

KONTROL OTOMATIS PEMBERSIH PANEL SURYA  
BERBASIS *IOT* DENGAN MENGGUNAKAN *PLATFORM*  
*THINGSPEAK*



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Pendidikan diploma empat (D-4) Program Studi Teknik Pembangkit energi  
Jurusan Teknik Mesin  
Politeknik Negeri Ujung Pandang

DISUSUN OLEH:

ANGGA RENALDI	442 19 026
SITTI NURHAEDAH	442 19 042

PROGRAM STUDI D-4 TEKNIK PEMBANGKIT ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR  
2023

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dengan judul **“Kontrol Otomatis Pembersih Panel Surya Berbasis IoT dengan Menggunakan Platform Thingspeak”** oleh Angga Renaldi (442 19 026) dan Sitti Nurhaedah (442 19 042) telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.


Makassar, 08 September 2023


Menyetujui

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II


  
Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph.D  
NIP. 19600817 198903 1 002

  
Prof. Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D  
NIP. 19590826 198803 1 002

Mengetahui

Program Studi



  
Ir. Chandra Buana, M.T.  
NIP. 19650319 199103 1 003

## HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, tanggal 15 September 2023, tim penguji ujian skripsi telah menerima dengan baik hasil skripsi oleh mahasiswa: Angga Renaldi NIM 442 19 026 dan Sitti Nurhaedah NIM 442 19 042 dengan judul “**Kontrol Otomatis Pembersih Panel Surya Berbasis IoT dengan Menggunakan Platform Thingspeak**”

Makassar, 19 September 2023

- 
1. Ir. Andareas Pangkung, M.I. Ketua 
  2. Ir. La Ode Musa M.I. Sekretaris 
  3. Ir. Herman Nawir, M.I. Anggota I 
  4. Prof. A.M. Shiddiq Yunus, S.T.,  
M.Eng.Sc.,Ph.D. Anggota II 
  5. Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si.  
Ph.D Pembimbing I 
  6. Prof. Ir. Suryanto, M.Sc. Ph.D Pembimbing II 

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Angga Renaldi  
Nim : 442 19 026  
Program Studi : D4 Teknik Pembangkit Energi  
Tempat/ Tgl. Lahir : Empagae, 31 Oktober 1999  
Alamat : BTP Blok K No.411 A

Dengan ini menyatakan :

A. Tugas Akhir/Skripsi yang berjudul :

Kontrol Otomatis Pembersih Panel Surya Berbasis IoT dengan Menggunakan *Platform ThingSpeak*

Adalah benar disusun/dibuat oleh saya sendiri dan jika dikemudian hari diketahui berdasarkan bukti-bukti yang kuat ternyata Tugas Akhir/Skripsi tersebut dibuatkan oleh orang lain atau diketahui bahwa Tugas Akhir/Skripsi tersebut merupakan plagiat/mencontek /menjiplak hasil karya ilmiah orang lain, maka dengan ini saya siap menerima segala yang ditimbulkan berupa pembatalan/pencabutan Gelar Akademik dan siap mengulang kembali dari awal.

B. Bahwa seluruh dokumen (copy ijazah, copy transkrip nilai) dan lain-lain sebagai persyaratan sidang adalah asli milik saya pribadi dan dapat saya pertanggung jawabkan keasliannya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Makassar, 8 September 2023

Yang Membuat,



(ANGGA RENALDI)

**SURAT PERNYATAAN**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Sitti Nurhaedah  
Nim : 442 19 042  
Program Studi : D4 Teknik Pembangkit Energi  
Tempat/ Tgl. Lahir : Makassar, 17 April 2001  
Alamat : Jl. Kapasa Baru NO. 18

Dengan ini menyatakan :

A. Tugas Akhir/Skripsi yang berjudul :

Kontrol Otomatis Pembersih Panel Surya Berbasis IoT dengan Menggunakan *Platform ThingSpeak*

Adalah benar disusun/dibuat oleh saya sendiri dan jika dikemudian hari diketahui berdasarkan bukti-bukti yang kuat ternyata Tugas Akhir/Skripsi tersebut dibuatkan oleh orang lain atau diketahui bahwa Tugas Akhir/Skripsi tersebut merupakan plagiat/mencontek /menjiplak hasil karya ilmiah orang lain, maka dengan ini saya siap menerima segala yang ditimbulkan berupa pembatalan/pencabutan Gelar Akademik dan siap mengulang kembali dari awal.

B. Bahwa seluruh dokumen (copy ijazah, copy transkrip nilai) dan lain-lain sebagai persyaratan sidang adalah asli milik saya pribadi dan dapat saya pertanggung jawabkan keasliannya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Makassar, 8 September 2023

Yang Membuat,



(SITTI NURHAEDAH)

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN..... i

SURAT PERNYATAAN .....	ii
SURAT PERNYATAAN .....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR SIMBOL.....	xi
KATA PENGANTAR .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian .....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Panel <i>Photovoltaic</i> (PV).....	5
2.2 Perhitungan Efisiensi Panel <i>PV</i> .....	5
2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Efisiensi Panel <i>PV</i> .....	7
2.4 Alat Pembersih Panel .....	7
2.5 Arduino Uno.....	11
2.6 <i>Software</i> Arduino IDE.....	14
2.7 <i>Data Logger</i> .....	15
2.8 <i>Internet of Things</i> (IoT).....	17
2.9 <i>Real Time Clock</i> (RTC).....	19
2.10 <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD).....	20
2.11 Modul <i>wifi</i> ( <i>NodeMCU</i> ESP8266) .....	22
2.12 Sensor Tegangan DC.....	23
2.13 Sensor Arus .....	24
2.14 Sensor Suhu .....	26
2.15 Platform ThingSpeak.....	27
2.16 Penelitian Terdahulu.....	29

<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>31</b>
3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan .....	31
3.2 Alat dan Bahan .....	31
3.3 Tahap Perancangan.....	33
3.4 Prosedur Pengujian.....	38
3.5 Parameter yang Diukur.....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>40</b>
4.1 Alat Pembersih Panel Surya Otomatis .....	40
4.2 Pengujian Efisiensi Panel .....	48
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>70</b>
5.1 Kesimpulan.....	70
5.2 Saran.....	70
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>72</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>74</b>
Lampiran 1a Gambar desain 2D alat pembersih panel.....	74
Lampiran 1b Gambar teknik rancangan alat pembersih panel .....	75
Lampiran 2a Script program arduino uno motor dan pompa otomatis .....	76
Lampiran 2b <i>Script</i> program arduino uno pembacaan sensor .....	81
Lampiran 2c <i>Script</i> program NodeMCU ESP8266.....	84
Lampiran 3a Tabel pengujian panel berdebu level 1.....	88
Lampiran 3b Tabel pengujian panel bersih .....	90
Lampiran 3c Tabel pengujian panel berdebu level 2.....	92
Lampiran 3d Tabel pengujian panel bersih .....	94
Lampiran 3e Hasil pembacaan sensor pada platform <i>Thingspeak</i> .....	96
Lampiran 3f Panel surya berdebu level 1 dan setelah dibersihkan .....	100
Lampiran 3g Panel surya berdebu level 2 dan setelah dibersihkan.....	101
Lampiran 4a Tabel hasil perhitungan daya input, daya output dan efisiensi panel berdebu level 1 .....	102
Lampiran 4b Tabel hasil perhitungan daya input, daya output dan efisiensi panel bersih .....	104

Lampiran 4c Tabel hasil perhitungan daya input, daya output dan efisiensi panel berdebu level 2 .....	106
Lampiran 4d Tabel hasil perhitungan daya input, daya output dan efisiensi panel bersih .....	108
Lampiran 5a Pengerjaan dan pengetesan alat.....	110
Lampiran 5b Kegiatan pengambilan data.....	114





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Water-Free Solar Panel Cleaning Robots</i> .....	8
Gambar 2. 2 Solar PV Cleaning Robot .....	9
Gambar 2. 3 Alat Pembersih Panel PV Bertipe Wiper .....	10
Gambar 2. 4 Arduino UNO .....	13
Gambar 2. 5 Tampilan <i>Software</i> Arduino IDE .....	15
Gambar 2. 6 Sistem Umum Data Logger .....	16
Gambar 2. 7 Konsep dan Cara Kerja IoT .....	18
Gambar 2. 8 Modul RTC .....	20
Gambar 2. 9 LCD I2C (a) Tampak depan (b) Tampak belakang .....	21
Gambar 2. 10 NodeMCU ESP8266 .....	22
Gambar 2. 11 Sensor Tegangan DC .....	24
Gambar 2. 12 Sensor Arus ACS712 .....	25
Gambar 2. 13 Sensor DS18B20 .....	27
Gambar 2. 14 Platform <i>ThingSpeak</i> .....	28
Gambar 3. 1 Desain alat pembersih panel .....	33
Gambar 3. 2 Skema rangkaian sederhana .....	34
Gambar 3. 3 Skema rangkaian alat pembersih panel .....	34
Gambar 4. 1 Sistem kontrol dan monitoring alat pembersih panel .....	42
Gambar 4. 2 Pembacaan sensor pada LCD .....	43
Gambar 4. 3 Tampilan pembacaan suhu panel pada server <i>Thingspeak</i> .....	44
Gambar 4. 4 Tampilan pembacaan suhu udara pada server <i>Thingspeak</i> .....	44
Gambar 4. 5 Tampilan pembacaan tegangan panel pada server <i>Thingspeak</i> .....	45
Gambar 4. 6 Tampilan pembacaan arus panel pada server <i>Thingspeak</i> .....	45
Gambar 4. 7 Tampilan pembacaan arus motor pada server <i>Thingspeak</i> .....	46
Gambar 4. 8 Pembacaan sensor dalam bentuk angka .....	47
Gambar 4. 9 Arus motor yang terkirim ke server <i>Thingspeak</i> .....	48
Gambar 4. 10 Grafik intensitas matahari .....	49
Gambar 4. 11 Grafik suhu panel .....	50
Gambar 4. 12 Grafik suhu udara .....	51
Gambar 4. 13 Grafik tegangan panel .....	52
Gambar 4. 14 Grafik arus panel .....	53
Gambar 4. 15 Kondisi panel surya berdebu (a) level 1 dan (b) level 2 .....	54
Gambar 4. 16 Grafik intensitas matahari .....	55
Gambar 4. 17 Grafik suhu panel .....	56
Gambar 4. 18 Grafik suhu udara .....	57
Gambar 4. 19 Grafik tegangan panel .....	58
Gambar 4. 20 Grafik arus panel .....	59

Gambar 4. 21 Kondisi panel surya setelah dibersihkan ..... 60  
Gambar 4. 22 Grafik perbandingan efisiensi panel kondisi berdebu level 1 dengan panel kondisi bersih..... 67  
Gambar 4. 23 Grafik perbandingan efisiensi panel kondisi berdebu level 2 dengan panel kondisi bersih..... 68



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino UNO .....	13
Tabel 3. 1 Daftar Alat.....	31
Tabel 3. 2 Daftar Bahan .....	31
Tabel 3. 3 Parameter yang diukur .....	39
Tabel 4. 1 Tabel pengisian baterai .....	65



## DAFTAR SIMBOL

Pin	Daya input panel
Ir	Intensitas matahari
A	Luas penampang panel
FF	Fill Factor (Faktor Pengisi)
V <sub>pm</sub>	Tegangan pada titik kerja maksimum
I <sub>pm</sub>	Arus pada titik kerja maksimum
V <sub>oc</sub>	Tegangan rangkaian terbuka
I <sub>sc</sub>	Arus hubung singkat
P <sub>out</sub>	Daya output panel
V <sub>rata-rata</sub>	Tegangan sel surya
I <sub>rata-rata</sub>	Arus sel surya
P <sub>max</sub>	Daya input maksimum
I <sub>r max</sub>	Intensitas matahari maksimum
$\eta$	Efisiensi



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulisan laporan tugas akhir ini yang berjudul **“Kontrol Otomatis Pembersih Panel Surya Berbasis IoT Dengan Menggunakan Platform *ThingSpeak*”** dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak atas dukungan, bimbingan, perhatian dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis, antara lain:

1. Kedua orang tua penulis yang tak henti-hentinya mendoakan dan memberikan dukungan kepada kami.
2. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. Selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Ir. Chandra Buana, M.T.. Selaku Ketua Program Studi D-4 Teknik Pembangkit Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Bapak Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph.D. sebagai Pembimbing I dan Bapak Prof. Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D. sebagai Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
6. Segenap Dosen pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya Dosen pada Program Studi Teknik Pembangkit Energi
7. Seluruh tenaga kependidikan dan instruktur pada Program Studi Teknik Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
8. Teman-teman Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya teman-teman pada Program Studi Teknik Pembangkit Energi angkatan 2019 yang telah membantu dan memberi dukungannya dan seluruh

pihak yang telah membantu penulis hingga terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini.

9. Buat semua pihak yang tidak sempat kami sebutkan satu-persatu yang berjasa dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa Proposal Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan Laporan ini. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberkati segala usaha dan kerja keras kita semua. Aamiin.

Makassar, September 2023

Penulis



## SUMMARY

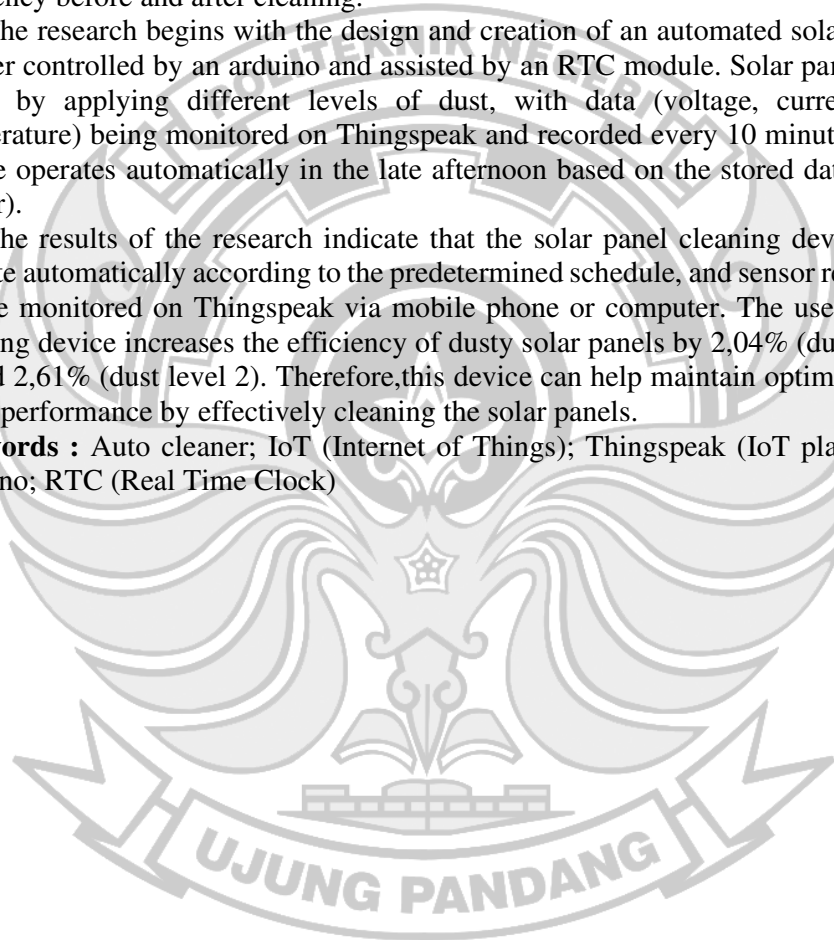
Dust or dirt can cause a decrease in the efficiency of solar panels, so they need to be cleaned periodically. Solar panels can be cleaned manually or with a panel cleaning device. Some panel cleaning devices are still operated manually, so there is a need for a device that can operate automatically.

The objective of this research is to design and create an automated solar panel cleaning device that can be monitored via the Thingspeak platform through a mobile phone or computer. This allows for assessment of the improvement in solar panel efficiency before and after cleaning.

The research begins with the design and creation of an automated solar panel cleaner controlled by an Arduino and assisted by an RTC module. Solar panels are tested by applying different levels of dust, with data (voltage, current and temperature) being monitored on Thingspeak and recorded every 10 minutes. The device operates automatically in the late afternoon based on the stored data (data logger).

The results of the research indicate that the solar panel cleaning device can operate automatically according to the predetermined schedule, and sensor readings can be monitored on Thingspeak via mobile phone or computer. The use of this cleaning device increases the efficiency of dusty solar panels by 2,04% (dust level 1) and 2,61% (dust level 2). Therefore, this device can help maintain optimal solar panel performance by effectively cleaning the solar panels.

**Keywords :** Auto cleaner; IoT (Internet of Things); Thingspeak (IoT platform); Arduino; RTC (Real Time Clock)



## RINGKASAN

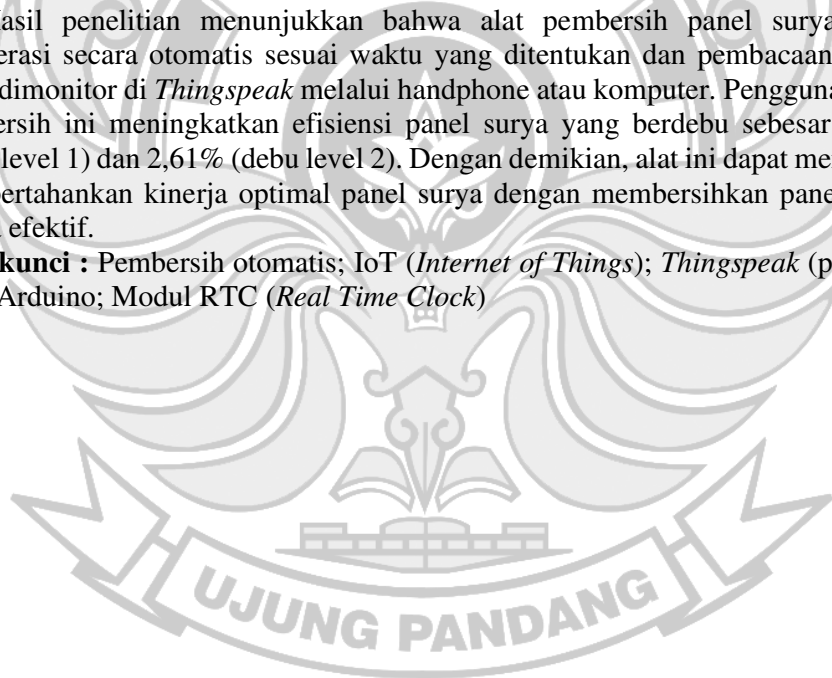
Debu atau kotoran akan menyebabkan penurunan efisiensi pada panel surya sehingga perlu dibersihkan secara berkala. Panel surya dibersihkan dapat dibersihkan secara manual atau dengan alat pembersih panel. Alat pembersih panel masih ada yang dioperasikan secara manual, sehingga diperlukan alat yang dapat beroperasi secara otomatis.

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membuat alat pembersih panel surya yang dapat beroperasi secara otomatis dan datanya dapat dimonitor di platform *Thingspeak* melalui handphone atau komputer sehingga peningkatan efisiensi panel surya sebelum dan setelah dibersihkan dapat diketahui.

Penelitian dimulai dengan merancang dan membuat alat pembersih panel surya otomatis yang dikontrol oleh arduino dan dibantu oleh modul RTC. Panel surya diuji dengan cara memberikan tingkat debu yang berbeda dimana data (tegangan, arus dan temperatur) dapat dimonitor di *Thingspeak* yang tercatat setiap 10 menit. Alat akan beroperasi secara otomatis pada sore hari setelah data tersimpan (*data logger*).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat pembersih panel surya dapat beroperasi secara otomatis sesuai waktu yang ditentukan dan pembacaan sensor dapat dimonitor di *Thingspeak* melalui handphone atau komputer. Penggunaan alat pembersih ini meningkatkan efisiensi panel surya yang berdebu sebesar 2,04% (debu level 1) dan 2,61% (debu level 2). Dengan demikian, alat ini dapat membantu mempertahankan kinerja optimal panel surya dengan membersihkan panel surya secara efektif.

**Kata kunci :** Pembersih otomatis; IoT (*Internet of Things*); *Thingspeak* (platform IoT); Arduino; Modul RTC (*Real Time Clock*)





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau disingkat PLTS, sistem ini mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik, terdiri dari beberapa komponen berupa panel *photovoltaic* (PV), pengecasan baterai (SCC), inverter, Baterai dan aksesoris lainnya, besar daya yang dihasilkan oleh alat ini tergantung dengan kondisi dimana Pembangkit Listrik Tenaga Surya tersebut dipakai. Untuk meningkatkan kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya tersebut, maka panel harus selalu menerima cahaya matahari (Purwoto et al, 2000).

Penggunaan panel surya (*photovoltaic*) dapat menghemat tagihan listrik sebesar 30% jika dibandingkan dengan listrik konvensional (Lila Noya, 2021). dan juga dapat digunakan ditempat terpencil karena tidak perlu pembangunan infrastruktur (kabel). Dalam sistem kerjanya, sangat tergantung pada sumber daya alam khususnya cuaca, lingkungan, angin ataupun benda-benda yang berada di sekitar panel PV yang dapat mempengaruhi penyerapan sinar matahari. Dengan adanya unsur-unsur alam tersebut maka panel PV tersebut dapat lebih efisien ataupun menjadi tidak efisien.

Salah satu unsur yang dapat mengganggu penyerapan energi adalah debu atau kotoran. Penelitian yang dilakukan oleh Md. Mizanur Rahman dalam tulisannya dengan judul *Effects of Natural Dust on the Performance of PV Panels in Bangladesh*. Melakulan percobaan menggunakan dua buah modul. Modul pertama dibiarkan terkena debu dan modul kedua dibersihkan secara berkala. Dari

hasil penelitian tersebut didapatkan penurunan ISC pada modul PV yang kotor sebesar 35%. Maka perlu dilakukan monitoring dari sisi kinerja dan kebersihan panel PV sehingga panel PV dapat bekerja dengan baik dan efisien.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Andi Fathin Faruq R dan Rachmat Putra Utama (2022) dengan merancang *prototype* alat pembersih panel. Pada penelitian tersebut, untuk mengoperasikan alat pembersih panel ini masih memerlukan bantuan seorang operator untuk menekan tombol, akibatnya untuk menggunakan alat pembersih ini pada PLTS yang bertipe *rooftop* yang dimana letak panel PV berada diatap gedung atau bangunan sehingga operator akan kesulitan ketika akan mengoperasikan alat ini karena harus menekan tombol pada alat pembersih panel PV.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka pada penelitian ini kami merancang alat pembersih panel PV berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan platform *ThingSpeak* dan bisa beroperasi secara otomatis berdasarkan waktu yang ditentukan dan tanpa harus menekan tombol lagi. Dengan demikian rancangan ini dapat meningkatkan efisiensi PV serta seorang operator tidak perlu lagi untuk menekan tombol untuk mengoperasikan alat pembersih tersebut.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perumusan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana menghasilkan alat pembersih panel surya yang beroperasi secara otomatis sesuai waktu dan dapat dimonitoring melalui platform *Thingspeak*.
2. Seberapa besar peningkatan efisiensi panel dengan menggunakan pembersih panel?

## **1.3 Ruang Lingkup Penelitian**

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini difokuskan pada bagaimana cara mengontrol sebuah alat pembersih otomatis pada panel PV yang dapat di kontrol dan di monitoring dari jauh sehingga mempermudah dalam pengoperasian karena tidak perlu lagi menekan tombol pada alat pembersih panel PV. Adapun perancangan dan pembuatan alat pembersih PV tidak termasuk dalam penelitian ini (menggunakan pembersih yang telah dibuat sebelumnya).

## **1.4 Tujuan Penelitian**

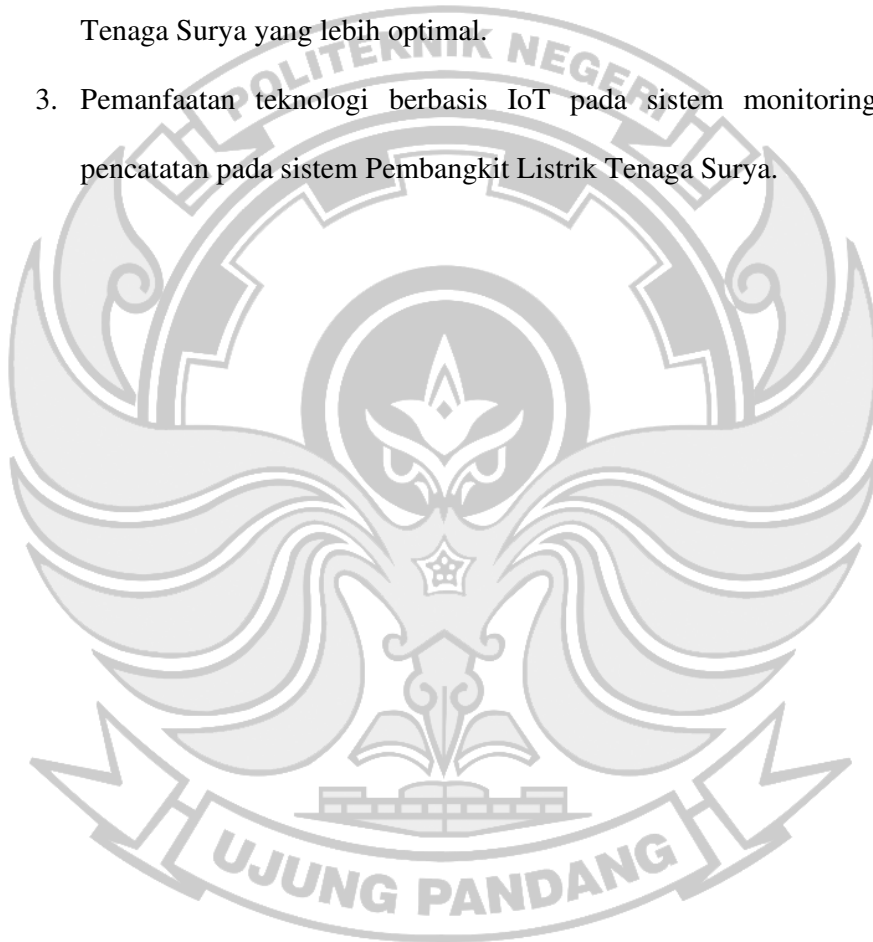
Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan di atas, adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Untuk menghasilkan alat pembersih panel yang beroperasi secara otomatis sesuai waktu dan dapat dimonitoring melalui platform *Thingspeak*.
2. Untuk mengetahui peningkatan efisiensi panel setelah dibersihkan menggunakan pembersih panel.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Sebagai referensi untuk pengembangan ilmu.
2. Memberikan kontribusi pada Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang lebih optimal.
3. Pemanfaatan teknologi berbasis IoT pada sistem monitoring dan pencatatan pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Panel *Photovoltaic* (PV)

Sel surya merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek photovoltaic, oleh karenanya dinamakan juga sel photovoltaic. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh sebuah sel surya sangat kecil, sekitar 0,6V tanpa beban atau 0,45V dengan beban. Untuk mendapatkan tegangan listrik yang besar sesuai keinginan diperlukan beberapa sel surya yang tersusun secara seri (Purwoto dkk, 2018).

#### 2.2 Perhitungan Efisiensi Panel PV

Untuk menghitung nilai efisiensi suatu panel surya, diperlukan beberapa parameter terlebih dahulu.

##### 2.2.1 Daya Input

$$P_{in} = I_r \times A \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

$P_{in}$  = Daya input (W)

$I_r$  = Intensitas radiasi matahari ( $W/m^2$ )

$A$  = Luas area panel PV ( $m^2$ )

(Dahliyah dkk, 2021).

### 2.2.2 Daya Output

$$P_{out} = V_{rata-rata} \times I_{rata-rata} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

$P_{out}$  = Daya output (W)

$V_{rata-rata}$  = Tegangan sel surya (V)

$I_{rata-rata}$  = Arus sel surya (A)

(Dahliyah dkk, 2021).

### 2.2.3 Daya Maksimum

$$P_{max} = I_{r \max} \times A \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

$P_{max}$  = Daya input maksimum (W)

$I_{r \max}$  = Radiasi maksimum matahari ( $W/m^2$ )

$A$  = Luasan panel ( $m^2$ )

(Dahliyah dkk, 2021).

### 2.2.4 Efisiensi Panel

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

$\eta$  = Efisiensi (%)

$P_{out}$  = Daya output (W)

$P_{in}$  = Daya input (W)

(Dahliyah dkk, 2021).

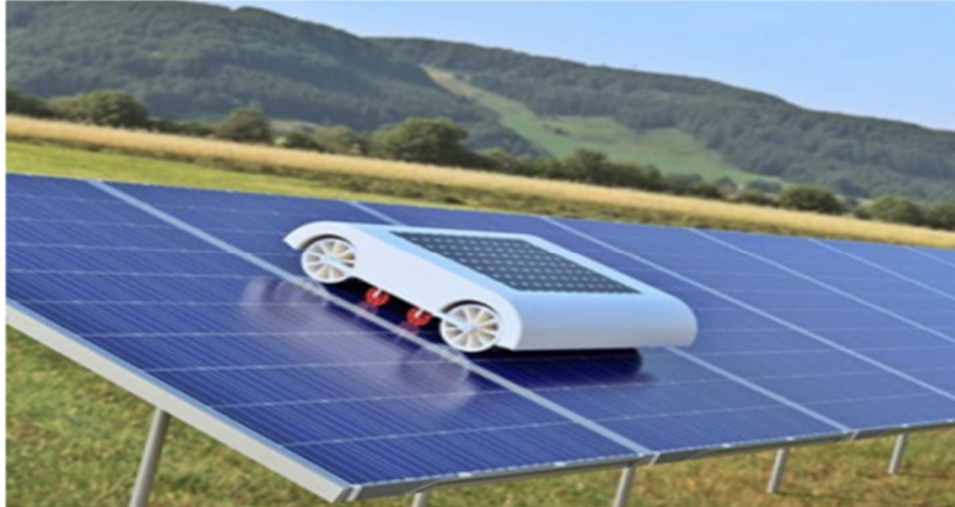
### **2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Efisiensi Panel PV**

Ada beberapa faktor yang menyebabkan kinerja PLTS menjadi kurang maksimal, seperti pengaruh sudut kemiringan, bayangan, tingkat kebersihan panel dll. Namun di penelitian ini pembahasannya difokuskan pada pengaruh tingkat kebersihan panel, berikut adalah pembahasannya. Suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja modul surya. Panel surya terdiri dari beberapa susunan sel surya, yang mempunyai sifat penyerap energi matahari yang sangat baik. Saat panel surya beroperasi di bawah sinar matahari maka terjadi peningkatan suhu pada sel surya (Dahliyah dkk, 2021).

