

PERANCANGAN ALAT *CHARGING STATION* DENGAN MENGGUNAKAN PEMBAYARAN DIGITAL DAN KOIN BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)

Rizki Habibullah, Selamat Meliala^{*}, Fakhruddin Ahmad Nasution, Asri dan Teuku Multazam

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Indonesia

^{*}) E-mail: selamat.meliala@unimal.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi dalam pelayanan publik telah berkembang pesat, salah satunya melalui penggunaan perangkat mobile seperti *handphone*. Akan tetapi, keterbatasan daya baterai pada *handphone* menjadi kendala ketika digunakan di luar ruangan. Untuk mengisi daya, pengguna biasanya membawa powerbank sebagai solusi sementara, namun dinilai kurang praktis karena jika baterai *powerbank* habis maka perlu pengisian ulang. Oleh karena itu, solusi yang tepat dikembangkan peneliti dengan merancang *charging station* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan pengguna mengisi daya dengan sistem pembayaran digital. Ini merupakan solusi efektif yang memudahkan transaksi. Alat ini diletakkan di fasilitas umum seperti tempat wisata atau terminal. Sistem terhubung ke internet untuk memantau informasi pengguna dan mencatat transaksi otomatis melalui platform Midtrans. Sebagai bentuk antisipasi terhadap gangguan jaringan, sistem juga dilengkapi dengan opsi pembayaran menggunakan uang koin, sehingga alat tetap dapat digunakan dalam berbagai kondisi. Penelitian ini menggunakan dua tipe *handphone*, yaitu Android dan iOS. Hasil menunjukkan Android menerima tegangan 9,0 Volt dengan daya 4,68 Watt, sedangkan iOS menerima tegangan 4,8 Volt dengan daya 3,93 Watt. Token 15 Wh mampu mengisi iOS hingga 99% dalam 120 menit, sedangkan Android hanya 86% dalam 98 menit. Charger standar menunjukkan hasil serupa namun dengan durasi lebih lama.

Kata kunci: Internet of Things (IoT), Charging station, Handphone.

Abstract

The utilization of information and communication technology in public services has grown rapidly, including through mobile devices such as smartphones. However, limited battery capacity becomes an issue when used outdoors. Users often rely on power banks as a temporary solution, but these are impractical if the power bank itself runs out of charge and requires recharging. To address this, researchers developed an Internet of Things (IoT) based charging station that allows users to charge their smartphones using a digital payment system. This solution is effective and simplifies the transaction process. The device is installed in public facilities such as tourist spots and terminals. The system connects to the internet to monitor user data and record transactions automatically through the Midtrans platform. As a form of anticipation against network disruptions, the system is also equipped with a coin payment option, so the device can still be used under various conditions. The study tested the system on Android and iOS devices. Android received a voltage of 9.0V producing 4.68W, while iOS received 4.8V producing 3.93W. With a 15 Wh token, iOS charged up to 99% in 120 minutes, while Android reached 86% in 98 minutes. Compared to standard chargers, the charging station demonstrated similar efficiency with shorter durations.

Keywords: Internet of Things (IoT), Charging station, Smartphone.

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi listrik telah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari kehidupan manusia, mulai dari rumah tangga hingga sektor industri. Seiring bertambahnya jumlah penduduk permintaan terhadap energi listrik terus meningkat secara signifikan[1]. Dalam situasi ini perkembangan teknologi mendorong lahirnya berbagai inovasi yang bertujuan untuk mempermudah aktivitas

manusia sehari-hari[2]. Kemajuan teknologi saat ini berlangsung sangat pesat di berbagai bidang seperti akses informasi, sistem pembayaran digital dan layanan berbasis internet[3]. Namun di tengah kemajuan tersebut muncul tantangan baru berupa meningkatnya ketergantungan masyarakat terhadap penggunaan *handphone* sebagai alat komunikasi utama dan sarana untuk mengakses berbagai layanan digital. Permasalahan timbul ketika pengguna berada di luar ruangan dan kesulitan menemukan fasilitas

pengisian daya yang praktis. Kondisi ini menunjukkan adanya kebutuhan terhadap alternatif pengisian daya yang lebih fleksibel, efisien dan mudah diakses, khususnya di lokasi publik seperti terminal, pusat perbelanjaan dan tempat wisata[4].

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah menjadikan telepon genggam sebagai kebutuhan primer dalam kehidupan modern. Perangkat ini digunakan untuk berbagai keperluan penting seperti bekerja, belajar hingga mengakses layanan publik[5]. Sebagai perangkat elektronik *handphone* sangat bergantung pada baterai sebagai sumber energi. Salah satu kendala utama yang sering dihadapi pengguna adalah daya baterai yang cepat habis, terutama ketika digunakan dalam waktu lama di luar ruangan. Banyak pengguna mengatasi hal ini dengan menggunakan *powerbank* sebagai solusi sementara. Namun, penggunaan *powerbank* memiliki keterbatasan karena perlu diisi ulang setelah daya habis dan ukurannya yang kurang praktis dapat mengurangi mobilitas pengguna. Hal ini menegaskan perlunya inovasi sistem pengisian daya yang lebih efisien dan tersedia secara luas di tempat umum[6].

Penelitian sebelumnya telah mengembangkan *charging station* sebagai solusi pengisian daya di ruang publik. Sebagian penelitian mengusulkan sistem berbasis Internet of Things (IoT) dengan sumber energi dari panel surya dan aktivasi menggunakan sensor koin. Hasil penelitian tersebut menunjukkan efektivitas dalam proses deteksi pembayaran, namun kinerjanya masih bergantung pada intensitas cahaya matahari yang tidak stabil sepanjang hari[7]. Sementara itu penelitian lain mengembangkan prototipe *charging station* tenaga surya berkapasitas tertentu yang mampu mengisi dua perangkat secara bersamaan, tetapi belum dilengkapi dengan fitur pembayaran digital atau pemantauan otomatis berbasis internet[8].

Penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) menjadi sangat relevan karena mampu menghadirkan sistem pengawasan, kendali, dan pelaporan data secara real-time melalui koneksi internet. IoT memungkinkan perangkat elektronik saling terhubung dan berkomunikasi secara otomatis tanpa campur tangan langsung dari pengguna[9]. Dengan kemampuan tersebut, sistem *charging station* dapat mengirimkan informasi seperti status pengisian, jumlah transaksi, durasi penggunaan serta kondisi daya secara langsung ke server atau aplikasi pengguna. Selain itu integrasi IoT juga mendukung implementasi sistem pembayaran digital berbasis jaringan yang lebih efisien, aman dan transparan. Teknologi ini sangat sesuai dengan kebutuhan fasilitas publik yang menuntut ketersediaan layanan cepat, mudah diakses serta dapat dipantau dan dikelola dari jarak jauh. Dengan demikian IoT berperan penting dalam menciptakan sistem pengisian daya yang modern, adaptif dan berorientasi pada efisiensi energi[10].

Berdasarkan hasil analisis terhadap penelitian-penelitian sebelumnya, diketahui bahwa sebagian besar sistem pengisian daya masih memiliki dua keterbatasan utama yaitu ketergantungan terhadap sumber energi matahari dan belum terintegrasi sistem pembayaran digital yang efisien. Oleh karena itu penelitian ini berfokus pada perancangan *charging station* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan pengguna melakukan pembayaran secara digital, sekaligus menyediakan alternatif pembayaran menggunakan koin apabila koneksi internet mengalami gangguan. Sistem yang dikembangkan juga dirancang untuk mencatat setiap transaksi secara otomatis serta menampilkan informasi penggunaan secara real-time melalui jaringan internet. Dengan rancangan tersebut, diharapkan sistem ini dapat menjadi solusi pengisian daya yang lebih efisien, fleksibel dan adaptif terhadap berbagai kondisi di area publik.

2. Metode

Penelitian “Perancangan Alat *Charging Station* Pada *Handphone* Dengan Menggunakan Uang digital dan koin Berbasis *Internet Of Things* (IoT)”. Tahapan penelitian ini disusun secara sistematis mulai dari penetapan topik, identifikasi masalah, hingga penyusunan kesimpulan. Proses dimulai dengan menentukan isu utama yang akan diteliti, diikuti kajian literatur untuk memahami kondisi terkini dan menemukan celah penelitian. Selanjutnya dilakukan perancangan dan perakitan alat, dilanjutkan dengan pembuatan program pada mikrokontroler agar sistem dapat bekerja otomatis. Setelah itu, alat diuji untuk memastikan fungsinya berjalan baik, dan hasilnya dianalisis dalam laporan ilmiah. Terakhir, ditarik kesimpulan dan saran untuk pengembangan lebih lanjut. Berikut diagram alir penelitian dapat dilihat di Gambar 1.

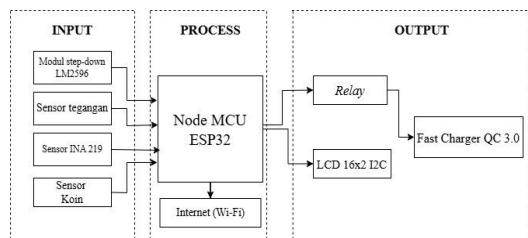


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem pada Gambar 2 menggambarkan alur kerja keseluruhan alat yang dirancang dalam penelitian ini.

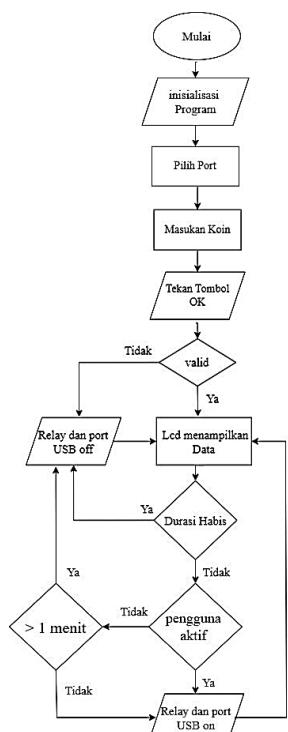
Sistem ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu input, proses, dan output. Pada bagian input, sistem menerima data dari berbagai komponen, antara lain modul step-down LM2596, sensor arus INA219, sensor tegangan dan sensor koin. Seluruh data input tersebut kemudian diproses oleh mikrokontroler NodeMCU ESP32 sebagai pusat kendali sistem. Selanjutnya, pada bagian output, hasil pemrosesan data digunakan untuk mengendalikan beberapa perangkat, seperti Fast Charger QC 3.0 Step Down USB dan layar LCD. Pengaturan perangkat output dilakukan melalui modul relay, yang bekerja sesuai dengan instruksi hasil pemrosesan data.



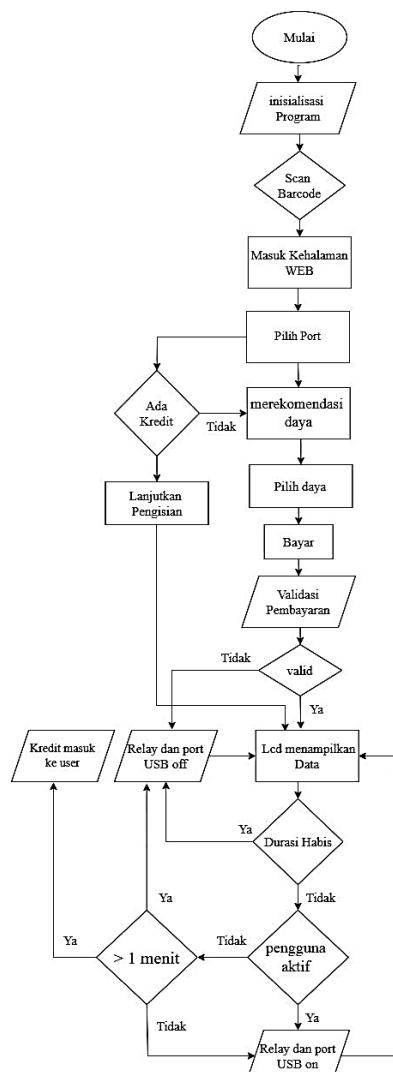
Gambar 2. Diagram Blok Sistem

2.2. Alur Kerja Sistem

Adapun alur kerja sistem dari “Perancangan Alat Charging Station Pada Handphone Dengan Menggunakan Uang Koin dan Digital Berbasis Internet Of Things (IoT)” pada gambar 3.



