

RANCANG BANGUN PURWARUPA TOILET PORTABLE BERDINDING PDLC DENGAN SISTEM SOLAR TRACKING BERBASIS ESP32

Regina Devia¹, Bayu Nugraha¹, Sri Pranita¹, I GAP Raka Agung², I N Setiawan²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Bali

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Bali

Email : reginadeviaa@gmail.com¹, bayunugrahap1402@gmail.com¹,
dayupranita.16@gmail.com¹, rakaagung@unud.ac.id², setiawan@unud.ac.id²

ABSTRAK

Indonesia, sebagai negara kepulauan di kawasan Pasifik, rentan terhadap berbagai bencana alam seperti gempa bumi, tsunami, dan letusan gunung berapi. Dalam situasi tersebut, infrastruktur seringkali rusak atau tidak dapat diakses. Oleh karena itu, tim peneliti merancang bangun inovasi sanitasi berupa toilet *portable* dengan *solar tracking* dan dinding PDLC untuk daerah pengungsian yang rawan bencana. *Capstone Project* ini merancang bangun toilet *portable* yang dapat menghasilkan energi listrik mandiri untuk menjalankan seluruh sistem dalam toilet. Metode pengumpulan data melibatkan observasi dan pengujian perangkat keras dan lunak, seperti sensor PIR, ultrasonik, tegangan DC 25 Volt, arus ACS712, tampilan LCD I2C, serta pengujian ketepatan waktu perintah dari server NTP yang dikirim oleh ESP32 ke Arduino. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sudut panel surya dapat diatur bergerak 20° setiap jam dari 09.00 hingga 17.00 untuk memaksimalkan penyerapan energi matahari. Panel surya 20 Wp mencapai daya maksimal 16,46 Watt pada pukul 11.00 Wita, dan baterai 12V- 9Ah dapat digunakan selama 3 jam 10 menit dengan beban 3 Ah. Toilet *portable* ini dapat beroperasi otomatis dan dimonitor melalui ponsel, dengan saran untuk penelitian selanjutnya mencakup detail komponen elektronika dan penerapan sistem *tracking 2 axis*.

Kata kunci: *Solar Tracking*, Sensor PIR, Sensor Ultrasonik, ESP32, PDLC, Toilet *Portable*

ABSTRACT

Indonesia, as an archipelagic country in the Pacific region, is vulnerable to various natural disasters such as earthquakes, tsunamis, and volcanic eruptions. In such situations, infrastructure is often damaged or inaccessible. Therefore, a research team has designed an innovative sanitation solution in the form of a portable toilet with solar tracking and PDLC walls for disaster-prone evacuation areas. This Capstone Project aims to design a portable toilet that can generate independent electrical energy to operate the entire system within the toilet. The data collection methods involve observations and testing of hardware and software components, such as PIR sensors, ultrasonic sensors, DC voltage of 25 volts, ACS712 current sensors, I2C LCD display, and testing the accuracy of command timing from the NTP server sent by ESP32 to Arduino. Referring to research [5] where the solar panel angle can be adjusted by 20° every hour using LDR sensors, the research team developed the study using an NTP program that moves every hour from 09:00 to 17:00 to maximize solar energy absorption. A 20 Wp solar panel reaches its maximum power of 16.46 watts at 11:00 AM local time, and a 12V 9Ah battery can be used for 3 hours and 10 minutes with a 3 Ah load. This portable toilet can operate automatically and be monitored via a mobile phone. Further research is recommended to include detailed electronic component analysis and the implementation of a 2-axis tracking system.

Keywords: *Solar Tracking*, PIR Sensor, Ultrasonic Sensor, ESP32, PDLC, Portable Toilet

1. PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara yang terletak di kawasan pasifik rentan terhadap bencana alam dan cuaca ekstrim. Situasi bencana alam seringkali menyebabkan banyak infrastruktur mengalami kerusakan yang menyebabkan sulitnya akses terhadap fasilitas sanitasi. Perancangan toilet *portable* menjadi solusi untuk memenuhi kebutuhan sanitasi masyarakat yang terdampak bencana alam.

Transisi energi fosil menuju energi terbarukan pemerintah Indonesia sedang giat membangun pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), khususnya PLTS atap sebagai sumber energi mandiri dan ramah lingkungan yang mendukung upaya pemerintah dalam mewujudkan bangunan ramah lingkungan atau *green building*. Kombinasi inovatif antara pemanfaatan energi matahari (PLTS) dan desain toilet *portable* menjadi solusi yang bermanfaat bagi masyarakat luas. PLTS yang dapat diimplementasikan di mana saja, termasuk pada toilet *portable*, memberikan solusi sanitasi di daerah terpencil saat terjadi bencana alam.

