,10 | 9,60 |
| 10.30 | 12,20 | 18,20 | 12,10 | 18,10 | 9,60 | 21,30 |
| 11.00 | 12,45 | 18,20 | 12,30 | 18,10 | 9,60 | 21,30 |
| 11.30 | 12,45 | 18,20 | 12,30 | 19,00 | 9,70 | 21,30 |
| 12.00 | 12,45 | 18,20 | 12,30 | 19,00 | 9,30 | 21,70 |
| 12.30 | 12,45 | 18,20 | 12,30 | 20,30 | 12,10 | 19,70 |
| 13.00 | 13,20 | 17,50 | 12,20 | 19,70 | 11,40 | 20,10 |
| 13.30 | 13,00 | 17,50 | 12,20 | 19,70 | 14,13 | 18,90 |
| 14.00 | 13,00 | 17,50 | 12,20 | 19,70 | 12,90 | 18,00 |

Tabel. 6. Pengukuran Tegangan Tanggal 9 Juli 2020 Dengan *MPPT*

| Time | Photovoltaic | | Battery | | Load > 200 wp | |
|-------|--------------|---------|---------|---------|---------------|---------|
| | Voltage | Current | Voltage | Current | Voltage | Current |
| | 10.00 | 13,85 | 4,38 | 12,00 | 18,33 | 12,00 |
| 10.30 | 13,85 | 4,38 | 12,00 | 18,33 | 12,00 | 18,33 |
| 11.00 | 13,85 | 4,38 | 12,00 | 18,33 | 12,00 | 18,33 |
| 11.30 | 14,18 | 4,30 | 12,10 | 18,18 | 12,20 | 18,18 |
| 12.00 | 14,18 | 4,30 | 12,00 | 18,18 | 12,20 | 18,18 |
| 12.30 | 14,18 | 4,30 | 12,00 | 18,18 | 12,20 | 18,18 |

| | | | | | | |
|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| 13.00 | 14,18 | 4,30 | 12,00 | 18,33 | 12,20 | 18,33 |
| 13.30 | 14,10 | 4,36 | 12,00 | 18,33 | 12,00 | 18,33 |
| 14.00 | 14,10 | 4,36 | 12,00 | 18,33 | 12,00 | 18,33 |

Dari data primer pada tabel 1 sampai dengan tabel 6 diatas, maka dibuatlah nilai rata-rata per pengukuran. Rata-rata diambil untuk tegangan *PV*, tegangan Baterei dan tegangan beban dengan menggunakan *PWM* dan *MPPT* selama 3 hari pengukuran mulai tanggal 7-9 Juli 2020. Dari data mentah diatas agar supaya dapat dilakukan analisa maka dilakukan perhitungan rata-rata. Sedangkan hasil perhitungan rata-rata adalah sebagaimana pada tabel 7 sampai dengan tabel 12.

Tabel. 7. Nilai Rata Rata Tegangan *PV* dengan Menggunakan *PWM*(Beban>200W)

| Time | PWM | | | JML | RATA |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 10.00 | 12,20 | 12,15 | 12,20 | 36,55 | 12,18 |
| 10.30 | 12,20 | 12,15 | 12,20 | 36,55 | 12,18 |
| 11.00 | 12,50 | 12,15 | 12,45 | 37,10 | 12,37 |
| 11.30 | 12,50 | 12,50 | 12,45 | 37,45 | 12,48 |
| 12.00 | 12,50 | 12,50 | 12,45 | 37,45 | 12,48 |
| 12.30 | 12,00 | 12,00 | 12,45 | 36,45 | 12,15 |
| 13.00 | 13,20 | 13,20 | 13,20 | 39,60 | 13,20 |
| 13.30 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 39,00 | 13,00 |
| 14.00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 39,00 | 13,00 |

Tabel. 8. Nilai Rata Rata Tegangan *PV* dengan Menggunakan *MPPT*(Beban>200W)

| Time | MPPT | | | JML | RATA |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 10.00 | 14,00 | 13,90 | 13,85 | 41,75 | 13,92 |
| 10.30 | 14,00 | 13,90 | 13,85 | 41,75 | 13,92 |
| 11.00 | 14,00 | 13,90 | 13,85 | 41,75 | 13,92 |
| 11.30 | 14,30 | 14,30 | 14,18 | 42,78 | 14,26 |
| 12.00 | 14,30 | 14,30 | 14,18 | 42,78 | 14,26 |
| 12.30 | 14,30 | 14,30 | 14,18 | 42,78 | 14,26 |
| 13.00 | 14,30 | 14,25 | 14,18 | 42,73 | 14,24 |
| 13.30 | 14,10 | 14,10 | 14,10 | 42,30 | 14,10 |
| 14.00 | 14,10 | 14,10 | 14,10 | 42,30 | 14,10 |

