

# Design and Development of Monitoring the Effectiveness of Wireless Charger in Smartphone Battery Charging

## Rancang Bangun Monitoring Efektivitas Wireless Charger Pada Pengisian Daya Baterai Smartphone

Muhammad Faza Maulidani<sup>1)</sup>, Jamaaluddin<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

<sup>2)</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: jamaaluddin@umsida.ac.id

**Abstract.** *The development of wireless charging technology offers greater convenience; however, its efficiency compared to conventional wired charging remains a subject of debate. This study aims to analyze the effectiveness of wireless charging by comparing it with wired charging based on charging speed, energy efficiency, and device temperature. The method employed is a quantitative experimental approach through direct testing on several smartphone models using a wireless charger module, USB tester, and DHT22 sensor. The results indicate that wired charging achieves a significantly higher charging rate with an average of 1.465 %/minute compared to 0.605 %/minute for wireless charging. Additionally, wireless charging produces higher temperatures due to energy losses during electromagnetic induction. Nevertheless, wireless charging demonstrates stable power delivery with relatively low data variation and offers advantages in terms of usability and practicality. Therefore, the efficiency of wireless charging is relative and depends on usage context and technological advancements. This study contributes to a better understanding of wireless charging performance as a basis for optimizing future charging systems.*

**Keywords** - energy efficiency; smartphone; temperature; wireless charging; DHT22

**Abstrak.** *Perkembangan teknologi pengisian daya nirkabel (wireless charging) menawarkan kemudahan penggunaan, namun masih menimbulkan perdebatan terkait efisiensinya dibandingkan metode konvensional (wired). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pengisian daya wireless charger melalui perbandingan terhadap wired charging berdasarkan parameter kecepatan pengisian, efisiensi energi, dan suhu perangkat. Metode yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif dengan pengujian langsung pada beberapa tipe smartphone menggunakan modul wireless charger, USB tester, dan sensor DHT22. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wired charging memiliki kecepatan pengisian lebih tinggi dengan rata-rata 1,465 %/menit dibandingkan wireless charging sebesar 0,605 %/menit. Selain itu, wireless charging menghasilkan suhu yang lebih tinggi akibat rugi-rugi energi selama proses induksi. Meskipun demikian, wireless charging menunjukkan kestabilan daya yang baik dengan variasi data relatif kecil serta menawarkan keunggulan dalam aspek kenyamanan dan kepraktisan penggunaan. Dengan demikian, efisiensi wireless charging bersifat relatif dan bergantung pada konteks penggunaan serta perkembangan teknologi perangkat. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam memahami performa aktual wireless charging sebagai dasar pengembangan sistem pengisian daya yang lebih optimal.*

**Kata Kunci** - efisiensi energi; smartphone; suhu; wireless charging; DHT22

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi terjadi sangat pesat seiring berjalannya waktu, khususnya pada bidang daya dan elektronika[1] dan [2]. Kemajuan teknologi dalam bidang perangkat elektronik portable, khususnya smartphone dan wearable device, mendorong perkembangan sistem pengisian daya yang lebih praktis dan efisien[3]. Salah satu inovasi yang muncul dan terus dikembangkan adalah sistem pengisian daya nirkabel, yang menggunakan prinsip induksi elektromagnetik antara transmitter dan receiver[4].

Wireless charging merupakan sebuah pengisian daya nirkabel yang mengubah sinyal DC menjadi sinyal AC yang berasal dari kumparan primer menuju kumparan sekunder dalam bentuk pancaran elektromagnetik[5]. Sistem ini tidak menggunakan kabel sebagai konduktor utama dalam pengisian daya sehingga mampu meminimalisir kegagalan arus listrik[6]. Namun, pengisian daya secara wireless belum mampu mengirimkan daya dalam jumlah besar sehingga belum mampu mendekati efisiensi pengisian dengan kabel[7].

