

Sistem Monitoring Array Solar cell Di lengkapi dengan pendeteksi partial shading berbasis Wireless Sensor Network

¹ Yoga Prasetyo, ² Aryuanto Soetedjo, ³ Kartiko Ardi Widodo

Teknik Elektro S1, Institut Teknologi Nasional Malang, Indonesia

¹ yogap9889@gmail.com, ² aryuanto@lecturer.itn.ac.id, ³ tiko_ta@lecturer.itn.ac.id

Abstrak—Penelitian ini membahas tentang alat pendeteksian partial shading beserta sistem monitoring jarak jauh menggunakan teknologi wireless sensor network. Hasil Pada saat penelitian untuk sistem monitoring menggunakan teknologi wireless sensor network cukup optimal meskipun masih ada jeda waktu pada saat pengiriman data antar node menuju sistem monitoring. Untuk Pendeteksian partial shading di dapati hasil ketika 1 node pada kondisi tegangan dan arus turun dan node yang lain tetap pada kondisi tegangan dan arus stabil , maka node tersebut di dapati status SHADING sehingga perlu melakukan pembersihan , Namun ketika semua Node Terjadi penurunan dengan signifikan dan jauh dari batas nilai yang di tentukan maka Status pada sistem monitoring Node-red akan berubah menjadi SHADING MALAM.

Kata Kunci: Sistem Monitoring,kesalahan Partial Shading

I. PENDAHULUAN

PLTS sendiri adalah suatu pembangkit listrik yang ramah lingkungan dengan hanya memanfaatkan panas dan cahaya matahari . karena adanya kesalahan kesalahan pada PV dan rangkaian dapat menyebabkan solar cell tidak bekerja optimal sehingga dibuat lah Sistem Pendeteksian Kesalahan Pada solar cell untuk mengurangi gangguan dan menambah Keamanan dan mengoptimalkan kinerja suatu solar cell.

Untuk mencegah kerusakan dan penurunan kinerja panel surya, dibutuhkan sebuah alat yang berfungsi untuk memonitor kinerja dan memberikan notifikasi ketika kinerja panel surya telah menurun. Pada PLTS sudah terdapat sistem monitoring yang dapat menampilkan jumlah tegangan dan arus yang dihasilkan, tetapi masih memiliki kekurangan, yaitu tidak terdapatnya sistem notifikasi dan monitoring dari gangguan yang dapat mengurangi kinerja panel surya tersebut yaitu kualitas udara serta monitoring tidak dapat dilakukan secara jarak jauh atau tidak dapat menggunakan internet sebagai media pengirim data (Ruli,Riki 2017)

PLTS terdiri dari banyak solar panel yang terhubung secara seri dan parallel. Walaupun pada PLTS tidak ada komponen yang bergerak. Tapi PLTS rentang terhadap kerusakan. Sehingga pada PLTS perlu ditambahkan perangkat proteksi overcurrent dan groundfaults.

Penyebab kerusakan pada solar panel dapat berupa sambungan fisik, sambungan kelistrikan dan lingkungan sekitar. Beberapa jenis kerusakan pada PLTS dijelaskan sebagai berikut:

1. Ground Faults. Merupakan kerusakan yang terjadi karena adanya sambungan listrik antara konduktor dengan grounding sehingga menyebabkan aliran arus menuju ground.
2. Line-Line Fault, Merupakan kerusakan karena terjadinya hubung singkat antara dua titik dengan tegangan yang berbeda baik itu di dalam satu modul solar panel yang sama atau antara satu modul dengan modul yang lainnya.
3. Arc Fault, kerusakan yang terjadi karena pelepasan muatan ke celah udara diantara konduktor.
4. Partial Shading Fault, Merupakan kerusakan yang terjadi karena ketidak sesuai impedansi antara masing masing cell pada solar karena perbedaan pencahayaan yang diterima oleh masing masing cell. (Taufal, Hidayat 2020)

