

**PEMANFAATAN SISTEM PLTS UNTUK PENGISIAN
AIR OTOMATIS PADA TANDON BERBASIS IoT**

SKRIPSI

Disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)



Disusun Oleh:

MUHAMMAD FIGO

3332190031

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA

2024

LEMBAR PERNYATAAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Pemanfaatan Sistem PLTS Untuk Pengisian Air
Otomatis Pada Tandon Berbasis IoT
Nama Mahasiswa : Muhammad Figo
NPM : 3332190031
Fakultas/Program Studi : Teknik/Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui huku yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 27 Februari 2024



Muhammad Figo
332190031


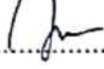
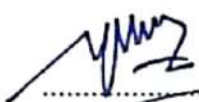

LEMBAR PENGESAHAN

Dengan ini ditetapkan bahawa Skripsi berikut.

Judul : Pemanfaatan Sistem PLTS Untuk Pengisian Air Otomatis Pada Tandon Berbasis IoT
Nama Mahasiswa : Muhammad Figo
NPM : 3332190031
Fakultas/Program Studi : Teknik/Teknik Elektro

Telah diuji dan dipertahankan pada tanggal 27 Februari 2024 melalui Sidang Skripsi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon dan dinyatakan **LULUS**/~~PIDAK LULUS~~.

Dewan Penguji

		Tanda Tangan
Pembimbing I	: Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T., M.Sc.	
Pembimbing II	: Rian Fahrizal, S.T., M.Eng.	
Penguji I	: Dr. Ir. Wahyuni Martiningsih, M.T.	
Penguji II	: Fadil Muhammad, ST., M.T.	

Mengetahui,

Ketua Jurusan



Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T., M.Sc.
199103282010121001

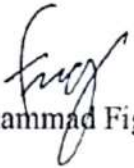
PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat iman, islam serta kesehatan sehingga laporan Skripsi ini dapat diselesaikan. Shalawat serta salam semoga tercurah kepada baginda besar Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, sahabat serta umatnya hingga akhir zaman.

Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Skripsi ini. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini saya pribadi ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga besar saya yang telah memberikan bantuan, dukungan material dan moral.
2. Bapak Dr. Eng. Rocky Alfan, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Bapak Dr. Eng. Rocky Alfan, M.Sc., selaku dosen pembimbing I yang telah menyediakan waktu, tenaga dan juga pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Skripsi ini.
4. Bapak Rian Fahrizal, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga dan juga pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Skripsi ini.
5. Bapak Fadil Muhammad, S.T., MT., selaku dosen pembimbing akademik yang telah membantu selama masa perkuliahan.
6. Dosen-dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah mendidik dan memberikan ilmu pengetahuan serta pengalaman di bidang akademik.

Cilegon, 27 Februari 2024


Muhammad Figo

ABSTRAK

Muhammad Figo
Teknik Elektro

Pemanfaatan Sistem PLTS Untuk Pengisian Air Otomatis Pada Tandon Berbasis IoT

Pemanfaatan sistem PLTS merupakan salah satu cara untuk mengurangi pemakaian bahan bakar fosil. Tujuan utama dari penelitian ini yaitu memanfaatkan sistem PLTS yang dapat mengisi air secara otomatis berbasis IoT menggunakan sistem kendali PID. Penelitian ini menafaatkan sistem PLTS *off grid* yang menggunakan modul surya 150 WP jenis *monocrystalline*. Daya keluaran modul surya dipakai untuk sumber listrik pada sistem pengisian air otomatis. Pengujian daya keluaran modul surya dilakukan dalam tiga kondisi cuaca berbeda diantaranya cuaca cerah, cuaca berawan dan cuaca hujan. Pengujian sistem pengisian air otomatis dilakukan dengan menjaga tiga ketinggian air yang berbeda pada tandon diantaranya 6 cm, 8 cm dan 10 cm menggunakan sistem kendali PID. Hasil dari penelitian ini, daya puncak keluaran pada cuaca cerah sebesar 137,96 W, cuaca berawan sebesar 62,53 W dan cuaca hujan sebesar 50,98 W. Untuk pengujian ketinggian air 6 cm terdapat nilai kesalahan 3,31 %. Pengujian ketinggian air 8 cm terdapat nilai kesalahan 3,62%. Pengujian ketinggian air 10 cm terdapat nilai kesalahan 2,78 %. Semua proses pengujian dapat dipantau melalui *platform* IoT.

Kata kunci : Sistem PLTS, Daya keluaran, Ketinggian Air, PID, IoT

ABSTRACT

Muhammad Figo
Electrical Engineering

Utilization Of Solar Power Plant System For Automatic Water Filling In Reservoir IoT Based

Utilization a solar power plant system is one way to reduce the use of fossil fuels. The main objective of this research is to utilized a solar power plant system that can distribute air automatically based on IoT using a PID control system. This research utilize an off grid solar power plant system that used 150 WP monocrystalline solar module. The solar output power module is used as a power source in the automatic water filling system. Solar module output power testing was carried out in three different weather conditions including sunny weather, cloudy weather and rainy weather. Testing of the automatic water filling system was carried out by maintaining three different water level in the reservoir including 6 cm, 8 cm and 10 cm using a PID control system. The results of this research show that the peak power output in sunny weather is 137.96 W, in cloudy weather it is 62.53 W and in rainy weather it is 50.98 W. For testing at 6 cm air height there is an error value of 3.31%. Testing an air height of 8 cm has an error value of 3.62%. Testing an air height of 10 cm has an error value of 2.78%. All testing processes can detect through the IoT platform.

Keyword: Solar Power Plant System, Output Power, Water Level, PID, IoT

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Penelitian	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya	4
2.1.1. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya	4
2.1.2. Sel Surya	6
2.1.3. Modul Surya	6
2.1.4. Luas Penampang Modul Surya	7
2.1.5. Daya <i>Input</i> Modul Surya	8
2.1.6. Daya <i>Output</i> Modul Surya	8
2.1.7. Faktor Pengisi (<i>Fill Factor</i>)	8
2.1.8. Efisiensi Modul Surya	9
2.2. Sensor Ultrasonik HCSR 04	9
2.3. Sensor PZEM 017	9
2.4. IoT (<i>Internet of Things</i>)	9
2.5. Server Blynk	10
2.6. Relay	10

2.7.	SCC (<i>Solar Charge Controller</i>).....	10
2.8.	Mikrokontroler ESP32	10
2.9.	Baterai	11
2.10.	Pompa Air	11
2.11.	Solenoid Valve.....	11
2.12.	PID (Proportional, Intergral dan Derivatif)	12
2.13.	Kajian Pustaka	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		16
3.1.	Alur Penelitian	16
3.2.	Komponen Penelitian.....	17
3.3.	Perancangan Alat	19
3.3.1.	Diagram Blok <i>Input</i> dan <i>Ouput</i> Daya Listrik.....	20
3.3.2.	Diagram Blok <i>Input</i> dan <i>Ouput</i> Data.....	20
3.3.3.	Rancangan Alat.....	20
3.3.4.	Rancangan Skematik Alat	21
3.3.5.	Diagram Alur Cara Kerja Alat.....	23
3.4.	Sistem Kendali PID.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		25
4.1.	Hasil Rancangan Alat	25
4.2.	Pengujian Alat.....	26
4.2.1.	Pengujian Sensor PZEM 017.....	26
4.2.2.	Pengujian Sensor HCSR 04.....	28
4.2.3.	Pengujian Sensor RTC DS3231	29
4.2.4.	Pengujian Modul Micro SD.....	29
4.2.5.	Pengujian Server Blynk.....	30
4.2.6.	Pengujian Sistem Kendali PID	31
4.3.	Pengujian Keluaran Modul Surya 150 WP	33
4.4.	Pengujian Suhu Permukaan Modul Surya	42
4.5.	Pengujian Karakteristik Arus dan Tegangan	42
4.6.	Efisiensi Modul Surya.....	42
4.7.	Pengujian Ketinggian Air	46

4.8. Analisis Hasil Pengujian Alat	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1. Kesimpulan	50
5.2. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN A HASIL PENGUJIAN	A-1
LAMPIRAN B LISTING PROGRAM.....	B-1
LAMPIRAN C PERHITUNGAN.....	C-1
LAMPIRAN D PERHITUNGAN	D-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Blok Sistem PLTS <i>Grid Connected</i>	4
Gambar 2.2 Diagram Blok Sistem PLTS <i>Stand Alone</i>	5
Gambar 2.3 Diagram Blok Sistem PLTS <i>Hybrid</i>	6
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	16
Gambar 3.2 Diagram <i>Input</i> dan <i>Ouput</i> Daya Listrik.....	20
Gambar 3.3 Diagram <i>Input</i> dan <i>Ouput</i> Daya Listrik.....	20
Gambar 3.4 Rancangan Tampak Dalam Alat	21
Gambar 3.5 Rancangan Tampak Luar Alat.....	21
Gambar 3.6 Rangkaian Skematik Alat.....	22
Gambar 3.7 Diagram Alur Parameter Daya Keluaran Modul Surya	23
Gambar 3.8 Diagram Alur Parameter Ketinggian Air	23
Gambar 3.9 Diagram Alur Sistem Kendali PID.....	24
Gambar 4.1 (a) Modul Surya 150 WP (b) Tandon Air 20 Liter	25
Gambar 4.2 Sistem Pengisian Air Otomatis	25
Gambar 4.3 Hasil Rancangan Skematik Alat.....	26
Gambar 4.4 Pengujian Sensor PZEM 017 (Tegangan).....	27
Gambar 4.5 Pengujian Sensor PZEM 017 (Arus).....	27
Gambar 4.6 Pengujian Sensor HCSR 04.....	28
Gambar 4.7 Pengujian Sensor RTC DS3231	29
Gambar 4.8 Pengujian Modul Micro SD	30
Gambar 4.9 Pengujian Blynk	30
Gambar 4.10 Pengujian Sitem Kendali PID Ketinggian Air 6 cm	31
Gambar 4.11 Pengujian Sistem Kendali PID Ketinggian Air 8 cm.....	32
Gambar 4.12 Pengujian Sitem Kendali PID Ketinggian Air 10 cm	33
Gambar 4.13 Radiasi Matahari Hari Pertama	33
Gambar 4.14 Daya Modul Surya Hari Pertama	35
Gambar 4.15 Radiasi Matahari Hari Kedua.....	36
Gambar 4.16 Daya Keluaran Hari Kedua	38
Gambar 4.17 Radiasi Matahari Hari Ketiga.....	39
Gambar 4.18 Daya Keluaran Hari Ketiga.....	41

Gambar 4.19 Suhu Permukaan Modul Surya.....	42
Gambar 4.20 (a) Suhu Permukaan Modul Surya Cuaca Cerah (b) Daya Keluaran Modul Surya Cuaca Cerah.....	43
Gambar 4.21 (a) Suhu Permukaan Modul Surya Cuaca Berawan (b) Daya Keluaran Modul Surya Cuaca Berawan	43
Gambar 4.22 (a) Suhu Permukaan Modul Surya Cuaca Hujan (b) Daya Keluaran Modul Surya Cuaca Hujan	46
Gambar 4.23 Karakteristik Arus dan Tegangan Terhadap Radiasi Matahari	44
Gambar 4.24 Karakteristik Arus dan Tegangan Terhadap Radiasi Matahari	45
Gambar 4.25 Efisiensi Modul Surya.....	46
Gambar 4.26 Ketinggian Air 6 cm	47
Gambar 4.27 Ketinggian Air 8 cm	47
Gambar 4.28 Ketinggian Air 10 cm.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Sistem Kendali PID.....	12
Tabel 3.1 Modul Surya <i>Monocrystalline</i> 150 WP	17
Tabel 3.2 Spesifikasi Sensor Ultrasonik HCSR 04.....	17
Tabel 3.3 Sensor PZEM 017	17
Tabel 3.5 Relay	18
Tabel 3.6 <i>Solar Charge Controller</i> (SCC).....	18
Tabel 3.7 Mikrokontroler ESP32	18
Tabel 3.8 Baterai	18
Tabel 3.9 Pompa Air DC.....	19
Tabel 3.10 Solenoid Valve.....	19
Tabel 3.11 Sensor RTC DS3231	19
Tabel 3.12 Modul Micro SD	19

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Produksi listrik saat ini mayoritas masih menggunakan bahan bakar fosil seperti batu bara dan minyak [1]. Energi terbarukan mempunyai potensi yang signifikan dalam menggantikan pemakaian bahan bakar fosil karena dampak lingkungannya, seperti pemanasan global, polusi udara yang berbahaya bagi kesehatan [2]. Energi matahari telah menjadi salah satu pilihan utama karena besarnya energi matahari yang mencapai bumi. Pemanfaatan energi matahari ini disebut dengan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) [3]. Indonesia sebagai salah satu negara tropis, menjadi salah satu negara yang cocok memanfaatkan sistem PLTS untuk menghasilkan listrik.

Sistem PLTS atau disebut sistem PV (*photovoltaic*) adalah suatu metode konversi energi untuk merubah sinar matahari menjadi sebuah energi listrik [4]. Pada sistem PLTS terdapat modul surya sebagai alat yang dapat merubah sinar matahari menjadi energi listrik. Modul surya terdiri dari beberapa sel surya, yang dihubungkan secara seri atau paralel [5]. Pertumbuhan sumber daya energi terbarukan seperti PV didorong oleh kebijakan energi bersih untuk mendekarbonisasi sektor kelistrikan [6]. Penggunaan energi bersih di Indonesia bisa menjadi hal yang positif untuk masyarakat agar lebih peduli dalam penggunaan energi bersih.

Radiasi matahari relatif tinggi sehingga memanfaatkan tenaga surya memiliki potensi yang sangat menjanjikan [7]. Listrik yang didapat dari PLTS dapat dipergunakan untuk menggerakkan beban [8]. Air kebutuhan pokok yang sangat penting dalam keperluan hidup manusia [9]. Air sangat dibutuhkan untuk dikonsumsi atau dalam melakukan aktivitas sehari-hari dan keberadaan sumber air harus dijaga [10]. Oleh karena itu, listrik hasil sistem PLTS bisa dimanfaatkan untuk pengisian air secara otomatis.

Pengisian air yang kurang efisien dapat menyebabkan pemborosan. Salah satu cara untuk meminimalisirnya adalah penggunaan metode PID (Proportional, Integral dan Derivative) [11]. Sistem pemantauan dan kendali ketinggian air dalam

pengujiannya sangat membutuhkan sistem pemantauan yang bisa bekerja dengan *real time*. Sistem ini digunakan agar data yang terdeteksi oleh sensor dapat masuk ke sistem dengan waktu cepat [12]. Keterlibatan IoT (*Internet of Things*) dapat menjadi salah satu cara untuk menampilkan dan memantau data secara *real time*. Dari segi pemanfaatan teknologi IoT yang sangat luas, implementasi untuk *prototype* ini diterapkan pada kendali dan pemantauan [13]. Dalam implementasinya, IoT dapat dihubungkan dengan sistem manajemen PLTS, khususnya untuk pemantauan daya listrik keluaran modul surya dan pemantauan ketinggian air [14]. IoT dapat mengamati sistem proses dan mengendalikan sistem kendali dari jarak jauh dengan memanfaatkan teknologi koneksi internet. Sistem IoT dapat mempermudah pengguna mendapatkan informasi, mengendalikan sistem dari manapun dan bisa dipantau dari kejauhan [15].

Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan penelitian yang sudah ada sebelumnya, dimana penelitian ini bertujuan untuk pemanfaatan sistem PLTS untuk mengisi air menggunakan pompa secara otomatis dengan metode PID dan memantau daya keluaran modul surya serta ketinggian air pada tandon menggunakan *smartphone* dan *website*. Sehingga alat ini dapat beroperasi tanpa adanya energi listrik dari PLN dan dengan sistem otomatis menggunakan metode PID yang dapat mengurangi pemborosan penggunaan air.

1.2. Rumusan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat ditentukan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana sistem dan desain modul surya yang dapat mengisi air secara otomatis?
2. Bagaimana cara kerja metode PID untuk mengisi air pada tandon secara otomatis?
3. Bagaimana cara menganalisis daya listrik keluaran modul surya dan ketinggian air di dalam tandon?

1.3. Tujuan Penelitian

Atas dasar masalah yang ditulis dalam perumusan masalah, maka dapat ditentukan tujuan penelitian sebagai berikut.

1. Merancang sistem dan desain modul surya yang dapat mengisi air secara otomatis.
2. Menganalisis cara kerja sistem kendali PID yang diperlukan untuk mengisi air pada tandon secara otomatis.
3. Menganalisis nilai daya listrik keluaran modul surya dan ketinggian air di dalam tandon.

1.4. Manfaat Penelitian

Berikut ini adalah manfaat dari penelitian berikut ini.

1. Pada penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan penggunaan modul surya sebagai energi alternatif.
2. Pada penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber literatur untuk masyarakat tentang rancangan desain modul surya yang dapat mengisi air secara otomatis berbasis IoT menggunakan metode PID.
3. Pada penelitian ini diharapkan dapat mengefesiesikan penggunaan air dan mengurangi biaya penggunaan listrik PLN.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah yang membatasi lingkup penelitian adalah sebagai berikut.

1. Data penelitian yang akan diperoleh yaitu daya keluaran modul surya, efisiensi modul surya dan ketinggian air.
2. Modul surya yang digunakan adalah Monocrystalline dengan kapasitas 150 WP.
3. Menggunakan solenoid valve dan pompa air DC 12 V untuk mengisi air.
4. Pengisian air menggunakan sistem kendali PID.
5. Mengamati daya listrik keluaran modul surya dan ketinggian air menggunakan server blynk.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

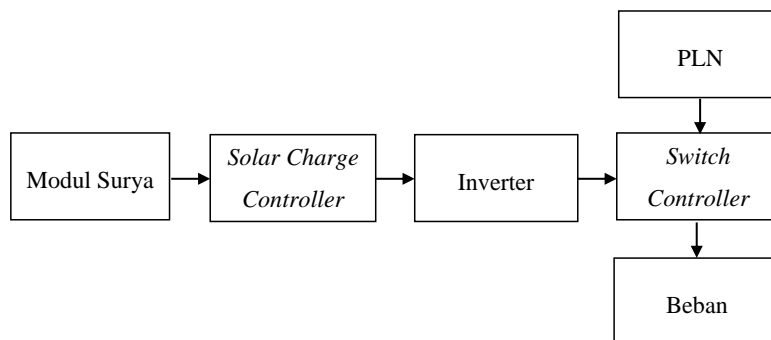
PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) merupakan jenis pembangkit listrik yang memanfaatkan energi alternatif dari radiasi sinar matahari yang ramah lingkungan, sehingga tidak menggunakan energi fosil. Listrik yang dihasilkan berupa listrik *direct current* (DC) [16]. Sistem ini sangat berpotensi bagi negara yang wilayahnya terletak di zona khatulistiwa, salah satunya Indonesia. Di zona khatulistiwa cahaya matahari cukup melimpah sehingga bisa dimanfaatkan untuk sumber energi PLTS.

2.1.1. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Sistem PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) diklasifikasi menjadi tiga sistem. Berikut ini klasifikasi sistem PLTS [17].

1. PLTS *On Grid*

Sistem PLTS *on grid* atau *grid connected* adalah sistem PLTS yang listrik keluarannya terhubung dengan jaringan listrik PLN. Listrik *direct current* (DC) yang dihasilkan PLTS akan dirubah menjadi listrik *alternating current* (AC) menggunakan inverter sebelum disalurkan ke jaringan PLN. Berikut ini Gambar 2.1 merupakan diagram blok sistem PLTS *on grid*.



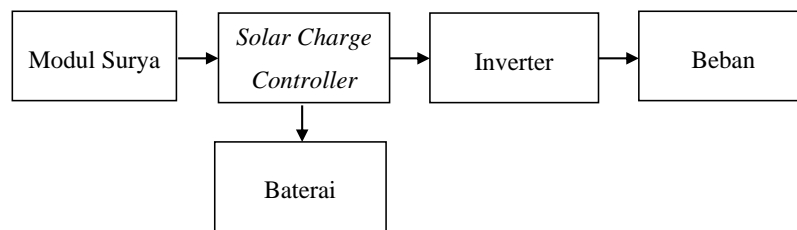
Gambar 2.1 Diagram Blok Sistem PLTS *On Grid*

Gambar 2.1 merupakan alur dari sistem PLTS *grid connected*. Listrik DC yang dihasilkan modul surya akan masuk ke *solar charge controller* (SCC) sebelum

disalurkan ke inverter. Listrik AC keluaran inverter akan masuk ke *switch controller* yang merupakan tempat kendali dari *grid connected* listrik dari modul surya dan listrik dari PLN sebelum disalurkan ke beban.

2. PLTS *Off Grid*

Sistem PLTS *off grid* adalah sistem PLTS yang tidak terhubung ke jaringan PLN. Sistem PLTS ini listrik searah yang dihasilkan modul surya akan disimpan ke dalam baterai. Sistem PLTS ini juga bisa disebut *stand alone*. Sistem PLTS *stand alone* tidak terhubung ke jaringan PLN, listrik yang dihasilkan proses PV disimpan baterai sesuai kebutuhan. Sistem PLTS *stand alone* biasanya digunakan sebagai sistem pembangkit listrik alternatif yang tidak memanfaatkan listrik PLN. Sistem PLTS *stand alone* cocok digunakan di kawasan yang tidak terdapat jaringan PLN. Berikut ini Gambar 2.2 merupakan diagram blok sistem PLTS *stand alone*.

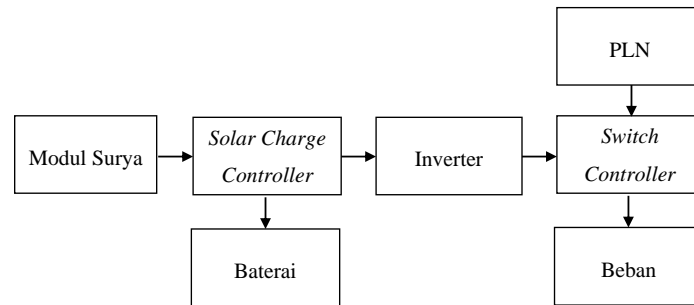


Gambar 2.2 Diagram Blok Sistem PLTS *Stand Alone*

Gambar 2.2 merupakan alur dari sistem PLTS *stand alone*. Listrik DC yang dihasilkan modul surya akan masuk ke SCC kemudian disimpan ke dalam baterai sesuai kebutuhan atau disalurkan ke inverter. Listrik AC keluaran inverter akan disalurkan ke beban.

3. PLTS *Hybrid*

Sistem PLTS *hybrid* adalah sistem gabungan dari PLTS *on grid* dan PLTS *off grid*. Sistem *hybrid* ini bisa terkoneksi listrik PLN dan terhubung dengan baterai sebagai penyimpanan sesuai kebutuhan. PLTS *hybrid* menjadi sistem paling efektif jika digunakan untuk sistem yang berjalan *real time*. Berikut ini Gambar 2.3 merupakan diagram blok sistem PLTS *hybrid*.



Gambar 2.3 Diagram Blok Sistem PLTS *Hybrid*.

Gambar 2.3 merupakan sistem PLTS *hybrid*. Listrik DC yang dihasilkan modul surya akan masuk ke *solar charge controller* (SCC) sebelum disalurkan ke inverter atau disimpan baterai sesuai kebutuhan. Listrik AC keluaran inverter akan masuk ke *switch controller* yang merupakan tempat kendali dari *grid connected* listrik dari modul surya dan listrik dari PLN sebelum disalurkan ke beban.

2.1.2. Sel Surya

Sel surya adalah komponen elektronik yang dibuat dengan untuk menghasilkan listrik dengan berdasarkan cara kerja sistem *photovoltaic*. Sel surya terbuat berdasarkan irisan-irisan yang terbuat dari bahan semi konduktor seperti silikon yang memiliki *thickness* minimal 0,3 mm. Jika suatu sinar matahari mengenai semi konduktor tersebut, maka pada kutub positif dan kutub negatif muncul perbedaan tegangan antara dua kutub tersebut sehingga menghasilkan arus searah [18].

2.1.3. Modul Surya

Modul surya merupakan alat yang terdiri dari gabungan sel surya. Modul surya terdiri dari beberapa jenis. Efektivitas modul surya berbeda-beda karena menyesuaikan dari jenis bahan modul surya itu sendiri. Berikut ini adalah jenis-jenis modul surya [19].

1. *Monocrystalline*

Modul surya jenis *monocrystalline* terbuat dari batang kristal silikon murni yang diiris sangat tipis. Dibutuhkan suatu teknologi khusus untuk mengiris batangan kristal silikon murni menjadi irisan-irisan kristal silikon yang sangat tipis.

Modul surya jenis ini menjadi paling efisien dibandingkan jenis modul surya lainnya. Efisiensi modul surya ini mencapai 15% s.d. 20%. Sel surya pada modul surya *monocrystalline* juga dikenal sebagai sel-sel kristal tunggal. Modul surya *monocrystalline* berwarna hitam pekat.