Tabel. 9. Nilai Rata Rata Tegangan Baterei dengan Menggunakan *PWM*(Beban>200W)

| Time | PWM | | | JML | RATA |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 10.00 | 12,70 | 12,10 | 12,10 | 36,90 | 12,30 |
| 10.30 | 12,70 | 12,10 | 12,10 | 36,90 | 12,30 |
| 11.00 | 12,70 | 12,10 | 12,30 | 37,10 | 12,37 |
| 11.30 | 12,50 | 12,50 | 12,30 | 37,30 | 12,43 |
| 12.00 | 12,50 | 12,50 | 12,30 | 37,30 | 12,43 |
| 12.30 | 11,30 | 11,30 | 12,30 | 34,90 | 11,63 |
| 13.00 | 12,20 | 12,20 | 12,20 | 36,60 | 12,20 |
| 13.30 | 12,20 | 12,20 | 12,20 | 36,60 | 12,20 |
| 14.00 | 12,20 | 12,20 | 12,20 | 36,60 | 12,20 |

Tabel. 10. Nilai Rata Rata Tegangan Baterei dengan Menggunakan *MPPT*(Beban>200W)

| Time | MPPT | | | JML | RATA |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 10.00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 36,00 | 12,00 |
| 10.30 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 36,00 | 12,00 |
| 11.00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 36,00 | 12,00 |
| 11.30 | 12,10 | 12,10 | 12,10 | 36,30 | 12,10 |
| 12.00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 36,00 | 12,00 |
| 12.30 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 36,00 | 12,00 |
| 13.00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 36,00 | 12,00 |
| 13.30 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 36,00 | 12,00 |
| 14.00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 36,00 | 12,00 |

Tabel. 11. Nilai Rata Rata Tegangan Beban dengan Menggunakan *PWM*(Beban>200W)

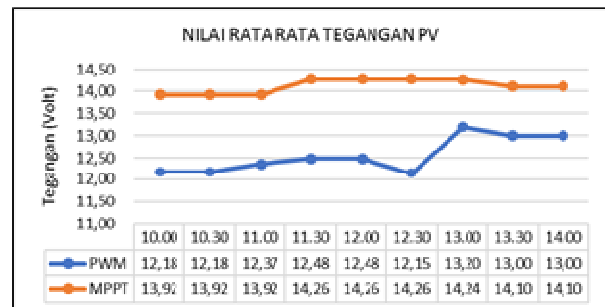
| Time | PWM | | | JML | RATA |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 10.00 | 9,60 | 10,30 | 9,60 | 29,50 | 9,83 |
| 10.30 | 9,60 | 10,30 | 9,60 | 29,50 | 9,83 |
| 11.00 | 9,60 | 10,30 | 9,60 | 29,50 | 9,83 |
| 11.30 | 9,70 | 12,10 | 9,70 | 31,50 | 10,50 |
| 12.00 | 9,30 | 12,10 | 9,30 | 30,70 | 10,23 |
| 12.30 | 12,10 | 12,10 | 12,10 | 36,30 | 12,10 |
| 13.00 | 11,40 | 11,40 | 11,40 | 34,20 | 11,40 |
| 13.30 | 14,13 | 14,13 | 14,13 | 42,39 | 14,13 |

| | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 14.00 | 12,90 | 12,90 | 12,90 | 38,70 | 12,90 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

Tabel. 12. Nilai Rata Rata Tegangan Beban dengan Menggunakan *MPPT*(Beban>200W)

