

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi adalah sistem yang diciptakan dan terus dikembangkan oleh manusia untuk mempermudah berbagai aktivitas dalam kehidupan. Dengan kemajuan teknologi, semakin banyak perangkat yang dirancang agar lebih fleksibel, baik dalam penggunaan maupun pengisian dayanya (Baharuddin et al., 2022).

Pengisian daya perangkat umumnya masih mengandalkan kabel sebagai media transfer energi dari sumber ke perangkat. Meskipun efisien, metode ini memiliki keterbatasan dalam hal fleksibilitas dan mobilitas. Kabel dapat membatasi pergerakan, rentan terhadap kerusakan, serta menciptakan kesan tidak rapi, terutama saat digunakan untuk banyak perangkat sekaligus. (Yusman et al., 2024). Selain itu, di bidang kesehatan terdapat alat implan yang memerlukan pengisian daya ulang, yang biasanya memerlukan prosedur operasi untuk melepas dan mengganti baterai (Zhang et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan solusi alternatif yang lebih aman dan efisien, seperti teknologi transfer daya nirkabel, yang memungkinkan pengisian daya tanpa perlu prosedur invasif.

Salah satu alat medis yang bergantung pada baterai adalah *pacemaker*, yang digunakan untuk mengatur ritme jantung dan mengobati berbagai jenis aritmia (irama detak jantung tidak normal) jantung. Sejak pertama kali diimplantasikan oleh Senning pada 1958, alat pacu jantung telah berkembang pesat, menjadi lebih kecil, cerdas, dan efisien berkat kemajuan teknologi. Namun, perangkat konvensional masih menghadapi tantangan, seperti umur baterai yang terbatas dan risiko infeksi akibat kabel yang melewati sistem peredaran darah (Asif et al., 2019). Tantangan utama pada alat ini adalah umur baterai dan kebutuhan akan operasi penggantianannya. Sistem transfer daya nirkabel dapat menjadi solusi yang memungkinkan pengisian baterai *pacemaker* jantung implan secara efisien dan nyaman tanpa memerlukan prosedur invasif (Pamije et al., 2022).

Teknologi transfer daya nirkabel menawarkan solusi inovatif dengan memanfaatkan prinsip induksi elektromagnetik. Melalui konsep ini, energi dapat ditransmisikan tanpa memerlukan kabel fisik yang secara langsung menghubungkan sumber daya dengan perangkat penerima (Fadel, 2015). Michael Faraday pertama kali menjelaskan fenomena ini pada tahun 1831, di mana arus listrik yang mengalir melalui

suatu kumparan dapat menciptakan medan magnet yang mampu menginduksi arus listrik pada kumparan lain di dekatnya, memungkinkan transfer energi tanpa kontak fisik langsung. Teknologi ini telah diterapkan dalam berbagai perangkat, termasuk transformator listrik (Shukla, 2022).

Selain itu, penelitian Heinrich Hertz pada akhir abad ke-19 membuktikan bahwa gelombang elektromagnetik dapat dipancarkan dan diterima tanpa kabel, memperkuat teori elektromagnetisme yang dikembangkan oleh Maxwell (Faccio et al., 2006). Hal ini membuka jalan bagi pengembangan berbagai teknologi nirkabel, termasuk komunikasi radio dan transfer daya tanpa kabel.

Nikola Tesla juga berkontribusi signifikan dalam pengembangan transfer daya nirkabel. Pada tahun 1891, ia mengembangkan konsep transmisi energi listrik melalui udara menggunakan gelombang elektromagnetik (Syaifurrahman, 2014). Salah satu eksperimen terkenalnya adalah Menara *Wardenclyffe*, yang dirancang untuk mengirimkan listrik secara nirkabel ke jarak jauh. Konsep resonansi dan transfer energi yang dikembangkan oleh Tesla menjadi fondasi bagi penelitian lebih lanjut dan aplikasi dalam teknologi modern, termasuk pengisian daya nirkabel yang kini semakin berkembang (Detka & Górecki, 2022).

Meskipun konsep induksi elektromagnetik telah dikenal selama lebih dari satu abad, perkembangan teknologi dalam transfer daya tanpa kabel menjadi signifikan sejak tahun 2007 ketika tim mahasiswa di Massachusetts Institute of Technology (MIT) berhasil menunjukkan pengiriman daya secara nirkabel untuk menyalakan bola lampu dengan daya 60 watt pada jarak sekitar dua meter dengan efisiensi 45% (Kurs dkk., 2007). Eksperimen ini menjadi tonggak penting dalam pengembangan transfer daya tanpa kabel dan memicu penelitian lebih lanjut dalam teknologi ini.

