

RANCANG BANGUN SISTEM RESERVASI PARKIR BERBASIS *IoT* MENGUNAKAN *BACKUP* DAYA *SOLAR CELL*

Oleh :

Bagas Eko Wicaksono¹, Didik Notosudjono², Agustini Rodiah Machdi³

ABSTRAK

Sistem reservasi parkir berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan *backup* daya *solar cell* yang memungkinkan pengguna melakukan pengecekan ketersediaan tempat parkir. Pengguna juga dapat memesan tempat parkir sebelum tiba. Website ini menyajikan informasi ketersediaan lahan parkir dan pengelolaan data pengguna lahan parkir. Alat ini dirancang untuk memungkinkan pengguna untuk memesan lahan parkir dengan melakukan top-up saldo sesuai dengan kebutuhan pengguna. Selain itu, alat ini juga dilengkapi dengan *LED* di setiap slot parkir, sehingga lahan yang sudah dipesan tidak dapat diboooking oleh orang lain dalam waktu 15 Menit. Sensor ultrasonik akan mendeteksi jika ada kendaraan yang akan keluar, kemudian ESP 32 akan mengirim perintah ke motor servo untuk membuka portal pintu, sehingga kendaraan dapat keluar dari tempat parkir. Data dari sistem reservasi ini akan diolah oleh mikrokontroler ESP32 untuk menggerakkan motor servo dan mengaktifkan sensor ultrasonik serta mengirimkan informasi secara nirkabel melalui jaringan Internet kepada *firebase* kemudian dikirim menuju website yang dapat diakses secara *realtime*. Selain itu, alat ini dilengkapi juga dengan backup daya solar cell yang berfungsi ketika pasokan listrik PLN 220V padam maka akan langsung otomatis mengganti sumber ke baterai 12V menggunakan *automatic transfer switch* Hasil pengujian menunjukkan alat dapat bekerja dengan baik sesuai rancangan yaitu motor servo dan sensor ultrasonik aktif saat diuji coba.

Kata Kunci : Reservasi Parkir, Internet of Things, Website, Backup daya Solar cell

ABSTRACT

An Internet of Things (IoT) based parking reservation system uses solar cell power backup which allows users to check the availability of parking spaces. Users can also reserve a parking space before arriving. This website provides information on the availability of parking lots and management of parking lot user data. This tool is designed to allow users to reserve parking spaces by topping up their balance according to the user's needs. Apart from that, this tool is also equipped with LEDs in each parking slot, so that the reserved space cannot be booked by anyone else within 15 minutes. The ultrasonic sensor will detect if a vehicle is about to leave, then the ESP 32 will send a command to the servo motor to open the door portal, so that the vehicle can leave the parking lot. Data from this reservation system will be processed by the ESP32 microcontroller to move the servo motor and activate the ultrasonic sensor as well as sending information wirelessly via the Internet network to Firebase which is then sent to a website that can be accessed in real time. Apart from that, this tool is also equipped with a solar cell power backup which functions when the PLN 220V power supply goes out, it will immediately automatically change the source to a 12V battery using an automatic transfer switch. Test results show that the tool can work well according to design, namely the servo motor and active ultrasonic sensor. when tested.

Keywords: Parking Reservation, Internet of Things, Website, Solar cell power backup

I. PENDAHULUAN

Sistem monitoring parkir berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan backup daya solar cell yang memungkinkan pengguna melakukan pengecekan ketersediaan tempat parkir. Pengguna juga dapat memesan tempat parkir sebelum tiba. Website ini menyajikan informasi ketersediaan lahan parkir dan pengelolaan data pengguna lahan parkir. [1]

Saat ini, fasilitas publik seperti pusat perbelanjaan, rumah sakit dan *apartmen* menjadi tujuan utama bagi masyarakat untuk berbelanja, mendapatkan perawatan medis dan menetap. Salah satu masalah yang sering dihadapi oleh pengelola fasilitas publik adalah keterbatasan lahan parkir. [2]

Penelitian ini mengembangkan sebuah web reservasi parkir untuk memudahkan pengguna menemukan tempat parkir. Proses pengembangan *website* meliputi analisa kebutuhan sistem, perancangan sistem dan pemrograman, pembuatan sistem, dan pengujian. Aplikasi ini dibangun dengan bahasa pemrograman C++ dan database phpMyAdmin. Hasil penelitian ini adalah sebuah web sistem reservasi parkir online yang responsif, mampu beradaptasi dengan berbagai ukuran layar *smartphone*, dan terintegrasi untuk menampilkan lokasi parkir yang tersedia. Web ini memastikan pengguna mendapatkan slot parkir setelah melakukan reservasi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, dalam tugas akhir ini dirancang sebuah alat reservasi parkir berbasis IoT dengan backup daya dari Solar Cell. Alat ini dirancang untuk meminimalkan masalah yang telah disebutkan sebelumnya, memungkinkan pengguna untuk mereservasi lahan parkir dengan melakukan top-up saldo sesuai dengan kebutuhan pengguna. Selain itu, alat ini juga dilengkapi dengan *LED* di setiap slot parkir, sehingga lahan yang sudah dipesan tidak dapat dibooking oleh orang lain dalam waktu 15 Menit. Sensor ultrasonik akan mendeteksi jika ada kendaraan yang akan keluar, kemudian ESP 32 akan mengirim perintah ke motor servo untuk

membuka portal pintu, sehingga kendaraan dapat keluar dari lahan parkir.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep yang menggambarkan jaringan objek fisik yang terhubung ke Internet yang dapat bertukar data tanpa campur tangan manusia. Sederhananya, IoT mengacu pada kemampuan objek atau perangkat untuk terhubung ke internet, mengumpulkan informasi, dan bertindak berdasarkan data tersebut. Contoh umum perangkat IoT mencakup sensor, kamera, lampu, dan pintu otomatis. [3]

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Dengan adanya krisis energi, penggunaan energi terbarukan merupakan solusi yang sangat tepat. Energi terbarukan adalah energi yang dapat diperoleh kembali secara alami dan berkelanjutan. Contohnya adalah energi surya yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga surya. Untuk Panel Surya yang banyak beredar di pasaran dapat dilihat pada gambar di bawah ini : [4]