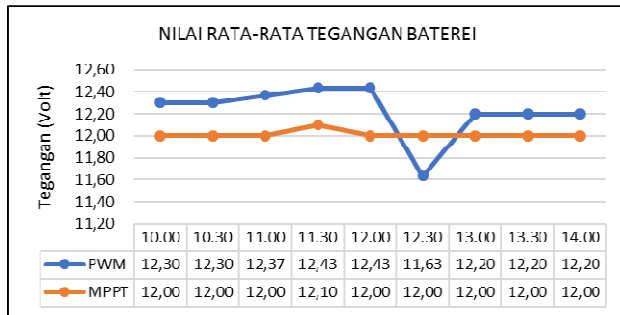
| Time | MPPT | | | JML | RATA |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 10.00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 36,00 | 12,00 |
| 10.30 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 36,00 | 12,00 |
| 11.00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 36,00 | 12,00 |
| 11.30 | 12,10 | 12,10 | 12,20 | 36,40 | 12,13 |
| 12.00 | 12,10 | 12,10 | 12,20 | 36,40 | 12,13 |
| 12.30 | 12,10 | 12,10 | 12,20 | 36,40 | 12,13 |
| 13.00 | 12,00 | 12,00 | 12,20 | 36,20 | 12,07 |
| 13.30 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 36,00 | 12,00 |
| 14.00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 36,00 | 12,00 |

Hasil perhitungan rata-rata pengukuran sebagaimana tabel 7. sampai dengan 12. maka akan diperjelas sebagaimana grafik pada gambar 4, sampai dengan gambar 8.



Gambar 4. Rata-Rata Tegangan *PV* menggunakan *PWM* dan *MPPT* (Beban>200W)

Penjelasan dari gambar 4. bahwa pada daya > 200 W, maka sensing *MPPT* menunjukkan tegangan yang lebih stabil dari pada jika menggunakan *PWM*.

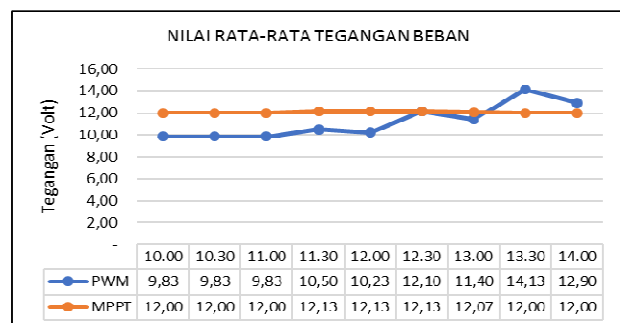


Gambar 5. Rata-Rata Tegangan Baterai menggunakan PWM dan MPPT (Beban>200W)

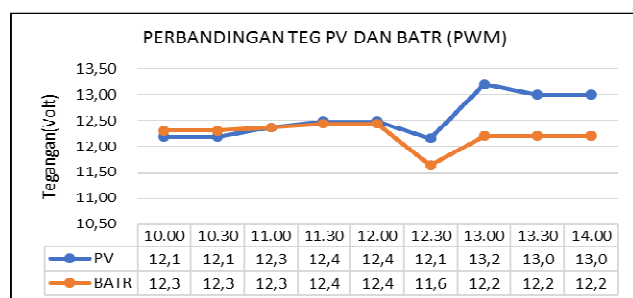
Pada gambar 5 tersebut tegangan baterai yang disuplai oleh PV dengan menggunakan PWM mempunyai arus pengisian yang tidak stabil dari pada jika menggunakan MPPT.

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa rata-rata tegangan ke arah beban mengalami ketidak stabilan tegangan jika menggunakan PWM masih mengalami gerakan naik turun. Jika menggunakan MPPT terlihat tegangan ke arah beban lebih stabil.

Sedangkan pada gambar 7 dan 8 menunjukkan bagaimana pengaruh Controller terhadap tegangan PV dan Baterai jika dipergunakan PWM dan MPPT.

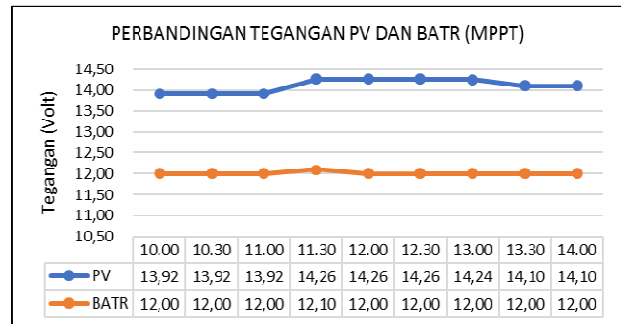


Gambar 6. Rata-Rata Tegangan Beban menggunakan PWM dan MPPT (Beban>200W)



Gambar 7. Perbandingan Tegangan PV dan Baterai Menggunakan PWM (Beban>200W)

Pada gambar 7 tampak perbandingan tegangan PV dan tegangan baterai dengan menggunakan PWM dengan beban diatas 200W. Pada grafik nampak yang penggunaan PWM cenderung berada pada kondisi tidak stabil. Lebih tidak stabil jika mempergunakan PWM pada daya dibawah 200W.



