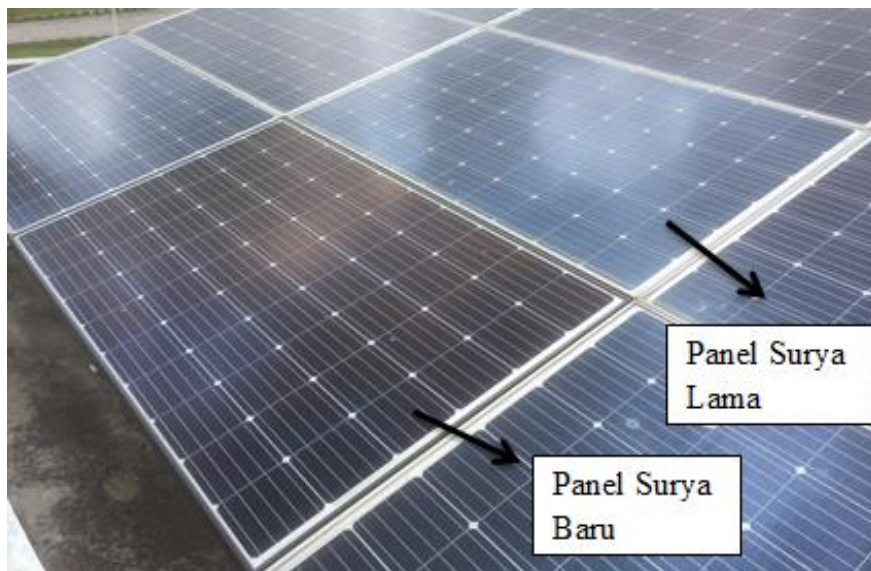


## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

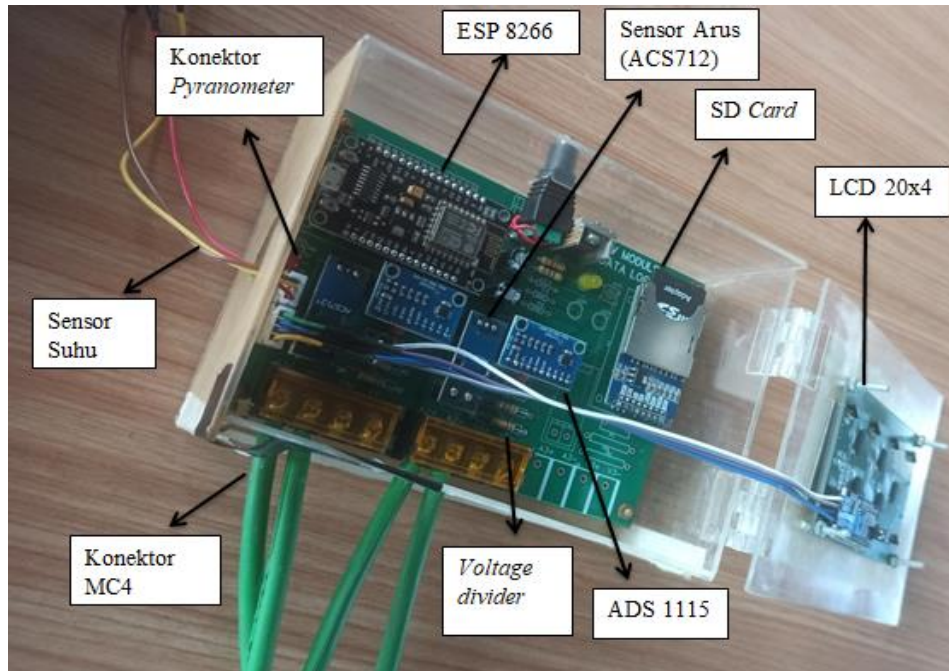
#### 4.1. Hasil Perancangan Alat

Penelitian ini membahas tentang pengaruh perbedaan radiasi matahari terhadap *deterioration performance photovoltaic* berbasis IoT menggunakan panel surya *monocrystalline* yang baru digunakan dan panel surya *monocrystalline* yang sudah digunakan dalam jangka waktu yang lama. Hasil dan perancangan sistem penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1



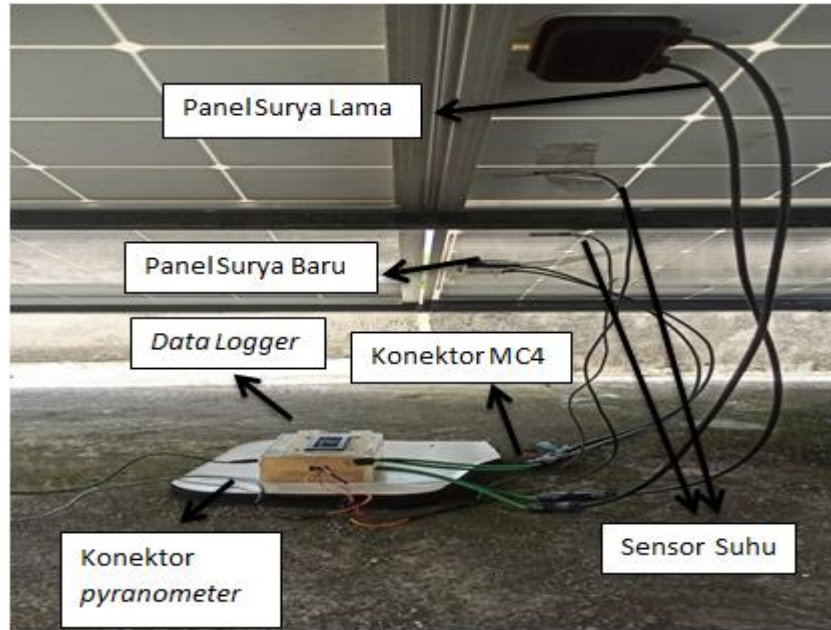
Gambar 4.1 Panel Surya Lama dan Panel Surya Baru

Gambar 4.1 merupakan jenis panel surya yang akan digunakan pada penelitian ini, dimana panel surya bagian atas merupakan panel surya yang telah digunakan dalam jangka waktu kurang lebih 7 tahun dan panel surya bagian bawah merupakan panel surya yang baru digunakan. Berikut hasil perancangan *data logger* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



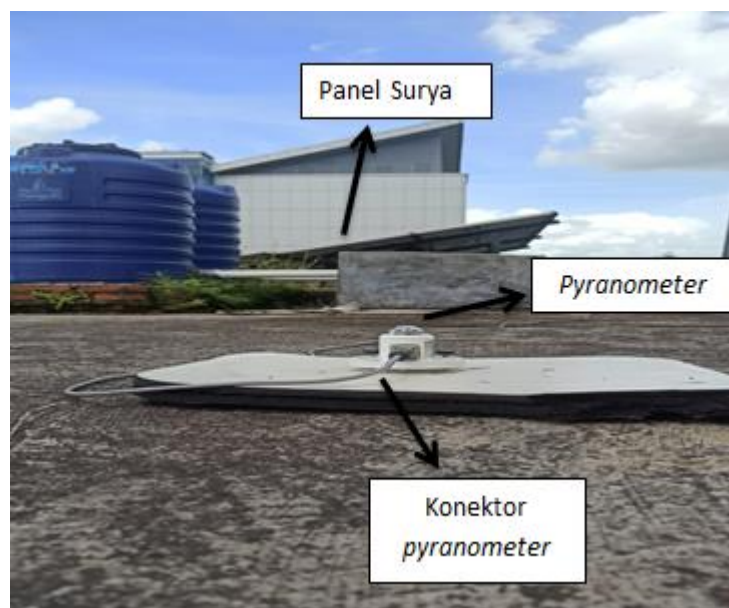
Gambar 4.2 *Data Logger*

Gambar 4.2 merupakan hasil dan perancangan dari *data logger*. *Data logger* dipasangkan pada *box* yang terbuat dari bahan akrilik dengan ukuran panjang 15 cm dan lebar 10 cm. *Box* tersebut berisi komponen komponen pendukung sistem *data logger* seperti mikrokontroler ESP8266, sensor ACS712, sensor *voltage divider*, sensor DS18B20, ADS1115, LCD 20x4 dan SD card. Komponen dari sistem *data logger* ini dirancang menggunakan *software* easyEDA dan mengaplikasikan rangkain tersebut pada *Printed Circuit Bord* (PCB). Alat ini juga terhubung dengan panel surya yang akan diujikan performanya dengan menggunakan kabel konekor untuk menghubungkan panel surya dengan sensor arus dan sensor tegangan. Berikut gambar pemasangan alat pada panel surya yang akan diuji dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Pemasangan *Data Logger* ke Panel Surya

Berdasarkan Gambar 4.3 alat sistem *data logger* diletakan pada bagian bawah panel surya yang dihubungkan dengan konektor MC4. *Box data logger* di letakan pada potongan galon agar terihindar dari genangan air ketika hujan. Pemasangan sensor *pyranometer* harus sesuai dengan pergerakan matahari dimana sensor harus menghadap ke arah utara dan sejajar dengan panel surya yang akan diuji. Pemasangan *pyranometer* dapat dilihat pada gambar 4.4.