Meskipun teknologi wireless charging menawarkan kenyamanan lebih tinggi, masih banyak perdebatan terkait performa aktualnya[8]. Beberapa studi dan pengalaman pengguna menunjukkan bahwa metode pengisian nirkabel memiliki tingkat efisiensi yang lebih rendah dan durasi pengisian yang lebih lama dibandingkan pengisian dengan

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

kabel[9]. Selain itu, sistem pengisian nirkabel cenderung menghasilkan suhu yang lebih tinggi selama proses pengisian, yang dapat memengaruhi kinerja dan umur baterai dalam jangka panjang. Pada penelitian terdahulu, Raihan dan Fitriani[10] memberikan pandangan terkait rancang bangun wireless charger, namun penelitian ini hanya membahas mengenai rancang bangun yang dilengkapi dengan sensor PZEM dan DHT22 untuk cakupan besar tanpa fokus pada analisis efektivitas pengisian baterai smartphone secara mendetail.

Analisis terhadap efektivitas dari sistem wireless charging menjadi penting untuk mengevaluasi apakah kenyamanan yang ditawarkan sebanding dengan performa teknis yang dihasilkan. Efektivitas dalam konteks ini merujuk pada kemampuan sistem untuk mengisi daya dengan waktu dan daya yang sebanding dengan metode konvensional. Penelitian ini menganalisis sistem pengisian daya nirkabel pada baterai smartphone dengan fokus pada efektivitas. Hasil penelitian diharapkan dapat mendukung pengembangan teknologi yang lebih optimal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui rancangan sistem monitoring[11] untuk mengukur efektivitas pengisian daya menggunakan wireless charger.

## II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) untuk mengembangkan sistem monitoring efektivitas pengisian daya. Bahan dan alat utama meliputi modul wireless charger sebagai objek pengujian, USB tester untuk mengukur parameter kelistrikan (tegangan, arus, dan daya), adaptor 5V sebagai sumber daya stabil, dan sensor DHT22 yang terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino untuk akuisisi data suhu secara digital. Perangkat lunak yang digunakan meliputi Arduino IDE untuk pemrograman sensor.

### A. Bahan dan Alat

Adapun perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan dalam perancangan ini yaitu meliputi :

#### a. Modul Wireless Charger

Modul wireless charger penelitian ini digunakan untuk mengisi daya perangkat tanpa kabel melalui prinsip induksi elektromagnetik antara kumparan pemancar (transmitter) dan penerima (receiver). Arus listrik pada kumparan pemancar menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh kumparan penerima dan diubah kembali menjadi energi listrik untuk mengisi baterai. Modul ini terdiri dari coil induksi, rangkaian pengatur tegangan, dan kontrol pengisian daya. Fungsinya adalah mempermudah pengisian daya perangkat, meningkatkan kepraktisan penggunaan, serta mengurangi ketergantungan pada konektor kabel.

#### b. USB Tester

USB tester pada penelitian ini digunakan untuk mengukur dan memantau parameter listrik pada port USB, seperti tegangan (volt) dan arus (ampere)[12] yang mengalir selama proses pengisian daya. Alat ini dipasang di antara sumber daya dan perangkat yang akan diisi, sehingga dapat menampilkan nilai tegangan dan arus secara langsung pada layar. Fungsi utama USB tester adalah untuk mengetahui kinerja dan stabilitas proses pengisian daya, serta membantu dalam pengujian atau analisis perangkat pengisi daya seperti charger, kabel USB, dan modul pengisian.

#### c. Adaptor 20 watt

Adaptor 20 watt merupakan perangkat catu daya yang berfungsi mengubah arus listrik dari sumber listrik AC menjadi arus DC yang stabil untuk mengisi daya atau menyalakan perangkat elektronik. Fungsi utama adaptor 20 watt adalah menyediakan sumber daya listrik yang stabil dan aman agar perangkat dapat beroperasi atau melakukan proses pengisian daya dengan optimal.

#### d. Smartphone

Pada penelitian ini menggunakan 4 sample hp yaitu, iPhone 11 Pro, iPhone 12, iPhone 13, iPhone 15.

#### e. DHT22

DHT22 adalah sensor digital yang dapat mengukur suhu dan kelembaban udara secara bersamaan dengan akurasi yang cukup baik. Cara kerjanya mendeteksi perubahan suhu serta kelembaban di sekitarnya, kemudian mengonversinya menjadi sinyal digital yang dapat dibaca oleh mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32[13].