2. *Polycrystalline*

Modul surya jenis *polycrystalline* terbuat dari batangan kristal silikon yang dilebur dan hasil leburannya dituang ke dalam cetakan yang berbentuk persegi. Kemurnian batang kristal silikon *polycrystalline* tidak semurni batang silikon *monocrystalline*. Efisiensi *polycrystalline* juga lebih rendah dibanding jenis *monocrystalline*. Efisiensi modul surya jenis ini sekitar 13% s.d. 16%. Modul surya jenis *polycrystalline* juga disebut sebagai *polysilicon* (p-Si) dan multi-kristal silikon (mc-Si). Modul surya *polycrystalline* berwarna biru.

3. *Thin Film Solar Cell*

Modul surya jenis *Thin Film Solar Cell* terbuat dari batang silikon yang dipotong lebih tipis dibanding *monocrystalline* dan *polycrystalline*. Sel surya ini dibuat dengan cara menggabungkan beberapa lapisan material sel surya yang tipis ke dalam lapisan dasar. Efisiensi modul surya jenis ini paling rendah dibanding jenis modul surya yang lain. Modul surya jenis ini juga dikenal dengan nama *Thin Film Photovoltaic* (TFPV).

2.1.4. Luas Penampang Modul Surya

Modul surya memiliki penampang yang dapat di hitung luasnya dengan mengalikan Panjang dan lebar modul surya tersebut [20]. Luas penampang modul surya dapat dihitung pada persamaan 2.1 merupakan persamaan luar penampang modul surya.

$$A = P \times L \quad (2.1)$$

Keterangan:

A = Luas Penampang Modul Surya (m^2)

P = Panjang Penampang Modul (m)

L = Lebar Penampang Modul (m)

2.1.5. Daya *Input* Modul Surya

Modul surya ketika terkena sinar matahari akan mendapatkan daya yang biasa disebut daya *input*. daya *input* merupakan perkalian antara banyaknya intensitas radiasi matahari dengan luas penampang modul surya [20]. Daya *input* modul surya dapat dihitung pada persamaan 2.2 sebagai berikut.

$$P_{in} = I_r \times A \quad (2.2)$$

Keterangan:

P_{in} = Daya masukan (*Watt*)

I_r = Intensitas Radiasi Matahari ($\frac{Watt}{m^2}$)

A = Luas Penampang Modul Surya (m^2)

2.1.6. Daya *Output* Modul Surya

Modul surya memiliki daya *output* setelah terkena radiasi matahari dengan mengalikan tegangan maksimum dan arus maksimum [20]. Pada persamaan 2.3 merupakan perhitungan daya output.

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out} \quad (2.3)$$

Keterangan:

P_{out} = Daya Keluaran (*Watt*)

V_{out} = Tegangan Keluaran Modul Surya (*Volt*)

I_{out} = Arus Keluaran Modul Surya (*Ampere*)

2.1.7. Faktor Pengisi (*Fill Factor*)

Faktor pengisi atau *fill factor* (FF) adalah parameter yang dalam hubungannya dengan V_{oc} dan I_{sc} , menentukan daya maksimum dari sel surya [20]. Faktor pengisi atau *fill factor* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.4 berikut.

$$FF = \frac{P_{max}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (2.4)$$

Keterangan:

P_{max} = Daya Maksimal (*Watt*)

V_{oc} = Tegangan *Open Circuit* (*Volt*)

I_{sc} = Arus Hubung Singkat (*Ampere*)

2.1.8. Efisiensi Modul Surya

Efisiensi modul surya dapat dihitung menggunakan persamaan 2.5 sebagai berikut.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.5)$$

Keterangan:

η = Efisiensi (%)

P_{out} = Daya Keluaran (*Watt*)

P_{in} = Daya Masukan (*Watt*)

2.2. Sensor Ultrasonik HCSR 04

Sensor ultrasonik HCSR 04 adalah sebuah sensor yang cara kerjanya mendeteksi gelombang dan merubah gelombang menjadi besaran yang dinginkan. Prinsip kerja sensor ultrasonik HCSR 04 yaitu memanfaatkan gelombang suara untuk mengukur jarak suatu objek pada frekuensi tertentu. Sensor ultrasonik HCSR 04 dapat digunakan untuk mengukur jarak objek dari 2 cm s.d. 4 m dengan akurasi 3 mm [21].

2.3. Sensor PZEM 017

Sensor PZEM 017 sensor yang dapat mengukur tegangan DC sampai dengan 300 VDC dan dapat mengukur arus sampai dengan 300 A dengan menggunakan shunt eksternal. PZEM-017 merupakan sensor hasil buatan China dengan kualitas yang sangat baik. Harga PZEM sangat terjangkau di pasaran dan mengkhususkan diri pada produk Metering. Sensor ini dapat mendeteksi tegangan, arus, daya dan energi listrik DC. Semua seri sensor PZEM menggunakan sistem komunikasi RS485 bawaan menggunakan protokol Modbus-RTU yang mirip dengan kebanyakan perangkat industri [22].

2.4. IoT (*Internet of Things*)

IoT (*Internet of Things*) adalah sistem yang cara kerjanya menghubungkan informasi dari sumber informasi, manusia atau perangkat lainnya yang terhubung kedalam sistem melalui jaringan internet. Sistem IoT dapat digunakan untuk mengumpulkan data, menampilkan data, yang dihasilkan dari berbagai objek atau

sensor yang terhubung ke jaringan internet. Sistem IoT juga dapat menjadi sistem kendali untuk sebuah plant sebagai sistem kendali jarak jauh dengan memanfaatkan jaringan internet [23].

2.5. Server Blynk

Server blynk adalah server yang bisa diakses di *website* dan android. Server blynk adalah sistem *platform* data terbuka dan program aplikasi *interface* (API) untuk implementasi sistem IoT. Dengan server ini pengguna dapat mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, menampilkan dan bertindak atas pembacaan data sensor dan aktuator. Server blynk dapat bekerja dengan berbagai jenis mikrokontroler. Pengguna server blynk juga dapat memantau program yang ingin diamati, dengan menampilkan data melalui *website* atau android [24].

2.6. Relay

Relay merupakan suatu komponen elektronik yang dapat dikendalikan oleh arus listrik. Relay memiliki kumparan yang dililitkan. Prinsip kerja relay adalah apabila kumparan pada relay mendapatkan sebuah masukan atau sinyal pemicu dari perangkat elektronik lain yang terhubung dengan relay maka relay akan menghubungkan dan memutuskan arus listrik. Relay memiliki dua jenis, yaitu relay mekanis dan SSR (*solid state relay*) [25].

2.7. SCC (*Solar Charge Controller*)

SCC merupakan komponen elektronik yang cara kerjanya mengendalikan tegangan DC yang masuk ke dalam baterai agar tidak terjadinya *overcharge* atau tidak stabilnya tegangan pada baterai. Prinsip kerja SCC yaitu listrik yang dihasilkan dari modul surya, sebelum disalurkan ke dalam baterai, SCC memiliki fungsi untuk mengendalikan pengisian baterai sehingga dalam proses pengisian tersebut dapat memberikan kondisi yang aman terhadap baterai [26].

2.8. Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 adalah salah satu jenis mikrokontroler yang diperkenalkan dan dikembangkan oleh *Espressif Systems*. ESP32 adalah

penerus mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ini dapat di program dengan Arduino IDE. Mikrokontroler ESP32 sudah terdapat modul WiFi dan terhubung ke *Bluetooth Low Energy* (BLE) melalui sebuah chip, sehingga sangat baik dan bisa menjadi pilihan yang optimal untuk membuat sebuah sistem IoT [27].

2.9. Baterai

Baterai berfungsi menyimpan listrik. Terdapat banyak jenis baterai yang dapat digunakan untuk menyimpan listrik. Baterai jenis VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) merupakan jenis baterai yang paling sering digunakan pada sistem PLTS. Baterai jenis VRLA yaitu jenis baterai yang bebas pemeliharaan bertimbang asam. Baterai VRLA terbuat dari beberapa sel yang dirangkai secara seri. Baterai yang paling sering digunakan pada aplikasi sistem *photovoltaic* memiliki tegangan nominal sebesar 12 volt atau 24 volt [28].

2.10. Pompa Air

Pompa air adalah sebuah komponen elektronik yang cara kerjanya menyedot dan mengeluarkan air dari satu media ke media lainnya. Pompa air dapat mengalirkan air dari media rendah sampai ke media yang sejajar atau lebih tinggi. Pompa air bekerja dengan cara diberi masukan energi listrik lalu dirubah menjadi energi mekanik motor yang bertekanan untuk menyedot dan mengeluarkan aliran air. Dengan tekanan tersebut pompa air bisa dipergunakan untuk menyedot dan mengeluarkan air yang ada pada saluran. Pada penelitian ini, pompa air yang digunakan merupakan pompa air DC [29].

2.11. Solenoid Valve

Pada dasarnya solenoid valve merupakan servo dengan sudut 0° sampai dengan 360° yang diintegrasikan dengan katup. Solenoid valve bekerja jika mendapatkan tegangan masukan. Jika mendapat tegangan masukan katup akan terbuka. Jika tidak mendapat tegangan masukan katup akan tertutup [30].

2.12. PID (Proportional, Integral dan Derivatif)

Sistem kendali otomatis diperlukan beberapa parameter pengendalian. Salah satu sistem kendali yaitu sistem PID. Sistem PID memiliki parameter proporsional (P), Integral (I), serta parameter derivatif (D). Fungsi dari parameter proporsional yaitu memberi penguatan (*gain*), dengan penguatan ini hasil keluaran sistem semakin cepat untuk sampai target. Kemudian, fungsi dari parameter integral yaitu mengeliminasi atau mengurangi adanya kesalahan keadaan tunak (*offset*). Dan yang terakhir, fungsi dari parameter kendali derivatif adalah memberikan peredaman dan dengan ini dapat mengatasi lonjakan disebabkan parameter integral dan parameter. Sistem kendali PID mampu merespon sistem dengan cepat dan mencapai respon steady state error seminimal mungkin. Rumus persamaan pengendali PID dapat dilihat pada Persamaan 2.6 berikut [31].

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.6)$$

Keterangan:

$u(t)$: *Output* sistem kendali

$e(t)$: Nilai *error*

K_p : Konstanta proporsional

K_i : Konstanta integral

K_d : Konstanta derivatif

Berikut ini tabel 3.1 karakteristik respon parameter terhadap respon sistem kendali PID.

Tabel 2.1 Karakteristik Sistem Kendali PID

<i>Controller</i>	<i>Rise Time</i>	<i>Overshoot</i>	<i>Settling Time</i>	<i>Error Steady State</i>
K_p	Mengurangi	Meningkat	Perubahan kecil	Mengurangi
K_i	Mengurangi	Meningkat	Meningkat	Menghilangkan
K_d	Perubahan kecil	Mengurangi	Mengurangi	Perubahan kecil

Rise Time adalah waktu pengisian dari awal sampai respon mencapai nilai *set point* atau mendekati *set point*. Berikut Persamaan 2.7 untuk menghitung *rise time*.

$$Rise\ Time = t - 1 \quad (2.7)$$

Keterangan:

Rise Time : Waktu pengisian (s)

t : Waktu pertama kali saat nilai sama atau mendekati set point (s)

Over Shoot adalah nilai selisih antara nilai lonjakan tertinggi sebuah respon dengan nilai *set point* yang udah ditentukan. Berikut Persamaan 2.8 untuk menghitung *over shoot*.

$$Over\ Shoot = \frac{h\ maksimal - h\ stabil}{h\ stabil} \times 100\% \quad (2.8)$$

Keterangan:

Over Shoot : Nilai kesalahan antara puncak respon dengan *set point* (cm)

h maksimal : Nilai puncak respon (cm)

h stabil : nilai respon stabil (cm)

Settling time adalah waktu saat nilai respon mencapai titik stabil atau selalu mendekati nilai *set point*. Berikut Persamaan 2.9 untuk menghitung *settling time*.

$$Settling\ Time = t - 1 \quad (2.9)$$

Keterangan:

Settling Time : Waktu saat mencapai respon stabil (s)

t : Waktu pertama kali saat respon stabil (s)

Error Steady State adalah nilai kesalahan antara nilai respon aktual dengan nilai *set point*. Berikut ini Persamaan 2.10 untuk menghitung *errot steady state*.

$$Error\ Steady\ State = h\ stabil - Set\ Point \quad (2.10)$$

Keterangan:

Error Steady State : Selisih nilai respon stabil dengan *set point* (cm)

h stabil : Nilai respon stabil (cm)

Set Point : Target respon (cm)

2.13. Kajian Pustaka

Pada bagian ini berisikan rangkuman penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian ini tentang Pemanfaatan Sistem PLTS Untuk Pengisian Air Otomatis Pada Tandon Berbasis IoT. Berikut ini penelitian yang menjadi landasan dari penelitian ini.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Ananda I. K., I. Husnaini dan J. Hamka [32]. Melakukan *monitoring* level air pada tambak udang dengan sensor ultrasonik berbasis IoT. Tujuan dari *monitoring* ini yaitu menjaga ketinggian air pada tambak udang. *Monitoring* ini dilakukan secara real time, *monitoring* ini mendapat presentase eror 0.1 %. Metode *monitoring* ini memanfaatkan prinsip kerja sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air pada tambak udang. Kemudian untuk visual *monitoring* level air memanfaatkan sistem *Internet of Things* (IoT).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Kalbii A. T. dan N. Kholis [33]. Melakukan sistem *monitoring* air pada tangki berbasis IoT. Sistem *monitoring* dilakukan untuk mengendalikan pompa air yang dilakukan secara otomatis dan manual. Pengukuran ketinggian dengan penggunaan metode *pulse in* menghasilkan nilai kesalahan 5,92 %, penggunaan metode ping cm menghasilkan nilai kesalahan 2,36 %, dan penggunaan metode ping median menghasilkan nilai kesalahan 4,73%.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Daulay A. M., A. Bintoro, D. Muchlis [34]. Melakukan *automatic water level control* pada tandon air. Tujuan penelitian ini yaitu mengendalikan level air pada tandon menggunakan mikrokontroler arduino uno dan menggunakan sensor ultrasonik untuk pendeteksi level air serta dilengkapi dengan alarm *buzzer* yang berfungsi untuk memberikan tanda ketika air penuh ataupun kosong. Alat yang dibuat dalam penelitian menggunakan fitur LCD untuk menampilkan indikator ketinggian air yang ada di dalam tandon. Penelitian ini mendapat presentase eror sebesar 1.92 %.

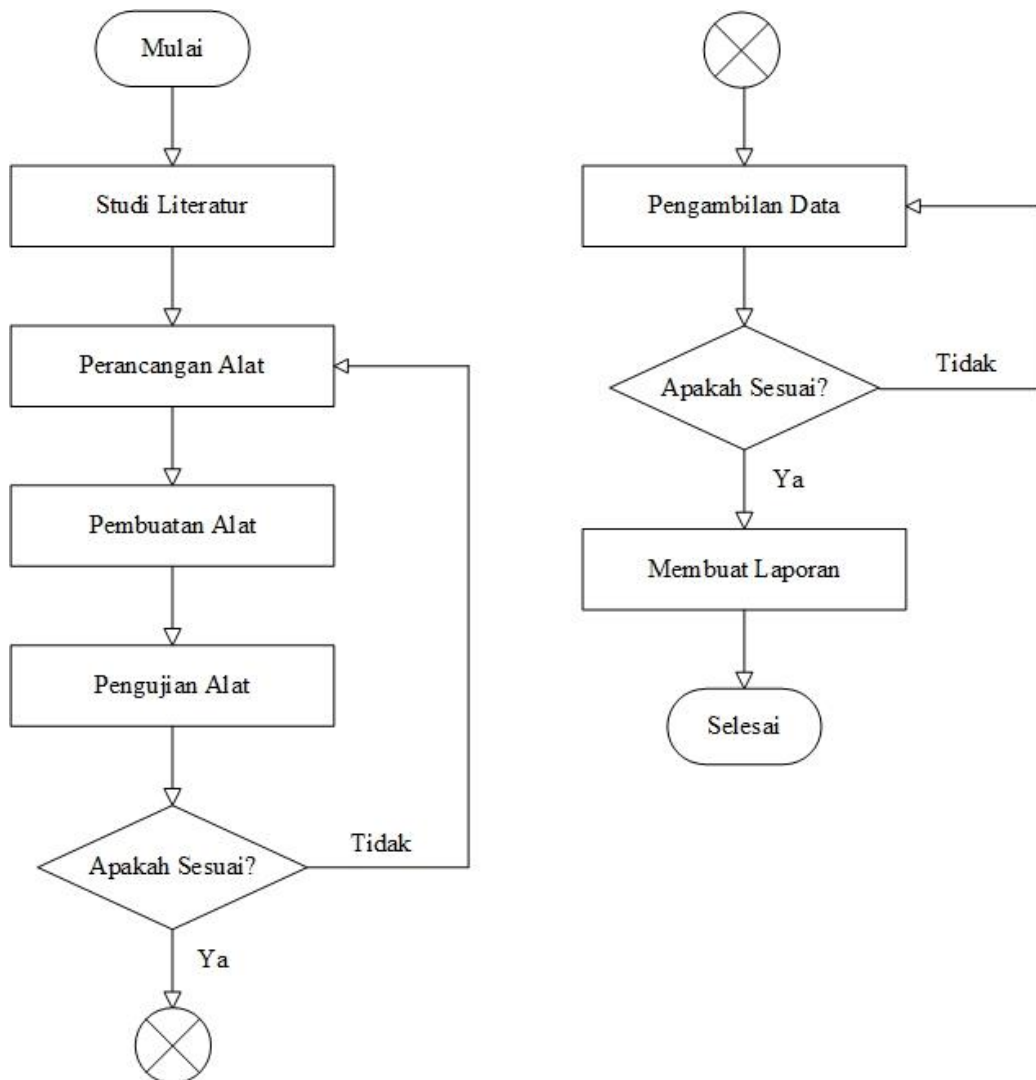
Hasil penelitian yang dilakukan oleh Anam K., dan A. Fathoni Rodli [35]. Mendeteksi ketinggian air menggunakan pompa bergerak motor BLDC berbasis mikrokontroler. Prinsip kerjanya yaitu untuk sistem kendali *on* dan *off* pompa air. Saat penampungan air kosong relay akan menyalakan pompa air dan saat penampungan air penuh relay akan mematikan pompa air. Pengisian air ke dalam wadah penampung juga diatur berdasarkan level air yang diinginkan menyesuaikan kebutuhan. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi ketinggian air adalah sensor ultrasonik HCSR 04. Untuk mengendalikan pompa supaya bekerja otomatis, penggunaan relay dijadikan sebagai alat untuk mengendalikan pompa. Hasil aktual *water level* yang terbaca akan ditampilkan pada LCD. *Monitoring* ini mendapat presentase eror 0,9 %.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Monda, H. T. dan P. Santi Rudati [36]. Melakukan sistem *monitoring* daya pada baterai Tujuan penelitian ini untuk mengetahui jumlah daya yang ada pada baterai secara *real time*. Pada penelitian ini sensor INA 219 digunakan untuk mendeteksi daya listrik pada baterai. Pembacaan data oleh sensor INA219 mendapat nilai kesalahan 4.42%

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Alur Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini dari proses perancangan sampai proses pembuatan laporan diperlukan beberapa tahapan proses dalam pelaksanaannya. Hal ini diperlukan agar proses kegiatan dalam perancangan hingga pengujian sistem tersebut berjalan dengan sesuai target yang diharapkan. Pada Gambar 3.1 merupakan bentuk flowchart dalam proses tahapan pelaksanaan untuk penelitian ini.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.2. Komponen Penelitian

Berikut ini komponen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Modul surya *monocrystalline* 150 WP

Tabel 3.1 Modul Surya *Monocrystalline* 150 WP

Parameter	Keterangan
Max. Power	150 WP
Tegangan Maksimal (Vmp)	18,1 V
Arus Maksimal (Imp)	8,29 A
Tegangan <i>Open circuit</i> (Voc)	21,6 V
Arus <i>Short circuit</i> (Isc)	8,91 A
Daya Toleransi (Pmax)	0 ~ ± 3 %
Dimensi Modul (mm)	1040 × 770 × 35
Berat (kg)	8,8 Kg
Max. Series Fuse Rating	20 A

2. Sensor ultrasonik HCSR04

Tabel 3.2 Spesifikasi Sensor Ultrasonik HCSR 04

Parameter	Keterangan
Tegangan	5 Volt
Arus	15 mA
Frekuensi	40 kHz
Jarak Maksimal	400 Cm
Jarak Minimal	2 Cm
Sudut Pengukuran	15°
Dimensi (mm)	45 × 20 × 15

3. Sensor PZEM017

Tabel 3.3 Sensor PZEM 017

Parameter	Keterangan
Tegangan Kerja	0,05-300 VDC
Nilai Daya	0,2-90 kW
Rentan Pengukuran	0,02-300 A
Dimensi (mm)	90 × 60

4. Relay

Tabel 3.5 Relay

Parameter	Keterangan
Tegangan <i>Input</i>	12 VDC
Nilai Daya	0,2-90 kW
Tegangan <i>Output</i> Maksimal	30 VDC
Arus <i>Output</i> Maksimal	10 A
Dimensi (mm)	76 × 56

5. Solar charge controller (SCC)

Tabel 3.6 SCC (*Solar Charge Controller*)

Parameter	Keterangan
Model	SCC PWM
<i>Rated voltage</i>	12V/24V
<i>Rated current</i>	10A
Dimensi (mm)	133 × 70 × 33
Weight (gr)	160

6. Mikrokontroler ESP32

Tabel 3.7 Mikrokontroler ESP32

Parameter	Keterangan
Microcontroller	ESP 32 Devkit V1
<i>Operating Voltage</i>	5v
Jumlah Pin	30
WiFi	150.0 Mbps
ROM	448 Kb
SRAM	520 Kb
Bluetooth	BLE (Bluetooth Low Energy)
Dimensi (mm)	54,95 × 27,97

7. Baterai

Tabel 3.8 Baterai

Parameter	Keterangan
Type	Yuasa VRLA
<i>Amper Hour</i>	7 Ah
Volts	12 V

8. Pompa Air DC

Tabel 3.9 Pompa Air DC

Parameter	Keterangan
Type	Pompa Air Celup R10
Tegangan	12 VDC
Daya	22 W

9. Solenoid Valve

Tabel 3.10 Solenoid Valve

Parameter	Keterangan
Type	Solenoid Valve
Tegangan	12 VDC
Ukuran Valve	1/2 inch

10. Sensor RTC DS3231

Tabel 3.11 Sensor RTC DS3231

Parameter	Keterangan
<i>Operating Voltage</i>	2,3-5,5 Volt
<i>Battery Backup</i>	500 nA
Dimensi (mm)	38 × 22 × 14
<i>Maximum Voltage</i>	0,3 Volt
<i>Operating Temperature</i>	-45°C-80°C

11. Modul Micro SD

Tabel 3.12 Modul Micro SD

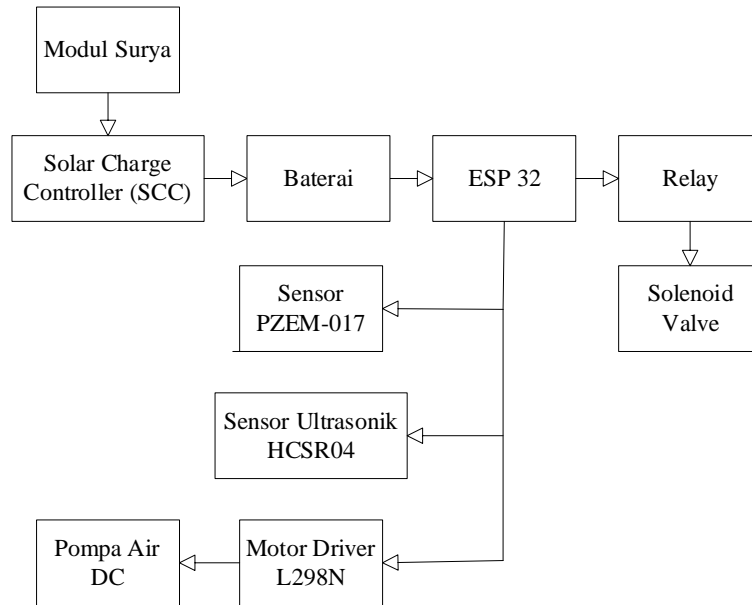
Parameter	Keterangan
Tegangan	5 VDC
Dimensi (mm)	11 × 15

3.3. Perancangan Alat

Perancangan alat terdapat diagram blok *input* dan *ouput* daya listrik, diagram blok *input* dan *output* data, gambar rancangan alat, rangkaian skematik alat dan diagram alur cara kerja alat. Berikut perancangan alat pada penelitian ini.

