

**RANCANG BANGUN *PYRANOMETER* BERBASIS IOT  
MENGUNAKAN SENSOR *PHOTODIODE***



**WAHYU DEWA WIDIARTHA  
NIM 18034097**

**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2022**

**RANCANG BANGUN *PYRANOMETER* BERBASIS IOT  
MENGUNAKAN SENSOR *PHOTODIODE***

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains*



**WAHYU DEWA WIDIARTHA  
NIM 18034097**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2022**

## PERSETUJUAN SKRIPSI

### RANCANG BANGUN *PYRANOMETER* BERBASIS IOT MENGUNAKAN SENSOR *PHOTODIODE*

Nama : Wahyu Dewa Widiartha  
NIM : 18034097  
Program Studi : Fisika  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 16 Agustus 2022

Mengetahui  
Kepala Departemen Fisika



Prof. Dr. Ratnawulan, M.Si.  
NIP. 19690120 199303 2 002

Disetujui Oleh:  
Pembimbing



Yohandri, S.Si., M.Si., Ph.D.  
NIP. 19780725 200604 1 003

## PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

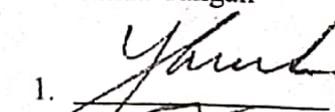
Nama : Wahyu Dewa Widiartha  
NIM : 18034097  
Program Studi : Fisika  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

### RANCANG BANGUN *PYRANOMETER* BERBASIS IOT MENGUNAKAN SENSOR *PHOTODIODE*

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang

Padang, 16 Agustus 2022

#### Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Yohandri, S.Si., M.Si., Ph.D.	1. 
2. Anggota	: Dr. Asrizal, M.Si	2. 
3. Anggota	: Dr. Nofi Yendri Sudiar, S.Si., M.Si.	3. 

## SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Wahyu Dewa Widiartha  
NIM/TM : 18034097/2018  
Program Studi : Fisika  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : FMIPA

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul : “**Rancang Bangun Pyranometer Berbasis IoT Menggunakan Sensor Photodiode**” adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi UNP maupun dimasyarakat dan hukum Negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Saya yang menyatakan,



Wahyu Dewa Widiartha

NIM. 18034097

# Rancang Bangun *Pyranometer* Berbasis IoT Menggunakan Sensor *Photodiode*

Wahyu Dewa Widiartha

## ABSTRAK

Radiasi matahari merupakan salah satu parameter penting dalam bidang klimatologi, karena berperan sebagai penggerak dalam sebagian besar proses dinamis di atmosfer. Untuk itulah diperlukan alat untuk mengukur radiasi matahari seperti *pyranometer*. Namun, *pyranometer* memiliki beberapa kelemahan yaitu memerlukan kabel dan listrik agar dapat mengirim data ke perangkat pengolah data. Hal ini kadang menyebabkan masalah kehilangan data jika kabel penghubung rusak tanpa diketahui dan terjadi pemadaman listrik yang tiba-tiba. *Pyranometer* berbasis IoT akan mengatasi masalah tersebut karena data radiasi matahari yang diukur akan langsung dikirimkan ke internet dan alat tetap berfungsi karena adanya *solar cell* yang akan selalu mengisi baterai.

Penelitian ini merupakan jenis penelitian rekayasa. Teknik pengukuran yang digunakan adalah pengukuran langsung yaitu membandingkan data radiasi matahari dengan *pyranometer* standar. Kemudian, pengukuran tidak langsung yaitu menganalisa ketepatan dan ketelitian alat.

Berdasarkan tujuan penelitian, spesifikasi performansi terdiri dari rangkaian catu daya sebagai sumber tegangan rangkaian sensor *photodiode*. Instrumen terbentuk dari kotak plastik berwarna hitam dan aplikasi *monitoring database ThingSpeak* yang ditampilkan menggunakan *App Inventor*. Sedangkan spesifikasi desain adalah persentase ketepatan sebesar 98,14% dan persentase ketelitian sebesar 98,63%. Sedangkan, persentase kesalahan pengukuran di lapangan tanggal 8 dan 13 Juli 2022 sebesar 12,18% dan 4,87%. Maka dapat disimpulkan alat dapat bekerja dengan baik.

Kata kunci: Radiasi Matahari, *Pyranometer*, IoT, Sensor *Photodiode*

## *Design Build of IoT Based Pyranometer Using Photodiode Sensor*

**Wahyu Dewa Widiartha**

### **ABSTRACT**

*Solar radiation is one of the critical parameters of climatology because it is the driver of most of the dynamic processes in the atmosphere. We need a tool to measure solar radiation, such as a pyranometer. However, the pyranometer has the disadvantage that it requires cables and electricity to send data to data processing devices, which sometimes causes data loss problems if the connecting cable is damaged unnoticed and a sudden power outage occurs. An IoT-based pyranometer using a photodiode sensor will overcome this problem because the tool will send the measured solar radiation data directly to the internet. The device will continue functioning because the solar cell always charges the battery.*

*This research is a type of engineering research. The measurement technique used is a direct measurement, comparing solar radiation data with a standard pyranometer. Indirectly analyzing the accuracy and precision of the design tool.*

*Based on the research objectives, the performance specifications consist of a power supply circuit as a voltage source for the photodiode circuit. The instrument is formed from a black plastic case and the ThingSpeak monitoring application database displayed using App Inventor. While the design specifications are the accuracy percentage of 98.14%, the rate of accuracy of 98.63%. The percentage of measurement error of 12,18% and 4.87%. Therefore, it can conclude that the tool can work well.*

*Keyword: Solar Radiation, Pyranometer, IoT, Photodiode Sensor.*

## KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan hidayah-Nya, sehingga skripsi dengan judul “Rancang Bangun *Pyranometer* Berbasis IoT Menggunakan Sensor *Photodiode*” dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis, terutama kepada:

1. Bapak Yohandri, M.Si, Ph.D selaku Pembimbing yang telah meluangkan waktu, pikiran, saran dan tenaga serta kesabaran untuk membimbing penulis dalam penulisan skripsi ini.
2. Bapak Dr. H. Asrizal, M.Si dan Dr. Nofi Yendri Sudiar, M.Si. selaku penguji yang telah memberikan saran dan masukan untuk penulisan skripsi ini.
3. Bapak Drs. Gusnedi, M.Si selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan saran kepada penulis.
4. Ibu Dr. Ratnawulan, M.Si. selaku Ketua Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
5. Ibu Syafriani, M.Si., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
6. Staf Pengajar dan Karyawan Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
7. Teman-teman Konsentrasi Bidang Kajian (KBK) Elektronika dan Instrumentasi 2020.

8. Rekan-Rekan seperjuangan yang telah banyak membantu penulis dalam penulisan skripsi ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan telah membantu dalam penulisan skripsi ini.

Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berjasa dalam penyelesaian skripsi ini. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kelemahan. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Padang, Agustus 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN .....	ix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Batasan Masalah .....	3
D. Tujuan Penelitian .....	3
E. Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN KEPUSTAKAAN .....	5
A. Radiasi Matahari .....	5
B. <i>Pyranometer</i> .....	6
C. <i>Internet of Things (IoT)</i> .....	8
D. <i>Sensor Photodiode</i> .....	9
E. <i>Solar Cell</i> .....	11
F. NodeMCU ESP8266 .....	12
G. Arduino IDE .....	15
H. <i>ThingSpeak</i> .....	16
I. <i>App Inventor</i> .....	16
J. <i>Smartphone Android</i> .....	17
BAB III METODE PENELITIAN .....	19
A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	19
B. Instrumen Penelitian .....	19
C. Jenis Penelitian .....	19
D. Data dan Variabel Penelitian .....	20
1. Data Penelitian .....	20
2. Variabel Penelitian .....	20
E. Prosedur Penelitian .....	21
1. Ide-Ide dan Kejelasan Tugas .....	21
2. Konseptual Rancangan .....	22

3. Susunan, Geometri, dan Kefungsian.....	22
4. Rancangan Detail.....	23
5. Pembuatan <i>Prototype</i> .....	27
6. Pengujian .....	27
F. Teknik Pengumpulan Data .....	27
G. Teknik Analisis Data .....	28
1. Kesalahan.....	28
2. Ketepatan ( <i>Accuracy</i> ) .....	28
3. Ketelitian ( <i>Precision</i> ).....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	30
A. Hasil Penelitian.....	30
1. Spesifikasi Performansi <i>Pyranometer</i> Berbasis IoT.....	30
2. Spesifikasi Desain <i>Pyranometer</i> Berbasis IoT .....	35
B. Pembahasan .....	39
BAB V PENUTUP.....	41
A. Kesimpulan .....	41
B. Saran .....	42
DAFTAR PUSTAKA .....	43

## DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	Halaman
Gambar 1. <i>Pyranometer</i> .....	7
Gambar 2. Respon <i>cosine pyranometer</i> .....	8
Gambar 3. Sensor <i>photodiode</i> .....	10
Gambar 4. Prinsip kerja dari <i>photodiode</i> .....	11
Gambar 5. <i>Solar cell</i> .....	12
Gambar 6. NodeMCU ESP8266 .....	14
Gambar 7. Tampilan Arduino IDE.....	15
Gambar 8. <i>ThingSpeak</i> .....	16
Gambar 9. Tahapan penelitian rekayasa .....	20
Gambar 10. Blok diagram <i>pyranometer</i> berbasis IoT.....	23
Gambar 11. <i>Flowchart</i> perancangan perangkat mikrokontroler .....	24
Gambar 12. <i>Flowchart</i> perancangan <i>App Inventor</i> .....	25
Gambar 13. Desain <i>pyranometer</i> berbasis IoT .....	26
Gambar 14. Rangkaian catu daya.....	31
Gambar 15. Rangkaian sensor <i>photodiode</i> .....	32
Gambar 16. <i>Pyranometer</i> berbasis IoT .....	33
Gambar 17. Aplikasi monitoring <i>pyranometer</i> berbasis IoT .....	34
Gambar 18. Grafik data karakteristik <i>pyranometer</i> berbasis IoT .....	35
Gambar 19. Grafik data pengukuran 8 Juli 2022 .....	38
Gambar 20. Grafik data pengukuran 13 Juli 2022 .....	39

## DAFTAR TABEL

TABEL	Halaman
Tabel 1. <i>Pinout</i> NodeMCU ESP8266 .....	14
Tabel 2. Data Ketepatan <i>Pyranometer</i> Berbasis IoT .....	36
Tabel 3. Data Ketelitian <i>Pyranometer</i> Berbasis IoT .....	37

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	Halaman
Lampiran 1. Data Karakteristik <i>Pyranometer</i> Berbasis IoT .....	46
Lampiran 2. Data Ketepatan <i>Pyranometer</i> Berbasis IoT .....	46
Lampiran 3. Data Ketelitian <i>Pyranometer</i> Berbasis IoT .....	47
Lampiran 4. Data Pengukuran 8 Juli 2022 .....	47
Lampiran 5. Data Pengukuran 13 Juli 2022 .....	55
Lampiran 6. Program <i>Pyranometer</i> Berbasis IoT .....	64
Lampiran 7. Dokumentasi Pengukuran di BMKG Sicincin .....	66

# BAB I PENDAHULUAN

## A. Latar Belakang

Matahari merupakan sumber energi utama yang berpengaruh pada cuaca dan temperatur pada suatu daerah, serta sumber energi sistem terbarukan. Radiasi matahari merupakan hasil dari reaksi fusi termonuklir yang terjadi pada matahari yang kemudian menjadi energi. Energi tersebut dipancarkan ke segala arah di muka bumi dimana umumnya energi yang dipancarkan sebesar  $1367 \text{ W/m}^2$ , dalam bentuk gelombang pendek (Foster et al., 2010). Radiasi matahari yang sampai di permukaan bumi dapat terjadi secara langsung dan tidak langsung setelah tersebar atau terpantul oleh *aerosol*, molekul-molekul atmosfer, dan awan (Fitri et al., 2018).

Pada keadaan langsung radiasi matahari memiliki intensitas yang berbeda di setiap daerah. Posisi matahari dan kedudukan wilayah di permukaan bumi memberikan pengaruh terhadap potensi radiasi matahari pada suatu daerah. Potensi ini akan berubah tiap waktu, tergantung dari kondisi atmosfer, posisi (garis lintang), serta waktu (jumlah hari dalam tahun dan lama penyinaran matahari dalam satu hari). Sehingga, untuk mengetahui berapa besar intensitas radiasi matahari diperlukan proses pengukuran secara langsung (Rifai et al., 2014).

Salah satu alat yang umumnya digunakan dalam pengukuran intensitas radiasi matahari adalah *pyranometer*. *Pyranometer* mengukur radiasi matahari yang masuk ke dalam bagian kubah kaca yang berbentuk setengah bola yang di dalamnya terdapat sensor yang menghasilkan hasil bacaan nilai radiasi matahari. Namun, *pyranometer* konvensional yang ada di pasaran harganya relatif mahal serta memerlukan kabel untuk menghubungkan sensor dengan perangkat pemroses dan

penampil data. Hal ini menyebabkan *pyranometer* konvensional kurang ekonomis dan praktis untuk digunakan (Ullah & Syahputra, 2017).