#### f. LCD I2C 16x2

LCD I2C 16x2 merupakan modul layar berbasis Liquid Crystal Display (LCD) yang digunakan untuk menampilkan informasi berupa teks, dengan kemampuan menampilkan 16 karakter pada 2 baris. Modul ini menggunakan komunikasi I2C (Inter-Integrated Circuit) sehingga hanya memerlukan dua jalur komunikasi utama, yaitu SDA (data) dan SCL (clock), yang membuat penggunaannya lebih sederhana dibandingkan LCD biasa yang membutuhkan banyak pin. LCD I2C 16x2 sering digunakan pada sistem berbasis mikrokontroler seperti Arduino atau

ESP32 untuk menampilkan data sensor, status sistem, maupun informasi lainnya secara real-time[14].

#### g. Kabel Data

Kabel data adalah kabel yang dipakai untuk menghubungkan dua perangkat elektronik supaya dapat mentransfer data serta menyalurkan listrik.

### B. Analisa Data

Data hasil pengujian dianalisis menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dan statistik inferensial sederhana. Teknik analisis meliputi:

#### a. Parameter Perhitungan Efektivitas

##### 1. Kecepatan Pengisian

$$v = \frac{\Delta \text{Persentase}}{t_{\text{total}}} = \frac{60\%}{t_{20 \rightarrow 80}} \left[ \frac{\%}{\text{menit}} \right]$$

Keterangan:

$v$  = kecepatan pengisian

$\Delta$ Persentase = selisih kapasitas akhir dan awal (60%)

$t_{20 \rightarrow 80}$  = total waktu pengisian dari 20% ke 80% (menit)

##### 2. Standar Deviasi

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Keterangan:

$s$  = standar deviasi

$x_i$  = nilai kecepatan pengisian smartphone ke- $i$

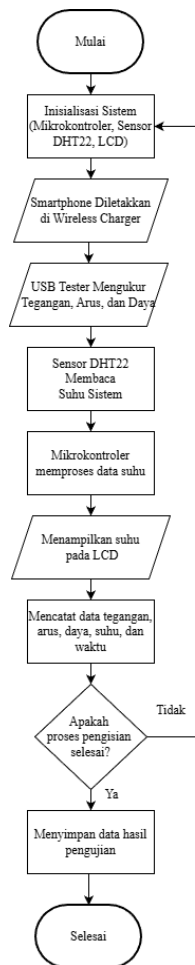
$\bar{x}$  = rata-rata kecepatan pengisian seluruh sampel

$n$  = jumlah sampel ( $n = 4$ )

#### b. Pelaksanaan Penelitian

Metode pengujian sistem dilakukan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam menganalisis efektivitas pengisian daya menggunakan wireless charging. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan smartphone pada modul wireless charger, kemudian mengamati parameter pengisian seperti tegangan, arus, dan daya menggunakan USB tester. Selain itu, suhu sistem selama proses pengisian dipantau menggunakan sensor DHT22 yang terhubung dengan mikrokontroler. Waktu pengisian juga dicatat untuk mengetahui durasi yang dibutuhkan hingga baterai mencapai tingkat pengisian tertentu[15]. Selanjutnya, dilakukan pengujian yang sama menggunakan metode pengisian dengan kabel sebagai pembandingan. Data yang diperoleh dari kedua metode pengisian tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui perbedaan kinerja dan efektivitas antara wireless charging dan pengisian menggunakan kabel.