Gambar 3. Alur kerja sistem dengan metode pembayaran koin



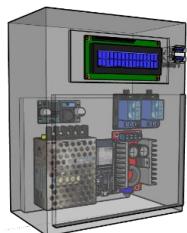
Gambar 4. Alur kerja sistem dengan metode pembayaran digital

Diagram alir pada Gambar 3 dan Gambar 4 menggambarkan langkah-langkah dalam alur kerja sistem pengisian daya otomatis berbasis mikrokontroler. Proses dimulai dari inisialisasi sistem saat alat dinyalakan. Selanjutnya, pengguna diminta memindai barcode sebagai tahap awal. Jika pemindaian gagal, sistem kembali ke inisialisasi. Namun jika berhasil, pengguna diarahkan ke halaman web untuk memilih port USB dan daya pengisian, baik berdasarkan rekomendasi sistem maupun pilihan manual. Setelah itu, sistem masuk ke tahap pembayaran dan menunggu validasi. Jika pembayaran tidak valid, port dan relay dinonaktifkan, dan pengguna dikembalikan ke halaman sebelumnya. Bila valid, sistem mengaktifkan port dan relay, serta menampilkan informasi pengisian seperti durasi pada layar LCD. Selama pengisian, sistem terus memantau waktu dan aktivitas. Jika waktu habis atau tidak ada aktivitas selama satu menit, aliran daya diputus, kredit dikembalikan, dan sistem kembali ke awal. Sebagai solusi saat tidak ada koneksi internet, sistem juga menyediakan

metode pembayaran alternatif menggunakan sensor koin. Pengguna memilih port, memasukkan koin sesuai kebutuhan, dan menekan tombol OK. Setelah koin diterima dan divalidasi, proses pengisian berjalan seperti metode digital, dengan informasi ditampilkan di LCD dan pemantauan berlangsung hingga pengisian selesai.

2.3. Perancangan Hardware

Perancangan *hardware* pada penelitian ini dilakukan dengan membuat desain perancangan *charging station* yang akan digunakan seperti pada Gambar 5.

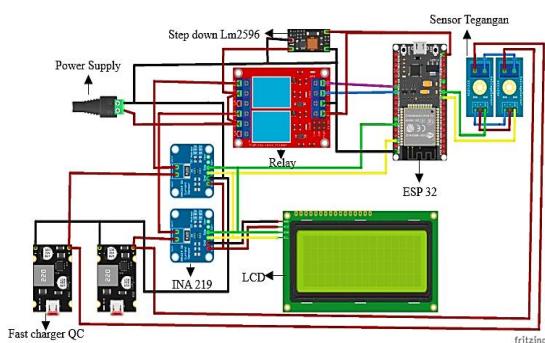


Gambar 5. Desain Perancangan *Hardware*

Desain alat ini menggunakan panel kontrol yang dirancang untuk melindungi komponen elektronik seperti sensor, modul kendali, serta sistem penghubung ke sumber daya listrik. Panel kontrol dibuat dari bahan tahan air dan tahan korosi guna mencegah kerusakan akibat paparan cuaca luar ruangan. Secara keseluruhan, desain alat ini dibuat agar sistem dapat dioperasikan secara efisien dan memiliki daya tahan tinggi dalam lingkungan luar.

2.4. Perancangan Rangkaian Elektronik

Rancangan keseluruhan merupakan sistem kontrol *charging station* pada *handphone*, di mana seluruh komponen dihubungkan untuk membentuk satu kesatuan sistem. Sistem ini bekerja berdasarkan perintah yang diprogram dalam mikrokontroler NodeMCU ESP32. Komponen input terdiri dari sensor tegangan dan sensor arus INA219, sedangkan komponen output mencakup modul relay, layar LCD, dan modul fast charger. Rangkaian lengkap dari sistem ini ditampilkan pada Gambar 6.

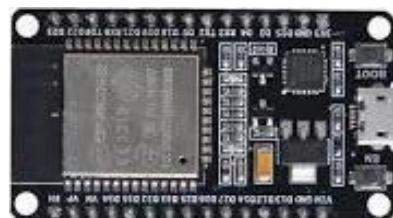


Gambar 6. Rangkaian Elektronik

Berdasarkan gambar rangkaian elektronik yang di tunjukan pada Gambar 10 dapat diuraikan komponen utama yang digunakan.

2.4.1. NodeMCU ESP32

Mikrokontroler ESP32 adalah chip pengontrol elektronik yang dilengkapi dengan WiFi dan Bluetooth, cocok untuk aplikasi monitoring dan kontrol berbasis Internet of Things (IoT). NodeMCU ESP32 memungkinkan koneksi ke jaringan WiFi, mendukung pemantauan dan pengendalian jarak jauh secara nirkabel dengan aman[11]. Mikrokontroler ini memiliki keunggulan seperti jumlah pin I/O dan analog yang banyak, kapasitas memori yang besar, serta dukungan Bluetooth Low Energy 4.0. ESP32 memiliki 36 pin GPIO, dengan 14 pin berfungsi sebagai ADC yang mampu membaca tegangan hingga 3,3V dengan resolusi 12-bit (maksimal 4095). Dilengkapi juga dengan pin ISP untuk pembaca kartu SD, serta mendukung suplai daya antara 2,2V hingga 3,6V, dan bisa dihubungkan melalui microUSB atau baterai 3,7V. ESP32 mendukung protokol TCP/IP, WiFi Direct, dan standar WLAN MAC 802.11 b/g/n/e/i, menggunakan frekuensi 2,4 GHz, ideal untuk server web yang berinteraksi dengan perangkat mobile melalui WiFi[12].



