

# Rancang Bangun Alat Monitoring Gangguan Pada Panel Surya Menggunakan NodeMCU Berbasis Website

Ragil Putra Ardhiansyah<sup>1</sup>, Endryansyah<sup>2</sup>, Nur Kholis<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, 60231, Indonesia

<sup>1</sup>ragil.18017@mhs.unesa.ac.id

<sup>2</sup>endryansyah@unesa.ac.id

<sup>3</sup>nurkholis@unesa.ac.id

## Abstrak

Panel surya merupakan penghasil energi listrik yang bergantung pada tingkat intensitas cahaya matahari yang jatuh pada panel surya, penyerapan sinar matahari mudah dipengaruhi terhadap gangguan dari faktor eksternal. Penurunan efisiensi panel surya yang disebabkan oleh gangguan eksternal seperti cuaca maupun panel tertutup oleh benda. Penempatan panel surya selalu yang berada diatas dan di tempat yang luas membuat panel surya tidak dapat dipantau setiap saat, maka diperlukannya pemantauan atau monitoring dalam jarak jauh untuk mengetahui kondisi pada panel surya. Penurunan efisiensi panel surya yang disebabkan oleh gangguan eksternal seperti cuaca maupun panel tertutup oleh benda. Penelitian ini bertujuan untuk membuat alat yang dapat monitoring gangguan pada panel surya menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 berbasis website yang dapat memantau panel dimanapun, kapanpun dan secara realtime. Alat monitoring ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi panel surya dengan mendeteksi gangguan pada panel surya yang dapat menurunkan efisiensi panel. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen. Aturan menentukan gangguan panel surya terdiri dari beberapa hubungan antara efisiensi panel surya, suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya. Hasil dari penelitian ini alat monitoring gangguan pada panel surya menggunakan NodeMCU berbasis website terbukti efektif meningkatkan efisiensi panel surya dalam monitoring gangguan pada panel PV, peningkatan efisiensi panel surya hingga mencapai 7,5%.

**Kata kunci:** Internet of think (IoT), NodeMCU, renewable energi, solar cell

## Abstract

Solar panels are producers of electrical energy that depend on the level of intensity of sunlight that falls on the solar panels, the absorption of sunlight is easily influenced by interference from outside factors. This study aims to create a tool that can monitor disturbances in solar panels using a website-based NodeMCU ESP8266 microcontroller that can monitor panels anywhere, anytime and in real time. The placement of solar panels is always above and in a large area so that the solar panels cannot be monitored at all times, so remote monitoring or monitoring is needed to determine the condition of the solar panels. Decreased efficiency of solar panels caused by external disturbances such as weather or panels covered by objects. This monitoring tool aims to increase the efficiency of solar panels by detecting disturbances in solar panels that can reduce panel efficiency. This study uses a quantitative approach with experimental methods. The rules for determining solar panel interference consist of several relationships between solar panel efficiency, temperature, humidity, and light intensity. The results of this study are a monitoring tool for disturbances in solar panels using a website-based NodeMCU proven to be effective in increasing the efficiency of solar panels in monitoring disturbances in PV panels, increasing the efficiency of solar panels up to 7.5%.

**Keywords:** Internet of think (IoT), NodeMCU, renewable energi, solar cell

## I. PENDAHULUAN

Berkurangnya produksi energi fosil terutama minyak bumi serta komitmen global dalam pengurangan emisi gas rumah kaca, mendorong Pemerintah untuk meningkatkan peran energi

baru dan terbarukan secara terus menerus sebagai bagian dalam menjaga ketahanan dan kemandirian energi (Usman, 2020). Matahari merupakan sumber energi yang potensial bagi kebutuhan manusia, dimana energi tersebut bisa

didapat dari panas yang merambat sampai permukaan bumi, atau cahaya yang jatuh sampai permukaan bumi (Yuliananda, dkk, 2015).

Energi matahari dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif untuk mengatasi kelangkaan dan kelangkaan dari bahan bakar fosil. Diketahui bahwa apapun yang diidentifikasi atau digunakan akan selalu memiliki dampak negatif, dan bahan bakar fosil itu sendiri meningkatkan polusi dalam bentuk racun (radikal bebas) di udara. Energi surya juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi cadangan untuk mencukupi kebutuhan akan energi listrik, dan dapat diterapkan di Indonesia karena Indonesia merupakan salah satu negara tropis yang setiap tahun mendapatkan sinar matahari sangat baik (Gunawan, dkk, 2020). Sel surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik dengan prinsip fotovoltaik (Suryana dan Ali, 2016).

Meningkatkan keefisiennan panel surya dapat dilakukan dengan mengurangi gangguan yang terjadi dipanel surya, pemantauan gangguan panel surya umumnya dilakukan dengan membandingkan input PV (intensitas cahaya) terhadap daya yang dihasilkan. Debu adalah salah satu material yang dapat menutup panel surya terhadap sinar matahari yang jatuh ke panel surya itu sendiri. Gangguan akibat debu dapat ditangani secara mekanis dengan menggunakan brush-disk dan metode elektro statis, sehingga efisiensi panel surya dapat dipulihkan (Kawamoto dan Guo, 2018). Solusi yang tepat untuk gangguan panel PV di lapangan tentunya dapat bermanfaat bagi produktivitasnya yang tinggi. Bahan semikonduktor yang terdapat pada panel PV terbuat dari silikon yang dapat berupa monokristalin, polikristalin, atau amorf (Mirzaei dan Mohiabadi, 2017). Pemantauan energi harian selama 3 tahun menunjukkan efisiensi panel surya yang lebih rendah (Mallor, dkk, 2017). Variabel penting dalam pemantauan panel PV adalah intensitas cahaya dan suhu. Kedua unit ini dapat diperoleh di lapangan menggunakan chip sensor khusus yang terintegrasi dalam yang memungkinkan analisis lebih lanjut untuk mengetahui kondisi panel surya (Corte, dkk, 2016).

