

Implementasi *Wireless Power Transfer* pada sistem IoT untuk Pengisian Daya Baterai

1st Uswatun Hasanah

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

uswatunnhsnh@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Levy Olivia Nur

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

levyolivia@telkomuniversity.ac.id

3rd Dhoni Putra Setiawan

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

setiawandhoni@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — *Internet of Things* (IoT) memerlukan sumber daya listrik yang andal untuk mendukung pemantauan dan pengendalian sistem secara real-time. Penelitian ini mengimplementasikan *Wireless Power Transfer* (WPT) berbasis *Magnetic Resonance Coupling* (MRC) sebagai solusi pengisian daya baterai perangkat IoT secara nirkabel. Sistem dirancang menggunakan NodeMCU ESP8266 yang terhubung dengan sensor suhu, kelembaban tanah, serta tegangan dan arus, dan diintegrasikan dengan platform Blynk untuk pemantauan data secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan WPT mampu mengisi baterai dari 38% hingga penuh dalam 13 jam, dengan durasi operasional perangkat mencapai 12 jam sebelum pengisian ulang, sehingga membuktikan efektivitasnya untuk memperpanjang umur operasional IoT berdaya rendah.

Kata kunci — *Internet of Things*, *Wireless Power Transfer*, *Magnetic Resonance Coupling*, *NodeMCU ESP8266*, *Blynk*.

I. PENDAHULUAN

Perangkat *Internet of Things* (IoT) semakin banyak digunakan untuk pemantauan dan pengendalian sistem secara real-time. Namun, operasional perangkat ini sangat bergantung pada sumber daya listrik yang stabil, sementara banyak perangkat IoT menggunakan baterai yang memerlukan pengisian ulang atau penggantian secara berkala. Kondisi ini menjadi tantangan ketika perangkat ditempatkan di lokasi terpencil atau sulit dijangkau. *Wireless Power Transfer* (WPT) menawarkan solusi dengan mentransfer energi listrik tanpa kabel, sehingga dapat mengurangi kebutuhan perawatan fisik dan meningkatkan fleksibilitas pemasangan perangkat.

Sistem menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utama dengan konektivitas *Wi-Fi* untuk mengirim data sensor ke platform Blynk secara real-time. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa pengisian daya melalui WPT dan durasi operasional perangkat setelah pengisian. Hasilnya diharapkan dapat menunjukkan bahwa integrasi WPT pada IoT mampu menjadi alternatif sumber daya yang praktis dan efisien, terutama untuk aplikasi monitoring jarak jauh.

II. KAJIAN TEORI

A. *Wireless Power Transfer*

Wireless Power Transfer (WPT) adalah teknologi yang memungkinkan transfer energi listrik tanpa menggunakan kabel, dengan memanfaatkan medan elektromagnetik antara perangkat pengirim dan penerima[1]. Pendekatan utama dalam WPT adalah metode non-beam WPT, yaitu metode *non beam* WPT adalah teknik transfer daya nirkabel yang tidak menggunakan pancaran gelombang terarah, melainkan mengandalkan medan magnet lokal antara *transmitter* dan *receiver*[2].

Teknik utama dalam metode ini adalah kopling induktif, yang bekerja efektif pada jarak sangat dekat, dan kopling resonansi elektromagnetik, yang memungkinkan transfer daya pada jarak lebih jauh dengan efisiensi tinggi melalui pencocokan frekuensi resonansi antar kumparan. Metode ini banyak digunakan untuk pengisian daya perangkat berdaya rendah seperti IoT, sensor, perangkat *wearable*, dan alat medis implan, karena desainnya sederhana, efisien, serta minim interferensi terhadap sistem komunikasi lain[2].

B. *Internet of Things*

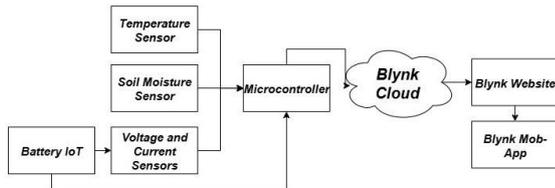
Internet of Things (IoT) adalah konsep yang menghubungkan perangkat fisik melalui internet untuk bertukar data secara otomatis. Dalam pertanian dan pemantauan lingkungan, IoT meningkatkan efisiensi dan akurasi pengambilan keputusan. Sistem ini memanfaatkan sensor, modul komunikasi, dan *platform cloud* untuk memantau parameter seperti kelembaban, suhu, pH, dan salinitas tanah. Penerapannya membantu pertanian presisi dan mendukung pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan[3].