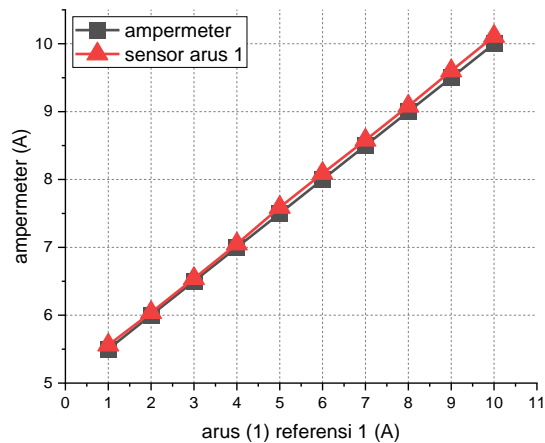


Gambar 4.4 *Pyranometer*

Gambar 4.4 menunjukkan pelatakan *pyranometer* pada penelitian ini. *Pyranometer* diletakan berjauhan dengan *data logger* sehingga terhindar dari *shading* dari benda benda di sekitarnya.

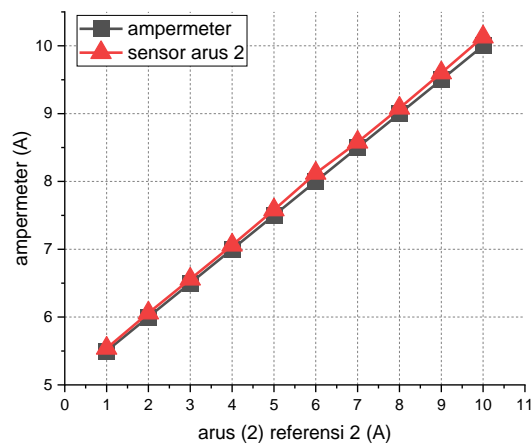
#### 4.2. Pengujian Kalibrasi Sensor Arus

Pengujian kalibrasi sensor arus dilakukan untuk mencapai keakuratan pembacaan nilai arus yang dihasilkan sensor dan alat ukur menggunakan sumber arus dari *power supply*. Sensor ACS712 yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 2 dengan pembacaan maksimal 20 A. Hasil pengujian kalibrasi sensor arus 1 dapat dilihat pada Gambar 4.5 di bawah ini.



Gambar 4.5 Pengujian Kalibrasi Sensor Arus 1

Gambar 4.5 merupakan perbandingan sensor arus yang pertama dengan alat ukur ampermeter dimana nilai rata-rata persentase *error* sama dengan 0,93%. Nilai persentase *error* tertinggi diperoleh pada pengukuran 7,5 A dengan persentase *error* sebesar 1,2%. Hasil pengujian kalibrasi sensor arus ACS712 yang kedua dapat dilihat pada Gambar 4.6.

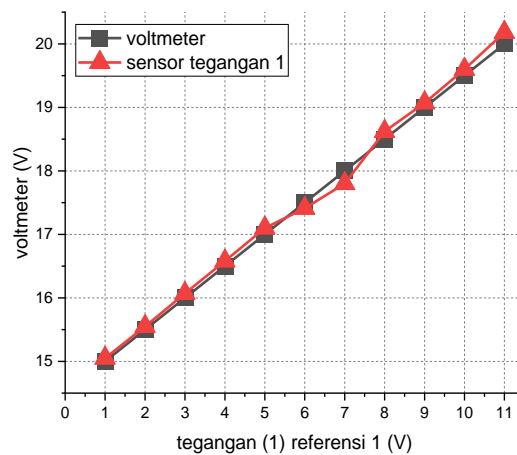


Gambar 4.6 Pengujian Kalibrasi Sensor Arus 2

Gambar 4.6 merupakan perbandingan antara sensor arus kedua dengan alat ukur ampermeter dimana nilai rata-rata persentase *error* sama dengan 1,01%. Nilai persentase *error* tertinggi pada pengukuran 8 A dengan nilai persentase *error* sebesar 1,5%. Berdasarkan hasil pengujian sensor arus satu dan sensor arus dua menggunakan sensor ACS712 dan alat ukur, didapatkan hasil persentase *error* ACS712 yang rendah sehingga akurasi dari sensor ACS712 mendekati ampermeter dan dapat digunakan sebagai alat untuk mengukur arus yang dihasilkan oleh panel surya.

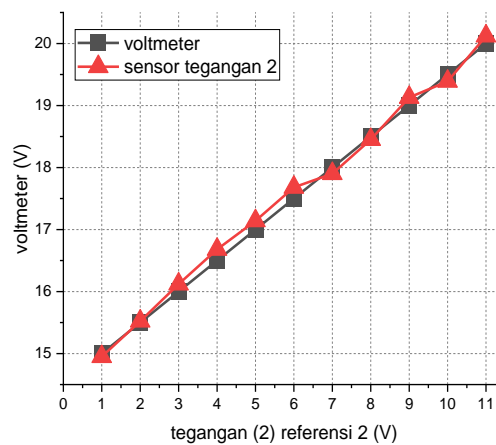
### 4.3. Pengujian Kalibrasi Sensor Tegangan

Pengujian kalibrasi sensor tegangan bertujuan untuk mengetahui keakuratan dari pembacaan sensor dengan pembacaan alat ukur. Sensor yang digunakan untuk mengukur tegangan pada penelitian ini menggunakan rangkain *voltage divider*. Sensor tegangan yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 2 buah yang dihubungkan dengan ADS1115. Pengujian ini dilakukan dengan *power supply* sebagai sumber tegangan yang diukur dari tegangan 15 V sampai dengan 20 V. Hasil pengujian kalibrasi sensor tegangan satu dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Pengujian Kalibrasi Sesor Tegangan 1

Gambar 4.7 merupakan hasil pengujian kalibrasi sensor tegangan satu dengan pembanding alat ukur voltmeter didapatkan nilai rata-rata persentase *error* sebesar 0.63%. Nilai persentase *error* tertinggi diperoleh pada pengukuran 18 V dengan nilai persentase *error* 1,1%. Hasil pengujian kalibrasi sensor tegangan dua dapat dilihat pada Gambar 4.8 di bawah ini.



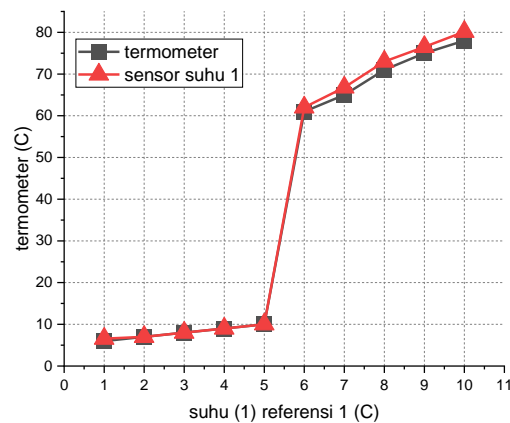
Gambar 4.8 Pengujian Sensor Tegangan 2

Berdasarkan Gambar 4.8 hasil dari pengujian sensor tegangan berbanding alat ukur voltmeter memiliki persentase *error* sebesar 0,66%. Persentase *error* tertinggi pada pengujian sebesar 1,02% pada saat nilai tegangan yang dimasukkan sebesar 17,5 V dari *power supply*. Berdasarkan hasil pengujian dari sensor tegangan satu dan dua didapatkan persentase *error* yang kecil dengan akurasi

yang mendekati alat ukur, sehingga sensor tegangan yang diujikan dapat digunakan untuk mengukur tegangan *output* dari panel surya.

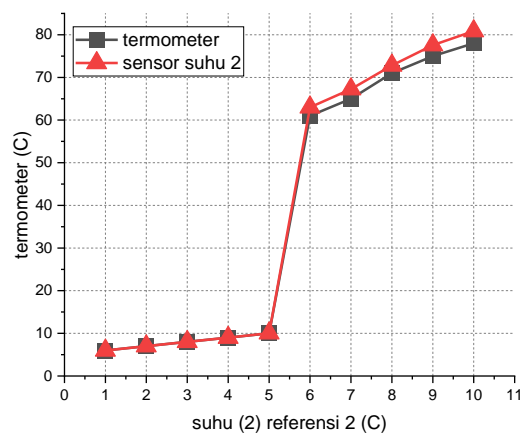
#### 4.4. Pengujian Kalibrasi Sensor Suhu

Pengujian kalibrasi sensor suhu bertujuan untuk mencapai akurasi nilai dari sensor dan alat ukur. Pengujian kalibrasi sensor menggunakan air dingin dan air panas yang disimpan dalam wadah kemudian data diambil sebanyak 10 kali. Hasil pengujian Kalibrasi sensor suhu dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Pengujian Kalibrasi Sensor Suhu 1

Gambar 4.9 merupakan hasil pengujian kalibrasi sensor suhu satu. Hasil pembacaan sensor suhu satu didapat bahwa nilai rata-rata persentase *error* sebesar 1,208%. Nilai tertinggi persentase *error* 2,81% pada pengujian suhu 71°C. Pengujian kalibrasi sensor suhu dua dapat dilihat pada Gambar 4.10

