

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Deskripsi Umum Masalah

Seiring dengan perkembangan di bidang telekomunikasi, teknologi komunikasi memegang peranan penting dalam era informasi dan teknologi saat ini. Pengguna jaringan nirkabel terus bertambah, dan jenis data yang dikirimkan semakin beragam. Hal ini menuntut peningkatan kinerja sistem nirkabel, baik dari aspek jangkauan, kapasitas, maupun keandalannya. Seiring berkembangnya teknologi tersebut, antena sebagai salah satu komponen utama dalam sistem komunikasi jarak jauh juga perlu terus berkembang, baik dalam hal bentuk maupun kemampuannya [1].

Salah satu teknologi yang paling banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah WiFi, yang berperan penting dalam menyediakan koneksi internet untuk perangkat-perangkat seperti laptop, smartphone, dan perangkat IoT di lingkungan rumah, kantor, maupun ruang publik. Kebutuhan akan jaringan WiFi yang stabil, efisien, dan hemat energi semakin meningkat, seiring dengan bertambahnya jumlah pengguna dan beragamnya jenis data yang dikirimkan melalui jaringan nirkabel. Namun, antena pada router WiFi konvensional masih menghadapi beberapa kendala, salah satunya adalah penggunaan antena *omnidirectional* yang menyebar ke segala arah, sering kali tidak mampu bekerja secara efisien dan fleksibel. Misalnya, *access point* dengan pola radiasi menyebar ke segala arah bisa menyebabkan gangguan antar pengguna dan pemborosan daya. Selain itu, saat user bergerak menjauh dari *access point* maka sinyal atau frekuensi gelombang radio yang diterima user akan semakin menurun. Dengan penggunaan *beamforming* dapat menguatkan sinyal yang dipancarkan sesuai dengan keinginan *user* [2]. Masalah ini menjadi tantangan besar dalam menyediakan komunikasi yang stabil dan berkualitas tinggi bagi pengguna [3].

Kebutuhan akan efisiensi dalam teknologi *beamforming* juga semakin meningkat seiring dengan perkembangan sistem komunikasi yang lebih maju. *Beamforming* adalah proses pengaturan arah pola radiasi antena untuk memaksimalkan transmisi ke area target sekaligus meminimalkan radiasi ke area yang tidak diperlukan. Teknologi ini tidak hanya mampu mengurangi interferensi antar pengguna, tetapi juga berkontribusi dalam penghematan energi dan peningkatan kualitas sinyal yang diterima. Dengan kemampuan untuk mengatur arah radiasi secara presisi, antena modern mampu meningkatkan keandalan komunikasi dan memperbaiki efisiensi sistem secara keseluruhan [4].

Namun, perkembangan antena yang lebih kompleks sering kali dihadapkan pada tantangan dari sisi biaya dan material. Pemilihan bahan dalam pembuatan antena harus mempertimbangkan berbagai aspek, seperti kualitas bahan, ketersediaannya di pasaran, dan nilai ekonomis yang sesuai dengan anggaran pengembangan. Biaya ini dipengaruhi oleh proses manufaktur, pemilihan bahan, dan kebutuhan akan peralatan pengujian yang presisi [5].

Secara keseluruhan, pengembangan antena modern menjadi salah satu tantangan besar dalam mendukung kebutuhan komunikasi nirkabel yang terus berkembang. Oleh karena itu, solusi inovatif, seperti pengembangan teknologi *beamforming* yang lebih efisien, pemilihan material yang tepat, serta pendekatan manufaktur yang hemat biaya, diperlukan untuk menjawab tantangan ini. Dengan demikian, antena modern tidak hanya mampu memenuhi kebutuhan komunikasi masa kini, tetapi juga menjadi fondasi penting dalam mendukung evolusi teknologi komunikasi di masa depan.

1.2 Analisis Masalah

Teknologi antena pada jaringan telekomunikasi berperan penting dalam proses transmisi sinyal dan komunikasi data. Salah satu teknologinya yaitu penggunaan antena di access point wifi dan masalah yang muncul dalam implementasinya adalah ketidakmerataan distribusi sinyal di wilayah jangkauan pengguna. Permasalahan ini mengindikasikan bahwa meskipun antena pada wifi dapat menjangkau area yang luas, namun hanya sebagian kecil wilayah yang benar-benar memanfaatkan sinyal tersebut secara optimal, terutama di area dengan konsentrasi *user*. Ketidakefisienan ini menimbulkan berbagai tantangan, baik dari segi teknis maupun dari aspek ekonomi, manufaktur, dan keberlanjutan. Berikut adalah pembahasan permasalahan tersebut berdasarkan masing-masing aspek.