3.3.1. Diagram Blok *Input* dan *Output* Daya Listrik

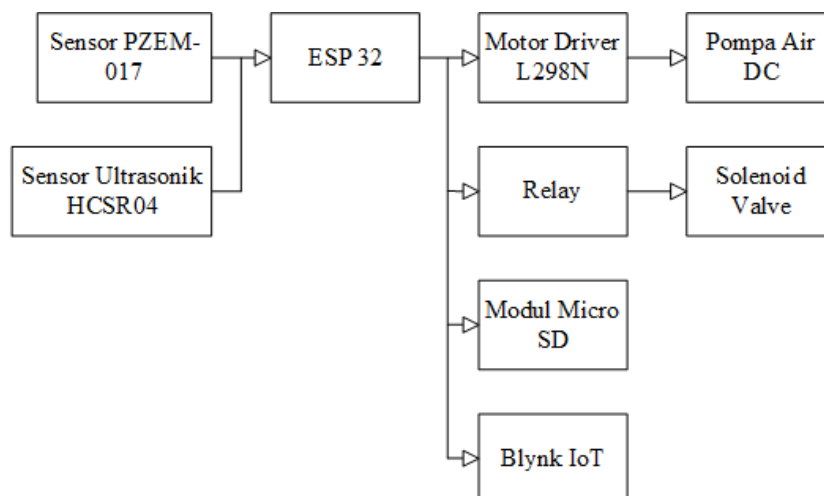
Setelah membuat diagram alur penelitian dan mengetahui komponen alat yang digunakan, selanjutnya akan dibuat diagram blok *input* dan *output* daya listrik dari penelitian ini. Berikut Gambar 3.2 diagram blok *input* dan *output* daya listrik.



Gambar 3.2 Diagram Blok *Input* dan *Output* Daya Listrik

3.3.2. Diagram Blok *Input* dan *Output* Data

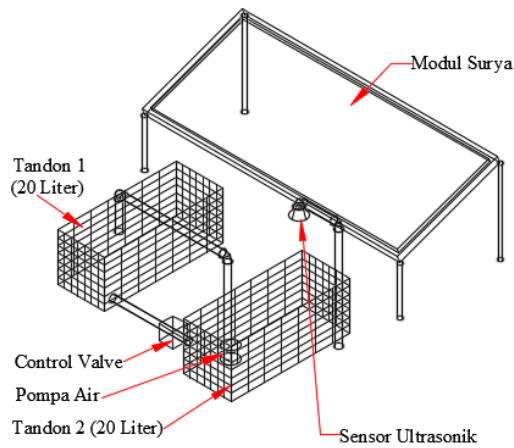
Setelah membuat diagram blok *input* dan *output* daya untuk mengetahui alur proses data penelitian ini, selanjutnya akan dibuat diagram blok *input* dan *output* data. Berikut Gambar 3.3 Diagram blok *input* dan *output* data.



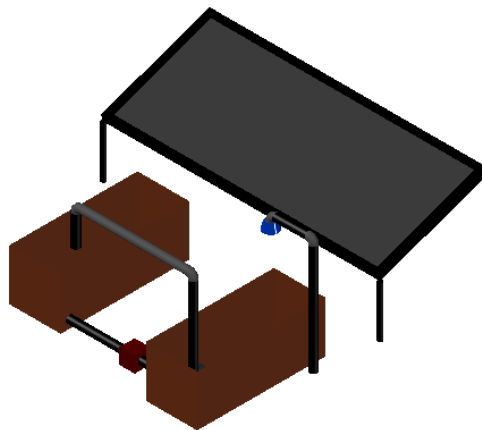
Gambar 3.3 Diagram Blok *Input* dan *Output* Data

3.3.3. Rancangan Alat

Setelah mengetahui rancangan melalui diagram blok alat, selanjutnya membuat rancangan mekanik alat. Berikut ini Gambar 3.4 dan Gambar 3.5 rancangan mekanik dari alat yang akan dibuat.



Gambar 3.4 Rancangan Tampak Dalam Alat

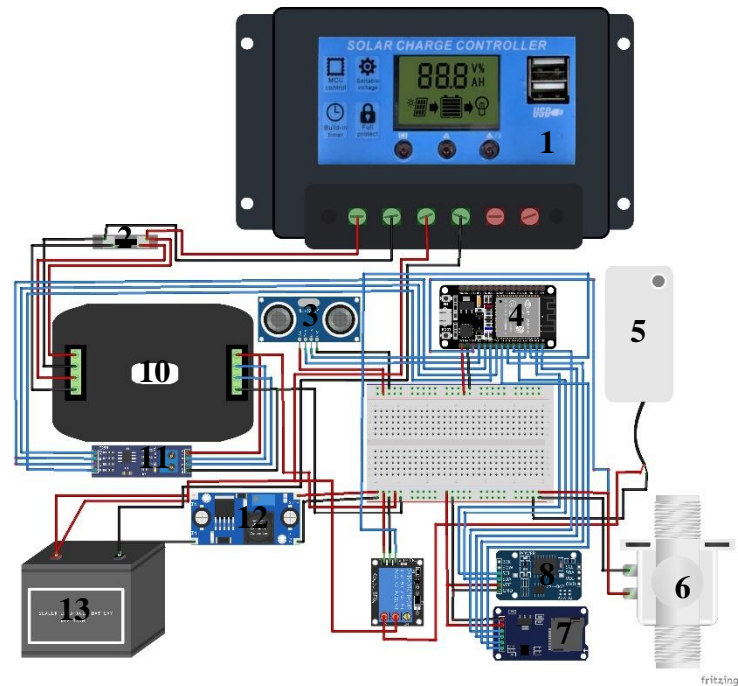


Gambar 3.5 Rancangan Tampak Luar Alat

Gambar 3.4 merupakan rancangan mekanik tampak dalam dari alat. Gambar 3.5 merupakan rancangan tampak luar dari alat.

3.3.4. Rancangan Skematik Alat

Setelah membuat rancangan mekanik, selanjutnya membuat rancangan skematik alat. Berikut ini Gambar 3.6 rancangan skematik alat.



Gambar 3.6 Rangkaian Skematik Alat

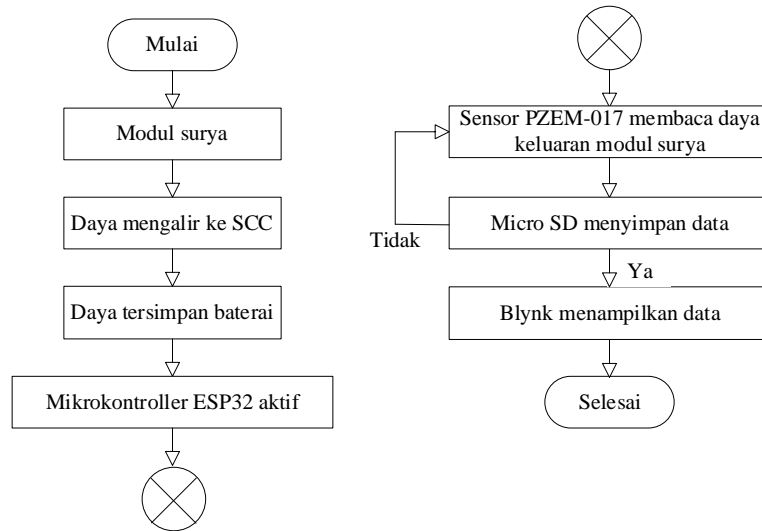
Gambar 3.6 merupakan rangkaian skematik alat dari penelitian ini. Berikut ini nama komponen dan penjelasan sambungan koneksi komponen.

a. Nama Komponen

1. *Solar charge controller* (SCC) PWM
2. *External Shunt* 50 A
3. Sensor ultrasonik HCSR 04
4. Mikrokontroler ESP32
5. Pompa Air DC 12 V
6. Solenoid Valve
7. Modul MicroSD
8. RTC DS3231
9. Relay
10. Sensor PZEM 017
11. Converter RS485
12. Motor Driver L298N
13. Baterai DC 12 V

3.3.5. Diagram Alur Cara Kerja Alat

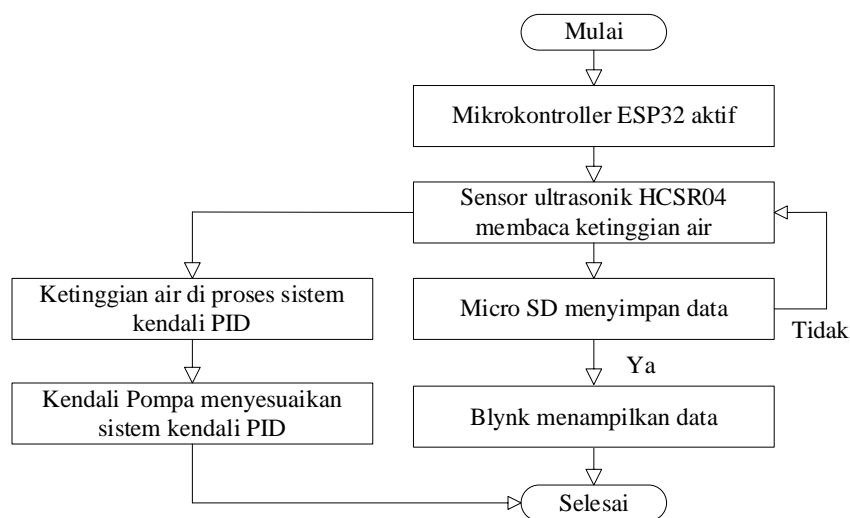
Berikut ini Gambar 3.7 merupakan diagram alur cara kerja alat parameter daya listrik.



Gambar 3.7 Diagram Alur Parameter Daya Keluaran Modul Surya

Gambar 3.7 merupakan diagram alur parameter daya listrik. Daya keluaran modul surya, dihubungkan dengan sensor PZEM017 untuk mengetahui jumlah daya keluarannya. Daya keluaran modul surya dapat dipantau menggunakan aplikasi *blynk* untuk mengetahui jumlah daya keluaran modul surya.

Parameter selanjutnya yaitu ketinggian air. Berikut ini Gambar 3.8 diagram alur parameter ketinggian air.

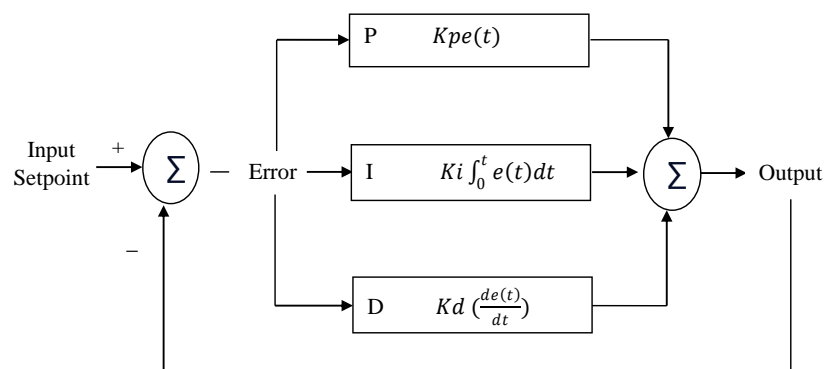


Gambar 3.8 Diagram Alur Parameter Ketinggian Air

Gambar 3.8 merupakan diagram alur parameter ketinggian air. Saat mikrokontroler ESP32 sudah aktif, maka ketinggian air akan dideteksi oleh sensor ultrasonik HCSR04. Disaat yang bersamaan blynk terhubung dengan WiFi dari ESP32. Saat sensor ultrasonik HCSR04 sudah mendeteksi ketinggian air, pengisian air akan di kendalikan menggunakan metode PID dan ketinggian air akan ditampilkan aplikasi blynk.

3.4. Sistem Kendali PID

Selanjutnya ada cara kerja dari sistem kendai PID. Berikut ini Gambar 3.9 diagram alur sistem kendali PID.



Gambar 3.9 Diagram Alur Sistem Kendali PID

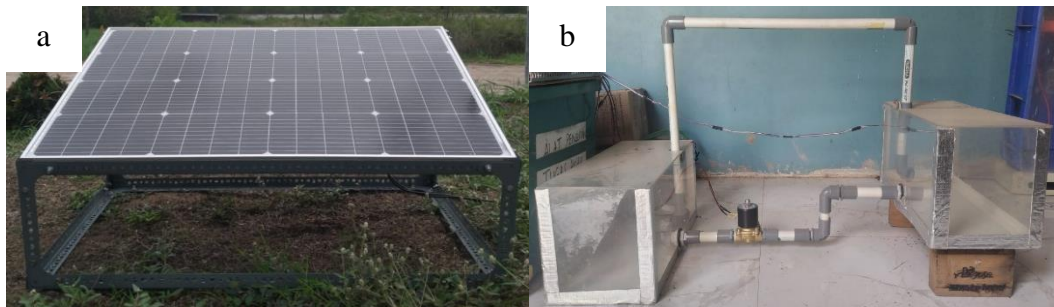
Gambar 3.9 merupakan sistem kendali PID. Cara kerja sistem ini, set poin diatur 6 cm, 8 cm dan 10 cm. Saat input sensor ultrasonik HCSR04 mendeteksi ketinggian air, pengisian air akan dikendalikan menggunakan metode PID. Metode PID menghasilkan keluaran yang akan mengendalikan pompa. Saat air tandon 1 disedot pompa untuk mengisi air ke tandon 2, maka pompa akan mengalirkan air sesuai sistem kendali PID untuk mengisi air dari tandon 1 ke tandon 2. Sehingga ketinggian air tandon 2 akan tetap berada di nilai *set point* yang sudah ditentukan sebelumnya, meskipun air di tandon 2 sirkulasi terus-menerus.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Rancangan Alat

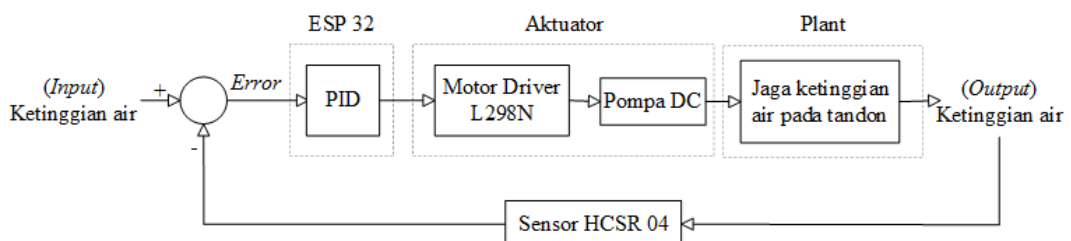
Penelitian ini membahas tentang pemanfaatan sistem PLTS *off grid* untuk pengisian air pada tandon secara otomatis berbasis IoT. Gambar 4.1 merupakan hasil perancangan alat modul surya 150 WP dan tandon air 20 liter.



Gambar 4.1 (a) Modul Surya 150 WP (b) Tandon Air 20 Liter

Gambar 4.1 perancangan alat merupakan modul surya 150 WP dan tandon 20 liter untuk sistem pengisian air otomatis. Modul surya 150 WP ini akan diamati tegangan, arus, daya dan efisiensi nya. Pengamatan tegangan, arus dan daya modul surya 150 WP dihubungkan ke sensor PZEM 017 dan hasil keluaran nya akan dipantau menggunakan aplikasi blynk. Untuk efisiensi modul surya 150 WP akan dihitung menggunakan persamaan 2.5.

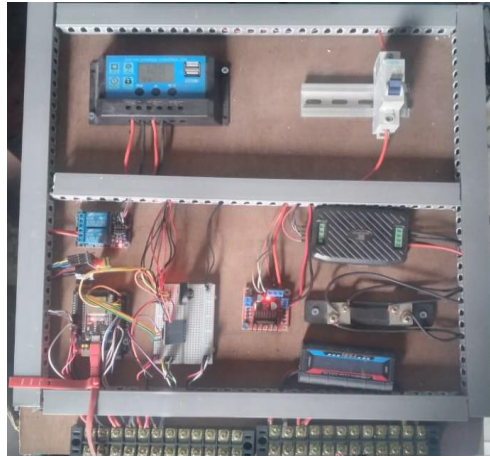
Keluaran modul surya 150 WP akan dimanfaatkan untuk proses pengisian air otomatis pada tandon 20 liter. Berikut ini Gambar 4.2 sistem pengisian air otomatis.



Gambar 4.2 Sistem Pengisian Air Otomatis

Gambar 4.2 merupakan sistem pengisian air otomatis, ketinggian air pada tandon akan dijaga sesuai dengan nilai *set point* yang ditentukan menggunakan sistem kendali PID. Pada penelitian ini nilai *set point* yang ditentukan yaitu 6 cm, 8 cm dan 10 cm. Ketinggian air dapat dipantau menggunakan aplikasi blynk.

Rancangan alat yang selanjutnya adalah rancangan skematik alat. Gambar 4.3 merupakan hasil rancangan skematik alat.



Gambar 4.3 Hasil Rancangan Skematik Alat

Gambar 4.3 merupakan hasil rancangan skematik alat. Rancangan alat ini merupakan tempat peletakkan komponen seperti sensor-sensor, mikrokontroler ESP 32, SCC PWM, dan MCB DC.

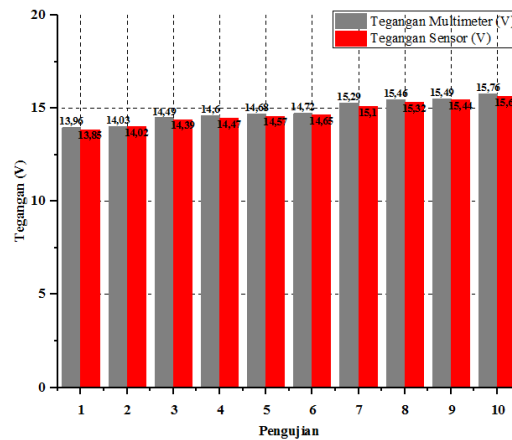
4.2. Pengujian Alat

Pengujian alat merupakan proses pengujian komponen alat yang akan digunakan. Sebelum proses pengambilan data, komponen alat harus diuji terlebih dahulu supaya dapat diketahui bahwa komponen alat yang akan digunakan akurat dan layak digunakan untuk proses pengambilan data. Berikut ini ada beberapa proses pengujian alat pada penelitian ini.

4.2.1. Pengujian Sensor PZEM 017

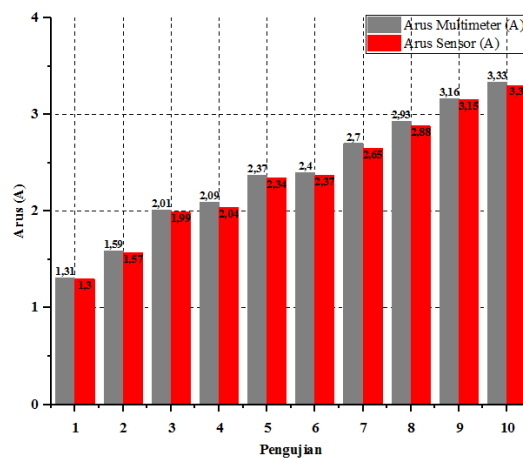
Pengujian sensor PZEM 017 dilakukan untuk mengetahui akurasi sensor sebelum dipakai untuk proses pengambilan data. Sensor PZEM 017 dapat digunakan untuk mengukur nilai tegangan, arus, daya dan energi. Pada pengujian sensor PZEM 017 kali ini, variabel yang diuji yaitu tegangan dan arus. Pengujian

yang pertama dilakukan untuk pengujian tegangan. Berikut Gambar 4.4 grafik pengujian sensor PZEM 017 (tegangan).



Gambar 4.4 Pengujian Sensor PZEM 017 (Tegangan)

Gambar 4.4 merupakan grafik pengujian sensor PZEM 017 (tegangan). Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai tegangan yang terukur oleh sensor PZEM 017 dan nilai tegangan yang terukur oleh clamp meter. Sumber tegangan pada pengujian ini bersumber dari *power supply*. Pada pengujian ini dilakukan sebanyak 10 percobaan pengujian. Setiap pengujian nilai masukan tegangan dari *power supply* berbeda-beda. Hasil pengujian ini memiliki nilai kesalahan sebesar 0,70%. Hasil pengujian sensor PZEM 017 dalam mengukur tegangan masih memiliki nilai yang akurat karena selisih nilai kesalahan yang didapat masih dalam nilai toleransi. Pengujian selanjutnya yaitu pengujian sensor PZEM 017 untuk mengukur arus. Berikut Gambar 4.5 grafik pengujian sensor PZEM 017 (arus).

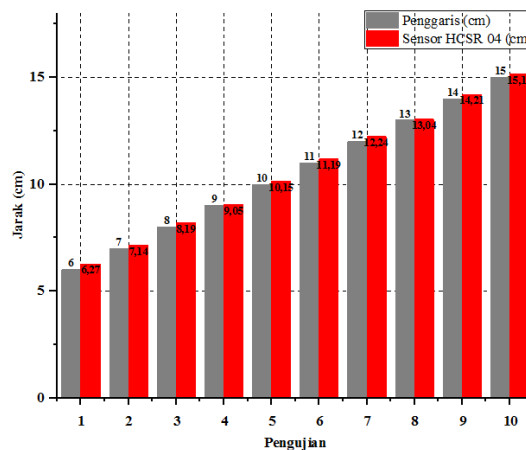


Gambar 4.5 Pengujian Sensor PZEM 017 (Arus)

Gambar 4.5 merupakan grafik pengujian sensor PZEM 017 (arus). Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai arus yang terukur yang terukur oleh sensor PZEM 017 dan nilai arus yang terukur oleh clamp meter. Arus yang diukur adalah arus yang mengalir pada beban motor listrik. Pada pengujian ini dilakukan sebanyak 10 percobaan pengujian. Setiap pengujian nilai masukan tegangan dari *power supply* berbeda-beda sehingga arus yang mengalir pada motor listrik juga berbeda-beda. Hasil pengujian ini memiliki nilai kesalahan sebesar 1,25%. Hasil pengujian sensor PZEM 017 dalam mengukur arus masih memiliki nilai yang akurat karena selisih nilai kesalahan yang didapat masih dalam nilai toleransi. Dari hasil pengujian ini sensor PZEM 017 layak digunakan untuk mengukur nilai arus yang dihasilkan modul surya 150 WP.

4.2.2. Pengujian Sensor HCSR 04

Pengujian sensor HCSR 04 dilakukan untuk mengetahui akurasi sensor sebelum dipakai untuk proses pengambilan data. Sensor HCSR 04 digunakan mengukur ketinggian air pada tandon 20 liter. Berikut Gambar 4.6 grafik pengujian sensor HCSR 04.



Gambar 4.6 Pengujian Sensor HCSR 04

Gambar 4.6 merupakan grafik pengujian sensor HCSR 04. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai jarak yang terukur oleh sensor HCSR 04 dengan nilai jarak yang terukur dengan penggaris. Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 percobaan pengujian. Setiap percobaan jarak yang diukur berbeda-beda. Hasil pengujian ini memiliki nilai kesalahan sebesar 1,75%. Hasil pengujian sensor

HCSR 04 dalam mengukur jarak masih memiliki nilai yang akurat karena selisih nilai kesalahan yang didapat masih dalam nilai toleransi. Dari hasil pengujian ini sensor HCSR 04 layak digunakan untuk mengukur ketinggian air pada tandon 20 liter.

4.2.3. Pengujian Sensor RTC DS3231

Pengujian sensor RTC DS3231 dilakukan untuk mengetahui akurasi waktu yang dihasilkan sensor RTC DS3231 dengan zona Waktu Indonesia Barat (WIB). Berikut Gambar 4.7 pengujian sensor RTC DS3231.



```

Output Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'DOIT ESP32 DEVKIT V1' on 'COM46')

16:37:11.978 -> Tanggal : 27/11/2023
16:37:12.016 -> Jam : 16:37:11
16:37:13.075 -> Hari : Senin
16:37:13.075 -> Tanggal : 27/11/2023
16:37:13.075 -> Jam : 16:37:12
16:37:13.954 -> Hari : Senin
16:37:13.986 -> Tanggal : 27/11/2023
16:37:14.018 -> Jam : 16:37:13
16:37:14.975 -> Hari : Senin
16:37:14.975 -> Tanggal : 27/11/2023
16:37:15.008 -> Jam : 16:37:14
16:37:15.962 -> Hari : Senin
16:37:15.989 -> Tanggal : 27/11/2023
16:37:16.021 -> Jam : 16:37:15
16:37:16.974 -> Hari : Senin
16:37:16.974 -> Tanggal : 27/11/2023
16:37:17.006 -> Jam : 16:37:16

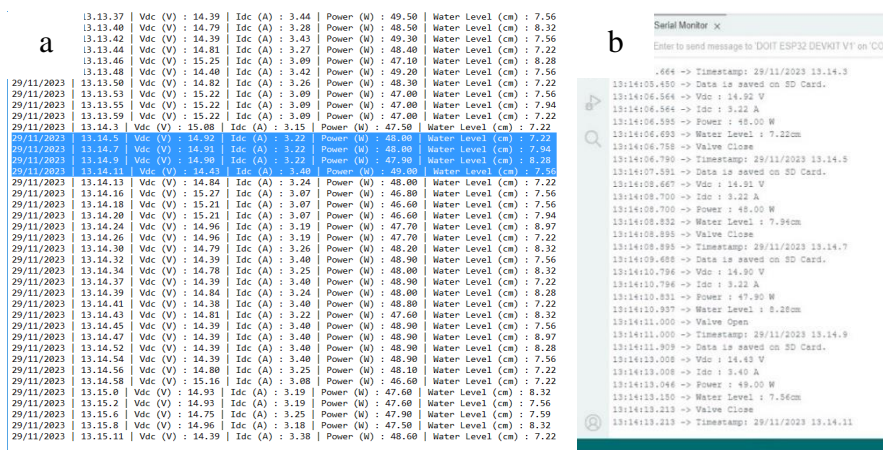
```

Gambar 4.7 Pengujian Sensor RTC DS3231

Gambar 4.7 merupakan pengujian sensor RTC DS3231. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan waktu yang dihasilkan sensor RTC DS3231 dengan waktu toggle timestamp pada aplikasi arduino ide yang sudah disesuaikan dengan zona Waktu Indonesia Barat (WIB). Hasil pengujian ini memiliki selisih waktu 1 detik. Hasil pengujian sensor RTC DS3231 memiliki nilai akurat karena selisih waktu yang didapat masih dalam nilai toleransi.