Pada penelitian sebelumnya (Usman et al., 2018) telah dibangun alat *pyranometer* yang menggunakan mikrokontroler dengan sensor *photovoltaic (solar cell)* dan sensor suhu (*thermopile*) sebagai sensor utamanya. Pada alat ini *data logger* juga sudah terintegrasi secara langsung di mikrokontroler, sehingga meningkatkan aspek kepraktisan dari *pyranometer*. Namun, alat ini masih memiliki kelemahan dimana pengukuran yang dilakukan mulai pukul 09.00 sampai 16.00 tetapi data yang tersimpan pada *data logger* hanya sampai pada pukul 13.45 dengan jumlah data yang tersimpan sebanyak 1431 data pengukuran. Kemudian (Muhammad et al., 2020) mengembangkan penelitian dengan menambahkan sistem *data monitoring* berbasis *website*. Alat kemudian dihubungkan ke *server* berupa *mini PC* yang memiliki penyimpanan jauh lebih besar. Namun, dengan penambahan *server* berupa *mini PC* terdapat beberapa kelemahan yaitu sumber tenaga baterai memiliki keterbatasan mengaktifkan *server* dalam waktu yang lama.

Untuk mengatasi masalah ini, maka dikembangkanlah *pyranometer* yang memiliki sistem penyimpanan berbasis *cloud* menggunakan *display* berupa *smartphone*. Pada penelitian ini sensor suhu dari penelitian sebelumnya akan diganti menjadi sensor *photodiode*. Hal ini dikarenakan *pyranometer* berbasis *photodiode* memiliki waktu respons sekitar 10 $\mu$ s. Sedangkan, *pyranometer* berbasis *thermopile* memiliki waktu respons berkisar antara 1 dan 10 detik membuat alat sebelumnya kurang cocok untuk mengukur perubahan yang sangat cepat dalam radiasi matahari (Patil et al., 2013).

Berdasarkan penjelasan di atas, penulis telah melakukan penelitian dengan judul “**Rancang Bangun *Pyranometer* Berbasis IoT Menggunakan Sensor *Photodiode*”.**

### **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan penjelasan latar belakang masalah di atas, maka dapat ditentukan suatu rumusan masalah dalam penelitian ini. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana spesifikasi performansi dari perancangan *pyranometer* untuk mengukur radiasi matahari berbasis IoT dengan menggunakan sensor *photodiode*?
2. Bagaimana spesifikasi desain dari perancangan *pyranometer* untuk mengukur radiasi matahari berbasis IoT dengan menggunakan sensor *photodiode*?

### **C. Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah sehingga penelitian yang dilakukan dapat lebih terfokus. Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem yang dibuat hanya memberikan informasi mengenai intensitas radiasi matahari.
2. Sistem yang dibuat tidak membahas tentang bagaimana penyebab tinggi atau rendahnya intensitas radiasi matahari.

### **D. Tujuan Penelitian**

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan suatu *pyranometer* yang berfungsi untuk mengukur radiasi matahari yang efektif dan akurat, namun secara khusus penelitian ini bertujuan:

1. Menentukan spesifikasi performansi dari *pyranometer* berbasis IoT dengan menggunakan sensor *photodiode*.
2. Menentukan spesifikasi desain dari *pyranometer* berbasis IoT dengan menggunakan sensor *photodiode*.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang berguna pada beberapa pihak terutama:

1. Kelompok bidang kajian elektronika dan instrumentasi, sebagai acuan pengembangan ilmu dan teknologi sehingga menghasilkan inovasi yang baru.
2. Peneliti lain, sebagai acuan dalam pengembangan penelitian di masa mendatang.
3. Pembaca, untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam kajian bidang elektronika dan instrumentasi serta upaya pengembangan alat elektronika berbasis IoT.

## **BAB II**

### **TINJAUAN KEPUSTAKAAN**

#### **A. Radiasi Matahari**

Matahari merupakan sumber energi utama bagi kehidupan di Bumi. Ketika aktivitas matahari meningkat, maka jumlah energi yang dipancarkan ke bumi akan semakin besar. Pancaran cahaya matahari tersebut membawa energi bahkan radiasi (Raisal et al., 2021). Energi matahari dapat diubah menjadi energi terbarukan yaitu mengubahnya menjadi listrik menggunakan teknologi panel surya (Sing et al., 2018). Radiasi matahari merupakan salah satu besaran paling penting dalam penelitian di bidang klimatologi, karena berperan sebagai penggerak dalam sebagian besar proses dinamis di atmosfer (Sianturi, 2021). Dari radiasi tersebut, ilmuwan dunia kemudian bersepakat untuk mengelompokkannya menjadi beberapa pita gelombang, di antaranya adalah pita gelombang *ultraviolet*, *infrared*, dan cahaya tampak. Gradasi warna dari merah ke ungu dipengaruhi oleh perbedaan panjang gelombangnya (Saipul Hamdi, 2014).

Radiasi matahari sampai ke permukaan bumi melalui tiga cara yaitu radiasi langsung (*direct radiation*), radiasi hambur (*diffuse radiation*), dan radiasi total (*global radiation*). Radiasi langsung adalah radiasi yang mencapai bumi tanpa perubahan arah atau radiasi yang diterima oleh bumi dalam arah sejajar sinar datang. Radiasi hambur adalah radiasi yang mengalami perubahan arah akibat pemantulan dan penghamburan. Sedangkan, radiasi total adalah penjumlahan radiasi langsung dan radiasi hambur (Octavianti et al., 2018).

Radiasi matahari akan mengalami perubahan ketika adanya penghalang seperti adanya awan atau hujan. Jumlah total radiasi yang diterima dipermukaan bumi

dipengaruhi oleh jarak matahari, intensitas radiasi matahari, panjang hari (*sun duration*), dan pengaruh atmosfer. Selain dari 4 faktor tersebut intensitas radiasi matahari dipengaruhi adanya intensitas hujan harian (Raisal et al., 2021).

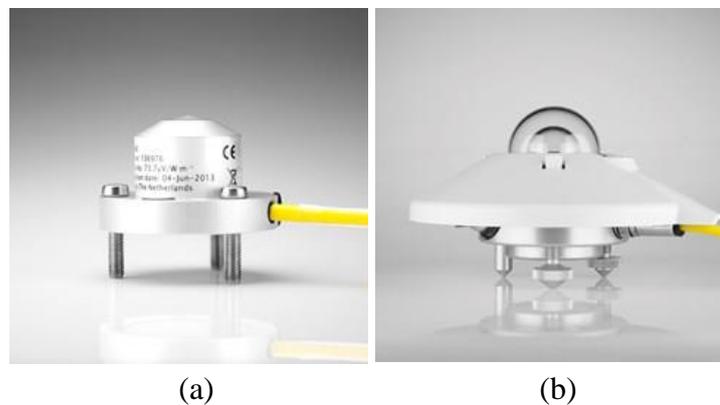
## **B. Pyranometer**

Pengukuran radiasi matahari umumnya dilakukan dengan menggunakan dua jenis instrumen, yakni *pyranometer* dan *pyrheliometer*, yang dilengkapi dengan *photo-sensitive material* atau *thermopile* untuk menangkap radiasi matahari. Pengukuran radiasi matahari diklasifikasikan sesuai dengan jenis radiasi yang diukur, respon spektral, serta kegunaannya. *Pyranometer* digunakan untuk mengukur radiasi global (*global horizontal irradiance/ GHI*), radiasi baur (*diffuse horizontal irradiance/ DHI*), dan radiasi matahari reflektif/pantulan (*reflective irradiance*), dimana ketiga instrumen tersebut ditempatkan secara horizontal. Sedangkan, *pyrheliometer* digunakan untuk mengukur besaran radiasi matahari langsung (*direct normal irradiance/ DNI*) (Sianturi, 2021).