Gambar 1. Panel Surya

2.2.1 Efisiensi Panel Surya

Efisiensi panel surya adalah seberapa efektifnya panel surya dalam mengubah energi matahari menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan. Persamaan 2.1 menunjukkan cara menghitung efisiensi dari panel surya. Efisiensi yang

digunakan adalah efisiensi sesaat pada pengambilan data [5].

$$\eta = P/(E \times A) \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

P = Daya keluaran maksimal dari sel surya (Watt)

E = 1000 Watt/m² (Standar rata-rata radiasi sinar matahari)

A = Luas permukaan yang menerima radiasi (m²)

η = Efisiensi panel surya (%)

2.2.3 Perhitungan Jumlah Modul Surya

Dalam menentukan jumlah modul panel surya yang akan digunakan, langkah pertama adalah menghitung durasi radiasi dengan menggunakan persamaan 2.2 [5]:

$$Lama\ waktu\ radiasi\ (t_r) = \frac{radiasi\ total\ harian\ (\frac{Wh}{m^2})}{intensitas\ radiasi\ modul\ surya\ (\frac{W}{m^2})} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

t_r = Lama waktu radiasi

Radiasi total harian = 4.760 Wh/m²

Intensitas Radiasi = 1.000 W/m²

Setelah mengetahui durasi radiasi matahari, langkah berikutnya adalah menghitung rata-rata energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya. Energi yang diproduksi oleh panel surya dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3. [9]:

$$E_{modul} = P_N \times t_r \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

E_{modul} = Energi listrik rata-rata setiap modul (Wh)

P_N = Kapasitas panel surya (Wp)

t_r = Lama waktu radiasi (Jam)

Kemudian, menetapkan jumlah modul surya yang akan digunakan melalui pengisian ulang baterai (charging battery during no load). Untuk

menghitung jumlah modul panel surya, digunakan persamaan 2.4 [9]:

$$Jumlah\ modul\ surya = \frac{E_{total} \times t_{otonomi}}{E_{modul} \times t_{regenerasi}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

E_{total} = Total beban (Watt)

T_{otonomi} = Kemampuan mensuplai beban tanpa ada cahaya matahari (Jam)

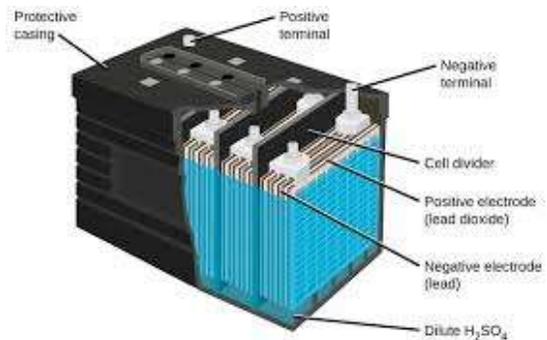
E_{modul} = Energi listrik rata-rata setiap modul (Wh)

t_{regenerasi} = Waktu penyinaran matahari (Jam)

Diasumsikan bahwa waktu yang diperlukan sistem untuk mengisi ulang baterai (pengisian baterai saat tidak ada beban) adalah satu hari.

2.3 Baterai

Baterai adalah salah satu komponen yang digunakan dalam sistem sel surya yang dilengkapi dengan penyimpanan energi listrik cadangan. Baterai berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dalam bentuk arus searah. Energi yang tersimpan dalam baterai digunakan sebagai cadangan ketika panel surya tidak menghasilkan listrik, seperti pada malam hari atau saat cuaca mendung, sehingga tegangan keluaran sistem tetap stabil. Kapasitas energi yang dapat disimpan dalam baterai diukur dalam ampere hour (Ah). di bawah ini merupakan gambar dari baterai timbal asam. [6]



Gambar 2. Baterai timbal asam

2.3.1 Perhitungan Kapasitas Baterai

Dalam perhitungan kapasitas baterai, langkah pertama adalah menghitung muatan baterai, yang dapat ditentukan menggunakan persamaan 2.5 [7].

$$Q_{\text{baterai}} (\text{Ah}) = \frac{Wh}{V_{op}} = \text{Ah} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

- Q_{baterai} = Muatan baterai (Ah)
- V_{op} = Tegangan operasi baterai (Volt)
- Wh = Kebutuhan energi listrik per hari (Wh)

melakukan perhitungan kapasitas baterai. Persamaan 2.6 dapat digunakan untuk menentukan kapasitas baterai [7].

$$C_{\text{baterai}} (\text{Ah}) = \frac{Q_{\text{baterai}} \cdot t_{\text{otonomi}}}{DOD \text{ baterai}} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

- Q_{baterai} = Muatan baterai (Ah)
- C_{baterai} = Kapasitas baterai (Ah)
- t_{otonomi} = Kemampuan menyuplai beban tanpa ada cahaya matahari (Jam)
- DOD = Tingkat pengosongan baterai (%)

Tingkat penggunaan atau kedalaman pemakaian baterai DoD yang umumnya digunakan adalah sekitar 75% [7].

Panel surya digunakan untuk mengisi baterai. Untuk memperkirakan waktu yang diperlukan agar baterai berkapasitas 7,5 Ah dengan tegangan 12 VDC terisi penuh, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.6 [7].

$$\text{Estimasi Waktu Charge} = \frac{\text{Kapasitas baterai}}{\text{Efisiensi} \times \text{arus panel surya}} \dots \dots \dots (2.6)$$

Seiring penggunaan baterai untuk menyediakan daya ke beban, kapasitas energi di dalam baterai akan berkurang. Oleh karena itu, untuk menentukan durasi proses *discharge*, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4 [7].

$$\text{Estimasi waktu discharge} = \frac{\text{Kapasitas baterai} \times \text{tegangan baterai}}{\text{Efisiensi} \times \text{beban yang digunakan}} \dots \dots \dots (2.7)$$

2.4 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor Ultrasonik HC-SR04 merupakan sensor jarak yang ekonomis dan mudah digunakan, dengan rentang pengukuran dari 2cm hingga 400cm. Sensor ini terdiri dari dua transduser ultrasonik, yaitu pemancar yang mengirimkan pulsa suara ultrasonik dan penerima yang menerima gelombang yang dipantulkan. Untuk gambar sensor ultrasonic HC-SR04 dapat dilihat pada gambar di bawah ini. [8]