### **2.4 Alat Pembersih Panel**

Karena perubahan iklim dan pemanasan global mengancam masa depan planet kita, semakin penting untuk menemukan cara berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan energi kita. Salah satu cara paling efisien untuk bergerak menuju sumber energi terbarukan dan tidak menimbulkan polusi adalah dengan menghasilkan listrik menggunakan panel PV untuk memanfaatkan energi matahari (Anak Teknik, 2021).

#### 2.4.1 Water-Free Solar Panel Cleaning Robots



Gambar 2. 1 *Water-Free Solar Panel Cleaning Robots*

(Sumber : [cdn.openpr.com](http://cdn.openpr.com))

Ini adalah robot Ecoppia, AI, dan robot pembersih mandiri panel PV otonom berbasis data. Dikembangkan oleh Ecoppia, “pemimpin dunia dalam teknologi pembersihan robot untuk situs surya *photovoltaic*”, panel PV ini membersihkan panel PV sehingga dapat menyerap lebih banyak sinar matahari dan berfungsi pada kinerja puncaknya sepanjang tahun (Fan dkk, 2020).

Seperti lebah pekerja kecil yang sibuk, robot yang sepenuhnya otonom ini bergerak maju mundur di sepanjang panel PV yang luas pada malam hari, menghilangkan debu, pasir, jelaga, dan kotoran dengan kain mikrofiber dan udara yang mengalir. Pembersihan skala besar ini terjadi tanpa menggunakan air, operator manusia, atau listrik. Akibatnya, jutaan galon air dihemat (Fan dkk, 2020).

Selain itu, robot yang efisien dan ramah lingkungan ini bertenaga surya. Mereka memiliki modul PV khusus *onboard* mereka sendiri, yang memungkinkan



baterai mereka untuk mengisi daya dengan cepat di antara operasi. Oleh karena itu, robot Ecoppia yang bergantung pada energi ini memberikan pendekatan yang benar-benar berkelanjutan untuk pengoperasian dan pemeliharaan modul PV (Fandkk, 2020).

#### 2.4.2 Solar PV *Cleaning Robot*

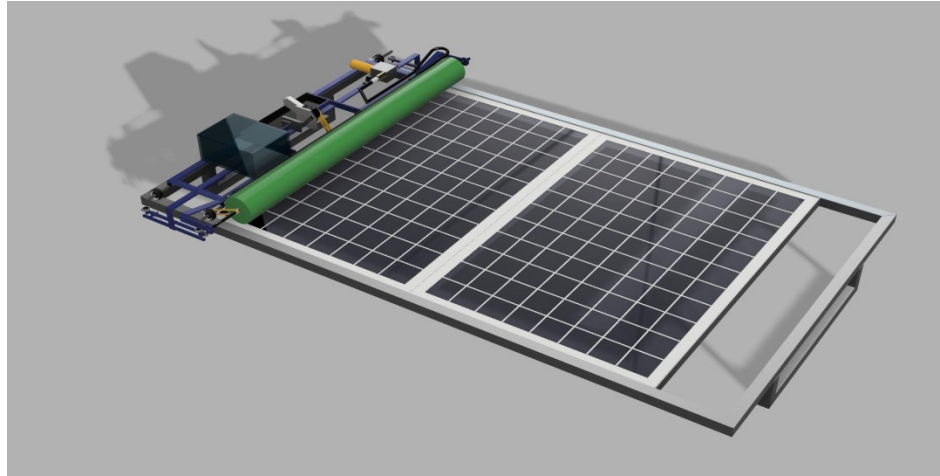


Gambar 2. 2 Solar PV Cleaning Robot

(Sumber: sunenergy.id)

Sebuah Organisasi bernama PT Surya Utama Nuansa (*SUN Energy*) yang didirikan pada tahun 2016, PT Surya Utama Nuansa (*SUN Energy*) terus berinovasi untuk memberikan pelayanan terbaik dalam perawatan panel PV menggunakan teknologi terbaru. Dengan sistem robot pintar, teknologi ini memudahkan pembersihan panel PV secara otomatis dengan waktu pembersihan hanya membutuhkan 2,5 jam/100 kWp. Selain beroperasi menggunakan sumber energi dari baterai, dengan teknologi *wireless*, robot pembersih ini dapat dengan mudah dikendalikan menggunakan *remote control* (Akyazi dkk, 2019).

### 2.4.3 Alat Pembersih Panel PV Bertipe Wiper



Gambar 2. 3 Alat Pembersih Panel PV Bertipe Wiper

(Sumber: dokumen pribadi)

Alat pembersih otomatis solar panel menggunakan wiper berbasis mikrokontroler telah dibuat untuk memaksimalkan dalam penyerapan energi matahari oleh panel surya. Alat ini berfungsi dengan baik, secara sistem mekanik maupun secara sistem elektrik. Pada hasil data pengujian selalu menunjukkan selisih tegangan sebelum dibersihkan maupun sesudah dibersihkan, berdasarkan waktu maupun kadar debu udara pada panel surya. Pada pagi hari menunjukkan selisih tegangan yang tinggi, dikarenakan kondisi matahari yang baik. Sedangkan saat sore hari, menunjukkan selisih tegangan yang relatif kecil, karena kondisi cahaya matahari yang tidak maksimal.

## 2.5 Arduino Uno

Arduino adalah platform pembuatan prototipe elektronik yang bersifat *open-source hardware* yang berdasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan (Effendy, 2021).

Adapun saat ini terdapat berbagai jenis-jenis Arduino. Mulai dari yang paling mudah dicari dan paling banyak digunakan, yaitu Arduino Uno. Hingga Arduino yang sudah menggunakan ARM *Cortex*, berbentuk Mini PC. Hingga saat ini sudah ada ratusan ribu Arduino yang digunakan di dunia sejak tahun 2011. Arduino juga sudah dipakai oleh perusahaan-perusahaan besar, contohnya Google menggunakan Arduino untuk *Accessory Development Kit*, NASA memakai Arduino untuk *prototypin*, ada lagi *Large Hadron Colider* memakai Arduino dalam beberapa hal untuk pengumpulan data (Effendy, 2021).

Keterangan-keterangan konfigurasi Pin dan sistem pada Arduino Uno dapat dilihat sebagai berikut :

a. Empat belas (14) pin Input dan Output Digital (0-13 pin)

Empat belas (14) pin ini berfungsi sebagai input maupun output, hal ini dapat diatur didalam program sesuai keinginan. Adapun pada pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11, dapat juga berfungsi sebagai analog output yang tegangan dapat diatur. Nilai pada pin output analog dapat diprogram antara 0-255, hal ini mewakili nilai tegangan 0-5 V.

b. Enam (6) Pin Input Analog (0-5)

Pin ini berguna untuk membaca tegangan yang dihasilkan sensor analog, contohnya pada sensor suhu. Program dapat membaca nilai sebuah pin dari 0-1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0-5 V.

c. Mikrokontroler Atmega328 (IC)

IC merupakan otak dari papan Arduino berupa *microprosesor* yang didalamnya terdapat CPU, ROM, RAM.

d. *In-Circuit Serial Programming* (ICSP)

Port ICSP memungkinkan pengguna untuk memprogram *microcontroller* secara langsung, tanpa melalui *bootloader*.

e. *Quartz Crystal Oscillator* (Kristal)

Kristal merupakan jantung pada Arduino karena menghasilkan detak-detak yang dikirim kepada *microcontroller* agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detak-nya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16MHz).

f. Sumber Daya Eksternal (*Port Adaptor*)

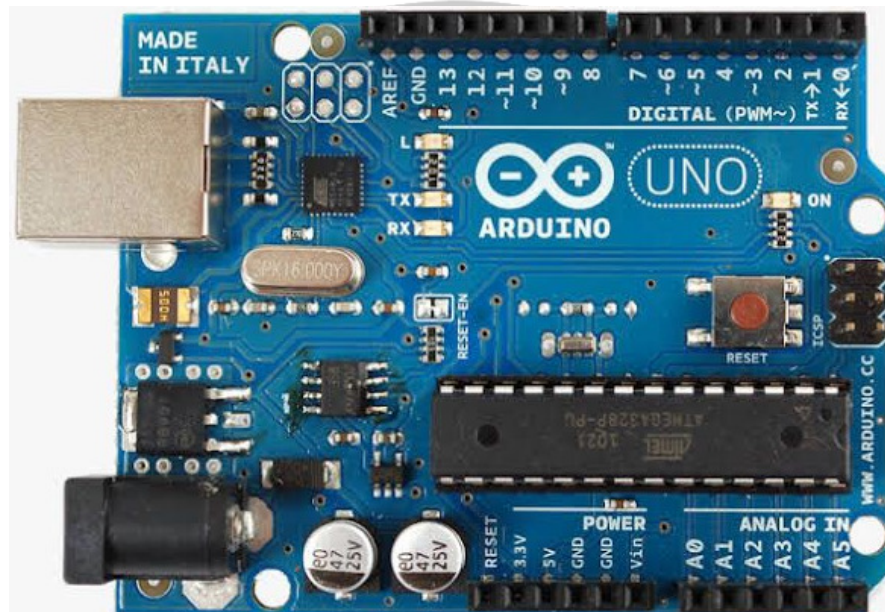
*Port Adaptor* ini digunakan untuk menyuplai tegangan pada Arduino berkisar antara 9-12 V.

g. *Universal Serial Bus* (USB)

Fungsi dari papan USB dan kabel USB adalah sebagai penghubung komunikasi *serial* dari *computer* kedalam papan serta sebagai pemuat program dari komputer/*software* ke dalam papan Arduino.

h. *Reset Push Button*

Tombol *Reset* digunakan untuk me-reset sehingga program akan dimulai dari awal, hal ini biasanya dilakukan karena program yang sedang berjalan mengalami *error* atau gagal sistem (Effendy, 2021).



Gambar 2. 4 Arduino UNO

(Sumber : [www.aldyrazor.com](http://www.aldyrazor.com))

Adapun untuk spesifikasi dari Arduino Uno adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino UNO (Effendy, 2021)

Mikrokontroler	Atmega328
Tegangan Pengoperasian	5V
Tegangan <i>Input</i> yang disarankan	7 – 12 V
Batas Tegangan <i>Input</i>	6 – 20 V

Jumlah pin I/O digital	14 pin digital (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin <i>input analog</i>	6 pin
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus Dc untuk pin 3,3	50 mA
Memori <i>Flash</i>	32 KB (ATmega328) sekitar 0,5 KB digunakan oleh <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB
EPROM	1 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

## 2.6 **Software Arduino IDE**

*Integrated Development Environment* (IDE), atau artinya yang merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan dengan tujuan untuk melakukan pengembangan atau *development*. Lingkungan yang dimaksud adalah karena dengan software IDE ini lah Arduino bisa melakukan pemrograman untuk kegunaan yang ditanam melalui pemrograman. IDE adalah bahasa program yang hampir menyerupai bahasa C. Pemrograman Arduino atau biasa disebut dengan *sketch* telah dilakukan beberapa penyesuaian yang bertujuan agar memudahkan bagi pemula untuk melaksanakan pemrograman pada Arduino tersebut. Pada IC yang terdapat didalam Arduino sudah di-install sebuah program yang disebut

*bootlader* berfungsi menjadi penengah pada *compiler* Arduino terhadap mikrokontroler tersebut (Effendy, 2021).



Gambar 2. 5 Tampilan *Software* Arduino IDE

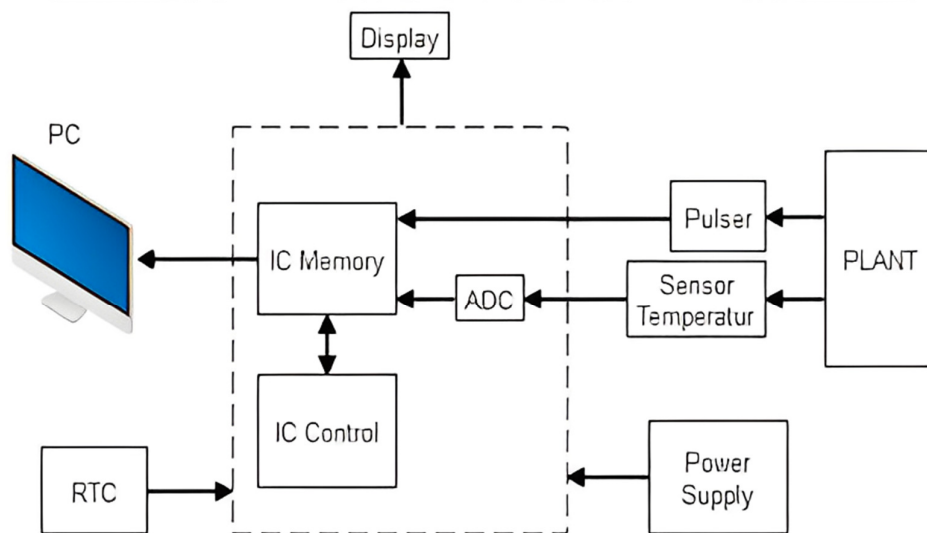
(Sumber: Effendy,2019)

## 2.7 *Data Logger*

*Data logger* adalah suatu alat elektronik yang berfungsi mencatat data dari waktu ke waktu secara *continue*. Beberapa *data logger* menggunakan personal komputer dan *software* sebagai tempat menyimpan data dan menganalisis data. Data yang disimpan di *harddisk* dapat diakses kapanpun kita inginkan. Hal ini termasuk beberapa perangkat akuisisi data seperti *plug-in board* atau sistem komunikasi *serial* yang menggunakan komputer sebagai sistem penyimpanan data *real time*. Hampir semua pabrikan menganggap sebuah *data logger* adalah sebuah perangkat yang berdiri sendiri (*stand alone device*) yang dapat membaca berbagai macam tipe sinyal elektronika dan menyimpan data di dalam memori internal untuk kemudian di-*download* ke sebuah komputer (Marpaung & Ervianto, 2012).

*Logging data (data logging)* adalah proses otomatis pengumpulan dan perekaman data dari sensor untuk tujuan pengarsipan atau tujuan analisis. Sensor digunakan untuk mengkonversi besaran fisik menjadi sinyal listrik yang dapat diukur secara otomatis dan akhirnya dikirimkan ke komputer atau mikroprosesor untuk pengolahan. Berbagai macam sensor sekarang tersedia. Sebagai contoh suhu, intensitas cahaya, tingkat suara, sudut rotasi, posisi, kelembaban relatif, pH, oksigen terlarut, pulsa (detak jantung), bernapas, kecepatan angin, dan gerak. Selain itu, banyak peralatan laboratorium dengan *output* listrik dapat digunakan bersama dengan konektor yang sesuai dengan *data logger* (Marpaung & Ervianto, 2012).

Gambar 2. 6 Sistem Umum Data Logger



ATmega328

(Sumber : [www.myspsolution.com](http://www.myspsolution.com))

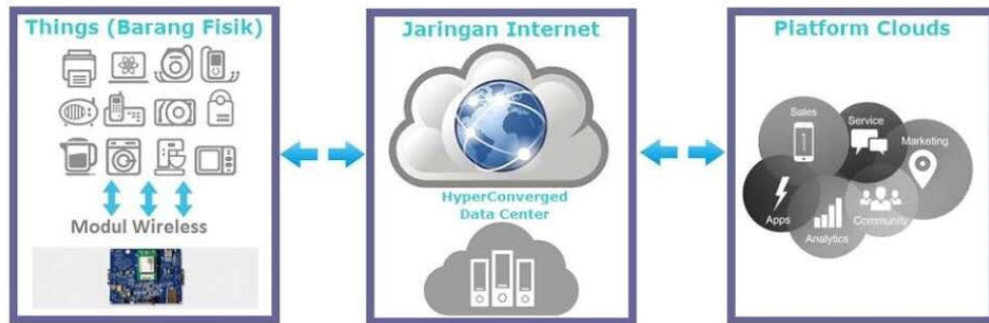
Cara kerja *data logger* pada umumnya diberikan masukan menggunakan sensor dan diubah menjadi sinyal listrik yang sesuai. Sinyal yang diterima dari sensor ini adalah sinyal analog dan sinyal tersebut diubah menjadi bentuk digital



dengan menggunakan konverter analog ke digital. Sinyal ini diambil sampel pada tingkat tertentu, yang dikenal sebagai *sampling rate* sebesar 1 Hz. Dalam menghubungkan ke PC, *data logger* biasanya mengirim data melalui *serial port* pada komputer. Dalam penggunaannya, *data logger* memiliki berbagai metode dalam pemrograman dan penyimpanan data seperti *SD Card*, *SMS Gateway*, sistem *Local Area Network (LAN)*, *Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)*, dan yang terbaru menggunakan *Internet of Things* (Effendy, 2021).

## **2.8 *Internet of Things (IoT)***

IoT semakin berkembang saat ini. IoT adalah perangkat yang dapat melakukan suatu pengiriman data atau informasi melalui jaringan internet tanpa perlu terhubung dengan manusia. Konsep IoT mencakup 3 elemen utama yaitu : benda fisik atau nyata yang telah terintegrasi pada modul sensor, koneksi internet, dan pusat data pada *server* untuk menyimpan data maupun informasi dari aplikasi (Myspsolution, 2019).



Gambar 2. 7 Konsep dan Cara Kerja IoT

(Sumber : [www.myspsolution.com](http://www.myspsolution.com))

Cara kerja IoT adalah dengan menggunakan sebuah instruksi pemrograman yang dimana tiap-tiap perintah argumennya dapat menghasilkan sebuah interaksi antara sesama perangkat yang saling terhubung satu sama lainnya secara otomatis tanpa campur tangan manusia. Bahkan pada jarak jauh sekalipun, *Internet* dapat menjadi penghubung antara kedua perangkat yang digunakan. Sementara manusia hanya bertugas sebagai pengatur dan pengawas dari alat tersebut. Adapun platform IoT yang dapat diakses diantaranya yaitu *Ubidots*, *Firebase*, *Greeknesia*, *Telkomsel IoT*, *Antares*, *Thingspeak*, *Thinger I/O* dan *Blynk*. IoT terbentuk dari beberapa unsur yaitu sebagai berikut:

1. Kecerdasan Buatan ( *AI/Artificial Intelligence* )

Dengan perkembangan teknologi yang didasari dengan AI, maka pengumpulan data yang menjadi dasar informasi dari penggunaan *Internet of Things* dapat berjalan dengan baik.

## 2. Konektivitas

Konektivitas disini memiliki fungsi sebagai penghubung dan penukar informasi yang terjadi pada (IoT). Konektivitas ini biasanya dibutuhkan kestabilan namun tidak perlu dalam bentuk yang besar.

## 3. Sensor

Sensor merupakan unsur yang menjadi pembeda dari IoT dengan mesin canggih lainnya. Dengan adanya sensor, sebuah alat dapat menerima atau mendapatkan informasi terkait hal – hal tertentu seperti sensor gerak, suhu, arus, tegangan, dan lain sebagainya.

## 4. Perangkat yang berukuran kecil

Perangkat yang berukuran kecil ini dapat mendukung dan meningkatkan ketepatan, skalabilitas dan fleksibilitas dalam pengembangan (IoT) (Mysolution, 2019).

### 2.9 *Real Time Clock (RTC)*

(RTC) merupakan chip IC yang memiliki fungsi menghitung waktu yang dimulai dari detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, hingga tahun dengan akurat. Untuk menjaga atau menyimpan data waktu yang telah di-ON-kan pada module terdapat sumber catu daya sendiri yaitu baterai jam kancing, serta keakuratan data waktu yang ditampilkan digunakan osilator kristal eksternal. Sehingga saat perangkat mikrokontroler terhubung dengan RTC ini sebagai sumber data waktu dimatikan, data waktu yang sudah terbaca dan ditampilkan tidak akan hilang begitu saja. Dengan catatan baterai yang terhubung pada RTC tidak habis dayanya (Faudin, 2017).

Contoh yang dapat ditemui dalam kehidupan sehari-hari yaitu pada *motherboard* PC yang biasanya letaknya berdekatan dengan chip BIOS. difungsikan guna menyimpan sumber informasi waktu terkini sehingga jam akan tetap *up to date* walaupun komputer tersebut dimatikan (Faudin, 2017).



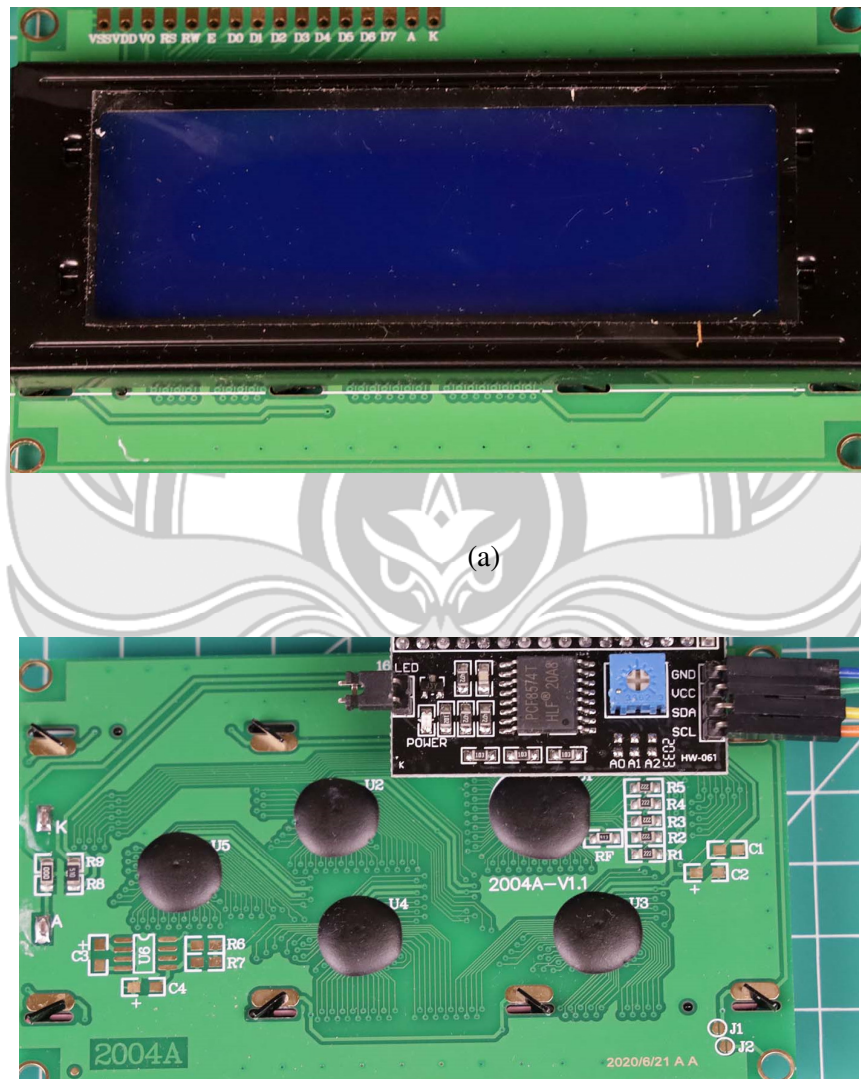
Gambar 2. 8 Modul RTC

(Sumber : [www.amazon.in](http://www.amazon.in).)

### 2.10 *Liquid Crystal Display (LCD)*

LCD 20x4 merupakan sebuah teknologi layar digital yang menghasilkan citra pada sebuah permukaan yang rata dengan memberi sinar pada kristal cair dan filter berwarna, yang mempunyai struktur molekul polar, diapit dua elektroda yang transparan. Bila medan listrik diberikan, molekul menyesuaikan posisinya pada medan yang akan membentuk susunan kristalin yang mempolarisasi cahaya yang melaluinya. Teknologi ini merupakan pengolahan kristal cair berupa cairan kimia, yang molekul-molekulnya dapat diatur sedemikian rupa bila diberi medan elektrik

seperti molekul-molekul metal bila diberi medan magnet. Bila diatur dengan benar, sinar dapat melewati kristal cair tersebut. Banyak sekali kegunaan LCD dalam perancangan suatu sistem yang ditampilkan (Warjono dkk, 2017).



Gambar 2. 9 LCD I2C (a) Tampak depan (b) Tampak belakang

(Sumber : <https://elektrologi.iptek.web.id>)

### 2.11 Modul *wifi* (NodeMCU ESP8266)

NodeMCU ESP8266 adalah sebuah modul *wifi* yang berfungsi sebagai perangkat pendukung mikrokontroler yaitu Arduino agar dapat terhubung langsung dengan koneksi *internet* dan membuat koneksi TCP/IP. NodeMCU ESP8266 menggunakan daya sekitar 3,3 volt dengan menggunakan tiga mode *wifi* yaitu *Station*, *Acces Poin*, dan *Both* (keduanya). Modul ini dilengkapi dengan prosesor, memori dan *General Purpose Input Output* (GPIO) (Effendy, 2021).



Gambar 2. 10 NodeMCU ESP8266

(Sumber : [www.components101.com](http://www.components101.com))

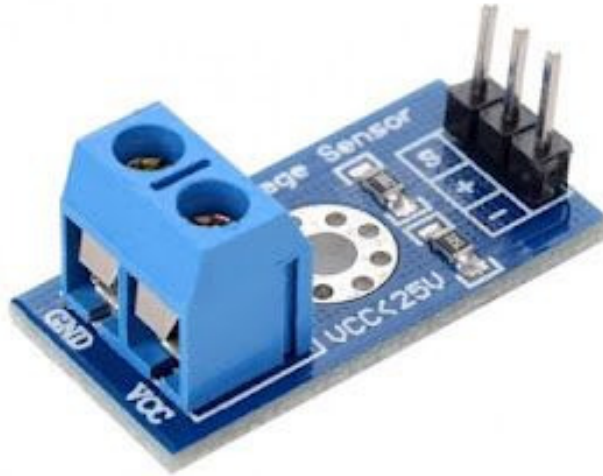
Adapun jenis ESP8266 beragam jenisnya tergantung dari penggunaan, ukuran dan sensitivitas modul pengirim data. Pada Gambar 2.12 adalah jenis *board* modul *embedded* sistem yang mempunyai *feature Wifi*, menggunakan chip ESP8266. Pada NodeMCU dilengkapi *port micro* USB yang berfungsi untuk

pemrograman sekaligus *power supply*. Adapun spesifikasi modul NodeMCU adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler / chip ESP8266-12 E
2. Tegangan input 3,3V – 5V.
3. GPIO 13 pin.
4. Kanal PWM 10 kanal.
5. 10 bit ADC pin : 1 pin.
6. *Flash memory* 4 MB.
7. *Clock Speed* 40/26/24 MHz.
8. *Wifi* : IEEE 802.11 b/g/n
9. Frekuensi 2,4 GHz – 2,5 GHz.
10. *USB Port* : Micro USB
11. *USB chip* : CH340G. (Effendy, 2021)

## 2.12 Sensor Tegangan DC

Merupakan sebuah modul yang dapat mengukur dan mendeteksi tegangan pada sumber tegangan DC yang berkisar antara 0-25V DC modul ini bekerja berdasarkan prinsip resistor sebagai pembagi tegangan. Sensor tegangan akan bekerja setelah mendapatkan tegangan *input* sebesar 5 volt DC kemudian pin *output* akan memberikan perubahan nilai beban kepada mikrokontroller sesuai dengan nilai tegangan yang di terima oleh sensor kemudian nilai ini akan di kalibrasi dengan program sehingga menghasilkan tegangan *output* berkisar antara 0-25V DC yang informasi ini dapat di tampilkan kedalam *output* seperti LCD, 7 *segment* dan *serial monitor*.



Gambar 2. 11 Sensor Tegangan DC

(Sumber : [www.cronyos.com](http://www.cronyos.com))

Adapun spesifikasi dari sensor tegangan DC ini adalah sebagai berikut:

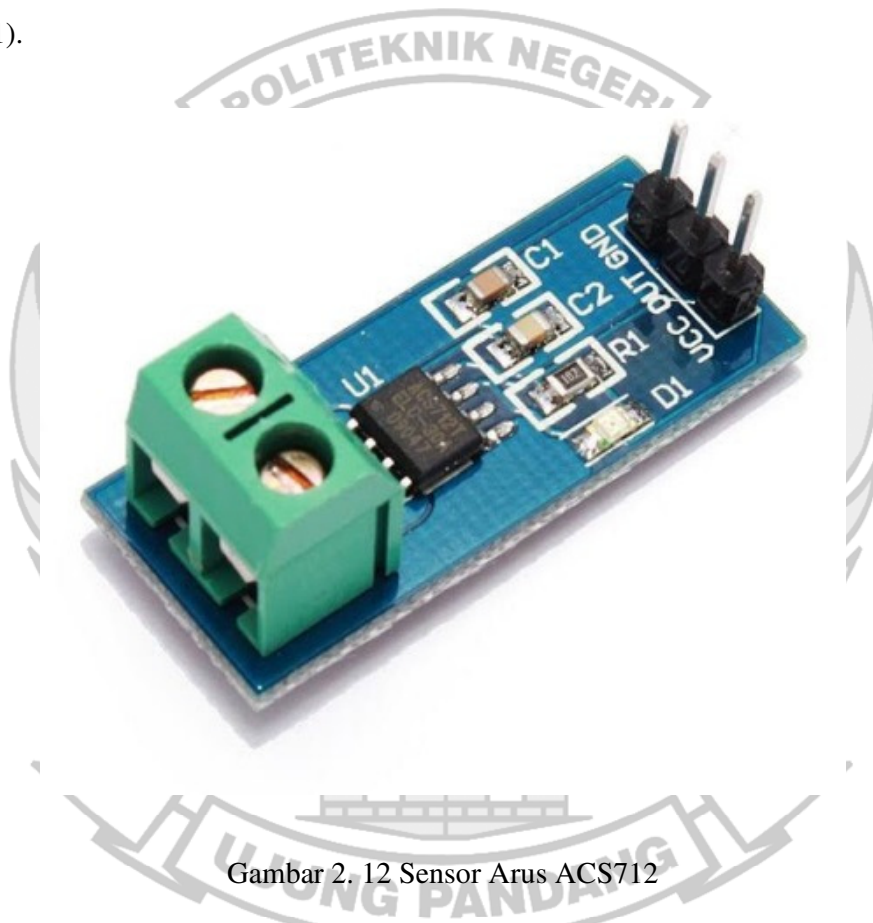
1. Tegangan *input* : 0-25V DC.
2. Tegangan deteksi : 0,02445-25V DC.
3. Ketelitian pengukuran : 0,00489V.
4. Ukuran : 25 x 13 mm

### 2.13 Sensor Arus

Sensor arus adalah suatu alat yang mengukur jumlah arus pada alat elektronik. Sensor arus biasanya terdiri dari rangkaian elektronik yang mengubah arus menjadi tegangan listrik (Siregar, Wardana, and Luqman 2017). Sensor arus yang digunakan merupakan sensor dengan tipe ACS712 untuk mendeteksi besar arus yang mengalir melalui terminal blok panel PV. Sensor ini dapat mengukur arus



positif dan negatif dengan kisaran -30 sampai dengan 30 A. sensor ini memerlukan *supply* tegangan sebesar 5V. Untuk membaca nilai tengah (nol ampere) tegangan sensor di *set* pada 2.5 V (setengah kali tegangan sumber daya VCC = 5V). Sama halnya dengan sensor tegangan, sensor arus memiliki jangkauan pembacaan mulai dari 0 sampai dengan 1023 (pada *input* 5 V) dengan resolusi 0,00489 V (Effendy, 2021).



