

# **BAB 1**

## **USULAN GAGASAN**

### **1.1 Deskripsi Umum Masalah**

Ketergantungan lampu LED pada sumber listrik konvensional saat ini menimbulkan serangkaian tantangan yang signifikan, terutama dalam konteks perkembangan zaman dan kebutuhan akan solusi energi yang berkelanjutan dan fleksibel. Permasalahan utama muncul dari beberapa aspek. Pertama, akses terbatas terhadap listrik masih menjadi isu krusial di banyak wilayah, khususnya di daerah pedesaan atau terpencil. Hal ini mengakibatkan banyak orang masih hidup tanpa akses listrik yang memadai, sehingga menghambat mereka untuk menikmati manfaat pencahayaan modern seperti lampu LED. Kedua, bahkan di wilayah yang memiliki akses listrik, kualitas listrik seringkali tidak stabil. Ketidakstabilan ini tidak hanya menyebabkan ketidaknyamanan bagi pengguna, tetapi juga meningkatkan biaya pemeliharaan dan penggantian. Ketiga, dampak lingkungan dari pembangkit listrik konvensional, yang sebagian besar masih bergantung pada bahan bakar fosil menjadi perhatian serius. Emisi gas rumah kaca, polusi udara, dan kerusakan lingkungan akibat penambangan bahan bakar fosil berkontribusi terhadap perubahan iklim dan masalah kesehatan masyarakat.

Untuk mengatasi berbagai tantangan ini, perlu dilakukan upaya komprehensif. Mewujudkan sebuah inovasi baru yang dikenal sebagai *Wireless Power Transfer* (WPT) menjadi sangat relevan. WPT berpotensi membantu mencapai kesempurnaan teknologi dalam penggunaan lampu LED dan menjadikannya lebih praktis serta serbaguna. Adopsi teknologi WPT memberikan efisiensi yang signifikan bagi pengguna dalam kehidupan sehari-hari. Lampu LED dapat menyala secara otomatis hanya dengan berada di area tertentu tanpa perlu dicolokkan ke stop kontak. Ini akan menghilangkan kebutuhan akan kabel-kabel yang berantakan. Selain itu, WPT dapat memungkinkan pengisian daya lampu LED secara terus-menerus tanpa intervensi manual serta memastikan pencahayaan yang stabil dan konstan.

### **1.2 Analisis Masalah**

#### **1.2.1 Aspek Manufakturabilitas**

Pengembangan antenna sebagai komponen utama dalam sistem WPT merupakan aspek penting dalam mentransfer daya secara efisien melalui gelombang elektromagnetik tanpa menggunakan media konduktif. Dalam sistem ini, antenna berfungsi sebagai penerima gelombang elektromagnetik yang kemudian diubah menjadi energi listrik untuk penggunaan lampu LED. Salah satu tantangan utama dalam proses manufaktur antenna untuk sistem WPT

terletak pada pencapaian nilai gain yang tinggi serta efisiensi radiasi yang optimal. *Gain* antenna sangat berpengaruh terhadap seberapa besar daya yang dapat dikirim dan diterima pada jarak tertentu, sehingga desain antena harus mampu mengarahkan gelombang secara presisi dan minim kehilangan.

Selain gain, arah pancaran dan karakteristik radiasi antenna juga menjadi pertimbangan penting, karena pola radiasi yang sesuai akan menentukan seberapa efektif daya dapat ditransmisikan ke rectenna. Dalam hal ini, pemilihan jenis antena seperti antena serta pendukung lainnya seperti substrat dan *ground plane* sangat mempengaruhi performa sistem secara keseluruhan. Tipe antena harus disesuaikan dengan frekuensi kerja, jarak transfer daya, dan kondisi lingkungan di sekitarnya untuk menghindari interferensi serta memastikan daya yang diterima mencukupi kebutuhan perangkat. Oleh karena itu, pengembangan antena sebagai WPT memerlukan pendekatan yang cermat, baik dari sisi desain maupun aspek manufaktur, agar sistem dapat beroperasi dengan efisiensi tinggi dan keandalan yang baik dalam berbagai kondisi aplikasi.