4.2.4. Pengujian Modul Micro SD

Pengujian modul micro sd dilakukan untuk memastikan bahwa data yang tersimpan sesuai dengan yang diinginkan. Berikut gambar 4.8 pengujian modul micro sd.

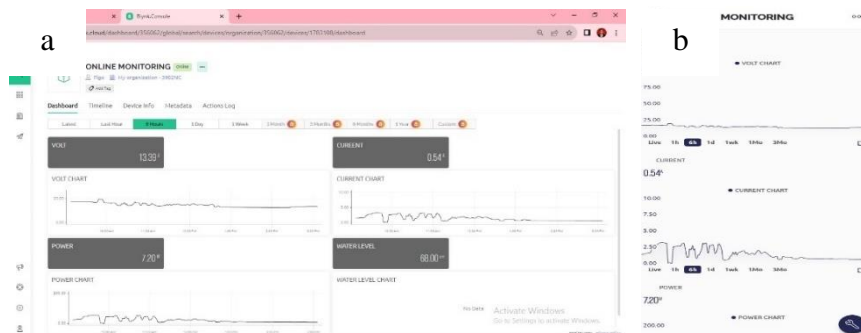


Gambar 4.8 Pengujian Modul Micro SD (a) Hasil Penyimpanan Data (b) Tampilan Serial Monitor

Gambar 4.8 merupakan pengujian sensor modul micro sd. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan data yang tersimpan sensor modul micro sd dan data yang ditampilkan serial monitor pada waktu yang sama. Dapat dilihat data yang tersimpan sensor modul micro sd dan data yang ditampilkan serial monitor tidak ada perbedaan. Format data yang tersimpan sensor micro sd yaitu format txt.

4.2.5. Pengujian Server Blynk

Pengujian server blynk dilakukan untuk mengetahui data yang ditampilkan aplikasi blynk sudah tampil sesuai dan dapat bekerja secara *real time*. Sistem pemantauan menggunakan aplikasi blynk dapat diakses menggunakan website blynk dan aplikasi blynk yang dapat digunakan di *smartphone*. Berikut Gambar 4.9 pengujian aplikasi blynk.

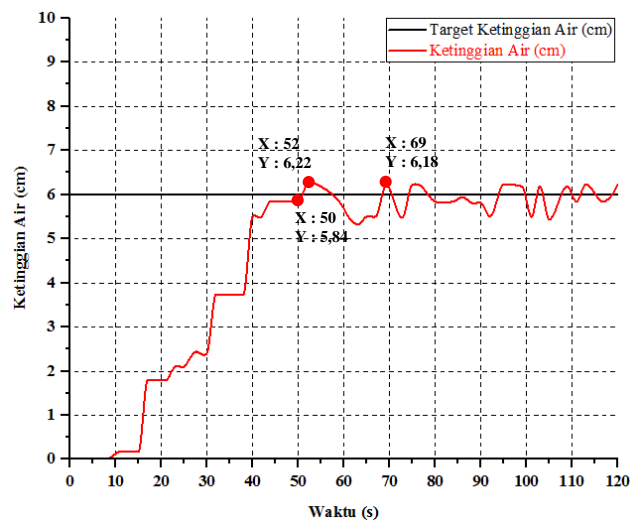


Gambar 4.9 Pengujian Blynk (a) Tampilan Website (b) Tampilan Aplikasi

Gambar 4.9 merupakan pengujian aplikasi blynk. *Website* blynk dan aplikasi blynk sudah dapat menampilkan data yang dikirimkan mikrokontroler ESP 32 dengan baik. Data yang ditampilkan website blynk dan aplikasi blynk pada *smartphone* sudah sesuai.

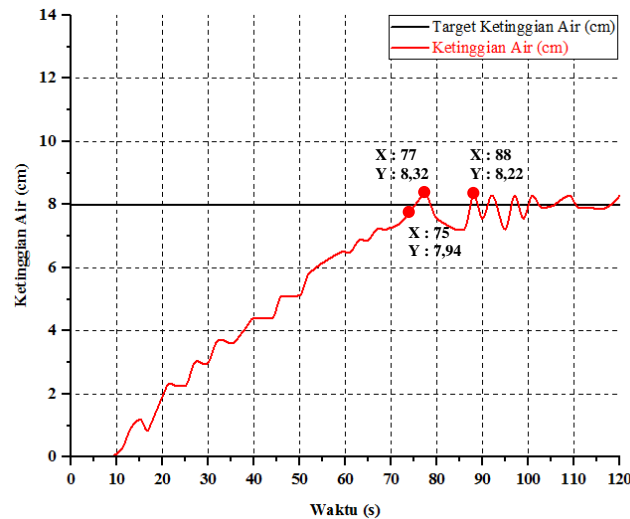
4.2.6. Pengujian Sistem Kendali PID

Penentuan nilai K_p , K_i dan K_d dilakukan dengan cara *trial and error* sampai menemukan nilai yang sesuai dengan sistem kendali PID yang dapat digunakan untuk menjaga ketinggian air 6 cm. Berikut Gambar 4.10 pengujian sistem kendali PID ketinggian air 6 cm.



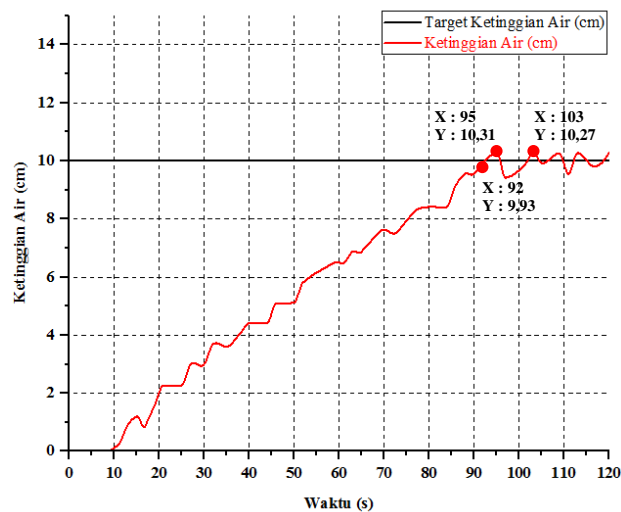
Gambar 4.10 Pengujian Sistem Kendali PID Ketinggian Air 6 cm

Gambar 4.10 merupakan grafik pengujian sistem kendali PID ketinggian air 6 cm. Pada pengujian ini nilai K_p sebesar 305, nilai K_i sebesar 0,0001 dan nilai K_d sebesar 170. *Rise time* (waktu pengisian) yang didapat pada pengujian ini yaitu 49 detik. *Settling time* (waktu respon mencapai titik stabil) yang didapat pada pengujian ini yaitu 68 detik. *Error steady state* (nilai kesalahan) yang didapat pada pengujian ini yaitu 0,18 cm, jika dipresentase nilai kesalahannya yaitu 3 %. *Over shoot* (selisih nilai lonjakan dengan nilai *set point*) yang didapat pada pengujian ini yaitu 0,64 %. Pengujian selanjutnya dilakukan pengujian sistem kendali PID ketinggian air 8 cm. Berikut Gambar 4.11 pengujian sistem kendali PID ketinggian air 8 cm.



Gambar 4.11 Pengujian Sistem Kendali PID Ketinggian Air 8 cm

Gambar 4.11 merupakan grafik pengujian sistem kendali PID ketinggian air 8 cm. Pada pengujian ini nilai K_p sebesar 305, nilai K_i sebesar 0,0001 dan nilai K_d sebesar 170. *Rise time* (waktu pengisian) yang didapat pada pengujian ini yaitu 74 detik. *Settling time* (waktu respon mencapai titik stabil) yang didapat pada pengujian ini yaitu 87 detik. *Error steady state* (nilai kesalahan) yang didapat pada pengujian ini yaitu 0,28 cm, jika dipresentase nilai kesalahannya yaitu 3,5 %. *Over shoot* (selisih nilai lonjakan dengan nilai *set point*) yang didapat pada pengujian ini yaitu 0,48 %. Pengujian selanjutnya dilakukan pengujian sistem kendali PID ketinggian air 8 cm. Berikut Gambar 4.12 pengujian sistem kendali PID ketinggian air 10 cm.

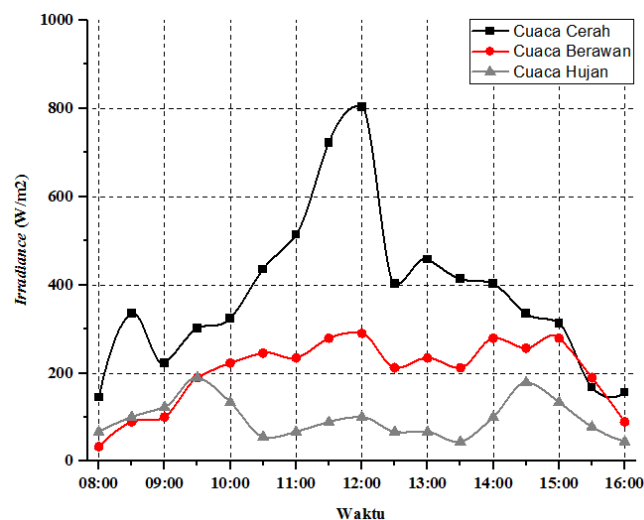


Gambar 4.12 Pengujian Sistem Kendali PID Ketinggian Air 10 cm

Gambar 4.12 merupakan grafik pengujian sistem kendali PID ketinggian air 8 cm. Pada pengujian ini nilai K_p sebesar 305, nilai K_i sebesar 0,0001 dan nilai K_d sebesar 170. *Rise time* (waktu pengisian) yang didapat pada pengujian ini yaitu 91 detik. *Settling time* (waktu respon mencapai titik stabil) yang didapat pada pengujian ini yaitu 102 detik. *Error steady state* (nilai kesalahan) yang didapat pada pengujian ini yaitu 0,27 cm, jika dipresentase nilai kesalahannya yaitu 2,7 %. *Over shoot* (selisih nilai lonjakan dengan nilai *set point*) yang didapat pada pengujian ini yaitu 0,38 %. Dari ketiga hasil pengujian dengan tiga ketinggian yang berbeda, nilai yang didapat masih masuk dalam nilai toleransi. Untuk rincian perhitungan pada pengujian ini dapat dilihat pada (lampiran C-1).

4.3. Pengujian Keluaran Modul Surya 150 WP

Penelitian ini menggunakan modul surya 150 WP jenis *monocrystalline*. Pengujian keluaran modul surya dilakukan dengan tiga kondisi cuaca yang berbeda diantaranya cuaca cerah, cuaca berawan dan cuaca hujan. Setiap cuaca dilakukan tiga hari pengambilan data. Proses pengambilan data keluaran modul surya dilakukan setiap 30 menit dari pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00. Selama proses pengujian, data akan tersimpan pada modul micro sd. Data juga dapat dipantau secara *real time* melalui *website* blynk dan aplikasi blynk. Modul surya dapat menghasilkan keluaran listrik dengan cara menerima radiasi matahari. Berikut gambar 4.13 data radiasi matahari pengujian hari pertama.



Gambar 4.13 Radiasi Matahari Hari Pertama

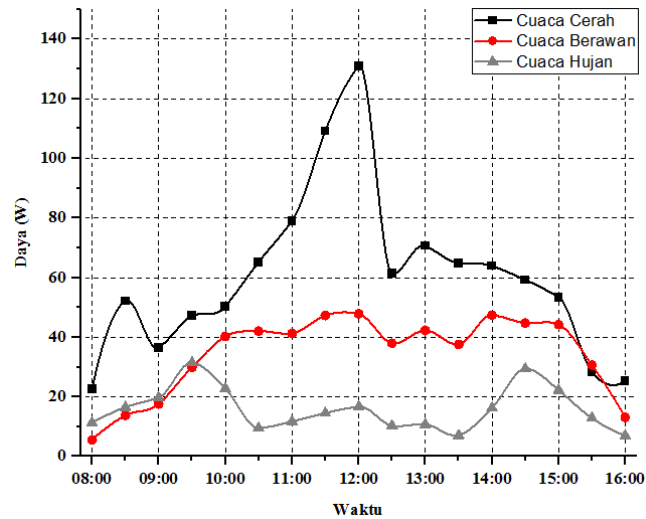
Gambar 4.13 merupakan data radiasi matahari yang didapat dari sensor pyranometer. Pada pengujian hari pertama. Pengujian dilakukan dengan tiga kondisi cuaca berbeda diantaranya cuaca cerah, cuaca berawan dan cuaca hujan. Pengujian dilakukan di hari yang berbeda, untuk rincian data radiasi matahari dapat dilihat di (lampiran A-2 dan A-3).

Grafik berwarna hitam merupakan grafik cuaca cerah. Pada dasarnya peluang terbesar nilai radiasi matahari berada pada puncaknya itu terjadi pada siang hari saat posisi matahari berada tepat diatas modul surya sekitar pukul 11.00 sampai dengan pukul 13.00 jika cuaca dari pagi sampai sore tidak berubah-ubah. Pada pengujian cuaca cerah hari pertama, kondisi cuaca cerah berlangsung dari pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00. Oleh karena itu data radiasi matahari paling tinggi ada pada siang hari pukul 12.00 dengan nilai radiasi matahari sebesar $803,11 \text{ W/m}^2$. Pada waktu pagi hari dan sore hari nilai radiasi matahari tidak sebesar siang hari dikarenakan radiasi matahari pada waktu tersebut belum berada pada puncaknya.

Grafik berwarna merah merupakan grafik cuaca berawan. Pada pengujian cuaca berawan hari pertama, kondisi cuaca berawan berlangsung dari pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00. Oleh karena itu data radiasi matahari paling tinggi ada pada pukul 12.00 dengan nilai radiasi matahari sebesar $290,18 \text{ W/m}^2$. Meskipun di siang hari nilai puncak radiasi matahari tidak sebesar nilai puncak radiasi matahari pada kondisi cuaca cerah dikarenakan pada siang hari nya cuaca berawan dan matahari tertutup oleh awan sehingga mempengaruhi nilai radiasi matahari yang diterima sensor pyranometer.

Grafik berwarna abu-abu merupakan grafik cuaca hujan. Pada pengujian cuaca hujan hari pertama, dari pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00 cuaca mengalami perubahan. Kondisi cuaca hujan berlangsung dari pukul 10.00 sampai dengan pukul 13.30. Oleh karena itu, data radiasi matahari paling tinggi tidak terjadi di siang hari melainkan ada pada pukul 09.30 dengan nilai radiasi matahari sebesar $189,73 \text{ W/m}^2$. Pada siang hari pukul 11.00 sampai dengan pukul 13.00 meskipun posisi matahari tepat berada di atas sensor pyranometer, kondisi cuaca pada waktu tersebut turun hujan dan matahari tertutup oleh awan gelap sehingga mempengaruhi nilai radiasi matahari yang diterima sensor pyranometer. Oleh karena itu, Nilai puncak radiasi matahari ada pada pukul 09.30.

Dari data radiasi matahari yang sudah didapat di tiga kondisi cuaca berbeda, selanjutnya Gambar 4.14 akan ditampilkan data daya keluaran modul surya hari pertama.



Gambar 4.14 Daya Keluaran Modul Surya Hari Pertama

Gambar 4.14 merupakan data daya keluaran yang dihasilkan modul surya. Pada pengujian hari pertama. Pengujian dilakukan dengan tiga kondisi cuaca berbeda diantaranya cuaca cerah, cuaca berawan dan cuaca hujan. Pengujian dilakukan di hari yang berbeda, untuk rincian data daya keluaran dapat dilihat di (lampiran A-2 dan A-3).

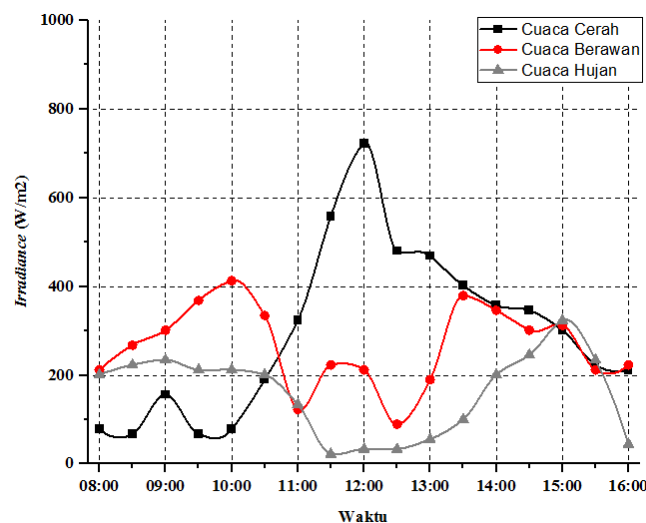
Grafik berwarna hitam merupakan grafik cuaca cerah. Dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14, saat kondisi cuaca cerah nilai daya keluaran modul surya selalu berbanding lurus dengan nilai radiasi matahari. Dikarenakan cuaca cerah berlangsung dari pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00, nilai daya keluaran modul surya paling tinggi ada pada pukul 12.00 dengan nilai daya keluaran sebesar 130,78 W. Modul surya mampu menghasilkan daya puncaknya pukul 12.00 sama dengan nilai puncak radiasi matahari yang ada pada pukul 12.00.

Grafik berwarna merah merupakan grafik cuaca berawan. Dapat dilihat pada Gambar 4.12 dan Gambar 4.13, saat kondisi cuaca berawan nilai daya keluaran modul surya selalu berbanding lurus dengan nilai radiasi matahari. Dikarenakan cuaca berawan berlangsung dari pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00, nilai daya keluaran modul surya paling tinggi ada pada pukul 12.00 dengan nilai daya keluaran

sebesar 47,85 W. Modul surya mampu menghasilkan daya puncaknya pukul 12.00 sama dengan nilai puncak radiasi matahari yang ada pada pukul 12.00.

Grafik berwarna abu-abu merupakan grafik cuaca hujan. Dapat dilihat pada Gambar 4.12 dan Gambar 4.13, saat kondisi cuaca hujan nilai daya keluaran modul surya selalu berbanding lurus dengan nilai radiasi matahari. Dikarenakan cuaca hujan berlangsung dari pukul 10.00 sampai dengan pukul 13.30, nilai daya keluaran modul surya paling tinggi tidak terjadi di siang hari melainkan ada pada pukul 09.30 dengan nilai daya keluaran sebesar 31,46 W. Modul surya mampu menghasilkan daya puncaknya pukul 09.30 sama dengan nilai puncak radiasi matahari yang ada pada pukul 09.30.

Pengujian selanjutnya dilakukan pada hari kedua. Berikut Gambar 4.15 radiasi matahari hari kedua.



Gambar 4.15 Radiasi Matahari Hari Kedua

Gambar 4.15 merupakan data radiasi matahari yang didapat dari sensor pyranometer. Pada pengujian hari kedua. Pengujian dilakukan dengan tiga kondisi cuaca berbeda diantaranya cuaca cerah, cuaca berawan dan cuaca hujan. Pengujian dilakukan di hari yang berbeda, untuk rincian data radiasi matahari dapat dilihat di (lampiran A-3 dan A-4).

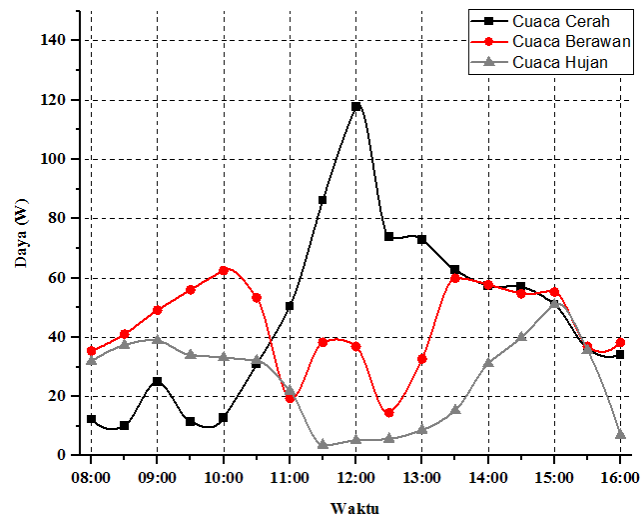
Grafik berwarna hitam merupakan grafik cuaca cuaca cerah. Pada dasarnya peluang terbesar nilai radiasi matahari berada pada puncaknya itu terjadi pada siang hari saat posisi matahari berada tepat diatas modul surya sekitar pukul 11.00 sampai

dengan pukul 13.00 jika cuaca dari pagi sampai sore tidak berubah-ubah. Pada pengujian cuaca cerah hari kedua, dari pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00 cuaca mengalami perubahan. Pada pagi hari pukul 08.00 sampai dengan pukul 10.30 kondisi cuaca berawan. Tetapi saat di siang hari pukul 11.00 sampai dengan pukul 13.00 kondisi cuaca berubah menjadi cerah. Oleh karena itu data radiasi matahari paling tinggi ada pada pukul 12.00 dengan nilai radiasi matahari sebesar $722,40 \text{ W/m}^2$. Pada waktu pagi hari dan sore hari nilai radiasi matahari tidak sebesar siang hari dikarenakan radiasi matahari pada waktu tersebut belum berada pada puncaknya.

Grafik berwarna merah merupakan grafik cuaca berawan. Pada pengujian cuaca berawan hari kedua, dari pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00 cuaca mengalami perubahan. Kondisi cuaca berawan berlangsung dari pukul 11.00 sampai dengan pukul 13.00. Oleh karena itu data radiasi matahari paling tinggi ada pada pukul 10.00 dengan nilai radiasi matahari sebesar $412,95 \text{ W/m}^2$. Pada siang hari pukul 11.00 sampai dengan pukul 13.00 meskipun posisi matahari tepat berada di atas sensor pyranometer, kondisi cuaca pada waktu tersebut berawan dan matahari tertutup oleh awan sehingga mempengaruhi nilai radiasi matahari yang diterima sensor pyranometer. Oleh karena itu, Nilai puncak radiasi matahari ada pada pukul 10.00.

Grafik berwarna abu-abu merupakan grafik cuaca hujan. Pada pengujian cuaca hujan hari kedua, dari pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00 cuaca mengalami perubahan. Kondisi cuaca hujan berlangsung dari pukul 10.30 sampai dengan pukul 14.00. Oleh karena itu, data radiasi matahari paling tinggi ada pada pukul 15.00 dengan nilai radiasi matahari sebesar $323,66 \text{ W/m}^2$. Pada siang hari pukul 11.00 sampai dengan pukul 13.00 meskipun posisi matahari tepat berada di atas sensor pyranometer, kondisi cuaca pada waktu tersebut turun hujan dan matahari tertutup oleh awan gelap sehingga mempengaruhi nilai radiasi matahari yang diterima sensor pyranometer. Oleh karena itu, Nilai puncak radiasi matahari ada pada pukul 15.00.

Dari data radiasi matahari yang sudah didapat di tiga kondisi cuaca berbeda, selanjutnya Gambar 4.16 akan ditampilkan data daya keluaran modul surya hari kedua.



Gambar 4.16 Daya Keluaran Hari Kedua

Gambar 4.16 merupakan data daya keluaran yang dihasilkan modul surya. Pada pengujian hari pertama. Pengujian dilakukan dengan tiga kondisi cuaca berbeda diantaranya cuaca cerah, cuaca berawan dan cuaca hujan. Pengujian dilakukan di hari yang berbeda, untuk rincian data daya keluaran dapat dilihat di (lampiran A-3 dan A-4).