Monitoring salah satu teknologi maju yang bertujuan untuk meningkatkan keandalan, kualitas, efisiensi operasi, efisiensi pengiriman tenaga dan mengurangi biaya operasi secara signifikan (Fahruri, dkk, 2018). Diperlukan sebuah perangkat untuk monitoring jarak jauh untuk memudahkan monitoring keadaan panel yang sulit dijangkau. Saat ini internet telah berkembang sangat luas yang telah banyak membantu mempermudah pekerjaan manusia, maka dengan menggunakan internet sebagai basis utama untuk monitoring panel yang susah diakses setiap saat dan jumlah panel surya yang banyak akan mempermudah perawatan serta monitoring keadaan panel surya setiap saat. Salah satu interface yang mudah untuk diakses adalah website yang dapat diakses oleh orang lain dan mudah untuk diakses.

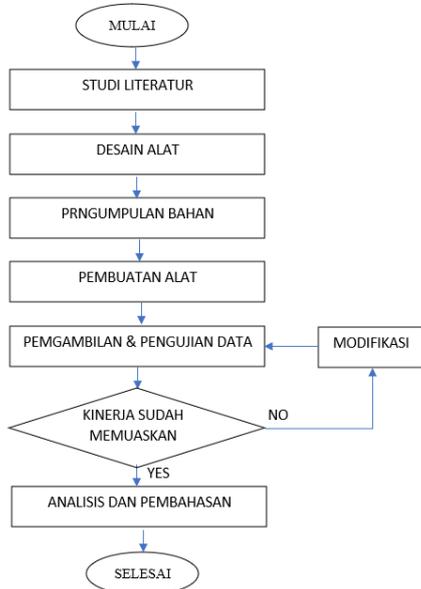
Permasalahan yang terjadi pada panel surya yang telah dibahas dibagian atas maka dari itu Penelitian ini membuat suatu alat yang dapat monitoring panel PV serta Penelitian ini membuat sistem investigasi gangguan yang terdapat pada panel PV yang dapat menurunkan panel surya yaitu hujan, malam hari, daun, dan debu. Rancang Bangun menggunakan sistem Wi-Fi dengan model jaringan serta ditampilkan melalui website secara realtime. Model yang diusulkan di sini diharapkan dapat mengatasi masalah spasial yang terkait dengan panel PV karena terletak di area yang luas serta tinggi. Sistem ini terintegrasi dalam basis data server untuk memungkinkan penyimpanan riwayat data yang berkelanjutan serta ditampilkan melalui website. Sistem akuisisi data online sangat efektif karena tidak ada masalah cuaca yang menjadi perhatian dan dapat bekerja secara real-time juga. Penggunaan kecerdasan buatan dalam mendeteksi gangguan panel surya didasarkan pada sensor input khusus yang digunakan untuk pemeliharaan utama yang cepat guna memastikan produktivitas dan pasokan energi listrik tanpa gangguan.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Analisis Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode penelitian yang digunakan ialah metode eksperimen dengan pengambilan data dilakukan melalui pengujian dengan beberapa keadaan yaitu normal, malam

hari, hujan, tertutup debu, dan tertutup daun. Metode eksperimen bertujuan untuk dapat mendeteksi gangguan panel yang dapat membaca keadaan sekitar panel untuk pengolahan data.



Gambar 1. Diagram Blok Alur Penelitian

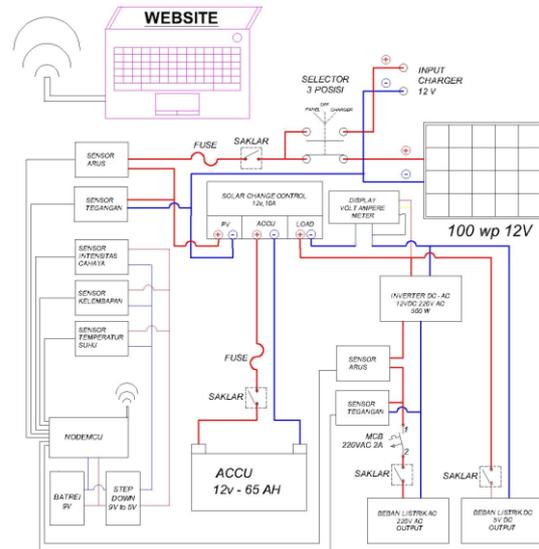
Dijelaskan pada Gambar 1 bahwa penelitian dimulai dengan menganalisa masalah dengan cara studi literatur yaitu mencari penelitian yang relevan terhadap alat yang akan dibuat, kemudian membuat desain alat, dilanjutkan dengan pengumpulan alat dan bahan, kemudian dilakukan pembuatan alat, dilanjutkan dengan melakukan pengujian dan pengambilan data, yang terakhir adalah melakukan analisis dan pembahasan terhadap hasil pengujian alat.

### B. Desain Alat

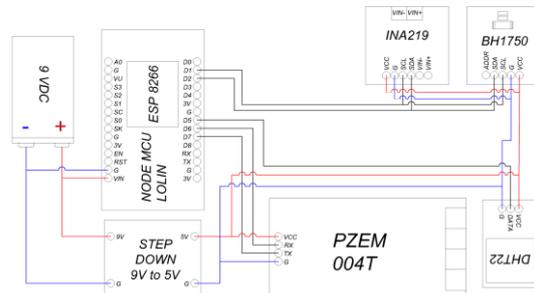
Desain jalur dan komponen alat monitoring dan pendeteksi gangguan panel surya dengan menggunakan NODEMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler dan modul Wi-Fi untuk mengirim ke database. Alat menggunakan toolbox sebagai cover yang terbuat dari material plastic dan aluminium berukuran 17 inchi, bagian dalam toolbox terdapat solar charger controller, inverter, mikrokontroler, sensor (tegangan, arus, intensitas cahaya, suhu dan kelembapan), MCB (Miniature Circuit Breaker) 220VAC 2A, fuse 10A dan pengkabelan untuk rangkaian elektrik pada PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya). panel surya 100 Wp (Wattpeak) dan akumulator terletak diluar toolbox.