Meskipun PLTS atap menjadi tren dalam pengembangan energi terbarukan yang ramah lingkungan energi yang dapat dihasilkan belum optimal. Untuk mengatasi hal tersebut kami membuat sebuah inovasi sistem pelacakan matahari pada panel surya. Penerapan sistem ini membantu memaksimalkan penyerapan energi listrik dengan mengikuti pergerakan matahari, yang diatur menggunakan NTP. Energi yang diperoleh akan disimpan dalam baterai dan disalurkan ke beban serta komponen yang membutuhkan energi listrik.

Dalam pengembangan prototipe terdapat *Internet of Things* (IoT) yang digunakan untuk memantau tegangan dan arus pada beban serta kondisi tandon dan limbah melalui aplikasi Blynk di perangkat seluler. Implementasi *Polymer Dispersed Liquid Crystal* (PDLC) sebagai elemen penutup dinding toilet umum dengan medan listrik dari baterai menjadi teknologi transparan yang memungkinkan kontrol terhadap kejernihan atau keburaman dinding toilet. Pompa air, sebagai sumber suplai air dari tandon menuju toilet yang diaktifkan oleh sensor PIR yang memperoleh gelombang inframerah dari suhu tubuh manusia.

Melalui rancang bangun toilet *portable* dengan sistem *solar tracking* tim peneliti bertujuan mengoptimalkan penggunaan energi yang disalurkan pada toilet *portable* serta dapat memenuhi kebutuhan MCK di tempat pengungsian yang tidak terjangkau oleh listrik PLN dengan penyediaan fasilitas yang lengkap.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Panel Surya

Panel surya adalah sistem pemasangan panel yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik, yang kemudian dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik. Panel surya menjadi salah satu teknologi yang bisa menghasilkan listrik ramah lingkungan dan mendukung untuk pengurangan emisi karbon [1].

Menentukan total beban:

Menentukan total beban pemakaian per hari dapat dihitung menggunakan persamaan 1. Beban pemakaian harian = Daya (Watt) x Lama Pemakaian(h).....(1)

Menentukan jumlah panel:

Menentukan jumlah panel surya sesuai dengan beban dapat dihitung menggunakan persamaan 2 dan 3.

Total Energi = Energi harian (Wh) x Rugi – rugi sistem (%)(2)

Jumlah Panel Surya =

$$\frac{\text{Total Daya (Watt)}}{\text{Waktu Optimal Penyinaran (jam)}} \dots\dots\dots(3)$$

Menentukan kapasitas baterai:

Menentukan kapasitas baterai dapat dihitung menggunakan persamaan 4.

$$C = \frac{Ed}{Vs \times DOD} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan:

C = Kapasitas Baterai (Ampere – hour)

Ed = Konsusmsi Energi Harian (kWh)

Vs = Tegangan Baterai (Volt)

DOD = Kedalaman maksimum untuk pengosongan baterai (%)

2.2 Solar tracking

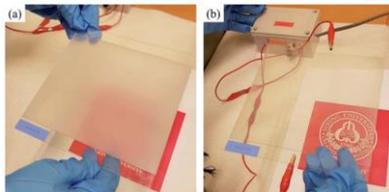
Gerak semu harian ini mempengaruhi intensitas dan sudut datang sinar matahari ke panel surya. Pada saat matahari berada pada sudut yang lebih optimal terhadap panel surya, penyerapan energi akan lebih maksimal. Tabel 1 adalah tabel pergerakan yang menunjukkan pergerakan derajat panel berdasarkan waktu [5].

Tabel 1. Pergerakan Derajat Panel Berdasarkan Waktu

No	Waktu	Posisi Panel Surya
1	08.00	Menghadap Timur ($\pm 80^\circ$)
2	09.00	Menghadap Timur ($\pm 60^\circ$)
3	10.00	Menghadap Timur ($\pm 40^\circ$)
4	11.00	Menghadap Timur ($\pm 20^\circ$)
5	12.00	Menghadap Atas ($\pm 0^\circ$)
6	13.00	Menghadap Arah Barat ($\pm 20^\circ$)
7	14.00	Menghadap Arah Barat ($\pm 40^\circ$)
8	15.00	Menghadap Arah Barat ($\pm 60^\circ$)
9	16.00	Menghadap Arah Barat ($\pm 80^\circ$)

2.3 Polymer Dispersed Liquid Crystal (PDLC)

Kristal cair (LC) adalah keadaan materi yang eksentrik di mana sifat-sifatnya terletak di antara keadaan cair dan padat yang khas. Mobilitas dan tata letak orientasi dalam kristal cair seimbang satu sama lain. Kristal cair terdispersi dalam polimer (PDLC), gabungan antara kristal cair dan polimer, telah diciptakan dan digunakan dalam berbagai aplikasi elektro-optik sejak tahun 1980-an. PDLC dapat digambarkan sebagai struktur keju Swiss dari polimer di mana kristal cair berukuran mikro mengisi lubang-lubang dalam matriks polimer yang kontinu. LC dan polimer dicampur bersama membentuk larutan homogen dan dilaminasi dengan dua substrat transparan, membentuk sel PDLC. Gambar 1 adalah gambar PDLC ketika buram dan bening [10].