Perkembangan IoT untuk pemantauan tanah kini dikombinasikan dengan teknologi WPT. IoT memungkinkan pemantauan kondisi tanah secara real-time melalui sensor tertanam yang mengukur parameter penting seperti kelembaban, suhu, salinitas, dan pH tanah. Dengan dukungan sistem suplai daya nirkabel berbasis induksi magnetik, perangkat IoT dapat dioperasikan secara mandiri di dalam tanah tanpa ketergantungan pada baterai konvensional, sehingga memperpanjang umur sistem serta mendukung pertanian berkelanjutan[3].

III. METODE

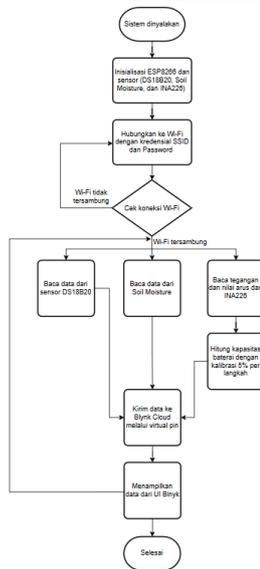
A. Rancangan Sistem

Pada penelitian ini, sistem *Internet of Things* (IoT) dirancang untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time dengan memanfaatkan beberapa sensor yang terhubung ke mikrokontroler. Sistem ini mengintegrasikan perangkat keras, perangkat lunak, dan jaringan komunikasi untuk memungkinkan pengumpulan, pengolahan, dan pengiriman data secara otomatis. Data yang diperoleh dari sensor akan dikirim ke *platform cloud* sehingga dapat diakses pengguna dari jarak jauh melalui perangkat berbasis web atau aplikasi *mobile*.



Gambar 1. Blok diagram sistem IoT.

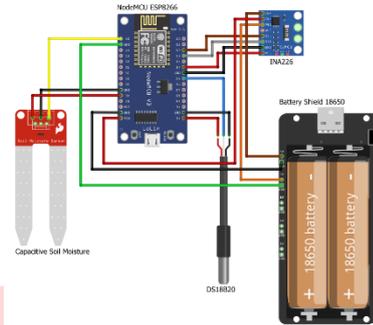
Berdasarkan Gambar 1, Sistem ini menggunakan beberapa sensor, yaitu sensor suhu, sensor kelembaban tanah, serta sensor tegangan dan arus. Semua sensor ini terhubung ke mikrokontroler, yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data. Mikrokontroler mendapatkan daya dari baterai IoT, lalu mengumpulkan data dari semua sensor. Setelah itu, data dikirim ke *Blynk Cloud*, yaitu server penyimpanan data secara *online*. Pengguna bisa memantau data yang sudah dikirim melalui *Blynk Website* atau aplikasi *Blynk* di *smartphone*. Dengan sistem ini, pengguna bisa melihat kondisi kebun mereka secara real-time dari mana saja.



Gambar 3. Flowchart alur sistem IoT

Gambar 2 merupakan *flowchart* dari alur sistem IoT bekerja. Desain ini menggambarkan bagaimana seluruh komponen saling terintegrasi dan saling terhubung satu dengan yang lainnya. Sistem didesain untuk memonitor

kelembaban tanah, suhu tanah, dan kapasitas baterai secara *real-time*. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 berperan sebagai pusat kontrol yang akan membaca data dari sensor yang digunakan dan mengirimkan hasil data yang diolah ke *cloud Blynk* melalui koneksi *Wi-Fi*.



Gambar 2

Sistem menggunakan tiga buah sensor, yaitu *capacitive soil moisture* sensor, sensor DS18B20, dan sensor INA226. *Capacitive soil moisture* sensor mendeteksi kadar air pada tanah atau media tanam dan terhubung langsung dengan pin analog A0 pada NodeMCU. Sensor DS18B20 memantau secara langsung suhu tanah dan media tanam melalui pin digital D5 dengan menggunakan protokol *one-wire*. Untuk sensor INA226 pada umumnya digunakan untuk memonitor tegangan, arus, serta daya. Data dari nilai tegangan dapat digunakan untuk mengukur kapasitas dari baterai sebagai catu daya utama sistem IoT. Desain perangkat IoT dapat dilihat pada Gambar 3.