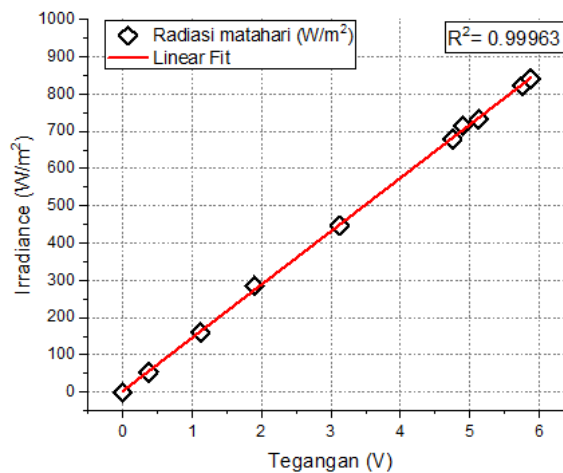


Gambar 4.10 Pengujian Kalibrasi Sensor Suhu 2

Berdasarkan Gambar 4.10 hasil pengujian sensor suhu dua menunjukkan bahwa pembacaan sensor suhu dengan alat ukur termometer tidak terlalu besar perbedaanya. Nilai rata-rata persentase *error* yang didapatkan dari pengujian sensor suhu dua sebesar 1,67%. Nilai *error* tertinggi didapat saat pengukuran 78°C sebesar 3,67%. Berdasarkan hasil dari masing-masing pengujian sensor suhu dengan nilai persentase *error* yang dihasilkan memiliki akurasi yang baik maka sensor suhu DS18B20 dapat digunakan sebagai alat pengambil nilai suhu pada panel surya.

#### 4.5. Pengujian Kalibrasi *Pyranometer*

Pengujian kalibrasi *pyranometer* dilakukan untuk mengetahui pembacaan nilai radiasi matahari dari nilai tegangan yang dikeluarkan sensor dengan pembacaan dari *analog to digital converter* (ADC). Pengujian kalibrasi *pyranometer* dapat dilakukan dengan memanfaatkan persamaan garis hasil perbandingan antara tegangan yang melalui sensor dan data ADC yang terbaca. Pengujian kalibrasi *pyranometer* dilakukan siang hari pada kondisi cuaca cerah. Berikut bentuk grafik pengeujian kalibrasi *pyranometer* pada Gambar 4.11 di bawah ini.



Gambar 4.11 Pengujian Kalibrasi *Pyranometer*

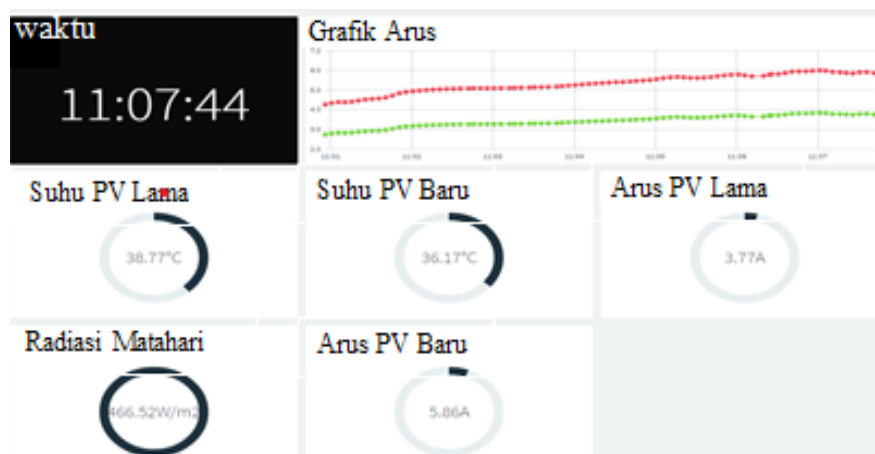
Gambar 4.11 merupakan grafik hasil dari pengujian kalibrasi *pyranometer*. Tegangan yang dihasilkan sensor *pyranometer* memiliki sensitivitas 7 mV/kWm<sup>2</sup> sehingga dibutuhkan pengaturan rentang modul ADC menjadi  $\pm 0,256$  V. Tegangan



yang melalui sensor dengan pembacaan ADC menunjukkan grafik linearitas, maka dapat dikatakan bahwa sensor dapat bekerja dengan baik.

#### 4.6. Pengujian Visualisasi Thinger.io

Tujuan dari pengujian visualisasi Thinger.io pada penelitian ini adalah untuk mengetahui sistem pemantauan data di *platform* Thinger.io dapat berfungsi dengan baik dan bekerja secara *real time*. Pengujian *platform* Thinger.io dengan cara menghubungkan mikrokontroler ESP8266 dengan *platform* Thinger.io melalui jaringan internet dengan memasukkan *device id*, *device credential* dan *username* pada kodingan mikrokontroler, setelah terhubung dengan mikrokontroler *Platform* Thinger.io dapat mencatat data yang dihasilkan rangkaian *input* mikrokontroler secara otomatis dan *realtime*. Hasil pengujian *dashboard* dari *platform* Thinger.io dapat dilihat pada Gambar 4.12.

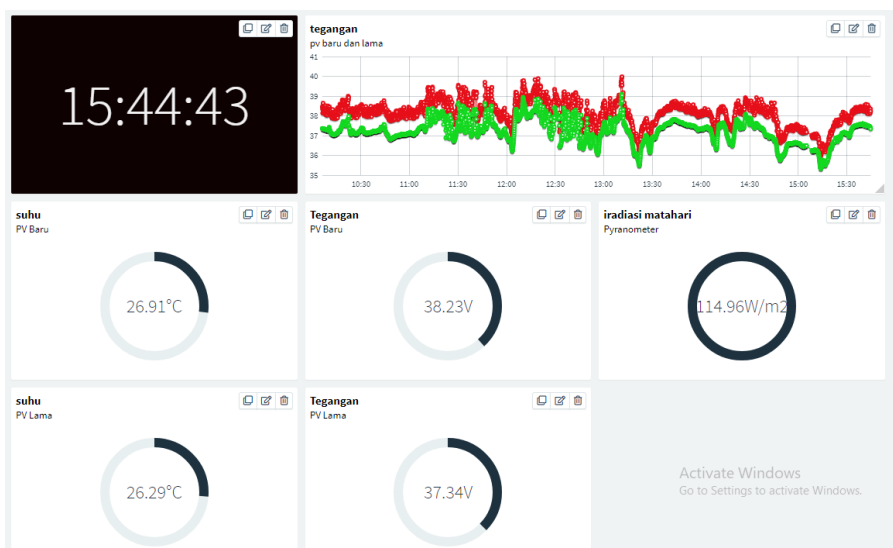


Gambar 4.12 Pengujian Visualisasi Thinger.io

Berdasarkan Gambar 4.12 *platform* Thinger.io berhasil menampilkan data yang telah dikirimkan oleh mikrokontroler ESP8266 dengan baik. Tampilan dari *dashboard platform* Thinger.io yang telah didesain untuk menampilkan parameter yang diamati pada panel surya dalam jangka waktu 10 jam. Hasil dari pengujian juga didapat bahwa sistem pemantau pada *platform* Thinger.io selalu berubah dalam satuan waktu, yang menandakan perubahan nilai yang didapatkan dilakukan secara *real time*. Berdasarkan hasil pengujian sistem pemantauan pada *platform* Thinger.io dimana dapat berjalan dengan baik, maka *platform* Thinger.io dapat digunakan sebagai alat pemantauan pada penelitian ini.

#### 4.7. Hasil Pengujian *Deterioration Performance* Panel Surya Lama dan Baru

Pengujian *deterioration performance* menggunakan dua panel surya *monocrystalline* dimana salah satu panelnya telah beroperasi dalam jangka waktu yang lama. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh radiasi matahari terhadap *deterioration performance* yang dihasilkan dua panel surya yang digunakan. Pengujian ini menggunakan dua panel surya untuk mengetahui *performance* yang dihasilkan. Pengujian ini menggunakan sistem *data logger* dan sistem pemantauan di platform Thinger.io. Sistem *data logger* pada pengujian ini menjalankan fungsinya secara keseluruhan mulai dari pembacaan sensor, perekaman data, sinkronisasi waktu menggunakan NTP, dan menampilkan grafik pada platform Thinger.io. Sistem *data logger* dihubungkan dengan satu modul surya *monocrystalline* lama dan satu modul surya *monocrystalline* baru yang terhubung juga dengan platform Thinger.io menggunakan jaringan internet untuk menampilkan grafik dari hasil pengukuran dua panel surya tersebut. Berikut tampilan sistem pemantauan tegangan pada platform Thinger.io dapat dilihat pada Gambar 4.13 di bawah ini.