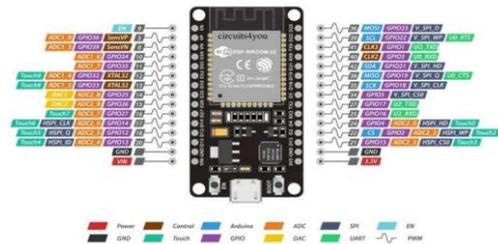


Gambar 1. (PDLC)

2.4 ESP32

ESP32 adalah chip dengan WiFi 2.4 GHz dan *bluetooth* dengan desain teknologi 40 nm yang dirancang untuk daya dan kinerja radio terbaik yang menunjukkan ketahanan, keserbagunaan dan keandalan dalam berbagai aplikasi dan skenario daya.

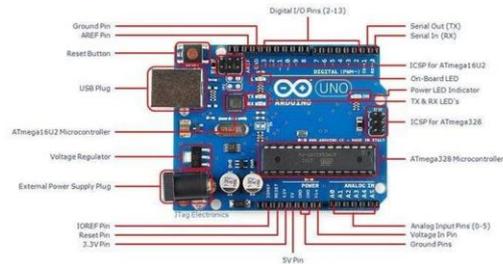
ESP32 merupakan sebuah modul mikrokontroler dengan fitur mode ganda yakni WiFi dan *bluetooth* yang digunakan untuk mempermudah pengguna dalam membuat berbagai sistem aplikasi dan proyek berbasis IoT (*Internet of Things*). Gambar 2 adalah ESP32 yang peneliti gunakan dalam merancang bangun toilet *portable* dan pin-pin yang dimiliki oleh ESP32 [13].



Gambar 2. Susunan pin ESP32

2.5 ARDUINO UNO

Arduino Uno merupakan salah satu jenis Arduino yang sering digunakan, mudah didapatkan, dan memiliki harga yang relatif murah. Arduino ini dilengkapi dengan modul dan mikrokontroler ATMEGA328P versi R3, yang merupakan versi terakhir untuk mendukung kinerja mikrokontroler agar dapat berfungsi. Gambar 3 adalah mikrokontroler ATMEGA328P yang telah terintegrasi dalam modul Arduino Uno [3].



Gambar 3. Arduino Uno

2.6 SENSOR

2.6.1 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik tipe HCSR04 merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur jarak dari suatu objek. Kisaran jarak yang dapat diukur sekitar 2-450 cm. Perangkat ini menggunakan dua pin digital untuk mengkomunikasikan jarak yang terbaca. Prinsip kerja sensor ultrasonik ini bekerja dengan mengirimkan pulsa ultrasonik sekitar 40 KHz, kemudian dapat memantulkan pulsa *echo* kembali, dan menghitung waktu yang diambil dalam

mikrodetik. Gambar 4 adalah sensor ultrasonik yang peneliti gunakan dalam merancang bangun toilet *portable* [9].



Gambar 4. Sensor Ultrasonik HC-SR04

2.6.2 Sensor PIR

Sensor PIR (*Passive Infrared Receiver*) adalah sebuah sensor yang biasa digunakan untuk mendeteksi keberadaan manusia. Aplikasi ini biasa digunakan untuk sistem alarm pada rumah-rumah atau perkantoran. Sensor PIR adalah sebuah sensor yang menangkap pancaran sinyal inframerah yang dikeluarkan oleh tubuh manusia maupun hewan. Sensor PIR dapat merespon perubahan- perubahan pancaran sinyal inframerah yang dipancarkan oleh tubuh manusia. Gambar 5 adalah sensor PIR yang peneliti gunakan dalam merancang bangun toilet *portable* [6].



Gambar 5. Sensor PIR

2.6.3 Sensor Tegangan

Sensor tegangan merupakan sensor yang mengukur tegangan listrik. Sensor ini bekerja menggunakan prinsip pembagi tegangan resistor, dengan sensor tegangan output yang dibaca dibagi menjadi 5 bagian terhadap tegangan inputan. Gambar 6 adalah sensor tegangan yang peneliti gunakan dalam merancang bangun toilet *portable* [7].



Gambar 6. Sensor Tegangan DC 25 Volt

2.6.4 Sensor Arus

ACS712 adalah sensor arus yang bekerja berdasarkan efek medan. Sensor arus ini dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Modul sensor ini telah dilengkapi dengan rangkaian penguat

operasional, sehingga sensitivitas pengukuran arusnya meningkat dan dapat mengukur perubahan arus yang kecil. Gambar 7 adalah sensor arus yang peneliti gunakan dalam merancang bangun toilet *portable* [8].