*Pyranometer* adalah alat yang berfungsi untuk mengukur intensitas radiasi matahari. Radiasi matahari yang masuk ke dalam bagian kubah kaca yang berbentuk setengah bola, di dalam ini terdapat sensor yang menghasilkan hasil bacaan nilai radiasi matahari. *Pyranometer* banyak digunakan oleh ahli meteorologi, klimatologi, ilmuwan atmosfer, dan ilmuwan energi terbarukan (Beaubien et al., 1998). Namun menggunakan *pyranometer* konvensional harganya relatif mahal, sehingga memerlukan biaya yang cukup mahal jika digunakan untuk mengukur radiasi di banyak titik pengukuran dalam waktu yang bersamaan.

Terdapat 2 jenis perangkat sensor yang dapat digunakan untuk mengukur radiasi matahari, sensor suhu menggunakan *thermopile*, dan menggunakan *solid*

*state sensor* menggunakan *photovoltaic* atau *photodiode*. *Pyranometer* konvensional umumnya menggunakan *thermopile* sebagai sensor radiasi, dapat digunakan juga *photodiode* sebagai alternatif lain pengganti sensor radiasi matahari. *Pyranometer* konvensional umumnya masih menggunakan kabel untuk menghubungkan sensor dengan perangkat pemroses dan penampil data, akibatnya jangkauan sedikit terbatas hanya sepanjang kabel yang tersedia (Ullah & Syahputra, 2017). Jenis *pyranometer* ditunjukkan pada Gambar 1.

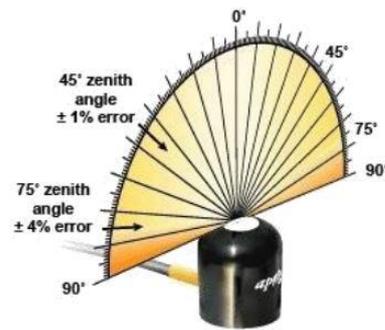


Gambar 1. *Pyranometer*: a) menggunakan *photodiode*; b) menggunakan *thermopile*  
(Sumber: Kippzonen)

*Pyranometer* menggunakan *photodiode* umumnya dapat mengukur nilai spektrum matahari antara 400 nm sampai 900 nm, dengan kinerja pengukuran tertinggi berkisar antara 350 nm hingga 1100 nm. *Photodiode* mengubah frekuensi spektrum matahari menjadi arus berkecepatan tinggi berdasarkan efek fotolistrik. *Pyranometer* jenis ini umumnya membutuhkan sedikit perawatan dan lebih murah harganya (Oyelami et al., 2020).

Hasil pengukuran dari *pyranometer* dipengaruhi oleh *cosine* dari sudut insiden matahari (*solar angle-of-incidence/AOI*). Sudut datang dari radiasi matahari dapat mempengaruhi hasil pengukuran dari *pyranometer*. Dimana, sudut terbaik untuk pengukuran radiasi matahari adalah saat sensor tegak lurus dengan radiasi matahari.

Sedangkan, sudut terburuk adalah saat matahari berada di ufuk datang dan pergi. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa semua *pyranometer* tunduk kesalahan pengukuran yang signifikan pada AOI tinggi karena ketidaksejajaran mekanis (Patil et al., 2013). Adapun respon *cosine pyranometer* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Respon *cosine pyranometer* (Patil et al., 2013)

### C. *Internet of Things (IoT)*

IoT merupakan suatu konsep yang bertujuan memanfaatkan secara maksimal perangkat yang tersambung dengan konektivitas internet secara terus menerus. Pada dasarnya IoT mengacu pada benda yang dapat diidentifikasi secara unik sebagai representatif virtual dalam struktur berbasis internet (Dewi et al., 2019). IoT adalah konsep dimana semua benda di dunia nyata dapat berkomunikasi satu dengan yang lain sebagai bagian dari satu kesatuan sistem terpadu menggunakan jaringan internet sebagai penghubung. misalnya CCTV yang terpasang di sepanjang jalan dihubungkan dengan koneksi internet dan disatukan di ruang kontrol yang jaraknya mungkin puluhan kilometer. Contoh lainnya adalah sebuah rumah cerdas yang dapat dipantau melalui *smartphone* dengan bantuan koneksi internet (Efendi, 2018).

Konsep IoT ini kurang populer hingga tahun 1999, namun IoT telah dikembangkan selama beberapa dekade. Alat IoT pertama adalah mesin *Coke* di

*Carnegie Mellon University* di awal 1980-an. Para programmer dapat terhubung ke mesin melalui internet, memeriksa status mesin dan menentukan apakah ada atau tidak minuman dingin yang menunggu mereka, tanpa harus pergi ke mesin tersebut. Istilah IoT mulai dikenal tahun 1999 yang saat itu disebutkan pertama kalinya dalam sebuah presentasi oleh Kevin Ashton, *co founder and executive director of the Auto-ID Center di MIT* (Adani & Salsabil, 2019).

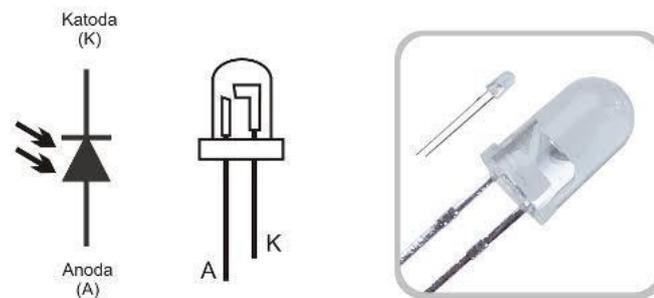
Untuk membangun sistem IoT membutuhkan komponen yaitu *device connection* dan *data sensing*. Selain komponen tersebut, kemampuan berkomunikasi antara sistem juga dibutuhkan dalam membangun sistem IoT. Untuk menyimpan serta melakukan *data analytics* dari data hasil akuisisi *data sensing* digunakan *server database*. Komponen terakhir adalah pemanfaatan dari komunikasi yang dijalankan terus menerus antara *device connection* dengan *data sensing* yang mampu menyimpan serta melakukan *data analytics* (Mahali, 2016).

#### **D. Sensor Photodiode**

Sensor cahaya adalah komponen elektronika dapat berfungsi mengubah suatu besaran optik (cahaya) menjadi besaran elektrik. Sensor cahaya berdasarkan perubahan elektrik yang dihasilkan dibagi menjadi dua jenis, yaitu *photovoltaic* dan *photoconductive*. Salah satu sensor cahaya jenis *photoconductive* adalah sensor *photodiode* (Nasution et al., 2015).