Gambar 7. NodeMCU ESP32

2.4.2. Coin Acceptor



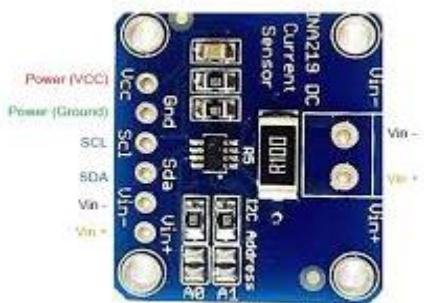
Gambar 8. Coin Acceptor

Coin Acceptor merupakan perangkat yang digunakan pada mesin otomatis untuk mengenali kesesuaian koin berdasarkan parameter yang telah ditetapkan sebelumnya. Pada generasi awal, sistem ini melakukan deteksi koin dengan cara mengukur ukuran diameter dan bobot koin yang dimasukkan. Sementara itu pada versi yang lebih

modern proses identifikasi koin memanfaatkan sensor logam dengan cara mengukur resonansi elektromagnetik dari detektor logam. Ketika koin melewati koil pendeksi frekuensi keluaran dari osilator akan berubah sesuai dengan karakteristik logam koin tersebut[13].

2.4.3. Sensor INA 219

Sensor INA219 adalah modul sensor yang memantau tegangan dan arus rangkaian listrik. Sensor ini menggunakan antarmuka I2C atau SMBus, juga dapat memantau tegangan shunt dan bus[14]. Dilengkapi dengan ADC 12-bit, INA219 memiliki resolusi pengukuran arus hingga 0,1 mA, dengan rentang arus maksimal $\pm 3,2\text{A}$. Sensor ini bekerja dengan mendekripsi tegangan bus dan shunt secara bergantian, lalu mengonversinya menjadi sinyal digital melalui ADC. Data digital tersebut dikirim ke register arus dan tegangan, kemudian digunakan untuk menghitung daya dengan mengalikan nilai arus dan tegangan yang diperoleh[15].



Gambar 9. Sensor INA 219

2.4.4. Sensor Tegangan

Sensor tegangan DC memiliki input tegangan DC antara 0 dan 25V, jangkauan tegangan analog 0.00489V, dan tegangan inputnya dapat berkurang hingga lima kali lipat dari tegangan asli. Sensor tegangan DC memiliki spesifikasi input tegangan DC antara 0-25V, dengan jangkauan tegangan DC dari 0.02445V hingga 25V, serta tegangan analog sebesar 0.00489V. Tegangan input DC pada pin positif terhubung ke VCC, sedangkan pin negatif terhubung ke GND[16].



Gambar 10. Sensor Tegangan

3. Hasil dan Pembahasan

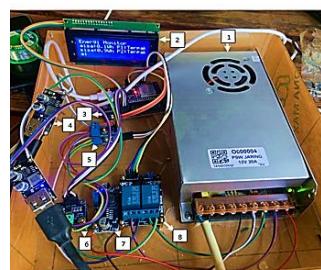
3.1. Hasil Perancangan Mekanik

Pada perancangan mekanik terdapat dua hasil yakni perancangan box control dan perancangan tiang penyangga. Perancangan box kontrol bertujuan untuk melindungi komponen-komponen utama yang digunakan seperti mikrokontroler, memiliki ukuran dengan panjang 27 cm, lebar 25 cm, dan tinggi 7 cm yang dibuat dengan akrilik 2 mm. Perancangan tiang penyangga bertujuan untuk tempat menopang box pengisian daya agar dapat berdiri dengan kokoh dan stabil, perancangan tiang penyangga ini sendiri memiliki ukuran dengan tinggi 125 cm. Adapun hasil perancangan mekanik pada *charging station* yang dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil Perancangan Mekanik

3.2. Hasil Perancangan Elektronik



- Keterangan:
1. Power supply
 2. LCD 12C 20 x 4
 3. NodeMCU ESP32
 4. Modul Fast Chager QC
 5. Sensor tegangan
 6. Sensor INA219
 7. Modul step-down LM2596
 8. Relay

Gambar 12. Hasil Perancangan Elektronik

Hasil perancangan elektronik ini difokuskan untuk mendukung sistem pengisian daya *handphone*. Semua komponen dirakit dalam box kontrol guna memudahkan perakitan, pengujian, dan perlindungan perangkat selama penelitian. Perancangan didasarkan pada konfigurasi pin masing-masing komponen, kemudian disusun menjadi satu sistem terintegrasi agar setiap bagian dapat berfungsi optimal dan mendukung kelancaran proses pengujian. Adapun hasil perancangan rangkaian elektronik secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 12.

3.4. Hasil Pengujian Fungsional

Berdasarkan pengujian fungsional dari setiap perangkat elektronik yang telah dilakukan, berikut adalah hasil pengujiannya.

3.4.1. Hasil Pengujian Fungsional LCD

Pengujian LCD I2C 20x4 ini dilakukan untuk memastikan apakah perangkat tersebut berfungsi dengan baik atau tidak.