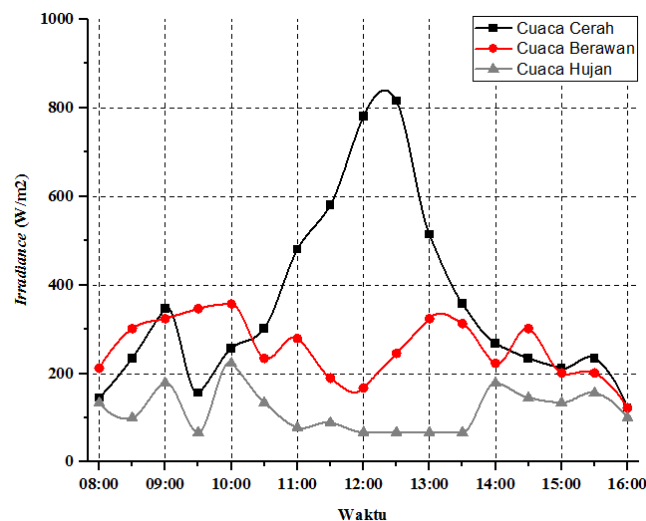
Grafik berwarna hitam merupakan grafik cuaca cerah. Dapat dilihat pada Gambar 4.15 dan Gambar 4.16, saat kondisi cuaca cerah nilai daya keluaran modul surya selalu berbanding lurus dengan nilai radiasi matahari. Daya keluaran modul surya paling tinggi ada pada pukul 12.00 dengan nilai daya keluaran sebesar 117,59 W. Meskipun pada pagi hari sempat terjadi cuaca berawan pada pukul 08.00 sampai dengan pukul 10.30, modul surya tetap mampu menghasilkan daya puncaknya pada pukul 12.00 sama dengan nilai puncak radiasi matahari yang ada pada pukul 12.00 dikarenakan pada pukul 11.00 sampai dengan 13.00 kondisi cuaca cerah.

Grafik berwarna merah merupakan grafik cuaca berawan. Dapat dilihat pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.15, saat kondisi cuaca berawan nilai daya keluaran modul surya selalu berbanding lurus dengan nilai radiasi matahari. Dikarenakan cuaca berawan berlangsung dari pukul 11.00 sampai dengan pukul 13.00, nilai daya keluaran modul surya paling tinggi tidak terjadi di siang hari melainkan ada pada pukul 10.00 dengan nilai daya keluaran sebesar 63,55 W. Modul surya mampu

menghasilkan daya puncaknya pukul 10.00 sama dengan nilai puncak radiasi matahari yang ada pada pukul 10.00.

Grafik berwarna abu-abu merupakan grafik cuaca hujan. Dapat dilihat pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.15, saat kondisi cuaca hujan nilai daya keluaran modul surya selalu berbading lurus dengan nilai radiasi matahari. Dikarenakan cuaca hujan berlangsung dari pukul 11.00 sampai dengan pukul 14.00, nilai daya keluaran modul surya paling tinggi ada pada pukul 15.00 dengan nilai daya keluaran sebesar 50,98 W. Modul surya mampu menghasilkan daya puncaknya pukul 15.00 sama dengan nilai puncak radiasi matahari yang ada pada pukul 15.00.

Pengujian selanjutnya dilakukan pada hari ketiga. Berikut Gambar 4.17 radiasi matahari hari ketiga.



Gambar 4.17 Radiasi Matahari Hari Ketiga

Gambar 4.17 merupakan data radiasi matahari yang didapat dari sensor pyranometer. Pada pengujian hari pertama. Pengujian dilakukan dengan tiga kondisi cuaca berbeda diantaranya cuaca cerah, cuaca berawan dan cuaca hujan. Pengujian dilakukan di hari yang berbeda, untuk rincian data radiasi matahari dapat dilihat di (lampiran A-4 dan A-5).

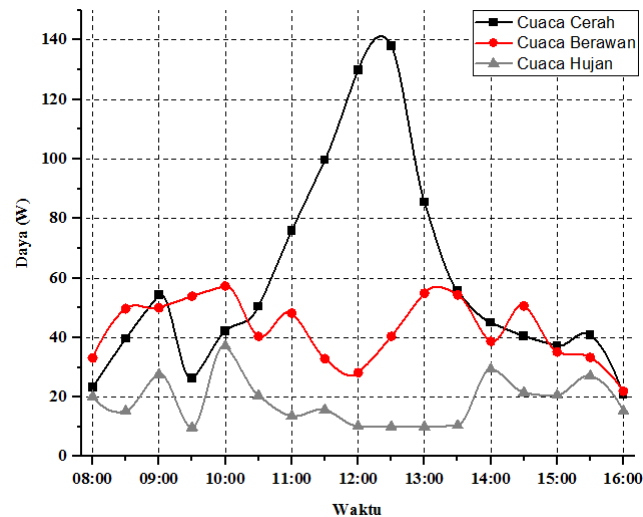
Grafik berwarna hitam merupakan cuaca cerah. Pada dasarnya peluang terbesar nilai radiasi matahari berada pada puncaknya itu terjadi pada siang hari saat posisi matahari berada tepat diatas modul surya sekitar pukul 11.00 sampai dengan pukul 13.00 jika cuaca dari pagi sampai sore tidak berubah-ubah. Pada pengujian

cuaca cerah hari kedua, dari pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00 cuaca mengalami perubahan. Pada pagi hari pukul 09.30 sampai dengan pukul 10.30 kondisi cuaca berawan. Tetapi saat di siang hari pukul 11.00 sampai dengan pukul 13.00 kondisi cuaca berubah menjadi cerah. Oleh karena itu data radiasi matahari paling tinggi ada pada pukul 12.30 dengan nilai radiasi matahari sebesar $814,71 \text{ W/m}^2$. Pada waktu pagi hari dan sore hari nilai radiasi matahari tidak sebesar siang hari dikarenakan radiasi matahari pada waktu tersebut belum berada pada puncaknya.

Grafik berwarna merah merupakan grafik cuaca berawan. Pada pengujian cuaca berawan hari kedua, dari pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00 cuaca mengalami perubahan. Kondisi cuaca berawan berlangsung dari pukul 10.30 sampai dengan pukul 13.00. Oleh karena itu data radiasi matahari paling tinggi ada pada pukul 10.00 dengan nilai radiasi matahari sebesar $357,14 \text{ W/m}^2$. Pada siang hari pukul 11.00 sampai dengan pukul 13.00 meskipun posisi matahari tepat berada di atas sensor pyranometer, kondisi cuaca pada waktu tersebut berawan dan matahari tertutup oleh awan sehingga mempengaruhi nilai radiasi matahari yang diterima sensor pyranometer. Oleh karena itu, Nilai puncak radiasi matahari ada pada pukul 10.00.

Grafik berwarna abu-abu merupakan grafik cuaca hujan. Pada pengujian cuaca hujan hari kedua, dari pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00 cuaca mengalami perubahan. Kondisi cuaca hujan berlangsung dari pukul 10.30 sampai dengan pukul 13.30. Oleh karena itu, nilai data radiasi matahari paling tinggi ada pada pukul 10.00 dengan nilai radiasi matahari sebesar $223,21 \text{ W/m}^2$. Pada siang hari pukul 11.00 sampai dengan pukul 13.00 meskipun posisi matahari tepat berada di atas sensor pyranometer, kondisi cuaca pada waktu tersebut turun hujan dan matahari tertutup oleh awan gelap sehingga mempengaruhi nilai radiasi matahari yang diterima sensor pyranometer. Oleh karena itu, Nilai puncak radiasi matahari ada pada pukul 10.00.

Dari data radiasi matahari yang sudah didapat di tiga kondisi cuaca berbeda, selanjutnya Gambar 4.18 akan ditampilkan data daya keluaran modul surya hari ketiga.



Gambar 4.18 Daya Keluaran Hari Ketiga

Gambar 4.18 merupakan data daya keluaran yang dihasilkan modul surya. Pada pengujian hari ketiga. Pengujian dilakukan dengan tiga kondisi cuaca berbeda diantaranya cuaca cerah, cuaca berawan dan cuaca hujan. Pengujian dilakukan di hari yang berbeda, untuk rincian data daya keluaran dapat dilihat di (lampiran A-4 dan A-5).

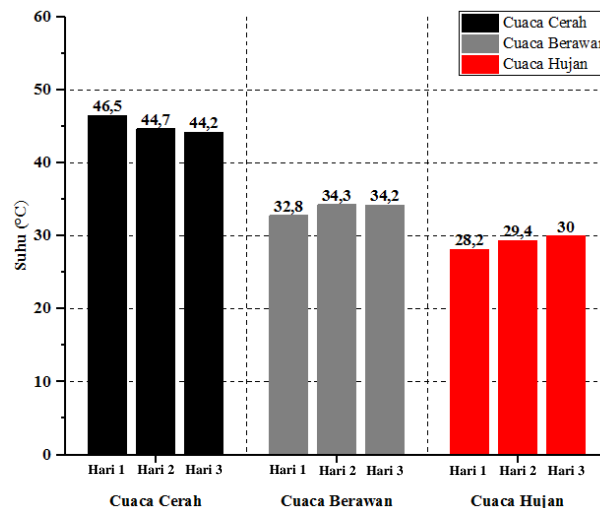
Grafik berwarna hitam merupakan grafik cuaca cerah. Dapat dilihat pada Gambar 4.17 dan Gambar 4.18, saat kondisi cuaca cerah nilai daya keluaran modul surya selalu berbanding lurus dengan nilai radiasi matahari. Daya keluaran modul surya paling tinggi ada pada pukul 12.30 dengan nilai daya keluaran sebesar 137,96 W. Meskipun pada pagi hari sempat terjadi cuaca berawan pada pukul 09.30 sampai dengan pukul 10.30, modul surya tetap mampu menghasilkan daya puncaknya pukul 12.00 sama dengan nilai puncak radiasi matahari yang ada pada pukul 12.00 dikarenakan pada pukul 11.00 sampai dengan 13.00 kondisi cuaca cerah..

Grafik berwarna merah merupakan grafik cuaca berawan. Dapat dilihat pada Gambar 4.16 dan Gambar 4.17, saat kondisi cuaca berawan nilai daya keluaran modul surya selalu berbanding lurus dengan nilai radiasi matahari. Dikarenakan cuaca berawan berlangsung dari pukul 10.30 sampai dengan pukul 13.00, nilai daya keluaran modul surya paling tinggi ada pada pukul 10.00 dengan nilai daya keluaran sebesar 57,30 W. Modul surya mampu menghasilkan daya puncaknya pukul 10.00 sama dengan nilai puncak radiasi matahari yang ada pada pukul 10.00.

Grafik berwarna abu-abu merupakan grafik cuaca hujan. Dapat dilihat pada Gambar 4.16 dan Gambar 4.17, saat kondisi cuaca hujan nilai daya keluaran modul surya selalu berbading lurus dengan nilai radiasi matahari. Dikarenakan cuaca hujan berlangsung dari pukul 10.30 sampai dengan pukul 13.30, nilai daya keluaran modul surya paling tinggi ada pada pukul 10.00 dengan nilai daya keluaran sebesar 37,11 W. Modul surya mampu menghasilkan daya puncaknya pukul 10.00 sama dengan nilai puncak radiasi matahari yang ada pada pukul 10.00.

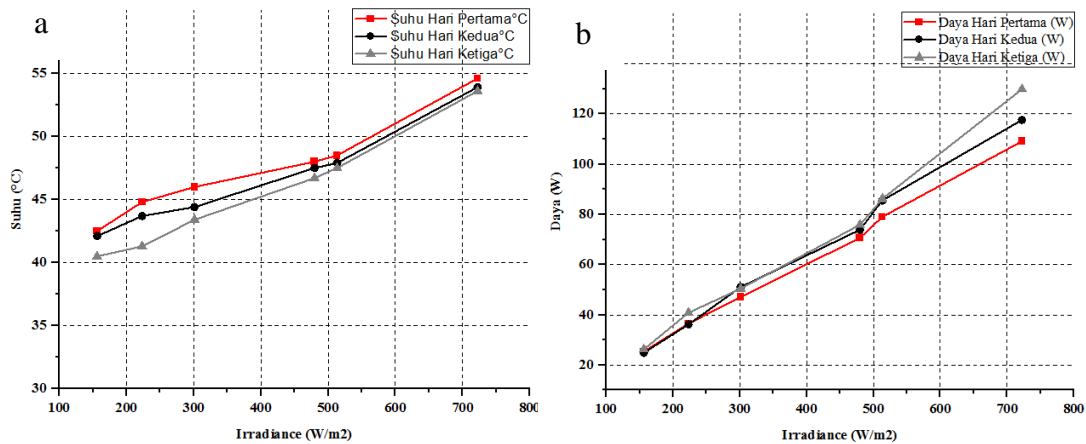
4.4. Pengujian Suhu Permukaan Modul Surya

Keluaran modul surya selain dipengaruhi radiasi matahari tetapi juga dipengaruhi oleh suhu. Rincian data suhu dapat dilihat pada (lampiran A-8). Berikut Gambar 4.19 suhu permukaan modul surya.



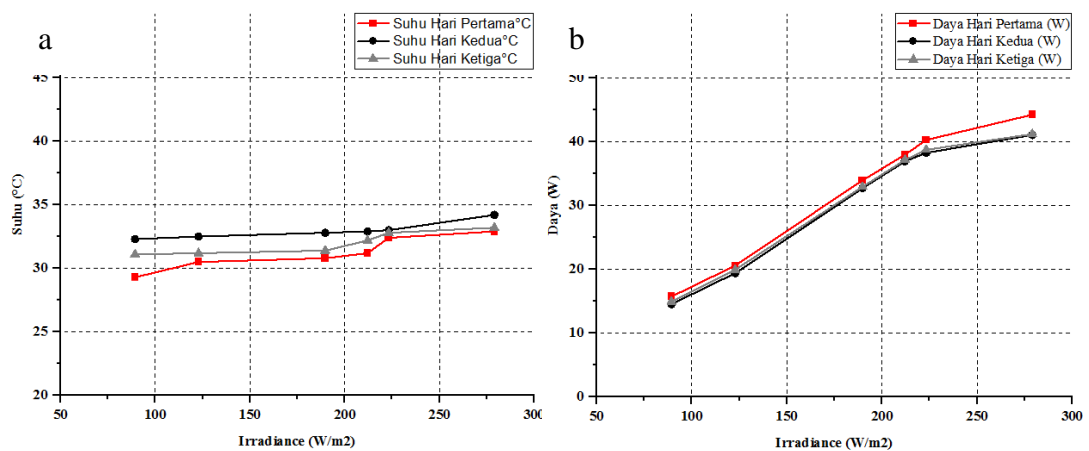
Gambar 4.19 Suhu Permukaan Modul Surya

Gambar 4.19 merupakan rata-rata suhu permukaan modul surya pada tiga kondisi cuaca berbeda. Suhu tertinggi pada kondisi cuaca cerah terjadi pada pengujian hari pertama sebesar 46,5 °C. Suhu tertinggi pada kondisi cuaca berawan terjadi pada pengujian hari kedua sebesar 34,3 °C. Suhu tertinggi pada kondisi cuaca hujan terjadi pada pengujian hari ketiga sebesar 30 °C. Dari pengujian tiga kondisi cuaca berbeda, saat kondisi cuaca cerah suhu permukaan modul surya mencapai rata-rata terbesar dibanding kondisi cuaca berawan dan cuaca hujan. Untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap keluaran modul surya maka dapat dilihat pada gambar 4.20 pengujian pengaruh suhu terhadap daya keluaran saat cuaca cerah.



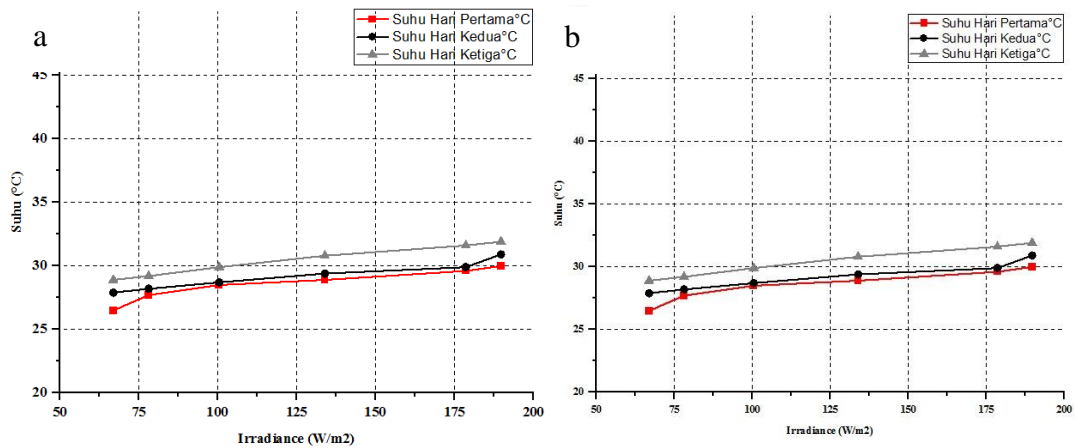
Gambar 4.20 (a) Suhu Permukaan Modul Surya Cuaca Cerah (b) Daya Keluaran Modul Surya Cuaca Cerah

Dapat dilihat pada Gambar 4.20, jika suhu pada modul surya semakin tinggi mengakibatkan daya keluaran berkurang. Pada hari pertama suhu maksimal yang diterima modul surya sebesar 54,6 °C dan daya yang dihasilkan paling rendah yaitu sebesar 109,12 W. Berikut ini Gambar 4.21 pengaruh suhu terhadap daya keluaran saat cuaca berawan.



Gambar 4.21 (a) Suhu Permukaan Modul Surya Cuaca Berawan (b) Daya Keluaran Modul Surya Cuaca Berawan

Dapat dilihat pada Gambar 4.21, jika suhu pada modul surya semakin tinggi mengakibatkan daya keluaran berkurang. Pada hari kedua suhu maksimal yang diterima modul surya sebesar 34,2 °C dan daya yang dihasilkan paling rendah yaitu sebesar 41,06 W. Berikut ini Gambar 4.22 pengaruh suhu terhadap daya keluaran saat cuaca hujan.

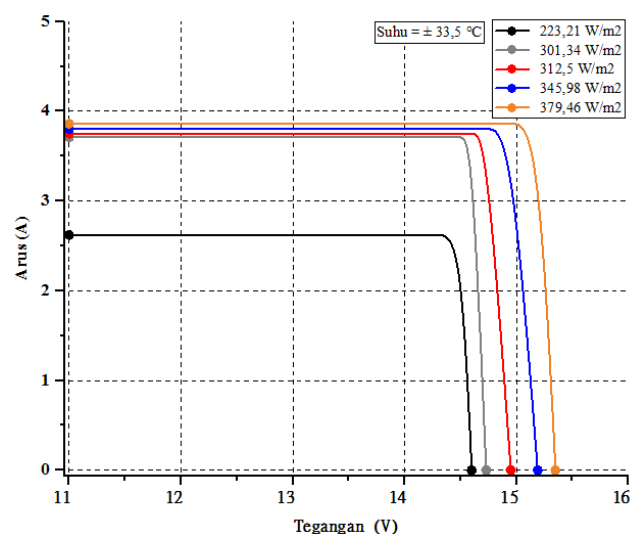


Gambar 4.22 (a) Suhu Permukaan Modul Surya Cuaca Hujan (b) Daya Keluaran Modul Surya Cuaca Hujan

Dapat dilihat pada Gambar 4.22, jika suhu pada modul surya semakin tinggi mengakibatkan daya keluaran berkurang. Pada hari ketiga suhu maksimal yang diterima modul surya sebesar $31,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan daya yang dihasilkan paling rendah yaitu sebesar $30,59\text{ W}$.

4.5. Pengujian Karakteristik Arus dan Tegangan

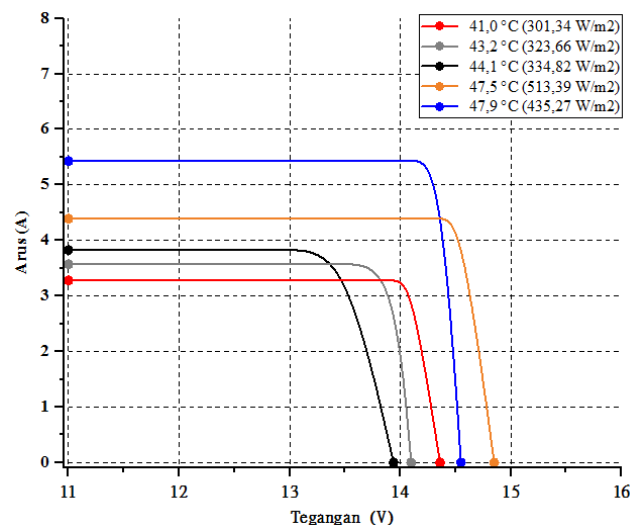
Pada pengujian karakteristik arus dan tegangan, radiasi matahari dan suhu permukaan modul surya memiliki pengaruh terhadap keluaran modul surya. Tinggi atau rendah nya tegangan dan arus keluaran dipengaruhi oleh radiasi matahari dan suhu permukaan modul surya. Berikut Gambar 4.23 kurva arus dan tegangan terhadap radiasi matahari.



Gambar 4.23 Karakteristik Arus dan Tegangan Terhadap Radiasi Matahari

Gambar 4.23 merupakan kurva karakteristik arus dan tegangan terhadap radiasi matahari. Pengujian ini terdapat lima nilai radiasi yang berbeda dan suhu permukaan modul surya kurang lebih $33,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pada sestiap kenaikan nilai radiasi matahari, nilai arus dan tegangan keluaran modul surya juga ikut naik. Dari pegujian ini membuktikan keluaran modul surya selalu berbanding lurus dengan nilai radiasi matahari jika suhu permukaan modul surya tetap konstan.

Selain radiasi matahari, karakteristik arus dan tegangan juga dipengaruhi oleh suhu. Pada pengujian ini dilakukan dengan suhu yang berubah-ubah. Berikut Gambar 4.24 kurva arus dan tegangan terhadap suhu.

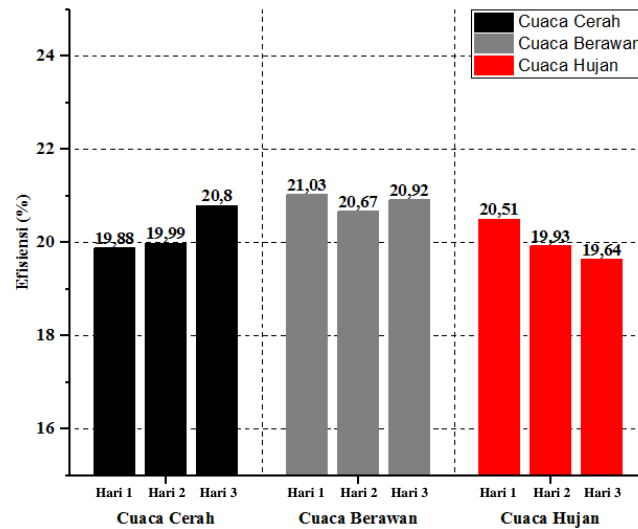


Gambar 4.24 Karakteristik Arus dan Tegangan Terhadap Suhu

Gambar 4.24 merupakan karakteristik arus dan tegangan terhadap suhu. Pengujian ini terdapat lima nilai radiasi yang berbeda dan suhu permukaan modul surya yang berbeda juga. Pada setiap kenaikan nilai suhu, nilai arus keluaran juga ikut naik. Tetapi tidak selalu terjadi kenaikan pada nilai tegangan saat kenaikan nilai suhu. Dari pengujian ini mebuktikan jika suhu permukaan modul surya terlalu panas maka bisa terjadi turunnya nilai tegangan.

4.6. Efisiensi Modul Surya

Efisiensi modul surya dapat dihitung menggunakan persamaan (2.5). Berikut Gambar 4.25 efisiensi modul surya dari sembilan hari pengujian.

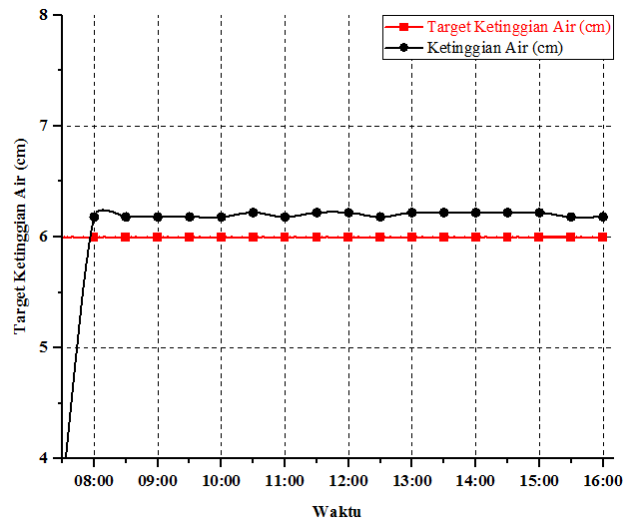


Gambar 4.25 Efisiensi Modul Surya

Gambar 4.25 merupakan grafik efisiensi modul surya. Terdapat perbedaan nilai efisiensi, perbedaan tersebut dipengaruhi oleh nilai radiasi matahari yang diterima modul surya dan suhu permukaan modul surya. Saat kondisi cuaca cerah, efisiensi modul surya sebesar 19,88 % (hari pertama), 19,99 % (hari kedua) dan 20,8 % (hari ketiga). Saat kondisi cuaca berawan, efisiensi modul surya sebesar 21,03 % (hari pertama), 20,67 % (hari kedua), 20,92 % (hari ketiga). Saat kondisi cuaca hujan, efisiensi modul surya sebesar, 20,51 % (hari pertama), 19,93 % (hari kedua), 19,64 % (hari ketiga). Efisiensi terbesar terjadi saat kondisi cuaca berawan. Efisiensi saat cuaca cerah lebih rendah dibandingkan saat cuaca berawan dikarenakan saat cuaca cerah suhu permukaan modul surya lebih tinggi yang menyebabkan turunnya tegangan hasil keluaran modul surya. Efisiensi saat cuaca hujan lebih rendah dibandingkan cuaca berawan dikarenakan saat cuaca hujan nilai radiasi matahari yang didapat paling rendah. Untuk rincian perhitungan efisiensi modul terdapat pada (lampiran C-5) dan untuk rincian data efisiensi terdapat pada (lampiran A-6 dan A-7).