Gambar 4.13 Sistem Pemantauan Tegangan Panel Surya

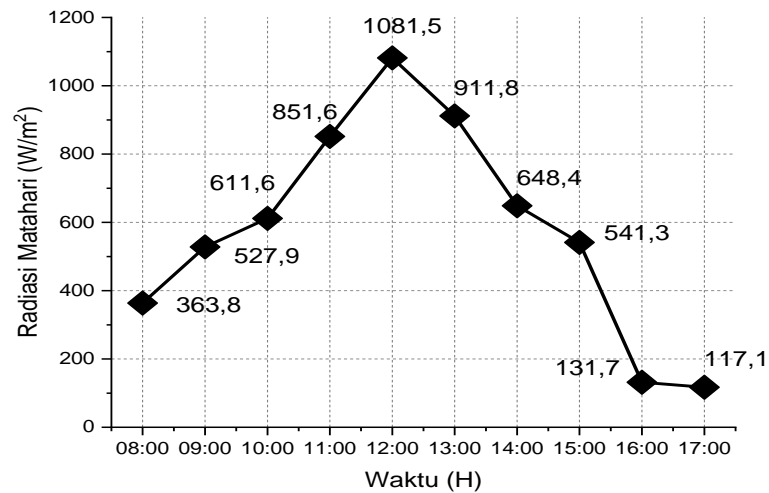
Gambar 4.13 merupakan tampilan sistem pemantauan performa panel surya lama dan panel surya baru, sistem pemantauan ini terdapat beberapa

parameter yang ditampilkan seperti tegangan, suhu, dan radiasi matahari. Berikut sistem pemantauan arus pada *platform* Thinger.io dapat dilihat pada gambar 4.14.



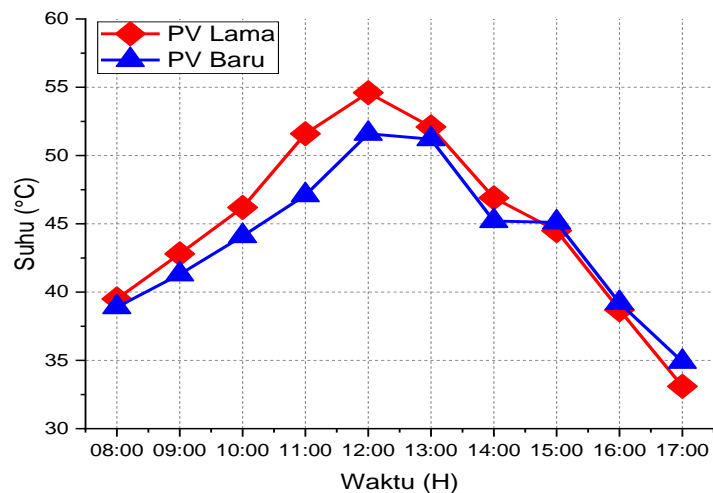
Gambar 4.14 Sistem Pemantauan Arus Panel Surya

Gambar 4.14 merupakan tampilan sistem pemantauan performa panel surya lama dan panel surya baru. Sistem pemantauan ini terdapat beberapa parameter yaitu arus, suhu, dan radiasi matahari serta waktu. Pemantauan dilakukan selama 10 jam dimulai dari jam 08:00 WIB sampai jam 17:00 WIB. Penelitian ini dilakukan selama tiga hari pada kondisi cuaca yang berbeda beda, dimana pada hari ke-1 kondisi cerah berawan, hari ke-2 kondisi cuaca berawan, dan pada hari ke-3 kondisi cuaca hujan berawan. Data yang telah direkam pada percobaan selama tiga hari akan diolah dan dianalisis sehingga data yang didapat sesuai dengan tujuan penelitian. Berikut hasil pengujian radiasi matahari pada hari-1 yang telah diolah menjadi data perjam dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Radiasi Matahari Hari ke-1

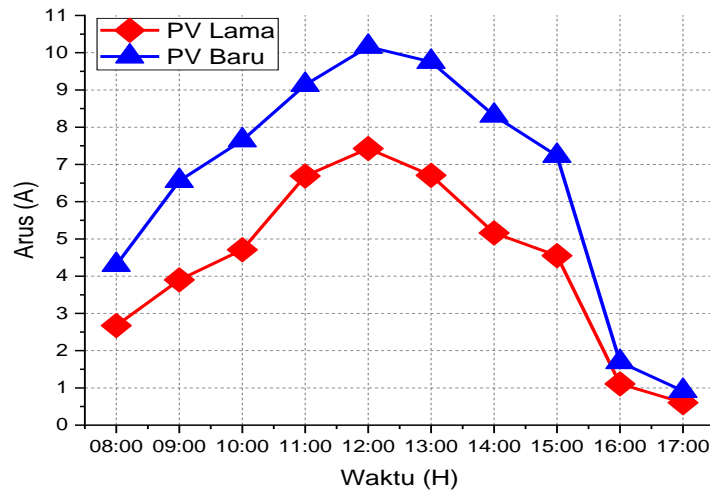
Gambar 4.15 merupakan grafik radiasi matahari pada hari ke-1 pada kondisi cerah berawan yang dilakukan selama 10 jam mulai dari jam 08:00 sampai dengan jam 17:00. Nilai radiasi matahari tertinggi pada pukul 12:00 dengan nilai radiasi matahari sebesar 1081,5 W/m<sup>2</sup>. Suhu permukaan dua jenis panel surya dapat dilihat pada Gambar 4.16 dibawah ini.



Gambar 4.16 Suhu Panel Surya hari ke-1

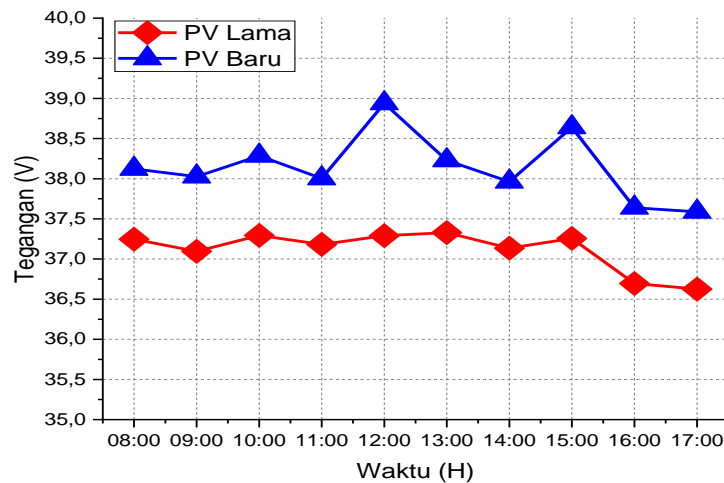
Gambar 4.16 merupakan suhu permukaan panel surya baru dan panel surya lama pada kondisi cuaca cerah berawan. Berdasarkan Gambar 4.15 dapat dilihat bahwa panel surya lama memiliki suhu tertinggi pada jam 12:00 sebesar 54,6°C sedangkan pada panel surya baru sebesar 51,6°C. Hal ini berbanding lurus

dengan nilai radiasi matahari yang diterima pada waktu yang sama. Terdapat  $3^{\circ}\text{C}$  selisih antara panel surya lama dan panel surya baru dimana panel surya lama memiliki suhu yang lebih panas dibandingkan suhu panel surya baru. Arus yang dihasilkan panel surya pada hari ke-1 dapat dilihat pada Gambar 4.17.



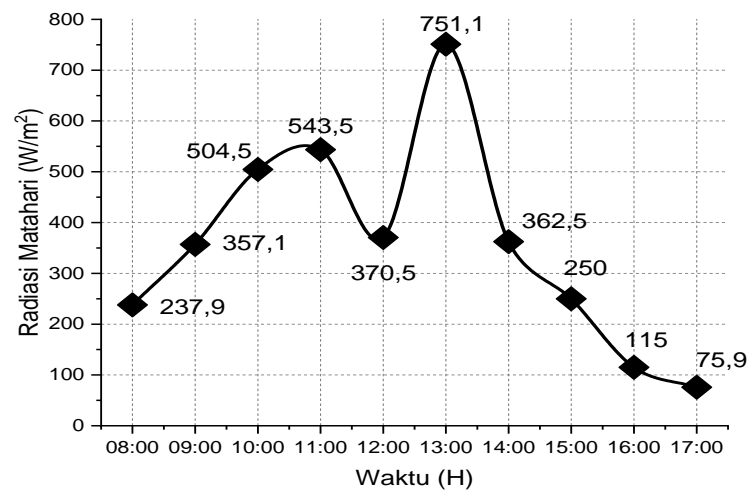
Gambar 4.17 Arus Panel Surya Hari ke-1

Gambar 4.17 menunjukkan nilai pengukuran arus keluaran dari dua panel surya yang digunakan. Dapat dilihat nilai radiasi matahari dan suhu berbanding lurus dengan nilai arus yang dihasilkan oleh panel surya. Nilai arus tertinggi yang dihasilkan panel surya lama sebesar  $7,436\text{ A}$  pada radiasi matahari  $1081,5\text{ W/m}^2$ . Sedangkan pada spesifikasi nilai arus yang dihasilkan panel surya lama sebesar  $9,38\text{ A}$ . Pada panel surya baru nilai arus tertinggi yang dihasilkan sebesar  $10,01\text{ A}$ . Sedangkan pada spesifikasi nilai arus yang dihasilkan panel surya baru sebesar  $10,02\text{ A}$ . Perbedaan nilai arus yang dihasilkan panel surya lama dipengaruhi oleh penggunaan panel surya dalam jangka waktu yang lama pada kondisi iklim yang selalu berubah-ubah tanpa adanya perawatan dan pemantauan. Perbedaan nilai arus juga disebabkan karena adanya debu dan kerusakan fisik pada panel surya sehingga radiasi matahari yang diterima tidak maksimal. Tegangan yang dihasilkan pada hari-1 dapat dilihat pada Gambar 4.18.