Pada Gambar 2 menunjukkan jalur kabel dan komponen yang tersambung. Jalur kabel merah merupakan jalur kabel positif, kabel warna biru

merupakan jalur kabel negatif, dan kabel warna hitam merupakan jalur kabel data. Detail perangkat Internet of things jalur kabel dan komponen mikrokontroler serta sensor pada Gambar 3.



Gambar 2. Desain jalur dan komponen Alat Monitoring Gangguan Pada Panel Surya Menggunakan NodeMCU Berbasis Website



Gambar 3. Desain Jalur dan Komponen Mikrokontroler serta Sensor

menghubungkan antara komponen dan sensor secara detail mengenai input output setiap jalur kabel. Mikrokontroler berupa NODEMCU ESP8266 yang juga dilengkapi oleh perangkat Wi-Fi didalam chip, dan sensor (INA219, BH1750, DHT22, PZEM-004t). Untuk tegangan input menggunakan batrei 9VDC dan untuk sensor menggunakan tegangan 5VDC.

Mikrokontroler Wi-Fi ESP8266 berfungsi sebagai sensor untuk sistem akuisisi data dan sebagai antarmuka data ke komputer melalui jaringan Wi-Fi. Setiap mikrokontroler Wi-Fi memasukan Alamat IP yang ditujuh untuk mendapat Wi-Fi. Sebuah sistem untuk pemantauan panel PV membutuhkan sensor suhu, kelembapan, intensitas cahaya, arus, dan tegangan. Sensor yang digunakan pada sistem ini terdiri DHT22, BH1750, INA219, dan PZEM-

004T. Data nilai tegangan dc dan arus dc panel surya berfungsi juga untuk menghitung daya listrik panel surya dengan menggunakan rumus persamaan (1).

$$P_{max} = V \times I \quad (1)$$

Besar tegangan disimbolkan dengan dengan huruf V dengan satuana volt dan arus disimbolkan dengan huruf I dengan satuan Ampar. Daya listrik panel digunakan untuk menghitung efisiensi Nilai efisiensi panel PV dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

$$\eta = \frac{P_{max}}{I_r \times A} \times 100\% \quad (2)$$

Dalam persamaan ini, Pmax adalah keluaran daya listrik, yang merupakan perkalian antara arus dan tegangan keluaran, Ir adalah masukan radiasi matahari, dan A adalah luas panel PV dengan satuan meter. Satuan untuk daya listrik Pmax adalah dalam watt, sedangkan input radiasi matahari dalam W/m<sup>2</sup>. nilai iradiasi matahari merupakan nilai ketetapan dari suatu panel surya sebesar Ir = 1000 W/cm<sup>2</sup> terhadap panel.

Skrip pemrograman untuk sistem berbasis aturan ini ditulis menggunakan aplikasi arduino IDE dengan komputer yang menyimpan basis data NodeMCU ESP8266 serta sensor panel surya di lapangan. Prosedur pemrograman sistem berbasis aturan dimulai dengan pemuatan data sensor dari basis data, yang kemudian dicocokkan dengan kondisi aturan yang ditetapkan. Menentukan gangguan panel surya dipengaruhi kondisi intensitas, efisiensi, suhu dan kelembaban. Proporsi diklasifikasikan berdasarkan eksperimen dan dikategorikan menjadi sangat rendah, rendah, sedang, dan tinggi. Melalui pemrograman komputer yang telah dibangun, telah diperoleh keluaran hasil deteksi gangguan yang disebut kesimpulan.

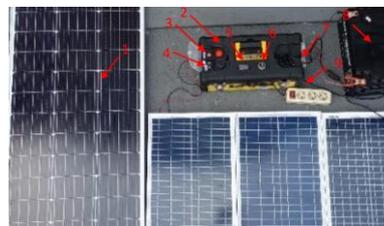
### C. Pengembangan

Penelitian ini adalah pengembangan dari penelitian-penelitian yang dilakukan sebelumnya. Pada penelitian terdahulu masih banyak yang memanfaatkan aplikasi blynk sebagai media komunikasi antara alat dan juga user, namun tidak semua masyarakat menggunakan atau memiliki aplikasi tersebut, sehingga perlu dikembangkan media komunikasi yang memanfaatkan aplikasi yang dapat diakses semua orang dan mudah diakses serta dapat dimanapun dan kapanpun. Pengembangan alat dari penelitian sebelumnya ialah dapat mendeteksi gangguan panel surya untuk meningkatkan efisiensi panel surya.

Studi literatur mengungkapkan bahwa efisiensi berkurang oleh radiasi matahari itu sendiri, debu, kotoran, hujan, salju, dan sejenisnya. Di daerah tropis, gangguan panel didasarkan pada yang paling umum: penyebab: debu, kotoran, dan hujan. Data tentang penyebab ini berfungsi sebagai dasar untuk sistem berbasis aturan untuk menyelidikan panel PV. Kondisi panel PV pada malam hari memiliki efisiensi terendah karena intensitas cahaya hampir tidak ada (Iv), disertai dengan suhu rendah dan kelembaban tinggi. Panel PV memiliki efisiensi rendah meskipun intensitas cahaya tinggi, suhu tinggi, dan kelembaban rendah. Kondisi ini berbeda dengan kondisi pada malam hari dimana pembacaan untuk intensitas cahaya rendah. Pengaruh gangguan oleh daun dan debu dalam penelitian ini ditemukan sedikit berbeda, dengan daun menghasilkan efisiensi yang paling rendah. Sedangkan penurunan efisiensi akibat debu tidak mencapai nilai yang sangat rendah. Pengembangan penelitian ini terbagi dalam 3 (tiga) bagian. Pertama perangkat hardware, bagian kedua perangkat software dan ketiga merupakan website sebagai interface.