*Photodiode* adalah suatu jenis dioda yang resistansinya akan berubah-ubah apabila terkena sinar cahaya. Resistansi dari *photodiode* dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterimanya, semakin banyak cahaya yang diterima maka semakin kecil resistansi dari *photodiode* dan begitu pula sebaliknya jika semakin sedikit intensitas cahaya yang diterima oleh sensor *photodiode* maka semakin besar nilai

resistansinya. Sensor *photodiode* sama seperti sensor LDR, mengubah besaran cahaya yang diterima sensor menjadi perubahan konduktansi (kemampuan suatu benda menghantarkan arus listrik dari suatu bahan) (Setyaningsih et al., 2017). Sensor *Photodiode* dapat dilihat pada Gambar 3.

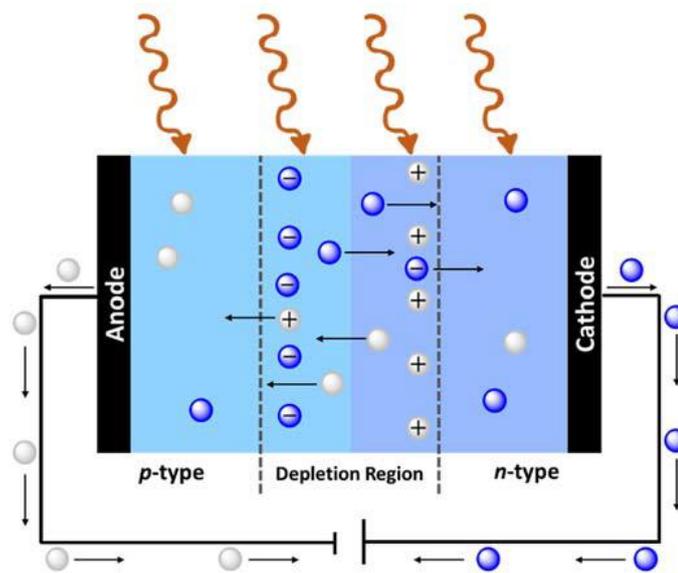


Gambar 3. Sensor *photodiode*  
(Sumber: Setyaningsih, 2017)

Semua *photodiode* beroperasi dengan cara yang sama. Struktur dari *photodiode* dapat berupa *p-n junction* atau *p-i-n junction*. *P-n junction* adalah kombinasi dari semikonduktor tipe-p (di mana *hole* adalah pembawa muatan mayoritas dan elektron bebas adalah minoritas) dan semikonduktor tipe-n (elektron bebas adalah muatan mayoritas dan *hole* adalah muatan minoritas yang dibawa). Daerah di mana semikonduktor tipe-p dan semikonduktor tipe-n yang bergabung disebut *p-n junction*. Keseimbangan akan tercapai dengan proses migrasi elektron ke *hole*. Namun, di antarmuka *p-n junction* ada daerah penipisan yang memperlambat transfer elektron. Dalam kasus *p-i-n junction*, ada semikonduktor intrinsik antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n.

Biasanya, prinsip kerja *photodiode* mirip dengan *solar cell*. Kedua tipe *p-n junction* atau *p-i-n junction* dapat digunakan, tetapi keduanya beroperasi dalam kondisi bias terbalik. Hal ini berarti bahwa sisi p terhubung ke anoda dan sisi n terhubung ke katoda. Adapun, ketika sebuah foton menumbuk dioda, maka

pasangan *hole* dan elektron dibuat (efek fotolistrik). Jika penyerapan terjadi dalam panjang difusi dari daerah penipisan atau di dalam daerah penipisan, pembawa ini tersapu dari persimpangan melalui bidang *built-in* dari daerah penipisan. Elektron bergerak menuju katoda dan *hole* bergerak menuju anoda, menghasilkan arus foto (Pires & Bonifácio, 2019). Prinsip kerja dari *p-n junction photodiode* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Prinsip kerja dari *photodiode* (Pires & Bonifácio, 2019)

### E. *Solar Cell*

*Solar cell* merupakan komponen terkecil penyusun suatu panel/modul surya. *Solar cell* pada umumnya menggunakan bahan silikon memiliki ketebalan minimum 0,3 mm dan biasanya menghasilkan tegangan 0,5 volt (Usman et al., 2018). Modul *solar cell* merubah energi surya menjadi arus listrik DC. Secara sederhana prinsip kerja *solar cell* dapat dijelaskan dengan memisalkan sebagai dioda. Dioda ini terdiri dari semikonduktor tipe-n dan semikonduktor tipe-p (APEREC, 2004). Bila kedua tipe diletakkan berdekatan maka akan diperoleh *p-n junction* semikonduktor.

Daerah sambungan *junction* ini akan mengalami deplesi, yaitu suatu daerah yang tidak memiliki muatan bebas (elektron dan *hole*). Pada batas ujung daerah deplesi terjadi polarisasi listrik, sehingga terdapat medan listrik internal yang arahnya dari tipe-n ke tipe-p. Bila pada daerah deplesi dijatuhkan seberkas cahaya (partikel foton) maka partikel foton akan lenyap dan berubah menjadi dua partikel baru yang bermuatan berlawanan yaitu elektron dan *hole*. Muatan bebas ini segera diangkut oleh medan listrik internal, *hole* bergerak dari tipe-n ke tipe-p dan elektron bergerak pada arah sebaliknya.

Konsentrasi pembawa muatan di dalam bahan akan bertambah sehingga dapat terjadi aliran arus difusi dan terjadi pula aliran arus *drift* karena pada daerah deplesi terdapat medan listrik internal. Akibatnya sistem *p-n junction* semikonduktor dapat berfungsi sebagai sumber daya listrik, dimana tipe-p berfungsi sebagai kutub positif dan tipe-n berfungsi sebagai kutub negatif (Rizal, 2016). *Solar cell* dapat dilihat pada Gambar 5.



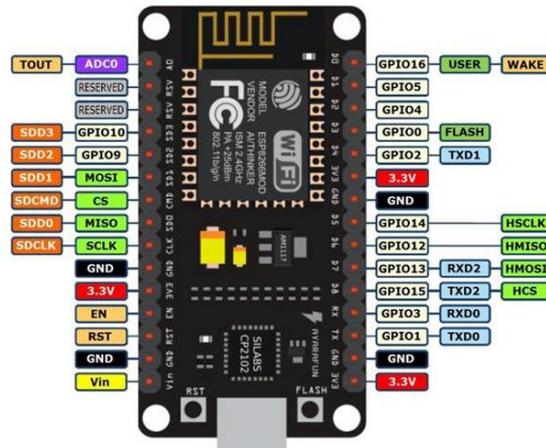
Gambar 5. *Solar cell*  
(Sumber : Thamrin et al, 2018)

## F. NodeMCU ESP8266

Mikrokontroler adalah suatu komponen elektronika yang dapat diprogram dan memiliki kemampuan untuk mengeksekusi langkah-langkah yang telah diprogram

(Yohandri, 2021). Adapun, NodeMCU merupakan sebuah *board* elektronik yang berbasis *chip* ESP8266 dengan kemampuan menjalankan fungsi mikrokontroler dan juga koneksi internet (WiFi). Terdapat beberapa *pin* I/O sehingga dapat dikembangkan menjadi sebuah aplikasi *monitoring* maupun *controlling* pada proyek IoT. NodeMCU ESP8266 dapat diprogram dengan *compiler* arduino, menggunakan Arduino IDE. Bentuk fisik dari NodeMCU ESP8266, terdapat *port* USB (*mini* USB) sehingga akan memudahkan dalam pemrogramannya (Dewi et al., 2019).