### C. Flowchart



**Gambar 1.** Flowchart

Gambar 1 menggambarkan alur kerja sistem monitoring pada proses pengisian daya menggunakan wireless charger. Proses dimulai dengan inisialisasi sistem yang meliputi mikrokontroler, sensor DHT22, dan LCD agar seluruh komponen dapat bekerja dengan baik. Selanjutnya smartphone diletakkan pada wireless charger sehingga proses pengisian daya dapat berlangsung. Selama proses pengisian, USB tester digunakan untuk mengukur parameter listrik berupa tegangan, arus, dan daya yang diterima perangkat. Pada saat yang sama, sensor DHT22 membaca suhu sistem untuk mengetahui perubahan temperatur selama pengisian berlangsung, kemudian mikrokontroler memproses data suhu tersebut dan menampilkannya pada LCD. Seluruh parameter yang diperoleh seperti tegangan, arus, daya, suhu, dan waktu pengisian kemudian dicatat sebagai data penelitian. Sistem selanjutnya memeriksa apakah proses pengisian telah selesai atau belum, jika belum, proses pemantauan akan diulang kembali, sedangkan jika sudah selesai maka data hasil pengujian disimpan dan proses berakhir.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian efektivitas pengisian daya dilakukan dengan membandingkan kinerja antara metode wired charging dan wireless charging pada smartphone dengan spesifikasi baterai berbeda. Seluruh pengujian menggunakan adaptor 20W sebagai sumber daya standar, dengan USB Tester sebagai instrumen utama untuk memantau parameter kelistrikan secara real-time. Parameter yang diamati meliputi tegangan (V), arus (A), daya (W), waktu pengisian (menit), efisiensi energi (%), dan suhu permukaan ( $^{\circ}\text{C}$ ) yang diukur menggunakan sensor DHT22. Seluruh pengujian dilakukan dalam kondisi ruangan terkendali dengan suhu ambient  $25\text{--}28^{\circ}\text{C}$ .

#### A. Hasil pengujian iPhone 11 pro (3046mAh)

Pada tabel ini menyajikan hasil dari pengujian iPhone 11 pro dengan daya baterai (3046 mAh)

**Tabel 1.** Hasil pengujian iPhone 11 pro (3046mAh)

Metode	Persentase	W	A	V	C°	Durasi
Wireless	20%	4,5	0,5	9	28	-
	40%	5	0,5	9	32	39
	60%	5	0,5	9	33	44
	80%	5	0,5	9	33	53
Wired	20%	13,5	1,5	9	-	-
	40%	11	1,2	9	-	10
	60%	10	1,1	9	-	11
	80%	7	0,8	9	-	19

Pada tabel pengujian di atas, metode wireless charging menghasilkan daya sekitar 4,5–5 W dengan arus 0,5 A dan tegangan 9 V. Seiring peningkatan persentase baterai dari 20% hingga 80%, suhu perangkat meningkat dari 28°C menjadi sekitar 33°C dengan durasi pengisian 39 menit (40%), 44 menit (60%), dan 53 menit (80%). Sementara itu, metode wired charging memiliki daya lebih besar pada awal pengisian yaitu 13,5 W dengan arus 1,5 A dan tegangan 9 V, kemudian menurun hingga 7 W pada 80%. Durasi pengisian juga lebih cepat, yaitu 10 menit (40%), 11 menit (60%), dan 19 menit (80%), sehingga menunjukkan bahwa pengisian menggunakan kabel lebih cepat dibandingkan wireless.

### B. Hasil pengujian iPhone 12 (2815mAh)

Pada tabel ini menyajikan hasil dari pengujian iPhone 12 dengan daya baterai (2815 mAh).

**Tabel 2.** Hasil pengujian iPhone 11 (2815mAh)

Metode	Persentase	W	A	V	C°	Durasi
Wireless	20%	4,5	0,5	9	28	-
	40%	5	0,5	9	31	36
	60%	5	0,5	9	33	40
	80%	4,5	0,5	9	33	48
Wired	20%	15	1,7	9	-	-
	40%	13,5	1,5	9	-	9
	60%	11	1,2	9	-	10
	80%	8	0,9	9	-	16

Berdasarkan tabel pengujian, metode wireless charging menghasilkan daya sekitar 4,5–5 W dengan arus 0,5 A dan tegangan 9 V. Seiring peningkatan baterai dari 20% hingga 80%, suhu meningkat dari 28°C menjadi 33°C dengan durasi interval 36 menit (40%), 40 menit (60%), dan 48 menit (80%). Sementara itu, metode wired charging memiliki daya lebih besar yaitu 15 W dengan arus 1,7 A pada tegangan 9 V, kemudian menurun hingga 8 W pada 80%. Durasi pengisian juga lebih cepat yaitu 9 menit (40%), 10 menit (60%), dan 16 menit (80%), sehingga pengisian menggunakan ka bel lebih cepat dibandingkan wireless.