Gambar 3. Sensor Ultrasonik HC-SR04

2.5 Mikrokontoller ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang diperkenalkan dan dikembangkan oleh Espressif System. di bawah ini merupakan gambar dari mikrokontroler ESP32. [9]



Gambar 4. Mikrokontroler ESP32

2.6 Motor Servo

Motor servo adalah perangkat elektromekanis yang menggunakan sistem kontrol servo untuk menggerakkan mekanisme dalam suatu rangkaian. di bawah ini merupakan gambar dari motor servo. [11]



Gambar 5. Motor Servo

2.7 Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah perangkat yang krusial dalam sistem panel surya. Tugasnya adalah mengatur aliran arus listrik yang memasuki dan keluar dari baterai dalam sistem panel surya, untuk gambar *SCC* dapat dilihat di bawah ini : [12]



Gambar 6. Solar Charge Controller PWM

2.8 Relay

Modul relay adalah komponen elektronik yang menggunakan prinsip elektromagnetik untuk mengubah posisi kontak dari ON ke OFF atau sebaliknya, menggunakan daya listrik. Untuk gambar relay 1 channel dapat dilihat di bawah ini : [13]



Gambar 7. Relay 1 Channel

2.9 Power Supply

Power supply adalah perangkat yang menyediakan daya untuk satu atau lebih beban listrik. Fungsi utamanya adalah mengubah

berbagai bentuk energi menjadi energi listrik yang diperlukan. Untuk gambar dari power supply dapat dilihat di bawah ini : [14]



Gambar 8. Power Supply 12v

2.10 Laravel

Laravel adalah sebuah framework PHP open source. Framework ini memanfaatkan komponen kerja yang berbeda untuk mendukung pengembangan aplikasi web. Tujuan utama Laravel adalah menyederhanakan tugas-tugas yang umumnya digunakan dalam proyek web, seperti otentikasi, routing, sesi, dan caching. [15]

2.11 Realtime Firebase

Realtime Firebase adalah jenis database yang dapat dihosting melalui cloud. Database ini memungkinkan penyimpanan dan sinkronisasi data dalam format JSON secara realtime kepada setiap pengguna yang terhubung. Tujuannya adalah untuk mempermudah pengelolaan database dengan skala besar. [18]

2.12 StepDown LM2596 DC-DC

Step Down LM2596 DC-DC adalah sebuah perangkat konverter tegangan yang mengubah tegangan DC input menjadi tegangan DC yang lebih rendah. [19]



Gambar 9. Step down LM2596 DC-DC

2.13 LED

Pengertian LED (*Light Emitting Diode*) adalah komponen elektronik yang memancarkan cahaya

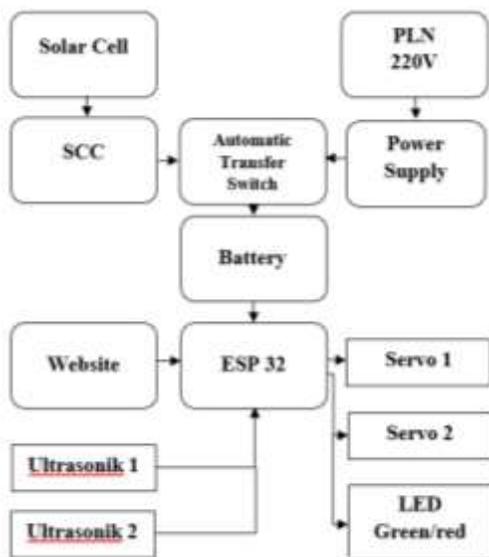
ketika arus melewatinya. Warna cahaya yang dihasilkan tergantung pada bahan semikonduktor yang digunakan, misalnya merah, hijau, biru, atau kuning. Untuk gambar LED dapat dilihat pada gambar di bawah ini : [21]



Gambar 10. Bentuk LED

2.14 Blok Diagram Perancangan Alat

Blok diagram perancangan alat merupakan gambaran dasar mengenai sistem yang akan dirancang. Setiap bagian blok sistem memiliki fungsi masing-masing, Adapun blok diagram yang akan dirancang seperti dicantumkan pada Gambar di bawah ini:



Gambar 11. Blok Diagram

2.15 Diagram Alir Sistem Reservasi Parkir

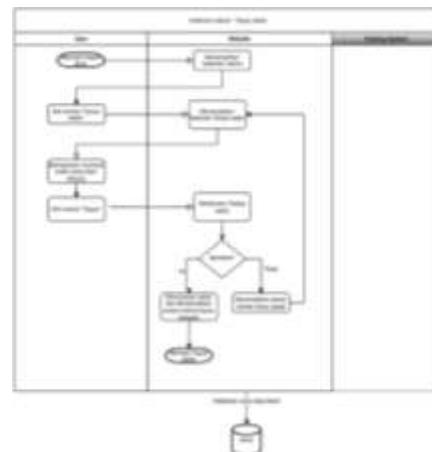
Gambaran umum rencana sistem yang diimplementasikan dengan alat ini dapat direpresentasikan dalam bentuk diagram alir atau *flowchart*. Diagram alir perancangan alat reservasi parkir otomatis ditunjukkan pada Gambar di bawah ini.

Diagram alir masuk/daftar akun reservasi parkir ditunjukkan pada gambar 12 di bawah ini.



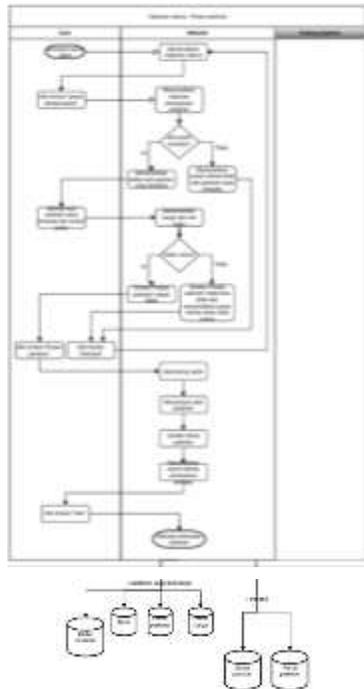
Gambar 12. Diagram alir masuk/daftar akun reservasi parkir

Diagram alir halaman utama – *top up* saldo ditunjukkan pada gambar 13 di bawah ini.