Gambar 2. 12 Sensor Arus ACS712  
(Sumber : [www.repository.umsu.ac.id](http://www.repository.umsu.ac.id))

Berikut ini adalah karakteristik dari ACS712 :

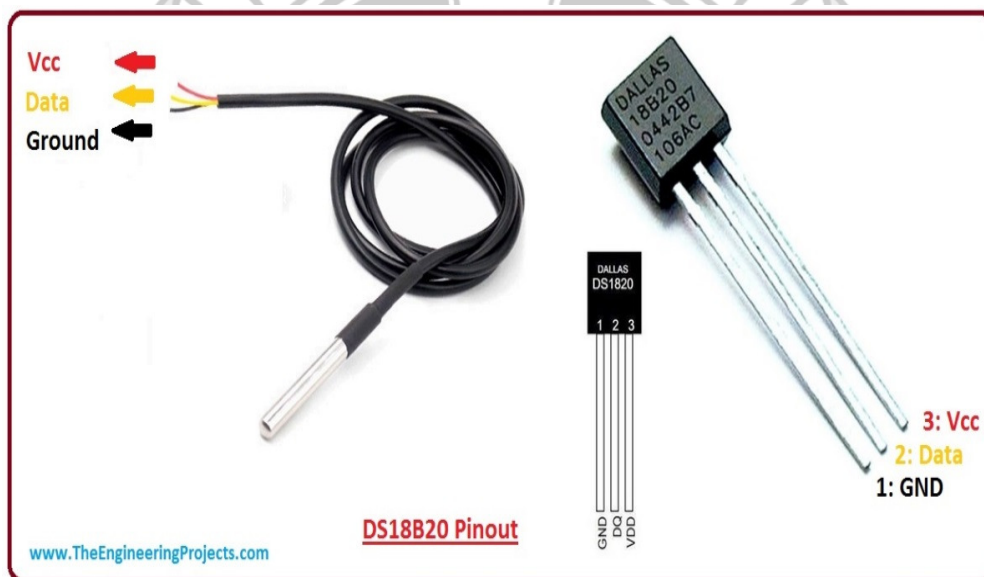
- Memiliki sinyal analog dengan *low-noise* atau gangguan rendah.
- *Bandwidth* 80 KHz.
- Untuk *output* memiliki *error* 1.5 % pada  $T_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$ .
- Range Sensitivitas antara 66 – 185 mV/A.
- Memiliki resistansi sebesar 1.2 m
- Tegangan kerja pada 5.0 V.
- Tegangan *offset* keluaran yang sangat stabil.
- Perbandingan rasio keluaran sesuai tegangan sumber.

Dalam penggunaan sensor ACS712 memiliki jangkauan pengukuran sesuai dengan arus rasio arus yang diukur. Untuk pengukuran  $<5\text{ A}$  memiliki sensitivitas 185 mV/A, untuk pengukuran  $<20\text{ A}$  memiliki sensitivitas 100 mV/A, untuk pengukuran  $<30\text{ A}$  memiliki sensitivitas 66 mV/A (Effendy, 2021).

#### 2.14 Sensor Suhu

Sensor suhu yang digunakan adalah sensor DS18B20. Sensor DS18B20 berfungsi untuk merubah besaran panas (suhu) yang di terima menjadi besaran tegangan. Sensor ini memiliki presisi yang cukup tinggi dan sangat sederhana dengan hanya memiliki 3 buah kaki. Kaki pertama pada IC DS18B20 dihubungkan ke sumber daya, kaki kedua sebagai *output* dan kaki ketiga dihubungkan ke *ground*. Tegangan ideal yang keluar dari sensor DS18B20 mempunyai perbandingan  $100^\circ\text{C}$  setata dengan 1 volt. Adapun spesifikasi dari sensor DS18B20 adalah sebagai berikut:

1. Dapat dikalibrasikan langsung ke dalam besaran Celsius
2. Faktor skala linear  $+10\text{mV}/^\circ\text{C}$ .
3. Tingkat akurasi  $0,5^\circ\text{C}$  (saat suhu kamar ( $25^\circ$ )).
4. Jangkauan suhu antara  $-55^\circ\text{C}$  sampai  $150^\circ\text{C}$ .
5. Bekerja pada tegangan 4 volt sampai 30 volt.
6. Arus kerja kurang dari  $\mu\text{A}$ .
7. Impedensi keluaran rendah  $0,1\Omega$  untuk beban 1 mA.

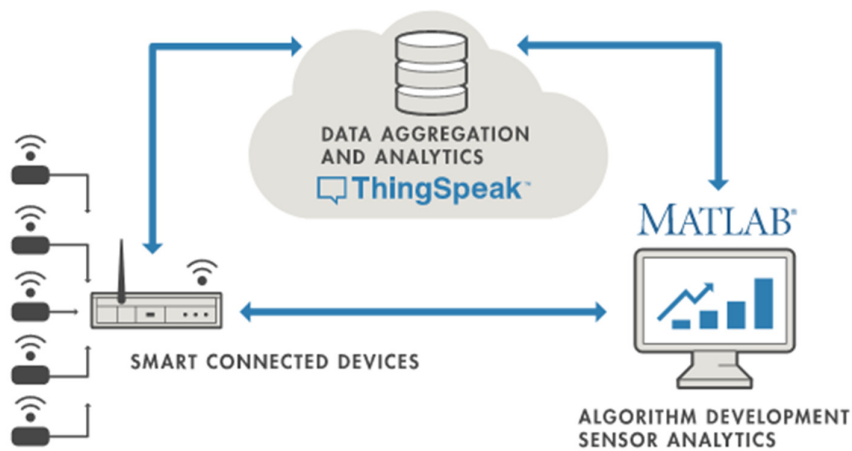


Gambar 2. 13 Sensor DS18B20  
(Sumber : [www.TheEngineeringProjects.com](http://www.TheEngineeringProjects.com))

## 2.15 Platform ThingSpeak

*ThingSpeak* merupakan *open source* "IoT" aplikasi dan API untuk menyimpan dan mengambil data dari hal-hal yang menggunakan HTTP melalui *Internet* atau melalui *Local Area Network* (Sari U. P., 2016).

IoT menyediakan akses ke berbagai perangkat *embedded* dan layanan web. *ThingSpeak* adalah platform IoT yang memungkinkan kita untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, memvisualisasikan, dan bertindak atas data dari sensor atau aktuator, seperti *Arduino*, *Raspberry Pi*, *BeagleBone Hitam*, dan perangkat keras lainnya. Misalnya, dengan *ThingSpeak* kita dapat membuat aplikasi *sensor-logging*, aplikasi pelacakan lokasi (Sari U. P., 2016).



Gambar 2. 14 Platform *ThingSpeak*

(Sumber : [www.electronicsforu.com](http://www.electronicsforu.com))

## 2.16 Penelitian Terdahulu

Ada beberapa hasil penelitian terdahulu yang dijadikan tinjauan pustaka dalam penelitian ini, sehingga akan didapatkan keterkaitan dengan hasil penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai acuan pada penelitian ini. Adapun hasil penelitian terdahulu yang penulis maksud sebagai berikut :

Penelitian dalam jurnal (Priyono & Prasetyo,2022), yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Berbasis IOT pada Panel Surya 20 WP Menggunakan Arduino Mega 2560.” Menyatakan bahwa pada saat monitoring tegangan panel surya selama tiga kali pengukuran, rata-rata nilai tegangan tertinggi pada pukul 12.00. Dan terbaca nilai tertinggi pada hari ketiga pukul 12.00 dengan besaran 17,4 Volt dan dapat menghasilkan daya listrik 17,23 Watt.

Penelitian lain dalam jurnal (Sari dkk,2022), yang berjudul “Sistem Kendali Pembersih Panel Surya Menggunakan Rolling Brush dan Wiper dengan Metode Terjadwal.” Menyatakan bahwa Panel surya yang dibersihkan dengan rolling brush memiliki tegangan lebih besar daripada papan panel surya yang tidak dibersihkan dengan rolling brush. Besarnya selisih kenaikan sekitar 0,316 volt pada pagi hari dan 0,498 volt pada siang hari serta dapat diketahui dengan adanya alat pembersih panel surya dapat menaikkan tegangan sebesar 4,42 % pada pagi hari dan 4,91 % pada siang hari. Nilai ini dihitung berdasarkan besarnya tegangan output panel surya 20 Volt.

Skripsi Andi Fathin Faruq R dan Rachmat Putra Utama (2022) dengan merancang *prototype* alat pembersih panel. Pada penelitian tersebut, pembersih panel yang telah dibuat dan didesain mampu memenuhi tujuan dan penelitian

dengan mampu membersihkan kotoran seperti debu pada modul PV. Berdasarkan penelitian tersebut didapatkan hasil seperti luas panel surya yang diperoleh dari hasil perkalian panjang panel yaitu 103 cm dan lebar panel yaitu 67 cm sehingga diperoleh luas panel yaitu  $6901 \text{ cm}^2$  atau  $0,6901 \text{ m}^2$ , karena panel yang digunakan ada 2 buah sehingga luas keseluruhan yaitu  $13,802 \text{ m}^2$ . Waktu pembersihan 2 buah panel surya didapatkan dari hasil bagi antara jarak dan kecepatan yang dimana jarak tempuh pembersih 203 cm dan kecepatan 16 cm/detik sehingga didapatkan waktu 12,62 detik, karena pembersihan dilakukan sebanyak 6 kali sehingga waktu keseluruhan adalah 75,72 detik. Untuk kecepatan roda didapatkan dari hasil bagi kecepatan motor dengan perbandingan gear motor dengan gear output motor yang dimana kecepatan motor yaitu 255 rpm, gear motor ada 6 sedangkan gear output motor ada 84, sehingga didapatkan kecepatan roda sebesar 16,07 rpm. Karena pully motor dan roda memiliki ukuran yang sama, maka kecepatan roda dan kecepatan pully sama, akan tetapi kecepatan sikat meningkat menjadi 28,92 rpm karena pully sikat lebih kecil 1,8 dari ukuran pully roda. Energi pompa untuk pemakaian harian dihitung dari hasil kali daya pompa sebesar 17,64 W dengan lamanya pemakaian yaitu 182 detik sehingga didapatkan energi sebesar 3210,48 J. Begitu juga untuk mendapatkan energi pemakaian harian motor didapatkan dari hasil kali daya motor yaitu sebesar 38,16 W dengan waktu pemakaian harian 180 detik sehingga didapatkan energi sebesar 6868,8 J.

### BAB III

#### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan

Lokasi pembuatan dan pengujian alat dilaksanakan di Laboratorium Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Waktu pembuatan dan pengerjaan Tugas Akhir ini dilaksanakan selama 8 bulan mulai bulan Februari 2023 sampai dengan bulan September 2023.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### 3.2.1 Alat

Tabel 3. 1 Daftar Alat

No.	Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah	Keterangan
1	Seperangkat <i>tools</i>	-	1	-
2	Multimeter	Analog/Digital	1	-
3	Solari meter	Analog/Digital	1	-
4	Laptop	-	1	Memonitoring pembacaan sensor di thingspeak
5	HP	-	1	Menyambungkan <i>wifi</i>

##### 3.2.2 Bahan

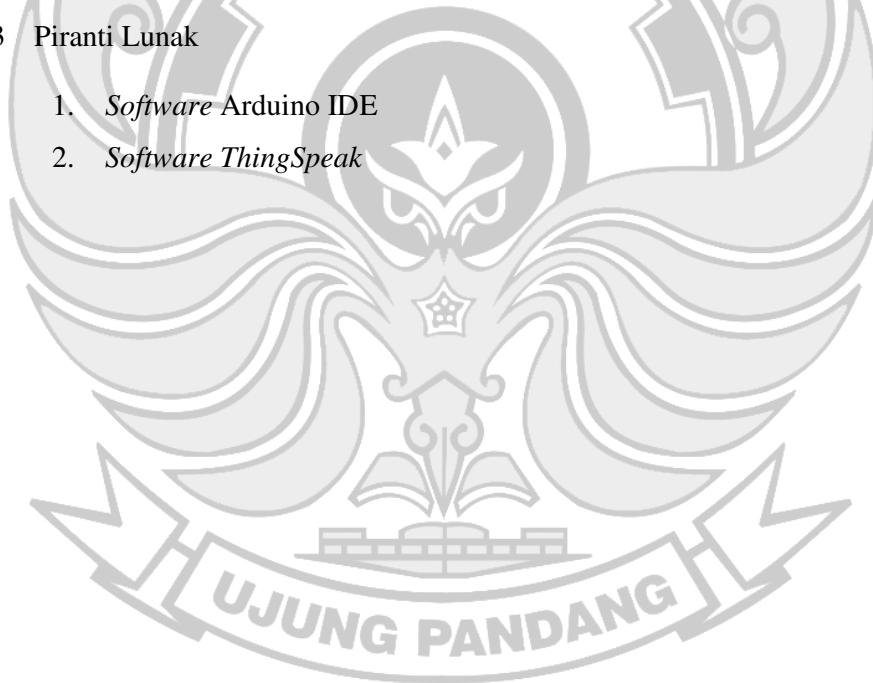
Tabel 3. 2 Daftar Bahan

No.	Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah
1	Arduino	Uno	2
2	Modul <i>wifi</i>	NodeMCU 8266	1
3	Sensor arus	ACS712	2
4	Sensor suhu	DS18B20	2

5	Kabel jumper	-	Secukupnya
6	Buck Booster	Step Down	2
7	Real Time Clock	-	1
8	LCD	I2C 20 x 4	1
9	Pompa DC 12 Volt	80 Psi	1
10	Motor DC	12 Volt	1
11	Baterai	12 Volt, 7 Ah	1
12	Solar Panel	10 Wp	2
13	Akrilik	122 cm x 60 cm	1
14	Saklar	3 Kaki	1
15	Solar Charge Controller	12V/24V, 20 A	1

### 3.2.3 Piranti Lunak

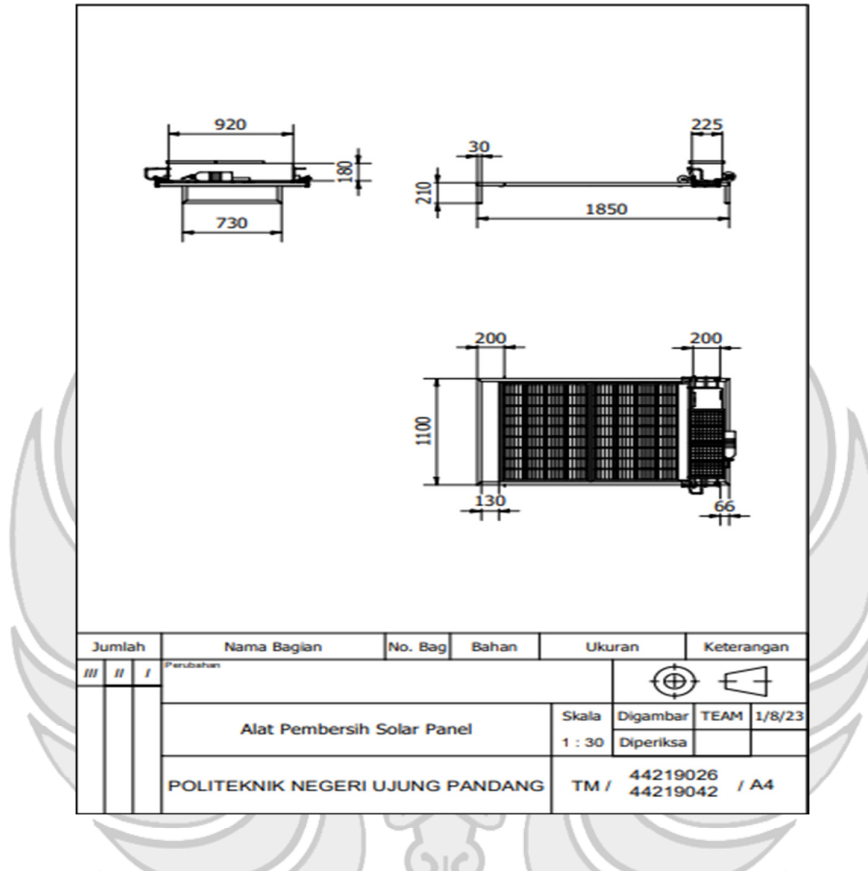
1. *Software* Arduino IDE
2. *Software* ThingSpeak





### 3.3 Tahap Perancangan

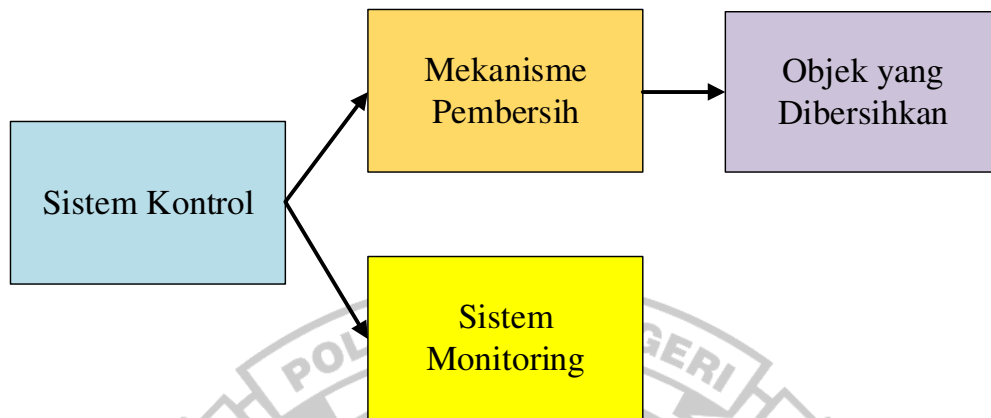
#### 3.3.1 Desain alat pembersih panel



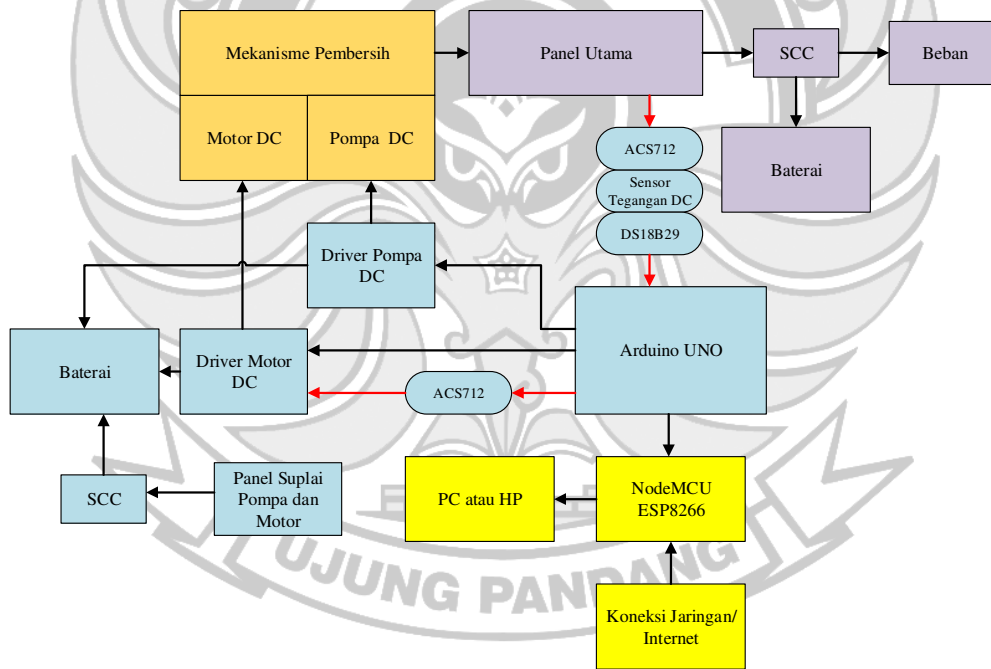
Gambar 3. 1 Desain alat pembersih panel

Gambar di atas merupakan desain yang digunakan pada penelitian sebelumnya dan masih akan digunakan pada penelitian ini, meskipun ada beberapa bagian yang ditambahkan seperti cover untuk sistem kontrol, motor dan pompa sehingga dapat terhindar dari radiasi langsung matahari yang dapat menyebabkan alat cepat rusak.

### 3.3.2 Skema Rangkaian



Gambar 3. 2 Skema rangkaian sederhana



Gambar 3. 3 Skema rangkaian alat pembersih panel

Berdasarkan gambar 3.2 dan gambar 3.3 Skema rangkaian kontrol otomatis pembersih panel berbasis IoT, sistem kerja dari keseluruhan alat kontrol

otomatis ini berpusat pada Arduino yang menjadi otak dari sistem. Pada skema tersebut ada 2 proses yaitu proses kontrol dan monitoring. Pada proses kontrol, mengoperasikan motor DC untuk menggerakkan mekanisme pembersih menggunakan transmisi berupa gear dan *pulley* secara otomatis berdasarkan waktu sesuai dengan modul RTC. Pada proses monitoring ada beberapa parameter yang akan dimonitoring yaitu suhu, tegangan dan arus. Parameter suhu panel, tegangan panel dan arus panel dimonitoring untuk mengetahui suhu dan daya keluaran panel sedangkan arus motor dimonitoring untuk mengetahui apakah motor sudah beroperasi sesuai waktu yang ditentukan atau tidak.

### 3.3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Pada perancangan perangkat lunak akan digunakan 2 *software*, yaitu Arduino IDE dan *ThingSpeak*. Arduino IDE akan digunakan untuk memprogram semua sensor dan modul yang akan digunakan. Sedangkan untuk *software ThingSpeak* digunakan untuk memonitoring keluaran dari sensor dan module yang telah diprogram oleh Aduino IDE.

#### 1. Perancangan Program di *Software* Arduino IDE

Pada perancangan program arduino IDE, terdapat beberapa program yang akan dibuat yaitu pembuatan program kontrol otomatis pada alat pembersih panel menggunakan platform *ThingSpeak* melalui PC atau HP dan hasil pembacaan dari sensor yang akan ditampilkan pada *ThingSpeak*. Untuk perancangan perangkat lunak untuk kedua program tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Menginstall *software* Arduino IDE pada PC.
- b. Membuat program baru

- c. Program diketik pada halaman *sketch*.

Struktur pemrograman pada Arduino IDE terdiri dari beberapa bagian yaitu :

- a) *Header*

*Header* berisikan *library* dari setiap komponen yang digunakan.

- b) *Void setup ()*

Pada bagian *void setup ()*, berfungsi untuk inisialisasi dan komunikasi dengan perangkat keras arduino dan hanya dijalankan sekali selama program dijalankan.

- c) *Void loop ()*

Bagian *void loop ()* merupakan sebuah fungsi yang berjalan secara berulang-ulang dan terus-menerus dan bisa disebut juga fungsi ini merupakan program utama. Yang berisi tentang perintah untuk membaca sensor.

Pada program kontrol otomatis alat pembersih panel menggunakan *ThingSpeak* dibuat 2 *script* pemrograman. *Script* pertama berisikan program yang di *upload* kedalam Arduino Uno, dalam *script* yang di *upload* kedalam Arduino Uno ini berisikan *library-library* sensor suhu, sensor arus dan sensor debu. Bagian *void setup* berisikan perintah untuk menjalankan dan menghubungkan setiap komponen yang terhubung ke arduino uno. Bagian *void loop* berisikan perintah dalam menjalankan setiap program yang digunakan

seperti program untuk membaca tegangan, arus, suhu dan debu kemudian akan ditampilkan sesuai program yang dibuat lalu kemudian akan dikirim pada NodeMCU.

*Script* kedua berisikan program yang di *upload* pada NodeMCU, dimana hasil yang telah di kirim dari Arduino Uno akan di terima oleh NodeMCU. Pada *script* ini berisikan *library* seperti *library Thingspeak*, *lcd*, *wifi*. Bagian *void setup* berisikan perintah untuk inialisasikan *lcd*, *Thingspeak*, dan *serial*. Sedangkan untuk bagian *void loop* berisikan perintah untuk menerima hasil pembacaan sensor yang dikirim dari Arduino Uno. Pada *script* ini juga berisikan perintah untuk terhubung ke jaringan *wifi* untuk mengirim data ke platform *Thingspeak*.

- d. Setelah itu melakukan *verify* untuk menemukan apakah terdapat *error* pada pemrograman.
  - e. Program di *upload* untuk melakukan pengujian.
2. Perancangan program kontrol otomatis alat pembersih panel menggunakan platform *ThingSpeak*.

Adapun langkah-langkah untuk perancangan kontrol otomatis alat pembersih panel menggunakan platform *ThingSpeak* yaitu sebagai berikut:

- a. Membuka browser pada PC atau HP dengan memasukkan alamat web *ThingSpeak*.
- b. Membuat akun *ThingSpeak* di *MathWorks*.
- c. *Login* pada *ThingSpeak* dengan akun yang telah dibuat.

- d. Membuka *new channel* pada *ThingSpeak*.
- e. Membuat nama dan membuat *channel* sesuai kebutuhan.
- f. Beralih ke *software* Arduino IDE yang akan digunakan untuk memprogram.
- g. Setelah program dibuat, program akan di *upload*.
- h. *Channel* pada *ThingSpeak* akan menampilkan hasil pembacaan dalam bentuk grafik dan data.

### 3.4 Prosedur Pengujian

Setelah tahap perancangan selesai, maka dilanjutkan dengan tahap pengujian alat. Pengujian dan pengambilan data dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui unjuk kerja dari alat pembersih panel PV otomatis apakah sudah bekerja dengan baik dan sesuai dengan fungsinya. Adapun tahap pengujian dan pengambilan data adalah sebagai berikut

1. Memasang Panel PV pada alat pembersih.
2. Untuk tujuan pengujian, memberikan debu pada permukaan panel PV.
3. Mencatat tegangan input panel dan arus input panel pada permukaan panel PV yang telah dibaca oleh sensor tegangan dan sensor arus dan dapat di monitor menggunakan platform *ThingSpeak* melalui PC atau HP sampai pukul 17.00.
4. Alat pembersih akan otomatis beroperasi pada pukul 17.10.
5. Hari selanjutnya mencatat kembali tegan input panel dan arus input panel beserta suhu panel dan suhu udara sekitar yang telah dibaca oleh sensor

tegangan, sensor arus dan sensor suhu dan dapat dimonitor menggunakan platform *ThingSpeak* melalui PC atau HP sampai pukul 17.00.

6. Pengujian dilakukan dengan 2 level debu yang berbeda, sehingga pengujian panel dilakukan selama 4 hari.
7. Menganalisis Efisiensi panel PV sebelum dan setelah dibersihkan, serta berapa besar peningkatan efisiensi panel PV setelah dibersihkan.
8. Membuat kesimpulan tentang hasil pengujian alat pembersih otomatis.
9. Pengujian selesai.

### 3.5 Parameter yang Diukur

Tabel 3. 3 Parameter yang diukur

No.	Parameter	Simbol	Satuan	Keterangan
1	Tegangan Keluaran Panel Surya	V	V	Sensor Tegangan
2	Arus Keluaran Panel Surya	I	A	ACS712
3	Daya Keluaran Panel Surya	P	W	Perhitungan Teoritis
4	Suhu	T	°C	DS18B20
5	Intensitas cahaya matahari	I	W/m <sup>2</sup>	Solari meter

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas pembuatan sistem kontrol otomatis dan sistem monitoring serta pengujian pada sistem pembersih panel otomatis yang terdiri dari pengujian panel berdebu dan panel setelah dibersihkan.

#### 4.1 Alat Pembersih Panel Surya Otomatis

Seperti yang dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa pada penelitian ini menggunakan mekanisme alat yang sudah ada dan telah ditambahkan sistem kontrol sehingga alat yang sebelumnya dioperasikan secara manual dapat dioperasikan secara otomatis serta pembacaan sensor dapat dimonitoring dari jarak jauh dan dapat disimpan data histori operasionalnya (data logger) menggunakan platform *Thingspeak*. Untuk mencapai hal tersebut diperlukan 2 sistem kontrol yaitu perangkat lunak (*software*) dan perangkat keras (*hardware*).

##### 4.1.1 Perangkat Lunak

Pembuatan perangkat lunak terdiri dari 3 *script* program, yaitu 2 program untuk kontrol otomatis dan pembacaan sensor yang disimpan pada masing-masing arduino dan 1 program untuk pengiriman data pada NodeMCU ESP8266. Ketiga *script* tersebut di *upload* menggunakan *software* arduino IDE.