Pada penelitian sebelumnya yaitu melakukan monitoring tegangan , arus dan pendeteksian partial shading pada satu sell surya dengan realtime menggunakan Internet Of things dengan komunikasi TCP/IP (Ruli , Riki .2017)

Dari referensi terkait Penulis Memiliki ide pengembangan yaitu Melakukan Monitoring tegangan , arus , daya dan pendeteksian partial shading pada array Sollar cell menggunakan Node -red Sebagai User Interface Monitor

berbasis Wireless Sensor Network sehingga dapat di monitor di dalam ruangan . Node – red nantinya akan menampilkan Grafik , Bar tegangan , Bar Arus , Bar daya di masing- Masing PV dan juga menampilkan Proses charging accu beserta hasil converter berupa bar Arus dan Bar tegangan AC 220v . Penulis menggunakan pendeteksian dengan Metode RDM (Real-Time Difference Measurement) , yaitu metode pendeteksian kesalahan pada PV dengan perbandingan Variable Sensing , pada kasus ini adalah pendeteksian partial shading maka menggunakan perbandingan variable Arus terhadap Tegangan dengan keunggulan system array bisa lebih complex. (Pillai, D. S., Blaabjerg, F., & Rajasekar, N. (2019).

Terkait dengan latar belakang tersebut maka dapat di Tarik kesimpulan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan parameter Menggunakan Metode RDM
2. Bagaimana Merancang sistem monitoring array PV berbasis Node MCU esp32
3. Bagaimana Cara Pendeteksian Partial Shading
4. Bagaimana Sistem Konektifitas antar node jika menggunakan WSN

Dari rumusan masalah tersebut , maka batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sistem Monitoring Menampilkan Hasil Keluaran dari Solar Cell Berupa V , I
2. Pendeteksian Kesalahan pada solar cell yaitu partial shading
3. Menggunakan Solar cell 10 wp sebanyak 6 biji sebagai miniatur array String PV
4. Sistem kendali monitoring menggunakan Mikrokontroler Node MCU esp32 dan raspberry pi 3b+

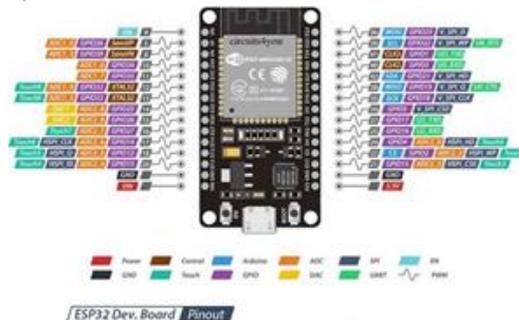
Merancang dan membuat alat untuk monitoring dan melakukan pendeteksian kesalahan shading pada system array solar cell sehingga dapat mengetahui tegangan , arus dan daya pada masing masing node secara real time , juga dapat mengetahui kesalahan shading yang bertujuan untuk optimalisasi output pada array solar cell.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Node MCU ESP 32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh Espressif System merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi Internet of Things. terlihat pada

gambar di atas merupakan pin out dari ESP32. Pin tersebut dapat dijadikan input atau output untuk menyalakan LCD, lampu, bahkan untuk menggerakkan motor DC.(Muliadi. 2020)



Gambar 1. Node MCU ESP 32

B. Raspberry Pi 3b+

Raspberry Pi adalah komputer berukuran kartu kredit yang dikembangkan di Inggris oleh Yayasan Raspberry Pi dengan tujuan untuk mempromosikan pengajaran ilmu pengetahuan dasar komputer di sekolah. Raspberry Pi memiliki system on chip Vroadcom bcm2835 dengan processor ARM1176JZF-S 700 MHz. Pada Raspberry Pi ini dapat dipasang sistem operasi yang didukung dengan teknologi ARM seperti RaspbianOS, Arch Linux. Raspberry Pi model B+ dapat dilihat pada Gambar berikut ini :