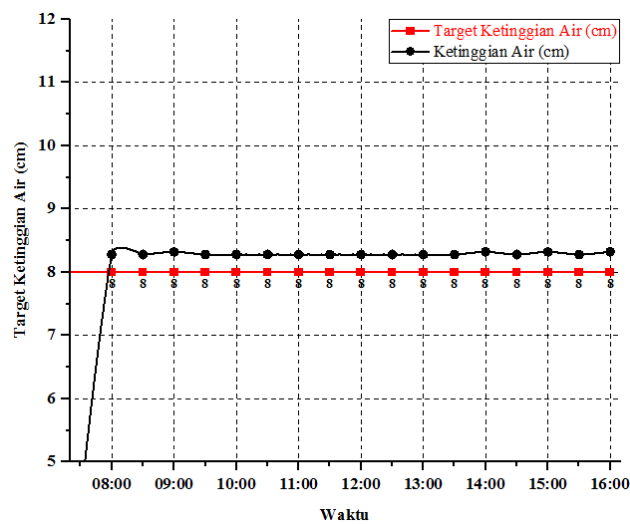
4.7. Pengujian Ketinggian Air

Ketinggian air pada proses pengisian air otomatis harus dijaga menggunakan sistem kendali PID. Untuk rincian data dapat dilihat pada (lampiran A-8). Berikut Gambar 4.26 data ketinggian air 6 cm.



Gambar 4.26 Ketinggian Air 6 cm

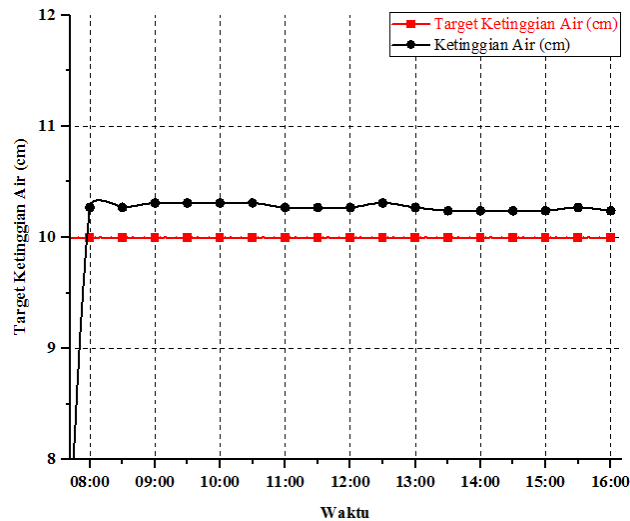
Gambar 4.26 merupakan data ketinggian air 6 cm. Pada pengujian ini nilai *set point* yang ditentukan yaitu 6 cm. Jadi ketinggian air pada pengujian ini akan dijaga supaya ketinggian air tidak jauh dari 6 cm. Dari data ketinggian air yang diperoleh, terdapat perbedaan antara nilai *set point* dan nilai aktual. Nilai aktual ketinggian air berkisar 6,18 cm dan 6,22 cm selama pengujian. Pada pengujian ini terdapat nilai kesalahan sebesar 3,31 %. Pengujian selanjutnya menjaga ketinggian 8 cm. Berikut Gambar 4.27 data ketinggian air 8 cm.



Gambar 4.27 Ketinggian Air 8 cm

Gambar 4.27 merupakan data ketinggian air 8 cm. Pada pengujian ini nilai *set point* yang ditentukan yaitu 8 cm. Jadi ketinggian air pada pengujian ini akan dijaga supaya ketinggian air tidak jauh dari 8 cm. Dari data ketinggian air yang diperoleh,

terdapat perbedaan antara nilai *set point* dan nilai aktual. Nilai aktual ketinggian air berkisar 8,28 cm dan 8,32 cm selama pengujian. Pada pengujian ini terdapat nilai kesalahan sebesar 3,62 %. Dari hasil pengujian ini, nilai kesalahan yang didapat masih masuk dalam nilai toleransi. Pengujian selanjutnya menjaga ketinggian 10 cm. Berikut Gambar 4.28 data ketinggian air 10 cm.



Gambar 4.28 Ketinggian Air 10 cm

Gambar 4.28 merupakan data ketinggian air 10 cm. Pada pengujian ini nilai *set point* yang ditentukan yaitu 10 cm. Jadi ketinggian air pada pengujian ini akan dijaga supaya ketinggian air tidak jauh dari 10 cm. Dari data ketinggian air yang diperoleh, terdapat perbedaan antara nilai *set point* dan nilai aktual. Nilai aktual ketinggian air berkisar 10,27 cm dan 10,31 cm selama pengujian. Pada pengujian ini terdapat nilai kesalahan sebesar 2,73 %. Dari hasil pengujian ini, nilai kesalahan yang didapat masih masuk dalam nilai toleransi.

4.8. Analisis Hasil Pengujian Alat

Dari semua pengujian alat yang sudah dilakukan, sistem PLTS *off grid* bisa dimanfaatkan untuk sistem pengisian air otomatis. Dari hasil pengujian keluaran modul surya saat cuaca cerah, cuaca berawan dan cuaca hujan, modul surya mampu menjadi sumber listrik untuk sistem pengisian air otomatis. Saat cuaca cerah daya keluaran maksimal sebesar 137,96 W. Saat cuaca berawan daya keluaran maksimal sebesar 62,53 W. Saat cuaca hujan daya keluaran maksimal sebesar 50,98 W. Untuk

sistem pengisian air otomatis pada pengujian ini menggunakan sistem kendali PID untuk proses kendali nya. Pada pengujian ini nilai Kp sebesar 305, nilai Ki sebesar 0,0001 dan nilai Kd sebesar 170. Nilai Kp, Ki dan Kd akan dimasukkan kedalam *listing program* dan akan dihitung menggunakan persamaan (2.6). Tandon 1 dijadikan sebagai sumber air. Dan air dialirkan pompa menuju ke tandon 2 menggunakan pompa. Pada tandon 2 ketinggian air nya akan dijaga dengan tiga ketinggian berbeda diantaranya 6cm, 8cm dan 10cm. Saat proses pompa mengalirkan air dari tandon 1 ke tandon 2, aliran air diproses menggunakan sistem kendali PID yang dimana proses kendali PID yang digunakan termasuk sistem kendali *close loop*. Jadi sistem kendali ini memanfaatkan nilai keluaran untuk kembali diproses ke nilai masukan. Nilai selisih antara *set point* dengan nilai keluaran aktual akan dimanfaatkan kedalam proses sistem kendali sehingga menghasilkan pompa yang mampu mengurangi debit aliran air saat nilai keluaran sudah mendekati *set point*. Saat ketinggian air pada tandon 2 sudah mencapai *set point*, valve akan aktif untuk mengalirkan air dari tandon 2 ke tandon 1. Saat ketinggian air pada tandon 2 berkurang dari *set point* maka pompa akan kembali mengalirkan air ke tandon 2. Proses pengisian dilakukan selama 8 jam pengujian dari pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00. Hasil pengujian ketinggian air 6 cm mendapat nilai kesalahan 3,31%. Hasil pengujian ketinggian air 8 cm mendapat nilai kesalahan 3,62%. Hasil pengujian ketinggian air 10 cm mendapat nilai kesalahan 2,73%. Dari semua hasil pengujian yang didapat, sistem PID dapat digunakan sebagai sistem kendali pengisian air otomatis karena nilai kesalahan yang didapat masih masuk dalam nilai toleransi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan proses perancangan dan pengujian pada penelitian ini, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem PLTS *off grid* dapat dimanfaatkan untuk menjalankan sistem pengisian air otomatis pada tandon berbasis IoT.
2. Sistem kendali PID bisa dijadikan sistem untuk mengendalikan proses pengisian air otomatis. Cara kerja sistem kendali PID yaitu memanfaatkan nilai kesalahan antara nilai *set point* dan nilai aktual untuk menjaga ketinggian air pada tandon.
3. Hasil daya keluaran modul surya 150 WP jenis *monocrystalline* dipengaruhi nilai radiasi matahari dan nilai suhu. Dan ketinggian air dalam tandon dapat dikendalikan menggunakan sistem PID. Baik daya keluaran dan ketinggian air bisa dipantau menggunakan aplikasi blynk.
4. Modul surya 150 WP jenis *monocrystalline* dapat menghasilkan listrik dalam tiga kondisi cuaca berbeda diantaranya cuaca cerah, cuaca berawan dan cuaca hujan. Daya keluaran dan efisiensi modul surya sangat dipengaruhi oleh nilai radiasi matahari dan nilai suhu.

5.2. Saran

Hasil yang didapatkan pada penelitian masih terdapat nilai kesalahan. Oleh karena itu, untuk pengembangan sistem kedepannya terdapat saran sebagai berikut.

1. Penambahan parameter yang dapat mendukung dalam pengujian keluaran modul surya 150 WP jenis *monocrystalline* agar bisa mendapatkan keluaran yang maksimal.
2. Pengembangan aktuator dalam proses sistem kendali PID supaya lebih maksimal dalam proses menjaga ketinggian air dalam tandon.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wang, Z., Y. Zia, C. Chai, Y. Chen, N. Li, M. Yang & Q. Li. *Study on the Optimal Configuration of a Wind-Solar-Battery-Fuel Cell System Based on a Regional Power Supply*. IEEE Access. 2021. Vol. 9, pp. 47056–47068.
- [2] Jagadeesan, G. M., R. Pitchaimuthu & M. Sridharan. *A Two-stage Single-phase Grid-connected Solar-PV System with Simplified Power Regulation*. Chinese Journal of Electrical Engineering. 2022. Vol. 8, no. 1, pp. 81-92.
- [3] Kannaiyan, S, N. D. Bokde & Z. W. Geem. *Solar collectors modeling and controller design for solar thermal power plant*. IEEE Access. 2020. Vol. 8, pp. 81425-81446.
- [4] Putra, D. D., B. Syihabuddin, M. A. M. Raj Jabbar, A. Irsal, A. Purwadi & A. Munir. *Energy Management System with IoT Connectivity for Portable Solar Power Plant*. IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence Systems. 2021.
- [5] Subandi, S. & M. D. S. Handiyanto. *Penerapan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Penggerak Pompa Air Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Jurnal Teknologi Technoscientia. 2022. Vol. 14, no. 2, pp. 139-145.
- [6] Wang, Q., W. B. Hobbs, A. Tuohy, M. Bello & D. J. Ault. *Evaluating Potential Benefits of Flexible Solar Power Generation in the Southern Company System*. IEEE J Photovolt. 2022. Vol. 12, no. 1, pp. 152-160.
- [7] Kusuma, K., C. Gede Indra Partha and I. Wayan Sukerayasa. *Perancangan Sistem Pompa Air Dc Dengan Plts 20 Kwp Tianyar Tengah Sebagai Suplai Daya Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Masyarakat Banjar Bukit Lambuh*. 2020.
- [8] Anam, K. & A. Fathoni Rodli. *Automatic Watering With Solar Panel Power Support Using Arduino*. Jurnal Teknologi Informasi dan Rekayasa Komputer. 2022. Vol. 3, no. 1, pp. 17-22.
- [9] Ritzkal, Y. Afrianto, I. Riawan, F. Satrya Fajar Kusumah & D. Remawati. *Tangki Air Wudhu Dan Perancangan Sistem Monitoring Menggunakan*

- Arduino Dan Telegram*. International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2023. Vol. 14, no. 1.
- [10] Febrian, I., K. Bani Adam & W. Priharti. *Pompa Air Photovoltaic Tanpa Baterai Water Pumping Photovoltaic Without Battery*. Proceeding of Engineering. 2021. Vol. 8, no. 4.
- [11] Harahap, H. A. *Rancang Bangun Sistem Kontrol Kolam Ikan Nila Berbasis Out Seal PLC*. Jurnal Universal Technic. 2023. Vol. 2, no. 1, pp. 1-10.
- [12] Hermawan I. *Pengendalian Sistem Irigasi Berbasis Komunikasi Radio Full Duplex dengan Algoritma Decision Tree*. Jurnal Teknik Multimedia dan Jaringan. 2023.
- [13] Purwanto, E., D. Notosudjon & A. Rodiah Machdi. *Prototype Gerbang Otomatis Menggunakan Sistem Face Recognition Dengan Backup Energi Dari Sel Surya Dinamis Berbasis Iot*. Jurnal Teknik Elektro. 2022.
- [14] Putra, D. D., A. Irsal, M. Alif Mi'Raj Jabbar, A. Kurniadi, A. Purwadi, & A. Munir. *Development Of Portable Solar Power Plant Equipped With Iot Connectivity*. Proceeding of 14th International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications. 2020.
- [15] Sarvanan & Lingeswaran. *Pemantauan Panel Surya Berbasis IoT*. Jurnal Teknik IFET. 2020
- [16] Zulmiftah, H., Khairudin, H. Lukmanul & Z. Osea. *Pelatihan Sistem PLTS Bagi Siswa-Siswi Di SMK 2 Mei Bandar Lampung*. Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat Teknologi Dan Inovasi. 2020.
- [17] Sihotang, G. H. *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop Di Hotel Kini Pontianak*. Jurnal Teknik Elektro. 2020
- [18] Septiady, R. K. D. & G. Musyhar. *Analisa Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Sumber Energi Pada Mesin Pengeruk Sampah Di Kecamatan Wonokerto*. Jurnal Cahaya Bagaskara. 2018. Vol. 3, no. 1.
- [19] Alamsyah, T., A. Hiendro & Z. Abidin. *Analisis Potensi Energi Matahari Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Panel Monocrystalline Dan Polycrystalline DI Kota Pontianak Dan Sekitarnya*. Jurnal Teknik Elektro. 2021.

- [20] Syahri, J. R. & Y. Sirodz Gaos. *Optimasi Sistem Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Mesin Cuci Tangan Otomatis*. Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin. 2020. Vol. 13, no. 1.
- [21] Siswanto, A. Adiguna & W. Gata. *Kendali Dan Monitoring Suhu Dan Ketinggian Air Aquarium Dengan Sensor DS18B20, HCSR04, Dan Mikrokontroler Arduino Uno R3 Berbasis WEB*. Jurnal Teknik Informatika. 2020.
- [22] Darmawan, M. A., A. Lomi & I. Budi Sulistiawati. *Pengendali Pengisian Baterai Panel Surya*. Seminar Nasional ITN Malang. 2022. Vol. 13
- [23] Kuswinta, A. J., I. Gede Putu Wirama Wedashwara & I. Wayan Agus Arimbawa. *Implementasi IoT Cerdas Berbasis Inference Fuzzy Tsukamoto Pada Pemantauan Kadar pH Dan Ketinggian Air Dalam Akuaponik*. Jurnal Cosine. 2019. Vol. 3, no. 1.
- [24] Wagino & Arafat. *Monitoring Dan Pengisian Air Tandon Otomatis Berbasis Arduino*. Technologia. 2018. Vol. 9, no. 3.
- [25] Gusri A. J. & H. Harmadi. *Rancang Bangun Alat Penguras Air Pada Wadah Penampungan Berbasis Turbidity Sensor SEN0189*. Jurnal Fisika Unand. 2021. Vol. 10, no. 3, pp. 330-336.
- [26] Suparlan, M., A. Sofijan & M. Akbar. *Prototipe Battery Charge Controller Solar Home System Di Desa Ulak Kembahang 2 Kecamatan Pemulutan Barat Kabupaten Ogan Ilir*. Jurnal Teknik Elektro. 2019.
- [27] Pratama, E. W. & A. Kiswantono. *Electrical Analysis Using ESP-32 Module In Realtime*. JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences). 2023. Vol. 7, no. 2, pp. 1273–1284.
- [28] Hindarti, F. & E. Ayuningtyas. *Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 150WP Sebagai Suplai Energi Pada Fotobioreaktor Mikroalga*. Jurnal Rekayasa Lingkungan. 2020. Vol. 20, no 1, pp. 2686-2271.
- [29] Djaksana. Y. M. & K. Gunawan. *Perancangan Sistem Monitoring Dan Kontroling Pompa Air Berbasis Android*. Journal Sintech. 2021. Vol. 4, bo. 2, pp. 2598-9642.

- [30] Wahyono H. and P. Wanarti Rusimamto. *Rancang Bangun Sistem Kontrol ketinggian Air Bendungan Menggunakan Metode PID*. Jurnal Teknik Elektro. 2020.
- [31] Ananda, I. K., I. Husnaini, & J. Hamka Air Tawar. *Sistem Kendali Level Ketinggian Air dengan Controller PID Menggunakan Arduino Mega 2560 dan Antarmuka Visual Basic 6.0*. Jurnal Teknik Elektro Indonesia. 2021. Vol. 2, no. 2.
- [32] Kalbii, A. T. & N. Kholis. *Monitoring Level Air Pada Tambak Udang Dengan Sensor Ultrasonic Berbasis Internet of Things (IoT)*. Jurnal Teknik Elektro. 2020.
- [33] Daulay, A. M., A. Bintoro, D. Muchlis & A. Muthalib. *Sistem Monitoring Air Pada Tangki Berbasis IoT*. Seminar Nasional Fakultas Teknik Universitas Malikussalleh. 2022.
- [34] Anam K. & A. Fathoni Rodli. *Automatic Water Level Control Tandon Air Berbasis Arduino Uno*. Jurnal Teknologi Informasi dan Rekayasa Komputer. 2022. Vol. 3, no. 1, pp. 17-22.
- [35] Rahmah, S. *Sistem Pendeteksi Ketinggian Air Menggunakan Pompa Berpenggerak Motor BLDC Berbasis Mikrokontroler*. Jtev (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional). 2020. Vol. 6, no. 1, pp. 2302-3309.
- [36] Monda, H. T. & P. Santi Rudati. *Sistem Pengukuran Daya pada Sensor Node Wireless Sensor Network*. Industrial Research Workshop and National Seminar. 2020.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A HASIL PENGUJIAN

Tabel 1 Pengujian Sensor PZEM 017 (Tegangan)

No	Tegangan Multimeter (V)	Tegangan Sensor (V)	Kesalahan (%)
1	13,96	13,85	0,79
2	14,03	14,02	0,07
3	14,49	14,39	0,69
4	14,60	14,47	0,89
5	14,68	14,57	0,75
6	14,72	14,65	0,48
7	15,29	15,10	1,24
8	15,46	15,32	0,91
9	15,49	15,44	0,32
10	15,76	15,62	0,89
Rata-rata			0,70

Tabel 2 Pengujian Sensor PZEM 017 (Arus)

No	Arus Multimeter (A)	Arus Sensor (A)	Kesalahan (%)
1	1,31	1,30	0,76
2	1,59	1,57	1,26
3	2,01	1,99	1,00
4	2,09	2,04	2,20
5	2,37	2,34	1,27
6	2,40	2,37	1,25
7	2,70	2,65	1,85
8	2,93	2,88	1,71
9	3,16	3,15	0,32
10	3,33	3,30	0,90
Rata-rata			1,25

Tabel 3 Pengujian Sensor HCSR 04

No	Penggaris (cm)	Sensor HCSR 04 (cm)	Kesalahan (%)
1	6,00	6,27	4,50
2	7,00	7,14	2,00
3	8,00	8,19	2,37
4	9,00	9,05	0,56
5	10,00	10,15	1,50
6	11,00	11,19	1,73
7	12,00	12,24	2,00

8	13,00	13,04	0,31
9	14,00	14,21	1,50
10	15,00	15,15	1,00
Rata-rata			1,75

Tabel 4 Hasil Pengujian Hari Pertama Cuaca Cerah

Tanggal	Waktu	Irradiance (W/m ²)	Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
05/12/2023	08.00	145,09	38,3	13,39	1,69	22,63
05/12/2023	08.30	334,82	44,1	13,94	3,74	52,14
05/12/2023	09.00	223,21	41,8	14,10	2,59	36,52
05/12/2023	09.30	301,34	46,0	14,36	3,28	47,10
05/12/2023	10.00	323,66	46,2	14,10	3,57	50,34
05/12/2023	10.30	435,27	48,9	14,85	4,39	65,19
05/12/2023	11.00	513,39	48,5	14,55	5,43	79,01
05/12/2023	11.30	722,48	54,6	16,84	6,48	109,12
05/12/2023	12.00	803,11	53,1	17,23	7,59	130,78
05/12/2023	12.30	401,79	48,5	14,80	4,14	61,27
05/12/2023	13.00	457,59	48,0	14,87	4,75	70,63
05/12/2023	13.30	412,95	47,1	14,85	4,36	64,75
05/12/2023	14.00	401,79	48,2	14,93	4,28	63,90
05/12/2023	14.30	334,82	47,0	14,84	3,99	59,21
05/12/2023	15.00	312,50	46,6	14,75	3,62	53,40
05/12/2023	15.30	167,41	42,8	14,18	2,00	28,36
05/12/2023	16.00	156,25	41,5	13,06	1,94	25,34

Tabel 5 Hasil Pengujian Hari Pertama Cuaca Berawan

Tanggal	Waktu	Irradiance (W/m ²)	Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
07/12/2023	08.00	33,48	28,7	11,36	0,49	5,57
07/12/2023	08.30	89,29	29,3	11,55	1,19	13,74
07/12/2023	09.00	100,45	30,5	11,81	1,49	17,60
07/12/2023	09.30	189,73	30,8	12,32	2,43	29,94
07/12/2023	10.00	223,21	32,4	12,86	3,13	40,25
07/12/2023	10.30	245,54	32,8	13,21	3,18	42,01
07/12/2023	11.00	234,37	33,1	13,67	3,02	41,28
07/12/2023	11.30	279,02	33,9	14,60	3,24	47,30
07/12/2023	12.00	290,18	34,5	16,11	2,97	47,85
07/12/2023	12.30	212,05	31,2	15,12	2,51	37,95
07/12/2023	13.00	234,37	38,4	16,01	2,64	42,27
07/12/2023	13.30	212,05	35,5	14,97	2,51	37,57

07/12/2023	14.00	279,02	35,1	14,85	3,19	47,37
07/12/2023	14.30	256,7	34,6	14,82	3,02	44,76
07/12/2023	15.00	279,02	32,9	14,79	2,99	44,22
07/12/2023	15.30	189,73	32,9	14,25	2,15	30,64
07/12/2023	16.00	89,29	31,2	12,86	1,02	13,12

Tabel 6 Hasil Pengujian Hari Pertama Cuaca Hujan

Tanggal	Waktu	<i>Irradiance</i> (W/m ²)	Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
25/11/2023	08.00	66,96	28,2	11,54	0,98	11,31
25/11/2023	08.30	100,45	28,5	12,12	1,36	16,48
25/11/2023	09.00	122,77	28,8	12,48	1,58	19,72
25/11/2023	09.30	189,73	30,0	13,22	2,38	31,46
25/11/2023	10.00	133,93	28,9	13,03	1,75	22,80
25/11/2023	10.30	55,80	27,5	12,38	0,77	9,53
25/11/2023	11.00	66,96	27,8	12,24	0,96	11,75
25/11/2023	11.30	89,29	28,0	11,93	1,22	14,55
25/11/2023	12.00	100,45	28,9	12,27	1,36	16,69
25/11/2023	12.30	66,96	28,5	12,10	0,85	10,29
25/11/2023	13.00	66,96	26,5	12,10	0,89	10,77
25/11/2023	13.30	44,64	27,4	12,03	0,59	7,10
25/11/2023	14.00	100,45	28,2	13,31	1,22	16,24
25/11/2023	14.30	178,57	29,6	14,07	2,09	29,41
25/11/2023	15.00	133,93	28,2	14,07	1,58	22,23
25/11/2023	15.30	78,12	27,7	12,72	1,01	12,85
25/11/2023	16.00	44,64	27,1	12,69	0,55	6,98