Gambar 13. Pengujian Fungsional LCD

Pada Gambar 13, ditampilkan proses pengujian LCD I2C yang berhasil menampilkan karakter sesuai dengan program uji yang digunakan. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Hasil Pengujian Fungsional LCD

Baris	Perintah pada Program	Tampilan LCD	Keterangan
1	INI BARIS 1	INI BARIS 1	Sesuai
2	INI BARIS 2	INI BARIS 2	Sesuai
3	INI BARIS 3	INI BARIS 3	Sesuai
4	INI BARIS 4	INI BARIS 4	Sesuai

3.4.2. Hasil Pengujian Fungsional Sensor INA 219



Gambar 14. Pengujian Fungsional Sensor INA 219

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan apakah sensor INA219 mampu memberikan hasil pembacaan yang akurat dan sesuai dengan nilai sebenarnya. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor INA219 yang terhubung ke ESP32 dengan hasil pembacaan menggunakan multimeter digital sebagai alat ukur banding.

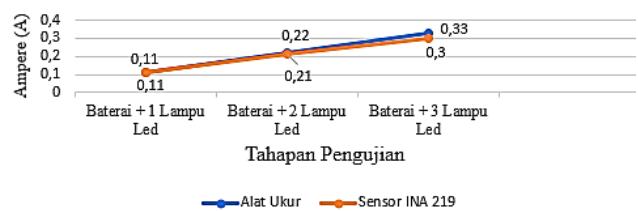
Hasil pembacaan dari sensor INA219 menunjukkan nilai sebesar 115,5 mA, sedangkan hasil pembacaan menggunakan multimeter menunjukkan 0,11 A. Dari hasil ini tingkat kesalahan sensor INA219 sangat kecil, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor memiliki tingkat keakuratan yang baik. Hasil pengujian sensor INA219 disajikan dalam Tabel 2.

Table 2. Hasil Pengujian Fungsional Sensor INA 219

No	Beban	Hasil Pengukuran Alat Ukur	Hasil Pengukuran Sensor	%Eror
1	Baterai + 1	0,11 A	0,11 A	0%
	Lampu Led			
2	Baterai + 2	0,22 A	0,21 A	4,5%
	Lampu Led			
3	Baterai + 3	0,33 A	0,30 A	9%
	Lampu Led			

Adapun grafik perbandingan tersebut disajikan pada Gambar 15.

Perbandingan Pembacaan Sensor INA 219 dengan Alat Ukur Multimeter Digital

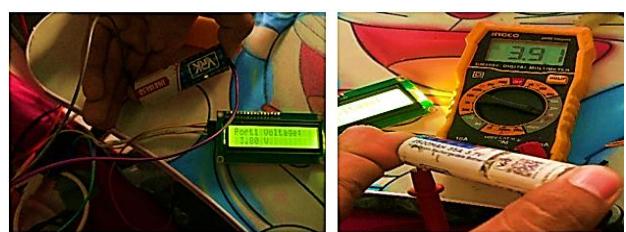


Gambar 15. Grafik Perbandingan Pengukuran Sensor INA 219 dengan Alat Multimeter Digital

Dari hasil pengujian, diperoleh tingkat kesalahan yang sangat kecil pada sensor INA 219, yang menunjukkan bahwa sensor ini memiliki tingkat keakuratan yang baik.

3.4.3. Hasil Pengujian Fungsional Sensor Tegangan

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sensor tersebut dapat beroperasi secara akurat dan sesuai dengan nilai aslinya. Dalam pengujian ini, hasil pembacaan dari sensor tegangan akan dibandingkan dengan pembacaan menggunakan multimeter digital.



(a) Menggunakan Sensor (b) Menggunakan Multimeter

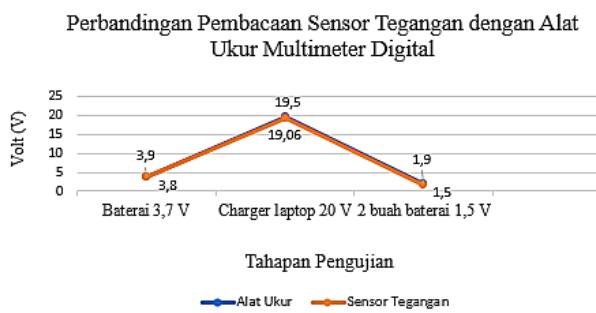
Gambar 16. Pengujian Fungsional Sensor Tegangan

Hasil pengukuran tegangan ditampilkan secara real-time pada layar LCD. Sensor mencatat nilai 3,8 V, sementara multimeter digital menunjukkan 3,9 V. Selisih kecil ini mengindikasikan bahwa sensor memiliki akurasi yang baik dan cukup andal dalam memantau tegangan sistem. Data pengujian sensor INA219 disajikan dalam Tabel 3.

Table 3. Hasil Pengujian Fungsional Sensor Tegangan

No	Beban	Hasil Pengukuran Alat Ukur	Hasil Pengukuran Sensor	%Eror
1	Baterai 3,7 V	3,9 V	3,8 V	2,56%
2	Charger laptop 20 V	19,5 V	19,06 V	2,26%
3	Dua buah baterai 1,5 V	1,9 V	1,5 V	21,05%

Adapun hasil pengujian fungsional sensor tegangan disajikan dalam bentuk grafik untuk mempermudah analisis perbandingan antara pembacaan sensor dengan hasil pengukuran menggunakan multimeter. Grafik perbandingan tersebut ditampilkan pada Gambar 17.



Gambar 17. Grafik Perbandingan Pengukuran Sensor Tegangan dengan Alat Multimeter Digital

Pada grafik tersebut, terlihat bahwa pembacaan sensor tegangan mengikuti pola naik-turun yang serupa dengan multimeter, menunjukkan bahwa sensor merespons perubahan nilai tegangan dari beban secara langsung. Kemiripan pola grafik antara sensor dan multimeter menandakan bahwa sensor mampu mendeteksi variasi tegangan dengan cukup baik. Meskipun terdapat perbedaan nilai pada beberapa kondisi hal ini dapat disebabkan oleh tingkat ketelitian sensor serta faktor kalibrasi yang belum sepenuhnya optimal.