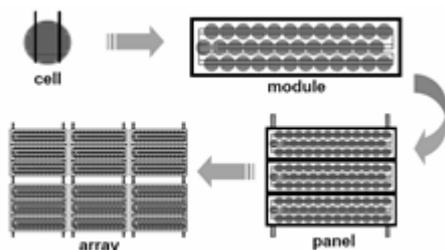


Gambar 2. Raspberry Pi 3 model B+

C. Photovoltaic

Photovoltaic atau PV merupakan teknologi konversi dari radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. Photovoltaic menggunakan proses konversi langsung dari cahaya atau (energi elektromagnetik)menjadi aliran listrik dengan menggunakan sel surya. Energi listrik yang dihasilkan oleh sel surya selain dipengaruhi oleh intensitas surya juga oleh efisiensinya. Secara teoritis, efisiensi yang dapat dicapai oleh sel surya maksimal sekitar 30 – 40% tergantung pada tipe dan konstruksinya, namun umumnya hanya mencapai efisiensi antara 7 – 17%. Atas dasar efisiensi tersebut, pengendalian posisi dari panel PV (yang merupakan

kumpulan dari modul sel PV) menjadi penting agar intensitas matahari dapat diserap secara optimal. Sistem yang diterapkan disebut sistem tracking matahari (Sun Tracking System). (Nazrul Effendy. 2008)



Gambar 3. Photovoltaic

D. Sensor Tegangan

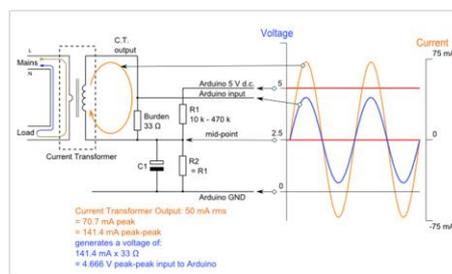
Sensor tegangan ini digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan antar fasa sehingga dapat mengetahui besar tegangan fasa-fasa. Pada pembuatan sensor tegangan ini menggunakan transformator step down ,rangkaian penyearah, dan rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian sensor tegangan pada prinsipnya yaitu melakukan pencuplikan tegangan yang mengalir masuk ke sistem pengukuran, cara kerja sensor tegangan ini yaitu sensor tegangan diletakan paralel terhadap jaringan sumber. Rangkaian ini pada initinya terdiri dari transformator step down berfungsi menurunkan tegangan, rangkaian penyearah,filter kapasitor, rangkaian pembagi tegangan. (Resnu. 2017).



Gambar 4. Sensor Tegangan

E. Sensor arus

Sensor arus ini menggunakan ACS712-5A yang memiliki kemampuan arus sampai 5 Ampere. Keluaran dari ACS ACS712-5A adalah tegangan DC. Perubahan yang dihasilkan dari keluaran sensor arus ACS ACS712-5A ini sangat kecil sekitar 100 mV setiap perubahan 1 Ampere (sesuai data sheet) [1] . Sensor arus ini adalah salah satu produk dari allegro untuk solusi ekonomis dan presisi dalam pengukuran arus AC maupun DC. (Resnu. 2017).



Gambar 5. Rangkaian CT current sensor

F. Solar Charge Controller

Solar charge controller adalah komponen untuk pembangkit listrik tenaga surya, memiliki fungsi sebagai pengisi baterai (kapan baterai diisi dan menjaga pengisian baterai) dan untuk mengatur arus listrik yang masuk dari panel surya maupun arus beban keluar. Solar charge controller biasanya terdiri dari 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan output panel surya, 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan baterai atau aki, dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban. Arus listrik DC yang berasal dari baterai biasanya tidak mungkin masuk ke panel surya karena ada diode protection yang hanya melewati arus listrik DC dari panel surya ke baterai.



Gambar 6. Solar Charge Controller

G. Accu 12 Volt

Accumulator adalah komponen penyimpan arus listrik yang biasa digunakan untuk menyalakan sebuah rangkaian kelistrikan ditempat dimana tidak ada sumber listrik. Pada solar cell Accu di gunakan sebagai alat penyimpanan Energi listrik .