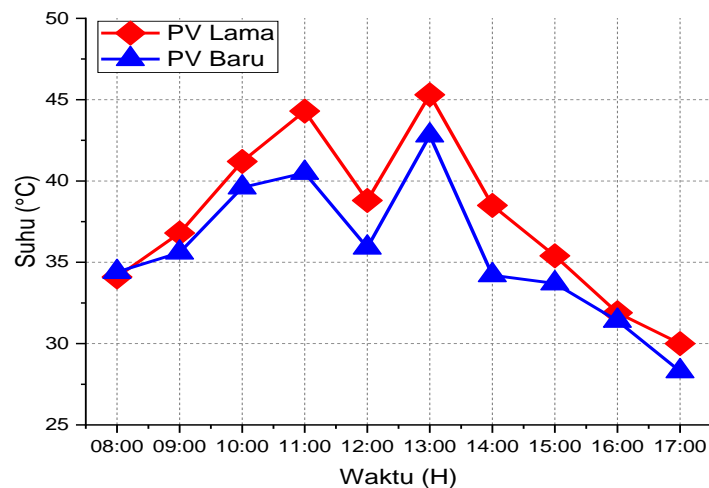
Gambar 4.18 Tegangan Panel Surya Hari-1

Gambar 4.18 merupakan tegangan yang dihasilkan oleh kedua panel surya pada kondisi cuaca cerah berawan. Pada radiasi matahari  $1081,5 \text{ W/m}^2$  nilai tegangan yang dihasilkan panel surya lama sebesar  $37,29 \text{ V}$  sedangkan pada spesifikasi panel surya lama sebesar  $40,4 \text{ V}$ . Perbedaan nilai tegangan yang dihasilkan panel surya lama disebabkan karena adanya pengaruh suhu terhadap nilai tegangan yang dihasilkan panel surya. Pada radiasi matahari  $541,3 \text{ W/m}^2$  dengan suhu panel surya baru sebesar  $44,5^\circ\text{C}$  menghasilkan tegangan sebesar  $38,64 \text{ V}$ , sedangkan pada radiasi matahari  $851,6 \text{ W/m}^2$  dengan suhu panel surya baru sebesar  $47,1^\circ\text{C}$  menghasilkan tegangan sebesar  $38,003 \text{ V}$ . Hasil membuktikan adanya pengaruh suhu panel surya terhadap nilai tegangan yang dihasilkan. Berikut data radiasi matahari hari ke-2 pada kondisi cuaca berawan dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Radiasi Matahari hari ke-2

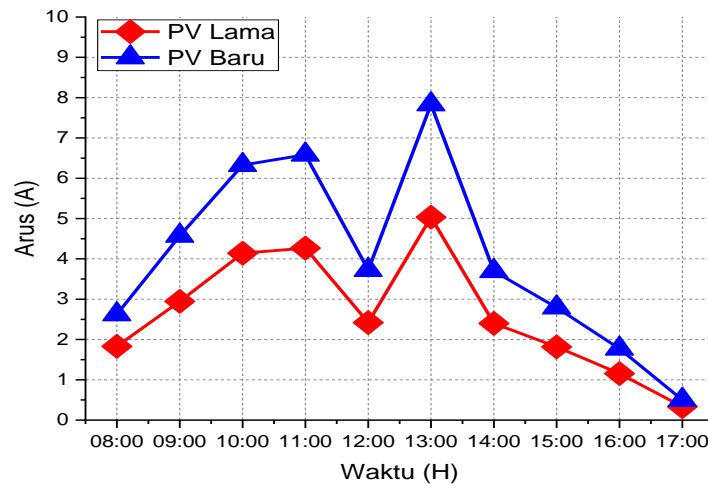
Gambar 4.19 merupakan grafik radiasi matahari pada hari ke-2 pada kondisi berawan yang diambil selama 10 jam mulai dari jam 08:00 sampai dengan jam 17:00. Nilai puncak radiasi matahari terjadi pada pukul 13:00 dengan nilai radiasi matahari sebesar 751,1 W/m<sup>2</sup>. Suhu permukaan panel surya pada kondisi berawan dapat dilihat pada Gambar 4.20 di bawah ini.



Gambar 4.20 Suhu Panel Surya hari ke-2

Gambar 4.20 merupakan suhu permukaan panel surya lama dan panel surya baru pada kondisi cuaca berawan. Berdasarkan gambar 4.20 dapat dilihat bahwa panel surya lama memiliki suhu tertinggi pada pada jam 13:00 sebesar 45,3°C sedangkan pada panel surya baru sebesar 42,8°C. Hal ini berbanding lurus

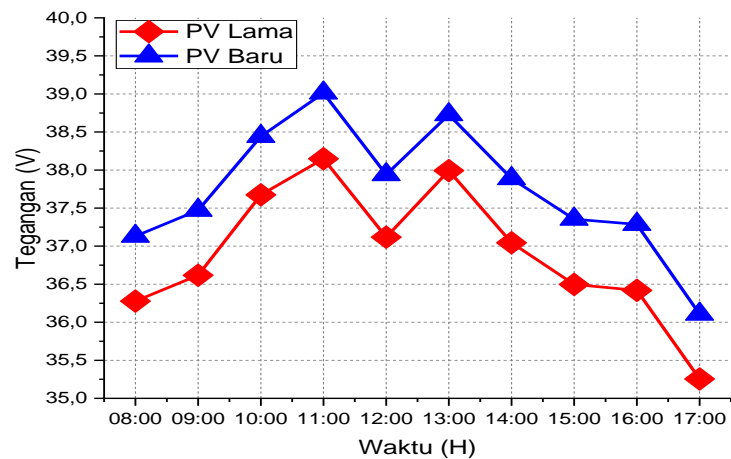
dengan nilai radiasi matahari yang diterima pada waktu yang sama. Terdapat  $2,5^{\circ}\text{C}$  selisih antara panel surya lama dan baru dimana panel surya lama memiliki suhu yang lebih panas dibandingkan suhu panel surya baru. Arus yang dihasilkan pada hari ke-1 dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21 Arus Panel Surya Hari ke-2

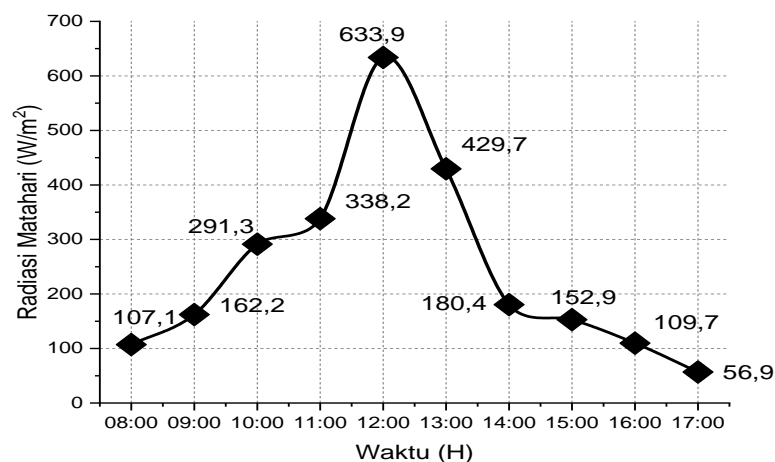
Gambar 4.21 merupakan nilai pengukuran arus keluaran dari dua panel surya yang digunakan pada hari ke-2. Dapat dilihat nilai radiasi matahari dan suhu berbanding lurus dengan nilai arus yang dihasilkan oleh panel surya. Adapun nilai arus tertinggi pada radiasi  $751,1 \text{ W/m}^2$  dengan nilai arus  $7,83 \text{ A}$  pada panel surya baru, sedangkan pada radiasi matahari yang sama panel surya lama menghasilkan nilai arus sebesar  $5,03 \text{ A}$ . Nilai arus yang dihasilkan panel surya lama dan baru mengalami penurunan karena nilai radiasi matahari pada hari ke-2 lebih kecil dibandingkan hari pertama sehingga nilai arus yang dihasilkan lebih kecil dari pada nilai arus hari pertama. Tegangan yang dihasilkan pada hari-2 dapat dilihat pada Gambar 4.22 di bawah ini.