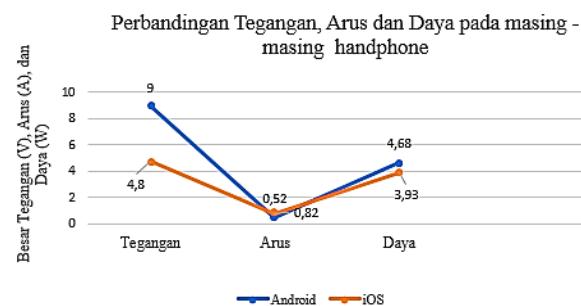
3.5. Hasil Pengujian Pengukuran pada Beban Pengisian Daya

Pengukuran pengisian daya dilakukan pada dua perangkat telepon seluler yaitu Android dan iOS, untuk mengukur daya, tegangan, dan arus yang digunakan selama pengisian daya. Berikut Tabel 4. menunjukkan hasil pengukuran pengisian daya pada beban.

Table 4. Hasil Pengujian Pengukuran pada Beban Pengisian

No	Tipe HP	Tegangan	Arus	Daya
1	Android	9,0 V	0,52 A	4,68
2	iOS	4,8 V	0,82 A	3,93

Berdasarkan data dari Tabel 4 hasil pengukuran pengisian daya dapat dilihat dalam bentuk grafik gambar 18.



Gambar 18. Grafik Hasil Pengujian Pengukuran Pada Beban Pengisian

Berdasarkan Gambar 18, menunjukkan bahwa pada tipe Android, dengan tegangan 9 V, arus 0,52 A, dan daya 4,68 W, mengalami peningkatan tajam pada titik tegangan. Sebaliknya, iOS menunjukkan tegangan 4,8 V, arus 0,82 A, dan daya 3,93 W. Perbedaan ini mencerminkan strategi manajemen daya masing-masing. Android menggunakan tegangan lebih tinggi untuk performa dan kecepatan pengisian, sementara iOS mengutamakan efisiensi dan umur baterai dengan pengaturan arus yang ketat. Arus juga dipengaruhi oleh resistensi internal dan optimasi perangkat lunak. Penggunaan charger berdaya lebih tinggi tetap aman selama perangkat mendukung fast charging, karena sistem akan menyesuaikan arus secara otomatis guna menjaga keamanan dan mengurangi risiko kerusakan.

3.6. Hasil Pengujian Perbandingan dengan Menggunakan Alat dan Charger Standart

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan efektivitas pengisian daya antara alat charging station berbasis Internet of Things (IoT) yang dikembangkan dalam penelitian ini dengan charger standar bawaan pabrikan. Uji coba dilakukan pada dua jenis perangkat, yaitu Android dan iOS, dengan tiga tingkat token daya berbeda: 5 Wh, 10 Wh, dan 15 Wh. Parameter utama yang diamati mencakup persentase daya yang berhasil diisi dan durasi waktu pengisian hingga mencapai tingkat tertentu.

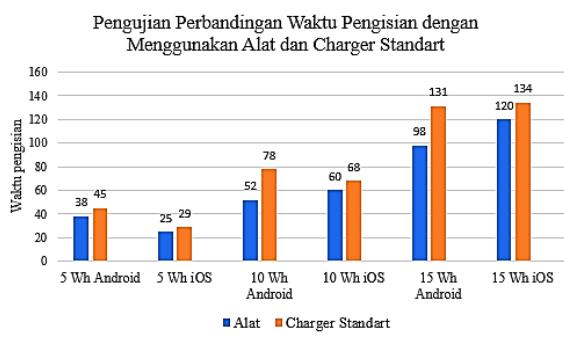
Dalam pengujian ini, charging station dirancang menggunakan modul Quick Charge 3.0 dengan daya keluaran sebesar 18 Watt, sedangkan charger bawaan pabrikan memiliki daya 20 Watt. Meskipun perbedaan daya keluaran tampak signifikan, alat yang dikembangkan tetap mampu menunjukkan performa yang kompetitif

berkat optimasi sistem melalui pengaturan arus dan tegangan yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32.

Table 5. Hasil Pengujian Pengisian Daya Menggunakan Alat dan Charger Standar

NO	Perangkat	Token pengisian	Metode	Percentase baterai	Waktu pengisian
1	Android	5 Wh	Alat	30 %	38 menit
2	Android	5 Wh	Charger Standar	30 %	45 menit
3	iOS	5 Wh	Alat	32 %	25 menit
4	iOS	5 Wh	Charger Standar	32 %	29 menit
5	Android	10 Wh	Alat	53 %	52 menit
6	Android	10 Wh	Charger Standar	53 %	78 menit
7	iOS	10 Wh	Alat	69 %	60 menit
8	iOS	10 Wh	Charger Standar	69 %	68 menit
9	Android	15 Wh	Alat	86 %	98 menit
10	Android	15 Wh	Charger Standar	86 %	131 menit
11	iOS	15 Wh	Alat	99 %	120 menit
12	iOS	15 Wh	Charger Standar	99 %	134 menit

Berdasarkan Tabel 5 pengujian dilakukan pada dua perangkat berbeda dengan dua metode pengisian, yaitu alat *charging station* berbasis IoT dan charger standar. Pada pengujian menggunakan token daya sebesar 5 Wh, perangkat Android yang diisi menggunakan alat berhasil mencapai 30% daya baterai dalam waktu 38 menit sedangkan charger standar memerlukan 45 menit untuk hasil yang sama. Untuk perangkat iOS, pengisian menggunakan alat mampu mencapai 32% dalam waktu 25 menit, sementara charger standar membutuhkan 29 menit. Pada token daya 10 Wh perangkat Android yang diisi menggunakan alat mencapai 53% dalam waktu 52 menit, sedangkan charger standar memerlukan 78 menit. Untuk perangkat iOS alat mampu mencapai 69% dalam 60 menit, sedikit lebih cepat dibanding charger standar yang membutuhkan 68 menit. Selanjutnya, pada token 15 Wh, alat mampu mengisi perangkat Android hingga 86% dalam 98 menit, sedangkan charger standar memerlukan 131 menit. Untuk perangkat iOS alat mencapai 99% dalam 120 menit, sementara charger standar membutuhkan 134 menit. Adapun grafik perbandingan waktu pengisian dengan menggunakan alat dan charger standart tersebut ditampilkan pada Gambar 19.