Gambar 7. Accu

H. Monitor 14 inchi

Monitor adalah salah satu jenis sistem perangkat keras keluaran (Output Device System) sebagai perangkat yang difungsikan untuk mengeluarkan hasil pemrosesan CPU seperti tulisan (huruf, angka, karakter khusus, simbol lain), grafik, gambar/image, suara dan bentuk khusus yang dapat dibaca oleh mesin. Gambar yang tampil adalah hasil pemrosesan data ataupun informasi masukan. Monitor memiliki berbagai ukuran layar seperti layaknya sebuah televisi. Tiap merek dan ukuran monitor memiliki tingkat resolusi yang berbeda. Resolusi inilah yang akan menentukan ketajaman gambar yang dapat ditampilkan pada layar monitor. Jenis-jenis monitor saat ini sudah sangat beragam, mulai dari bentuk yang besar dengan layar cembung, sampai dengan bentuk yang tipis dengan layar datar (flat). (Sahriani 2012).



Gambar 8. Monitor

I. Router

Router adalah sebuah alat yang mengirimkan paket data melalui sebuah jaringan atau Internet menuju tujuannya, melalui sebuah proses yang dikenal sebagai routing. Proses routing terjadi pada lapisan 3 (Lapisan jaringan seperti Internet Protocol) dari stack protokol tujuh lapis OSI. Router dapat digunakan untuk menghubungkan banyak jaringan kecil ke sebuah jaringan yang lebih besar, yang disebut dengan internetwork, atau untuk membagi sebuah jaringan besar ke dalam beberapa subnetwork untuk meningkatkan kinerja dan juga mempermudah manajemennya. (RIDWAN .2017)



Gambar 9. Router

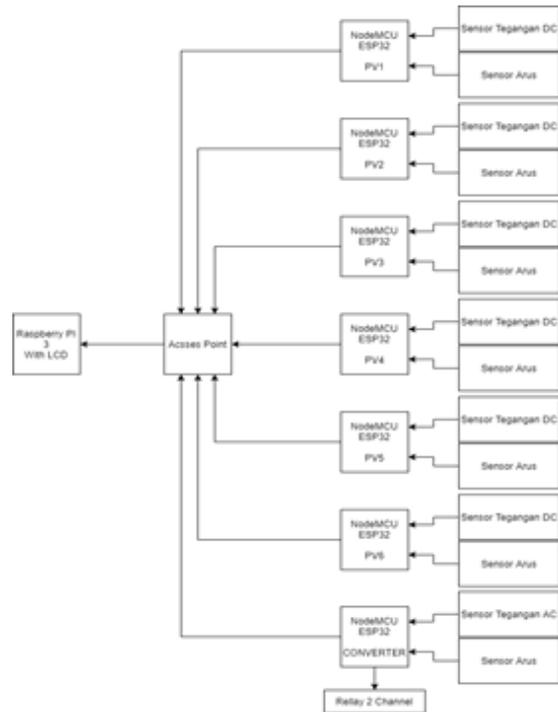
III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian ini Membahas Mengenai Perancangan Sistem ,perangkat keras (Hardware) ,dan Perangkat Lunak (Software).

Masing-masing bagian di susun dengan pemilihan komponen dengan fungsi sesuai perencanaan, Sehingga akan menghasilkan alat dengan fungsi yang sesuai dengan perencanaan sebelumnya.

A. Perancangan System

Pada Sub ini akan di tunjukkan dengan Blok diagram Beserta Penjelasannya , berikut diagram blok alat ini :



Gambar 10. Diagram Blok

B. Prinsip Kerja Sistem

- Sensor Tegangan dan Sensor Arus membaca Hasil Out dari Solar cell 10 wp
- Data dari Sensor akan di terima dan di olah di masing -masing Node.
- Setelah data di olah ,Selanjutnya akan di Kirim Ke Raspberry melalui Acces Point

- Data di terima Raspberry pi lalu di tampilkan Pada User Interface Node Red Untuk kontrol dan system Monitoring
- Node Red akan Menampilkan hasil Pembacaan Sensor Berupa Tegangan , Arus dan Daya.