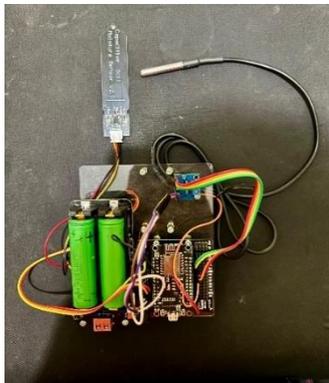
B. Detail Implementasi

IoT yang dirancang merupakan objek atau target transfer daya dari WPT yang sudah dirancang. IoT yang dirancang pun memiliki fitur sederhana yang mendukung kegiatan agrikultur. Fitur yang dimiliki adalah sistem *monitoring* suhu tanah, kelembaban tanah, dan kapasitas baterai. Mikrokontroler untuk IoT disuplai dengan menggunakan catu daya baterai. Catu daya dari baterai dipilih karena pada implementasinya, seluruh sensor dan mikrokontroler akan ditanam di dalam tanah sehingga diperlukan catu daya yang tidak mengganggu aktifitas pertanian atau perkebunan.

1. Hardware *Internet of Things*

Sistem IoT ini menggunakan tiga sensor utama: DS18B20 sebagai sensor suhu digital dengan protokol *One-Wire* yang hanya memerlukan satu pin data untuk berkomunikasi dengan ESP8266, sehingga pembacaan suhu lebih akurat dan minim noise. *Capacitive Soil Moisture* digunakan untuk mengukur kelembaban tanah melalui sinyal analog yang dibaca pada pin A0. INA226 berfungsi mengukur tegangan dan arus menggunakan komunikasi I2C melalui pin SDA dan SCL, dengan metode pengukuran tegangan drop pada shunt resistor internal untuk menghitung arus dan tegangan sesuai hukum Ohm.

Semua sensor terhubung sesuai skematik dapat dilihat pada Gambar 4, mendapatkan catu daya dari pin 3V atau 5V pada ESP8266 dan *battery shield* 18650. Data dari sensor diproses oleh ESP8266, yang diprogram menggunakan Arduino IDE untuk mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak, sehingga data dapat dikirim secara *real-time* ke *platform* Blynk untuk pemantauan jarak jauh.

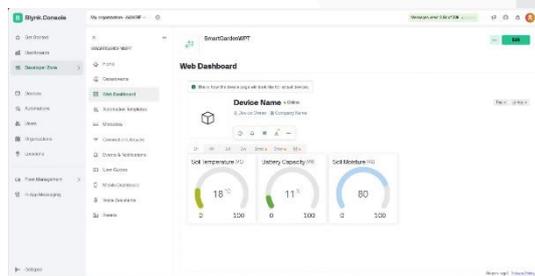


Gambar 4. Keseluruhan perangkat IoT.

2. Software Internet of Things

Platform Blynk digunakan sebagai antarmuka pengguna untuk perangkat IoT, yang dapat diakses melalui *website* atau aplikasi di *smartphone*. Setelah *login* dan verifikasi email, pengguna membuat perangkat baru melalui menu *Create New Template*, memilih tipe *hardware* ESP8266 dan koneksi Wi-Fi, lalu mengisi nama serta deskripsi sesuai kebutuhan. Blynk akan memberikan *template ID* dan *template name* yang dimasukkan ke dalam *source code* untuk menghubungkan perangkat dengan *template* tersebut.

Setelah *template* dibuat, pengguna dapat menambahkan widget seperti switch, slider, atau input angka ke dashboard untuk kontrol dan monitoring. Setiap *widget* dihubungkan ke *datastream* seperti virtual pin, digital pin, atau analog pin sesuai program di Arduino IDE. Konfigurasi dashboard dapat disesuaikan secara kreatif agar menampilkan data sensor secara *real-time* sesuai kebutuhan pengguna. Untuk tampilan dashboard IoT dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 6. Tampilan *dashboard* IoT.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Skenario Pengujian

Skema pengujian pada sistem IoT berfokus pada pengisian dan penggunaan daya pada perangkat IoT. Pengujian dilakukan untuk mengetahui durasi pengisian daya terhadap perangkat IoT dan konsumsi daya pada perangkat IoT itu sendiri. Hal ini bertujuan untuk membantu pengguna

dalam menentukan *timing* dalam melakukan pengisian daya pada perangkat IoT menggunakan sistem WPT yang sudah dibangun.