Gambar 19. Grafik Perbandingan Pengujian Dengan Menggunakan Alat dan Charger Standar

Gambar 19 memperlihatkan grafik perbandingan waktu pengisian daya antara alat *charging station* berbasis IoT dan charger standar 20 Watt. Hasil ini menunjukkan bahwa alat yang dirancang lebih efisien dan cepat dalam proses pengisian meskipun menggunakan daya yang lebih kecil.

Efisiensi tersebut disebabkan oleh penerapan modul Quick Charge 3.0, yang memiliki kemampuan untuk menyesuaikan tegangan dan arus secara dinamis terhadap kebutuhan perangkat. Mekanisme ini serupa dengan hasil penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa penggunaan teknologi pengisian cepat berbasis smart control dapat meningkatkan efisiensi waktu pengisian dibandingkan sistem konvensional. Selain itu, penggunaan mikrokontroler ESP32 memungkinkan pengaturan arus dan tegangan secara real-time melalui sistem kontrol berbasis perangkat lunak, yang terbukti mampu menjaga kestabilan keluaran daya dan meningkatkan keamanan proses pengisian.

Hasil pengujian ini juga sejalan dengan temuan dari beberapa penelitian lain yang menyatakan bahwa sistem pengisian berbasis IoT dengan kontrol arus otomatis dapat mengoptimalkan penggunaan energi dan mempercepat waktu pengisian tanpa menyebabkan kenaikan suhu berlebih pada perangkat. Fitur pengendali otomatis yang digunakan dalam alat ini juga terbukti efektif dalam mencegah overcharge dengan cara memutus arus ketika kapasitas baterai mencapai batas tertentu.

Kapasitas baterai yang berbeda pada setiap perangkat turut memengaruhi waktu pengisian. Perangkat Android umumnya memiliki kapasitas baterai lebih besar sekitar 5000 mAh, sedangkan perangkat iOS berada di kisaran 2800–3000 mAh. Namun demikian, alat tetap menunjukkan kinerja yang baik pada kedua perangkat, menandakan sistem dapat beradaptasi dengan variasi spesifikasi baterai.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa *charging station* berbasis IoT dengan daya 18 Watt memiliki kinerja pengisian yang lebih efisien dibandingkan charger standar 20 Watt pada kedua jenis perangkat. Efisiensi ini didukung oleh sistem pengaturan arus dan tegangan adaptif, fitur keamanan otomatis serta optimasi algoritma kontrol yang memastikan pengisian berlangsung cepat, stabil dan aman. Temuan ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya bahwa penerapan sistem pengisian daya berbasis IoT dengan kontrol cerdas dapat meningkatkan efisiensi energi hingga lebih dari 15% dibandingkan sistem pengisian konvensional. Dengan demikian, alat yang dikembangkan dalam penelitian ini dinilai layak diterapkan di ruang publik sebagai solusi pengisian daya yang efisien, praktis, aman dan kompatibel terhadap berbagai jenis perangkat elektronik modern.

3.7. Hasil Pengujian dengan Menggunakan Koin

Pengujian sensor koin sebagai opsi pembayaran pada sistem *charging station* berbasis *Internet of Things* (IoT) bertujuan untuk mengantisipasi kondisi ketika jaringan internet tidak tersedia, sehingga sistem pembayaran digital tetap dapat diakses oleh pengguna dalam berbagai kondisi. Pengujian difokuskan pada aspek keakuratan identifikasi koin, keandalan sensor, serta integrasinya dengan sistem pengendali utama. Evaluasi dilakukan untuk menilai sejauh mana sensor koin mampu menjamin kontinuitas layanan pengisian daya secara mandiri tanpa ketergantungan pada koneksi jaringan. Berikut ini adalah tabel 6 pengujian yang menampilkan hasil pengujian sensor koin pada sistem *charging station* berbasis *Internet of Things* (IoT).

Table 6. Hasil Pengujian dengan Menggunakan Koin

No	perangkat	Token Pengisian	Jumlah Koin	Presentase Baterai	Waktu pengisian
1	Android	5 Wh	2 Koin	30 %	38 menit
2	iOS	5 Wh	2 Koin	32 %	25 menit
3	Android	10 Wh	4 Koin	53 %	52 menit
4	iOS	10 Wh	4 Koin	69 %	60 menit
5	Android	15 Wh	6 Koin	86 %	98 menit
6	iOS	15 Wh	6 Koin	99 %	120 menit

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 6, sistem ini menerapkan mekanisme konversi tarif berbasis koin, pada tahap pertama ketika pengguna memasukkan 2 koin yang setara dengan 5 Wh, perangkat Android terisi hingga 30% dalam waktu 38 menit, sedangkan perangkat iOS mencapai 32% dalam waktu 25 menit. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem dapat beroperasi dengan baik dan tetap optimal meskipun tidak menggunakan metode pembayaran digital.

Pada tahap pengujian selanjutnya, penggunaan 4 koin untuk token 10 Wh menghasilkan peningkatan daya pada perangkat Android sebesar 53% dalam 52 menit, sementara perangkat iOS mencapai 69% dalam 60 menit. Peningkatan jumlah token terbukti dapat mempercepat proses pengisian daya. Selain itu, sensor koin mampu mendekripsi dan mengatur distribusi energi secara tepat sesuai dengan jumlah koin yang dimasukkan. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa sistem mikrokontroler dengan sensor fisik memiliki tingkat akurasi tinggi dalam membaca input, sehingga mampu menjaga kestabilan arus dan efisiensi waktu pengisian.