### C. Hasil pengujian iPhone 13 (3240mAh)

Pada tabel ini menyajikan hasil dari pengujian iPhone 13 dengan daya baterai (3240 mAh)

**Tabel 3.** Hasil pengujian iPhone 13 (3240mAh)

Metode	Persentase	W	A	V	C°	Durasi
Wireless	20%	8	0,9	9	28	-
	40%	7	0,8	9	31	30
	60%	6	0,7	9	30	36
	80%	6	0,7	9	31	35
Wired	20%	19	2	9	-	-
	40%	15	1,7	9	-	11

60%	9	1	9	-	15
80%	7	0,8	9	-	28

Berdasarkan tabel pengujian, metode wireless charging menghasilkan daya sekitar 6–8 W dengan arus 0,7–0,9 A dan tegangan 9 V. Seiring peningkatan baterai dari 20% hingga 80%, suhu perangkat berada pada kisaran 28–31°C dengan durasi interval pengisian 30 menit menuju 40%, 36 menit menuju 60%, dan 35 menit menuju 80%. Sementara itu, metode wired charging memiliki daya lebih besar pada awal pengisian yaitu 19 W dengan arus 2,0 A pada tegangan 9 V, kemudian menurun hingga 7 W pada 80%. Durasi pengisian juga lebih cepat yaitu 11 menit (40%), 15 menit (60%), dan 28 menit (80%), sehingga pengisian menggunakan kabel tetap lebih cepat dibandingkan wireless.

#### D. Hasil pengujian iPhone 15 (3349mAh)

Pada tabel ini menyajikan hasil dari pengujian iPhone 15 dengan daya baterai (3349 mAh)

**Tabel 4.** Hasil pengujian iPhone 15 (3349mAh)

Metode	Persentase	W	A	V	C°	Durasi
Wireless	20%	13,5	1,5	9	28	-
	40%	7	0,8	9	33	21
	60%	9	1	9	33	25
	80%	7	0,8	9	33	20
Wired	20%	19	2,1	9	-	-
	40%	19	2,1	9	-	10
	60%	13,5	1,5	9	-	11
	80%	13,5	1,5	9	-	18

Berdasarkan tabel pengujian, metode wireless charging menghasilkan daya sekitar 7–13,5 W dengan arus 0,8–1,5 A dan tegangan 9 V. Seiring peningkatan baterai dari 20% hingga 80%, suhu perangkat meningkat dari 28°C menjadi sekitar 33°C dengan durasi interval pengisian 21 menit menuju 40%, 25 menit menuju 60%, dan 20 menit menuju 80%. Sementara itu, metode wired charging memiliki daya lebih besar yaitu 19 W dengan arus 2,1 A pada tegangan 9 V, kemudian menurun hingga 13,5 W pada 80%. Durasi pengisian juga lebih cepat yaitu 10 menit (40%), 11 menit (60%), dan 18 menit (80%), sehingga pengisian menggunakan kabel lebih cepat dibandingkan wireless.

#### E. Perhitungan Standar Deviasi Efektivitas – Wireless Charging

Pada tabel ini menyajikan hasil dari perhitungan Standar deviasi efektivitas wireless charging

**Tabel 5.** Perhitungan Standar Deviasi Efektivitas – Wireless Charging

Percobaan	Handphone	$x_i$ (%/menit)	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	Iphone 11 pro	0,44	-0,165	0,0272
2	Iphone 12	0,48	-0,125	0,0156
3	Iphone 13	0,59	-0,015	0,0002
4	Iphone 15	0,91	+0,305	0,0930
jumlah	-	2,42	0,000	~0,136
Rata -rata ( $\bar{x}$ )	-	0,605	-	-
Standar Deviasi ( $s$ )	-	-	-	0,212

Pada tabel 5 menunjukkan hasil analisis statistik laju pengisian wireless charging pada beberapa smartphone dalam satuan %/menit, dengan nilai sebesar 0,44; 0,48; 0,59; dan 0,91 yang menghasilkan jumlah 2,42 dan rata-rata sebesar 0,605 %/menit. Selanjutnya, selisih tiap data terhadap rata-rata dihitung dan dikuadratkan hingga diperoleh total sebesar 0,1364, yang kemudian digunakan untuk menghitung standar deviasi sebesar 0,214. Nilai standar deviasi yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa penyebaran data tidak terlalu besar, sehingga performa pengisian wireless antar

perangkat tergolong cukup konsisten meskipun terdapat perbedaan nilai, terutama pada iPhone 15 yang memiliki laju pengisian paling tinggi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa wireless charging memiliki kestabilan performa yang baik, walaupun secara kecepatan masih lebih rendah dibandingkan metode pengisian menggunakan kabel.