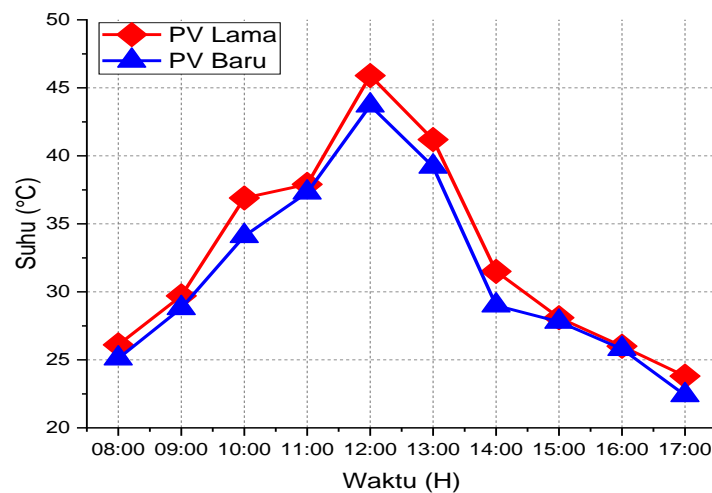
Gambar 4.22 Tegangan Panel Surya Hari ke-2

Gambar 4.22 merupakan perubahan nilai tegangan yang dihasilkan panel surya pada hari kedua. Adapun nilai tegangan puncak terjadi pada jam 11:00 ketika suhu permukaan panel  $40,5^{\circ}\text{C}$  dengan nilai tegangan sebesar  $39,01\text{ V}$  pada panel surya baru dan pada waktu yang sama ketika suhu permukaan panel  $44,3^{\circ}\text{C}$  nilai tegangan yang dihasilkan oleh panel surya lama sebesar  $38,14\text{ V}$ . Nilai tegangan yang dihasilkan panel surya baru dan panel surya lama hari kedua lebih tinggi dibandingkan dengan nilai tegangan yang dihasilkan panel surya baru dan panel surya lama pada hari pertama. Hasil ini dipengaruhi oleh suhu permukaan panel surya baru dan panel surya lama hari kedua lebih kecil dibandingkan suhu permukaan panel surya baru dan panel surya lama pada hari pertama. Berikut data radiasi matahari hari-3 pada kondisi hujan berawan dapat dilihat pada Gambar 4.23.



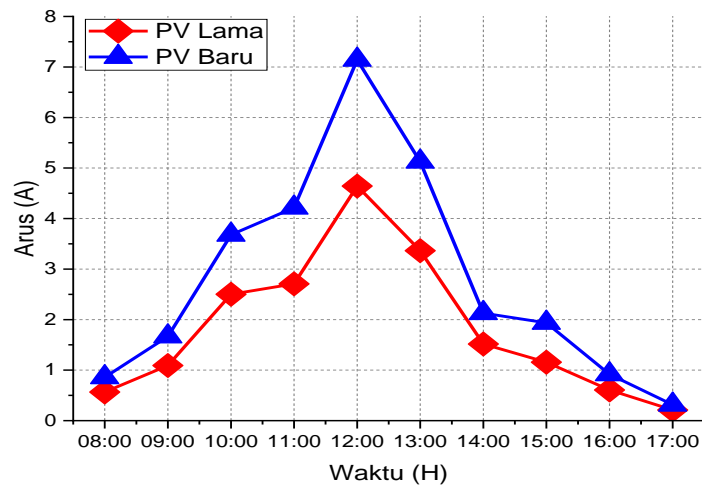
Gambar 4.23 Radiasi Matahari hari ke-3

Gambar 4.23 merupakan nilai perubahan radiasi matahari hari ke-3 dari jam 08:00 sampai dengan jam 18:00 pada kondisi hujan berawan. Nilai radiasi matahari tertinggi pada jam 12:00 dengan nilai radiasi matahari sebesar 633,9 W/m<sup>2</sup>. Radiasi matahari mengalami penurunan pada jam 14:00 sampai dengan jam 17:00 yang disebabkan oleh hujan. Suhu permukaan panel surya pada kondisi hujan berawan dapat dilihat pada Gambar 4.24.



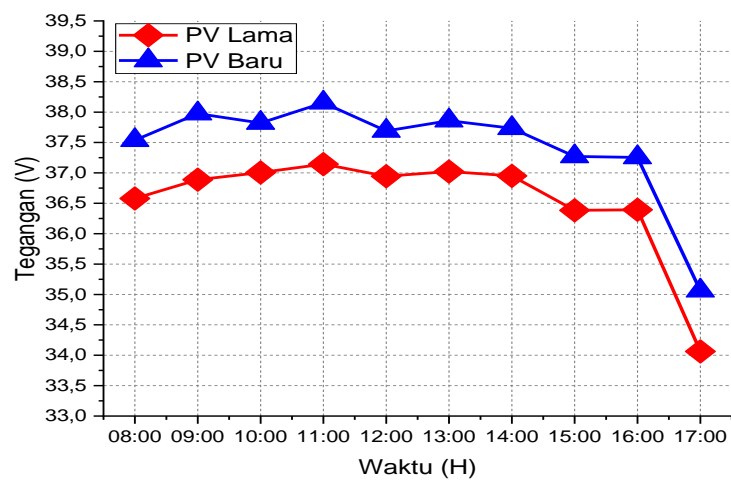
Gambar 4.24 Suhu Panel Surya hari ke-3

Gambar 4.24 merupakan suhu permukaan panel surya lama dan panel surya baru pada kondisi cuaca hujan berawan. Berdasarkan Gambar 4.23 dapat dilihat bahwa nilai suhu permukaan panel surya pada hari ke-3 lebih kecil dibandingkan hari ke-2 dan hari ke-1, hal ini dipengaruhi oleh kondisi cuaca hujan berawan. Pada percobaan hari ke-3 panel surya lama memiliki suhu tertinggi pada jam 12:00 sebesar 45,9°C sedangkan pada panel surya baru sebesar 43,7°C. Hal ini berbanding lurus dengan nilai radiasi matahari yang diterima pada waktu yang sama. Terdapat 2,2°C selisih antara panel surya lama dan panel surya baru dimana panel surya lama memiliki suhu yang lebih panas dibandingkan suhu panel surya baru. Arus yang dihasilkan pada hari ke-1 dapat dilihat pada Gambar 4.25.



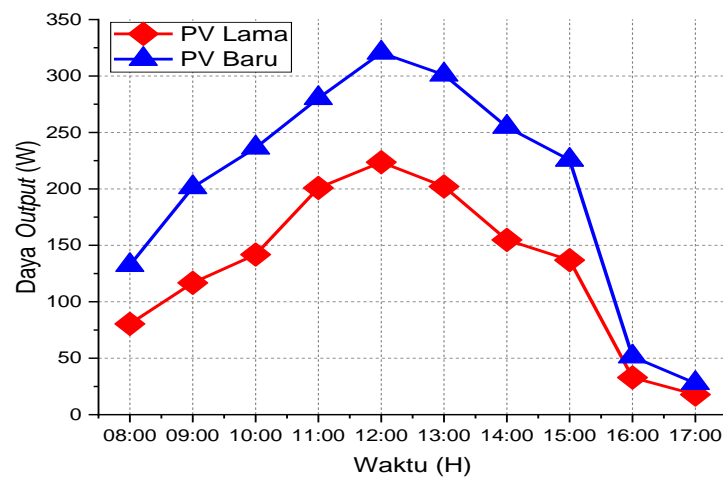
Gambar 4.25 Arus Panel Surya Hari ke-3

Berdasarkan Gambar 4.25 terlihat bahwa nilai arus yang dihasilkan dua panel surya berbanding lurus dengan radiasi matahari dan suhu yang diterima panel tersebut. Nilai arus tertinggi yang dihasilkan panel surya baru sebesar 7,1 A pada saat nilai radiasi matahari sebesar  $633,9 \text{ W/m}^2$ . Sedangkan pada kondisi radiasi matahari yang sama arus yang dihasilkan panel surya lama sebesar 4,6 A. Penurunan nilai arus yang dihasilkan panel surya lama dan panel surya baru pada hari ketiga disebabkan radiasi matahari yang diterima panel surya pada hari ketiga lebih kecil dibandingkan radiasi matahari yang diterima panel surya pada hari pertama dan hari kedua. Nilai tegangan yang dihasilkan pada hari ke-3 dapat dilihat pada Gambar 4.26 di bawah ini.



Gambar 4.26 Tegangan Panel Surya Hari ke-3

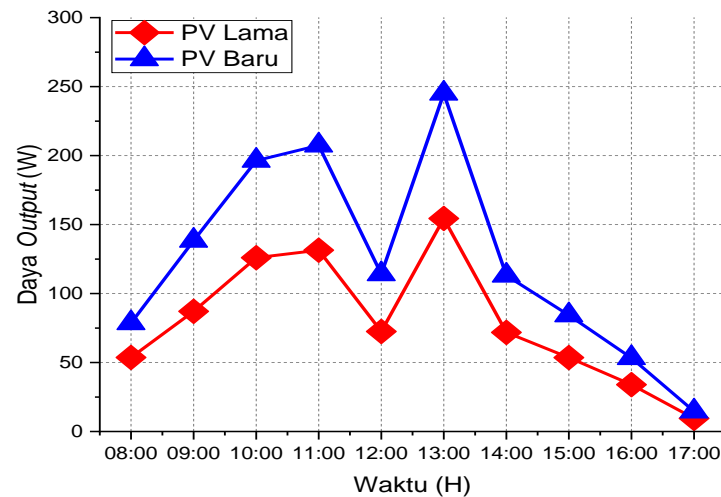
Gambar 4.26 merupakan nilai tegangan yang dihasilkan panel surya pada kondisi cuaca hujan berawan. Nilai tegangan puncak terjadi pada jam 11:00 ketika suhu permukaan panel  $37,3^{\circ}\text{C}$  dengan nilai tegangan sebesar  $38,15\text{ V}$  yang dihasilkan panel surya baru dan  $37,14\text{ V}$  pada panel surya lama ketika suhu permukaan panel  $37,9^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan ketika suhu panel surya baru pada titik puncak sebesar  $43,7^{\circ}\text{C}$  nilai tegangan yang dihasilkan sebesar  $37,69\text{ V}$  dan ketika suhu panel surya lama pada titik puncak sebesar  $45,9^{\circ}\text{C}$  nilai tegangan yang dihasilkan sebesar  $36,94\text{ V}$ , hasil ini membuktikan suhu permukaan panel surya bisa mempengaruhi tegangan yang dihasilkan panel surya tersebut. Dari nilai arus dan tegangan yang dihasilkan panel surya lama dan panel surya baru dapat diperoleh daya *output* yang dihasilkan panel surya dengan menggunakan persamaan (2.2). Berikut daya *output* yang dihasilkan panel surya pada hari pertama dapat dilihat pada Gambar 4.27 di bawah ini.