C. Perancangan Perangkat Keras Hardware

Pada bagian ini berdasarkan sistem pada Gambar 3.1 dapat di gunakan perangkat keras (Hardware) Sebagai berikut :

1. Mikrokontroler dan mini PC
 - a. Node MCU ESP 32

mikrokontroler yang dilengkapi dengan Wifi sehingga dapat digunakan untuk membaca dan mengolah data Sensor lalu data sensor dapat di kirim melalui Jaringan Wifi.

- b. Raspberry PI 3b+

MikroProsesor seperti computer pada umumnya namun berukuran mini dan menggunakan OS linux , digunakan untuk menerima data dari access point lalu di tampilkan pada aplikasi user interface Node-Red.

2. Sensor

- a. Sensor Tegangan 24 vdc

Untuk Membaca Nilai Tegangan Yang di hasilkan Pada Panel Surya 10 WP

- b. Sensor Arus 5 A

Untuk Membaca Nilai Tegangan Yang di hasilkan Pada panel Surya 10 WP

3. Perangkat Komunikasi

- a. Router

Untuk Alat komunikasi Pengiriman Data Sensor dari Node MCU ESP32 menuju Raspberry pi 3B+

4. Perangkat Monitoring

- a. Monitor 14 inch

Untuk menampilkan tampilan raspberry pi 3b+

5. Perangkat Kontrol

- a. Relay 5v 4 channel

Untuk mengaktifkan dan menonaktifkan suatu rangkaian

- b. Solar Charger

Untuk melakukan pengecas an pada Accu

D. Design Alat



Gambar 11. Penempatan Node dan Sensor

Penempatan Node dan Sensor Berada di Posisi Bawah Solar cell Agar Ketika hujan rangkaian Elektrik tidak laangsung terkena air.



Gambar 12. Array Solar Cell

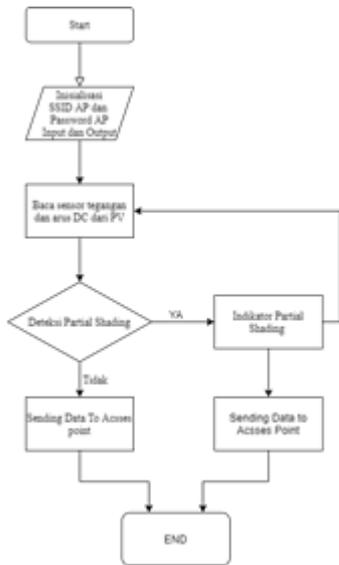
Rangkaian Solar Cell di rangkai menyerupai pembangkit listrik tenaga surya yang sebenarnya , yaitu array yang terdiri dari rangkaian seri dan paralel



Gambar 13. Sistem Monitoring

Pada Sistem Monitoring Terdapat Beberapa rangkaian di dalam box hitam di dalam nya , yaitu rangkaian dari solar charger , Accu 12 v , dan rangkaian kontrol relay.

E. Flow Chart



Gambar 14. Flowchart

- a. Inisialisasi SSID Access Point dan Pasword Access Point untuk menghubungkan Komunikasi Node dengan Access Point
- b. Inisialisasi Input untuk menginisialisasi sensor tegangan dan arus sebagai Input
- c. Baca Input yaitu sensor tegangan dan Arus dari PV untuk pendeteksian partial Shading dengan Algoritma Sebagai Berikut :

Status = Normal; $V_{det th Max} \leq V_{det} \leq V_{det th min}$
 Fault ; Fault .

Jika $V_{det th Min}$ sama dengan Batas Minimum dan $V_{det th Max}$ Sama dengan Batas maksimum V_{det} adalah Nilai variable deteksi , Pada Metode RDM untuk pendeteksian Shading yaitu perbandingan V dan I maka di temukan Algoritma pendeteksian Shading Sebagai Berikut :
 Status = Normal; $V_{det th Min} \leq V_{det} \leq V_{det th max}$

Fault ; Shading Fault .