### 1.2.2 Aspek Teknologi

Perkembangan teknologi yang semakin pesat mendorong lahirnya berbagai inovasi dalam bidang transmisi daya, salah satunya adalah sistem WPT. Teknologi ini menawarkan solusi pengiriman daya tanpa kabel melalui pemanfaatan gelombang elektromagnetik, yang secara prinsip mampu mengurangi ketergantungan terhadap koneksi fisik dan meningkatkan fleksibilitas penggunaan perangkat. Namun implementasi sistem WPT, khususnya melalui antena sebagai media transmisi masih menghadapi berbagai tantangan teknis. Salah satunya adalah keterbatasan dalam hal efisiensi pengiriman daya serta stabilitas gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan, terutama pada jarak tertentu dan dalam lingkungan yang kompleks. Selain itu, teknologi ini masih tergolong baru dan belum banyak diadopsi secara luas, sehingga ketersediaan referensi teknis maupun perangkat pendukung juga terbatas. Untuk itu, pengembangan antena sebagai komponen utama dalam sistem WPT membutuhkan dukungan teknologi canggih agar mampu menghasilkan sistem yang bisa diterapkan pada berbagai aplikasi praktis.

### 1.2.3 Aspek Ekonomi

Penggunaan antena sebagai media dalam sistem WPT membawa potensi besar dalam mendukung efisiensi energi dan pembangunan berkelanjutan. Namun, terdapat beberapa permasalahan yang perlu dianalisis secara mendalam. Dari aspek ekonomi, meskipun teknologi ini menjanjikan efisiensi dan fleksibilitas bagi pengguna, adopsinya masih terbatas karena

biaya produksi dan pengembangan awal yang relatif tinggi. Hal ini berdampak pada keterlambatan penerimaan teknologi oleh pasar konsumen. Secara umum, teknologi WPT masih tergolong baru dan belum banyak diimplementasikan secara luas, sehingga ekosistem pendukungnya seperti standar regulasi, kompatibilitas perangkat, dan edukasi pasar masih belum berkembang. Oleh karena itu, pengembangan antenna sebagai WPT tidak hanya membutuhkan pendekatan teknis, tetapi juga pertimbangan ekonomi dan lingkungan agar teknologi ini dapat diimplementasikan secara luas dan berkelanjutan.

### 1.3 Analisis Solusi yang Ada

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan serta hasil studi dari berbagai referensi, terdapat beberapa solusi yang dapat diterapkan. Solusi-solusi tersebut meliputi penggunaan antenna penyearah (*rectifier*) 2,4 GHz untuk menerima gelombang RF[1], pemanfaatan transmisi data melalui kumparan (*coil*)[2], serta penerapan sistem transfer daya nirkabel dua arah yang terintegrasi dengan sistem penyimpanan energi[3].

**Tabel 1.1 Analisa solusi**

Solusi	Aspek		
	Kelebihan	Kekurangan	Keterbatasan
2,4 GHz <i>Rectifier Antenna for Radiofrequency-based Wireless Power Transfer</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mampu mentransfer daya dalam kondisi <i>non-line-of-sight</i> hingga puluhan meter.</li> <li>- Beroperasi pada frekuensi ISM 2,4 GHz yang tidak memerlukan lisensi.</li> <li>- Banyak variasi desain inovatif seperti mikrostrip, slot, array, SP4T <i>switch</i>, dan <i>hybrid solar</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efisiensi transfer menurun drastis seiring bertambahnya jarak.</li> <li>- Efisiensi sangat bergantung pada desain antena dan jenis dioda yang digunakan.</li> <li>- Belum ada desain yang dianggap paling optimal karena perbedaan <i>setup</i> dan parameter uji.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jangkauan efektif masih terbatas untuk perangkat dengan kebutuhan daya tinggi.</li> <li>- Fokus pada perangkat berdaya mikro hingga milliwatt.</li> <li>- Belum ada standar desain dan pengujian resmi untuk sistem WPT.</li> </ul>
<i>Data Transmission through Energy Coil of Wireless</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Struktur sistem sederhana dan inovatif karena menggunakan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistem masih terbatas pada prototipe laboratorium,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jarak transfer daya dan data hanya diuji pada 10 mm.</li> </ul>