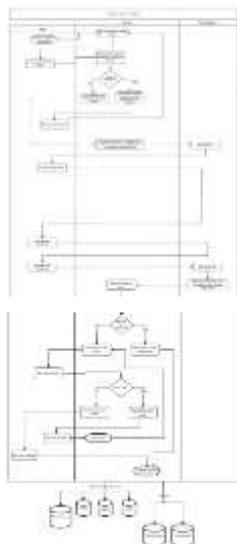
Gambar 13. Diagram alir halaman utama - top up saldo

Diagram alir pemesanan parkir ditunjukkan pada gambar 14 di bawah ini.



Gambar 14. Diagram alir pemesanan parkir

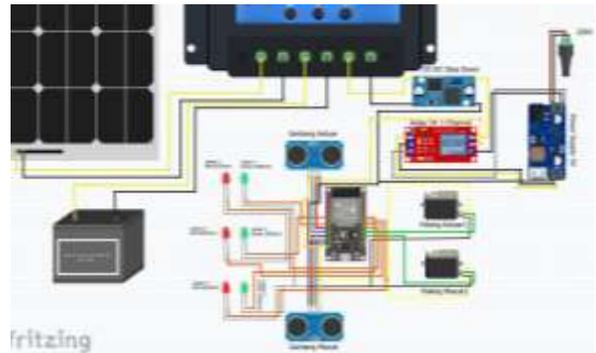
Diagram alir halaman utama – parkir ditunjukkan pada gambar 15 di bawah ini.



Gambar 15. Diagram alir halaman utama – parkir

2.16 Perancangan Rangkaian Keseluruhan

Keseluruhan rancangan adalah hasil penggabungan dari semua rancangan yang telah dijelaskan pada sub-bab sebelumnya, yang disusun menjadi sistem pengendalian dalam perancangan alat yang sedang disiapkan. Yang mana ditunjukkan pada gambar 16 di bawah ini :



Gambar 16. Rancangan Rangkaian Keseluruhan

2.17 Perancangan Prototype Keseluruhan

Dalam merancang konstruksi alat reservasi parkir otomatis, digunakan perangkat lunak Sketchup. Hasil desain perancangan konstruksi alat tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 17. Desain Kontruksi Sistem Reservasi Parkir Otomatis

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian dan Analisis Panel Surya

Pengujian panel surya dilakukan selama tiga hari, dengan kondisi cuaca yang berbeda-beda tiap harinya. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui daya yang dihasilkan panel surya

dalam berbagai kondisi cuaca. Proses pengujian berlangsung dari pukul 09.00 hingga 13.00 di Karadenan, Cibinong-Bogor dengan rata-rata pengambilan data setiap 5 hingga 10 menit. Selama pengujian, hanya diukur tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya menggunakan *multimeter*. Hasil pengujian panel surya pada hari pertama dengan kondisi cuaca mendung dapat dilihat dalam tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil pengujian panel surya hari pertama

Waktu Pengujian (WIB)	Cuaca	Tegangan DC (Volt)	Arus (Amper e)	Daya (Watt)
09:00	Mendung	12,13	0,29	3,40
09:30	Mendung	12,19	0,34	3,52
10:00	Mendung	12,17	0,32	3,47
10:30	Mendung	12,12	0,29	3,51
11:00	Mendung	12,29	0,39	4,63
11:30	Mendung	12,32	0,41	5,05
12:00	Mendung	12,24	0,37	4,09
12:30	Mendung	12,21	0,34	3,81
13:00	Mendung	12,14	0,30	3,53

Pada tabel 1 ditampilkan hasil pengukuran tegangan, arus dan daya yang dilakukan pada pukul 09.00 sampai pukul 13.00 dengan kondisi cuaca mendung. Pada pukul 09.00 daya yang dihasilkan panel surya yaitu sebesar 3,40 Watt. Daya maksimum yang dihasilkan panel surya terjadi pada pukul 11.30, di mana daya yang dihasilkan yaitu 5,05 Watt. Setelah itu intensitas cahaya yang diterima panel surya terus menurun begitupun daya yang dihasilkan panel surya. Hasil pengujian panel surya pada hari kedua dengan kondisi cuaca cerah berawan dapat dilihat dalam tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Hasil pengujian panel surya hari kedua

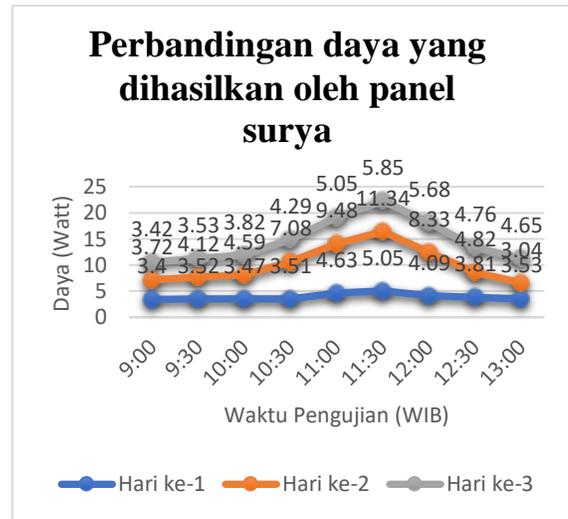
Waktu Pengujian (WIB)	Cuaca	Tegangan DC (Volt)	Arus (Amper e)	Daya (Watt)
09:00	Cerah Berawan	12,85	0,27	3,72
09:30	Cerah Berawan	12,91	0,31	4,12
10:00	Cerah Berawan	13,00	0,33	4,59
10:30	Cerah Berawan	13,07	0,57	7,08
11:00	Cerah Berawan	13,09	0,76	9,48
11:30	Cerah Berawan	13,15	0,92	11,34
12:00	Cerah Berawan	13,06	0,60	8,33
12:30	Cerah Berawan	12,82	0,34	4,82
13:00	Mendung	12,71	0,22	3,04