Dengan penjabaran jika, Variable deteksi (Tegangan atau Arus) lebih besar dari batas minimum dan lebih kecil dari batas maksimum Maka Status *fault* Normal

Akan tetapi jika , Variable deteksi (Tegangan atau Arus) Lebih kecil dari batas minimum maka Status fault adalah Partial shading , karena Kondisi *partial shading* Mempengaruhi terhadap turunnya Tegangan dan Arus.

Untuk membedakan Shading Dengan turunnya tegangan akibat Mendung , Sore , dan Malam hari menggunakan Algoritma :

Shading PV1 = Shading PV 2 = Shading PV 3 = Shading PV 4 = Shading PV 5 = Shading PV6 ,

Fault = Drop Tegangan Akibat turunnya intensitas cahaya karena Pergeseran Matahari (Sore dan Malam)

Untuk membedakan shading fault karena cuaca dan penyebab debu atau kotoran yaitu dengan algoritma sebagai berikut :

Jika status Shading hanya terjadi pada 1 PV atau tidak bersamaan maka ;

Fault = Shading karena kotoran yang menutupi PV

d. Jika terdeteksi partial shading maka program akan mengirimkan Indikator ke Access point yang nantinya akan di terima oleh raspberry dan di tampilkan pada LCD monitor

e. Jika Tidak terdeteksi Partial Shading maka program akan mengirimkan indikator berupa System Normal ke access point yang nantinya akan di terima oleh raspberry dan di tampilkan pada LCD monitor

IV. SIMULASI DAN ANALISA

A. Pendahuluan

Pada bagian ini akan membahas tentang pengujian alat – alat yang digunakan yaitu pengujian Sensor , Pengujian Pengiriman data Melalui Access point dan Pengujian Metode pendeteksian Partial Shading . pengujian tersebut akan di gunakan sebagai uji sensitivitas sehingga Ketika digunakan alat ini dapat bekerja maksimal.

B. Sensor Arus dan Tegangan

Pengujian Sensor Arus dan Tegangan Berupa Pengkalibrasian Sensor yaitu dengan Nilai Value yang diterima dan di tampilkan , di Samakan dengan Alat Ukur Avo meter .

Pada Pengujian ini di dapatkan Hasil Sebagai berikut ;

Tabel 1. Pengujian Sensor Tegangan

Status	Avo	Sensor Tegangan
Sebelum Kalibrasi	12 vdc	11,5 vdc
Setelah Kalibrasi	12 vdc	11,9 vdc

Dari hasil tabel 1 di atas dapat di Tarik Kesimpulan Sensor tegangan Memiliki Nilai Error 0.1%

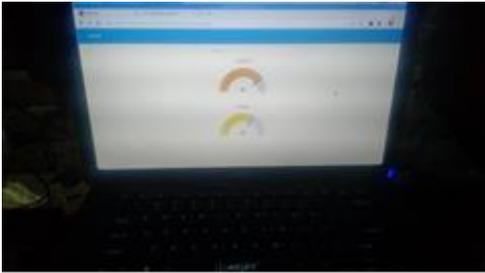
Tabel 2. Pengujian Sensor Arus

Status	Avo	Sensor Arus
Sebelum Kalibrasi	0,75 A	0,99 A
Setelah Kalibrasi	0,75 A	0,71 A

Dari hasil tabel 2 di atas dapat disimpulkan Sensor Arus Memiliki Nilai Error 0,4 % dikarenakan Sensor ACS712 ini memiliki nilai Sensitivitas yang cukup tinggi hingga 185mA.

C. Uji Komunikasi Pengiriman Data

Pengujian ini berupa pengiriman data sensor menggunakan wireless Node MCU Esp32 yang dikirim melalui access point dan diterima oleh Node-red pada Raspberry pi 3B+. Uji komunikasi ini terdiri dari Node MCU esp32, router, raspberry pi.