Gambar 8. Perbandingan Tegangan PV dan Baterai Menggunakan MPPT (Beban>200W)

Pada gambar 8 dapat dilihat bahwa tegangan PV dan tegangan Baterai saat menggunakan MPPT nampak berada dalam kondisi stabil. Hal berbeda ketika MPPT dipergunakan pada daya dibawah 200W.

IV KESIMPULAN

Pada kondisi beban diatas 200 W, penggunaan controller MPPT mempunyai kestabilan tegangan lebih baik dengan rincian sebagai berikut:

1. Tegangan PV dapat ditangkap walau lebih tinggi dari tegangan Baterai.
2. Dapat bekerja dengan tegangan diatas tegangan baterai, sehingga dapat melakukan pengisian baterai dengan lebih cepat.
3. Untuk kapasitas daya diatas 200 W lebih ideal menggunakan MPPT.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo melalui DRPM yang telah membiayai pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] International Energy Agency, "World Energy Outlook 2015. Executive Summary," *Int. Energy Agency books online*, 2015.
- [2] B. P. dan P. T. I. Penelitian, *Outlook Energi Indonesia 2013*. 2013.
- [3] Jamaaluddin, I. Robandi, I. Anshory, Mahfudz, and R.

- Rahim, "Application of interval type-2 fuzzy inference system and big bang big crunch algorithm in short term load forecasting new year holiday," *J. Adv. Res. Dyn. Control Syst.*, 2020.
- [4] M. D. J. Pucar and A. R. Despic, "The enhancement of energy gain of solar collectors and photovoltaic panels by the reflection of solar beams," *Energy*, vol. 27, no. 3, pp. 205–223, 2002.
- [5] A. Supriyadi, J. Jamaaluddin, T. Elektro, and U. Muhammadiyah, "Analisa Efisiensi Penjejak Sinar Matahari Dengan Menggunakan," *Jeee-U*, vol. 2, no. APRIL, 2018, pp. 8–15, 2018.
- [6] California Energy Commission, "A guide to photovoltaic system design and installation," *Calif. Energy Comm.*, no. June, p. 39, 2001.
- [7] S. Younes, R. Claywell, and T. Muneer, "Quality control of solar radiation data: Present status and proposed new approaches," in *Energy*, 2005, vol. 30, no. 9 SPEC. ISS., pp. 1533–1549.
- [8] M. Bortolini, M. Gamberi, and A. Graziani, "Technical and economic design of photovoltaic and battery energy storage system," *Energy Convers. Manag.*, vol. 86, pp. 81–92, 2014.
- [9] Z. Salam, K. Ishaque, and H. Taheri, "An improved two-diode photovoltaic (PV) model for PV system," in *2010 Joint International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems, PEDES 2010 and 2010 Power India*, 2010.
- [10] E. I. Batzelis, G. E. Kampitsis, S. A. Papathanassiou, and S. N. Manias, "Direct MPP Calculation in Terms of the Single-Diode PV Model Parameters," *IEEE Trans. Energy Convers.*, 2015.
- [11] T. Sudhakar Babu, N. Rajasekar, and K. Sangeetha, "Modified Particle Swarm Optimization technique based Maximum Power Point Tracking for uniform and under partial shading condition," *Appl. Soft Comput. J.*, 2015.
- [12] E. Dallago, A. Liberale, D. Miotti, and G. Venchi, "Direct MPPT Algorithm for PV Sources with only Voltage Measurements," *IEEE Trans. Power Electron.*, 2015.
- [13] A. Sholih *et al.*, "Rancang Bangun Pengaman Panel Distribusi Tenaga Listrik Di Lippo Plaza Sidoarjo Dari Kebakaran Berbasis Arduino Nano," *J. ilmu-ilmu Tek. elektro dan rekayasa*, 2017.
- [14] Jamaaluddin, I. Robandi, and I. Anshory, "A very short-term load forecasting in time of peak loads using interval type-2 fuzzy inference system: A case study on java bali electrical system," *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 14, no. 1, pp. 464–478, 2019.
- [15] T. Esmar and P. L. Chapman, "Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques," *IEEE Trans. Energy Convers.*, 2007.