Pada tabel 2 ditampilkan hasil pengukuran tegangan, arus dan daya yang dilakukan pada pukul 09.00 sampai pukul 13.00 dengan kondisi cuaca cerah berawan. Pada pukul 09.00 daya yang dihasilkan panel surya yaitu sebesar 3,72 Watt. Daya maksimum yang dihasilkan panel surya terjadi pada pukul 11.30, di mana daya yang dihasilkan yaitu 11,34 Watt. Setelah itu intensitas cahaya yang diterima panel surya terus menurun begitupun daya yang dihasilkan panel surya. Hasil pengujian panel surya pada hari ketiga dengan kondisi cuaca mendung dapat dilihat dalam tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil pengujian panel surya hari ketiga

Waktu Pengujian (WIB)	Cuaca	Tegangan DC (Volt)	Arus (Amper)	Daya (Watt)
09:00	Mendung	12,15	0,24	3,42
09:30	Mendung	12,18	0,27	3,53
10:00	Mendung	12,22	0,29	3,82
10:30	Mendung	12,23	0,32	4,29
11:00	Mendung	12,32	0,41	5,05
11:30	Mendung	12,42	0,53	5,85
12:00	Mendung	12,38	0,44	5,68
12:30	Mendung	12,31	0,22	4,76
13:00	Mendung	12,27	0,19	4,65

Pada tabel 3 ditampilkan hasil pengukuran tegangan, arus dan daya yang dilakukan pada pukul 09.00 sampai pukul 13.00 dengan kondisi cuaca cerah berawan. Pada pukul 09.00 daya yang dihasilkan panel surya yaitu sebesar 3,42 Watt. Daya maksimum yang dihasilkan panel surya terjadi pada pukul 11.30, di mana daya yang dihasilkan yaitu 5,85 Watt. Setelah itu intensitas cahaya yang diterima panel surya terus menurun begitupun daya yang dihasilkan panel surya. Berdasarkan hasil pengujian pada panel surya yang telah dilakukan pada hari pertama dengan cuaca mendung, hari kedua dengan cuaca cerah berawan dan hari ketiga dengan cuaca mendung, dihasilkan sebuah grafik perbandingan daya yang telah dihasilkan pada gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 18. Grafik perbandingan daya yang dihasilkan oleh panel surya

Dari hasil pengukuran hari pertama, hari kedua dan hari ketiga yang dilakukan pada pukul 09.00 sampai pukul 13.00, daya yang paling tinggi dihasilkan oleh panel surya yaitu pada hari kedua pada pukul 11.30 yaitu sebesar 11,34 Watt, hal ini dikarenakan langit sedang dalam keadaan cerah berawan dan intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya tinggi. Dan daya paling rendah yang dihasilkan oleh panel surya yaitu pada hari kedua pada pukul 13.00 yaitu sebesar 3,04 Watt, hal ini dikarenakan langit sedang dalam kondisi mendung sehingga intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya menjadi redup karena tertutup awan.

3.2 Perhitungan Kapasitas Baterai dan Pengisian Baterai

Perhitungan kapasitas baterai bertujuan untuk memperkirakan jumlah daya yang dibutuhkan untuk backup sesuai dengan beban yang digunakan pada alat reservasi parkir otomatis, dengan waktu sekitar 2 jam kurang lebih ketika pasokan listrik dari PLN tidak tersedia. Berikut ini adalah tabel 4 yang menampilkan data beban yang digunakan pada alat reservasi parkir otomatis.

Tabel 4. Beban yang terpasang pada Sistem Reservasi Parkir Otomatis

Komponen	Beban (Watt)	t (jam)	Energi (Wh)	Tegangan (V)
ESP 32	0,37	2 Jam	0,74	5
Relay 1 Channel	0,01		0,02	12
Modul Stepdown	0,08		0,16	5
Motor Servo 1	0,47		0,94	5
Motor Servo 2	0,47		0,94	5
Sensor Ultrasonik 1	0,12		0,24	5
Sensor Ultrasonik 2	0,12		0,24	5
LED Hijau 1	0,32		0,64	5
LED Hijau 2	0,32		0,64	5
LED Hijau 3	0,32		0,64	5
LED Merah 1	0,24		0,48	5
LED Merah 2	0,24		0,48	5
LED Merah 3	0,24		0,48	5
Total	3,32		6,64 Wh	72V

Untuk menentukan kapasitas baterai yang digunakan untuk mengoperasikan beban yang terpasang seperti yang ditampilkan pada tabel 4.4, dengan penggunaan beban selama 2 jam dan total kebutuhan energi sebesar 6,64 Wh, perlu dihitung muatan baterai menggunakan persamaan 2.5

$$Q_{\text{baterai}} = \frac{Wh}{V_s (\text{nominal baterai})}$$

$$Q_{\text{baterai}} = \frac{6,64}{12}$$

$$Q_{\text{baterai}} = 0,553 \text{ Ah} \approx 553 \text{ mAh}$$

Berdasarkan hasil dari persamaan 2.5 diperoleh nilai 0,553 Ah. Jadi, untuk kebutuhan beban selama 2 jam dengan total beban 3,32 Watt, diperlukan baterai dengan kapasitas 553 mAh. Berdasarkan perhitungan tersebut, dibutuhkan baterai berkapasitas 553 mAh. Penggunaan daya baterai ini berfungsi sebagai cadangan ketika listrik PLN padam, dan baterai harus dapat menyalakan alat selama minimal 2 jam. Penggunaan baterai tidak akan dibiarkan sampai habis untuk mencegah kerusakan pada baterai. Umumnya, tingkat DoD (Depth of Discharge) hanya mencapai 75% dan tidak akan digunakan hingga 100% dari kapasitas baterai. Perhitungan DoD dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$C_{\text{baterai}} = \frac{Q_{\text{baterai}} \times t_{\text{otonomi}}}{DOD \text{ baterai}}$$

$$C_{\text{baterai}} = \frac{0,553 \text{ Ah} \times 24 \text{ jam}}{0,75}$$

$$C_{\text{baterai}} = 17,69 \text{ Ah}$$

Jumlah baterai yang dibutuhkan untuk memasok beban sebesar 3,32 Watt dengan tambahan waktu otonomi selama satu hari adalah sebesar 17,69 Ah. Namun, pada alat reservasi parkir otomatis ini, jenis baterai yang dipilih adalah baterai VRLA deep cycle dengan kapasitas 7,5 Ah dan tegangan 12 Volt DC, yang hanya memerlukan satu buah baterai.