Gambar 15. Sistem Monitoring Menerima data Sensor

D. Uji Metode RDM untuk Pendeteksian Shading fault



Gambar 16. Solar Cell Tertutup Debu Tebal

Pada Gambar 16 adalah simulasi ketika solar cell tertutup debu, pada simulasi ini salah satu dari array solar cell diberi pasir lembut berikut adalah tabel hasil pengujian ini :

Tabel 3. . Pengujian pendeteksian fault (debu)

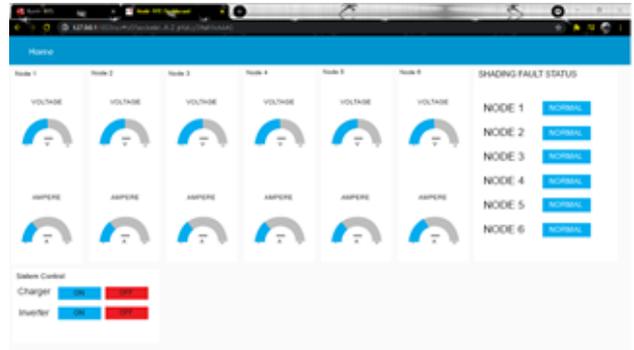
Waktu	Status Array PV		
	Status	Arus	Tegangan
9.00 AM	Sebelum di beri debu	0,75 A	11,95 VDC
9.05 AM	Di beri Debu	0,7A	11,55 VDC
9.10 AM	Sama Seperti Sebelumnya	0,55 A	10,7 VDC
9.15 AM	Sama Seperti Sebelumnya	0,58 A	10,98 VDC

Dari Hasil Tabel 3 terdapat penurunan Nilai Tegangan dan arus secara signifikan dikarenakan solar cell tertutup debu sehingga resapan cahaya dan panas matahari tidak

dapat diserap dengan maksimal. Jadi penurunan ini yang digunakan untuk menentukan Shading Fault pada Array Solar cell .

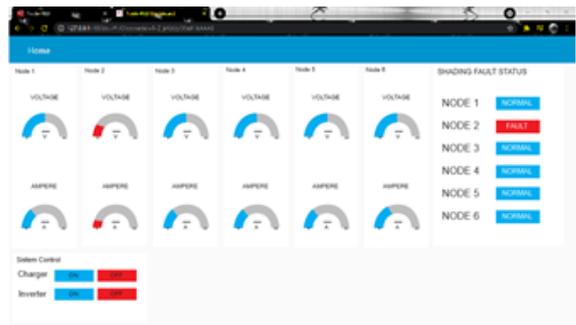
E. Uji Keseluruhan Sistem

Hasil keseluruhan sistem alat ini berupa hasil screen capture system monitoring node-red dan sistem pendeteksian partial shading seperti pada Gambar 17, tabel 2, dan tabel 3 .



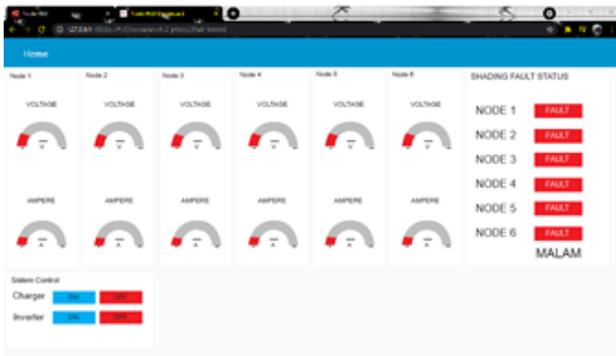
Gambar 17. Sistem Monitoring Node-red

Pada gambar 17 menampilkan hasil pengiriman data dari node 1 sampai node 6 ke sistem monitoring pada kondisi Normal



Gambar 18. Sistem Monitoring Kondisi Fault

Pada Gambar 18 adalah kondisi ketika salah satu node disimulasikan tertutup bayangan, pada Node 2 terjadi penurunan tegangan dan arus, sehingga status node 2 berubah menjadi Fault dan pada gambar 19 adalah kondisi ketika pergeseran waktu malam hari semua node berstatus fault namun pada sistem monitoring menyimpulkan bahwa status itu adalah malam hari.