Gambar 7. Sensor Arus ACS712

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Digital dan Mikroprosesor Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana. Sedangkan waktu penelitian sudah dimulai dari bulan Maret dan diselesaikan pada bulan Desember tahun 2023

3.1 Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari pengujian, pengukuran, jurnal, artikel ilmiah dari internet serta dari buku – buku yang berhubungan dengan PDLC dan *tracking* sistem panel surya serta ditambah dengan *data sheet* komponen yang kemudian disusun dan digunakan sebagai referensi dalam pembuatan usulan *Capstone Project* ini.

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini dikategorikan menjadi dua kategori yaitu data primer merupakan data yang diperoleh saat melakukan pengujian sistem dan data sekunder berupa data yang diperoleh dari *data sheet*, jurnal, aritikel, dan buku.

Pengumpulan data diperoleh berdasarkan metode observasi yakni metode pengumpulan data dengan melakukan pengamatan serta pengujian secara langsung dan metode kepustakaan yakni metode pengumpulan data dengan cara mempelajari literatur - literatur dari beberapa referensi seperti buku, jurnal, maupun dari sumber - sumber yang dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini, bahan dan alat yang digunakan sangat penting dalam mengembangkan sistem toilet portable inovatif. Bahan penelitian melibatkan berbagai komponen teknologi seperti panel surya 20 Wp, motor DC stepper, sensor tegangan, arduino uno, ESP32, relay, sensor ultrasonik, baterai, sensor PIR, sensor arus, LED, pompa booster, dan valve. Alat penelitian melibatkan laptop, smartpone, multimeter analog dan digital, solder, dan obeng. Keseluruhan bahan dan alat ini saling terintegrasi untuk mencapai tujuan penelitian, yaitu menciptakan toilet portable efisien, mandiri, dan dapat dioperasikan secara otomatis.

3.5 Gambaran Umum

3.5.1 Perancangan Kapasitas Baterai

Tabel 2 merupakan rincian penggunaan daya pada perancangan toilet portable dengan sistem solar tracing.

Tabel 2. Penggunaan Daya Pada Perancangan Toilet portable dengan sistem solar tracing

No	Peralatan	Jumlah	Daya (Watt)	Waktu operasional (Jam)	Watt-Jam (Wh)	Sumber
1	Lampu Toilet	1	1	3	3	Ebon Blade, 2011
2	Lampu Indikator	3	0,225	3	0,675	Ebon Blade, 2011
3	Driver Motor dan Motor DC Stepper Nema 23	1	10	3	30	Aneka Perlengkapan, 2020
4	PDLC	2	1	3	3	PT. Agung Mas Indopratama
5	ESP32	3	9	3	27	Tedy Tri Saputro, 2019
6	Sensor Tegangan 0 – 25 Volt	1	0,0005	3	0,0015	Galeri Electronics
7	Sensor Arus ACS712	1	0,0005	3	0,0015	Mikroavr.com
8	Sensor PIR	5	0,375	3	1,125	Tabu Dawud, 2018
9	Sensor Ultrasonik	2	0,075	3	0,225	kitainformatika.com, 2016
10	Relay	6	0,6	3	1,8	Arfa Arduino Robot
11	LCD I2C	1	0,1	3	0,3	Zunixe
12	Pompa Booster	1	3	3	9	Ware Nav
13	Valve	4	8	3	24	Pengujian
14	Arduino Uno	1	2,5	3	7,5	Pengujian
TOTAL :			36		108	

Pada perancangan baterai diketahui bahwa daya keseluruhan sistem sebesar 36W dan energi yang terpakai selama 3 jam sebesar 108 Wh. Maka dengan menggunakan persamaan 4 diperoleh:

Mencari rugi rugi sistem:

$$= \text{Energi harian (Wh)} \times \text{Rugi-rugi sistem}$$

$$= 108 \text{ Wh} \times 20\%$$

$$= 21,6 \text{ Wh}$$

Mencari konsumsi energi harian:

$$= 108 \text{ Wh} + 21,6 \text{ Wh}$$

$$= 129,6 \text{ Wh}$$

Mencari kapasitas baterai:

$$C = \frac{129,6}{12 \times 50\%}$$

$$C = \frac{129,6}{6}$$

$$= 21 \text{ Ah}$$

Mencari jumlah baterai:

$$\frac{21}{9} = 2,3 \text{ buah}$$

Maka kami memerlukan baterai sebanyak 2 buah dengan kapasitas 9 Ah untuk penggunaan selama 3 jam. Pengisian baterai dilakukan langsung oleh panel surya yang diatur oleh relay.