### D. Perangkat Hardware

perangkat hardware, yang terdiri dari perakitan alat panel surya dan mikrokontroler serta sensor. Alat telah berhasil dibuat pada Gambar 5.



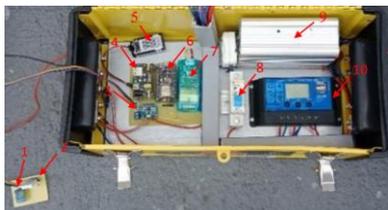
Gambar 5. Alat Monitoring Gangguan Pada Panel Surya Menggunakan Nodemcu Berbasis Website

TABEL 1  
Komponen Bagian Luar Toolbox

No. Urut	Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	Panel Surya	160Wp	1
2	Toolbox	Besi	1
3	Saklar SPST	6A/ 250VAC	1
4	Fuse Baterai	10A 250VAC	2
5	Display Volt-Ampere Meter	4.5 - 30VDC <20mA	1
6	Selector Switch	Switch 3 posisi	1
7	Saklar SPST	3A/250VAC	2
8	Accumulator	12V – 65Ah	1
9	Stop kontak	10 Ampere / 250 Volt – 3 Lubang	1

Gambar 5 menunjukkan perangkat hardware yang menggunakan toolbox sebagai cover dan

wadah atau box untuk komponen. Perangkat atau komponen yang terdapat pada Gambar 5 menunjukan pada Tabel 1. Panel yang digunakan menggunakan 100Wp satu unit dan 20Wp tiga unit, untuk jenis panel yang digunakan berupa panel tipe Mono Crystalline yang terbuat dari kristal silicon tunggal dengan efisiensi konversi paling tinggi 16,7%.



Gambar 6. Bagian dalam Toolbox

Pada Gambar 6 menunjukan rangkaian dalam toolbox terdapat komponen-komponen, Komponen pada bagian dalam *toolbox* dituliskan pada Tabel 2.

TABEL 2  
Komponen Bagian Dalam Toolbox

No. Urut	Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	BH1750	0-65535	1
2	DHT22	-40°C-80°C	1
3	INA219	0-26V, 0-3.2A	1
4	Stepdown	12V to 5V/3.3V	1
5	Batrei	12V DC	1
6	NodeMCU	ESP8266	1
7	PZEM-004t	100A	1
8	MCB	2A 220VAC	1
9	Inverter	500W	1
10	SCC	30A 12/2V	1

### E. Perangkat Software

Perangkat software, terdiri dari pembacaan sensor dilapangan sebagai input. Pembuatan software ini menggunakan aplikasi Arduino IDE untuk membuat program yang akan digunakan pada board NodeMCU ESP8266. Dalam Pembuatan software dimulai dari pembacaan data sensor PZEM-004t, INA219, DHT22, BH1750. Arduino IDE merupakan program yang digunakan untuk pemrosesan data di NodeMCU ESP8266. Setelah melakukan pembacaan sensor, data tersebut akan diproses dengan menggunakan aturan yang telah dibuat yang diproses arduino untuk mendapatkan hasil gangguan panel surya. Setelah pemrosesan data, data dikirim ke database untuk disimpan.

Pembacaan ulang diatur pada interval 30 detik pengambilan data sensor dan dapat disesuaikan sesuai kebutuhan. Data di arduino NODEMCU ESP8266 dikelompokkan. pengelompokan keanggotaan antara 0 dan 1. Rentang nilai ini kemudian digunakan untuk menentukan kondisi sensor secara linguistik.

Parameter input utama adalah efisiensi ( $\eta$ ), yang dihitung dari keluaran pembacaan daya listrik (P) dari panel PV dibandingkan dengan intensitas cahaya (I) yang jatuh pada panel PV. Sistem ini juga mengambil suhu (T) dan kelembaban (H) sebagai parameter tambahan. Semua variabel input membentuk himpunan dan semesta pembicaraan seperti berikut:

- Variabel input efisiensi ( $\eta$ ) = {very\_low, low, medium, high}
- Variabel input intensitas (I) = {very\_low, low, medium, high}
- Variabel input suhu (T) = {low, medium, high}
- Variabel input kelembaban (H) = {low, medium, high}

Input dari pengelompokan keanggotaan didapatkan dari penelitian sebelumnya. Sistem untuk mendeteksi gangguan panel PV adalah seperangkat aturan sebab akibat dari setiap parameter input dari pembacaan sensor. Semua variabel output membentuk himpunan dan semesta pembicaraan seperti berikut:

- Variabel output = {off circuit, normal, malam hari, hujan, debu, daun}

Semesta pembicaraan tiap-tiap variabel merupakan rentang kemungkinan tiap hari. Semesta pembicaraan pada Tabel 3.

TABEL 3  
Semesta Pembicaraan pada Variabel Input

Fungsi	Variabel	Semesta Pembicaraan
Input	efisiensi ( $\eta$ )	[0, 16]
	intensitas (I)	[0, 60000]
	suhu (T)	[0, 50]
	kelembaban (H)	[0, 100]

Variabel intensitas (I) membentuk himpunan dengan fungsi keanggotannya sebagai berikut:

- $I_{very\_low} = 0 \leq I < 400$
- $I_{low} = 200 \leq I < 5000$
- $I_{medium} = 4000 \leq I < 20000$
- $I_{high} = 15000 \leq I < 60000$

Variabel efisiensi ( $\eta$ ) membentuk himpunan dengan fungsi keanggotannya sebagai berikut:

- $\eta_{very\_low} = 0 \leq \eta < 0.5$
- $\eta_{low} = 0.3 \leq \eta < 2.2$
- $\eta_{medium} = 1 \leq \eta < 6$
- $\eta_{high} = 4 \leq \eta < 17$

Variabel suhu (T) membentuk himpunan dengan fungsi keanggotannya sebagai berikut:

- $T_{low} = 0 \leq T < 30$

- $T_{medium} = 29 \leq T < 33$
- $T_{high} = 32 \leq T < 50$

Variabel kelembapan (H) adalah variabel kelembapan membentuk himpunan dengan fungsi keanggotannya sebagai berikut:

- $H_{low} = 0 \leq H < 60$
- $H_{medium} = 50 \leq H < 75$
- $H_{high} = 70 \leq H < 100$

TABEL 4  
Aturan pada Output Keadaan

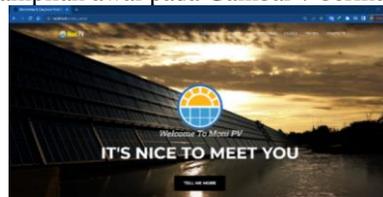
No	Hasil Pengukuran				Keadaan
	Intensitas	Efisiensi	Temperatur	Kelembapan	
1	Very Low	Very Low	Low	Low	off circuit
2	High	High	High	Low	Normal
3	High	High	Medium	Low	Normal
4	Medium	Medium	Medium	Low	Normal
5	Very Low	Very Low	Low	High	Night
6	Very Low	Very Low	Medium	High	Night
7	Very Low	Very Low	Low	Medium	Night
8	Very Low	Very Low	Low	High	Night
9	Very Low	Very Low	Medium	Medium	Night
10	Low	Very Low	Low	Medium	Hujan
11	Low	Very Low	Low	High	Hujan
12	Low	Low	Low	Medium	Hujan
13	Low	Low	Low	High	Hujan
14	High	Medium	High	Low	Debu
15	High	Medium	High	Medium	Debu
16	Medium	Low	Low	Medium	Debu
17	Medium	Low	Medium	High	Debu
18	High	Very Low	High	Medium	Daun
19	High	Very Low	High	Low	Daun
20	Medium	Very Low	Medium	Medium	Daun
21	Medium	Very Low	Medium	Low	Daun
22	Medium	Very Low	Low	Medium	Daun
23	Medium	Very Low	Low	Low	Daun

Tabel 4 merupakan hasil dari aturan yang telah dibuat dari percobaan dan simulasi yang telah dilakukan. Aturan ini memiliki 23 kemungkinan yang dapat terjadi supaya mendapatkan kesimpulan yang diharapkan. Tabel 4. Terlihat pada kondisi intensitas cahaya tinggi, tetapi dengan suhu dan kelembapan rendah. Pada kondisi ini daya listrik yang dihasilkan oleh panel PV rendah, yaitu sistem memahami kondisi seperti malam hari. Ini mungkin terjadi karena sistem berbasis aturan di komputer tidak menyatakan kondisi spesifik yang dapat membedakan antara dua kondisi yang serupa. Dalam hal ini, penambahan sensor untuk mendapatkan parameter yang dapat membantu membedakan dua kondisi serupa.

### F. Website

Adapun hasil website yang menggunakan PHP sebagai bahasa pemrograman untuk mengambil data dari database dan mengolah data website, untuk templet desain menggunakan HTML dan CSS untuk mendukung desain website lebih menarik. Website ini dilengkapi fitur penyesuaian minimize dan responsive. Bagian dalam Website terdapat 6 (enam) bagian antara lain Deskripsi, Sketsa, Monitoring, Cuaca,

Profil, dan Contact. Halaman depan pada website atau tampilan awal pada Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. Halaman Depan Website

Gambar 7 menunjukkan halaman depan web yang berisi judul website, logo website, dan tombol kehalaman selanjutnya. Pada Gambar 8 menunjukkan halaman monitoring, bagian monitoring terdapat card / kotak yang menunjukkan keadaan panel saat ini, dan bagian bawah terdapat 2 bagian lagi yaitu panel surya dan Inverter. Dibagian dalam monitoring panel surya terdapat pemantauan daya panel, tegangan panel, efisiensi panel, dan arus panel. Bagian dalam panel surya pada Gambar 9. Bagian dalam monitoring Inverter terdapat monitoring tegangan Inverter, arus Inverter, daya Inverter, daya total Inverter, frekuensi Inverter, dan power faktor Inverter. Tampilan monitoring Inverter pada Gambar 10.



Gambar 8. Halaman Web Monitoring Panel



Gambar 9. Monitoring Panel surya



Gambar 10. Monitoring Inverter

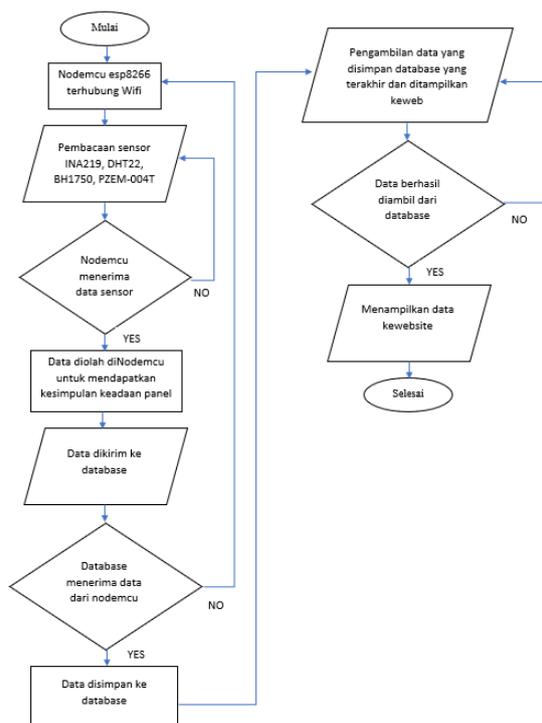
Gambar 11 menunjukkan halaman cuaca, terdapat 3 card yang menunjukkan cuaca disekitar panel surya antara lain adalah monitoring intensitas cahaya, monitoring suhu, monitoring kelembapan.



Gambar 11. Halaman Web Monitoring Cuaca

### G. Implementasi

Alat monitoring dan pendeteksi gangguan panel surya berbasis internet of things dengan website sebagai interface.



Gambar 12 Flowchart Cara Kerja Alat Monitoring Gangguan Panel Surya Berbasis Website.