1. Program kontrol otomatis menggunakan fungsi waktu (*time sequence control*)

Pada *script* ini, program dibuat untuk mengontrol motor DC dan pompa DC secara otomatis berdasarkan fungsi waktu dimana arduino uno dibantu oleh modul



RTC yang berfungsi sebagai variabel waktu sehingga alat dapat beroperasi secara otomatis sesuai waktu yang ditentukan. Untuk *script* lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2a.

## 2. Program pembacaan sensor

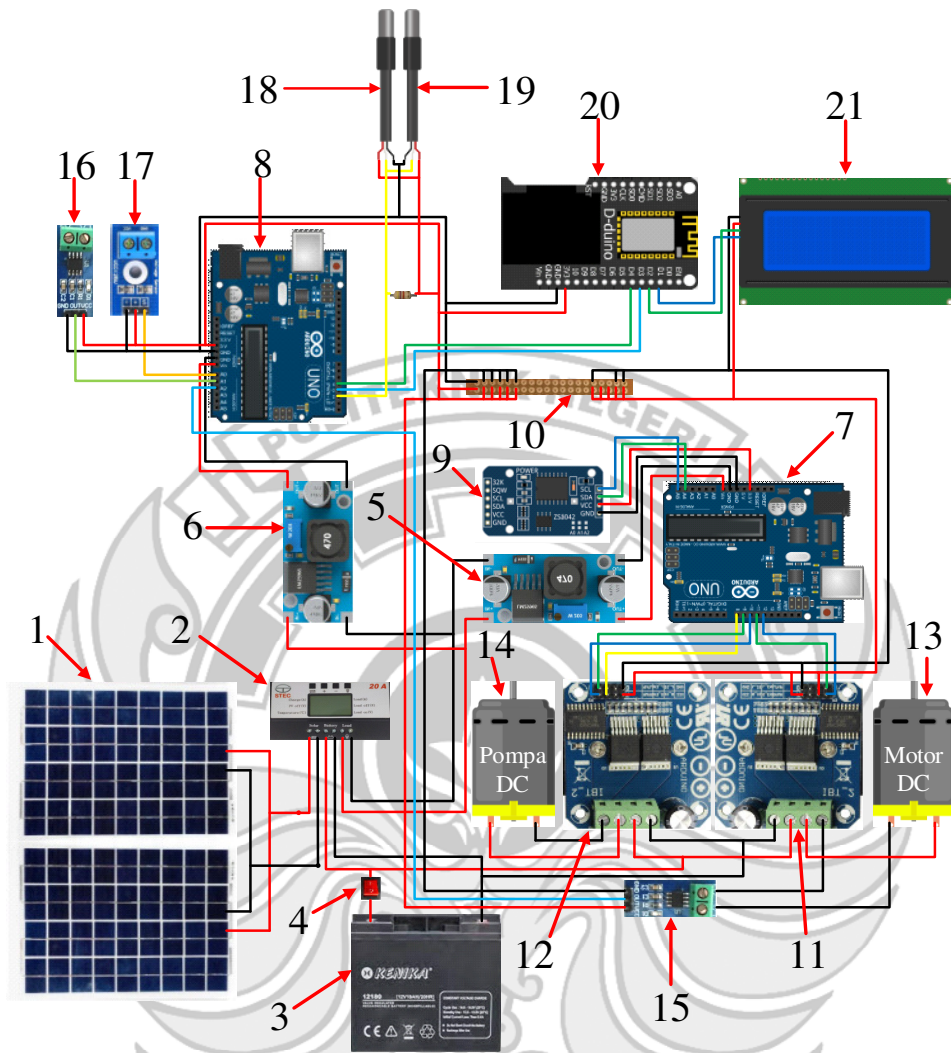
Untuk program pembacaan sensor berisikan *script* untuk membaca sinyal sensor-sensor (2 sensor temperatur, 2 sensor dan 1 sensor tegangan) yang digunakan dapat di monitoring. Sehingga setelah di *upload* ke perangkat keras arduino uno maka sinyal sensor ini dikirim ke NodeMCU. Adapun *script* lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2b.

## 3. Program NodeMCU ESP 8266

Pada program ini, berisikan *script* untuk menerima data pembacaan sensor dari arduino uno. Setelah itu, data yang diterima NodeMCU selanjutnya dapat ditampilkan pada LCD dan kemudian akan diteruskan ke server *Thingspeak*. NodeMCU berfungsi sebagai modul *wifi*, sehingga data dapat terkirim ke server *Thingspeak* selama ada koneksi internet. Untuk melihat *script*-nya terdapat pada Lampiran 2c.

### 4.1.2 Perangkat Keras

Setelah membuat program pada perangkat lunak, akan dirangkai perangkat keras sesuai dengan program yang telah dibuat. Selain itu, perangkat keras juga ditambahkan beberapa komponen untuk membantu sistem kontrol seperti panel suplay, baterai dan lain-lain. Untuk rangkaian lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.

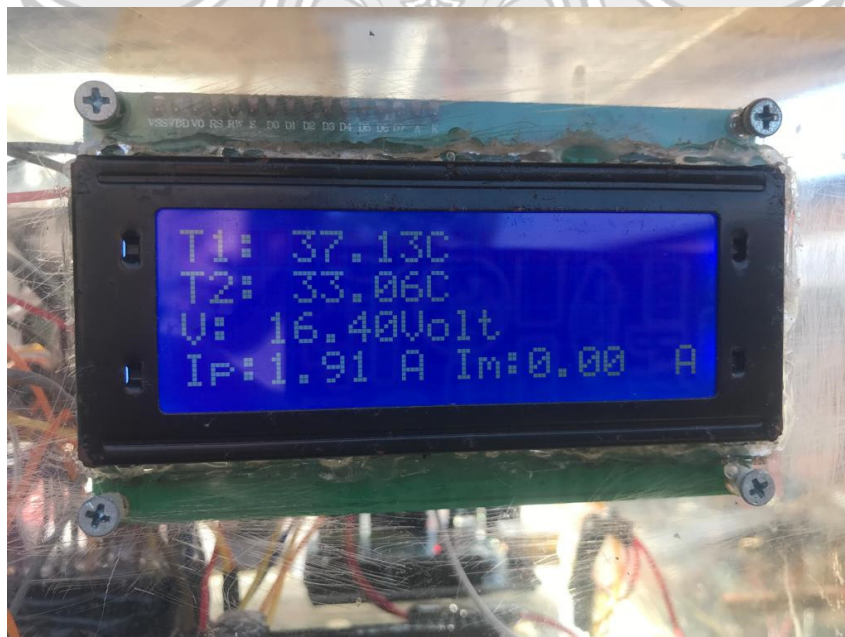


Gambar 4. 1 Sistem kontrol dan monitoring alat pembersih panel

Keterangan:

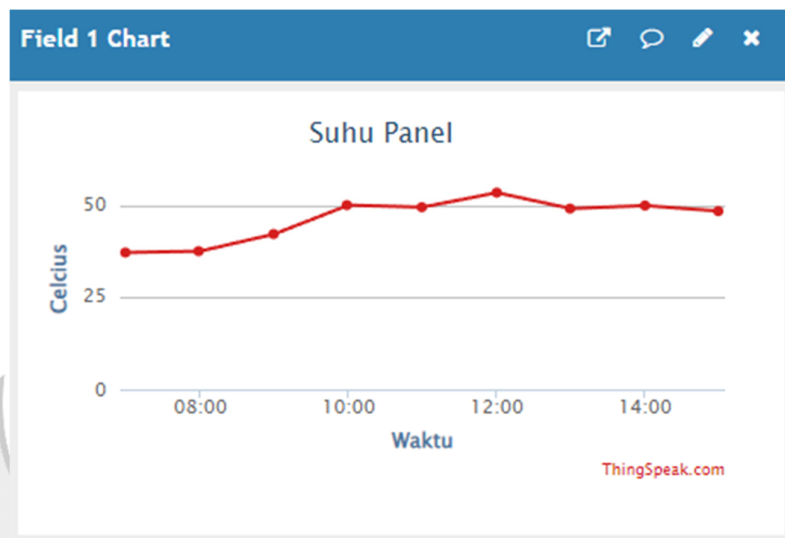
No.	Komponen	No.	Komponen	No.	Komponen
1	Panel Suplai	8	Arduino Uno 2	15	Sensor Arus 1
2	SCC	9	RTC	16	sensor Arus 2
3	Baterai	10	Papan PCB	17	Sensor Tegangan
4	Sakelar	11	Driver Motor DC	18	Sensor Suhu 1
5	Step Down Tegangan 1	12	Driver Pompa DC	19	Sensor Suhu 2
6	Step Down Tegangan 2	13	Motor DC	20	Modul <i>wifi</i>
7	Arduino Uno 1	14	Pompa DC	21	LCD

Pada Gambar 4.1, dapat dilihat bahwa perangkat keras sistem kontrol dan monitoring digunakan 2 Arduino karena kontrol motor dan pembacaan sensor tidak dapat ditangani oleh 1 arduino saja. Arduino pertama untuk mengontrol motor DC dan pompa DC serta RTC agar menggerakkan motor DC dan pompa DC sesuai waktu yang ditentukan. Adapun arduino kedua fungsinya untuk mengirim pembacaan sensor-sensor ke NodeMCU. Sensor yang digunakan terdiri dari 2 sensor suhu, 2 sensor arus dan 1 sensor tegangan. Hasil pembacaan sensor NodeMCU ESP8266 yang sebagai modul *wifi* dikirim ke server *Thingspeak*, sehingga sistem kontrol dan monitoring ini harus terhubung ke internet untuk pengiriman datanya. Untuk itu diperlukan fasilitas jaringan internet. Selain itu, monitoring pembacaan sensor dapat dipantau secara langsung melalui LCD, dimana LCD terhubung langsung dengan NodeMCU. Untuk melihat hasil pembacaan sensor pada LCD seperti pada Gambar 4.2 di bawah ini.

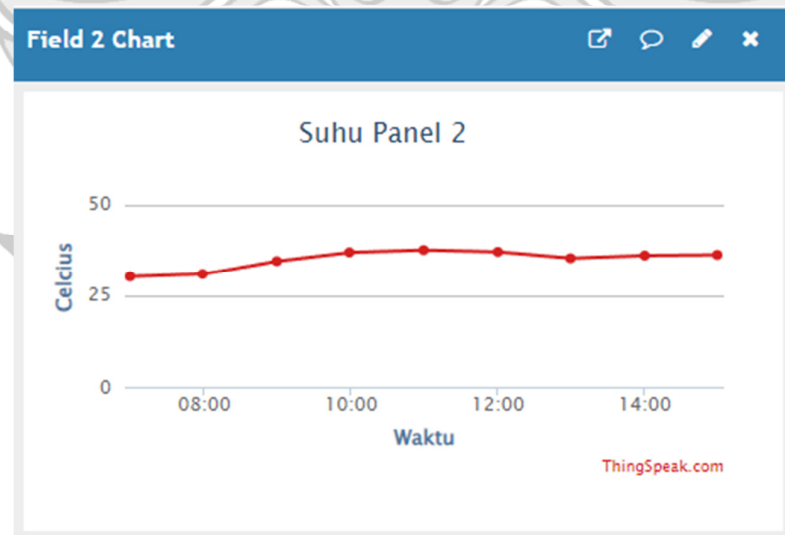


Gambar 4. 2 Pembacaan sensor pada LCD

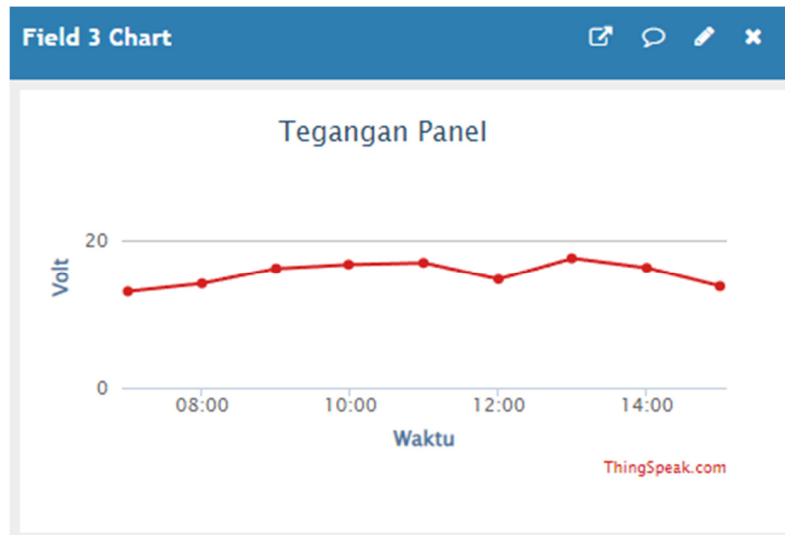
Selain pada LCD, pembacaan sensor juga dapat dimonitoring di handphone dan atau komputer dari jarak jauh. Sebagai contoh tampilan monitoring pembacaan sensor suhu, tegangan dan arus dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini.



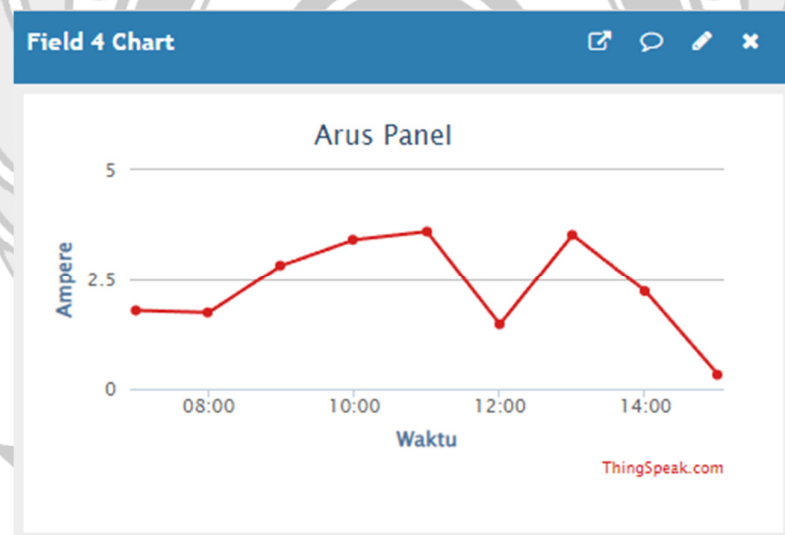
Gambar 4. 3 Tampilan pembacaan suhu panel pada server *Thingspeak*



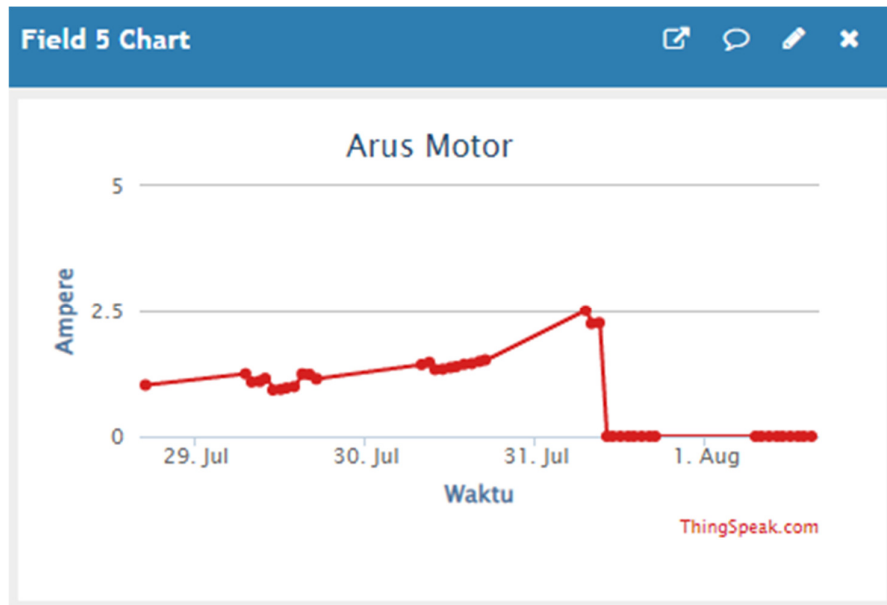
Gambar 4. 4 Tampilan pembacaan suhu udara pada server *Thingspeak*



Gambar 4. 5 Tampilan pembacaan tegangan panel pada server *Thingspeak*

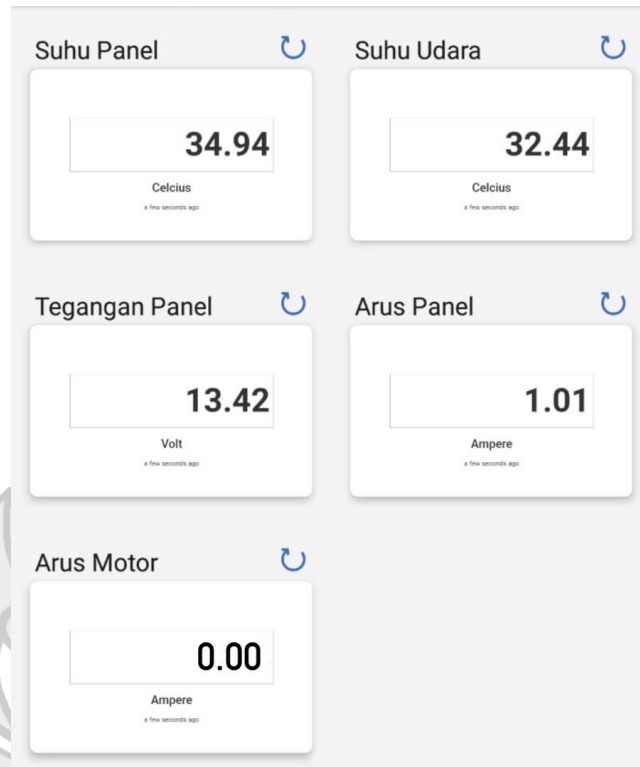


Gambar 4. 6 Tampilan pembacaan arus panel pada server *Thingspeak*



Gambar 4. 7 Tampilan pembacaan arus motor pada server *Thingspeak*

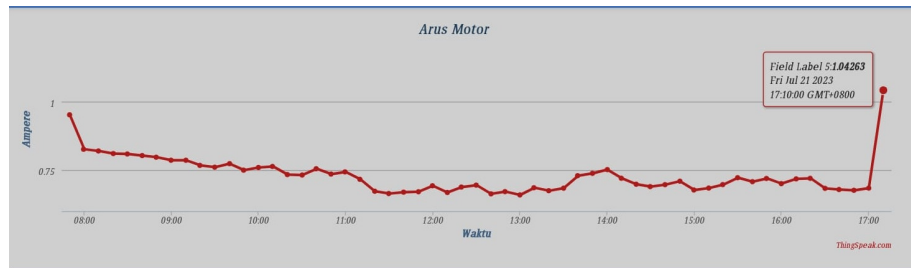
Selain dalam bentuk grafik, data monitoring pembacaan dapat dipantau dalam bentuk angka dan juga data tersebut dapat di impor menjadi file excel. Tampilan angka dapat dilihat pada Gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4. 8 Pembacaan sensor dalam bentuk angka

#### 4.1.3 Pengujian sistem kontrol otomatis berdasarkan fungsi waktu

Setelah perangkat lunak dan perangkat keras selesai dibuat, alat pembersih akan diuji apakah dapat beroperasi secara otomatis berdasarkan waktu yang telah ditentukan. Hal tersebut dapat dilihat pada server *Thingspeak* terbaca arus motor pada waktu yang ditentukan seperti yang terlihat pada Gambar 4.9 di bawah ini.



Gambar 4. 9 Arus motor yang terkirim ke server *Thingspeak*

Pada Gambar 4.9 di atas, dapat dilihat bahwa data arus motor terkirim ke server *Thingspeak* pada jam 17.10, hal ini menandakan bahwa alat pembersih dapat beroperasi secara otomatis sesuai waktu yang ditentukan.

## 4.2 Pengujian Efisiensi Panel

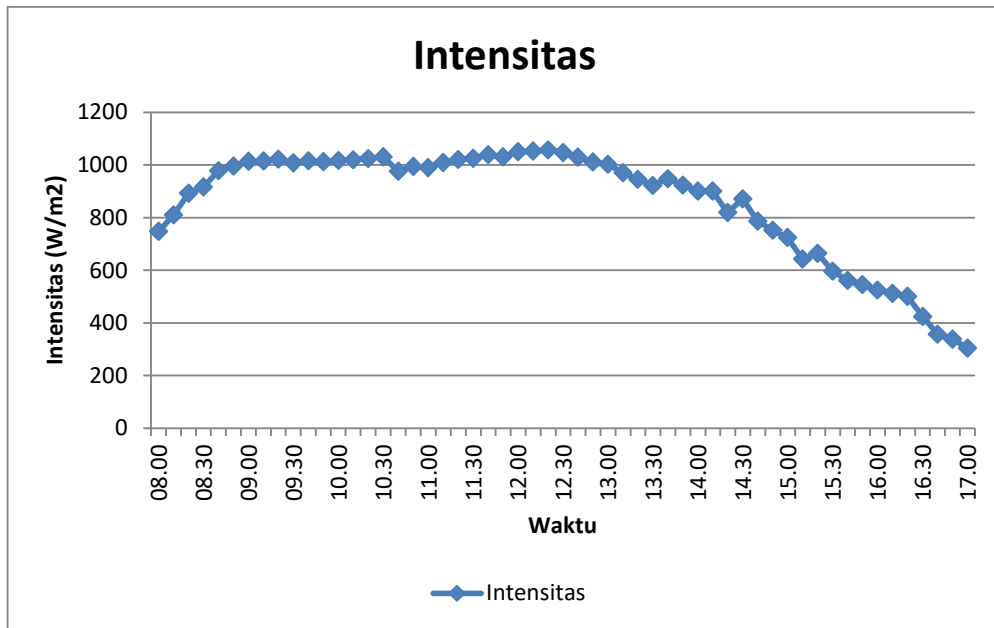
### 4.2.1 Hasil pengujian panel

Pada pengujian efisiensi panel, akan dicatat parameter-parameter yang dimonitoring pada web atau aplikasi *Thingspeak* yang kemudian dilakukan analisis untuk mendapatkan nilai efisiensi. Adapun pengujian panel dilakukan 2 kondisi yaitu panel berdebu dan panel bersih, dimana pada kondisi berdebu ada 2 level yang berbeda.



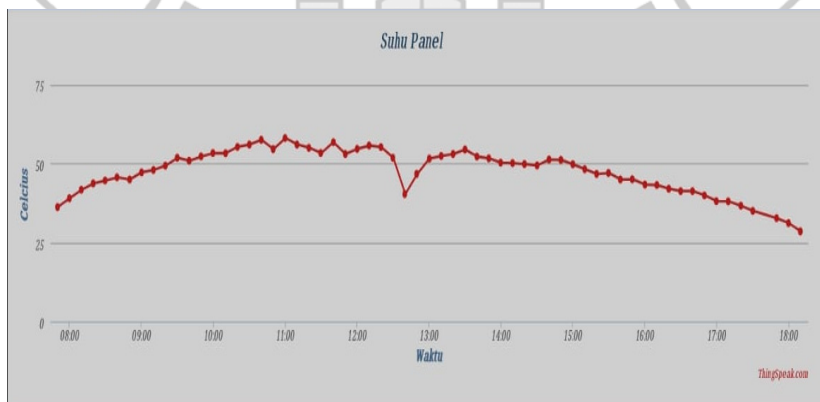
### 1. Pengujian panel berdebu level 1

Pada pengujian ini, panel diberikan debu dengan kapasitas yang cenderung kecil. Adapun tabel hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Lampiran 5.

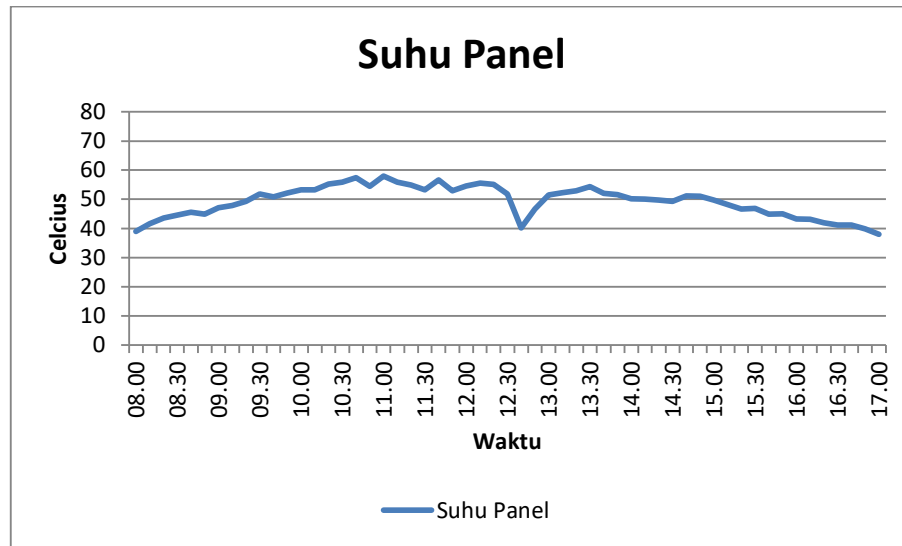


Gambar 4. 10 Grafik intensitas matahari

Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai intensitas matahari akan meningkat dari pagi sampai tengah hari dan akan menurun ketika menjelang sore.



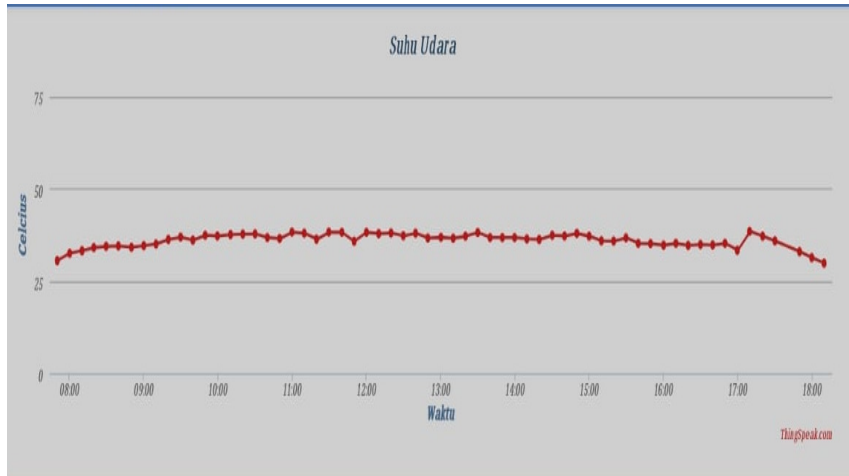
(a)



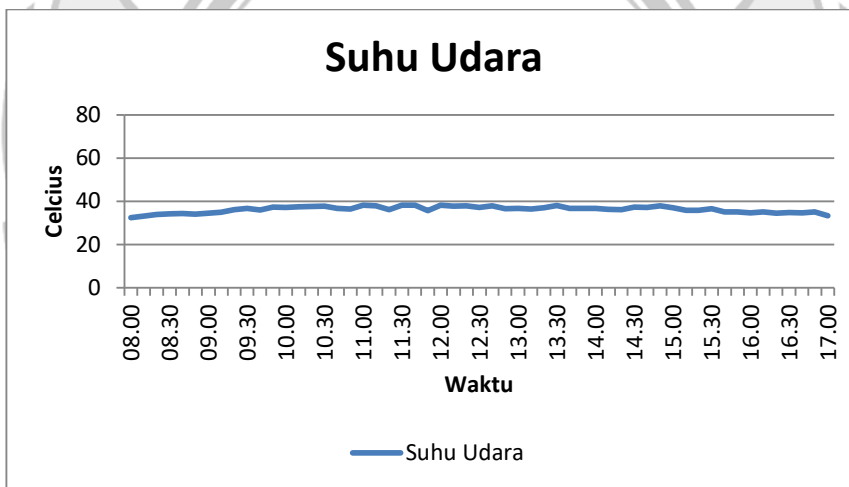
(b)

Gambar 4. 11 Grafik suhu panel (a) tampilan pada *Thingspeak* (b) tampilan pada excel

Pada grafik di atas dapat dilihat suhu panel akan semakin meningkat dari pagi sampai tengah hari, dan akan menurun ketika menjelang sore hari. Hal ini disebabkan oleh intensitas matahari.



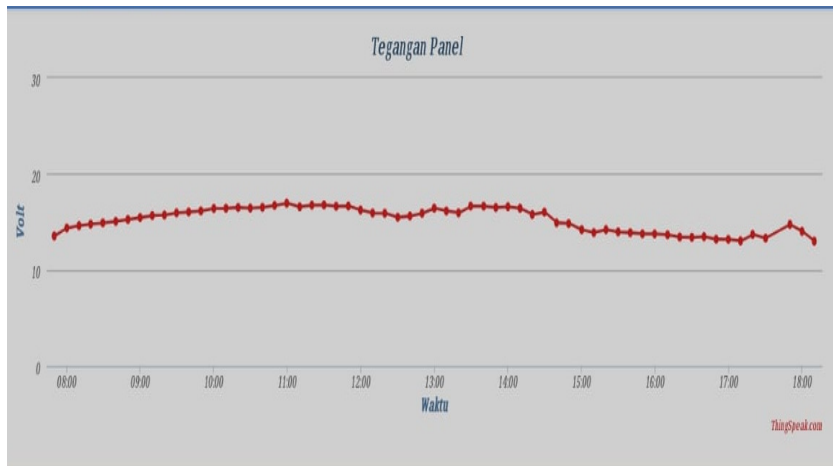
(a)



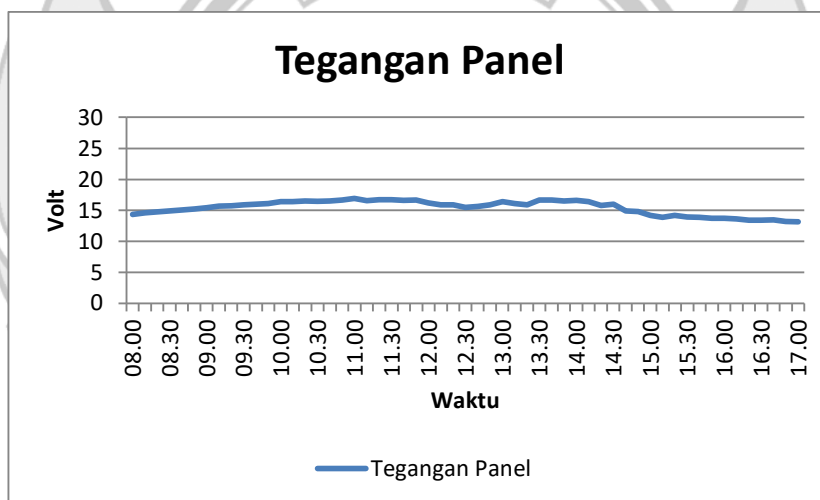
(b)

Gambar 4. 12 Grafik suhu udara (a) tampilan pada *Thingspeak* (b) tampilan pada excel

Pada grafik di atas, dapat dilihat bahwa suhu udara di sekitar panel cenderung konstan.