NodeMCU adalah sebuah *platform* IoT yang bersifat *open source*. Terdiri dari perangkat keras berupa *System on Chip* (SoC) ESP8266-12 buatan *Espressif System*, juga *firmware* yang digunakan yang menggunakan bahasa pemrograman *scripting Lua*. Istilah NodeMCU sebenarnya mengacu pada *firmware* yang digunakan daripada perangkat keras development kit. NodeMCU bisa dianalogikan sebagai *board* Arduino-nya ESP8266. NodeMCU telah menggabungkan ESP8266 ke dalam sebuah *board* yang kompak dengan berbagai fungsi layaknya mikrokontroler ditambah juga dengan kemampuan akses terhadap WiFi juga *chip* komunikasi USB *to serial* sehingga untuk memprogramnya hanya diperlukan ekstensi kabel data *micro* USB. Secara umum ada tiga produsen NodeMCU yang produknya kini beredar di pasaran: *Amica*, *DOIT*, dan *Lolin/WeMos*. Dengan beberapa varian *board* yang diproduksi yakni V1, V2 dan V3 (Satriadi & Christiyono, 2019). NodeMCU ESP8266 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. NodeMCU ESP8266

Gambar 6 merupakan konfigurasi pin yang ada pada NodeMCU ESP8266. Adapun, penjelasan dari masing-masing *pinout* NodeMCU ESP8266 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Pinout* NodeMCU ESP8266

Kategori Pin	Nama Pin	Penjelasan
<i>Power</i>	Micro USB, 3.3V, GND, Vin	Micro USB: Pin USB untuk <i>programming</i> dan <i>power supply</i> 3.3V: pin khusus untuk sumber 3.3 V GND: <i>ground pin</i> Vin: Catu Daya Eksternal
<i>Control Pins</i>	EN, RST	Pin dan tombol <i>reset</i> mikrokontroler
<i>Analog Pin</i>	A0	Berfungsi untuk mengukur tegangan pada jangkauan 0-3,3 V
<i>GPIO Pins</i>	GPIO1 - GPIO16	Pin yang dapat dikombinasikan antara 16 pin
<i>SPI Pins</i>	SD1, CMD, SD0, CLK	Empat pin untuk komunikasi SPI
<i>UART Pins</i>	TXD0, RXD0, TXD2, RXD2	Pin untuk <i>programming</i> baik <i>upload</i> maupun <i>download</i>
<i>I2C Pin</i>		Pin untuk dukungan I2C

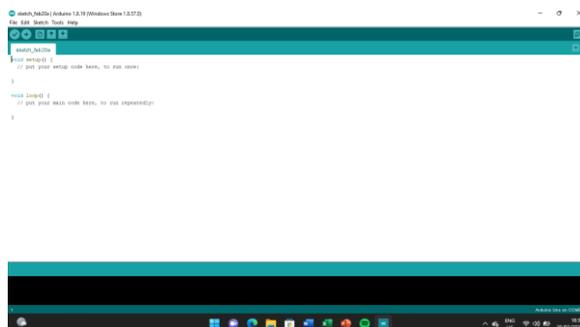
## G. Arduino IDE

IDE merupakan kependekan dari *Integrated Development Environment*. IDE merupakan program yang digunakan untuk membuat program pada ESP8266 NodeMCU. Program yang ditulis dengan menggunakan *software* Arduino IDE disebut sebagai *sketch*. *Sketch* ditulis dalam suatu editor teks dan disimpan dalam *file* dengan ekstensi *.ino*. Pada *software* Arduino IDE, terdapat semacam *message box* berwarna hitam yang berfungsi menampilkan keadaan, seperti pesan *error*, *compile*, dan *upload program*. Di bagian bawah paling kanan *software* Arduino IDE, menunjukkan *board* yang terkonfigurasi beserta *COM Ports* yang digunakan.

- a. *Verify/Compile*, berfungsi untuk mengecek apakah sketsa yang dibuat ada kekeliruan dari segi sintaks atau tidak. Jika tidak ada kesalahan, maka sintaks yang dibuat akan diubah ke dalam bahasa mesin.
- b. *Upload*, berfungsi mengirimkan program yang sudah dikompilasi ke Arduino *Board*.

Struktur perintah pada arduino secara garis besar terdiri dari dua bagian yaitu *void setup* dan *void loop*. *Void setup* berisi perintah yang akan dieksekusi hanya satu kali sejak arduino dihidupkan. Sedangkan, *void loop* berisi perintah yang akan dieksekusi berulang-ulang selama arduino dinyalakan (Endra et al., 2019).

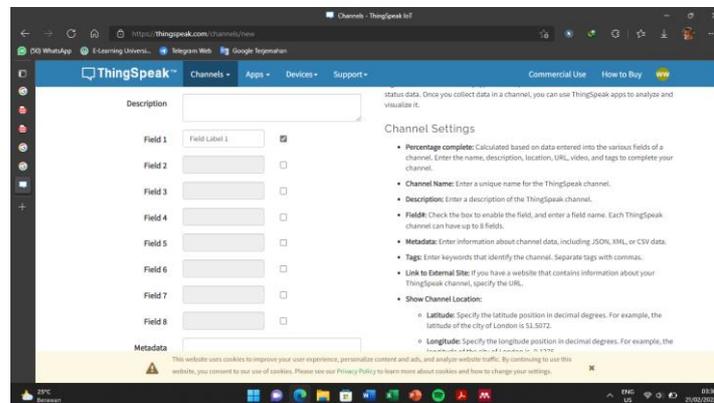
Tampilan dari Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan Arduino IDE

## H. ThingSpeak

*Platform ThingSpeak* merupakan sarana atau tempat yang sifatnya open untuk digunakan dalam mengembangkan aplikasi IoT, selain karena *open source*, *ThingSpeak* juga relatif mudah untuk dilakukan konfigurasi (Ekayana, 2019). *ThingSpeak* adalah *platform* IoT yang memungkinkan kita untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, memvisualisasikan, dan bertindak atas data dari sensor atau aktuator, seperti *Arduino*, *Raspberry Pi*, dan perangkat keras lainnya. Misalnya, dengan *ThingSpeak* kita dapat membuat aplikasi *sensor-logging* dan aplikasi pelacakan lokasi. *ThingSpeak* berfungsi sebagai pengumpul data yang mengumpulkan data dari perangkat *node* dan juga memungkinkan data yang akan diambil ke dalam lingkungan perangkat lunak untuk analisis historis data (Ekayana, 2019). Tampilan dari *ThingSpeak* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. *ThingSpeak*

## I. App Inventor

*App Inventor* merupakan aplikasi *web* sumber terbuka yang awalnya dikembangkan oleh *Google*, dan saat ini dikelola oleh *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). *App Inventor* merupakan sebuah pemrograman yang menghasilkan aplikasi yang dapat digunakan di sistem *Android*. *App Inventor*

berbasis *cloud* yang diakses menggunakan *internet browser* (Risma et al., 2021).