Pada Gambar 12 menunjukkan flowchart cara kerja alat monitoring gangguan panel surya berbasis website, NODEMCU ESP8266 dan web harus terkoneksi melalui Wi-Fi terlebih dahulu sebelum dilakukan proses pembacaan data dari sensor. Data hasil pembacaan sensor akan dikirimkan menuju NodeMCU ESP8266. Data pada NodeMCU ESP8266 berupa data digital

dan diolah menjadi sebuah pendeteksi gangguan menggunakan aturan yang telah dibuat. Data hasil pembacaan sensor akan ditampilkan pada website. selanjutnya Website sebagai interface pada sistem monitoring ini dapat di akses dengan mudah oleh user yang terhubung dengan internet.

### H. Evaluasi

Setelah dilakukan tahap analisis penelitian dan tahap implementasi, selanjutnya dilakukan tahap evaluasi. Pada tahap evaluasi, alat yang dibuat akan diujicobakan untuk mengetahui kinerja alat, pengukuran yang dilakukan ialah tegangan dc, arus dc, daya dc, efisiensi, suhu, kelembapan, intensitas cahaya, arus ac, tegangan ac, daya ac, frekuensi, power faktor serta seberapa akurat pendeteksi gangguan panel surya. Rancang bangun alat monitoring gangguan pada panel surya menggunakan NodeMCU berbasis website bergantung pada koneksi internet. Data hasil pembacaan sensor tidak akan dibaca pada website ketika ESP8266 tidak dapat terhubung dengan koneksi internet.

Percobaan simulasi dari penelitian Alat Monitoring Gangguan Pada Panel Surya Menggunakan NodeMCU Berbasis Website didapatkan 5 tahapan. Pengambilan data ini dilakukan dilokasi rooftop A8 UNESA Ketintang pada pukul 12.00 WIB, 14.00 WIB, 16.00 WIB, 20.00 WIB. Pengambilan data dilakukan dengan 5 kondisi yaitu normal, malam hari, hujan, tertutup debu, dan tertutup daun.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian alat monitoring gangguan pada panel surya menggunakan NodeMCU berbasis website memiliki 3 tahapan, setiap tahapan memiliki 14 percobaan dengan waktu dan keadaan kondisi yang berbeda. Tabel 5 menampilkan hasil dari panel surya 100wp dengan lima (5) keadaan yang berbeda yaitu keadaan (off circuit, normal, malam hari, Debu, dan Daun). Tabel 6 menampilkan hasil dari panel surya 60wp, Tabel 7 menampilkan hasil dari panel surya 20wp dengan lima (5) keadaan yang berbeda yaitu keadaan (off circuit, normal, malam hari, Debu, dan Daun). Tabel 8 yaitu untuk keadaan hujan dengan panel surya 100wp dan Tabel 5 untuk inverter yang berbeban.

Pada Tabel 5 menunjukkan alat bekerja dengan sesuai dan akurat. Efisiensi panel surya tertinggi keadaan normal ialah 7.9% pada pukul 12.00. Tingkat efisiensi panel surya keadaan malam hari ialah 0%. Tingkat efisiensi panel surya tertinggi keadaan panel tertutup debu ialah 3.38% pada pukul 12.00. Tingkat efisiensi panel surya tertinggi keadaan panel tertutup daun ialah 0.46% pada pukul 12.00.

TABEL 5  
Nilai Keluaran Panel 100Wp

no	jam	Keadaan	Daya panel	Tegangan panel	Arus panel	Intensitas cahaya	Efisiensi panel	Suhu	Kelembapan
1	12:00	off circuit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	14:00	off circuit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	16:00	off circuit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	20:00	off circuit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	12:00	normal	44389.86	16.59	2675.70	56481.67	7.90	40.70	41.00
6	14:00	normal	31246.60	15.40	2029.00	44612.50	5.56	38.00	45.00
7	16:00	normal	17132.57	14.05	1219.40	12235.83	3.05	32.90	45.00
8	20:00	malam hari	0.00	0.90	-0.50	22.50	0.00	29.60	77.00
9	12:00	Debu	19009.31	15.02	1265.60	54612.50	3.38	40.00	43.00
10	14:00	Debu	15964.87	14.84	1075.80	41042.17	2.84	37.30	44.00
11	16:00	Debu	10438.93	13.71	761.41	17385.00	1.86	32.40	51.00
12	12:00	Daun	2589.10	13.98	185.20	54612.50	0.46	40.00	46.00
13	14:00	Daun	1837.51	13.21	139.10	43843.33	0.33	38.40	44.00
14	16:00	Daun	286.11	12.83	22.30	25352.50	0.05	32.60	56.00

TABEL 6  
Nilai Keluaran Panel 60Wp

no	jam	Keadaan	Daya panel	Tegangan panel	Arus panel	Intensitas cahaya	Efisiensi panel	Suhu	Kelembapan
1	12:00	off circuit	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
2	14:00	off circuit	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
3	16:00	off circuit	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
4	20:00	off circuit	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
5	12:00	normal	36741.75	15.79	2326.90	46581.66	6.60	40.70	41.00
6	14:00	normal	24295.54	14.51	1674.40	39487.50	4.37	38.00	43.00
7	16:00	normal	14963.72	13.96	1071.90	13950.00	2.69	32.70	45.00
8	20:00	malam hari	0.00	0.80	-0.60	22.50	0.00	27.80	77.00
9	12:00	Debu	18512.32	13.98	1324.20	51042.17	3.33	40.00	43.00
10	14:00	Debu	13132.81	12.94	1014.90	40560.83	2.36	37.44	45.00
11	16:00	Debu	6502.00	14.06	462.45	12837.50	1.17	33.00	51.00
12	12:00	Daun	2421.07	14.15	171.10	46581.66	0.44	41.20	46.00
13	14:00	Daun	1689.71	13.17	128.30	36613.33	0.30	38.40	44.00
14	16:00	Daun	204.10	13.00	15.70	25366.33	0.04	33.50	57.00