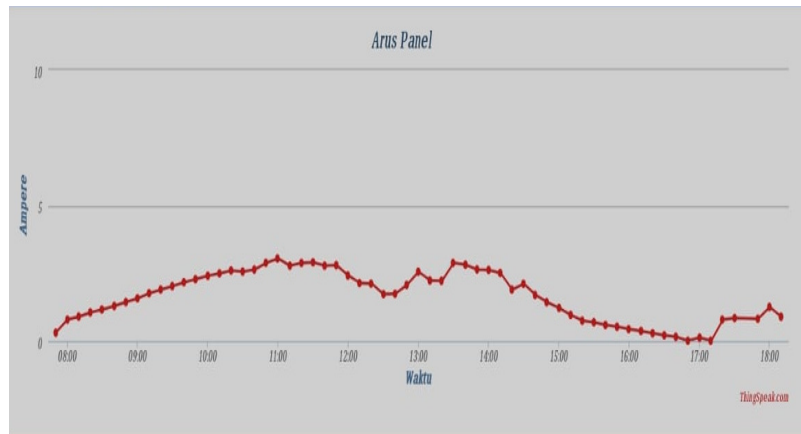
(a)



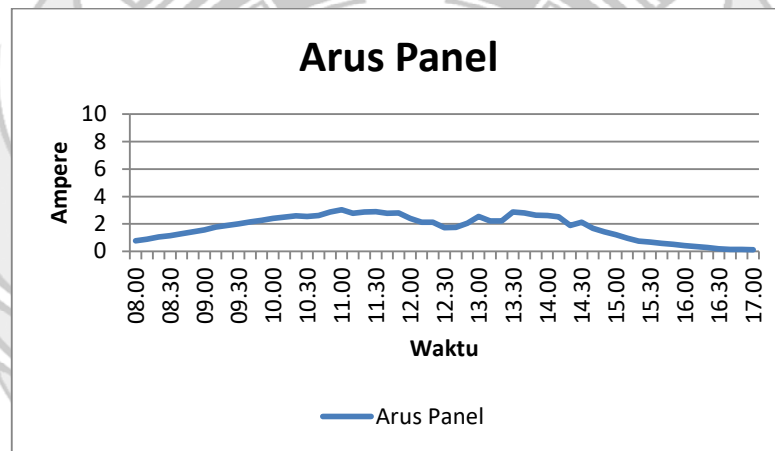
(b)

Gambar 4. 13 Grafik tegangan panel (a) tampilan pada *Thingspeak* (b) tampilan pada excel

Pada grafik di atas, dapat dilihat bahwa nilai tegangan keluaran panel akan cenderung konstan pada pagi hari sampai siang hari, tetapi akan sedikit menurun ketika menjelang sore dikarenakan panel sudah tidak lagi mendapatkan intensitas matahari yang cukup.



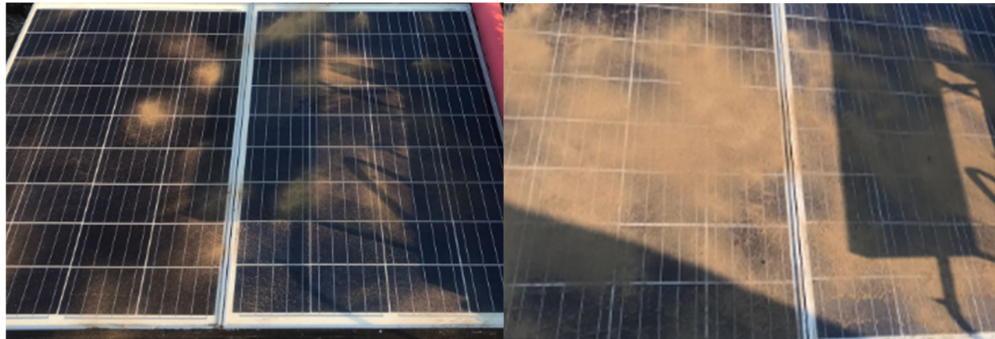
(a)



(b)

Gambar 4. 14 Grafik arus panel (a) tampilan pada *Thingspeak* (b) tampilan pada excel

Pada grafik di atas, dapat di lihat nilai arus keluaran panel akan meningkat dari pagi sampai tengah hari dan akan turun ketika menjelang sore hari. Arus juga akan bernilai nol ketika panel sudah tidak mendapatkan intensitas matahari yang cukup.



(a)

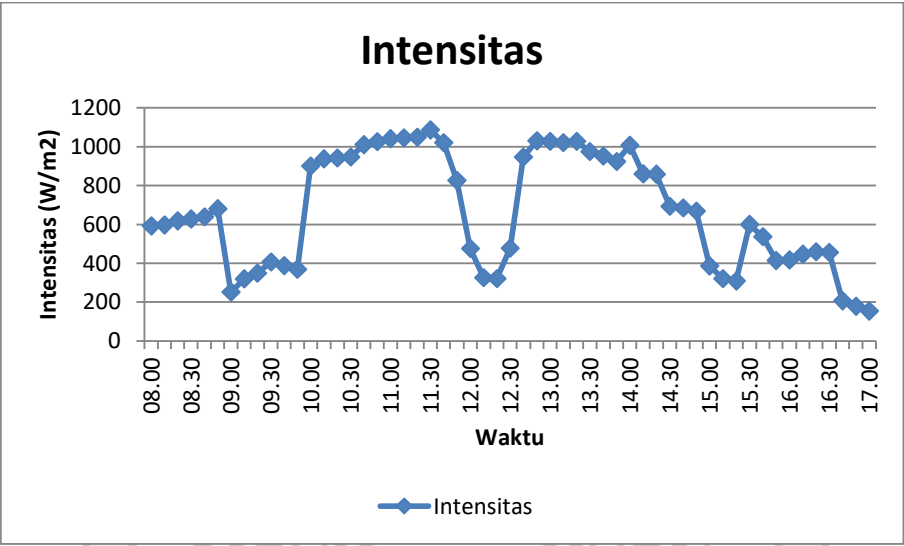
(b)

Gambar 4. 15 Kondisi panel surya berdebu (a) level 1 dan (b) level 2

Pada Gambar 4.11 di atas dapat dilihat perbedaan intensitas debu untuk kedua level kekotoran, hal inilah yang menyebabkan tegangan dan arus keluaran panel surya cenderung kecil meskipun panel surya mendapat intensitas matahari yang cukup.

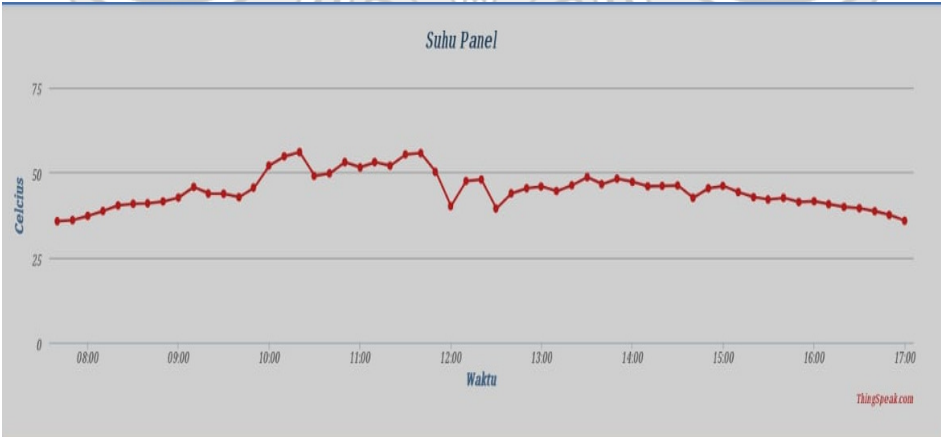
## 2. Pengujian panel bersih

Pada pengujian ini, panel telah dibersihkan oleh alat pembersih panel surya pada hari sebelumnya. Adapun tabel hasil pengujian dapat dilihat pada Lampiran 6.

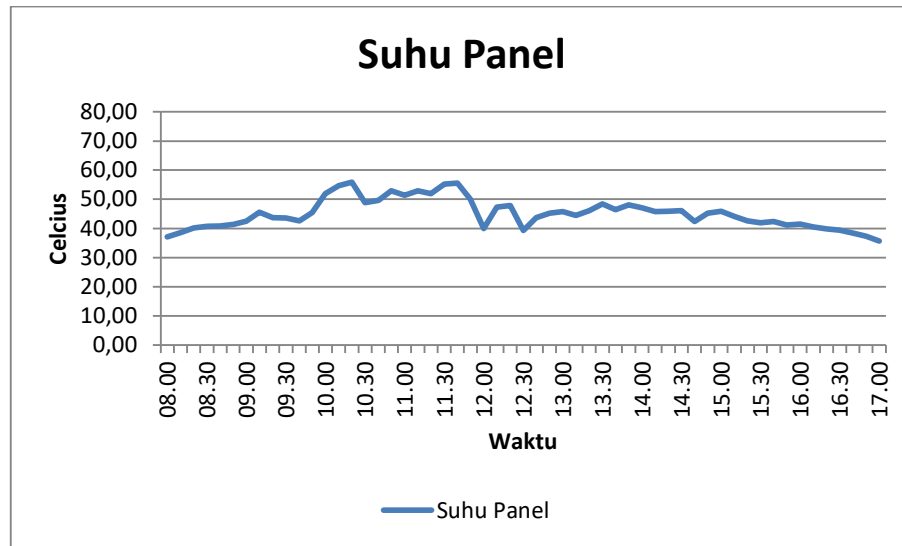


Gambar 4. 16 Grafik intensitas matahari

Berdasarkan grafik di atas, dapat dilihat bahwa intensitas matahari berfluktuasi dikarenakan pada saat pengambilan data dalam keadaan mendung beberapa saat sehingga intensitas matahari tidak merata.



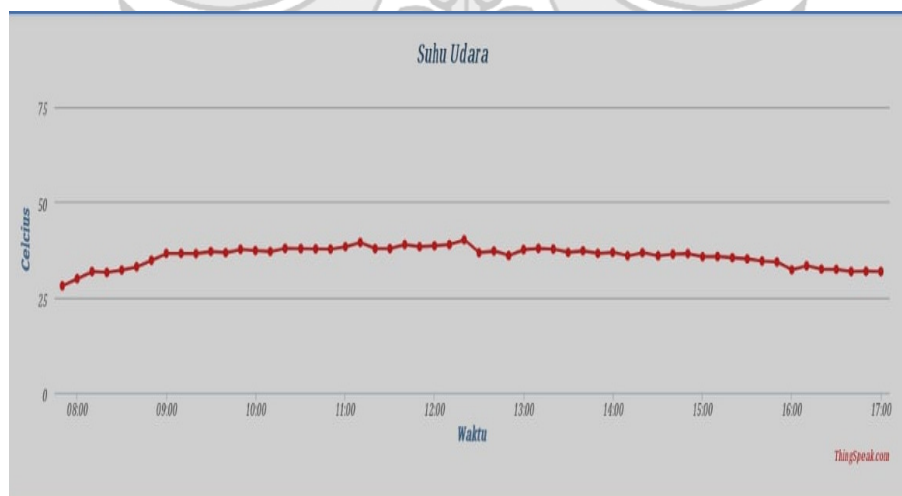
(a)



(b)

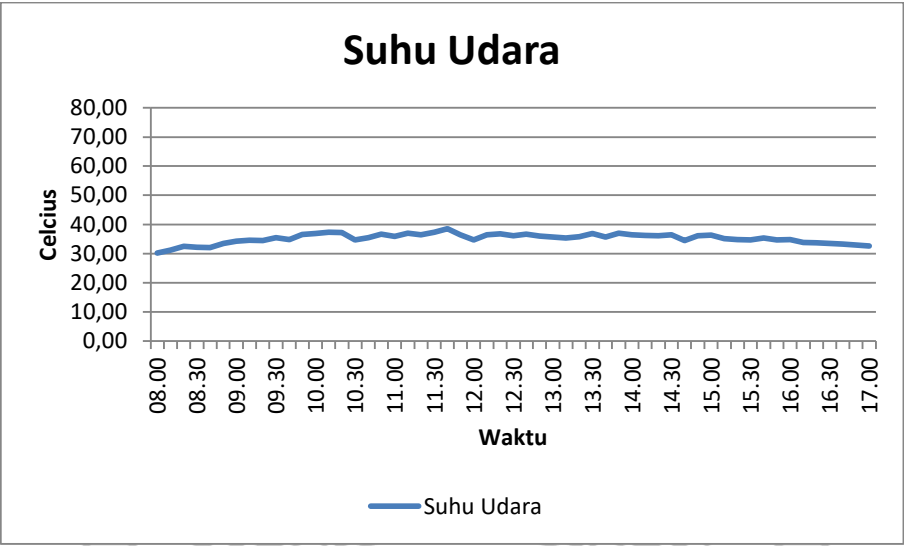
Gambar 4. 17 Grafik suhu panel (a) tampilan pada *Thingspeak* (b) tampilan pada excel

Berdasarkan grafik di atas, dapat dilihat bahwa suhu panel berfluktuatif. Hal ini disebabkan oleh intensitas matahari selama pengambilan data tidak merata sehingga suhu pada panel tidak merata juga.



(a)

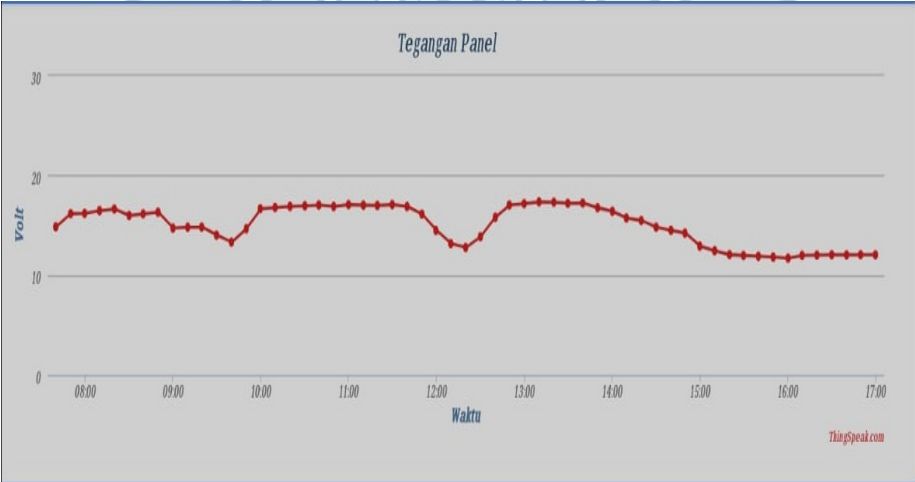




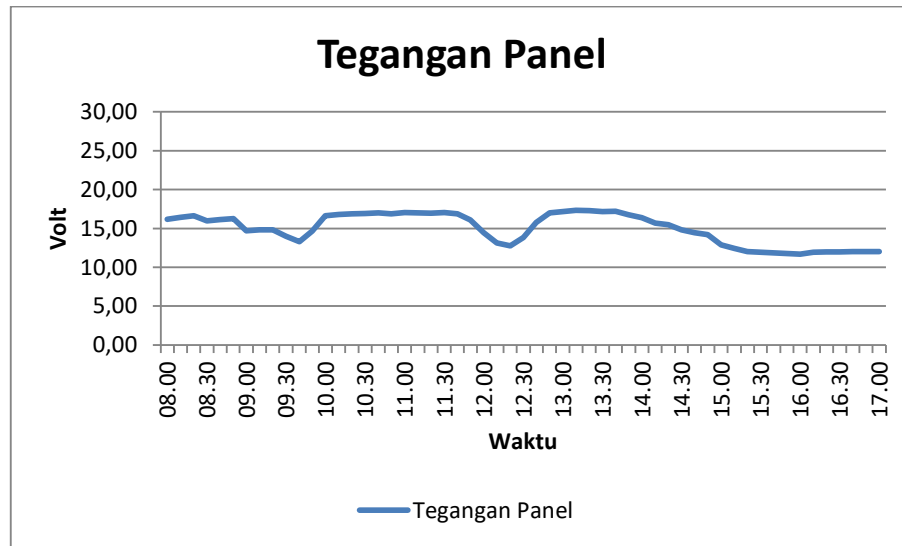
(b)

Gambar 4. 18 Grafik suhu udara (a) tampilan pada *Thingspeak* (b) tampilan pada excel

Pada grafik di atas, dapat dilihat bahwa suhu udara di sekitar panel cenderung konstan.



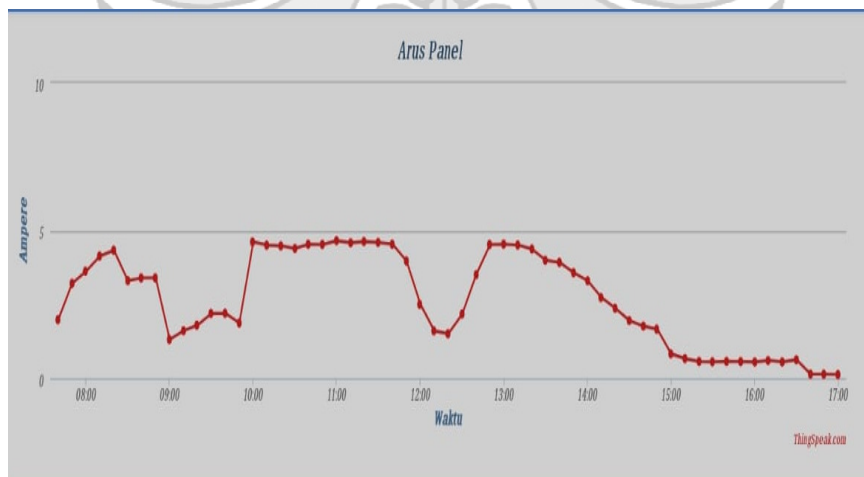
(a)



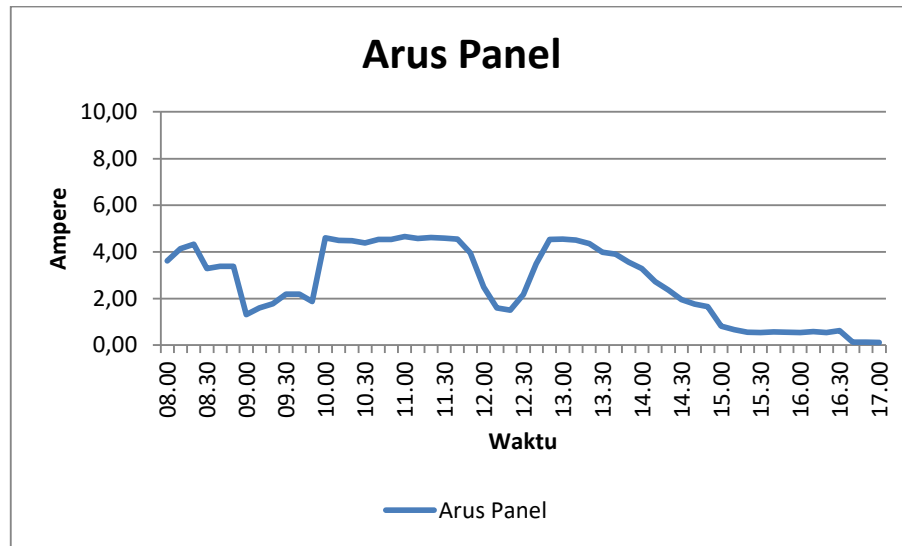
(b)

Gambar 4. 19 Grafik tegangan panel (a) tampilan pada *Thingspeak* (b) tampilan pada excel

Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa tegangan keluaran panel berfluktuatif dikarenakan pengaruh dari intensitas matahari selama pengambilan data tidak merata sehingga tegangan keluaran panel juga tidak merata.



(a)



(b)

Gambar 4. 20 Grafik arus panel (a) tampilan pada *Thingspeak* (b) tampilan pada excel

Berdasarkan grafik di atas, dapat dilihat bahwa arus keluaran panel berfluktuatif dikarenakan intensitas matahari selama pengambilan data tidak merata sehingga mempengaruhi arus keluaran panel.



(a)

(b)

Gambar 4. 21 Kondisi panel surya setelah dibersihkan

Pada Gambar 4.17 di atas dapat dilihat kondisi panel setelah dibersihkan, dimana (a) merupakan kondisi panel berdebu level 1 dan (b) merupakan kondisi panel berdebu level 2 setelah dibersihkan.dalam

#### 4.2.2 Pembahasan Hasil Pengujian

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai analisis daya input panel, daya output panel dan efisiensi panel serta waktu pengisian baterai dan banyaknya panel yang dapat dibersihkan oleh alat pembersih sampai baterai habis (20%).

##### 1. Analisis Daya Input Panel

Daya input panel surya dipengaruhi oleh intensitas matahari dan luasan panel, sehingga untuk menghitung besar daya input panel surya dapat dihitung menggunakan persamaan (1) dimana data untuk intensitas matahari dapat dilihat pada Lampiran 5 dan luas untuk 2 panel  $1,3802 \text{ m}^2$ , dengan demikian daya input panel dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_{in} = I_r \times A$$

Dimana:

$$I_r = 748,4 \text{ W/m}^2 \text{ (pada jam 8.00)}$$

$$A = 1,3802 \text{ m}^2$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui daya input panel pada jam 8.00 adalah 1032,94 W. Daya input panel akan bervariasi karena pengaruh intensitas matahari, sehingga setiap data yang didapatkan akan menghasilkan daya input panel yang berbeda-beda tergantung dari nilai intensitas matahari.

## 2. Analisis Daya Output Panel

Daya output panel dipengaruhi oleh tegangan keluaran panel surya, arus keluaran panel surya dan intensitas debu sehingga untuk menghitung besar daya output panel surya dapat menggunakan persamaan (2) dimana untuk nilai tegangan dan arus keluaran panel berdebu level 1 dapat dilihat pada Lampiran 5 dan panel berdebu level 2 pada Lampiran 7, sedangkan untuk nilai tegangan dan arus keluaran panel bersih dapat dilihat pada Lampiran 6 dan Lampiran 8.

Dengan demikian dapat dihitung nilai daya output panel berdebu level 1 adalah sebagai berikut:

$$P_{out} = V_{rata-rata} \times I_{rata-rata}$$

Dimana:

$$V_{rata-rata} = 14,34 \text{ V (jam 8.00)}$$

$$I_{rata-rata} = 0,77 \text{ A}$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui nilai daya output panel berdebu level 1 pada jam 8.00 yaitu sebesar 11,08 W. Adapun nilai daya output panel berdebu level 2 adalah sebagai berikut:

$$P_{out} = V_{rata-rata} \times I_{rata-rata}$$

Dimana:

$$V_{rata-rata} = 13,44 \text{ V (jam 8.00)}$$

$$I_{rata-rata} = 0,84 \text{ A}$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui nilai daya output panel berdebu level 2 pada jam 8.00 yaitu sebesar 11,28 W. Adapun nilai daya output panel bersih selama 2 hari yang berbeda adalah sebagai berikut:

$$P_{out} = V_{rata-rata} \times I_{rata-rata}$$

Dimana:

$$V_{rata-rata} = 16,18 \text{ V (jam 8.00)}$$

$$I_{rata-rata} = 3,61 \text{ A}$$

$$P_{out} = V_{rata-rata} \times I_{rata-rata}$$

Dimana:

$$V_{rata-rata} = 16,47 \text{ V (jam 8.00)}$$

$$I_{rata-rata} = 3,37 \text{ A}$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui daya output panel bersih pada jam 8.00 yaitu sebesar 58,40 W dan 55,50 W. Dari hasil tersebut dapat dilihat perbedaan daya output panel yang berdebu dan bersih dimana daya output panel berdebu hanya menghasilkan daya sebesar 11,08 W dan 11,28 W, sedangkan daya output panel yang bersih menghasilkan daya sebesar 58,40 W dan 55,50 W.

### 3. Analisis Efisiensi Panel

Efisiensi panel surya dipengaruhi oleh daya input panel dan daya output panel yang dapat dihitung menggunakan persamaan (4), dimana daya input panel dan daya output panel didapatkan dari perhitungan menggunakan persamaan (1) dan persamaan (2). Adapun perhitungan efisiensi panel dalam kondisi berdebu adalah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Dimana:

$$P_{out} = 11,08 \text{ W (berdebu level 1)}$$

$$P_{in} = 1032,94 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Dimana:

$$P_{out} = 11,28 \text{ W (berdebu level 2)}$$

$$P_{in} = 998,02 \text{ W}$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui efisiensi panel berdebu level 1 sebesar 1,06% dan efisiensi panel berdebu level 2 sebesar 1,13%. Adapun perhitungan efisiensi panel bersih adalah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Dimana:

$$P_{out} = 58,40 \text{ W}$$

$$P_{in} = 817,21 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Dimana:

$$P_{out} = 55,50 \text{ W}$$

$$P_{in} = 1027,97 \text{ W}$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui nilai efisiensi panel bersih sebesar 7,14% dan 5,39%. Dari pembahasan ini dapat dilihat bahwa efisiensi panel dalam keadaan berdebu dan bersih akan mengalami perbedaan, dimana perbedaannya dapat dipengaruhi oleh jumlah debu.

#### 4. Waktu Pengisian Baterai

Kapasitas baterai yang digunakan pada penelitian ini adalah 7 Ah dengan tegangan 12 Volt. Panel suplai yang digunakan adalah 2 buah panel masing-masing 10 Wp yang diparalelkan sehingga menjadi 20Wp. Untuk menghitung waktu pengisian baterai secara teoritis digunakan persamaan berikut:

$$\frac{20 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 1,67 \text{ A}$$

$$\frac{7 \text{ Ah}}{1,67 \text{ A}} \times 80\% = 3,35 \text{ jam}$$

Sedangkan waktu pengisian baterai aktual dapat dilihat pada tabel di bawah ini.



Tabel 4.1 Tabel pengisian baterai

Kapasitas baterai	Waktu pengisian	Lama Pengisian	Energi yang dihasilkan
(%)	(Jam)	(Menit)	(Wh)
20	11.30	0	0
40	12.24	54	12.1
60	13.20	56	20.2
80	14.22	62	21.6
99	15.43	81	24.2
Energi total selama pengisian			24.2 Wh
Waktu total pengisian			253 Menit

Pada tabel di atas, dapat dilihat waktu pengisian baterai dari level kapasitas 20% sampai dengan level kapasitas 99% dibutuhkan waktu 245 menit (4,2 jam). Terdapat perbedaan waktu pengisian secara teori dan aktual. Hal ini dikarenakan intensitas matahari pada saat pengisian berlangsung tidak konstan atau berubah-ubah menyebabkan arus keluaran panel berubah-ubah pula.

5. Analisis jumlah panel yang mampu dibersihkan oleh alat pembersih dua siklus

Pada percobaan pembersihan panel dari kapasitas baterai penuh (99%) sampai habis didapatkan data sebagai berikut:

Lebar 1 panel = 67 cm

Waktu operasi = 33 menit 23 detik = 2013 detik

Waktu tempuh pembersih untuk 2 panel = 12 detik (1 kali bolak balik)

Dikarenakan pembersihan dilakukan 2 kali bolak balik maka waktu tempuh menjadi  $2 \times 12 \text{ detik} = 24 \text{ detik}$ .

Dengan begitu dapat dihitung jumlah panel yang dapat dibersihkan selama operasi

$$\frac{\text{waktu operasi}}{\text{waktu tempuh}} = \frac{2013}{24} = 83,875 \approx 84$$

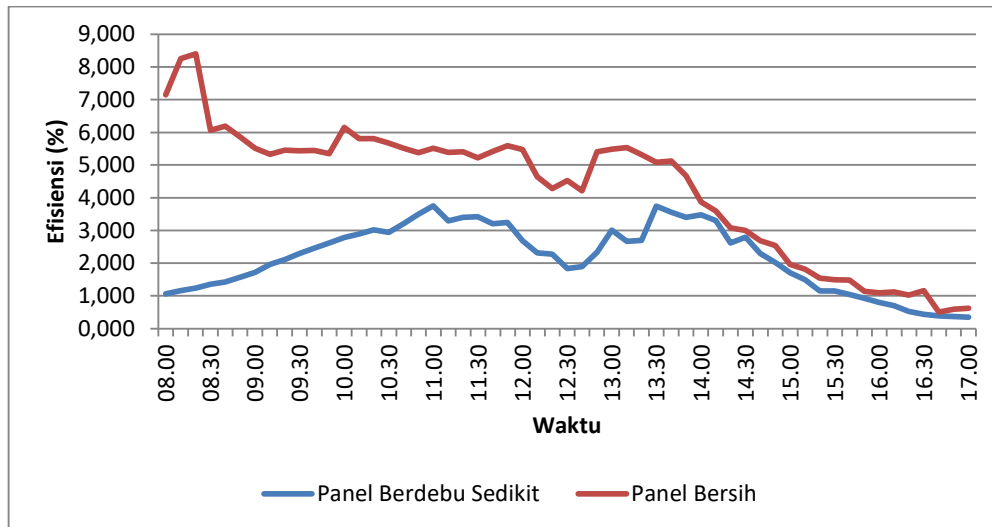
Jadi dapat diketahui jumlah panel yang dapat dibersihkan oleh alat pembersih selama operasi apabila melintas lurus dengan menggunakan baterai berkapasitas 7 Ah adalah 84 panel dan panjang lintasan yang dilewati alat pembersih adalah  $84 \text{ panel} \times 67 \text{ cm} = 5628 \text{ cm} (56 \text{ m})$ . Dengan pertimbangan bahwa kapasitas baterai dianjurkan minimum 20%, sehingga jumlah panel yang dapat dibersihkan yaitu:  $84 \times 80\% = 67 \text{ panel}$ .