Pada *App Inventor* ini terdapat beberapa komponen yang terdiri dari:

1. *Designer Component* berjalan pada *browser* yang digunakan untuk memilih komponen yang dibutuhkan dan mengatur propertinya. Pada *designer component* sendiri terdapat 5 bagian, yaitu *palette*, *viewer*, *component*, *media* dan *properties*.
2. *Block Editor* berjalan di luar *browser* dan digunakan untuk membuat dan mengatur *behavior* dari komponen-komponen yang kita pilih dari *designer component*.
3. *Emulator* yang digunakan untuk menjalankan dan menguji *project* yang telah dibuat (M. W. Sari & Hardyanto, 2016).

#### **J. *Smartphone Android***

*Smartphone Android* merupakan telepon yang dapat menyajikan fitur canggih seperti surat elektronik, internet dan lainnya sehingga *smartphone Android* dapat dikatakan sebagai komputer mini yang memiliki kapabilitas sebuah telepon. Pengembangan perangkat lunak umumnya lebih banyak pada perangkat *mobile* karena mayoritas orang memiliki *smartphone Android*.

*Android* adalah sistem operasi untuk telepon seluler yang berbasis *Linux*. *Android* utamanya adalah produk *Google*, tetapi lebih tepatnya bagian dari *Open Handset Alliance*. *Open Handset Alliance* merupakan aliansi dari 30 organisasi yang berkomitmen untuk membawa sebuah perangkat seluler yang lebih baik dan terbuka untuk pasar. *Android* termasuk *kernel* berbasis *Linux*, aplikasi *end-user*, dan *framework* aplikasi. Telepon pertama yang memakai sistem operasi *Android* adalah *HTC Dream*, yang dirilis pada 22 Oktober 2008 (Warangkiran et al., 2014).

## BAB V PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancang bangun *pyranometer* berbasis IoT menggunakan sensor *photodiode* didapatkan kesimpulan yaitu:

1. Spesifikasi performansi *pyranometer* berbasis IoT menggunakan sensor *photodiode* terdiri dari rangkaian catu daya sebagai sumber tegangan dari rangkaian sensor *photodiode* dan mikrokontroler. Rangkaian sensor *photodiode* yang terdiri dari rangkaian Op-Amp sebagai penguat nilai keluaran sensor *photodiode*. Alat *pyranometer* berbasis IoT terbentuk dari kotak plastik berwarna hitam dengan arah pengukuran menghadap ke atas. Aplikasi *monitoring* yang terdiri dari *database ThingSpeak* dan ditampilkan di aplikasi yang dirancang menggunakan *App Inventor*. Hasil pengukuran berupa nilai radiasi matahari ( $W/m^2$ ) secara realtime yang menandakan alat dapat bekerja secara baik.
2. Spesifikasi desain *pyranometer* berbasis IoT menggunakan sensor *photodiode* terdiri dari karakteristik, ketepatan, ketelitian dan pengukuran. Karakteristik sensor *photodiode* BPW21 yaitu semakin besar nilai radiasi matahari yang diukur, maka semakin besar juga nilai tegangan keluaran sensor *photodiode* BPW21. Dari pengujian ketepatan alat diperoleh persentase ketepatan 98,14%. Sedangkan, pengujian ketelitian alat diperoleh persentase ketelitian sebesar 98,63%. Pengukuran dilakukan tanggal 8 Juli 2022 dari jam 9:30 sampai 15:11 dengan persentase kesalahan 12,18% dan 13 Juli 2022 dari jam 08:56 sampai 15:10 dengan persentase kesalahan 4,87 %.

## B. Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian ini, diperoleh beberapa saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut yaitu:

1. Pengukuran *pyranometer* berbasis IoT secara langsung di lapangan terjadi beberapa kali kehilangan data dikarenakan jaringan kurang stabil. Sebaiknya ditambahkan *microSD* agar data yang tidak terkirim ke internet tetap tersimpan.
2. *Photodiode* BPW21 masih kurang akurat di beberapa waktu pengukuran. Sebaiknya digunakan sensor *photodiode* yang jauh lebih akurat lagi kedepannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adani, F., & Salsabil, S. (2019). *Internet of Things: Sejarah Teknologi dan Penerapannya*. 14(2), 92–99.
- APERC. (2004). *New and Renewable Energy in The APEC Region*.
- Beaubien, D. J., Bisberg, A., & Beaubien, A. F. (1998). Investigations in pyranometer design. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 15(3), 677–686. [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(1998\)015<0677:IIPD>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(1998)015<0677:IIPD>2.0.CO;2)
- Dewi, N. H. L., Rohmah, M. F., & Zahara, S. (2019). Prototype Smart Home Dengan Modul Nodemcu Esp8266 Berbasis Internet of Things (Iot). *Jurnal Teknik Informatika*, 3.
- Efendi, Y. (2018). *Internet of Things (IoT) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry PI Berbasis Mobile*. 4(1), 19–26.
- Ekayana, A. A. G. (2019). Implementasi Siproto Menggunakan Platform Thingspeak Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika*, 8(3), 237–248. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/janapati/article/view/19420>
- Endra, R. Y., Cucus, A., Affandi, F. N., & Syahputra, M. B. (2019). Model Smart Room Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Untuk Efisiensi Sumber Daya. *Sistem Informasi Dan Telematika*, 10(1), 1–9.
- Fitri, Y.-, Sulianto, B.-, Fitriya, N.-, & Retnowati, S. F. (2018). Perancangan Alat Digital Pengukur Intensitas Radiasi Matahari Dan Lama Penyinaran Matahari. *Photon: Jurnal Sain Dan Kesehatan*, 9(1), 143–150. <https://doi.org/10.37859/jp.v9i1.1069>
- Foster, R., Ghassemi, M., & Cota, A. (2010). *Solar Energy* (A. Ghasemi (ed.)). CRC Press.
- Kirkup, L. (2019). Experimental methods for science and engineering students: an introduction to the analysis and presentation of data, 2nd edition. In *Contemporary Physics* (Second, Vol. 61, Issue 2). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1080/00107514.2020.1756922>
- Mahali, M. I. (2016). *Smart Door Locks Based on Internet of Things Concept With Mobile Backend as a Service*. 1(November), 171–181.
- Meliala, S. (2016). Analisis Tegangan Keluaran DC Step-Up Cuk Konverter Menggunakan Fuzzy Logic Kontroler. *Journal of Electrical Technology*, 1(1), 17–24.
- Minarsih, M. M. (2019). Strategi Perusahaan Dalam Penanganan Berkurangnya Fokus Pegawai Di Kecamatan Gunungpati. *Jurnal Ilmu Manajemen Dan Akuntansi Terapan (JIMAT)*, 10(2), 149–166. <http://jurnal.stietotalwin.ac.id/index.php/jimat/article/view/197/181>
- Muhammad, U., Fitri, S. N., & Rahmansyah, A. A. (2020). *Rancang Bangun*

*Monitoring Data Pyranometer Berbasis Website.* 96–101.