3.5.2 Perancangan Penggunaan Panel

Total daya beban yang digunakan adalah 36 Watt dengan energi sebesar 108 Wh. Energi listrik dari panel surya tidak sepenuhnya dapat digunakan karena adanya kehilangan sekitar 20% selama transmisi ke beban [14]. Oleh karena itu, perlu menambahkan 20% dari total energi yang digunakan. Untuk mendapatkan jumlah panel yang dibutuhkan maka perlu dikalikan dengan intensitas matahari dibali yaitu selama 5,2 jam. Perhitungan desain sistem PLTS menggunakan persamaan 2 dan 3.

Mencari rugi – rugi sistem :

$$= \text{Energi harian (Wh)} \times \text{Rugi-rugi sistem}$$

$$= 108 \text{ Wh} \times 20\%$$

$$= 21,6 \text{ Wh}$$

Mencari konsumsi energi total harian:

$$= 108 \text{ Wh} + 21,6 \text{ Wh}$$

$$= 129,6 \text{ Wh}$$

Dari perhitungan tersebut, jumlah panel yang akan digunakan adalah:

$$\text{Panel Surya} = \frac{129,6 \text{ Wh}}{20 \text{ Wp} \times 5,2 \text{ Jam}}$$

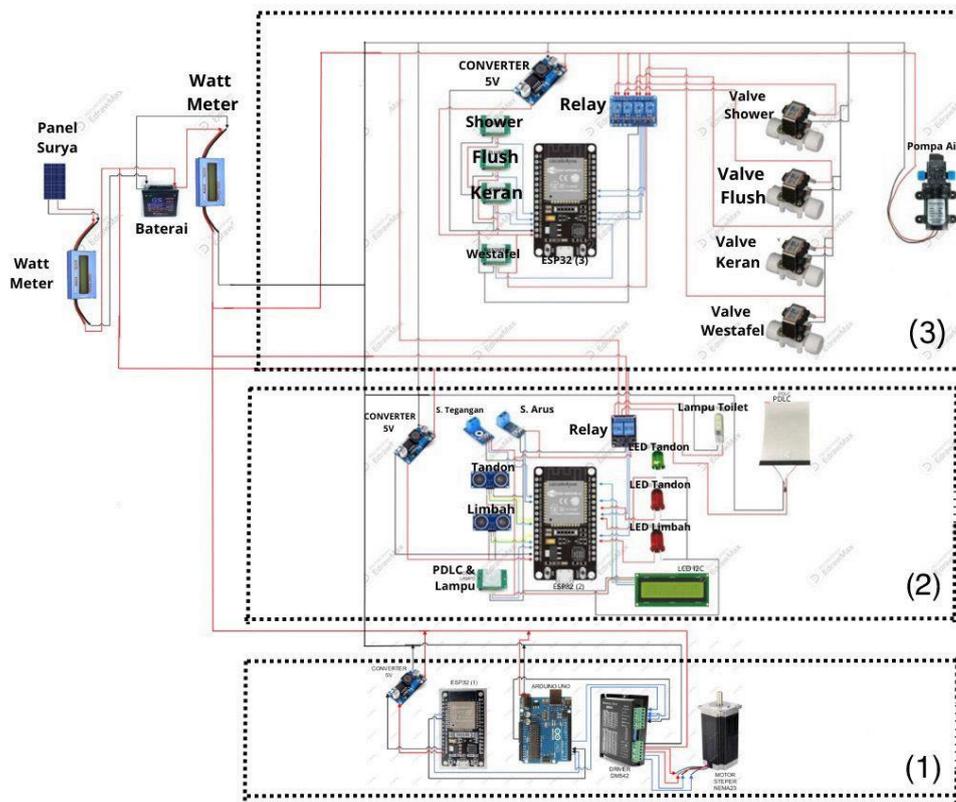
$$= 1,2 \text{ buah}$$

Untuk mendapatkan daya yang diinginkan dengan menggunakan panel surya berkapasitas 20 Wp harus menggunakan panel sebanyak 1,2 buah atau 1 buah.

3.5.3 Perancangan Hardware

Wiring pada gambar 8 akan menunjukkan alur pengoprasian seluruh instalasi pada Rancang Bangun Purwarupa Toilet *Portable* Berdinding PDLC Dengan Sistem *Solar Tracking* Berbasis ESP32. ESP32 (1), ESP32 (2) dan ESP32 (3)

mendapatkan suplai energi listrik langsung dari baterai. Seluruh komponen mikro pada controller akan diberikan tegangan 5V oleh baterai dengan diturunkan tegangannya dari 12V menjadi 5V oleh modul konverter. *Valve*, pompa, driver motor *stepper* Nema 23, motor *stepper* nema 23 dan arduino uno langsung mendapat suplai tegangan sebesar 12V dari baterai. Gambar 8 merupakan hasil perancangan *wiring* diagram keseluruhan sistem pada toilet *portable*.