#### 6. Efek alat pembersih

Setelah alat beroperasi secara otomatis untuk membersihkan panel surya, dapat dilihat perbedaan kapasitas debu pada permukaan panel sebelum dan setelah dibersihkan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran 3f untuk panel berdebu level 1 dan Lampiran 3g untuk panel berdebu level 2.

#### 7. Grafik hasil pembahasan

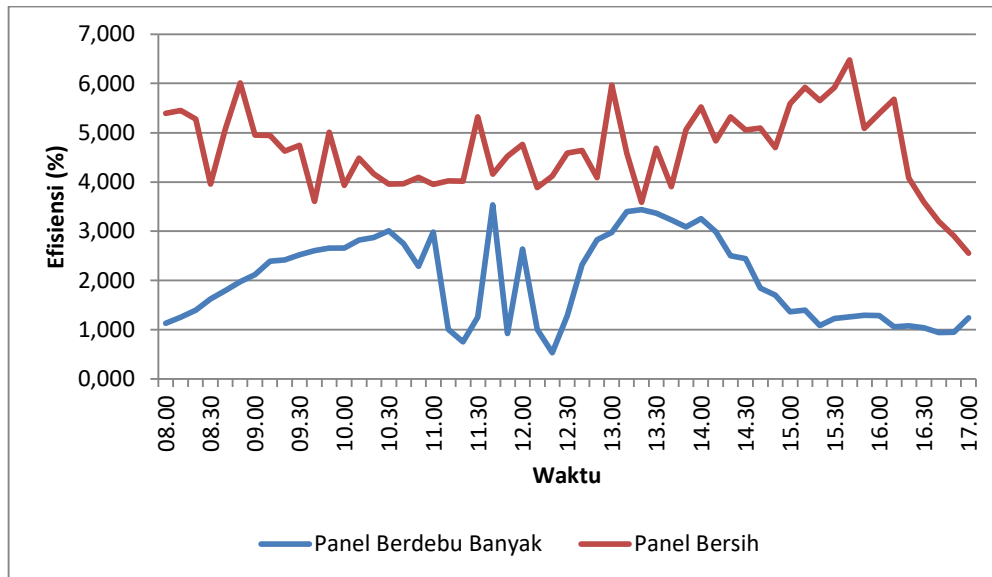
Setelah melakukan analisis efisiensi, maka akan dibandingkan efisiensi panel pada saat berdebu dan bersih. Untuk melihat perbandingan efisiensi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12.



Gambar 4. 22 Grafik perbandingan efisiensi panel kondisi berdebu level 1 dengan panel kondisi bersih

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa efisiensi panel bersih lebih tinggi dibandingkan dengan efisiensi panel berdebu level 1, dimana nilai efisiensi rata-rata panel bersih adalah 4,28%, sedangkan nilai efisiensi rata-rata panel berdebu level 1 adalah 2,17%. Disini terdapat perbedaan efisiensi sekitar 2,11%, hal ini disebabkan oleh debu yang dapat menurunkan efisiensi debu.

Pada grafik tersebut juga dapat dilihat efek dari alat pembersih panel yang dapat meningkatkan efisiensi panel surya sekitar 2,11%



Gambar 4. 23 Grafik perbandingan efisiensi panel kondisi berdebu level 2 dengan panel kondisi bersih

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa efisiensi panel bersih lebih tinggi dibandingkan dengan efisiensi panel berdebu level 2, dimana nilai efisiensi rata-rata panel bersih adalah 4,65%, sedangkan nilai efisiensi rata-rata panel berdebu level 2 adalah 2,04%. Disini terdapat perbedaan efisiensi sekitar 2,61%, hal ini disebabkan oleh debu yang dapat menurunkan efisiensi debu.

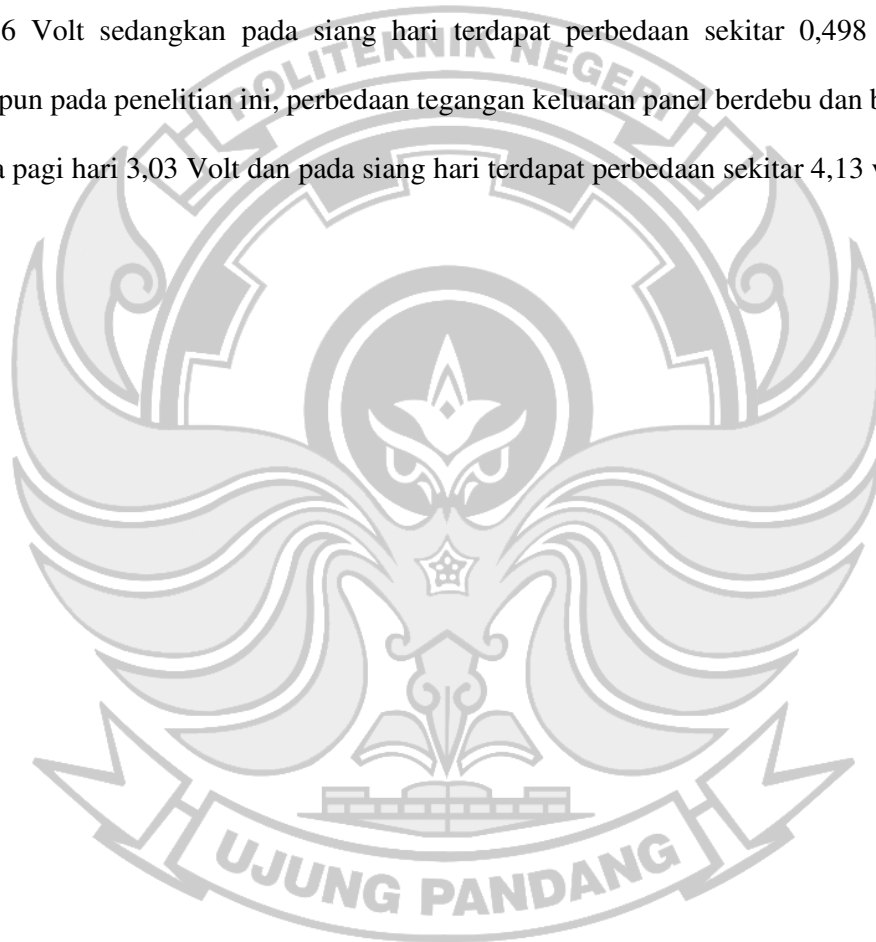
Pada grafik tersebut juga dapat dilihat efek dari alat pembersih panel yang dapat meningkatkan efisiensi panel surya sekitar 2,61%.

#### 8. Perbandingan dengan penelitian lain.

Setelah membandingkan efisiensi panel sebelum dan setelah dibersihkan, didapatkan peningkatan 1,60% untuk debu level 1 dan 2,00% untuk debu level 2. Pada penelitian yang lain yang serupa tapi menggunakan panel 30 Wp didapatkan peningkatan efisiensi pada panel berdebu dengan panel bersih adalah

10,86% Perbedaan tersebut dapat disebabkan karena panel yang digunakan memiliki luasan berbeda, sehingga untuk intensitas debu yang sama akan berefek beda untuk luasan panel yang berbeda.

Penelitian yang dilakukan oleh Sari, dkk 2022 memberikan kesimpulan bahwa pada pagi hari perbedaan tegangan keluaran panel berdebu dan bersih adalah 0,316 Volt sedangkan pada siang hari terdapat perbedaan sekitar 0,498 Volt. Adapun pada penelitian ini, perbedaan tegangan keluaran panel berdebu dan bersih pada pagi hari 3,03 Volt dan pada siang hari terdapat perbedaan sekitar 4,13 volt.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

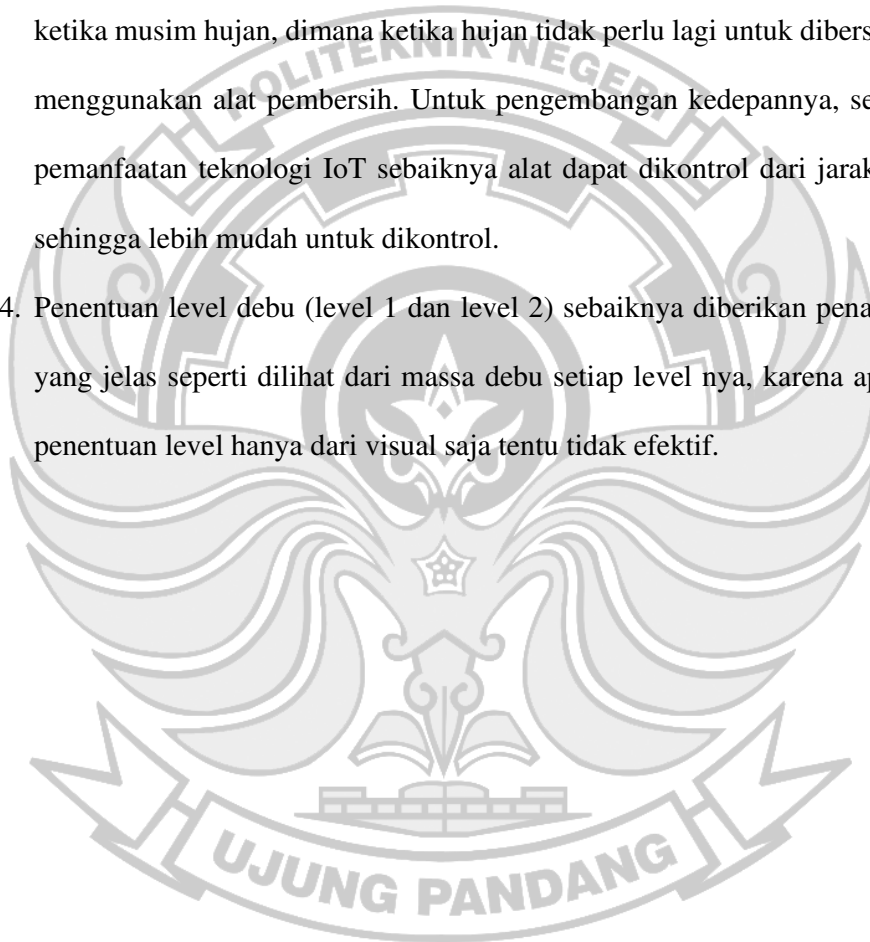
1. Setelah melakukan perancangan dan pembuatan alat pembersih panel surya yang dapat dikontrol secara otomatis, alat dapat beroperasi secara otomatis berdasarkan waktu yang telah ditentukan serta pembacaan sensor dapat dimonitoring melalui PC dan HP selama ada koneksi internet dan disimpan data operasionalnya (data logger).
2. Dengan menggunakan sistem pembersih panel otomatis ini, kotoran (debu) yang menempel pada PV dapat dibersihkan dengan baik dimana efeknya dapat mempertahankan efisiensi optimal PV. Sebagai gambaran untuk panel berdebu level 1 mengalami peningkatan efisiensi sebesar 2,11%, sedangkan panel berdebu level 2 mengalami peningkatan efisiensi sebesar 2,61%.

#### **5.2 Saran**

1. Daya input panel dan daya output panel pada percobaan panel berdebu dan bersih tidak terlalu jauh berbeda dikarenakan pengambilan data dilakukan pada hari yang berbeda. Tentu saja ini tidak efektif karena pada jam yang sama tetapi hari yang berbeda itu tidak menjamin akan mendapat intensitas matahari yang sama. Oleh karena itu, untuk pengembangan kedepannya sebaiknya perbandingan dilakukan pada hari yang sama.
2. Debu yang dibersihkan merupakan debu yang diberikan pada panel secara manual dan bahan yang digunakan untuk pembersihnya juga menggunakan alat berupa busa, sehingga untuk membersihkan debu yang menempel

secara alami dan mengeras akan sulit untuk dibersihkan. Oleh karena itu untuk pengembangan kedepannya sebaiknya menggunakan alat yang kasar dan keras dan kalau bisa yang berbentuk sikat agar hasil lebih maksimal.

3. Pembersihan dilakukan secara otomatis sesuai waktu yang ditentukan, artinya setiap hari alat akan beroperasi secara otomatis. Hal ini tidak efektif ketika musim hujan, dimana ketika hujan tidak perlu lagi untuk dibersihkan menggunakan alat pembersih. Untuk pengembangan kedepannya, sebagai pemanfaatan teknologi IoT sebaiknya alat dapat dikontrol dari jarak jauh sehingga lebih mudah untuk dikontrol.
4. Penentuan level debu (level 1 dan level 2) sebaiknya diberikan penakaran yang jelas seperti dilihat dari massa debu setiap level nya, karena apabila penentuan level hanya dari visual saja tentu tidak efektif.



## DAFTAR PUSTAKA

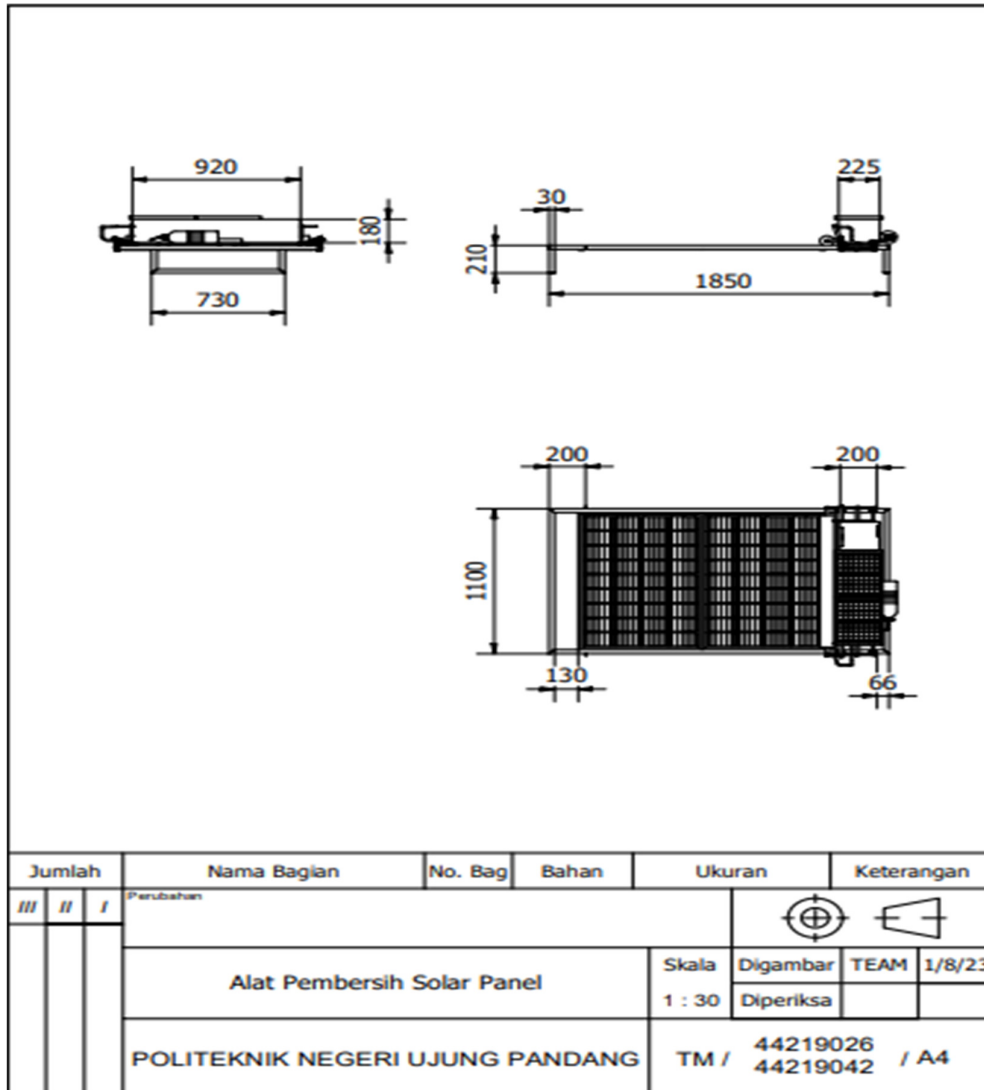
- Akyazi, O. dkk. 2019. *A Solar Panel Cleaning Robot Design and Application. European Journal of Science and Technology*, 343-348. Diakses 2 Februari 2023.
- Al-Malki, Y. M. 2021. *IOT Based Automatic Solar Panel Cleaner. International Journal of Innovative Technology and Creative Engineering*, 11(5): 968-971. Diakses 3 Februari 2023
- Anakteknik. (Agustus 14 2021). Robot Pembersih Panel Surya. Dari <https://www.anakteknik.co.id/fitrohanugrah/articles/robot-pembersih-panel-surya/>. Diakses 3 Februari 2023.
- Ardutech. (25 Oktober 2019). Sensor Suhu dan Kelembaban DHT11 dengan Arduino. Dari <https://www.ardutech.com/sensor-suhu-dan-kelembaban-dht11-dengan-arduino/>. Diakses 3 Februari 2023.
- Dahliyah, dkk. 2021. Efisiensi Panel Surya 100 Wp Akibat Pengaruh Suhu dan Kecepatan Angin. *Jurnal Ilmiah Sutet*, 11(2): 71-80. Diakses 2 Februari 2023
- Effendy, M. A. (2021). Sistem Monitoring Kinerja Panel Surya. Dari [http://repository.umsu.ac.id/bitstream/handle/123456789/16946/Muhammad%20Aslam%20Ridho%20Effendy\\_Skripsi\\_Teknik%20Elektro\\_2016\\_2021.pdf?sequence=1](http://repository.umsu.ac.id/bitstream/handle/123456789/16946/Muhammad%20Aslam%20Ridho%20Effendy_Skripsi_Teknik%20Elektro_2016_2021.pdf?sequence=1). Diakses 3 Februari 2023.
- Fan, S. dkk. (9 Februari 2020). *A Novel Water-free Cleaning Robot for Dust Removal from Distributed Photovoltaic (PV) Inwater Scarce areas*. Dari <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X22004509>. Diakses 2 Februari 2023.
- Faudin, A. (21 Oktober 2017). Tutorial Arduino Mengakses Modul RTC DS1302. Dari <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-modul-rtc-ds1302/>. Diakses 3 Februari 2023.
- Fitriana, Wicaksono, D. A. dkk. 2021. *Design of Wiper Cleaner Prototype Based on IoT for Solar Panels with Rooftop Installation. Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 10(3): 173-178. Diakses 3 Februari 2023.
- Kumar, R. dkk. 2020. *Automatic Solar Panel Cleaner Robot Using IoT. Journal of Physics: Conference Series*, 1-5. Diakses 4 Februari 2023



- Kusuma, M. R. dkk. (14 April 2020). Rancang Bangun Sistem Pembersih Otomatis Pada Solar Panel Menggunakan Wiper Berbasis Mikrokontroler. Dari <http://ojs.jurnaltechne.org/index.php/techne/article/view/220>. Diakses 21 Mei 2023.
- Marpaung, N. L. 2012. Data Logger Sensor Suhu Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 dengan PC sebagai Tampilan. *Jurnal Ilmiah Elite Elektro*, 3(1): 37-42. Diakses 13 Mei 2023.
- Myspsolution. (25 Maret 2019). Cara Kerja Konsep Internet of Things. Dari <http://www.myspsolution.com/news-events/cara-kerja-konsep-internet-of-things/>. Diakses 3 Februari 2023.
- Priyono, T. O. dkk. 2022. Rancang Bangun Sistem Monitoring Berbasis IoT Pada Panel Surya 20 Wp Menggunakan Arduino Mega 2560. *Jurnal Elektro*, 10(2): 156-165/. Diakses 3 Februari 2023.
- Purba, J. dkk. 2020. Perancangan Prototipe Alat Pembersih Panel Surya Dengan Sistem Gerak Otomatis. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 7(1): 1-8. Diakses 2 Februari 2023.
- Purwoto, B. H. dkk. 2018. Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Teknik Elektro*, 18(1): 10-14. Diakses 3 Februari 2023.
- Samuel, J., & Rajagopal, B. (11 November 2022). *IoT Based PV Panel Cleaning System*. Dari <https://www.ijraset.com/research-paper/smart-iot-based-pv-panel-cleaning-system>. Diakses 23 Mei 2023.
- Sari, O. A. dkk. 2022. Sistem Kendali Pembersih Panel Surya Menggunakan Rolling Brush dan Wiper dengan Metode Terjadwal. *Jurnal Ilmu Teknik dan Komputer*, 6(2): 102-109. Diakses 3 Februari 2023.
- Sari, U. P. (16 Oktober 2016). *Platform ThingSpeak*. Dari <http://edocs.ilkom.unsri.ac.id/id/eprint/474>. Diakses 3 Februari 2023.
- Umy.ac.id. (11 Juni 2017). Dari <http://repository.umy.ac.id>: <http://repository.umy.ac.id/bitstream/handle/123456789/15294/6.BAB%20II.pdf?sequence=6&isAllowed=y>. Diakses 17 Juli 2023.
- Warjono, S. dkk. 2017. Alat Ukur Elektronik Pemakaian Air. *Orbith*, 86-89. Diakses 3 Februari 2023.

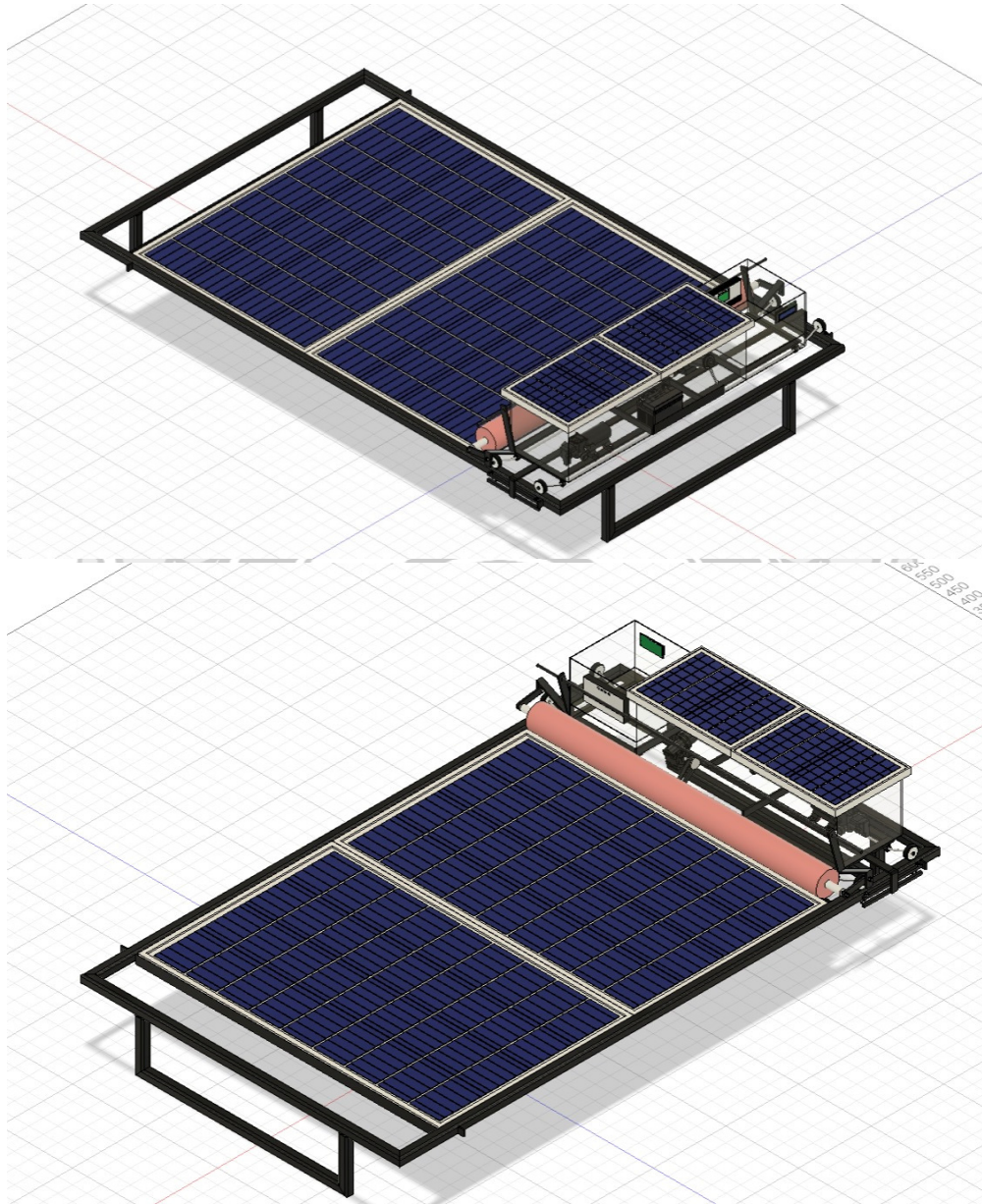
## LAMPIRAN

Lampiran 1a Gambar desain 2D alat pembersih panel



Gambar 1 Desain 2D alat pembersih panel

Lampiran 1b Gambar teknik rancangan alat pembersih panel



Gambar 2 Gambar teknik alat pembersih panel

## Lampiran 2a Script program arduino uno motor dan pompa otomatis

```
#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>

RTC_DS3231 rtc;

char dataHari[7][4] = {"Min", "Sen", "Sel", "Rab", "Kam", "Jum", "Sab"};
int Day;
int Month;
int Year;
int Secs;
int Minutes;
int Hours;

#define Rpwm1 12
#define Lpwm1 11
#define Rpwm2 10
#define Lpwm2 9
#define ENB 8

void setup() {

  Serial.begin(9600);

  if (! rtc.begin()) { // Check if the DS3231 module is connected and functional // Vérifier
si le module DS3231 est connecté et fonctionnel
    Serial.print("DS3231 Error!");
    while (1);
  }

  if (rtc.lostPower()) { // Check if the main power supply of the DS3231 is removed //
Vérifier si l'alimentation principale du DS3231 est coupée
    Serial.print("RTC has lost power!");
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
  }

  pinMode(Rpwm1,OUTPUT);
  pinMode(Lpwm1,OUTPUT);
  pinMode(Rpwm2,OUTPUT);
  pinMode(Lpwm2,OUTPUT);
  pinMode(ENB,OUTPUT);
  digitalWrite(Rpwm1,LOW);
```

```

    digitalWrite(Rpwm2,LOW);

}

void loop() {

    DateTime now = rtc.now();
    Day = now.day();
    Month = now.month();
    Year = now.year();
    Secs = now.second();
    Hours = now.hour();
    Minutes = now.minute();

    if ((Hours==17)&&(Minutes==10)&&(Secs>=0)) {
        pompa_beroperasi();
        delay(4000);
        motor_beroperasi();
        delay(6000);
        motor_beroperasi();
        delay(6000);
        motor_berhenti();
    }

}

void pompa_beroperasi() {
    digitalWrite(Rpwm2, HIGH);
    digitalWrite(Lpwm2, LOW);
    analogWrite(ENB,255);
}

void motor_beroperasi() {
    digitalWrite(Rpwm1,HIGH);
    digitalWrite(Lpwm1,LOW);
    digitalWrite(Rpwm2,HIGH);
    digitalWrite(Lpwm2,LOW);
    analogWrite(ENB,128);
    delay(7000);
    digitalWrite(Rpwm1,LOW);
    digitalWrite(Lpwm1,HIGH);
    digitalWrite(Rpwm2,HIGH);
    digitalWrite(Lpwm2,LOW);
    analogWrite(ENB,128);
}

```

```

void motor_berhenti() {
    digitalWrite(Rpwm1,LOW);
    digitalWrite(Lpwm1,LOW);
    digitalWrite(Rpwm2,LOW);
    digitalWrite(Lpwm2,LOW);
    analogWrite(ENB,128);
}
#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>

RTC_DS3231 rtc;

char dataHari[7][4] = {"Min", "Sen", "Sel", "Rab", "Kam", "Jum", "Sab"};
int Day;
int Month;
int Year;
int Secs;
int Minutes;
int Hours;

#define Rpwm1 12
#define Lpwm1 11
#define Rpwm2 10
#define Lpwm2 9
#define ENB 8

void setup() {

    Serial.begin(9600);

    if (! rtc.begin()) { // Check if the DS3231 module is connected and functional // Vérifier
si le module DS3231 est connecté et fonctionnel
        Serial.print("DS3231 Error!");
        while (1);
    }

    if (rtc.lostPower()) { // Check if the main power supply of the DS3231 is removed //
Vérifier si l'alimentation principale du DS3231 est coupée
        Serial.print("RTC has lost power!");
        rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
    }

    pinMode(Rpwm1,OUTPUT);

```

```

pinMode(Lpwm1,OUTPUT);
pinMode(Rpwm2,OUTPUT);
pinMode(Lpwm2,OUTPUT);
pinMode(ENB,OUTPUT);
digitalWrite(Rpwm1,LOW);
digitalWrite(Rpwm2,LOW);

}

void loop() {

  DateTime now = rtc.now();
  Day = now.day();
  Month = now.month();
  Year = now.year();
  Secs = now.second();
  Hours = now.hour();
  Minutes = now.minute();

  if ((Hours==17)&&(Minutes==10)&&(Secs>=0)) {
    pompa_beroperasi();
    delay(4000);
    motor_beroperasi();
    delay(6000);
    motor_beroperasi();
    delay(6000);
    motor_berhenti();
  }

}

void pompa_beroperasi() {
  digitalWrite(Rpwm2, HIGH);
  digitalWrite(Lpwm2, LOW);
  analogWrite(ENB,255);
}

void motor_beroperasi() {
  digitalWrite(Rpwm1,HIGH);
  digitalWrite(Lpwm1,LOW);
  digitalWrite(Rpwm2,HIGH);
  digitalWrite(Lpwm2,LOW);
  analogWrite(ENB,128);
  delay(7000);
  digitalWrite(Rpwm1,LOW);
  digitalWrite(Lpwm1,HIGH);
}