Tabel 7 Hasil Pengujian Hari Kedua Cuaca Cerah

Tanggal	Waktu	<i>Irradiance</i> (W/m ²)	Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
06/12/2023	08.00	78,12	39,2	11,88	1,03	12,24
06/12/2023	08.30	66,96	38,5	12,05	0,84	10,12
06/12/2023	09.00	156,25	42,1	13,30	1,87	24,87
06/12/2023	09.30	66,96	38,7	12,73	0,90	11,46
06/12/2023	10.00	78,12	43,1	13,13	0,98	12,87
06/12/2023	10.30	189,73	44,0	14,15	2,18	30,85
06/12/2023	11.00	323,66	46,6	15,46	3,26	50,40
06/12/2023	11.30	558,04	47,8	15,67	5,50	86,19
06/12/2023	12.00	722,40	53,9	16,92	6,95	117,59
06/12/2023	12.30	479,91	47,5	14,86	4,97	73,85

06/12/2023	13.00	468,75	47,2	14,85	4,91	72,91
06/12/2023	13.30	401,79	46,9	14,64	4,28	62,66
06/12/2023	14.00	357,14	46,8	14,83	3,87	57,39
06/12/2023	14.30	345,98	46,2	14,87	3,83	56,95
06/12/2023	15.00	301,34	44,4	14,84	3,44	51,05
06/12/2023	15.30	223,21	43,7	14,59	2,48	36,18
06/12/2023	16.00	212,05	43,1	14,35	2,38	34,15

Tabel 8 Hasil Pengujian Hari Kedua Cuaca Berawan

Tanggal	Waktu	Irradiance (W/m ²)	Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
08/12/2023	08.00	212,05	31,7	12,08	2,93	35,39
08/12/2023	08.30	267,86	34,2	12,33	3,33	41,06
08/12/2023	09.00	301,34	34,3	13,03	3,77	49,12
08/12/2023	09.30	368,30	37,5	13,63	4,11	56,02
08/12/2023	10.00	412,95	39,8	14,44	4,33	62,53
08/12/2023	10.30	334,82	39,2	15,59	3,42	53,32
08/12/2023	11.00	122,77	34,1	13,20	1,47	19,40
08/12/2023	11.30	223,21	33,4	15,95	2,40	38,28
08/12/2023	12.00	212,05	32,7	14,59	2,53	36,91
08/12/2023	12.30	89,29	32,3	12,88	1,13	14,55
08/12/2023	13.00	189,73	32,8	16,03	2,04	32,70
08/12/2023	13.30	379,46	33,9	16,35	3,66	59,84
08/12/2023	14.00	345,98	33,5	15,19	3,80	57,72
08/12/2023	14.30	301,34	35,3	14,73	3,71	54,65
08/12/2023	15.00	312,50	33,2	14,75	3,75	55,31
08/12/2023	15.30	212,05	32,9	14,31	2,58	36,92
08/12/2023	16.00	223,21	33,0	14,60	2,62	38,25

Tabel 9 Hasil Pengujian Hari Kedua Cuaca Hujan

Tanggal	Waktu	Irradiance (W/m ²)	Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
29/11/2023	08.00	200,89	29,1	14,15	2,25	31,84
29/11/2023	08.30	223,21	29,5	14,58	2,56	37,32
29/11/2023	09.00	234,37	30,8	14,89	2,61	38,86
29/11/2023	09.30	212,05	30,5	14,73	2,31	34,03
29/11/2023	10.00	212,05	30,2	14,46	2,29	33,11
29/11/2023	10.30	200,89	30,9	14,39	2,23	32,09
29/11/2023	11.00	133,93	29,4	12,60	1,74	21,92
29/11/2023	11.30	22,32	27,2	11,38	0,32	3,64
29/11/2023	12.00	33,48	27,5	11,62	0,45	5,23

29/11/2023	12.30	33,48	27,6	12,39	0,46	5,70
29/11/2023	13.00	55,80	27,9	12,86	0,68	8,74
29/11/2023	13.30	100,45	28,7	13,54	1,13	15,30
29/11/2023	14.00	200,89	29,9	14,13	2,20	31,09
29/11/2023	14.30	245,54	29,5	14,33	2,78	39,84
29/11/2023	15.00	323,66	32,1	16,34	3,12	50,98
29/11/2023	15.30	234,37	31,5	15,70	2,27	35,64
29/11/2023	16.00	44,64	28,2	13,16	0,53	6,97

Tabel 10 Hasil Pengujian Hari Ketiga Cuaca Cerah

Tanggal	Waktu	<i>Irradiance</i> (W/m ²)	Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
09/12/2023	08.00	145,09	37,1	11,87	1,95	23,15
09/12/2023	08.30	234,37	40,3	12,49	3,17	39,59
09/12/2023	09.00	345,98	45,2	13,28	4,08	54,18
09/12/2023	09.30	156,25	40,5	12,74	2,06	26,24
09/12/2023	10.00	256,70	42,1	13,32	3,17	42,22
09/12/2023	10.30	301,34	45,4	14,32	3,52	50,41
09/12/2023	11.00	479,91	46,7	15,42	4,92	75,87
09/12/2023	11.30	580,36	48,3	16,07	6,20	99,63
09/12/2023	12.00	779,91	53,6	17,20	7,55	129,86
09/12/2023	12.30	814,71	54,1	17,53	7,87	137,96
09/12/2023	13.00	513,39	47,9	16,02	5,34	85,55
09/12/2023	13.30	357,14	45,4	14,89	3,73	55,54
09/12/2023	14.00	267,86	43,5	14,57	3,09	45,02
09/12/2023	14.30	234,37	42,7	14,62	2,77	40,50
09/12/2023	15.00	212,05	42,1	14,23	2,62	37,28
09/12/2023	15.30	234,37	41,3	15,07	2,71	40,84
09/12/2023	16.00	122,77	36,0	14,79	1,40	20,71

Tabel 11 Hasil Pengujian Hari Ketiga Cuaca Berawan

Tanggal	Waktu	<i>Irradiance</i> (W/m ²)	Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
10/12/2023	08.00	212,05	32,2	12,32	2,69	33,14
10/12/2023	08.30	301,34	34,8	12,81	3,88	49,70
10/12/2023	09.00	323,66	37,5	13,26	3,77	49,99
10/12/2023	09.30	345,98	39,1	13,97	3,86	53,92
10/12/2023	10.00	357,14	39,4	14,58	3,93	57,30
10/12/2023	10.30	234,37	35,5	14,92	2,71	40,43

10/12/2023	11.00	279,02	33,2	16,67	2,89	48,18
10/12/2023	11.30	189,73	31,4	14,97	2,20	32,93
10/12/2023	12.00	167,41	32,8	14,46	1,95	28,20
10/12/2023	12.30	245,54	34,1	15,53	2,60	40,38
10/12/2023	13.00	323,66	34,6	14,79	3,71	54,87
10/12/2023	13.30	312,50	34,5	14,85	3,66	54,35
10/12/2023	14.00	223,21	32,8	13,93	2,78	38,73
10/12/2023	14.30	301,34	34,7	14,89	3,40	50,63
10/12/2023	15.00	200,89	32,0	13,63	2,58	35,17
10/12/2023	15.30	200,89	31,5	13,43	2,48	33,31
10/12/2023	16.00	122,77	31,1	13,22	1,66	21,95

Tabel 12 Hasil Pengujian Hari Ketiga Cuaca Hujan

Tanggal	Waktu	<i>Irradiance</i> (W/m ²)	Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
02/12/2023	08.00	133,93	28,5	11,58	1,74	20,15
02/12/2023	08.30	100,45	28,9	12,15	1,26	15,31
02/12/2023	09.00	178,57	31,9	12,54	2,20	27,59
02/12/2023	09.30	66,96	27,8	12,05	0,81	9,76
02/12/2023	10.00	223,21	34,5	13,30	2,79	37,11
02/12/2023	10.30	133,93	29,1	12,28	1,67	20,51
02/12/2023	11.00	78,12	29,2	12,16	1,12	13,62
02/12/2023	11.30	89,29	32,0	12,57	1,25	15,71
02/12/2023	12.00	66,96	31,9	12,28	0,83	10,19
02/12/2023	12.30	66,96	30,7	12,12	0,83	10,06
02/12/2023	13.00	66,96	28,9	12,06	0,83	10,01
02/12/2023	13.30	66,96	27,5	12,16	0,86	10,46
02/12/2023	14.00	178,57	31,6	12,30	2,39	29,40
02/12/2023	14.30	145,09	28,5	12,10	1,78	21,54
02/12/2023	15.00	133,93	30,3	12,43	1,66	20,63
02/12/2023	15.30	156,25	30,0	13,16	2,06	27,11
02/12/2023	16.00	100,45	28,0	12,83	1,19	15,27

Tabel 13 Efisiensi Cuaca Cerah

Waktu	Efisiensi Hari Pertama (%)	Efisiensi Hari Kedua (%)	Efisiensi Hari Ketiga (%)
08.00	19,48	19,56	19,92
08.30	19,44	18,88	21,10
09.00	20,43	19,88	19,56
09.30	19,52	21,37	20,97
10.00	19,42	20,57	20,54

10.30	18,70	20,30	20,89
11.00	19,22	19,45	19,74
11.30	18,86	19,29	21,44
12.00	20,33	20,33	20,79
12.30	19,04	19,22	21,15
13.00	19,28	19,42	20,81
13.30	19,58	19,47	19,42
14.00	19,86	20,07	20,99
14.30	22,08	20,56	21,58
15.00	21,34	21,15	21,96
15.30	21,15	20,24	21,76
16.00	20,25	20,11	21,06
Rata-rata	19,88	19,99	20,80

Tabel 14 Efisiensi Cuaca Berawan

Waktu	Efisiensi Hari Pertama (%)	Efisiensi Hari Kedua (%)	Efisiensi Hari Ketiga (%)
08.00	20,76	20,84	19,52
08.30	19,22	19,14	20,60
09.00	21,88	20,36	19,29
09.30	19,70	18,99	19,46
10.00	22,52	18,91	20,03
10.30	21,36	19,89	21,54
11.00	22,00	19,74	21,56
11.30	21,17	21,42	21,68
12.00	20,59	21,74	21,03
12.30	22,35	20,35	20,54
13.00	22,52	21,52	21,17
13.30	22,13	19,69	21,72
14.00	21,20	20,83	21,66
14.30	21,77	22,65	20,98
15.00	19,79	22,10	21,86
15.30	20,16	21,74	20,70
16.00	18,34	21,40	22,32
Rata-rata	21,03	20,67	20,92

Tabel 15 Efisiensi Cuaca Hujan

Waktu	Efisiensi Hari Pertama (%)	Efisiensi Hari Kedua (%)	Efisiensi Hari Ketiga (%)
08.00	21,09	19,79	18,79
08.30	20,49	20,88	19,03
09.00	20,06	20,71	19,29

09.30	20,71	20,04	18,20
10.00	21,26	19,50	20,76
10.30	21,33	19,95	19,12
11.00	21,91	20,44	21,77
11.30	20,36	20,37	21,97
12.00	20,74	19,50	19,01
12.30	19,18	21,26	18,76
13.00	20,08	19,57	18,67
13.30	19,85	19,02	19,50
14.00	20,19	19,32	20,56
14.30	20,56	20,26	18,54
15.00	20,73	19,67	19,24
15.30	20,54	18,99	21,67
16.00	19,52	19,51	18,98
Rata-rata	20,51	19,93	19,64

Tabel 16 Rata-rata Suhu Permukaan Modul Surya

Waktu	Suhu Hari Pertama (°C)	Suhu Hari Kedua (°C)	Suhu Hari Ketiga (°C)
Cuaca Cerah	46,5	44,7	44,2
Cuaca Berawan	32,8	34,3	34,2
Cuaca Hujan	28,2	29,4	30,0

Tabel 17 Ketinggian Air 6 cm

Tanggal	Waktu	Target Ketinggian Air (cm)	Ketinggian Air (cm)	Kesalahan (%)
02/12/2023	08.00	6,00	6,18	3,00
02/12/2023	08.30	6,00	6,18	3,00
02/12/2023	09.00	6,00	6,18	3,00
02/12/2023	09.30	6,00	6,18	3,00
02/12/2023	10.00	6,00	6,18	3,00
02/12/2023	10.30	6,00	6,22	3,67
02/12/2023	11.00	6,00	6,18	3,00
02/12/2023	11.30	6,00	6,22	3,67
02/12/2023	12.00	6,00	6,22	3,67
02/12/2023	12.30	6,00	6,18	3,00
02/12/2023	13.00	6,00	6,22	3,67
02/12/2023	13.30	6,00	6,22	3,67
02/12/2023	14.00	6,00	6,22	3,67
02/12/2023	14.30	6,00	6,22	3,67
02/12/2023	15.00	6,00	6,22	3,67

02/12/2023	15.30	6,00	6,18	3,00
02/12/2023	16.00	6,00	6,18	3,00
Rata-rata				3,31

Tabel 18 Ketinggian Air 8 cm

Tanggal	Waktu	Target Ketinggian Air (cm)	Ketinggian Air (cm)	Kesalahan (%)
29/11/2023	08.00	8,00	8,28	3,50
29/11/2023	08.30	8,00	8,28	3,50
29/11/2023	09.00	8,00	8,32	4,00
29/11/2023	09.30	8,00	8,28	3,50
29/11/2023	10.00	8,00	8,28	3,50
29/11/2023	10.30	8,00	8,28	3,50
29/11/2023	11.00	8,00	8,28	3,50
29/11/2023	11.30	8,00	8,28	3,50
29/11/2023	12.00	8,00	8,28	3,50
29/11/2023	12.30	8,00	8,28	3,50
29/11/2023	13.00	8,00	8,28	3,50
29/11/2023	13.30	8,00	8,28	3,50
29/11/2023	14.00	8,00	8,32	4,00
29/11/2023	14.30	8,00	8,28	3,50
29/11/2023	15.00	8,00	8,32	4,00
29/11/2023	15.30	8,00	8,28	3,50
29/11/2023	16.00	8,00	8,32	4,00
Rata-rata				3,62

Tabel 19 Ketinggian Air 10 cm

Tanggal	Waktu	Target Ketinggian Air (cm)	Ketinggian Air (cm)	Kesalahan (%)
03/12/2023	08.00	10,00	10,27	2,70
03/12/2023	08.30	10,00	10,27	2,70
03/12/2023	09.00	10,00	10,31	3,10
03/12/2023	09.30	10,00	10,31	3,10
03/12/2023	10.00	10,00	10,31	3,10
03/12/2023	10.30	10,00	10,31	3,10
03/12/2023	11.00	10,00	10,27	2,70
03/12/2023	11.30	10,00	10,27	2,70
03/12/2023	12.00	10,00	10,27	2,70
03/12/2023	12.30	10,00	10,31	3,10
03/12/2023	13.00	10,00	10,27	2,70
03/12/2023	13.30	10,00	10,24	2,40

03/12/2023	14.00	10,00	10,24	2,40
03/12/2023	14.30	10,00	10,24	2,40
03/12/2023	15.00	10,00	10,24	2,40
03/12/2023	15.30	10,00	10,27	2,70
03/12/2023	16.00	10,00	10,24	2,40
Rata-rata				2,73

LAMPIRAN B LISTING PROGRAM

```
// Template ID Aplikasi Blynk
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6lqFuKaFJ"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "ONLINE MONITORING"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "L1lRYEqBItJxd0HicfEyNpR0IIInLTlSs"

// Library SoftwareSerial.h
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial PZEMSerial;

// Deklarasi Sensor PZEM 017
#include <ModbusMaster.h>
#define MAX485_DE 4
#define MAX485_RE 4

static uint8_t pzemSlaveAddr = 0x01;
static uint16_t NewshuntAddr = 0x0001;

ModbusMaster node;

float PZEMVoltage =0;
float PZEMCurrent =0;
float PZEMPower =0;
float PZEMEnergy=0;

unsigned long startMillisPZEM;
unsigned long currentMillisPZEM;
const unsigned long periodPZEM = 1000;

unsigned long startMillisReadData;
unsigned long currentMillisReadData;
```

```

    const unsigned long periodReadData = 1000;
    int ResetEnergy = 0;
    int a = 1;
    unsigned long startMillis1;

#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>
#include <SD.h>
#include <SPI.h>

#define BLYNK_PRINT Serial
#include <WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
char auth[] = "L1lRYEqBItJxd0HicfEyNpR0IInLTlSs";
char ssid[] = "Galaxy A20s1643";
char pass[] = "1234567899";

long duration;
float distance;
const int trigPin = 2;
const int echoPin = 12;
const int maxDistance = 20.0;
const int chipSelect = 5;
const char* filename = "/mydata.txt";
#define relayPin 15

RTC_DS3231 rtc;
File dataFile;

// Pin Motor Driver L298N
const int ENA = 26;
const int IN1 = 27;

```

```

const int IN2 = 14;
// PID Variables
float setpoint = 6.0; // Sesuaikan dengan ketinggian air yang ingin
dijaga
float kp = 305;
float ki = 0.0001;
float kd = 170;
float integral = 0;
float previous_error = 0;
float output;
float maxOutput = 500;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  rtc.begin();

  startMillis1 = millis();

  PZEMSerial.begin(9600, SWSERIAL_8N2, 16, 17);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);

  // PZEM-017 DC Energy Meter
  startMillisPZEM = millis();
  pinMode(MAX485_RE, OUTPUT);
  pinMode(MAX485_DE, OUTPUT);
  digitalWrite(MAX485_RE, 4);
  digitalWrite(MAX485_DE, 4);

  node.preTransmission(preTransmission);
  node.postTransmission(postTransmission);
  node.begin(pzemSlaveAddr, PZEMSerial);

```



```

    delay(1000);
startMillisReadData = millis();

// Setup Ultrasonic Sensor
pinMode(trigPin, OUTPUT);
pinMode(echoPin, INPUT);

// Setup Motor Driver L298N
pinMode(ENA, OUTPUT);
pinMode(IN1, OUTPUT);
pinMode(IN2, OUTPUT);

// Setup Relay
pinMode(relayPin, OUTPUT);
digitalWrite(IN1, HIGH);
digitalWrite(IN2, LOW);
digitalWrite(relayPin, LOW); // Matikan relay saat startup

// Setup Micro SD Card
if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("Card initialization failed.");
    return;
}
Serial.println("Card initialized.");

// Setup RTC
if (!rtc.begin()) {
    Serial.println("RTC is NOT running!");
}
if (rtc.lostPower())
{
    Serial.println("RTC lost power, let's set the time!");
}

```

```

    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)); }

}

void loop() {
  DateTime now = rtc.now();
  Blynk.run();

  if ((millis()- startMillis1 >= 10000) && (a ==1))
  {
    setShunt(pzemSlaveAddr);
    changeAddress(0XF8, pzemSlaveAddr);
    a = 0;
  }

  // Pembacaan Sensor PZEM-017
  currentMillisPZEM = millis();

  if (currentMillisPZEM - startMillisPZEM >=
periodPZEM)
  {
    uint8_t
result;

    result = node.readInputRegisters(0x0000,
6);
    if (result ==
node.ku8MBSuccess)

    {
      uint32_t tempdouble =
0x00000000;
      PZEMVoltage = node.getResponseBuffer(0x0000) /
100.0;

      PZEMCurrent = node.getResponseBuffer(0x0001) * 2.25 /
100.0;

```

```

    tempdouble = (node.getResponseBuffer(0x0003) << 16) +
node.getResponseBuffer(0x0002);

    PZEMPower = PZEMCurrent * PZEMVoltage ;

    if
(pzemSlaveAddr==2)

    {
    }
    else
    {
    }
    startMillisPZEM = currentMillisPZEM
;
}

// Pengiriman Data Sensor PZEM017 Ke Aplikasi Blynk
currentMillisReadData =
millis();
if (currentMillisReadData - startMillisReadData >=
periodReadData)
{
    Serial.print("Vdc : "); Serial.print(PZEMVoltage); Serial.println(" V
");
    Serial.print("Idc : "); Serial.print(PZEMCurrent); Serial.println(" A
");
    Serial.print("Power : "); Serial.print(PZEMPower); Serial.println(" W
");
    Blynk.virtualWrite(V0,PZEMVoltage);

    Blynk.virtualWrite(V1,PZEMCurrent);
    Blynk.virtualWrite(V2,PZEMPower);
    startMillisReadData = millis();
}

// Pembacaan Sensor HCSR 04
digitalWrite(trigPin, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin, HIGH);

```

```

delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
distance = 17.25 - (duration / 2) / 29.1; // Convert to centimeters

// Perhitungan PID
float error = setpoint - distance;
integral += error;
float derivative = error - previous_error;
output = kp * error + ki * integral + kd * derivative;

// Sistem Kendali Pompa
if (output > 0)
{
    analogWrite(ENA, output);
}

if (distance < 6)
{
    analogWrite(ENA, output);
}

if (distance < 6)
{
    output = output;
}

if (output > 500)
{
    output = maxOutput;
}

```

```

if (distance >= 6 )
{
  output = 0;
}

if(output <= 0)
{
  output = 0;
}

if(distance >= 6)
{
  analogWrite(ENA, 0);
}

if(distance > 20)
{
  distance = maxDistance;
}

if(distance < 0)
{
  distance = 0;
}
previous_error = error;

// Menampilkan Data Sensor HCSR 04 ke Serial Monitor
Serial.print("Water Level : ");
Serial.print(distance);
Serial.print("cm");

// Pengiriman data Sensor HCSR 04 ke Aplikasi Blynk

```

```

Blynk.virtualWrite(V3,distance);

// Sistem Kendali Relay
if (distance < 6.0)
{
    digitalWrite(relayPin, HIGH); // Matikan relay
    Serial.println(" ");
    Serial.print("Valve Close");
    Serial.println(" ");
}

if (distance >= 6.0)
{
    digitalWrite(relayPin, LOW); //
    Serial.println(" ");
    Serial.print("Valve Open");
    Serial.println(" ");
}

// Menampilkan Data Sensor RTCDS3231 ke Serial Monitor
Serial.print("Timestamp: ");
Serial.print(now.day(), DEC);
Serial.print('/');
Serial.print(now.month(), DEC);
Serial.print('/');
Serial.print(now.year(), DEC);
Serial.print(' ');
Serial.print(now.hour(), DEC);
Serial.print('.');
Serial.print(now.minute(), DEC);
Serial.print('.');
Serial.print(now.second(), DEC);

```

```

Serial.println();

// Menyimpan Data ke Modul Micro SD
dataFile = SD.open(filename, FILE_APPEND);

if (dataFile)
{
    dataFile.print(now.day(), DEC);
    dataFile.print('/');
    dataFile.print(now.month(), DEC);
    dataFile.print('/');
    dataFile.print(now.year(), DEC);
    dataFile.print("|");

    dataFile.print(now.hour(), DEC);
    dataFile.print('.');
    dataFile.print(now.minute(), DEC);
    dataFile.print('.');
    dataFile.print(now.second(), DEC);
    dataFile.print(" | ");

    dataFile.print("Vdc (V) : "); dataFile.print(PZEMVoltage);
dataFile.print(" | ");
    dataFile.print("Idc (A) : "); dataFile.print(PZEMCurrent);
dataFile.print(" | ");
    dataFile.print("Power (W) : "); dataFile.print(PZEMPower);
dataFile.print(" | ");
    dataFile.print("Water Level (cm): "); dataFile.print(distance);
dataFile.println(" ");
    dataFile.close();
    Serial.println("Data is saved on SD Card.");
}
else
{

```

```

        Serial.println("Data is not saved on SD Card.");
    }
    delay(1000);
}

void
preTransmission()

{
    //PZEM-017 DC Energy Meter
    if(millis() - startMillis1 >
5000)
    {
        digitalWrite(MAX485_RE,
1);
        digitalWrite(MAX485_DE,
1);
        delay(1);

    }
}

void
postTransmission()

{

    /* 1- PZEM-017 DC Energy Meter */
    if(millis() - startMillis1 >
5000)
    {
        delay(3);

        digitalWrite(MAX485_RE,
0);
        digitalWrite(MAX485_DE,
0);
    }
}

void setShunt(uint8_t
slaveAddr)

{

```



```

/* 1- PZEM-017 DC Energy Meter */
static uint8_t SlaveParameter =
0x06;
static uint16_t registerAddress =
0x0003;

uint16_t u16CRC =
0xFFFF;

u16CRC = crc16_update(u16CRC,
slaveAddr);
u16CRC = crc16_update(u16CRC, SlaveParameter);
u16CRC = crc16_update(u16CRC, highByte(registerAddress));
u16CRC = crc16_update(u16CRC, lowByte(registerAddress));
u16CRC = crc16_update(u16CRC, highByte(NewshuntAddr));
u16CRC = crc16_update(u16CRC, lowByte(NewshuntAddr));

preTransmission();

PZEMSerial.write(slaveAddr);

PZEMSerial.write(SlaveParameter);
PZEMSerial.write(highByte(registerAddress));
PZEMSerial.write(lowByte(registerAddress));
PZEMSerial.write(highByte(NewshuntAddr));
PZEMSerial.write(lowByte(NewshuntAddr));
PZEMSerial.write(lowByte(u16CRC));
PZEMSerial.write(highByte(u16CRC));
delay(10);
postTransmission();

delay(100);
}

BLYNK_WRITE(V4)
{
if(param.asInt()==1