Gambar 8. Rancangan *Wiring* Diagram ESP32 (1), ESP32 (2) dan ESP32 (3)

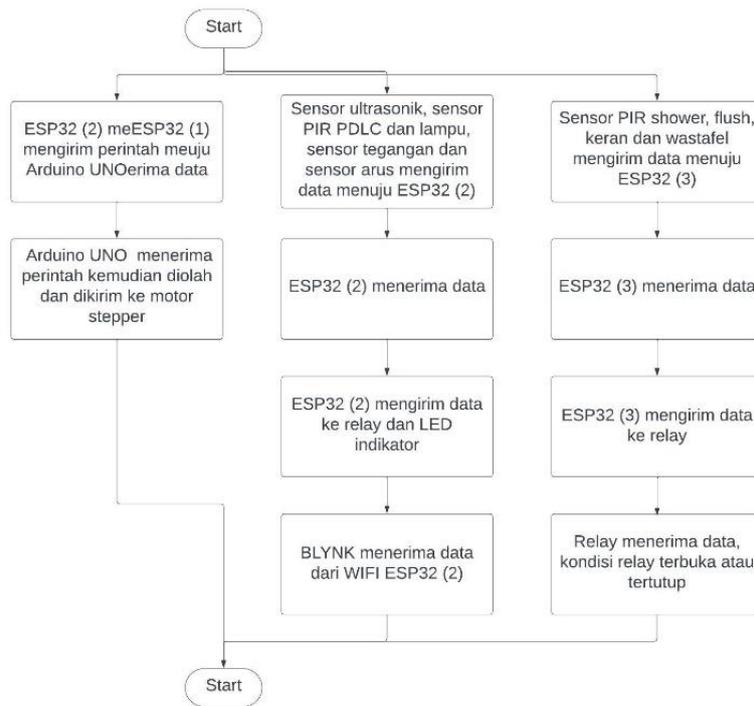
3.5.4 Perancangan Software

Pada perancangan perangkat lunak, diagram alir merinci langkah-langkah dalam membangun sistem. ESP32 (1) mengirim perintah berupa waktu menuju Arduino UNO dan Arduino Uno akan mengirim perintah pergerakan dan waktu menuju motor *stepper*.

ESP32 (2) menerima data input dari sensor ultrasonik, sensor tegangan dan sensor arus. Data yang diterima oleh ESP32 (2) akan dikirim menuju LED indikator dan relay sensor tegangan. ESP32 (2) juga

mengirim data menuju LCD I2C dan Blynk Cloud untuk ditampilkan pada aplikasi Blynk.

ESP32 (3) menerima data dari sensor PIR, kemudian ESP32 akan mengirim data berupa gelombang inframerah dari suhu tubuh manusia menuju relay. Kondisi relay terbuka atau tertutup tergantung dengan input yang diberikan oleh ESP32 (3). Gambar 9 menunjukkan diagram alir perancangan *software* purwarupa toilet *portable*.

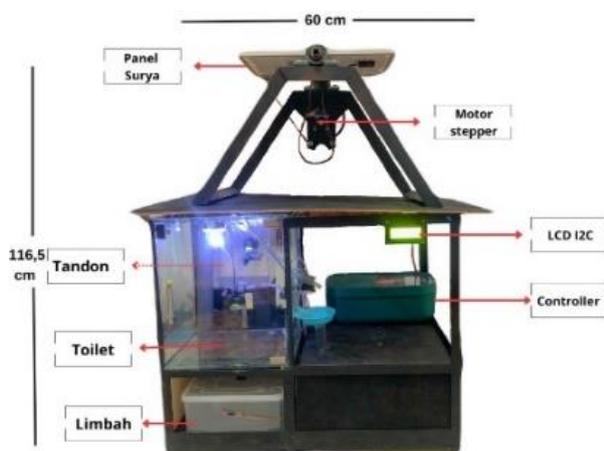


Gambar 9. Diagram alir software

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rancang Bangun

Rancang bangun toilet *portable* berdinding PDLC dengan sistem *solar tracking* berbasis ESP32 terdiri dari 2 rancangan yaitu, rancangan *hardware* dan *software*. Gambar 10 merupakan hasil rancang bangun toilet *portable* berdinding PDLC dengan sistem *solar tracking* berbasis ESP32.