TABEL 7

no	jam	Keadaan	Daya panel	Nilai Keluaran Panel 20Wp	Intensitas cahaya	Efisiensi panel	Suhu	Kelembapan	
1	12:00	off circuit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2	14:00	off circuit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	16:00	off circuit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	20:00	off circuit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	12:00	normal	12579.50	14.59	862.20	46051.56	6.78	40.80	41.00
6	14:00	normal	7518.37	13.78	545.60	40612.85	4.05	36.30	43.00
7	16:00	normal	5473.17	13.05	419.40	13901.67	2.95	31.90	45.00
8	20:00	malam hari	0.00	0.20	-0.50	22.50	0.00	29.60	77.00
9	12:00	Debu	7135.86	15.23	468.54	52642.47	3.85	40.00	43.00
10	14:00	Debu	4040.47	14.65	275.80	40042.69	2.18	37.30	44.00
11	16:00	Debu	2962.63	13.87	213.60	22525.00	1.60	33.40	51.00
12	12:00	Daun	773.87	13.77	56.20	54612.50	0.42	40.20	46.00
13	14:00	Daun	311.38	13.25	23.50	45843.33	0.17	38.50	44.00
14	16:00	Daun	119.86	12.67	9.46	24342.65	0.06	32.60	56.00

TABEL 8  
Keadaan Hujan Panel 100Wp

no	jam	Keadaan	Daya panel	Tegangan panel	Arus panel	Intensitas cahaya	Efisiensi panel	Suhu	Kelembapan
1	12:00	Hujan	10908.75	13.52	806.86	4096.53	1.94	39.65	70.00
2	14:00	Hujan	5657.76	13.10	431.89	2363.48	1.01	28.22	76.00
3	16:00	Hujan	2725.59	12.89	211.45	563.85	0.49	27.31	83.00

Pada Tabel 6 menunjukkan alat bekerja dengan sesuai dan akurat. Tingkat efisiensi panel surya tertinggi keadaan normal ialah 6.6% pada pukul 12.00. Tingkat efisiensi panel surya keadaan malam hari ialah 0%. Tingkat efisiensi panel surya tertinggi keadaan panel tertutup debu ialah 3.3% pada pukul 12.00. Tingkat efisiensi panel surya tertinggi keadaan panel tertutup daun ialah 0.44% pada pukul 12.00.

Pada Tabel 7 menunjukkan alat bekerja dengan sesuai dan akurat. Tingkat efisiensi panel surya tertinggi keadaan normal ialah 6.78% pada pukul 12.00. Tingkat efisiensi panel surya keadaan malam hari ialah 0%. Tingkat efisiensi panel surya tertinggi keadaan panel tertutup debu ialah 3.85% pada pukul 12.00. Tingkat efisiensi panel surya tertinggi keadaan panel tertutup daun ialah 0.42% pada pukul 12.00.

Pada Tabel 8 menunjukkan alat bekerja dengan sesuai dan akurat. Tingkat efisiensi panel surya tertinggi keadaan normal ialah 1.94% pada pukul 12.00. Hasil dari uji coba yang terlihat pada Tabel 2 – 5 terlihat bahwa tingkat efisiensi dipengaruhi oleh intensitas matahari yang ditangkap oleh panel surya, semakin tinggi intensitas matahari maka semakin tinggi efisiensi. Efisiensi terbesar yang didapat ialah pada 7.9% pada keadaan panel bersih dan jam 12.00. Tingkat efisiensi turun menjadi 3.3% dari keadaan panel tertutup debu. Oleh karena itu, sistem pemberitahuan awal dapat memulihkan peningkatan efisiensi 4,6% dalam peristiwa semacam itu. Ketika gangguan dari daun terdeteksi, efisiensi panel surya dapat turun hingga 0,4%. Dari hasil penelitian ini didapatkan peningkatan efisiensi rata-rata sebesar 7,5%. Pada keadaan malam hari perubahan terjadi pada intensitas yang rendah, suhu yang rendah dan kelembapan yang tinggi. Dari hasil penelitian ini didapatkan peningkatan efisiensi rata-rata sebesar 6,6%.

Pengujian output beban AC dilakukan dengan Inverter 500W, beban yang digunakan ialah solder 60W dan 2 kipas angin 110W. Didapat data dengan tegangan terendah 214.30V dan tertinggi 215.40V. Rata-rata arus 0.48-0.74 A, daya antara 98.6 – 152 W, frekwensi 49.5 Hz dan Power Faktor sebesar 0.97. data dari pengukuran arus AC pada Tabel 9.

TABEL 9  
Output Inverter 220VAC

Tegangan inverter	Arus inverter	Daya inverter	Frekuensi Inverter	Power faktor inverter
214.80	0.58	124.58	49.30	0.97
214.30	0.48	102.86	49.50	0.95
214.90	0.74	159.03	49.50	0.96
215.10	0.59	126.91	49.40	0.97
215.30	0.58	124.87	49.40	0.97
215.40	0.57	122.78	49.30	0.97
214.80	0.58	124.58	49.30	0.97

Pada analisis diambil satu data pada hasil simulasi untuk dibandingkan dengan perhitungan serta keadaan aturan. Data yang diambil pada Tabel 5. Nomer 5 dengan efisiensi panel 7.9% dengan tegangan panel 16.5V dan arus panel 2675.7mA mejnadi 2.6757A dengan panel 1000wp. Daya merupakan perkalian dari tegangan dan arus menghasilkan 44.15Watt, dari hasil daya dapat dicari efisiensinya. Efisiensi merupakan pembagian antara daya listrik dan radiasi matahari serta luas panel, maka didapatkan hasil nya ialah 7,86%.