B. Hasil dan Analisis Data Pengujian

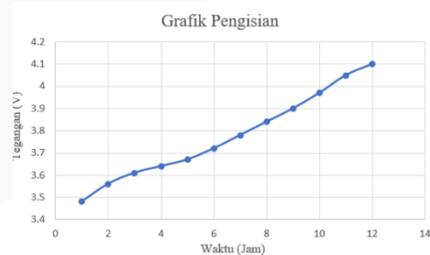
Bagian ini membahas hasil dan analisis dari pengujian sistem yang telah dilakukan, yang meliputi proses pengisian daya baterai menggunakan metode WPT serta proses pemakaian baterai pada sistem IoT. Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa pengisian dan daya tahan baterai dalam kondisi operasional sebenarnya. Data yang diperoleh akan dianalisis untuk mengevaluasi efisiensi sistem, membandingkan hasil pengujian dengan perhitungan teoritis, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kinerja pengisian dan pemakaian daya.

1. Proses pengisian Baterai

Proses pengisian baterai dilakukan setelah sistem WPT berhasil mengirimkan daya ke bagian penerima. Pengambilan data dilakukan setiap satu jam hingga baterai mencapai kondisi penuh, yang ditandai dengan kenaikan tegangan secara bertahap seiring waktu. Pemantauan ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pengisian dan kestabilan tegangan selama proses berlangsung. Adapun hasil pengisian disajikan pada bagian berikut.

Tabel 1. Pengisian daya baterai pada IoT.

(Jam ke-)	Tegangan (V)
1	3,48
2	3,56
3	3,61
4	3,64
5	3,67
6	3,72
7	3,78
8	3,84
9	3,9
10	3,97
11	4,05
12	4,1



Gambar 5. Grafik pengisian daya pada baterai IoT.

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 5, proses pengisian daya baterai IoT menunjukkan kenaikan tegangan yang konsisten dari 3,48 V pada jam pertama hingga 4,1 V pada jam ke-12. Pola kenaikan ini mengindikasikan bahwa sistem WPT mampu mengalirkan daya secara stabil selama periode pengisian. Kenaikan yang relatif linier juga menandakan bahwa kehilangan daya selama transmisi berada pada tingkat yang rendah, sehingga proses pengisian berlangsung efisien.

Grafik pengisian menunjukkan bahwa meskipun ada sedikit variasi pada beberapa titik waktu, tren keseluruhan tetap meningkat. Hal ini membuktikan bahwa metode WPT yang digunakan dapat diandalkan untuk menjaga suplai daya perangkat IoT dalam jangka waktu panjang. Peningkatan tegangan yang stabil ini juga menjadi indikator bahwa baterai mampu menyimpan energi dengan baik tanpa mengalami penurunan signifikan selama pengisian.

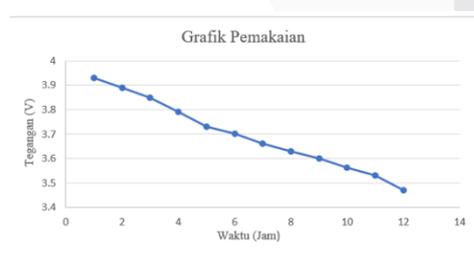
Berdasarkan pengujian, baterai terisi dari 38% hingga 100% dalam 13 jam dengan rata-rata kenaikan tegangan 0,048 V per jam. Secara teoritis, dengan arus pengisian 170 mA, baterai 3000 mAh memerlukan waktu sekitar 17,6 jam untuk terisi penuh dari 0% hingga 100%. Perbedaan waktu pengisian ini disebabkan oleh faktor seperti kerugian daya pada proses transfer nirkabel, efisiensi penyearah yang tidak sempurna, serta penurunan efisiensi akibat jarak antara *coil transmitter* dan *receiver*.