## F. Perhitungan Standar Deviasi Efektivitas – Wired Charging

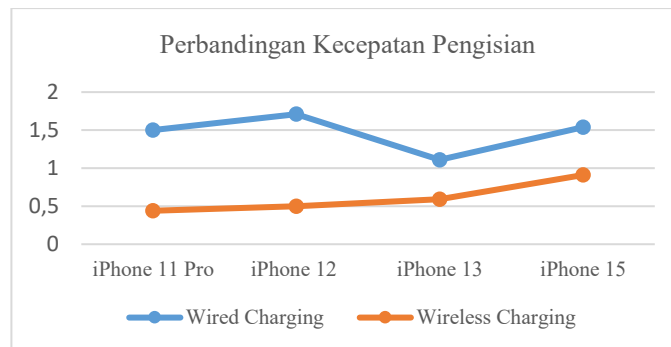
Pada tabel ini menyajikan hasil dari perhitungan Standar deviasi efektivitas wired charging

**Tabel 6.** Perhitungan Standar Deviasi Efektivitas – Wired Charging

Percobaan	Handphone	$x_i$ (%/menit)	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	Iphone 11 pro	1,50	+0,035	0,0012
2	Iphone 12	1,71	+0,245	0,0600
3	Iphone 13	1,11	-0,355	0,1260
4	Iphone 15	1,54	+0,075	0,0056
jumlah	-	5,86	0,000	~0,1948
Rata -rata ( $\bar{x}$ )	-	1,465	-	-
Standar Deviasi (s)	-	-	-	0,253

Pada Tabel 6 ditampilkan hasil analisis statistik laju pengisian daya beberapa tipe iPhone yang dinyatakan dalam satuan %/menit. Berdasarkan empat percobaan, diperoleh nilai  $x_i$  sebesar 1,50, 1,71, 1,11, dan 1,54 dengan jumlah total 5,86 sehingga menghasilkan nilai rata-rata sebesar 1,465 %/menit. Selanjutnya dilakukan perhitungan selisih antara setiap nilai data dengan rata-rata serta kuadratnya dengan total sebesar 0,1948. Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh nilai standar deviasi (s) sebesar 0,255 yang menunjukkan tingkat penyebaran data terhadap nilai rata-rata. Nilai standar deviasi yang relatif kecil menunjukkan bahwa variasi laju pengisian daya antar perangkat tidak terlalu besar, meskipun iPhone 12 memiliki nilai laju pengisian yang paling tinggi dibandingkan perangkat lainnya.

## G. Grafik Perbandingan



**Gambar 2.** Grafik Perbandingan

Grafik menunjukkan bahwa wired charging secara konsisten memiliki kecepatan pengisian yang lebih tinggi dibandingkan wireless charging pada semua tipe smartphone. Pada iPhone 11 Pro, kecepatan wired mencapai sekitar 1,50 %/menit, sedangkan wireless hanya sekitar 0,44 %/menit. Pola serupa juga terlihat pada perangkat lain, di mana iPhone 12 memiliki nilai tertinggi untuk wired sebesar 1,71 %/menit, sementara wireless tetap berada di bawah 0,5 %/menit.

Pada iPhone 13, terjadi penurunan kecepatan wired menjadi sekitar 1,11 %/menit, namun tetap lebih tinggi dibandingkan wireless sebesar 0,59 %/menit. Sementara itu, iPhone 15 menunjukkan peningkatan performa wireless hingga 0,91 %/menit, tetapi masih belum mampu menyamai wired yang berada di sekitar 1,54 %/menit.

Secara keseluruhan, grafik ini memperlihatkan bahwa metode charging memiliki keunggulan signifikan dalam hal kecepatan, dengan rata-rata sekitar 2–2,5 kali lebih cepat dibandingkan wireless charging. Hal ini disebabkan oleh adanya rugi-rugi energi pada sistem wireless yang menggunakan induksi elektromagnetik, sehingga daya yang diterima perangkat menjadi lebih kecil. Meskipun demikian, wireless charging menunjukkan tren

peningkatan performa pada perangkat yang lebih baru, yang mengindikasikan adanya perkembangan teknologi ke arah yang lebih efisien.