Gambar 10. Hasil Rancang Bangun Toilet *Portable* dengan *Solar Tracking*

4.2 Hasil Pengujian Pada Rancang Bangun Toilet *Portable* dan *Solar Tracking*

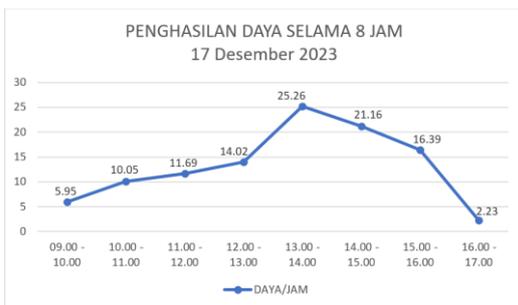
4.2.1 Pengujian *Solar Tracking*

Pengujian *solar tracking* dilakukan untuk mengetahui tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya. Pada proses pengujian meliputi pengukuran pada terminal keluaran panel surya dengan multimeter digital dan pengukuran kemiringan panel surya dengan *measure* yang terdapat pada *smartphone*. Tabel 3 merupakan hasil pengujian *tracking* PLTS yang menjelaskan jam, derajat kemiringan panel, tegangan keluaran panel, arus keluaran panel, daya yang dihasilkan panel dan gambar kemiringan panel. Tabel 3 menampilkan data pengujian panel surya yang menunjukkan posisi *tracking*, waktu, tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh panel surya.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Panel Surya

No	Jam	Hasil Pengukuran				Posisi
		Derajat	Tegangan (V)	Arus (Ah)	Daya (Wh)	
1	09.00 - 10.00	60°	11,91	0,50	5,95	
2	10.00 - 11.00	40°	12,12	0,83	10,05	
3	11.00 - 12.00	20°	12,31	0,95	11,69	
4	12.00 - 13.00	0°	12,52	1,12	14,02	
5	13.00 - 14.00	-20°	12,63	2,00	25,26	
6	14.00 - 15.00	-40°	12,75	1,66	21,16	
7	15.00 - 16.00	-60°	12,91	1,27	16,39	
8	16.00 - 17.00	-80°	13,98	0,16	2,23	

Gambar 11 menunjukkan grafik daya yang dihasilkan selama 8 jam pada tanggal 17 Desember 2023. Pada Gambar 11 terlihat bahwa daya tertinggi yang dihasilkan yaitu pada jam 13.00 – 14.00 WITA dan daya terendah dihasilkan pada jam 16.00 – 17.00 WITA.



Gambar 11. Grafik Penghasilan Daya selama 8 Jam

4.2.2 Pengujian Sensor Ultrasonik Pada Tandon

Pengujian sensor ultrasonik pada tandon dilakukan untuk mengetahui batas minimum dan maksimum air yang ada pada tandon. Pengujian dilakukan dengan

menambahkan air sebanyak 10 liter sesuai dengan kapasitas tandon. Tabel 4 menampilkan kondisi tandon saat penuh, normal dan habis.

Tabel 4. Pengujian Tandon

No	Liter	Gambar	Blynk
1	1-2		Tandon: Habis
2	3-7		Tandon: Normal
3	7-10		Tandon: Penuh

4.2.3 Pengujian Sensor Ultrasonik Pada Limbah

Pengujian sensor ultrasonik limbah dilakukan untuk mengetahui batas maksimal limbah yang bisa ditampung pada bak penampungan yang tersedia. Tabel 5 menampilkan kondisi penampungan limbah.

Tabel 5. Pengujian Limbah

No	Liter	Gambar	blynk
1	0-3		Limbah: Kosong
2	3-7		Limbah: Penuh

4.2.4 Pengujian Sensor PIR Keran, Wastafel, Shower dan Flush

Pengujian sensor PIR dilakukan untuk mengetahui kerja valve yang berfungsi sebagai katup penutup pada sistem pengairan toilet. Proses pengujian meliputi uji coba sensor menggunakan tangan. Ketika sensor mendeteksi suhu tubuh manusia maka sensor akan aktif dan rangkaian valve akan tertutup sehingga air dapat mengalir keluar. Tabel 6 merupakan hasil pengujian pada sensor PIR keran, wastafel, flush dan shower.

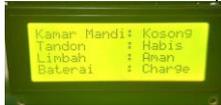
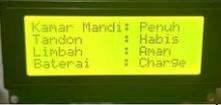
Tabel 6. Pengujian Sensor PIR

No	Gambar	Keterangan
1		Air Mati
2		Air Mengalir

4.2.5 Pengujian Sensor PIR pada PDLC dan Lampu

Hasil pengujian sensor PIR pada PDLC dan lampu. Pengujian ketika sensor PIR mendeteksi suhu tubuh, lampu toilet menyala, PDLC mati (buram), dan LCD I2C menunjukkan kondisi penuh (ada orang). Pengujian ketika sensor PIR tidak mendeteksi suhu tubuh, lampu toilet mati, PDLC hidup (bening), dan LCD I2C menunjukkan kondisi kosong (tidak ada orang). Tabel 7 akan menampilkan kondisi PDLC dan Lampu

Tabel 7. Hasil Pengujian PDLC dan Lampu

No	Kondisi	LCD I2C
1		
2		

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Pengujian sistem *tracking* PLTS diperoleh daya terbesar yaitu 16,46 W pada sudut 20 derajat jam 11 siang, tanggal 17 Desember 2023.
2. Suplai air pada toilet *portable* dapat beroperasi dengan otomatis ketika

sensor PIR mendeteksi gelombang inframerah dari suhu tubuh manusia.