```

```
digitalWrite(Rpwm2,HIGH);  
digitalWrite(Lpwm2,LOW);  
analogWrite(ENB,128);  
}
```

```
void motor_berhenti() {  
digitalWrite(Rpwm1,LOW);  
digitalWrite(Lpwm1,LOW);  
digitalWrite(Rpwm2,LOW);  
digitalWrite(Lpwm2,LOW);  
analogWrite(ENB,128);  
}
```





## Lampiran 2b *Script* program arduino uno pembacaan sensor

```
unsigned long timerDelay = 1000;

#include <SoftwareSerial.h>
#include <ArduinoJson.h>

SoftwareSerial nodemcu(3, 4);
StaticJsonDocument<1000> doc;

#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 2

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  nodemcu.begin(9600);
  delay(1000);
  Serial.println("Program started");
}

void loop() {
  if ((millis() % timerDelay) == 0) {
    Serial.println(millis());

    //Assign collected data to JSON Object
    doc["Vp"] = ukurTegangan(A1, 100, 5.09);
    doc["Ip"] = ukurArus(A0, 1000);
    doc["Im"] = ukurArus(A2, 1000);
    doc["suhu_1"] = ukurSuhu();
    doc["suhu_2"] = ukurSuhu_2();

    Serial.print("Tegangan Panel = ");
    Serial.println(doc["Vp"].as<float>());
    Serial.print("Arus Panel = ");
    Serial.println(doc["Ip"].as<float>());
    Serial.print("Arus Motor = ");
```

```

Serial.println(doc["Im"].as<float>());
Serial.print("suhu_1 = ");
Serial.println(doc["suhu_1"].as<float>());
Serial.print("suhu_2 = ");
Serial.println(doc["suhu_2"].as<float>());
Serial.println("Sending to NodeMCU");
serializeJson(doc, nodemcu);
nodemcu.flush();
Serial.println();
}

}

float ukurArus(const int pin, int sampling) {
    float tegangan;
    float arus;
    double adc = 0;
    for (int i = 0; i < sampling; i++) {
        adc += analogRead(pin);
    }
    double avg_adc = adc/sampling;
    tegangan = avg_adc / 1024.0 * 5000;
    arus = (tegangan - 2500) / 66;
    if (arus < 0.10) {
        arus = 0;
    }
    return arus;
}

float ukurTegangan(const int pin, int sampling, const float factor) {

    float vIn;
    float vOut;
    const float vCC = 5.00;

    double adc = 0;
    for (int i = 0; i < sampling; i++) {
        adc += analogRead(pin);
    }
    double avg_adc = adc / sampling;

    vOut = (avg_adc / 1024) * vCC;
    vIn = vOut * factor;
    if(vIn < 0.80) {
        vIn = 0;
    }
}

```

```
    }  
    return vIn;  
}  
  
float ukurSuhu(){  
    sensors.requestTemperatures();  
    float temperatureC = sensors.getTempCByIndex(0);  
    Serial.print(temperatureC);  
    Serial.println("C");  
    return temperatureC;  
}  
float ukurSuhu_2(){  
    sensors.requestTemperatures();  
    float temperatureC = sensors.getTempCByIndex(1);  
    Serial.print(temperatureC);  
    Serial.println("C");  
    return temperatureC;  
}
```



## Lampiran 2c *Script* program NodeMCU ESP8266

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <ArduinoJson.h>

#include <ESP8266WiFi.h>
WiFiClient client;
const char* ssid = "V2027"; //wifi
const char* password = "123456789"; //password

SoftwareSerial nodemcu(D4, D3);

#include "ThingSpeak.h"
unsigned long myChannelNumber = 1;
const char * myWriteAPIKey = "9ZBHEBWYSTVMO1BF";

unsigned long lastTime = 0;
unsigned long timerDelay = 20000;

float teganganPanel;
float arusPanel;
float arusMotor;
float suhu_1;
float suhu_2;

StaticJsonDocument<1000> doc;

#include <LiquidCrystal_I2C.h>
int lcdColumns = 20;
int lcdRows = 4;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, lcdColumns, lcdRows);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  nodemcu.begin(9600);

  ThingSpeak.begin(client);

  lcd.init();
  lcd.backlight();
}
```

```

void loop() {

  if (nodemcu.available() > 0) {

    DeserializationError error = deserializeJson(doc, nodemcu);

    // Test if parsing succeeds
    if (error) {
      Serial.println("deserializeJson error");
      return;
    } else {
      teganganPanel = doc["Vp"];
      arusPanel = doc["Ip"];
      arusMotor = doc["Im"];
      suhu_1 = doc["suhu_1"];
      suhu_2 = doc["suhu_2"];
    }

    lcdPrint();

    Serial.println();
    Serial.println(teganganPanel);
    Serial.println(arusPanel);
    Serial.println(arusMotor);
    Serial.println(suhu_1);
    Serial.println(suhu_2);
  }

  if ((millis() - lastTime) > timerDelay) {

    lastTime = (millis() / timerDelay) * timerDelay;
    Serial.println(lastTime);

    displayUpload();

    // Connect or reconnect to WiFi
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
      Serial.print("Attempting to connect");
      while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        WiFi.begin(ssid, password);
        delay(10000);
      }
      Serial.println("\nConnected.");
    }
  }
}

```

```

}

ThingSpeak.setField(1, suhu_1);
ThingSpeak.setField(2, suhu_2);
ThingSpeak.setField(3, teganganPanel);
ThingSpeak.setField(4, arusPanel);
ThingSpeak.setField(5, arusMotor);

// upload ke thingspeak
int x = ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber, myWriteAPIKey);

if (x == 200) {
  Serial.println("Channel update successful.");
  displaySucess();
}
else {
  Serial.println("Problem updating channel. HTTP error code " + String(x));
}

serialFlush();

}
}

void lcdPrint() {
  lcd.clear();

  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("T1: ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("T2: ");
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("V: ");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("Ip: ");
  lcd.setCursor(10,3);
  lcd.print("Im: ");

  lcd.setCursor(9,0);
  lcd.print("C");
  lcd.setCursor(9,1);
  lcd.print("C");
  lcd.setCursor(8,2);

```

```

lcd.print("Volt");
lcd.setCursor(8,3);
lcd.print("A");
lcd.setCursor(19,3);
lcd.print("A");

lcd.setCursor(4,0);
lcd.print(suhu_1);
lcd.setCursor(4,1);
lcd.print(suhu_2);
lcd.setCursor(3,2);
lcd.print(teganganPanel);
lcd.setCursor(3,3);
lcd.print(arusPanel);
lcd.setCursor(13,3);
lcd.print(arusMotor);
}

void displayUpload() {
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(3, 1);
  lcd.print("Mengirim ...");
}

void displaySucess() {
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(3, 1);
  lcd.print("Data Terkirim");
  delay(1000);
}

void serialFlush() {
  while (nodemcu.available() > 0) {
    char t = nodemcu.read();
  }
}