## H. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian pada empat tipe smartphone, dapat dianalisis bahwa metode wired charging secara konsisten menunjukkan performa yang lebih unggul dibandingkan wireless charging dari sisi daya, kecepatan pengisian, dan efisiensi energi, di mana nilai daya wired berada pada kisaran lebih tinggi (hingga 19 W) dibandingkan wireless yang cenderung lebih rendah dan stabil (sekitar 4,5–13,5 W), sehingga berdampak langsung pada durasi pengisian yang jauh lebih singkat; hal ini diperkuat oleh rata-rata laju pengisian wired sebesar 1,465 %/menit yang sekitar 2,4 kali lebih cepat dibandingkan wireless sebesar 0,605 %/menit. Selain itu, wireless charging menunjukkan kecenderungan peningkatan suhu yang lebih signifikan (hingga sekitar 33°C) akibat adanya rugi-rugi energi selama proses induksi elektromagnetik, yang mengindikasikan efisiensi energi yang lebih rendah dibandingkan metode kabel.

Namun demikian, meskipun memiliki keterbatasan dalam performa teknis, wireless charging memperlihatkan kestabilan daya yang cukup baik dengan variasi data relatif kecil (standar deviasi rendah)[16], serta menawarkan keunggulan dari sisi kenyamanan, kepraktisan, dan minimnya penggunaan konektor fisik. Oleh karena itu, efektivitas wireless charging tidak dapat dinilai hanya dari parameter teknis semata, melainkan juga harus mempertimbangkan aspek kebutuhan pengguna dan konteks penggunaan, sehingga teknologi ini tetap relevan untuk dikembangkan lebih lanjut dengan peningkatan efisiensi dan optimasi sistem induksi.

## IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem pengisian daya menggunakan wired charging terbukti memiliki performa yang lebih unggul dibandingkan wireless charging, terutama dalam hal kecepatan pengisian dan efisiensi energi. Nilai rata-rata laju pengisian wired sebesar 1,465 %/menit menunjukkan kinerja yang sekitar 2,4 kali lebih cepat dibandingkan wireless charging yang hanya mencapai 0,605 %/menit. Selain itu, pengisian nirkabel cenderung menghasilkan suhu yang lebih tinggi akibat adanya rugi-rugi energi pada proses induksi elektromagnetik. Meskipun demikian, wireless charging menunjukkan tingkat kestabilan daya yang cukup baik dengan variasi data yang relatif kecil serta menawarkan keunggulan dalam aspek kenyamanan dan kepraktisan penggunaan. Oleh karena itu, efektivitas wireless charging tidak hanya ditentukan oleh aspek teknis, tetapi juga oleh kebutuhan dan konteks penggunaannya. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan dilakukan penelitian dengan menggunakan teknologi wireless charging terbaru atau metode optimasi kopling induksi guna meningkatkan efisiensi dan mengurangi rugi energi, sehingga dapat mendekati performa pengisian konvensional.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Bagian ini menyatakan ucapan terima kasih kepada pihak yang berperan dalam pelaksanaan kegiatan penelitian, misalnya laboratorium tempat penelitian. Peran donor atau yang mendukung penelitian disebutkan perannya secara ringkas.