Pada tahap akhir, penggunaan 6 koin dengan nilai 15 Wh menunjukkan bahwa perangkat Android dapat terisi hingga 86% dalam 98 menit, sedangkan perangkat iOS mencapai 99% dalam 120 menit. Hasil ini membuktikan keandalan sensor dalam membaca jumlah koin serta konsistensi sistem dalam menyalurkan daya. Dengan demikian, metode berbasis koin ini efektif digunakan sebagai alternatif ketika sistem pembayaran digital tidak tersedia. Secara keseluruhan, hasil pengujian membuktikan bahwa

integrasi sensor koin dengan sistem kontrol daya mampu memberikan kinerja yang stabil, efisien, dan akurat. Temuan ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa sistem pembayaran konvensional berbasis sensor fisik masih relevan diterapkan di area publik yang memiliki keterbatasan akses internet, karena dapat menjamin keberlanjutan layanan serta efisiensi distribusi energi listrik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, alat ini memungkinkan pengguna untuk mengisi daya baterai dengan waktu yang lebih efisien dibandingkan dengan menggunakan charger standar. Transaksi dapat dilakukan dengan cara non-tunai melalui pembayaran secara digital dan tunai dengan menggunakan koin. Teknologi ini merupakan inovasi yang telah dikembangkan dan merupakan solusi yang baik bagi pengguna *handphone* khususnya bagi pengguna yang berada di tempat umum. Kedepannya, sistem ini dapat dikembangkan dengan fitur tambahan agar tidak hanya terbatas pada pengisian daya *handphone* tetapi juga memiliki fitur seperti manajemen energi, keamanan transaksi digital, dan integrasi dengan berbagai jenis perangkat.

Referensi

- [1]. D. Mulyani and D. Hartono, “Pengaruh Efisiensi Energi Listrik pada Sektor Industri dan Komersial terhadap Permintaan Listrik di Indonesia,” *J. Ekon. Kuantitatif Terap.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–17, 2018.
- [2]. N. Aryanto, “Dampak Inovasi Manajemen Industrialisasi Listrik Terhadap Sosial Ekonomi Masyarakat Nelayan Labuhan Sumbawa,” *J. Ekon. Bisnis, Manaj. dan Akunt.*, vol. 3, no. 3, pp. 713–722, 2023.
- [3]. W. Latifah, M. Nuzuluddin, I. Komala, and D. Patwari, “Rancang Bangun Kontrol Charger Station Dengan Panel Surya Berbasis Mikrokontroler,” *Juni*, vol. 2, no. 1, 2024.
- [4]. S. Salahuddin and A. Aziz, “KIOSK CHARGING PHONE USING JABATAN KEJURUTERAAN ELEKTRIK SESI 1 2022 / 2023 KIOSK CHARGING PHONE USING RFID,” no. 08, 2023.
- [5]. R. Nur, F. Azis, and Y. Apriati, “Penggunaan Smartphone Sebagai Sumber Belajar Anak Pada Masa Covid-19 di Komplek Bulakindo Kota Banjarmasin,” *Aksiologi J. Pendidik. dan Ilmu Sos.*, vol. 1, no. 2 SE-Articles, pp. 83–90, Apr. 2021.
- [6]. H. Di, T. Umum, S. Haryadi, G. Rusydi, and F. Syahrillah, “Rancang Bangun Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Charger,” *J. Tek. Mesin UNiska*, vol. 02, no. 02, pp. 114–120, 2017.
- [7]. M. A. N. Buana, M. I. Ashari, and K. A. Widodo, “Stasiun Pengisian Daya Listrik menggunakan Sensor Koin untuk Akses Stop Kontak,” *Pros. SENIATI*, vol. 6, no. 1, pp. 85–92, 2022.
- [8]. M. Hamidin, H. Abdillah, and S. D. Ramdani, “Prototype Stasiun Pengisian Daya Ponsel Seluler Menggunakan Solar Panel 20Wp,” *J. Tek. Mesin*, vol. 19, no. 2, pp. 27–31, 2022.

- [9]. K. Rose, S. Eldridge, and L. Chapin, "The Internet of Things (IoT): An Overview," *Internet Things An Overv.*, vol. 5, no. 12, pp. 71–82, 2015.
- [10]. H. Lu, H. Wu, and R. Jing, "Evaluation of Internet of Things computer network security and remote control technology," *Open Comput. Sci.*, vol. 14, no. 1, 2024.
- [11]. M. N. Nizam, Haris Yuana, and Zunita Wulansari, "Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 6, no. 2, pp. 767–772, 2022.
- [12]. I. P. A. W. Widyatmika, N. P. A. W. Indrawati, I. W. W. A. Prastyo, I. K. Darminta, I. G. N. Sangka, and A. A. N. G. Sapteka, "Perbandingan Kinerja Arduino Uno dan ESP32 Terhadap Pengukuran Arus dan Tegangan," *J. Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 13, no. 1, pp. 35–47, 2021.
- [13]. M. D. K. Kai-, N. Ayuni, Y. Palapa, and E. Susanti, "Jurnal Politeknik Caltex Riau Kotak Pengecasan Handphone Berbasis ATMega 8535," vol. XX, no. X, pp. 1–10.
- [14]. E. Wicaksani and L. Nurpulaela, "Perancangan Aplikasi Sistem Monitoring Arus, Tegangan Dan Daya Berbasis Internet of Things (Iot)," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 7, no. 3, pp. 1907–1912, 2023.
- [15]. J. Ilmiah, "J. Ilmiah, 'Scientica Scientica,' vol. 3, pp. 326–332, 2024.," vol. 3, pp. 326–332, 2024.
- [16]. H. W. Fahruri, W. Aribowo, M. Widyatmono, and A. C. Hermawan, "Monitoring Arus, Tegangan, Suhu pada Protoype Thermoelectric Generator Berbasis IoT," *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 137–144, 2021.