Lama waktu pengisian baterai dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk kapasitas baterai yang digunakan. Dengan menggunakan baterai berkapasitas 7,5 Ah dan efisiensi 80%, serta spesifikasi panel surya yang mampu menghasilkan arus maksimum 0,57 A, perkiraan waktu pengisian baterai dapat dihitung menggunakan persamaan 2.6 dapat digunakan untuk mengetahui perkiraan waktu yang diperlukan untuk mengisi baterai.

$$\text{Estimasi Waktu Charge} = \frac{\text{Kapasitas baterai}}{\text{Efisiensi} \times \text{arus panel surya}}$$

$$\text{Estimasi Waktu Charge} = \frac{7,5 \text{ Ah}}{80\% \times 0,57 \text{ A}} = 16 \text{ Jam}$$

Waktu yang diperlukan untuk mengisi daya baterai berkapasitas 7,5 Ah adalah sekitar 16 jam. Kecepatan pengisian baterai tergantung pada arus

yang dihasilkan oleh panel surya, semakin besar arus yang dihasilkan, semakin cepat proses pengisian. Karena baterai digunakan untuk menyuplai energi ke beban, daya pada baterai akan berkurang seiring waktu. Persamaan 2.7 dapat digunakan untuk menghitung estimasi waktu yang dibutuhkan untuk mengoperasikan beban dari kondisi baterai penuh hingga kosong.

$$\text{Estimasi waktu discharge} = \frac{\text{Kapasitas baterai} \times \text{tegangan baterai}}{\text{Efisiensi} \times \text{beban yang digunakan}}$$

$$\begin{aligned} \text{Estimasi waktu discharge} &= \frac{7,5 \text{ Ah} \times 12 \text{ V}}{80\% \times 3,32 \text{ W}} = 9 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, baterai dengan tegangan 12 Volt dan kapasitas 7,5 Ah yang dipasang untuk beban sebesar 3,32 Watt dapat bertahan selama 9 jam dari kondisi penuh hingga kosong.

3.3 Menentukan Jumlah Modul Surya

Dalam perhitungan untuk menentukan jumlah modul panel surya, beban yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel 4.4. Untuk mengetahui total daya yang digunakan oleh beban, pertama-tama perlu diketahui lama waktu radiasi rata-rata, yang dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2, dengan asumsi bahwa radiasi total rata-rata harian adalah sebesar 4.760 Wh/m².

$$\begin{aligned} \text{Lama waktu radiasi } (t_r) &= \frac{\text{radiasi total matahari} \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}}{\text{intensitas radiasi modul surya} \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}} \\ \text{Lama waktu radiasi } (t_r) &= \frac{4.760 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}}{1.000 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}} \\ &= 4,76 \text{ jam setiap harinya} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui jumlah panel surya yang dibutuhkan, dapat dihitung berdasarkan spesifikasi panel surya yang digunakan, di mana modul panel surya mampu menyuplai energi listrik rata-rata dengan menggunakan persamaan 2.3

$$E_{\text{modul}} = P_N \times t_r$$

$$\begin{aligned} E_{\text{modul}} &= 10 \text{ WP} \times 4,76 \text{ Jam} \\ &= 47,6 \text{ Wh per hari} \end{aligned}$$

Sistem memerlukan waktu 16 jam untuk mengisi ulang baterai hingga penuh. Dengan kebutuhan beban sebesar 3,41 Watt per hari dan waktu otonomi satu hari, jumlah modul panel surya yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan ini dapat dihitung menggunakan persamaan 2.4

$$\text{Jumlah Modul } (N) = \frac{E_{\text{total}} \times t_{\text{otonomi}}}{E_{\text{modul}} \times t_{\text{regenerasi}}}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Modul } (N) &= \frac{7,54 \text{ Wh} \times 24 \text{ jam}}{47,6 \times 16 \text{ jam}} \\ &= 0,23 \approx 1 \end{aligned}$$

Untuk memenuhi kebutuhan dari total beban yang terpasang yaitu sebesar 3,32 Watt dengan total energi 6,64 Wh dan waktu otonomi selama satu hari, maka sistem membutuhkan satu modul panel surya dengan kapasitas 10 WP.

3.4 Pengujian dan Analisa Sensor Ultrasonik

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sensor ultrasonik dalam mode kontrol otomatis alat. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Hasil pengujian sensor ultrasonik

Pengujian	Keterangan
Gerbang Masuk	Objek terdeteksi maka palang akan membuka dan menutup secara otomatis
Gerbang Keluar	Objek terdeteksi maka palang akan membuka dan menutup secara otomatis

Setelah dilakukan di 2 tempat yang berbeda oleh sensor ultrasonik dapat dianalisis bahwa ketika objek sudah terdeteksi oleh sensor maka palang akan membuka & menutup dengan sendirinya.

3.5 Pengujian dan Analisa Motor Servo

Pengujian motor servo ini bertujuan untuk memeriksa apakah motor yang dipasang pada *prototype* ini beroperasi dengan efektif atau tidak. Berikut merupakan hasil pengujian motor servo

SG90 dengan objek portal parkir yang ditunjukkan pada tabel 6 di bawah ini :

Tabel 6. Hasil Pengujian Motor Servo SG90

Objek	Kondisi Motor	Hasil Pengujian
Gerbang Masuk	ON	Terbuka
Gerbang Masuk	OFF	Tertutup
Gerbang Keluar	ON	Terbuka
Gerbang Keluar	OFF	Tertutup

Setelah dilakukan di 2 buah motor servo SG90 dapat dianalisis bahwa ketika user masuk ataupun keluar dari tempat dimana motor servo berada maka palang akan terbuka dan tertutup dengan sendirinya ketika user menekan pilihan yang ada di website <https://parking.twogate.online>.