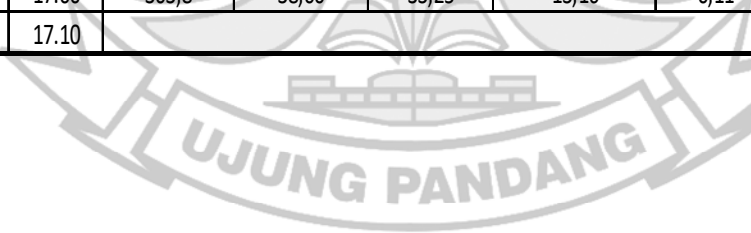
```

Lampiran 3a Tabel pengujian panel berdebu level 1

NO	Waktu	Intensitas	Suhu Panel	Suhu Udara	Tegangan Panel	Arus Panel	Arus Motor
		(W/m <sup>2</sup> )	(°C)	(°C)	(Volt)	(Ampere)	(Ampere)
1	08.00	748,4	38,93	32,43	14,34	0,77	0
2	08.10	810,5	41,62	33,12	14,59	0,89	0
3	08.20	893,5	43,62	34	14,75	1,04	0
4	08.30	916,7	44,56	34,31	14,89	1,15	0
5	08.40	978,7	45,56	34,43	15,04	1,28	0
6	08.50	995,8	44,87	34,06	15,24	1,42	0
7	09.00	1014	47,12	34,5	15,43	1,56	0
8	09.10	1015	47,87	35	15,65	1,75	0
9	09.20	1022	49,25	36,18	15,7	1,89	0
10	09.30	1009	51,75	36,81	15,93	2,01	0
11	09.40	1017	50,81	36	16,02	2,16	0
12	09.50	1013	52,18	37,31	16,13	2,27	0
13	10.00	1018	53,25	37,12	16,38	2,39	0
14	10.10	1020	53,18	37,5	16,40	2,48	0
15	10.20	1025	55,18	37,62	16,49	2,59	0
16	10.30	1032	55,93	37,68	16,43	2,55	0
17	10.40	976,7	57,43	36,68	16,5	2,62	0
18	10.50	994,9	54,50	36,43	16,70	2,87	0
19	11.00	990,5	58,00	38,18	16,93	3,03	0
20	11.10	1010	55,93	37,87	16,56	2,77	0
21	11.20	1021	54,87	36,25	16,73	2,87	0
22	11.30	1026	53,25	38,18	16,75	2,89	0
23	11.40	1039	56,68	38,12	16,61	2,77	0
24	11.50	1032	52,93	35,68	16,64	2,78	0
25	12.00	1051	54,56	38,12	16,22	2,40	0
26	12.10	1053	55,62	37,75	15,91	2,12	0
27	12.20	1058	55,12	37,93	15,88	2,10	0
28	12.30	1047	51,75	37,18	15,46	1,72	0
29	12.40	1030	40,25	37,87	15,6	1,73	0



30	12.50	1012	46,62	36,56	15,89	2,05	0
31	13.00	1003	51,50	36,75	16,41	2,54	0
32	13.10	970,7	52,31	36,50	16,12	2,22	0
33	13.20	945,6	52,93	37,06	15,93	2,21	0
34	13.30	922,8	54,37	38,06	16,63	2,87	0
35	13.40	948,4	52,12	36,68	16,63	2,80	0
36	13.50	924,1	51,56	36,68	16,49	2,63	0
37	14.00	900,7	50,18	36,68	16,57	2,61	0
38	14.10	900,6	50,06	36,31	16,40	2,50	0
39	14.20	820,0	49,75	36,18	15,76	1,88	0
40	14.30	871,9	49,31	37,31	16,00	2,10	0
41	14.40	787,2	51,18	37,12	14,89	1,68	0
42	14.50	752,0	51,06	37,81	14,81	1,42	0
43	15.00	725,2	49,68	37,06	14,17	1,21	0
44	15.10	642,4	48,12	35,81	13,87	0,95	0
45	15.20	663,9	46,62	35,75	14,18	0,74	0
46	15.30	597,3	46,93	36,62	13,94	0,68	0
47	15.40	561,0	44,87	35,12	13,86	0,58	0
48	15.50	545,3	44,93	35,06	13,74	0,51	0
49	16.00	525,1	43,25	34,62	13,73	0,42	0
50	16.10	512,1	43,12	35,12	13,64	0,36	0
51	16.20	500,5	41,93	34,56	13,40	0,27	0
52	16.30	424,8	41,18	34,81	13,37	0,19	0
53	16.40	356,4	41,18	34,68	13,44	0,14	0
54	16.50	338,5	39,81	35,12	13,18	0,13	0
55	17.00	303,8	38,00	33,25	13,16	0,11	0
56	17.10						2,99



Lampiran 3b Tabel pengujian panel bersih

NO	Waktu	Intensitas	Suhu Panel	Suhu Udara	Tegangan Panel	Arus Panel	Arus Motor
		(W/m <sup>2</sup> )	(°C)	(°C)	(Volt)	(Ampere)	(Ampere)
1	08.00	592,1	37,12	30,18	16,18	3,61	0
2	08.10	596,8	38,56	31,18	16,45	4,13	0
3	08.20	619,2	40,18	32,43	16,62	4,32	0
4	08.30	627,6	40,68	32,18	15,97	3,29	0
5	08.40	638,7	40,81	32,06	16,14	3,38	0
6	08.50	681,1	41,37	33,50	16,29	3,38	0
7	09.00	250,9	42,50	34,25	14,70	1,30	0
8	09.10	320,2	45,62	34,56	14,79	1,59	0
9	09.20	349,9	43,68	34,43	14,80	1,78	0
10	09.30	406,8	43,62	35,43	13,99	2,18	0
11	09.40	387,4	42,62	34,81	13,29	2,19	0
12	09.50	369,0	45,43	36,56	14,64	1,86	0
13	10.00	901,3	51,93	36,93	16,64	4,60	0
14	10.10	938,4	54,62	37,31	16,77	4,49	0
15	10.20	941,7	55,87	37,25	16,88	4,47	0
16	10.30	947,2	48,87	34,75	16,94	4,38	0
17	10.40	1010	49,62	35,43	17,02	4,52	0
18	10.50	1026	52,93	36,75	16,87	4,52	0
19	11.00	1041	51,37	35,87	17,06	4,65	0
20	11.10	1046	52,93	37,06	17,00	4,58	0
21	11.20	1050	51,87	36,37	16,97	4,62	0
22	11.30	1086	55,18	37,37	17,06	4,59	0
23	11.40	1022	55,56	38,50	16,87	4,53	0
24	11.50	826,5	50,06	36,37	16,10	3,96	0
25	12.00	476,3	40,00	34,62	14,46	2,49	0
26	12.10	325,7	47,37	36,37	13,14	1,59	0
27	12.20	320,9	47,81	36,81	12,75	1,49	0
28	12.30	478,3	39,31	36,12	13,84	2,16	0
29	12.40	947,6	43,75	36,68	15,78	3,49	0

30	12.50	1031	45,25	36,00	17,02	4,52	0
31	13.00	1028	45,75	35,68	17,16	4,53	0
32	13.10	1021	44,43	35,37	17,34	4,50	0
33	13.20	1028	46,12	35,75	17,30	4,36	0
34	13.30	975,1	48,50	36,87	17,19	3,98	0
35	13.40	951,7	46,43	35,62	17,21	3,91	0
36	13.50	924,1	48,06	37,06	16,75	3,56	0
37	14.00	1008	47,12	36,50	16,38	3,29	0
38	14.10	860,9	45,81	36,18	15,71	2,72	0
39	14.20	858,3	45,93	36,06	15,46	2,36	0
40	14.30	693,2	46,06	36,37	14,79	1,94	0
41	14.40	684,6	42,43	34,43	14,48	1,75	0
42	14.50	668,3	45,25	36,12	14,20	1,65	0
43	15.00	386,7	45,93	36,25	12,89	0,81	0
44	15.10	321,6	44,12	35,12	12,43	0,65	0
45	15.20	309,7	42,62	34,81	12,04	0,55	0
46	15.30	600,4	41,93	34,62	11,95	0,54	0
47	15.40	537,3	42,43	35,37	11,87	0,56	0
48	15.50	413,7	41,18	34,75	11,79	0,55	0
49	16.00	416,8	41,43	34,81	11,69	0,54	0
50	16.10	447,1	40,56	33,81	11,96	0,58	0
51	16.20	459,3	39,75	33,68	11,98	0,54	0
52	16.30	456,5	39,37	33,50	12,00	0,61	0
53	16.40	206,7	38,50	33,31	12,01	0,12	0
54	16.50	178,5	37,37	33,00	12,03	0,12	0
55	17.00	154,3	35,68	32,56	12,02	0,11	0
56	17.10						0



Lampiran 3c Tabel pengujian panel berdebu level 2

NO	Waktu	Intensitas	Suhu Panel	Suhu Udara	Tegangan Panel	Arus Panel	Arus Motor
		(W/m <sup>2</sup> )	(°C)	(°C)	(Volt)	(Ampere)	(Ampere)
1	08.00	361,8	39,25	30,68	13,44	0,84	0
2	08.10	400,4	40,31	31,31	13,67	0,96	0
3	08.20	420,2	42,31	32,81	14,01	1,09	0
4	08.30	484,7	43,68	33,31	14,34	1,27	0
5	08.40	541,5	45,56	34,18	14,68	1,39	0
6	08.50	584,1	48,00	35,62	14,93	1,53	0
7	09.00	591,6	47,56	34,93	15,00	1,64	0
8	09.10	633,9	50,06	36,12	14,98	1,79	0
9	09.20	657,9	49,12	35,31	14,74	1,89	0
10	09.30	679,5	48,81	35,56	14,62	2,03	0
11	09.40	696,7	51,81	37,12	14,54	2,16	0
12	09.50	711,2	52,62	37,37	14,38	2,29	0
13	10.00	726,0	55,31	38,75	14,20	2,42	0
14	10.10	745,7	56,75	38,93	14,97	2,53	0
15	10.20	791,2	52,43	36,25	15,51	2,66	0
16	10.30	821,5	54,18	38,43	15,81	2,71	0
17	10.40	859,7	54,93	37,93	15,65	2,49	0
18	10.50	841,3	52,12	35,56	14,89	1,98	0
19	11.00	894,1	53,87	37,18	15,82	2,84	0
20	11.10	617,8	48,81	36,56	12,80	0,74	0
21	11.20	529,4	44,43	34,31	12,40	0,58	0
22	11.30	753,5	46,87	35,87	13,22	1,01	0
23	11.40	1018	51,12	37,18	16,22	3,31	0
24	11.50	985,7	51,81	36,75	15,45	0,83	0
25	12.00	1001	56,12	39,12	15,54	2,35	0
26	12.10	1007	54,31	37,68	13,94	1,00	0
27	12.20	744,5	56,87	38,43	13,33	0,41	0
28	12.30	1083	41,43	36,12	14,68	1,31	0
29	12.40	1085	42,43	38,62	15,85	2,19	0

30	12.50	988,2	49,50	36,37	16,11	2,39	0
31	13.00	1023	50,00	36,06	16,56	2,74	0
32	13.10	1045	52,56	36,62	16,85	3,05	0
33	13.20	1028	54,37	37,50	16,69	2,92	0
34	13.30	986,2	50,75	36,37	16,48	2,78	0
35	13.40	981,9	53,37	37,37	16,09	2,72	0
36	13.50	972,1	50,81	36,06	15,81	2,62	0
37	14.00	879,7	49,12	35,43	15,70	2,52	0
38	14.10	875,3	48,93	35,50	15,29	2,36	0
39	14.20	854,7	50,43	37,12	14,81	1,99	0
40	14.30	859,3	53,18	37,81	14,79	1,96	0
41	14.40	835,9	48,43	35,50	14,13	1,51	0
42	14.50	758,5	48,18	35,31	13,78	1,29	0
43	15.00	779,1	48,50	35,87	13,24	1,11	0
44	15.10	638,4	45,81	35,00	12,43	0,99	0
45	15.20	691,0	46,87	35,75	12,05	0,86	0
46	15.30	578,3	46,37	35,18	12,41	0,79	0
47	15.40	508,3	44,56	34,68	12,48	0,71	0
48	15.50	439,8	44,87	35,31	12,46	0,63	0
49	16.00	387,1	44,56	34,68	12,46	0,55	0
50	16.10	366,5	42,50	34,62	12,43	0,43	0
51	16.20	341,2	43,62	35,31	12,41	0,41	0
52	16.30	309,4	42,12	34,87	12,35	0,36	0
53	16.40	264,3	40,31	33,43	12,32	0,28	0
54	16.50	214,8	39,06	33,25	12,24	0,23	0
55	17.00	127,8	38,00	33,18	12,18	0,18	0
56	17.10						2,56



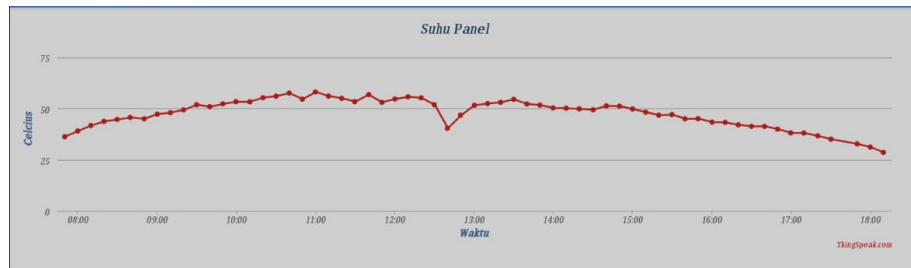
Lampiran 3d Tabel pengujian panel bersih

NO	Waktu	Intensitas	Suhu Panel	Suhu Udara	Tegangan Panel	Arus Panel	Arus Motor
		(W/m <sup>2</sup> )	(°C)	(°C)	(Volt)	(Ampere)	(Ampere)
1	08.00	744,8	36,18	29,81	16,47	3,37	0
2	08.10	765,9	38,31	31,68	16,99	3,39	0
3	08.20	753,1	38,00	31,43	16,93	3,24	0
4	08.30	731,9	39,06	32,06	15,79	2,53	0
5	08.40	689,7	40,18	32,93	17,73	2,72	0
6	08.50	725,0	44,50	34,62	20,20	2,98	0
7	09.00	794,4	48,50	36,43	18,97	2,86	0
8	09.10	836,9	48,50	36,43	17,57	3,25	0
9	09.20	932,6	47,87	36,37	17,68	3,37	0
10	09.30	938,7	49,31	36,93	18,40	3,34	0
11	09.40	909,5	48,50	36,62	17,55	2,58	0
12	09.50	953,6	49,31	37,50	19,18	3,44	0
13	10.00	963,1	49,81	37,18	17,53	2,98	0
14	10.10	935,2	49,00	36,93	17,60	3,29	0
15	10.20	1035	49,68	37,75	17,73	3,36	0
16	10.30	1013	50,75	37,68	16,91	3,27	0
17	10.40	1008	50,37	37,62	16,88	3,27	0
18	10.50	1014	52,31	37,56	17,10	3,35	0
19	11.00	1022	51,18	38,18	16,94	3,29	0
20	11.10	1064	55,43	39,31	17,17	3,44	0
21	11.20	982,7	54,50	37,68	16,66	3,27	0
22	11.30	850,4	54,18	37,68	18,55	3,37	0
23	11.40	1033	53,31	38,75	20,35	2,91	0
24	11.50	932,1	54,00	38,18	17,57	3,31	0
25	12.00	972,8	52,93	38,43	17,37	3,68	0
26	12.10	1025	55,81	38,75	16,71	3,29	0
27	12.20	957,8	57,81	40,00	16,82	3,24	0
28	12.30	871,9	46,93	36,62	16,83	3,28	0
29	12.40	812,7	40,50	37,06	17,06	3,05	0

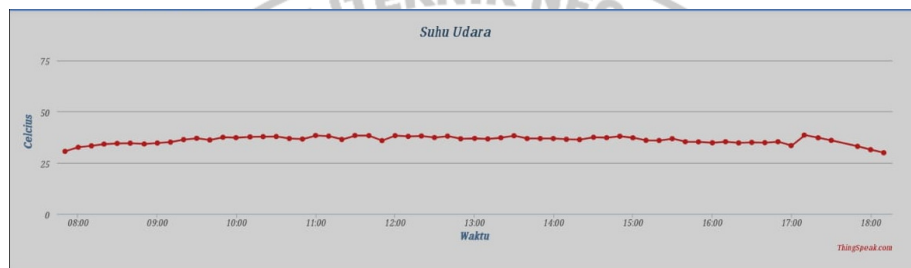
30	12.50	1011	45,43	35,87	19,96	2,86	0
31	13.00	729,4	50,50	37,43	17,46	3,44	0
32	13.10	1027	51,25	37,75	17,94	3,62	0
33	13.20	1037	51,62	37,56	17,89	2,87	0
34	13.30	1020	50,50	36,68	20,24	3,26	0
35	13.40	854,1	50,81	37,12	18,00	2,56	0
36	13.50	874,7	47,25	36,43	17,76	3,44	0
37	14.00	810,2	48,00	36,68	19,92	3,10	0
38	14.10	843,1	46,68	35,81	17,58	3,20	0
39	14.20	878,9	48,25	36,62	17,40	3,71	0
40	14.30	890,2	45,37	35,81	17,29	3,59	0
41	14.40	901,4	46,50	36,25	19,16	3,31	0
42	14.50	908,2	47,25	36,37	17,13	3,44	0
43	15.00	704,9	46,00	35,56	16,77	3,24	0
44	15.10	653,9	45,93	35,62	16,75	3,19	0
45	15.20	647,1	44,68	35,31	16,55	3,05	0
46	15.30	527,0	43,37	35,00	15,89	2,71	0
47	15.40	463,1	41,81	34,43	15,87	2,61	0
48	15.50	567,1	40,62	34,18	15,75	2,53	0
49	16.00	486,6	40,06	32,12	15,40	2,35	0
50	16.10	392,1	39,31	33,18	14,77	2,08	0
51	16.20	371,9	36,62	32,31	13,98	1,50	0
52	16.30	339,2	35,68	32,25	13,79	1,22	0
53	16.40	289,1	33,93	31,68	13,57	0,94	0
54	16.50	267,5	33,18	31,75	14,49	0,74	0
55	17.00	255,90	32,56	31,68	14,33	0,63	0
56	17.10						0



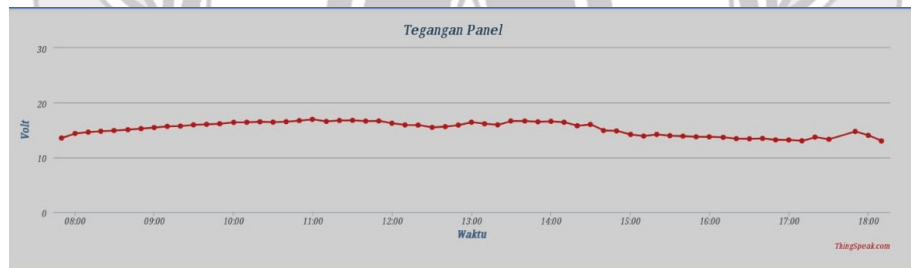
Lampiran 3e Hasil pembacaan sensor pada platform *Thingspeak*



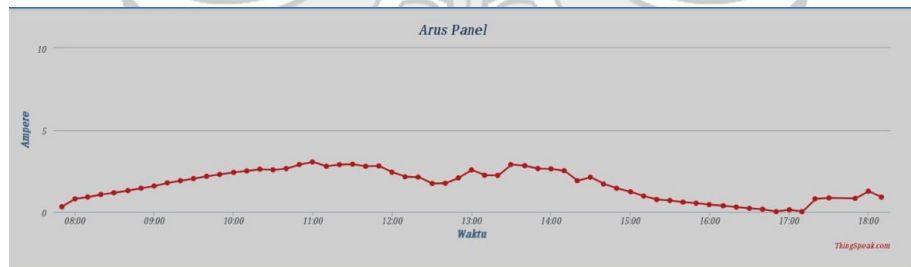
(a)



(b)



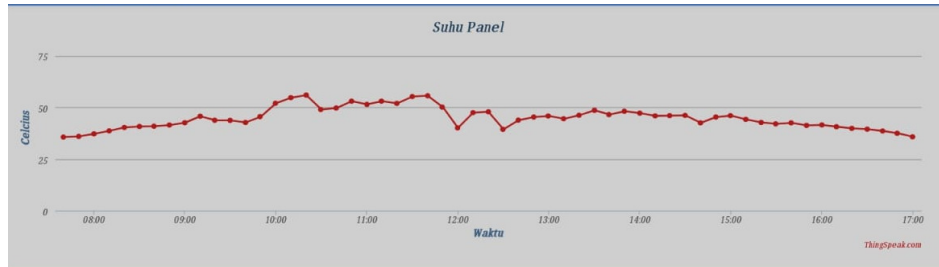
(c)



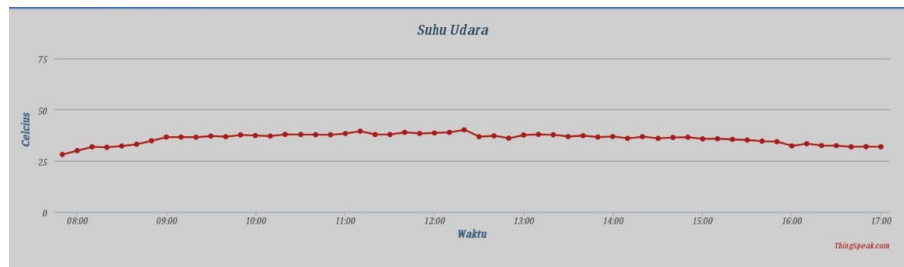
(d)

Gambar 3 Grafik *Thingspeak* (a) suhu panel (b) suhu udara (c) tegangan panel (d) arus panel

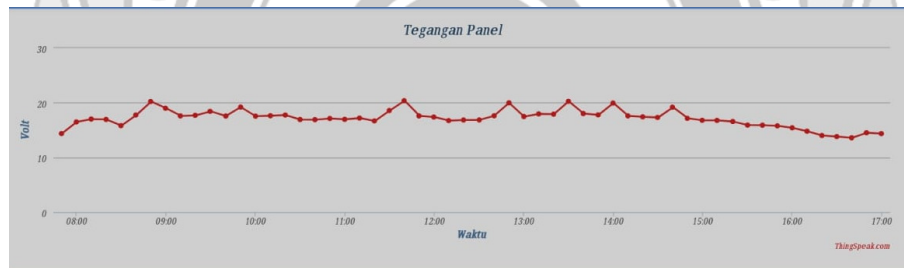




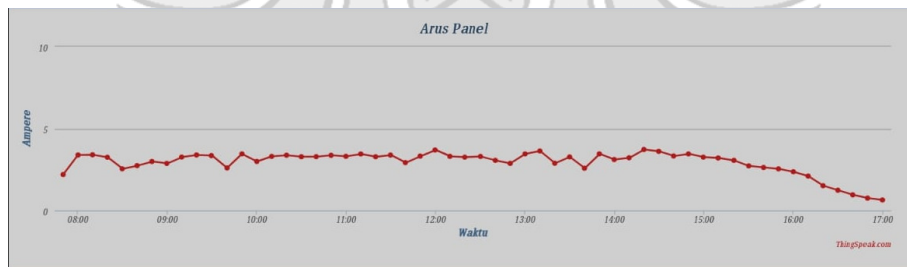
(a)



(b)

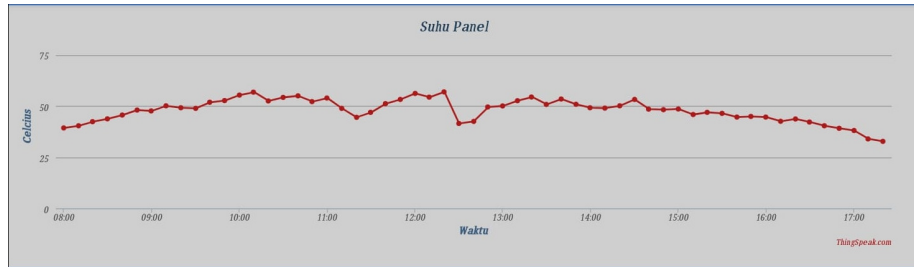


(c)

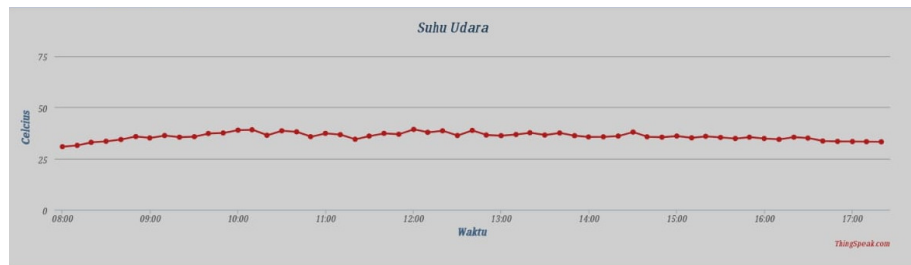


(d)

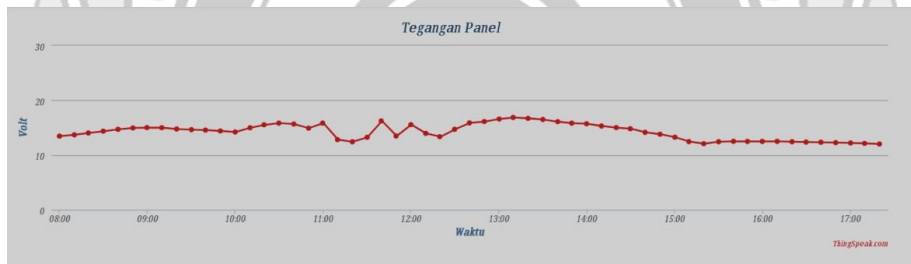
Gambar 4 Grafik Thingspeak (a) suhu panel (b) suhu udara (c) tegangan panel (d) arus panel



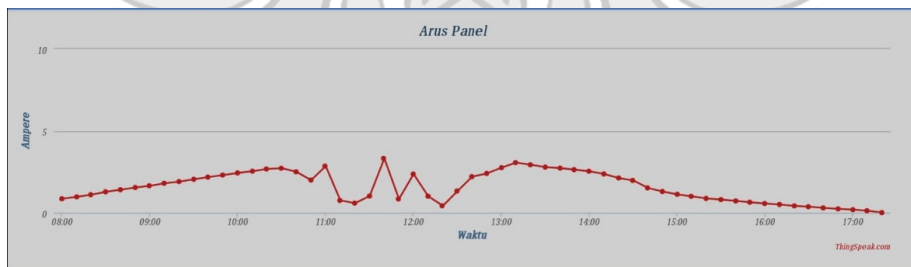
(a)



(b)

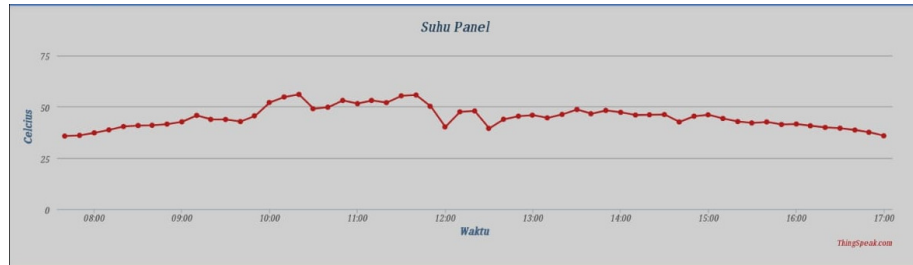


(c)

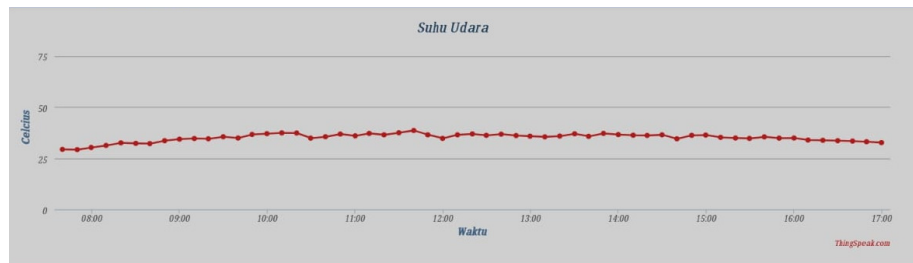


(d)

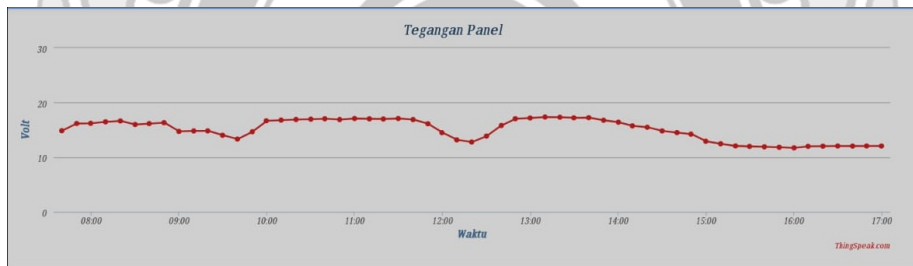
Gambar 5 Grafik Thingspeak (a) suhu panel (b) suhu udara (c) tegangan panel (d) arus panel



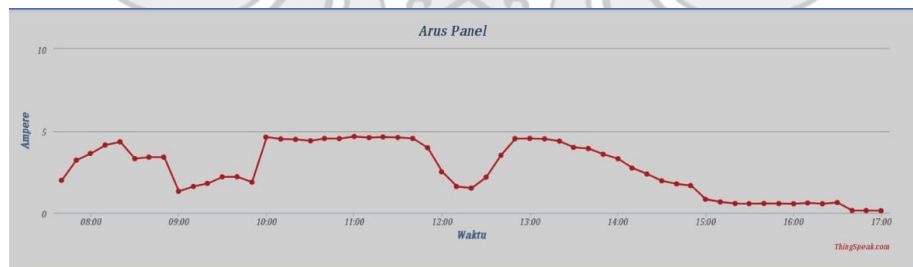
(a)



(b)



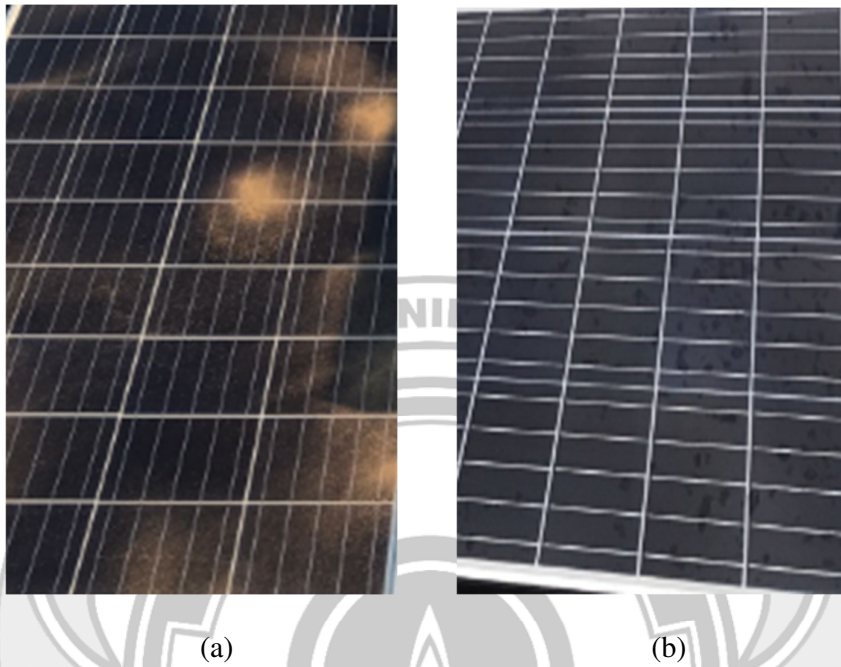
(c)



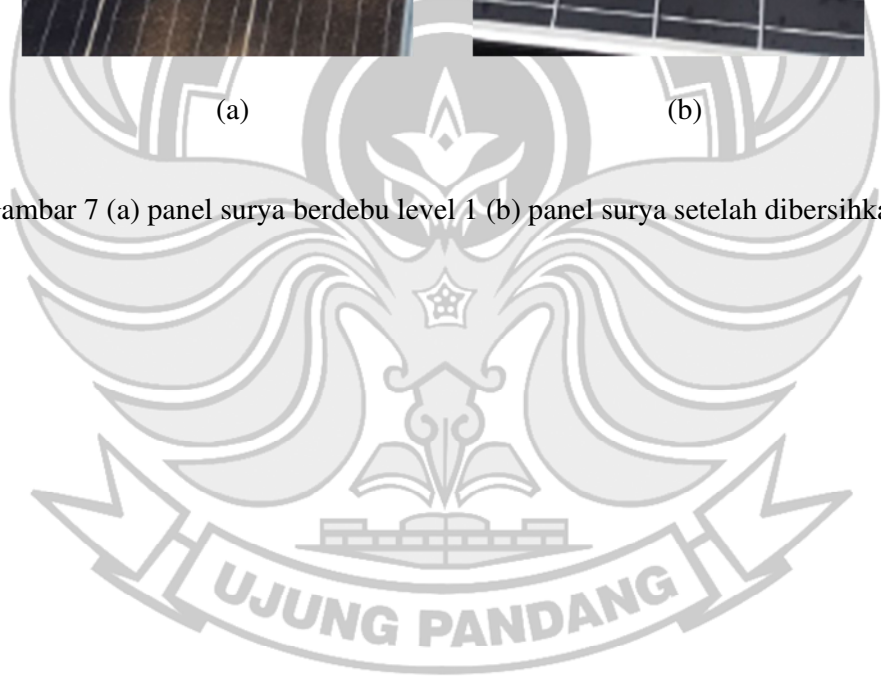
(d)

Gambar 6 Grafik Thingspeak (a) suhu panel (b) suhu udara (c) tegangan panel (d) arus panel

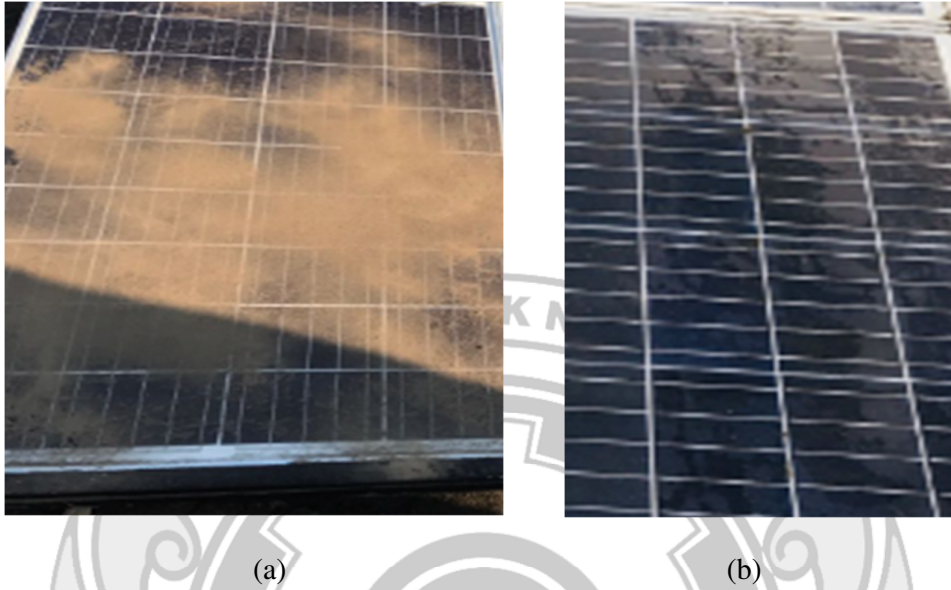
Lampiran 3f Panel surya berdebu level 1 dan setelah dibersihkan



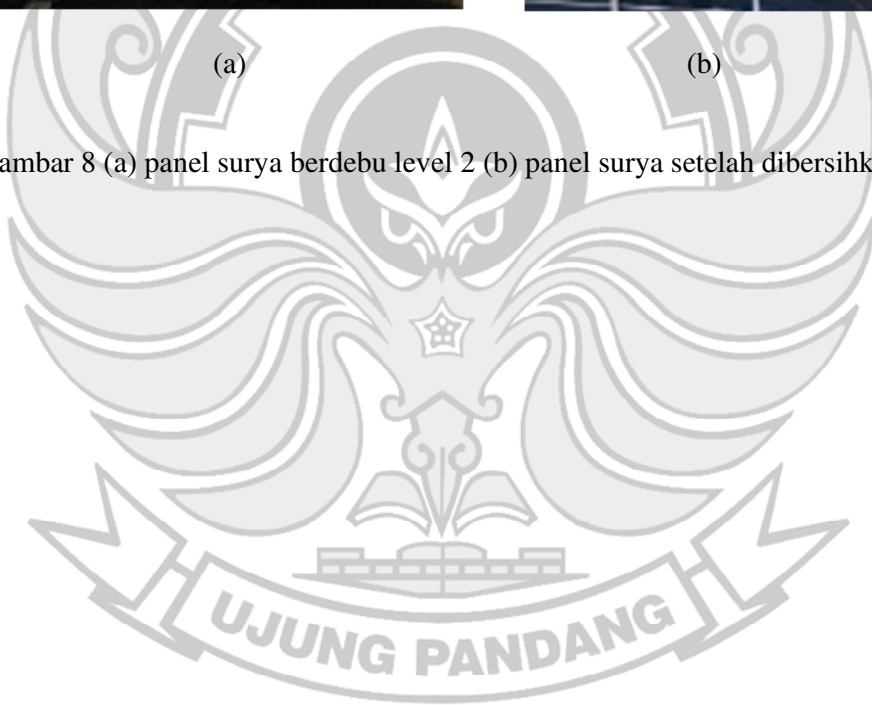
Gambar 7 (a) panel surya berdebu level 1 (b) panel surya setelah dibersihkan



Lampiran 3g Panel surya berdebu level 2 dan setelah dibersihkan



Gambar 8 (a) panel surya berdebu level 2 (b) panel surya setelah dibersihkan



Lampiran 4a Tabel hasil perhitungan daya input, daya output dan efisiensi panel berdebu level 1

NO.	Waktu	Intensitas (W/m <sup>2</sup> )	Daya Input (Watt)	Daya Output (Watt)	Efisiensi (%)
1	08.00	748,4	1032,94168	11,0418	1,069
2	08.10	810,5	1118,6521	12,9851	1,161
3	08.20	893,5	1233,2087	15,34	1,244
4	08.30	916,7	1265,22934	17,1235	1,353
5	08.40	978,7	1350,80174	19,2512	1,425
6	08.50	995,8	1374,40316	21,6408	1,575
7	09.00	1014	1399,5228	24,0708	1,720
8	09.10	1015	1400,903	27,3875	1,955
9	09.20	1022	1410,5644	29,673	2,104
10	09.30	1009	1392,6218	32,0193	2,299
11	09.40	1017	1403,6634	34,6032	2,465
12	09.50	1013	1398,1426	36,6151	2,619
13	10.00	1018	1405,0436	39,1482	2,786
14	10.10	1020	1407,804	40,672	2,889
15	10.20	1025	1414,705	42,7091	3,019
16	10.30	1032	1424,3664	41,8965	2,941
17	10.40	976,7	1348,04134	43,23	3,207
18	10.50	994,9	1373,16098	47,929	3,490
19	11.00	990,5	1367,0881	51,2979	3,752
20	11.10	1010	1394,002	45,8712	3,291
21	11.20	1021	1409,1842	48,0151	3,407
22	11.30	1026	1416,0852	48,4075	3,418
23	11.40	1039	1434,0278	46,0097	3,208
24	11.50	1032	1424,3664	46,2592	3,248
25	12.00	1051	1450,5902	38,928	2,684
26	12.10	1053	1453,3506	33,7292	2,321
27	12.20	1058	1460,2516	33,348	2,284
28	12.30	1047	1445,0694	26,5912	1,840
29	12.40	1030	1421,606	26,988	1,898
30	12.50	1012	1396,7624	32,5745	2,332
31	13.00	1003	1384,3406	41,6814	3,011
32	13.10	970,7	1339,76014	35,7864	2,671
33	13.20	945,6	1305,11712	35,2053	2,697

34	13.30	922,8	1273,64856	47,7281	3,747
35	13.40	948,4	1308,98168	46,564	3,557
36	13.50	924,1	1275,44282	43,3687	3,400
37	14.00	900,7	1243,14614	43,2477	3,479
38	14.10	900,6	1243,00812	41	3,298
39	14.20	820	1131,764	29,6288	2,618
40	14.30	871,9	1203,39638	33,6	2,792
41	14.40	787,2	1086,49344	25,0152	2,302
42	14.50	752	1037,9104	21,0302	2,026
43	15.00	725,2	1000,92104	17,1457	1,713
44	15.10	642,4	886,64048	13,1765	1,486
45	15.20	663,9	916,31478	10,4932	1,145
46	15.30	597,3	824,39346	9,4792	1,150
47	15.40	561	774,2922	8,0388	1,038
48	15.50	545,3	752,62306	7,0074	0,931
49	16.00	525,1	724,74302	5,7666	0,796
50	16.10	512,1	706,80042	4,9104	0,695
51	16.20	500,5	690,7901	3,618	0,524
52	16.30	424,8	586,30896	2,5403	0,433
53	16.40	356,4	491,90328	1,8816	0,383
54	16.50	338,5	467,1977	1,7134	0,367
55	17.00	303,8	419,30476	1,4476	0,345
Intensitas Maks		1058			
Efisiensi Maks		3,752348			
Intensitas Rata-rata		860,2			
Efisiensi Rata-rata		2,174741			

\* Luas 2 panel = 1,3802 m<sup>2</sup>

Lampiran 4b Tabel hasil perhitungan daya input, daya output dan efisiensi panel

bersih

NO.	Waktu	Intensitas (W/m <sup>2</sup> )	Daya Input (Watt)	Daya Output (Watt)	Efisiensi (%)
1	08.00	592,1	817,21642	58,4098	7,147
2	08.10	596,8	823,70336	67,9385	8,248
3	08.20	619,2	854,61984	71,7984	8,401
4	08.30	627,6	866,21352	52,5413	6,066
5	08.40	638,7	881,53374	54,5532	6,188
6	08.50	681,1	940,05422	55,0602	5,857
7	09.00	250,9	346,29218	19,11	5,518
8	09.10	320,2	441,94004	23,5161	5,321
9	09.20	349,9	482,93198	26,344	5,455
10	09.30	406,8	561,46536	30,4982	5,432
11	09.40	387,4	534,68948	29,1051	5,443
12	09.50	369	509,2938	27,2304	5,347
13	10.00	901,3	1243,97426	76,544	6,153
14	10.10	938,4	1295,17968	75,2973	5,814
15	10.20	941,7	1299,73434	75,4536	5,805
16	10.30	947,2	1307,32544	74,1972	5,675
17	10.40	1010	1394,002	76,9304	5,519
18	10.50	1026	1416,0852	76,2524	5,385
19	11.00	1041	1436,7882	79,329	5,521
20	11.10	1046	1443,6892	77,86	5,393
21	11.20	1050	1449,21	78,4014	5,410
22	11.30	1086	1498,8972	78,3054	5,224
23	11.40	1022	1410,5644	76,4211	5,418
24	11.50	826,5	1140,7353	63,756	5,589
25	12.00	476,3	657,38926	36,0054	5,477
26	12.10	325,7	449,53114	20,8926	4,648
27	12.20	320,9	442,90618	18,9975	4,289
28	12.30	478,3	660,14966	29,8944	4,528
29	12.40	947,6	1307,87752	55,0722	4,211
30	12.50	1031	1422,9862	76,9304	5,406
31	13.00	1028	1418,8456	77,7348	5,479
32	13.10	1021	1409,1842	78,03	5,537
33	13.20	1028	1418,8456	75,428	5,316



34	13.30	975,1	1345,83302	68,4162	5,084
35	13.40	951,7	1313,53634	67,2911	5,123
36	13.50	924,1	1275,44282	59,63	4,675
37	14.00	1008	1391,2416	53,8902	3,874
38	14.10	860,9	1188,21418	42,7312	3,596
39	14.20	858,3	1184,62566	36,4856	3,080
40	14.30	693,2	956,75464	28,6926	2,999
41	14.40	684,6	944,88492	25,34	2,682
42	14.50	668,3	922,38766	23,43	2,540
43	15.00	386,7	533,72334	10,4409	1,956
44	15.10	321,6	443,87232	8,0795	1,820
45	15.20	309,7	427,44794	6,622	1,549
46	15.30	314,8	434,48696	6,453	1,485
47	15.40	325,7	449,53114	6,6472	1,479
48	15.50	413,7	570,98874	6,4845	1,136
49	16.00	416,8	575,26736	6,3126	1,097
50	16.10	447,1	617,08742	6,9368	1,124
51	16.20	459,3	633,92586	6,4692	1,020
52	16.30	456,5	630,0613	7,32	1,162
53	16.40	206,7	285,28734	1,4412	0,505
54	16.50	178,5	246,3657	1,4436	0,586
55	17.00	154,3	212,96486	1,3222	0,621
Intensitas Maks		1086			
Efisiensi Maks		8,401209			
Intensitas Rata-rata		660,9			
Efisiensi Rata-rata		4,280282			

\* Luas 2 panel = 1,3802 m<sup>2</sup>

Lampiran 4c Tabel hasil perhitungan daya input, daya output dan efisiensi panel berdebu level 2

NO.	Waktu	Intensitas (W/m <sup>2</sup> )	Daya Input (Watt)	Daya Output (Watt)	Efisiensi (%)
1	08.00	723,1	998,02262	11,2896	1,131
2	08.10	758,1	1046,32962	13,1232	1,254
3	08.20	793,2	1094,77464	15,2709	1,395
4	08.30	811,5	1120,0323	18,2118	1,626
5	08.40	824,1	1137,42282	20,4052	1,794
6	08.50	838,1	1156,74562	22,8429	1,975
7	09.00	842,3	1162,54246	24,6	2,116
8	09.10	812,3	1121,13646	26,8142	2,392
9	09.20	834,7	1152,05294	27,8586	2,418
10	09.30	853,2	1177,58664	29,6786	2,520
11	09.40	873,8	1206,01876	31,4064	2,604
12	09.50	897,2	1238,31544	32,9302	2,659
13	10.00	935,2	1290,76304	34,364	2,662
14	10.10	974,5	1345,0049	37,8741	2,816
15	10.20	1040,0	1435,408	41,2566	2,874
16	10.30	1032,0	1424,3664	42,8451	3,008
17	10.40	1026,0	1416,0852	38,9685	2,752
18	10.50	934,6	1289,93492	29,4822	2,286
19	11.00	1092,0	1507,1784	44,9288	2,981
20	11.10	682,5	941,9865	9,472	1,006
21	11.20	693,5	957,1687	7,192	0,751
22	11.30	769,3	1061,78786	13,3522	1,258
23	11.40	1100,0	1518,22	53,6882	3,536
24	11.50	1002,0	1382,9604	12,8235	0,927
25	12.00	1001,0	1381,5802	36,519	2,643
26	12.10	1007,0	1389,8614	13,94	1,003
27	12.20	744,5	1027,5589	5,4653	0,532
28	12.30	1083,0	1494,7566	19,2308	1,287
29	12.40	1085,0	1497,517	34,7115	2,318
30	12.50	988,2	1363,91364	38,5029	2,823
31	13.00	1104,0	1523,7408	45,3744	2,978
32	13.10	1096,0	1512,6992	51,3925	3,397
33	13.20	1028,0	1418,8456	48,7348	3,435

34	13.30	986,2	1361,15324	45,8144	3,366
35	13.40	981,9	1355,21838	43,7648	3,229
36	13.50	972,1	1341,69242	41,4222	3,087
37	14.00	879,7	1214,16194	39,564	3,259
38	14.10	875,3	1208,08906	36,0844	2,987
39	14.20	854,7	1179,65694	29,4719	2,498
40	14.30	859,3	1186,00586	28,9884	2,444
41	14.40	835,9	1153,70918	21,3363	1,849
42	14.50	758,5	1046,8817	17,7762	1,698
43	15.00	779,1	1075,31382	14,6964	1,367
44	15.10	638,4	881,11968	12,3057	1,397
45	15.20	691,0	953,7182	10,363	1,087
46	15.30	578,3	798,16966	9,8039	1,228
47	15.40	508,3	701,55566	8,8608	1,263
48	15.50	439,8	607,01196	7,8498	1,293
49	16.00	387,1	534,27542	6,853	1,283
50	16.10	366,5	505,8433	5,3449	1,057
51	16.20	341,2	470,92424	5,0881	1,080
52	16.30	309,4	427,03388	4,446	1,041
53	16.40	264,3	364,78686	3,4496	0,946
54	16.50	214,8	296,46696	2,8152	0,950
55	17.00	127,8	176,38956	2,1924	1,243
Intensitas Maks				1104,0	
Efisiensi Maks				3,536260	
Intensitas Rata-rata				798,7	
Efisiensi Rata-rata				2,014698	

\* Luas 2 panel = 1,3802 m<sup>2</sup>

Lampiran 4d Tabel hasil perhitungan daya input, daya output dan efisiensi panel

bersih

NO.	Waktu	Intensitas (W/m <sup>2</sup> )	Daya Input (Watt)	Daya Output (Watt)	Efisiensi (%)
1	08.00	744,8	1027,97296	55,5039	5,399
2	08.10	765,9	1057,09518	57,5961	5,449
3	08.20	753,1	1039,42862	54,8532	5,277
4	08.30	731,9	1010,16838	39,9487	3,955
5	08.40	689,7	951,92394	48,2256	5,066
6	08.50	725	1000,645	60,196	6,016
7	09.00	794,4	1096,43088	54,2542	4,948
8	09.10	836,9	1155,08938	57,1025	4,944
9	09.20	932,6	1287,17452	59,5816	4,629
10	09.30	938,7	1295,59374	61,456	4,743
11	09.40	909,5	1255,2919	45,279	3,607
12	09.50	953,6	1316,15872	65,9792	5,013
13	10.00	963,1	1329,27062	52,2394	3,930
14	10.10	935,2	1290,76304	57,904	4,486
15	10.20	1035	1428,507	59,5728	4,170
16	10.30	1013	1398,1426	55,2957	3,955
17	10.40	1008	1391,2416	55,1976	3,968
18	10.50	1014	1399,5228	57,285	4,093
19	11.00	1022	1410,5644	55,7326	3,951
20	11.10	1064	1468,5328	59,0648	4,022
21	11.20	982,7	1356,32254	54,4782	4,017
22	11.30	850,4	1173,72208	62,5135	5,326
23	11.40	1033	1425,7466	59,2185	4,154
24	11.50	932,1	1286,48442	58,1567	4,521
25	12.00	972,8	1342,65856	63,9216	4,761
26	12.10	1025	1414,705	54,9759	3,886
27	12.20	957,8	1321,95556	54,4968	4,122
28	12.30	871,9	1203,39638	55,2024	4,587
29	12.40	812,7	1121,68854	52,033	4,639
30	12.50	1011	1395,3822	57,0856	4,091
31	13.00	729,4	1006,71788	60,0624	5,966
32	13.10	1027	1417,4654	64,9428	4,582
33	13.20	1037	1431,2674	51,3443	3,587

34	13.30	1020	1407,804	65,9824	4,687
35	13.40	854,1	1178,82882	46,08	3,909
36	13.50	874,7	1207,26094	61,0944	5,061
37	14.00	810,2	1118,23804	61,752	5,522
38	14.10	843,1	1163,64662	56,256	4,834
39	14.20	878,9	1213,05778	64,554	5,322
40	14.30	890,2	1228,65404	62,0711	5,052
41	14.40	901,4	1244,11228	63,4196	5,098
42	14.50	908,2	1253,49764	58,9272	4,701
43	15.00	704,9	972,90298	54,3348	5,585
44	15.10	653,9	902,51278	53,4325	5,920
45	15.20	647,1	893,12742	50,4775	5,652
46	15.30	527	727,3654	43,0619	5,920
47	15.40	463,1	639,17062	41,4207	6,480
48	15.50	567,1	782,71142	39,8475	5,091
49	16.00	486,6	671,60532	36,19	5,389
50	16.10	392,1	541,17642	30,7216	5,677
51	16.20	371,9	513,29638	20,97	4,085
52	16.30	339,2	468,16384	16,8238	3,594
53	16.40	289,1	399,01582	12,7558	3,197
54	16.50	267,5	369,2035	10,7226	2,904
55	17.00	255,9	353,19318	9,0279	2,556
Intensitas Maks		1064			
Efisiensi Maks		6,480382			
Intensitas Rata-rata		800,4			
Efisiensi Rata-rata		4,656263			

\* Luas 2 panel = 1,3802 m<sup>2</sup>

Lampiran 5a Pengerjaan dan pengetesan alat



Gambar 9 Pengelasan rangka untuk membuat dudukan pipa



Gambar 10 Memperhalus hasil pengelasan



Gambar 11 Proses peleburan papan PCB



Gambar 12 Proses melubangi papan PCB



Gambar 13 Pengujian sensor



Gambar 14 Pemasangan mikrokontroler





Gambar 15 Pengelasanudukan bak air



Lampiran 5b Kegiatan pengambilan data



Gambar 16 Pencatatan data panel surya



Gambar 17 Pengambilan intensitas matahari



Gambar 18 Pengambilan data arus pada motor



Gambar 19 Intensitas matahari pada solari meter



Gambar 20 Data tampilan pada LCD