Pengaruh jarak antar kumparan dalam sistem transfer daya nirkabel telah banyak diteliti oleh beberapa peneliti, seperti Diharjo (2018), Luthfi & Rivai (2021) serta Shaolei Wang et al. (2023). Penelitian yang dilakukan oleh Diharjo (2018) meneliti efisiensi transfer daya nirkabel dengan beban lampu DC sebesar 5 watt dan memperoleh efisiensi tertinggi sebesar 13,38%. Selanjutnya penelitian oleh Luthfi dan Rivai (2021) menggunakan *software* Arduino untuk membantu pemrosesan data. Pada jarak kumparan sejauh 20 cm, penelitian ini berhasil mencapai efisiensi maksimal sebesar 50%. Kemudian penelitian oleh Shaolei Wang et al. (2023) yang mengungkapkan bahwa jarak antar kumparan menurunkan *coupling* magnetik pada sistem transfer daya nirkabel pada *mikrotubular pacemaker* yang dikembangkan.

Selain jarak antar kumparan, efisiensi transfer daya nirkabel juga dipengaruhi

oleh frekuensi gelombang elektromagnetik yang digunakan. Penelitian oleh Yusman et al., (2024) menunjukkan bahwa frekuensi kumparan harus sesuai agar efisiensi maksimal dapat dicapai. Dalam penelitiannya, frekuensi yang digunakan berkisar antara 100–150 kHz, dengan frekuensi optimal pada 120 kHz yang mencapai efisiensi hingga 50%.

Sudut antara kumparan memiliki dampak signifikan terhadap efisiensi transfer daya dalam sistem transfer daya nirkabel. Penelitian yang dilakukan oleh Chen & Xu (2021) mengungkapkan bahwa ketika sudut antar kumparan berubah dari 0° hingga 45° , efisiensi transmisi menurun dari 75% menjadi 25%. Hal ini menunjukkan bahwa penyelarasan sudut memainkan peran penting dalam mengoptimalkan kinerja sistem.

Diameter kumparan mempengaruhi efisiensi transfer energi, di mana semakin besar diameternya, semakin tinggi efisiensinya (Putra, 2024). Penelitian yang dilakukan olehnya mencapai efisiensi tertinggi pada diameter yang besar dengan jumlah lilitan yang sama.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang alat sederhana guna mempelajari berbagai faktor yang mempengaruhi efisiensi dalam teknologi transfer daya nirkabel. Alat ini akan menggunakan komponen sederhana dan berbasis mikrokontroler Arduino Uno. Penelitian ini difokuskan pada pengujian variasi parameter, seperti jarak antar kumparan, frekuensi gelombang elektromagnetik, sudut antar kumparan, diameter kumparan, dan arus untuk menganalisis pengaruhnya terhadap efisiensi transfer daya antara kumparan pengirim dan kumparan penerima.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan lebih lanjut dalam pengembangan sistem pengisian daya nirkabel untuk perangkat medis implan, seperti *pacemaker*, yang saat ini masih bergantung pada baterai dengan masa pakai terbatas dan memerlukan prosedur bedah untuk penggantian. Dengan memahami bagaimana parameter-parameter tersebut mempengaruhi efisiensi transfer daya, teknologi ini dapat dioptimalkan untuk memungkinkan pengisian daya *pacemaker* secara non-invasif, sehingga meningkatkan kenyamanan dan keamanan bagi pasien yang menggunakannya.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, maka masalah pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang alat sederhana untuk mempelajari prinsip kerja sistem transfer daya nirkabel?
2. Bagaimana mengimplementasikan sistem transfer daya nirkabel menggunakan Arduino Uno sebagai kontrol mikrokontroler?
3. Bagaimana mengembangkan program untuk memantau, memplot, dan menyimpan data transfer daya secara *real-time*?
4. Sejauh mana efisiensi sistem transfer daya nirkabel yang dikembangkan dalam mengirim daya listrik secara nirkabel melalui berbagai parameter, seperti jarak antar kumparan, frekuensi, sudut orientasi, diameter kumparan, dan arus yang digunakan?
5. Bagaimana model alat transfer daya nirkabel ini dapat menunjukkan potensi penerapannya pada pengisian daya perangkat medis implan, seperti *pace-maker*, meskipun tidak dilakukan pengujian langsung pada perangkat medis tersebut?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memudahkan dalam penelitian ini, maka diberikan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada perancangan dan analisis sistem transfer daya nirkabel sederhana berbasis Arduino Uno dengan kumparan pengirim dan penerima untuk daya listrik rendah.
2. Pemrograman dalam penelitian ini dilakukan menggunakan *software* Arduino IDE dan Python, dengan fungsi utama untuk memantau, memplot, dan menyimpan data transfer daya secara *real-time* melalui antarmuka komputer.
3. Faktor yang dianalisis meliputi jarak antar kumparan, frekuensi, sudut orientasi, diameter kumparan dan arus. Dalam setiap pengujian, hanya satu faktor yang divariasikan sementara faktor lainnya dijaga tetap.
4. Sistem ini dikembangkan sebagai model eksperimental untuk memahami prinsip kerja transfer daya nirkabel dan menunjukkan potensi penerapannya dalam pengisian daya perangkat medis implan seperti *pacemaker*, namun tidak dilakukan uji coba langsung pada perangkat medis tersebut.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem transfer daya nirkabel berbasis Arduino Uno sebagai model percobaan untuk menunjukkan potensi pengisian daya *pacemaker* tanpa melakukan pengujian langsung pada perangkat medis tersebut.
2. Mengembangkan program antarmuka komputer menggunakan Arduino IDE dan Python untuk memantau, memplot, dan menyimpan data hasil transfer daya nirkabel secara *real-time*.
3. Menganalisis pengaruh variasi jarak antar kumparan, frekuensi, sudut orientasi, diameter kumparan, dan arus terhadap efisiensi transfer daya, dengan menjaga variabel lain tetap konstan selama setiap pengujian.
4. Mengidentifikasi parameter yang optimal untuk mencapai efisiensi transfer daya yang tinggi pada sistem yang dikembangkan, yang diimplementasikan pada perangkat *pacemaker* tanpa pengaplikasian langsung pada *pacemaker*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat diantaranya: Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat dalam beberapa aspek. Secara ilmiah, penelitian ini dapat menjadi referensi dalam pengembangan teknologi transfer daya nirkabel untuk mendukung kebutuhan perangkat medis, khususnya *pacemaker*. Dari segi teknologi, penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan metode pengisian daya *pacemaker* yang lebih praktis tanpa perlu pengisian langsung, meskipun penelitian ini hanya sebatas percobaan laboratorium dan pengujian pada sistem WPT tanpa melibatkan *pacemaker* asli. Penelitian ini juga diharapkan dapat membantu menentukan konfigurasi parameter optimal dalam sistem transfer daya nirkabel untuk mencapai efisiensi yang lebih baik.