Gambar 4.27 Daya Panel Surya Hari ke-1

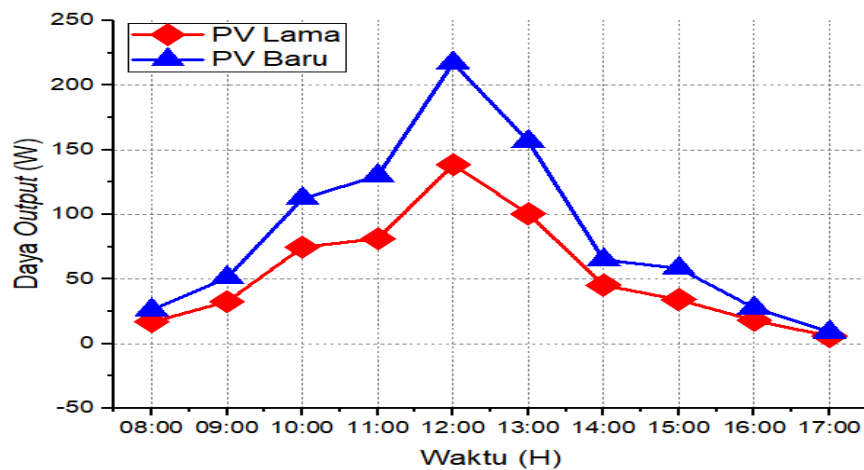
Gambar 4.27 merupakan daya *output* yang dihasilkan panel surya pada hari pertaman kondisi cerah berawan. Dapat dilihat nilai radiasi matahari berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan panel surya. Daya *output* tertinggi yang dihasilkan panel surya baru sebesar  $311,43\text{ W}$  pada jam 12:00 dengan radiasi matahari sebesar  $1081,5\text{ W/m}^2$ , dan pada panel surya lama menghasilkan daya sebesar  $223,61\text{ W}$ . Terdapat perbedaan nilai daya yang dihasilkan panel surya baru sebesar  $3,57\text{ W}$  sedangkan pada panel surya lama sebesar  $86,39\text{ W}$  dibandingkan spesiikasi dari panel surya tersebut. Hal ini bisa terjadi kerana panel

surya lama mengalami penerunan arus dan tegangan yang dihasilkan yang menyebabkan daya yang dihasilkan mengalami penurunan. Perbedaan nilai daya yang dihasilkan juga disebabkan adanya pengaruh suhu permukaan panel surya dan perubahan radiasi matahari serta *deterioration* yang dialami panel surya lama. Daya *output* yang dihasilkan panel surya pada kondisi cuaca berawan dapat dilihat pada Gambar 4.28 di bawah ini.



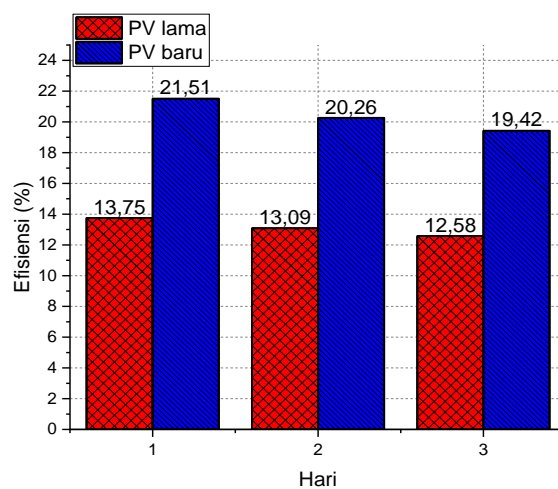
Gambar 4.28 Daya Panel Surya Hari ke-2

Gambar 4.28 menunjukkan daya *output* tertinggi pada jam 13:00 yang dihasilkan panel surya baru sebesar 244,99 W dan daya *output* tertinggi pada panel surya lama sebesar 154,40 W serta radiasi yang di terima masing-masing panel surya sebesar 751,1 W/m. Adanya perbedaan daya *output* yang dihasilkan panel surya pada hari pertama dan kedua karena adanya perbedaan kondisi cuaca yang mengakibatkan radiasi yang diterima panel surya hari kedua lebih kecil dari radiasi yang diterima panel surya hari pertama. Daya *output* yang dihasilkan panel surya pada kondisi cuaca hujan berawan dapat dilihat pada Gambar 4.28.



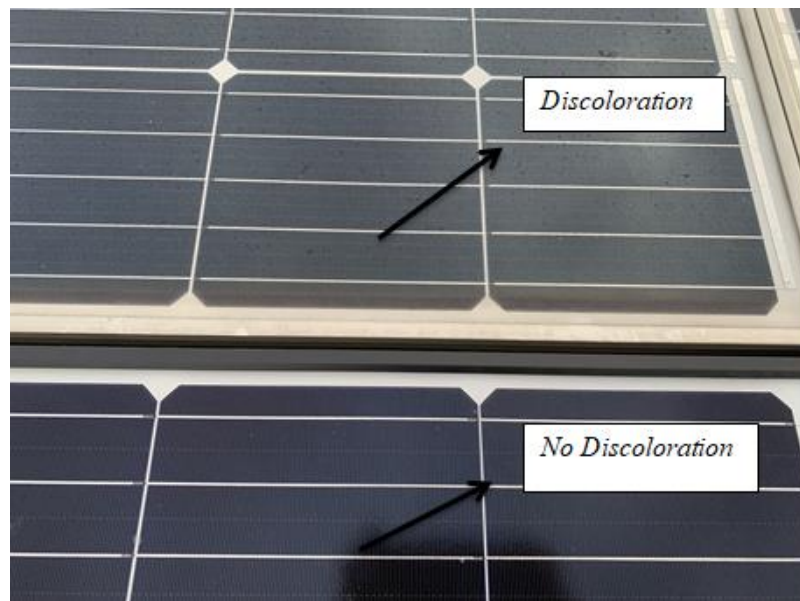
Gambar 4.29 Daya Panel Surya Hari ke-3

Gambar 4.29 merupakan daya yang dihasilkan panel surya lama dan panel surya baru pada hari ke-3 saat kondisi cuaca hujan berawan. Nilai tertinggi daya *output* yang dihasilkan panel surya baru sebesar 217,37 W dan daya *output* yang dihasilkan panel surya lama sebesar 138,48 W. Penurunan nilai daya yang dihasilkan panel surya lama dan baru disebabkan oleh adanya pengaruh cuaca hujan sehingga menyebabkan radiasi matahari yang diterima pada hari ketiga lebih kecil dibandingkan radiasi matahari yang diterima panel surya hari pertama dan hari kedua. Hasil perhitungan daya *output* yang dihasilkan panel surya dapat digunakan untuk menghitung efisiensi dari panel surya. Efisiensi pada panel surya dapat dilihat pada Gambar 4.30 dalam tiga hari pengujian yang sudah dipaparkan di atas.



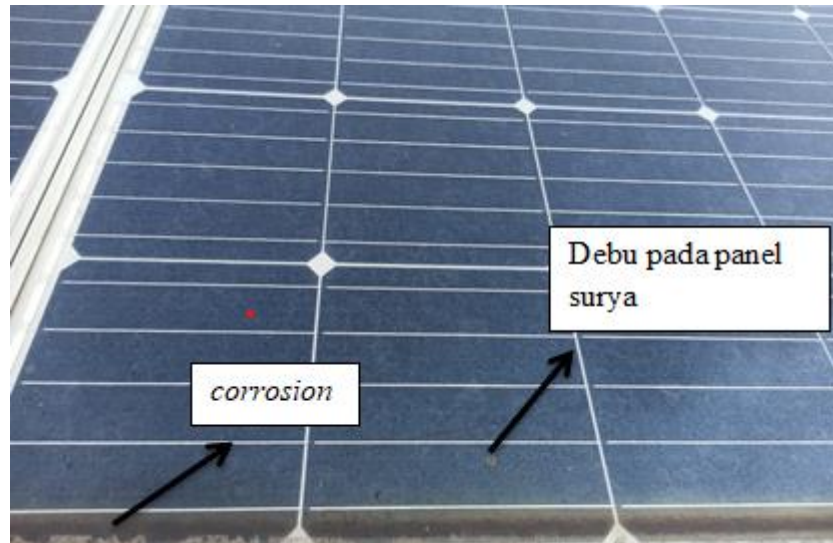
Gambar 4.30 Efisiensi Panel Surya

Gambar 4.30 merupakan efisiensi yang dihasilkan panel surya lama dan panel surya baru pada kondisi cuaca berbeda, nilai efisiensi ini dihasilkan dari persamaan (2.5). Perbedaan efisiensi hari pertama, kedua, dan ketiga dipengaruhi oleh perubahan cuaca yang menyebabkan perbedaan radiasi matahari yang diterima panel surya. Adapun rata-rata efisiensi yang didapat dari pengujian di tiga kondisi cuaca berbeda yaitu panel surya baru memiliki rata-rata efisiensi sebesar 20,39% sedangkan panel surya lama memiliki rata-rata efisiensi sebesar 13,13%. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, Perbedaan nilai efisiensi panel surya lama dan panel surya baru dipengaruhi oleh *deterioration* pada panel surya lama sehingga efisiensi yang dihasilkan panel surya lama lebih kecil daripada efisiensi yang dihasilkan panel surya baru. *Deterioration performance* yang terjadi pada panel surya lama disebabkan oleh adanya perubahan warna pada panel surya (*discoloration*), *corrosion*, dan adanya debu yang menutupi panel surya seperti Gambar 4.31 di bawah ini.