3.6 Pengujian dan Analisa LED

Pengujian LED ini bertujuan untuk memeriksa apakah lampu yang dipasang pada prototype ini beroperasi dengan efektif atau tidak. Berikut ini merupakan hasil pengujian LED yang ditunjukkan pada tabel 7 di bawah ini :

Tabel 7. Hasil Pengujian LED

Objek	Hasil Pengujian
Hijau Lahan 1	ON
Hijau Lahan 2	ON
Hijau Lahan 3	ON
Merah Lahan 1	ON
Merah Lahan 2	ON
Merah Lahan 3	ON

3.7 Pengujian Perangkat Lunak

Prosedur pengoperasian alat adalah langkah-langkah yang diperlukan untuk menjalankan sistem reservasi parkir otomatis, agar sesuai dengan desain dan program yang telah direncanakan. Prosedur pengoperasian sistem reservasi parkir otomatis berbasis Internet of Things (IoT) melibatkan langkah-langkah teknis yang mencakup perangkat lunak (software). Berikut adalah prosedur umumnya:

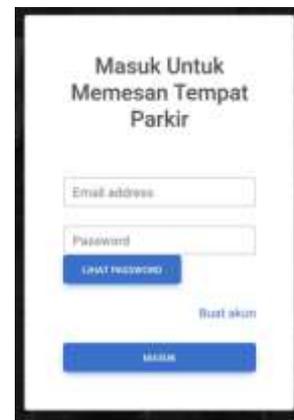
- a. Pengaturan Pengumpulan Data
- b. Pengolahan Data
- c. Pengiriman Data

3.8 Pengujian Alat secara Keseluruhan & Website

Pengujian cara kerja alat ini bertujuan untuk memastikan bahwa kondisi alat sesuai dan terintegrasi dengan informasi yang ditampilkan pada *website*. Terdapat delapan kondisi:

1. Masuk atau daftar akun

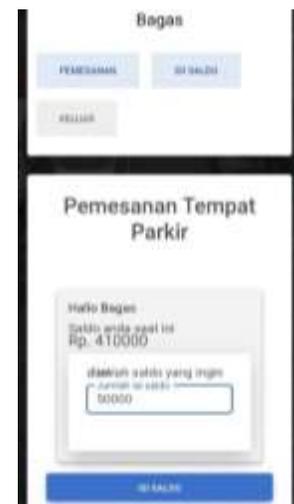
Pada gambar 19 di bawah ini menampilkan kondisi website dimana tampilan menunjukkan masuk atau daftar akun.



Gambar 19. Tampilan saat masuk atau daftar akun

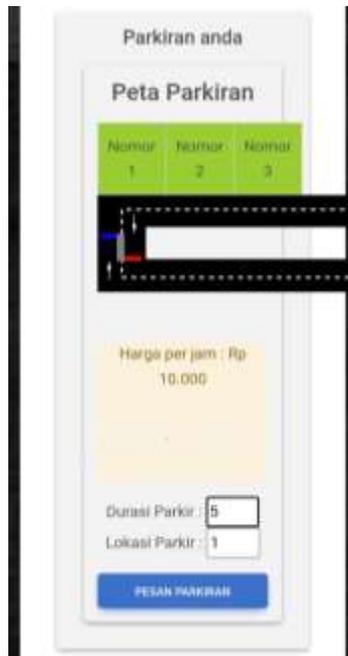
2. Halaman *top up* saldo

Pada gambar 20 di bawah ini menampilkan kondisi website dimana menunjukkan halaman untuk *top up* saldo



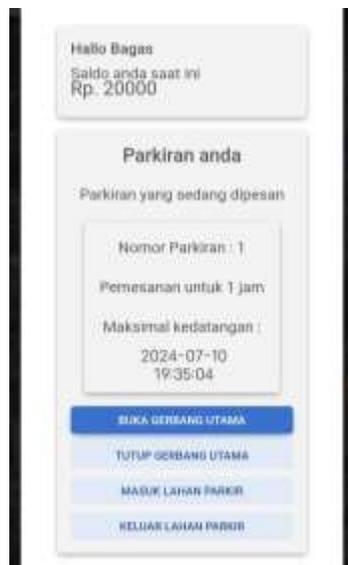
Gambar 20. Tampilan halaman top up saldo

3. Halaman untuk pemesanan parkir
 Pada gambar 21 di bawah ini menampilkan kondisi website dimana menunjukkan halaman untuk pemesanan parkir.



Gambar 21. tampilan halaman pemesanan parkir

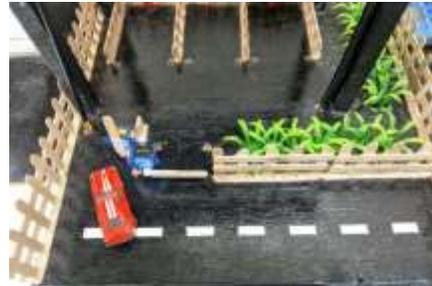
4. Halaman utama parkir
 Pada gambar 22 di bawah ini menampilkan kondisi website dimana menunjukkan halaman utama parkir.



Gambar 22. Tampilan halaman utama-parkiran

5. Keadaan saat pengguna memasuki gerbang utama

Pada gambar 23 di bawah ini menampilkan kondisi dimana pengguna memasuki gerbang utama



Gambar 23. Pengguna memasuki gerbang utama

6. Keadaan saat lahan parkir 1 terisi oleh pengguna 1

Pada gambar 24 di bawah ini menampilkan kondisi lahan parkir 1 terisi oleh pengguna 1.



Gambar 24. lahan parkir 1 terisi oleh pengguna 1

7. Keadaan saat pengguna meninggalkan parkir dan membuka gerbang keluar.

Pada gambar 25 di bawah ini menampilkan kondisi dimana pengguna meninggalkan parkir dan membuka gerbang keluar.



Gambar 25. Tampilan saat pengguna keluar dari parkir

8. Keadaan ketika *Automatic Transfer Switch* berfungsi

Gambar 26 menunjukkan ketika kondisi *Automatic Transfer Switch* berfungsi



Gambar 26. Kondisi ketika *Automatic Transfer Switch* menyala

Gambar diatas menunjukan kondisi ketika menggunakan sumber daya dari PLN 220V yang ditandai dengan aktifnya lampu indikator pada relay 1 *channel* yang berwarna hijau dan merah. Namun ketika sumber PLN tidak lagi tersedia maka otomatis sumber langsung dialihkan ke solar cell yang dimana energinya disimpan pada baterai 12V dan lampu indikator pada relay 1 *channel* akan mati.