Solusi	Aspek		
	Kelebihan	Kekurangan	Keterbatasan
<i>Power Transfer System</i>	<p>satu kumparan induktif untuk transfer daya dan data.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menggunakan frekuensi berbeda (80 kHz untuk daya dan 10,7 MHz untuk data) sehingga mengurangi interferensi.</li> <li>- Prototipe berhasil mentransfer daya sebesar 30 W dan data hingga 80 Kbps secara stabil pada jarak 10 mm, bahkan saat posisi kumparan berubah.</li> </ul>	<p>belum diuji pada aplikasi nyata.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Belum mendukung komunikasi dua arah atau protokol data kompleks.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kecepatan transfer data terbatas pada 80 Kbps, belum cocok untuk kebutuhan <i>bandwidth</i> tinggi.</li> <li>- Rentan terhadap perubahan lingkungan atau pergeseran posisi kumparan.</li> </ul>
<i>20-kW Bi-directional Wireless Power Transfer System with Energy Storage System Connectivity</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistem mendukung transfer daya dua arah antara jaringan listrik (EV), dan sistem penyimpanan energi (ESS).</li> <li>- Efisiensi tinggi hingga 92,7% untuk pengisian dari grid ke baterai dan 98,76% dari ESS ke grid dan EV.</li> <li>- Daya berhasil ditransfer secara nirkabel dengan jarak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ukuran perangkat keras besar (koil 34×28,5×1,5 inci), membatasi pada kendaraan ruang terbatas.</li> <li>- Biaya produksi dan implementasi cenderung tinggi akibat penggunaan komponen berteknologi tinggi</li> <li>- Kompleksitas sistem tinggi karena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pengujian hanya dilakukan pada satu frekuensi resonansi (22 kHz) dan daya 20 kW, belum diuji untuk skalabilitas daya atau frekuensi lain.</li> <li>- Sistem diuji dalam lingkungan laboratorium, belum ada skenario lapangannya.</li> </ul>

Solusi	Aspek		
	Kelebihan	Kekurangan	Keterbatasan
	koil hingga 11 inci.	melibatkan banyak komponen seperti konverter tiga fase, inverter H-bridge, tuning resonator, dan control berbasis DSP.	

#### 1.4 Tujuan Tugas Akhir

1. Merancang dan mengembangkan antena yang terintegrasi dengan *rectifier* untuk sistem *Wireless Power Transfer* (WPT) yang bekerja pada rentang frekuensi 1,8 GHz hingga 2,4 GHz.
2. Meningkatkan efisiensi penerimaan gelombang elektromagnetik oleh antena agar mampu menyalakan lampu LED secara stabil tanpa menggunakan kabel.
3. Mengoptimalkan desain antena agar memiliki nilai *gain* yang memadai dan *return loss* yang rendah untuk mendukung performa transmisi daya secara maksimal.
4. Memastikan aspek manufakturabilitas dari antena yang dikembangkan sehingga solusi yang dihasilkan bersifat efektif secara teknis, ekonomis, dan mudah untuk diproduksi.

#### 1.5 Batasan Tugas Akhir

Penelitian ini difokuskan pada perancangan antena sebagai penerima gelombang elektromagnetik dalam sistem *Wireless Power Transfer* (WPT) dengan rentang frekuensi kerja 1,8 GHz hingga 2,4 GHz. Sistem WPT yang akan dikembangkan akan memanfaatkan *rectifier* yang menerima gelombang elektromagnetik dari antena, yang selanjutnya akan dikonversi menjadi arus listrik searah (DC) untuk menyuplai lampu LED berdaya rendah secara nirkabel.