3. *Monitoring* kondisi tandon, kondisi limbah, tegangan beban dan arus beban dapat dilakukan dengan mengakses aplikasi Blynk dari *handphone*.
4. Lama penggunaan toilet *portabel* pada kondisi tandon penuh dan limbah habis adalah selama 15 menit, dengan pengujian oleh 5 orang dan penggunaan dalam waktu 1 menit menghabiskan 36,78 watt.
5. Baterai dengan kapasitas 12V-9Ah dapat bertahan selama 3 jam 10 menit dengan tegangan yang tersisa sebesar 7,84 V dan 0,91 A untuk pemakaian seluruh sistem pada toilet *portable*.
6. Pengisian baterai pada tanggal 17 Desember 2023 selama 8 jam dapat menghasilkan arus sebesar 8,49 A.

5.2 SARAN

Saran dari penelitian ini adalah:

1. Penambahan PDLC secara menyeluruh agar dapat terlihat lebih jelas perbedaan yang terjadi pada dinding toilet.
2. Perhatikan penempatan tracking system PLTS agar tidak mengganggu penyerapan energi oleh PLTS.
3. Tracking system pada panel surya dapat dibuatkan 2 axis agar dapat lebih memaksimalkan penyerapan energi matahari.
4. Pemasangan instalasi lebih rapi dan tertata agar dapat menambah estetika pada toilet.
5. Pengimplementasian hasil penelitian ini ke dimensi yang lebih besar agar tidak mengganggu system pengairan dan sensitivitas sensor PIR pada toilet.
6. Penggunaan Motor stepper yang lebih besar agar dapat memenuhi kebutuhan bergerak sepanjang hari sehingga motor tidak *overheat*.
7. Penambahan WP panel yang lebih besar agar dapat memenuhi kebutuhan energi pada toilet.
8. Pemilihan tekanan pompa yang sesuai dengan kebutuhan pada pengairan toilet.
9. Tracking matahari sebaiknya dilakukan dengan menggunakan sensor LDR untuk melacak posisi matahari.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Muhammad Bachtiar. 2006. "Prosedur Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Perumahan". Jurnal Smartek.
- [2]. Jimmi Sitepu. 2020. Membaca Sensor PZEM-004T dengan Nodemcu Arduino
- [3]. Junaidi, & Prabowo, Y. D. 2018. Project sistem kendali elektronik berbasis arduino.
- [4]. Andi Julisman. 2017. "Protoipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomatis Atap Stadion Bola". Universitas Syiah Kuala.
- [5]. Sigit Nurharsanto dan Adhy Prayitno. 2017. "*Sun Tracking* Otomatis Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)".
- [6]. Ayudilah Triwahida. 2000. Sistem Pengaman Rumah Dengan Sensor PIR (*Passive Infrared Receiver*) berbasis ATMEGA 8535.
- [7]. Muchsin Harahap, Andri Syaputra, Suherman. 2023. Analisis Karakteristik Daya *Output* Inverter Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Kecil Menggunakan Arduino. Jurnal Rekayasa Mesin.
- [8]. Titi Ratnasari. 2019. "Perancangan Prototipe Alat Ukur Arus Listrik Ac Dan Dc Berbasis Mikrokontroler Arduino Dengan Sensor Arus Acs-712 30 Ampere". Jurnal SUTET.
- [9]. Fitri Puspasari, Imam Fahrurroz. 2019. "Sensor Ultrasonik HCSR04 Berbasis Arduino Untuk Sistem *Monitoring* Ketinggian".
- [10]. Naila Nasir, Hyeryeon Hong. 2020. "*Polymer-dispersed liquid-crystal-based switchable glazing fabricated via vacuum glass coupling*". RSC Advances.
- [11]. Jodi Bawalo, Meita Rumbayan, Novi Margritje Tulung. 2021. "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Rumah Kebun Desa Ammat Kabupaten Kepulauan Talaud".
- [12]. Andi Julisman, Ira Devi Sara, Ramdhan Halid Siregar. 2017. "Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola".
- [13]. Modul Praktikum Trainer Aplikasi Multi-Sensors (Tams). MK *Internet of Things*. Prodi TRI PENS.
- [14]. Andi Julisman. 2017. Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola. Jurnal Online Teknik Elektro.