- Nasution, N., Supriyanto, A., & Suciwati, W. (2015). Implementasi Sensor Fotodiode sebagai Pendeteksi Serapan Sinar Infra Merah pada Kaca. *JURNAL Teori Dan Aplikasi Fisika*, 03(02), 111–116.
- Nuryanto, L. E. (2017). Penerapan Dari Op-Amp ( Operational Amplifier ). *Orbith*, 13(1), 43–50.  
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj\\_7-Da0JLsAhXRF3IKHadsBEUQFjAAegQIBxAC&url=https%3A%2F%2Fjurnal.polines.ac.id%2Findex.php%2Fforbith%2Farticle%2Fview%2F950%2F773&usq=AOvVaw3t8w3AgTQ20ITD988w88bE](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj_7-Da0JLsAhXRF3IKHadsBEUQFjAAegQIBxAC&url=https%3A%2F%2Fjurnal.polines.ac.id%2Findex.php%2Fforbith%2Farticle%2Fview%2F950%2F773&usq=AOvVaw3t8w3AgTQ20ITD988w88bE)
- Octavianti, A., Muliadi, & Apriansyah. (2018). Estimasi Intensitas Radiasi Matahari di Wilayah Kota Makassar. *Prisma Fisika*, 6, No. 3(3), 152–159.
- Oyelami, S., Azeez, N. A., Adedigba, S. A., Akinola, O. J., & Ajayi, R. . (2020). A Pyranometer for Solar Radiation Measurement-Review. *Adeleke University Journal of Engineering and Technology*, 3(1), 61–68.  
<https://www.researchgate.net/publication/349210517>
- Patil, A., Haria, K., & Pashte, P. (2013). Photodiode Based Pyranometer. *International Journal of Advances in Science Engineering and Technology*, 1, 2321–9009.
- Pires, R. F., & Bonifácio, V. D. B. (2019). Photodiodes : Principles and recent advances. *Journal of Materials NanoScience*, 6(2), 38–46.
- Raisal, A. Y., Putraga, H., Hidayat, M., & Rakhmadi, A. J. (2021). Analisis Pengaruh Aphelion dan Perihelion Terhadap Suhu Menggunakan Weather Station. *Jurnal Environmental Science*, 3(2), 8–17.
- Rifai, L. D., Tongkukul, S. H. J., & Raharjo, S. S. (2014). Analisis Intensitas Radiasi Matahari di Manado dan Maros. *Jurnal MIPA*, 3(1), 49.  
<https://doi.org/10.35799/jm.3.1.2014.3907>
- Risma, Farida, & Andriani, S. (2021). Android Mobile Learning: MIT App Inventor dan Pengembangannya pada Pembelajaran Matematika. *AlphaMath : Journal of Mathematics Education*, 7(1), 64.  
<https://doi.org/10.30595/alphamath.v7i1.8800>
- Rizal, C. (2016). *Penggunaan Solar Sel Sebagai Pembangkit Tenaga Surya.* 7–17.
- Saipul Hamdi. (2014). Mengenal Lama Penyinaran Matahari Sebagai Salah Satu Parameter Klimatologi. *Berita Dirgantara*, 15(1), 7–16.
- Sari, M. B., Yulkifli, & Kamus, Z. (2015). Sistem Pengukuran Intensitas dan Durasi Penyinaran Matahari Realtime PC berbasis LDR dan Motor Stepper. *J.Oto.Ktrl.Inst*, 7(1), 37–52.
- Sari, M. W., & Hardyanto, H. (2016). Implementasi Aplikasi Monitoring Pengendalian Pintu Gerbang Rumah Menggunakan App Inventor Berbasis Android. *Eksis*, 09(1), 20–28.

- Satriadi, A., & Christiyono, Y. (2019). *Perancangan Home Automation Berbasis NodeMCU*. 8(1), 64–71.
- Setyaningsih, E., Prastiyanto, D., & Suryono. (2017). Penggunaan Sensor Photodiode sebagai Sistem Deteksi Api pada Wahana Terbang Vertical Take-Off Landing (VTOL). *Jurnal Teknik Elektro*, 9(2), 53–59. <https://doi.org/10.15294/jte.v9i2.11155>
- Sianturi, Y. (2021). Pengukuran dan Analisa Data Radiasi Matahari di Stasiun Klimatologi Muaro Jambi. *Megasains*, 12(1), 40–47. <https://doi.org/10.46824/megasains.v12i1.45>
- Sing, C. K. L., Ken, T. L., Yee, L. K., Kamadinata, J. O., Sidik, N. A. B. C., Asako, Y., & Quen, L. K. (2018). Solar Radiation Forecast Using Cloud Velocity for Photovoltaic Systems. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 50(4), 479–492. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2018.50.4.3>
- Sutarno, S., Erwin, E., & Hayat, M. S. (2017). Radiasi Benda Hitam dan Efek Fotolistrik Sebagai Konsep Kunci Revolusi Saintifik dalam Perkembangan Teori Kuantum Cahaya. *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 9(2), 51–58. <https://doi.org/10.30599/jti.v9i2.92>
- Ulfa, R. (2019). Variabel Dalam Penelitian Pendidikan. *Jurnal Pendidikan Dan Keislaman*, 6115, 342–351. <https://doi.org/10.32550/teknodik.v0i0.554>
- Ullah, A., & Syahputra, E. (2017). Pengembangan Sistem Akuisisi Data Radiasi Matahari Menggunakan Phyranometer Memanfaatkan Sensor Photovoltaic. *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi Dan Industri (SNTIKI)*, 453–461.
- Ulrich, Karl, T., & Eppinger, S. (2001). *Perancangan dan Pengembangan Produk Edisi Pertama* (First Edit). Salemba Teknika.
- Usman, U., Muhammad, U., & Wibowo, N. R. (2018). Rancang Bangun Pyranometer Berbasis Mikrokontroler. *Patria Artha Technological Journal*, 2(2), 139–144. <https://doi.org/10.33857/patj.v2i2.137>
- Warangkiran, I., Kaunang, I. S. T. G., Lumenta, A. S. M., & St, A. M. R. (2014). Perancangan Kendali Lampu Berbasis Android. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 3(1), 65–72.
- Yohandri. (2021). Mikrokontroler dan Pemrograman. In *PT RajaGrafindo Persada* (First Edit).