## REFERENSI

- [1] I. Anshory *et al.*, “Case Studies in Thermal Engineering Monitoring solar heat intensity of dual axis solar tracker control system : New approach,” *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 53, no. October 2023, p. 103791, 2024, doi: 10.1016/j.csite.2023.103791.
- [2] I. Anshory, J. Jamaaluddin, A. Wisaksono, and I. Sulistiyowati, “Results in Engineering Optimization DC-DC boost converter of BLDC motor drive by solar panel using PID and firefly algorithm,” *Results Eng.*, vol. 21, no. March 2023, p. 101727, 2024, doi: 10.1016/j.rineng.2023.101727.
- [3] K. Dimitriadou, N. Rigogiannis, S. Fountoukidis, F. Kotarela, A. Kyritsis, and N. Papanikolaou, “Current Trends in Electric Vehicle Charging Infrastructure Opportunities and Challenges in Wireless Charging Integration,” *Energies*, vol. 16, no. 4, 2023, doi: 10.3390/en16042057.
- [4] G. R. Auwali, A. Ahfas, and S. D. Ayuni, “Motorbike Control and Safety Devices Using Telegram-Based ESP 32 Cam to Minimize Theft Alat Kontrol dan Pengaman Sepeda Motor Menggunakan ESP 32 Cam Berbasis Telegram untuk Meminimalisasi Pencurian,” vol. 3, no. October, pp. 219–229, 2023.
- [5] A. H. Yuwono, R. Diharja, and M. Wahyu Solihin, “Sistem Pengisian Daya Secara Wireless Menggunakan IoT Berbasis Tracking Panel Surya,” *Pros. SENIATI*, vol. 7, no. 2, pp. 252–258, 2023, doi: 10.36040/seniati.v7i2.8045.

- [6] A. F. Ade, K. Kusuma, S. A. Saripah, and A. Rahma, "Analisis Pemanfaatan Tesla Coil Dalam Menghasilkan Transmisi Daya Tanpa Kabel," *Cross-border*, vol. 6, no. 1, pp. 207–225, 2023.
- [7] M. Bayu, A. Negoro, and E. M. Jadied, "Efisiensi Energi Melalui Wireless Charging pada Smart Watch," vol. 2, no. 2, pp. 39–45, 2024.
- [8] Salsabila Aulia, Sandi Rahyadi, Nadita Dwi Pramestia, Bryant Reza Pahlevi, and Diyajeng Luluk Karlina, "Pemanfaatan Medan Elektromagnetik untuk Teknologi Wireless Power Transfer," *J. Penelit. Rumpun Ilmu Tek.*, vol. 4, no. 1, pp. 16–26, 2024, doi: 10.55606/juprit.v4i1.4613.
- [9] B. Putri, "Design Smart Charging Wireless Menggunakan Baterai Lead Acid Dengan Metode Fuzzy," *J. Locus Penelit. dan Pengabd.*, vol. 1, no. 6, pp. 425–432, 2022, doi: 10.36418/locus.v1i6.140.
- [10] Muhammad Abiyyu Raihan and Endah Fitriani, "Rancang Bangun Wireless Charging Portable untuk Smartphone Menggunakan Panel Surya," *J. Zetroem*, vol. 6, no. 1, pp. 86–92, 2024, doi: 10.36526/ztr.v6i1.3575.
- [11] I. Anshory and A. Wisaksono, "Implementation of Inverter and Modbus RTU RS-485 Communication in Controlling Induction Motor Speed," pp. 85–98, 2025.
- [12] M. A. Alamsha, A. Wisaksono, S. D. Ayuni, and H. Rasjid, "KEDOKTERAN DI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO," no. 70, pp. 86–94, 2024, doi: 10.14710/transmisi.26.2.86-94.
- [13] S. W. Dali, S. G. Hanindhasari, and M. A. Anshori, "Implementation of IoT-Based Batik Fabric Dryer to Preserve Color and Fabric Quality ( Case Study : Batik Puspayindra , Blitar )," vol. 16, no. 1, pp. 112–119, 2026.
- [14] T. Elektro and I. T. Nasional, "CATU DAYA NIRKABEL DENGAN TRACKING PANEL SURYA UNTUK PENGISIAN BATERAI HANDPHONE DI AREA PARKIR," vol. 08, pp. 78–91, 2024.
- [15] E. Dwiryanto, I. Sulistiyowati, and S. Dhiya, "Prototype-Based Flood Detection Device Ultrasonic Sensor HC-SR04 And Using Lora SX1278 Case Study Gelam Sidoarjo," vol. 7, no. 1, pp. 11–18, 2024.
- [16] Y. A. Rezeki, A. Zahra, A. A. Kamilla, and F. Ramadhani, "Mini Review: Wireless Charging Sebagai Inovasi Pengembangan Teknologi Elektromagnetik Dalam Menuju Era Society 5.0," *EduFisika J. Pendidik. Fis.*, vol. 7, no. 2, pp. 138–146, 2022, doi: 10.59052/edufisika.v7i2.21484.

**Conflict of Interest Statement:**

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.