```

```

{
    uint16_t u16CRC = 0xFFFF;
    static uint8_t resetCommand = 0x42;
    uint8_t slaveAddr = pzemSlaveAddr;
    u16CRC = crc16_update(u16CRC, slaveAddr);
    u16CRC = crc16_update(u16CRC, resetCommand);
    preTransmission();
    PZEMSerial.write(slaveAddr);
    PZEMSerial.write(resetCommand);
    PZEMSerial.write(lowByte(u16CRC));
    PZEMSerial.write(highByte(u16CRC));
    delay(10);
    postTransmission();
    delay(100);
}
}

void changeAddress(uint8_t OldslaveAddr, uint8_t
NewslaveAddr)
{
    // PZEM-017 DC Energy Meter
    static uint8_t SlaveParameter =
0x06;
    static uint16_t registerAddress =
0x0002;
    uint16_t u16CRC =
0xFFFF;

    u16CRC = crc16_update(u16CRC,
OldslaveAddr);
    u16CRC = crc16_update(u16CRC, SlaveParameter);
    u16CRC = crc16_update(u16CRC, highByte(registerAddress));
    u16CRC = crc16_update(u16CRC, lowByte(registerAddress));
    u16CRC = crc16_update(u16CRC, highByte(NewslaveAddr));
    u16CRC = crc16_update(u16CRC, lowByte(NewslaveAddr)

```

```
preTransmission();

PZEMSerial.write(OldslaveAddr);

PZEMSerial.write(SlaveParameter);
PZEMSerial.write(highByte(registerAddress));
PZEMSerial.write(lowByte(registerAddress));
PZEMSerial.write(highByte(NewslaveAddr));
PZEMSerial.write(lowByte(NewslaveAddr));
PZEMSerial.write(lowByte(u16CRC));
PZEMSerial.write(highByte(u16CRC));
delay(10);
postTransmission();

delay(100);
}
```

LAMPIRAN C PERHITUNGAN

A. Perhitungan Pengujian Sistem PID Ketinggian Air 6 cm

1. *Rise Time*

Nilai *rise time* diperoleh menggunakan Persamaan (2.7), berikut adalah perhitungannya.

$$t = 50 \text{ s}$$

Maka:

$$\text{Rise Time} = t - 1$$

$$\text{Rise Time} = 50 - 1$$

$$\text{Rise Time} = 49 \text{ s}$$

2. *Settling Time*

Nilai *settling time* diperoleh menggunakan Persamaan (2.9), berikut adalah perhitungannya.

$$t = 69$$

Maka:

$$\text{Settling Time} = t - 1$$

$$\text{Settling Time} = 69 - 1$$

$$\text{Settling Time} = 68 \text{ s}$$

3. *Error Steady State*

Nilai *error steady state* diperoleh menggunakan Persamaan (2.10), berikut adalah perhitungannya.

$$h \text{ stabil} = 6,18 \text{ cm}$$

$$\text{Set Point} = 6 \text{ cm}$$

Maka:

$$\text{Error Steady State} = h \text{ stabil} - \text{Set Point}$$

$$\text{Error Steady State} = 6,18 - 6$$

$$\text{Error Steady State} = 0,18 \text{ cm}$$

$$\text{Nilai Kesalahan} = \frac{0,18}{6} \times 100\%$$

$$\text{Nilai Kesalahan} = 3 \%$$

4. *Over Shoot*

Nilai *over shoot* diperoleh menggunakan Persmaan (2.8), berikut adalah perhitungannya.

$$h \text{ Maksimal} = 6,22 \text{ cm}$$

$$h \text{ stabil} = 6,18 \text{ cm}$$

Maka:

$$\text{Over Shoot} = \frac{h \text{ maksimal} - h \text{ stabil}}{h \text{ stabil}} \times 100\%$$

$$\text{Over Shoot} = \frac{6,22 - 6,18}{6,18} \times 100\%$$

$$\text{Over Shoot} = 0,64\%$$

B. Perhitungan Pengujian Sitem PID Ketinggian Air 8 cm

1. *Rise Time*

Nilai *rise time* diperoleh menggunakan Persamaan (2.7), berikut adalah perhitungannya.

$$t = 75 \text{ s}$$

Maka:

$$\text{Rise Time} = t - 1$$

$$\text{Rise Time} = 75 - 1$$

$$\text{Rise Time} = 74 \text{ s}$$

2. *Settling Time*

Nilai *settling time* diperoleh menggunakan Persamaan (2.9), berikut adalah perhitungannya.

$$t = 88$$

Maka:

$$\text{Settling Time} = t - 1$$

$$\text{Settling Time} = 88 - 1$$

$$\text{Settling Time} = 87 \text{ s}$$

3. *Error Steady State*

Nilai *error steady state* diperoleh menggunakan Persamaan (2.10), berikut adalah perhitungannya.

$$h \text{ Stabil} = 8,28 \text{ cm}$$

Set Point = 8 cm

Maka:

Error Steady State = h stabil – *Set Point*

Error Steady State = 8,28 – 8

Error Steady State = 0,28 cm

Nilai Kesalahan = $\frac{0,28}{8} \times 100\%$

Nilai Kesalahan = 3,5 %

4. *Over Shoot*

Nilai *over shoot* diperoleh menggunakan Persmaan (2.8), berikut adalah perhitungannya.

h maksimal = 8,32 cm

h stabil = 8,28 cm

Maka:

Over Shoot = $\frac{h \text{ maksimal} - h \text{ stabil}}{h \text{ stabil}} \times 100\%$

Over Shoot = $\frac{8,32 - 8,28}{8,28} \times 100\%$

Over Shoot = 0,48%

C. Pengujian Sistem PID Ketinggian Air 10 cm

1. *Rise Time*

Nilai *rise time* diperoleh menggunakan Persamaan (2.7), berikut adalah perhitungannya.

t = 92 s

Maka:

Rise Time = t – 1

Rise Time = 92-1

Rise Time = 91 s

2. *Settling Time*

Nilai *settling time* diperoleh menggunakan Persamaan (2.9), berikut adalah perhitungannya.

t = 103

Maka:

$$\text{Settling Time} = t - 1$$

$$\text{Settling Time} = 103 - 1$$

$$\text{Settling Time} = 102 \text{ s}$$

3. *Error Steady State*

Nilai *error steady state* diperoleh menggunakan Persamaan (2.10), berikut adalah perhitungannya.

$$h \text{ Stabil} = 10,27 \text{ cm}$$

$$\text{Set Point} = 10 \text{ cm}$$

Maka:

$$\text{Error Steady State} = h \text{ stabil} - \text{Set Point}$$

$$\text{Error Steady State} = 10,27 - 10$$

$$\text{Error Steady State} = 0,27 \text{ cm}$$

$$\text{Nilai Kesalahan} = \frac{0,27}{10} \times 100\%$$

$$\text{Nilai Kesalahan} = 2,7 \%$$

4. *Over Shoot*

Nilai *over shoot* diperoleh menggunakan Persamaan (2.8), berikut adalah perhitungannya.

$$h \text{ maksimal} = 10,31 \text{ cm}$$

$$h \text{ stabil} = 10,27 \text{ cm}$$

Maka:

$$\text{Over Shoot} = \frac{h \text{ maksimal} - h \text{ stabil}}{h \text{ stabil}} \times 100\%$$

$$\text{Over Shoot} = \frac{10,31 - 10,27}{10,27} \times 100\%$$

$$\text{Over Shoot} = 0,38\%$$

C. Perhitungan Efisiensi Modul Surya

Nilai efisiensi modul surya diperoleh melalui persamaan (2.1), persamaan (2.2) dan persamaan (2.5), berikut contoh perhitungan dari efisiensi modul surya.

$$\begin{aligned} 1. \quad P_{out} &= 130,78 \text{ W} \\ Ir &= 803,11 \text{ W/m}^2 \\ A &= 0,8008 \text{ m}^2 \text{ (nameplate)} \end{aligned}$$

Maka:

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

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

$$P_{in} = 803,11 \times 0,8008$$

$$P_{in} = 643,13 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{130,78}{643,13} \times 100\%$$

$$\eta = 20,33\%$$

$$\begin{aligned} 2. \quad P_{out} &= 117,59 \text{ W} \\ Ir &= 722,40 \text{ W/m}^2 \\ A &= 0,8008 \text{ m}^2 \text{ (nameplate)} \end{aligned}$$

Maka:

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

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

$$P_{in} = 722,40 \times 0,8008$$

$$P_{in} = 578,50 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{117,59}{578,50} \times 100\%$$

$$\eta = 20,33\%$$

$$\begin{aligned} 3. \quad P_{out} &= 137,96 \text{ W} \\ Ir &= 814,71 \text{ W/m}^2 \\ A &= 0,8008 \text{ m}^2 \text{ (nameplate)} \end{aligned}$$

Maka:

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

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

$$P_{in} = 814,71 \times 0,8008$$

$$P_{in} = 652,42 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{137,96}{652,42} \times 100\%$$

$$\eta = 21,15\%$$

4. $P_{out} = 47,85 \text{ W}$

$$I_r = 290,18 \text{ W/m}^2$$

$$A = 0,8008 \text{ m}^2 \text{ (nameplate)}$$

Maka:

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

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

$$P_{in} = 290,18 \times 0,8008$$

$$P_{in} = 232,38 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{47,85}{232,38} \times 100\%$$

$$\eta = 20,59\%$$

5. $P_{out} = 62,53 \text{ W}$

$$I_r = 412,95 \text{ W/m}^2$$

$$A = 0,8008 \text{ m}^2 \text{ (nameplate)}$$

Maka:

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

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

$$P_{in} = 412,95 \times 0,8008$$

$$P_{in} = 330,69 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{62,53}{330,69} \times 100\%$$

$$\eta = 18,91\%$$

6. $P_{out} = 57,30 \text{ W}$

$$I_r = 357,14 \text{ W/m}^2$$

$$A = 0,8008 \text{ m}^2 \text{ (nameplate)}$$

Maka:

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

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

$$P_{in} = 357,14 \times 0,8008$$

$$P_{in} = 286 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{57,30}{286} \times 100\%$$

$$\eta = 20,03\%$$

7. $P_{out} = 31,46 \text{ W}$
 $I_r = 189,73 \text{ W/m}^2$
 $A = 0,8008 \text{ m}^2$ (*nameplate*)

Maka:

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

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

$$P_{in} = 189,73 \times 0,8008$$

$$P_{in} = 151,94 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{31,46}{189,73} \times 100\%$$

$$\eta = 20,71\%$$

8. $P_{out} = 50,98 \text{ W}$
 $I_r = 323,66 \text{ W/m}^2$
 $A = 0,8008 \text{ m}^2$ (*nameplate*)

Maka:

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

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

$$P_{in} = 323,66 \times 0,8008$$

$$P_{in} = 259,19 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{50,98}{323,66} \times 100\%$$

$$\eta = 19,67\%$$

9. $P_{out} = 37,11 \text{ W}$
 $Ir = 223,21 \text{ W/m}^2$
 $A = 0,8008 \text{ m}^2$ (*nameplate*)

Maka:

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

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

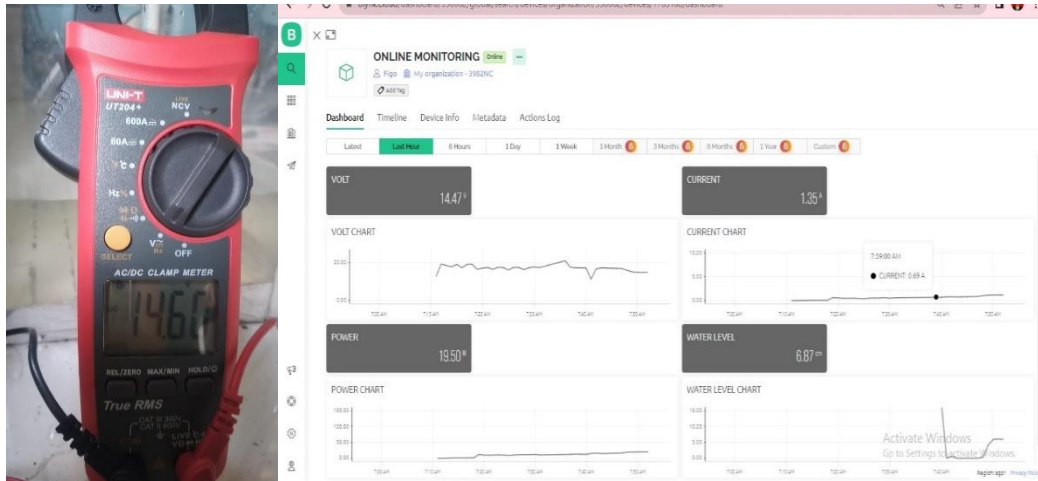
$$P_{in} = 223,21 \times 0,8008$$

$$P_{in} = 178,75,38 \text{ W}$$

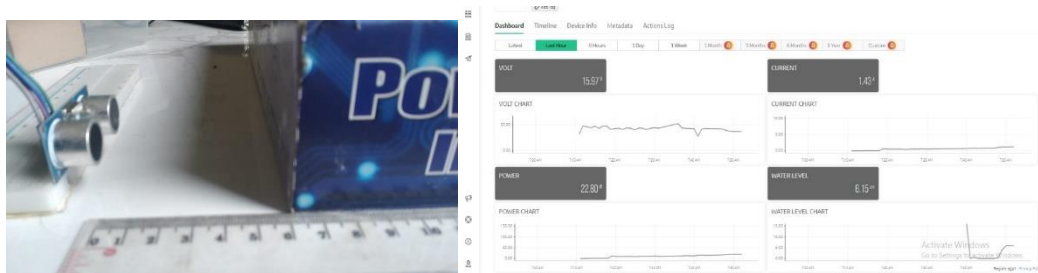
$$\eta = \frac{37,11}{178,75} \times 100\%$$

$$\eta = 20,76\%$$

LAMPIRAN D DOKUMENTASI



Gambar 1 Pengujian Sensor PZEM 017



Gambar 2 Pengujian Sensor HCSR 04

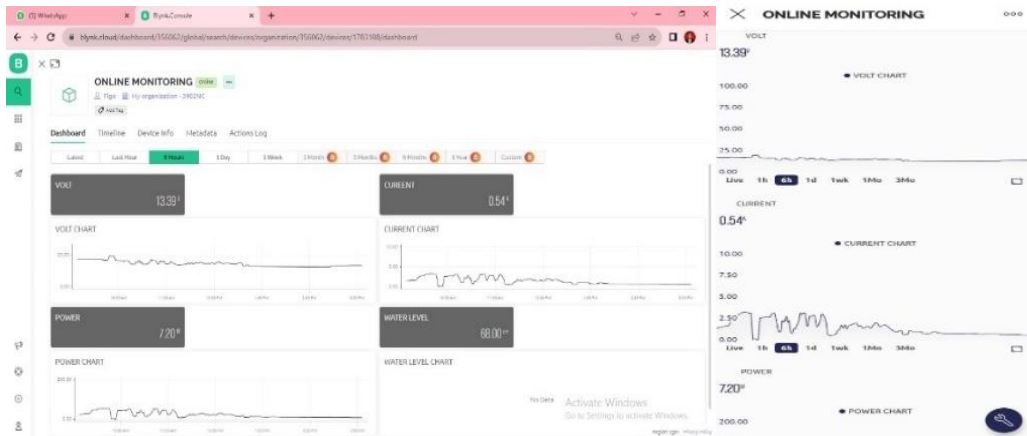
29/11/2023	13.13.37	Vdc (V) : 14.39	Idc (A) : 3.44	Power (W) : 49.50	Water Level (cm) : 7.56
29/11/2023	13.13.40	Vdc (V) : 14.79	Idc (A) : 3.28	Power (W) : 48.50	Water Level (cm) : 8.32
29/11/2023	13.13.42	Vdc (V) : 14.39	Idc (A) : 3.43	Power (W) : 49.30	Water Level (cm) : 7.56
29/11/2023	13.13.44	Vdc (V) : 14.81	Idc (A) : 3.27	Power (W) : 48.40	Water Level (cm) : 7.22
29/11/2023	13.13.46	Vdc (V) : 15.25	Idc (A) : 3.09	Power (W) : 47.10	Water Level (cm) : 8.28
29/11/2023	13.13.48	Vdc (V) : 14.40	Idc (A) : 3.42	Power (W) : 49.20	Water Level (cm) : 7.56
29/11/2023	13.13.50	Vdc (V) : 14.82	Idc (A) : 3.26	Power (W) : 48.30	Water Level (cm) : 7.22
29/11/2023	13.13.53	Vdc (V) : 15.22	Idc (A) : 3.09	Power (W) : 47.00	Water Level (cm) : 7.22
29/11/2023	13.13.55	Vdc (V) : 15.22	Idc (A) : 3.09	Power (W) : 47.00	Water Level (cm) : 7.22
29/11/2023	13.13.59	Vdc (V) : 15.22	Idc (A) : 3.09	Power (W) : 47.00	Water Level (cm) : 7.22
29/11/2023	13.14.3	Vdc (V) : 15.08	Idc (A) : 3.15	Power (W) : 47.50	Water Level (cm) : 7.22
29/11/2023	13.14.5	Vdc (V) : 14.92	Idc (A) : 3.22	Power (W) : 48.00	Water Level (cm) : 7.22
29/11/2023	13.14.7	Vdc (V) : 14.91	Idc (A) : 3.22	Power (W) : 48.00	Water Level (cm) : 7.94
29/11/2023	13.14.9	Vdc (V) : 14.90	Idc (A) : 3.22	Power (W) : 47.90	Water Level (cm) : 8.28
29/11/2023	13.14.11	Vdc (V) : 14.43	Idc (A) : 3.40	Power (W) : 49.00	Water Level (cm) : 7.50
29/11/2023	13.14.13	Vdc (V) : 14.84	Idc (A) : 3.24	Power (W) : 48.00	Water Level (cm) : 7.22
29/11/2023	13.14.16	Vdc (V) : 15.27	Idc (A) : 3.07	Power (W) : 46.80	Water Level (cm) : 7.56
29/11/2023	13.14.18	Vdc (V) : 15.21	Idc (A) : 3.07	Power (W) : 46.60	Water Level (cm) : 7.56
29/11/2023	13.14.20	Vdc (V) : 15.21	Idc (A) : 3.07	Power (W) : 46.60	Water Level (cm) : 7.94
29/11/2023	13.14.24	Vdc (V) : 14.96	Idc (A) : 3.19	Power (W) : 47.70	Water Level (cm) : 8.97
29/11/2023	13.14.26	Vdc (V) : 14.96	Idc (A) : 3.19	Power (W) : 47.70	Water Level (cm) : 7.22
29/11/2023	13.14.30	Vdc (V) : 14.79	Idc (A) : 3.26	Power (W) : 48.20	Water Level (cm) : 8.32
29/11/2023	13.14.32	Vdc (V) : 14.39	Idc (A) : 3.40	Power (W) : 48.90	Water Level (cm) : 7.56
29/11/2023	13.14.34	Vdc (V) : 14.78	Idc (A) : 3.25	Power (W) : 48.00	Water Level (cm) : 8.32
29/11/2023	13.14.37	Vdc (V) : 14.39	Idc (A) : 3.40	Power (W) : 48.90	Water Level (cm) : 7.22
29/11/2023	13.14.39	Vdc (V) : 14.84	Idc (A) : 3.24	Power (W) : 48.00	Water Level (cm) : 8.28
29/11/2023	13.14.41	Vdc (V) : 14.38	Idc (A) : 3.40	Power (W) : 48.80	Water Level (cm) : 7.22
29/11/2023	13.14.43	Vdc (V) : 14.80	Idc (A) : 3.22	Power (W) : 47.60	Water Level (cm) : 8.32
29/11/2023	13.14.45	Vdc (V) : 14.39	Idc (A) : 3.40	Power (W) : 48.90	Water Level (cm) : 7.56
29/11/2023	13.14.47	Vdc (V) : 14.39	Idc (A) : 3.40	Power (W) : 48.90	Water Level (cm) : 8.97
29/11/2023	13.14.52	Vdc (V) : 14.39	Idc (A) : 3.40	Power (W) : 48.90	Water Level (cm) : 8.28
29/11/2023	13.14.54	Vdc (V) : 14.39	Idc (A) : 3.40	Power (W) : 48.90	Water Level (cm) : 7.56
29/11/2023	13.14.56	Vdc (V) : 14.80	Idc (A) : 3.25	Power (W) : 48.10	Water Level (cm) : 7.22
29/11/2023	13.14.58	Vdc (V) : 15.16	Idc (A) : 3.08	Power (W) : 46.60	Water Level (cm) : 7.22
29/11/2023	13.15.0	Vdc (V) : 14.93	Idc (A) : 3.19	Power (W) : 47.60	Water Level (cm) : 8.32
29/11/2023	13.15.2	Vdc (V) : 14.93	Idc (A) : 3.19	Power (W) : 47.60	Water Level (cm) : 7.56
29/11/2023	13.15.6	Vdc (V) : 14.75	Idc (A) : 3.25	Power (W) : 47.90	Water Level (cm) : 7.59
29/11/2023	13.15.8	Vdc (V) : 14.96	Idc (A) : 3.18	Power (W) : 47.50	Water Level (cm) : 8.32
29/11/2023	13.15.11	Vdc (V) : 14.39	Idc (A) : 3.38	Power (W) : 48.60	Water Level (cm) : 7.22

Gambar 3 Pengujian Modul Micro SD

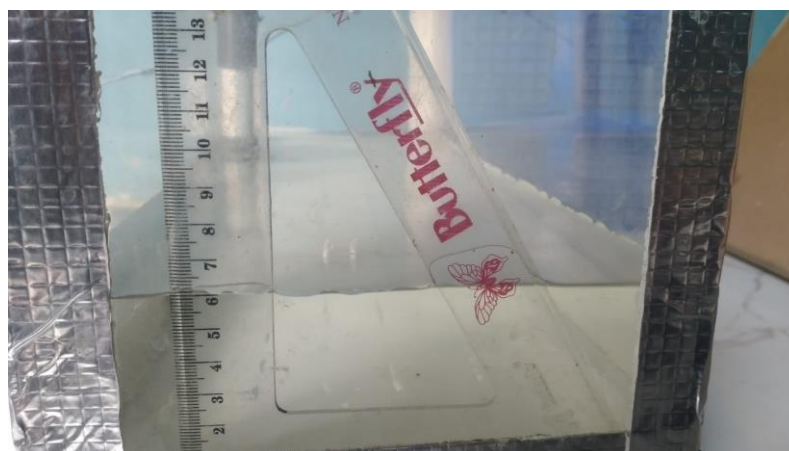
```
Output Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'DOIT ESP32 DEVKIT V1' on 'COM46')

16:37:11.978 -> Tanggal : 27/11/2023
16:37:12.016 -> Jam : 16:37:11
16:37:13.075 -> Hari : Senin
16:37:13.075 -> Tanggal : 27/11/2023
16:37:13.075 -> Jam : 16:37:12
16:37:13.954 -> Hari : Senin
16:37:13.986 -> Tanggal : 27/11/2023
16:37:14.018 -> Jam : 16:37:13
16:37:14.975 -> Hari : Senin
16:37:14.975 -> Tanggal : 27/11/2023
16:37:15.008 -> Jam : 16:37:14
16:37:15.962 -> Hari : Senin
16:37:15.989 -> Tanggal : 27/11/2023
16:37:16.021 -> Jam : 16:37:15
16:37:16.974 -> Hari : Senin
16:37:16.974 -> Tanggal : 27/11/2023
16:37:17.006 -> Jam : 16:37:16
```

Gambar 4 Pengujian Sensor RTC



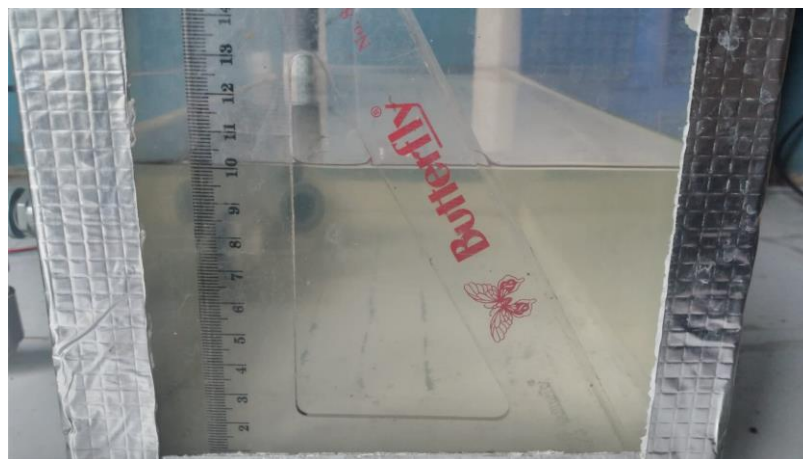
Gambar 5 Pengujian Server Blynk



Gambar 6 Pengujian Ketinggian Air 6 cm



Gambar 7 Pengujian Ketinggian Air 8 cm



Gambar 8 Pengujian Ketinggian Air 10 cm