3.9 Struktur Fisik Sistem Reservasi Parkir Otomatis

Dalam perancangan sistem reservasi parkir otomatis berbasis IoT menggunakan *backup* daya *solar cell* dirancang sebuah meja dengan komponen-komponen pendukung seperti panel surya, SCC, Baterai, Relay, *Power Supply*, *Stepdown*, ESP 32, Sensor Ultrasonik dan Motor servo. Yang ditunjukkan pada gambar 27 di bawah ini:



Gambar 27. Tampak depan sistem reservasi parkir otomatis

IV. KESIMPULAN

Berikut adalah kesimpulan yang dapat diambil setelah dilakukan berbagai pengujian pada sistem reservasi parkir otomatis berbasis IoT menggunakan *backup* daya *solar cell*.

1. Panel surya menghasilkan daya tertinggi sebesar 11,34 Watt pada hari kedua pukul 11.30, karena langit cerah berawan dan intensitas cahaya matahari yang tinggi. Sebaliknya, daya terendah yang dihasilkan adalah 3,40 Watt pada hari pertama pukul 10.00, disebabkan oleh kondisi langit mendung yang mengurangi intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya. Efisiensi sesaat yang dicapai oleh panel surya adalah 11,34%.
2. Panel surya 10 WP mampu mengisi baterai berkapasitas 7,5 Ah 12 Volt (DoD 75%) dari kondisi kosong hingga penuh dalam waktu sekitar 16 jam. Sementara itu, baterai yang terisi penuh dengan beban terpasang 3,32 Watt dapat bertahan hingga 9 jam sebelum habis.
3. Agar dapat memenuhi kebutuhan total beban terpasang sebesar 3,32 Watt dengan total energi 6,64 Wh dan waktu otonomi selama satu hari, sistem memerlukan satu modul panel surya berkapasitas 10 WP.
4. Setelah dilakukan di 2 tempat yang berbeda yaitu Gerbang masuk dan gerbang keluar oleh sensor ultrasonik dapat dianalisis bahwa ketika objek sudah terdeteksi oleh sensor maka portal akan membuka dan menutup dengan sendirinya.
5. Setelah dilakukan di 2 buah motor servo SG90 dapat dianalisis bahwa ketika user masuk ataupun keluar dari tempat dimana motor servo berada maka palang akan terbuka dan tertutup dengan sendirinya ketika user menekan pilihan yang ada di website <https://parking.twogate.online>
6. Setelah dilakukan di 3 lahan parkir dengan 6 buah objek yaitu 3 LED berwarna merah dan 3 LED berwarna hijau dapat disimpulkan bahwa ketika lahan parkir terisi oleh *user* maka LED berwarna merah akan menyala, dan ketika lahan parkir tidak terisi oleh *user* atau *available* maka LED berwarna hijau akan menyala.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Djaka Fradita dan Ricky Firmansyah “Web Monitoring Sistem Parkir Berbasis Mikrokontroler Studi Kasus Universitas Adhirajasa Reswara Sanjaya”, 2021
- [2] Gede Iga Wilhamdika, I Made Arsa Suyadnya dan Komang Oka Saputra “RANCANG BANGUN SISTEM RESERVASI PARKIR ONLINE PADA PUSAT PERBELANJAAN DI KOTA DENPASAR BERBASIS WEB”, 2019
- [3] Hassan Rizky Putra Sailallah “Internet of Things : Pengertian, Sejarah, Kelebihan dan Kekurangannya”, 2023
- [4] Ketut Sugirianta, I. B., Giriantari, I., & Satya Kumara, I. N. “Economic Analysis of Solar Electricity Rates using the Life Cycle Cost Method (Analisa Keekonomian Tarif Penjualan Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1 MWp Bangli Dengan Metode Life Cycle Cost). Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, 15(2), 121–126.”, 2016
- [5] Asrul, R. K. Demak, and R. Hatib, “Komparasi Energi Surya Dengan Lampu Halogen Terhadap Efisiensi Modul Photovoltaic Tipe Multicrystalline.”, 2016
- [6] Sumber : <https://atonergi.com/apa-itu-baterai-plts-dan-bagaimana-mereka-bekerja/> (Diakses pada tanggal 10 Mei 2024 pada pukul 17:35)
- [7] D. Notosudjono and F. Adzikri, “Teknologi Energi Terbarukan,” Bogor : UNPAK Press, 2018
- [8] Dejan Nedelkovski “Sensor Ultrasonik HC-SR04 dan Arduino – Panduan Lengkap”, 2016
- [9] Universitas Raharja “Mikrokontroler ESP-32”, 2023
- [10] Alief Rakhman “Motor Servo: Pengertian, Fungsi, Jenis dan Cara Kerjanya”, 2023
- [11] PT. Reja Aton Energi (Atonergi) “Apa itu Solar Charge Controller? Memahami Kontroler Surya”, 2021
- [12] Aldy Razor “Modul Relay Arduino: Pengertian, Gambar, Skema, dan Lainnya”, 2023
- [13] Sunan Sarif Hidayatullah “Pengertian Power Supply Dan Cara Kerja Power Supply”, 2020
- [14] Sumber: <https://jakarta.telkomuniversity.ac.id/laravel-definisi-cara-kerja-keunggulan-dan-kekurangan/> (Diakses pada tanggal 15 April 2024 pada pukul 21:23)
- [15] Sumber : <https://www.dicoding.com/blog/apa-itu-firebase-pengertian-jenis-jenis-dan-fungsi-kegunaannya/> (Diakses pada tanggal 3 Mei 2024 pada pukul 19:34)
- [16] Badr Interactive “Firebase: Pengertian, Jenis, Fungsi, dan Cara Kerjanya”, 2022
- [17] H Sejati “Module Regulator LM 2596 rangkaian modul konverter DC / DC dengan frekuensi tetap 150 kHz fixed-voltage (PWM step-down) menggunakan IC.”, 2019
- [18] Technology Medium “Pengertian Lampu LED dan Tipe-tipenya Secara Umum”, 2023

BIODATA PENULIS

- 1) **Bagas Eko Wicaksono S.T** Alumni (2019) Program Studi Teknik Elektro – Fakultas Teknik – Universitas Pakuan. bagaswickson610@gmail.com
- 2) **Prof. DR. Ir. H. Didik Notosudjono, M.Sc. IPU., Asean.Eng. APEC.Eng.** Dosen Program Studi Teknik Elektro – Fakultas Teknik – Universitas Pakuan.
- 3) **Agustini Rodiah Machdi S.T, M.T.** Dosen Program Studi Teknik Elektro – Fakultas Teknik – Universitas Pakuan.