2. Proses pemakaian Baterai

Proses pengisian baterai dilakukan setelah sistem WPT berhasil mengirimkan daya ke bagian penerima. Pengambilan data dilakukan setiap satu jam hingga baterai mencapai kondisi penuh, yang ditandai dengan kenaikan tegangan secara bertahap seiring waktu. Pemantauan ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pengisian dan kestabilan tegangan selama proses berlangsung. Adapun hasil pengisian disajikan pada bagian berikut.

Waktu Pengujian (Jam ke-)	Tegangan (v)
1	3,93
2	3,89
3	3,85
4	3,79
5	3,73
6	3,7
7	3,66
8	3,63
9	3,6
10	3,562
11	3,532
12	3,47

Gambar 7. Penggunaan daya baterai IoT.



Gambar 8. Grafik penggunaan baterai pada IoT.

Berdasarkan data pada Tabel 7 dan Gambar 8, tegangan baterai IoT mengalami penurunan secara bertahap dari 3,93 V pada jam pertama menjadi 3,47 V pada jam ke-12. Penurunan ini menunjukkan pola yang konsisten, menandakan baterai digunakan secara terus-menerus untuk menjalankan sistem IoT yang terdiri dari pembacaan sensor dan pengiriman data melalui jaringan *Wi-Fi*. Laju penurunan tegangan yang relatif stabil mengindikasikan konsumsi daya

sistem berada pada tingkat yang konstan tanpa lonjakan beban signifikan.

Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa baterai mampu menopang sistem IoT selama 12 jam operasional sebelum mencapai tegangan mendekati batas bawah operasional aman. Informasi ini penting untuk memperkirakan durasi kerja sistem dalam kondisi penggunaan nyata, serta menjadi acuan dalam menentukan kebutuhan kapasitas baterai atau interval pengisian daya, terutama saat diintegrasikan dengan sistem WPT untuk menjaga ketersediaan energi secara berkelanjutan.

Berdasarkan hasil pengujian, baterai IoT mengalami penurunan kapasitas dari 100% menjadi 45% dalam 12 jam pemakaian, setara dengan penggunaan 55% kapasitas. Tegangan turun rata-rata 0,042 V per jam dengan pola konsumsi daya yang stabil. Secara teoritis, dengan arus konsumsi 75 mA, baterai 3000 mAh seharusnya habis dalam 40 jam, sehingga penggunaan 55% kapasitas diperkirakan memerlukan waktu sekitar 22 jam. Namun, hasil uji menunjukkan waktu yang dibutuhkan hanya 12 jam, lebih cepat dari estimasi teoritis, kemungkinan disebabkan oleh faktor efisiensi sistem dan kondisi penggunaan.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem *Wireless Power Transfer* (WPT) berbasis *Magnetic Resonance Coupling* (MRC) untuk mendukung operasional perangkat *Internet of Things* (IoT) pada pemantauan lingkungan. Sistem menggunakan NodeMCU ESP8266 dengan sensor suhu, kelembaban tanah, serta tegangan dan arus yang terintegrasi ke platform Blynk untuk pemantauan real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa WPT mampu mengisi baterai dari 38% hingga penuh dalam waktu 13 jam, dengan durasi operasional perangkat mencapai 12 jam sebelum pengisian ulang diperlukan. Perbedaan hasil pengisian dan konsumsi daya dibanding perhitungan teoritis disebabkan oleh kerugian transfer nirkabel, efisiensi penyearah, serta kondisi kopling kumparan. Secara keseluruhan, WPT terbukti efektif, praktis, dan efisien untuk aplikasi IoT berdaya rendah di lokasi yang sulit dijangkau, dengan potensi pengembangan pada optimasi desain LC tank dan peningkatan efisiensi transfer daya.

REFERENSI

- [1] Takehiro Imura, *Wireless Power Transfer Using Magnetic and Electric Resonance Coupling Techniques*. Springer Nature Singapore, 2020.
- [2] Ecc, "Non-beam Wireless Power Transmission (WPT) applications other than WPT-EV operating in various frequency bands below 30 MHz."
- [3] W. Luo *et al.*, "Wireless Power Transfer Through Soil Over a Range of Moisture Levels for In-Situ Soil Health Monitoring," *IEEE Sensors*, 2021, doi: <https://doi.org/10.1109/SENSORS47087.2021.9639619>.