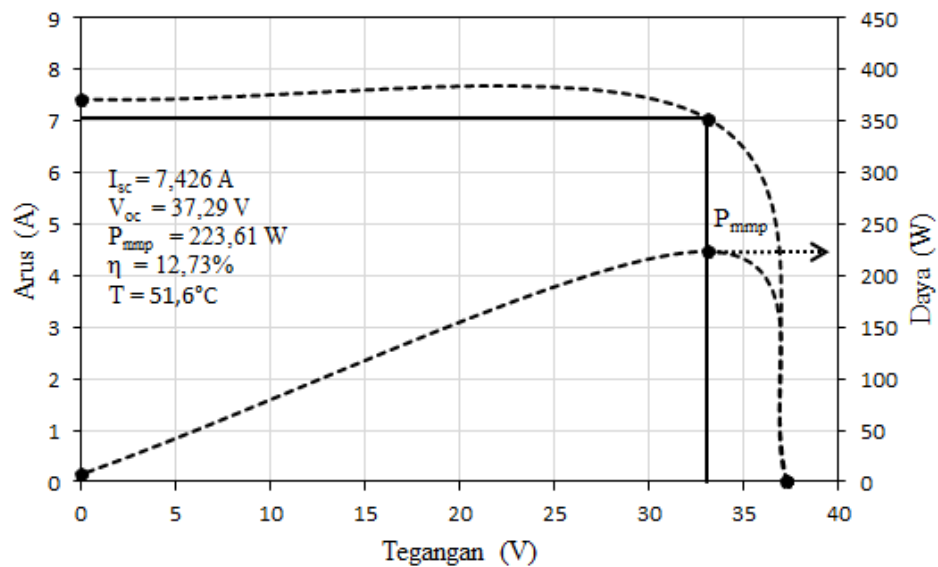
Gambar 4.31 Panel Surya *Discoloration*

Gambar 4.31 menunjukkan panel surya telah mengalami *discoloration* menjadi warna hitam ke kuning - kuningan. Hal ini dapat menyebabkan penurunan *performance* dari panel surya tersebut. *Corrosion* dan efek debu pada panel surya dapat dilihat pada Gambar 4.32.



Gambar 4.32 Corrosion dan Debu pada Panel Surya

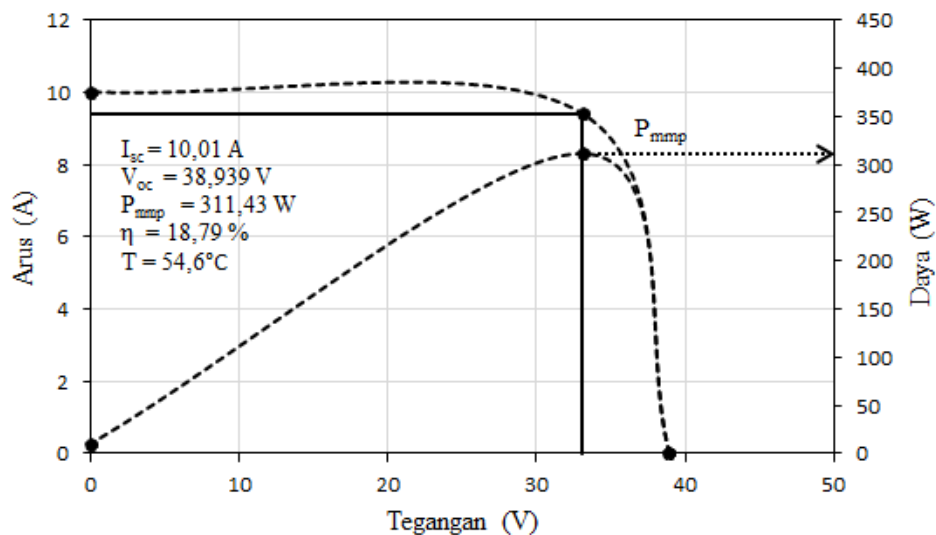
Gambar 4.32 merupakan panel surya yang mengalami korosi dan tertutup debu. Hal ini dapat menyebabkan radiasi matahari yang di terima panel surya tidak maksimal sehingga arus dan efisiensi yang dihasilkan lebih kecil. Berikut kurva karakteristik yang dihasilkan panel surya lama dan panel surya baru pada kondisi cuaca cerah berawan dan radaisi matahari sebesar  $1081,5 \text{ W/m}^2$  dapat dilihat pada Gambar 4.33 di bawah ini.



Gambar 4.33 Kurva I-V Panel Surya Lama



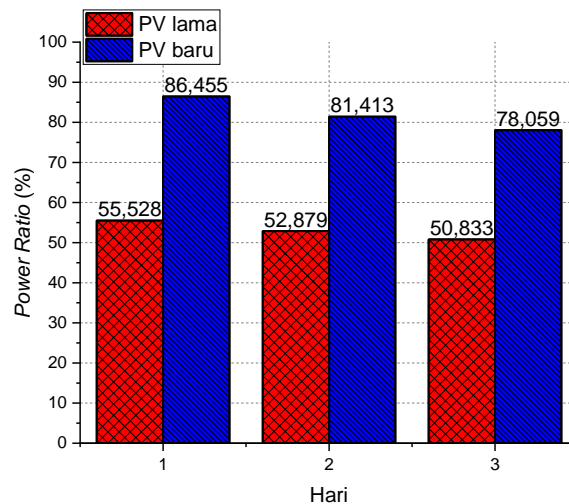
Gambar 4.33 merupakan kurva karakteristik arus dan tegangan yang dihasilkan panel surya lama, dimana pada kurva arus dan tegangan menunjukkan nilai 7,426 A dan 37,29 V. Daya maksimum yang dihasilkan panel surya lama sebesar 223,61 W dan efisiensi yang dihasilkan panel surya lama pada kondisi cuaca cerah berawan sebesar 12,73%. Nilai arus, tegangan, dan daya yang dihasilkan panel surya lama lebih kecil dibandingkan nilai yang terdapat pada spesifikasi dari panel surya tersebut. Menurunnya nilai arus, tegangan, dan daya panel surya lama disebabkan oleh *deterioration* yang dialami panel surya dan suhu permukaan panel surya yang menyebabkan menurunnya nilai arus, tegangan, dan daya yang dihasilkan panel surya tersebut. Nilai arus mengalami penurunan sebesar 2,524 A, nilai tegangan mengalami penurunan sebesar 3,11 V, dan nilai daya mengalami penurunan sebesar 86,39 W. Berikut kurva karakteristik arus tegangan panel surya baru dapat dilihat pada Gambar 4.34 di bawah ini.



Gambar 4.34 Kurva IV Panel Surya Baru

Berdasarkan Gambar 4.34 merupakan kurva karakteristik arus tegangan pada panel surya baru. Arus yang dihasilkan panel surya baru sebesar 10,01 A dan tegangan yang dihasilkan sebesar 38,939 V. Daya maksimum yang dihasilkan panel surya baru sebesar 311,43 W dan efisiensi yang dihasilkan panel surya baru pada kondisi cuaca cerah berawan sebesar 18,79 %. Nilai arus, tegangan, dan daya yang dihasilkan panel surya baru mengalami penurunan yang cukup kecil, penurunan terjadi pada nilai tegangan sebesar 1,764 V hal ini disebabkan oleh

pengaruh suhu yang diterima oleh permukaan panel surya. Berikut performa rasio yang dihasilkan panel surya lama dan panel surya baru dari tiga kondisi pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.35.



Gambar 4.35 *Power Ratio* Panel Surya

Gambar 4.35 merupakan hasil performa rasio panel surya lama dan panel surya baru dalam tiga hari percobaan pada kondisi cuaca yang berbeda. Hari pertama kondisi cuaca cerah berawan, hari kedua kondisi cuaca berawan, dan hari ketiga kondisi cuaca hujan berawan. Performa rasio kedua panel surya diperoleh dari persamaan (2.6). Grafik di atas menunjukkan performa rasio panel surya baru lebih tinggi daripada performa rasio panel surya lama dengan selisih rata-rata 28,90%. Hasil pengujian ini menunjukkan panel surya lama yang telah mengalami *deterioration* kerana pemakaian selama jangka waktu 7 tahun lebih pada kondisi cuaca di Kota Cilegon mengalami *deterioration performance ratio* sebesar 28,90% dibandingkan panel surya yang baru digunakan.