Gambar 19. Kondisi Pada saat Malam Hari

V. KESIMPULAN

Setelah Melakukan Perancangan , Pengujian dan Analisa data dapat di ambil kesimpulan Sebagai berikut :

1. Sistem Komunikasi dengan menggunakan WSN telah bekerja sesuai dengan yang di diharapkan , yaitu dapat mengirim dan menerima data dan menentukan kondisi array dalam keadaan shading atau kondisi normal.
2. Sistem Monitoring juga menampilkan data dengan jelas berupa Bar ,angka dan satuan.
3. Untuk sensor tegangan sangat stabil , namun untuk sensor arus didapati terkadang muncul angka- angka acak , sehingga perlu melakukan kalibrasi ulang.
4. Pendeteksian Shading Fault sesuai data berikut yaitu ketika tegangan di bawah 9 v maka status node adalah Fault namun ketika tegangan pada sell surya di deteksi terbaca di atas 9 v maka status node adalah Normal .
5. Pembeda fault dengan pergeseran waktu dapat dideteksi dengan pembacaan status Fault , yaitu ketika semua node berada pada kondisi fault secara bersamaan maka status fault menunjukkan waktu Malam hari.

Untuk mempermudah penelitian berikutnya , Penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Gunakan sensor dengan tingkat sensitifitas yang baik sehingga value tidak mempengaruhi hasil untuk pendeteksian Fault
2. Direkomendasikan Menggunakan Raspberry pi dengan Versi terbaru agar tidak terjadi random refresh dan hang di karenakan sistem monitoring Node-red cukup berat untuk generasi 3b+

3. Tambahkan kamera Thermal untuk pendeteksian Shading Fault dengan akurasi yang tinggi.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] I Wayan Sutaya, Ketut Udy Ariawan,(2016) ‘Solar Tracker Cerdas Dan Murah Berbasis Mikrokontroler 8 Bit Atmega8535’ , Jurusan Teknik Elektronika, Universitas Pendidikan Ganesha Singaraja, Vol 5 No.1
- [2] Nazrul Effendy, Adnan Syarafi Ashfahani, Arditya Yulinggar, Dan I Nyoman Kusuma Wardana , (2008) ‘Aplikasi Kontrol Logika Fuzzy Pada Sistem Tracking Matahari (Sun Tracking System) Panel Photovoltaic’ , Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
- [3] Wasana Saputra , (2008),’Rancang Bangun Solar Tracking System Untuk Mengoptimalkan Penyerapan Energi Matahari Pada Solar Cell’, Universitas Indonesia
- [4] Alfis Mandala Putra, Aslimeri, (2020) ‘Sistem Kendali Solar Tracker Satu Sumbu Berbasis Arduino Dengan Sensor Ldr’, Universitas Negeri Padang , Vol 6 No.1
- [5] Gutu Bagus Ardina, (2019) ‘Rancang Bangun Dual Axis Solar Tracker Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno’, Institut Teknologi Nasional Malang
- [6] Hidayat, Taufal, (2020) ‘Teknologi Deteksi Dan Diagnosis Kerusakan Pada Plts: Review’, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Padang, Vol 9 No.1
- [7] Ruli , Riki .2017.Sistem Monitoring Kinerja Panel Listrik Tenaga Surya Menggunakan Arduino Uno . St Pln Jakarta
- [8] Pillai, D. S., Blaabjerg, F., & Rajasekar, N. (2019). A Comparative Evaluation Of Advanced Fault Detection Approaches For Pv Systems. Ieee Journal Of Photovoltaics, 1–15. Doi:10.1109/Jphotov.2019.2892189