1.6 Metode Pengumpulan Data

Untuk mencapai tujuan penelitian, beberapa metode pengumpulan data berikut akan digunakan:

1. Studi Literatur: Mengumpulkan dan menganalisis informasi dari penelitian sebelumnya tentang transfer daya nirkabel, pemanfaatan teknologi Arduino Uno, dan aplikasi Arduino Uno dalam proyek transfer daya nirkabel. Studi ini mencakup tinjauan pustaka dari artikel ilmiah, jurnal, dan sumber relevan lainnya.
2. Observasi Media Daring: Mengamati proses pembuatan sistem transfer daya nirkabel melalui media daring seperti video tutorial di YouTube dan situs pendidikan lainnya. Observasi ini bertujuan memahami langkah-langkah praktis, prinsip kerja, dan teknik yang digunakan dalam pembuatan sistem.
3. Eksperimen: Merancang dan membangun sistem transfer daya nirkabel sederhana untuk menguji kinerja dan efisiensinya. Eksperimen dilakukan dengan berbagai variasi parameter seperti jarak antar kumparan, frekuensi, dan lainnya guna memperoleh data kinerja yang optimal.
4. Evaluasi Hasil Eksperimen: Menganalisis data hasil eksperimen untuk mengevaluasi efektivitas dan efisiensi sistem yang dirancang.

1.7 Skematika Penulisan

Dalam penulisan penelitian ini, sistematika penulisan akan diatur dalam lima bab dengan urutan sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini akan dijelaskan latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode pengumpulan data, serta manfaat dari penelitian ini.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan dibahas tinjauan pustaka dan teori-teori terkait penelitian yang menjadi rujukan untuk pelaksanaan penelitian ini. Bab ini juga akan menjelaskan fungsi dan cara kerja komponen-komponen yang digunakan dalam penelitian.

BAB III: METODE PENELITIAN DAN PERANCANGAN SISTEM

Bab ini akan mencakup daftar alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, serta menjelaskan proses pembuatan, desain mekanik, rangkaian elektronik, pengembangan program, serta proses pengambilan data dan interpretasi data. Hal

ini penting untuk memastikan data yang diperoleh dapat dianalisis dengan baik.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menyajikan hasil penelitian serta pembahasan terkait data yang diperoleh selama percobaan. Pembahasan meliputi analisis nilai tegangan, arus, daya yang dihasilkan, serta efisiensi sistem transfer daya nirkabel yang telah dirancang.

BAB V: PENUTUP

Bab terakhir akan disampaikan kesimpulan akhir dari penelitian dan analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Selain itu, bab ini juga memuat saran-saran yang relevan untuk pengembangan lebih lanjut sistem transfer daya nirkabel, khususnya dalam mendukung potensi penerapannya pada pengisian daya *pacemaker* maupun aplikasi serupa lainnya. Kesimpulan dan saran ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif bagi penelitian selanjutnya dan pengembangan teknologi nirkabel secara umum.