Hasil data pada alat serta perhitungan memiliki 0.01% error. Pada analisa untuk pendeteksi gangguan panel dibuktikan dengan perhitungan serta aturan yang telah ditetapkan. Data yang diambil untuk dianalisis pembuktian, data diambil dari Tabel 6 pada nomer 9 dengan efisiensi 3.33%, intensitas 51042.17, suhu 40°C, dan kelembapan 43. Dari data yang diambil dan dirubah menjadi himpunan keanggotaan sebagai berikut efisiensi keadaan medium, intensitas keadaan high, suhu keadaan high, kelembapan high. Data yang telah dirubah dicocokkan dengan Tabel 4. aturan output keadaan, didapatkan keadaan Debu sesuai dengan aturan pada Tabel 5. pada nomer 14 dan terbukti bahwa alat serta perhitungan dari hasil analisis memiliki kesimpulan keadaan yang sama.

Hasil dapat dianalisa bawasanya keadaan panel yang tertutup daun dapat menurunkan tingkat efisiensi ketitik terendah selain pada malam hari, tingkat terendah hingga 0.4% hal ini membuat tingkat keefektifan pada panel surya menurun hingga 7.5% dari keadaan panel normal. Ada dua keuntungan utama dari penelitian ini dalam meningkatkan kinerja panel surya: efisiensi dan keberlanjutan. Penggunaan kecerdasan buatan baik online maupun real-time memungkinkan medeteksi gangguan panel

dengan cepat dan dengan mudah dikondisikan untuk efisiensi optimal. Selain itu juga menjamin kecukupan pasokan energi listrik dari panel surya sesuai dengan kondisi lingkungan. Teknologi sensor nirkabel di sini membantu teknisi panel surya dengan membebaskan mereka dari pekerjaan berat turun ke lapangan dengan alat ukur untuk memeriksa kondisi panel surya dan menarik kesimpulan secara manual dari data yang ditemukan. Sistem ini mengandalkan esensi kecerdasan buatan di mana monitoring gangguan panel dapat dilihat melalui web yang dapat diakses dimana pun dan waktu kapanpun. Pemberitahuan cepat tentang kondisi panel surya memiliki dampak ekonomi karena menyangkut keberlanjutan pasokan listrik.

#### IV. SIMPULAN

Berdasarkan paparan hasil dan pembahasan maka dapat dibuat simpulan bahwa alat monitoring gangguan pada panel surya menggunakan NodeMCU berbasis website terbukti efektif meningkatkan efisiensi panel surya dalam monitoring gangguan pada panel PV sesuai dengan tujuan yaitu dapat monitoring panel surya maupun keadaan panel surya dari manapun dan kapanpun. Sistem yang dikembangkan di sini mampu monitoring panel surya dan mendeteksi gangguan yang ditemukan di lapangan secara terus menerus atau relatiime dan dapat dipantau melalui website. Alat pendeteksi gangguan panel surya membuat kesimpulan yang sesuai dengan keadaan panel surya saat itu.

Rancang bangun alat monitoring gangguan pada panel surya, Hasil pengukuran pada pengujian alat didapatkan efisiensi panel surya terbesar yang didapat ialah 7.9% pada keadaan normal. Ketika gangguan dari daun terdeteksi, efisiensi panel surya turun hingga 0,4%. Dari hasil penelitian ini didapatkan selisih efisiensi sebesar 7,5%. Alat ini dapat meningkatkan efisiensi panel surya hingga 7,5%.

#### REFERENSI

Corte. F. G. Della, Cocorullo. G., Corsonello. P., Felini. C., Merenda. M., Perri. S., Borei. G., Carpanelli. M., dan Verdilio S. 2016. *A Microchip Integrated Sensor for The Monitoring of High Concentration Photo-Voltaic Solar Modules*. Elsevier Procedia Engineering Vol. 168 No. 1 Hal. 1601-1604

Suryana. Deny dan Ali. Mahaendra M. 2018. *Pengaruh Temperatur / Suhu Terhadap Tegangan yang Dihasilkan Panel Surya Jenis*

*Monokristalin*. Surabaya: Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri Vol. 2 No. pp. 49-52

Fahruri. Habib Wildan, Aribowo. Widi, Widyartono. Mahendra, dan Hermawan. Aditya Chandra. 2019. *Monitoring Arus, Tegangan, dan Suhu Pada Prototype Thermoelectric Generator Berbasis IoT Monitoring Arus, Tegangan, dan Suhu Pada Prototype Thermoelectric Generator Berbasis IoT*. Surabaya: Jurnal Teknik Elektro Unesa, Vol. 10 No. 1 pp. 134-144.

Gunawan. Luki Adi., Agung. Ahmad Imam, Widyartono. Mahendra, dan Haryudo. Subuh Isnur. 2020. *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Portable*. Surabaya: Jurnal Teknik Elektro Unesa, Vol. 10 No. 1 pp. 65-71.

Kawamoto. Hiroyuko dan Guo. Bing. 2018. *Improvement of An Electrostatic Cleaning System for Removal of Dust from Solar Panels*. Elsevier Journal of Electrostatics Vol. 91 No. 1 pp. 28-33

Mallor. Fermin, León. Teresa., Boeck. Liesje De, Gulck. Stefan Vav, Meulders. Michel, dan Meerssche. Bart Van der. 2017. *A Method for Detecting Malfunctions in PV Solar Panels Based on Electricity Production Monitoring Solar Energy*. Elsevier Solar Energy Vol. 153 No. 1 pp. 51-63.

Mirzaei. Mohsen dan Mohiabadi. Mostafa Zamani. 2017. *A comparative analysis of long-term field test of monocrystalline and polycrystalline PV power generation in semi-arid climate conditions*. Elsevier Energy for Sustainable Development Vol. 38 No. 1 pp. 93-101.

Usman. Mukhamad Khumaidi. 2020. *Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya*. Tegal: Jurnal Power Elektronik Vol. 9 No. 2 pp. 52-58

Yuliananda. Subekti, Saryana. Gede, dan Hastijanti. RA Retno. 2015. *Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya*. Surabaya: Jurnal Pengabdian LPPM UNTAG. Vol. 1 No. 2 pp. 193-202