1.2.1 Aspek Teknis

Pola radiasi antena terutama di *access point* wifi pada umumnya dirancang untuk mencakup seluruh area dalam jangkauan tertentu secara merata. Hal ini menyebabkan sinyal juga menyebar ke area yang tidak sepenuhnya membutuhkan, sementara area dengan kepadatan pengguna yang tinggi sering kali mengalami penurunan kualitas sinyal dan saat user bergerak menjauh dari *access point* maka sinyal atau frekuensi gelombang radio yang diterima user akan semakin menurun. Kondisi ini menunjukkan ketidakefisienan dalam pemanfaatan daya pancar antena, terutama dalam kondisi di mana distribusi pengguna tidak merata.

1.2.2 Aspek Ekonomi

Ketidakmerataan sinyal menyebabkan sebagian besar biaya pemasangan antenna menjadi kurang efektif, karena banyak wilayah yang tidak memanfaatkan sinyal secara optimal. Penyedia layanan sering kali harus memasang antenna tambahan untuk memperbaiki jangkauan, yang berarti pengeluaran lebih besar tanpa keuntungan dan layanan yang sebanding.

1.2.3 Aspek Manufakturabilitas

Desain antenna yang tidak fleksibel dalam mengarahkan sinyal memerlukan penambahan antenna tambahan untuk mendukung cakupan wilayah tertentu. Hal ini meningkatkan kebutuhan material dan proses produksi, yang dapat memperbesar skala biaya dan kompleksitas dalam manufaktur.

1.2.4 Aspek Keberlanjutan

Distribusi sinyal yang tidak efisien menyebabkan pemborosan energi karena daya yang dipancarkan sering kali terbuang di area tanpa pengguna. Selain itu, solusi penambahan antenna untuk memperbaiki cakupan berpotensi memperbesar dampak lingkungan, baik dari segi konsumsi energi maupun limbah elektronik yang dihasilkan.

1.3 Analisis Solusi yang Ada

Dalam melakukan analisis solusi yang telah ada terkait perancangan antenna, penelitian ini melakukan studi literatur dari berbagai referensi yang mengimplementasikan teknologi serupa. Solusi-solusi yang ditemukan umumnya memiliki potensi dalam pengendalian pola radiasi dan peningkatan kualitas sinyal. Namun, masing-masing solusi juga memiliki keterbatasan yang penting untuk diidentifikasi sebagai bahan evaluasi dalam mengembangkan teknologi yang lebih efektif dan efisien.

Solusi pertama yang telah ada adalah penggunaan *switchbeam antenna* yang dikombinasikan dengan antenna *array* berkonfigurasi oktagonal. Solusi ini memberikan keunggulan dalam hal *directivity* dan *beamforming*, di mana sinyal dapat dipancarkan dengan fokus ke arah yang diinginkan untuk meminimalkan interferensi dan meningkatkan kualitas transmisi. Namun, kelemahan utama dari solusi ini terletak pada kompleksitas sistem pengalihan sinyal yang memerlukan komponen pengendali yang mahal dan sering kali membutuhkan ruang yang lebih besar untuk menampung *array* tersebut. Kompleksitas ini menyebabkan solusi yang ada sulit diterapkan pada perangkat yang berukuran lebih kecil dan hemat biaya [6].

Solusi kedua adalah desain antenna yang menggunakan *phase shifter*, menawarkan kecepatan *switching* yang lebih baik dan memungkinkan pengalihan arah sinyal secara elektronik tanpa mekanisme pergerakan fisik. Akan tetapi, penggunaan *phase shifter* pada antenna *array* menunjukkan bahwa adanya peningkatan kerugian daya seiring dengan bertambahnya elemen antenna dan naiknya frekuensi operasi. Hal ini menjadi tantangan besar dalam mengembangkan sistem *phased array* yang hemat energi [7].

Solusi ketiga yang telah ada adalah desain antenna *switchbeam antenna* berbasis teknologi planar, yang memiliki keunggulan dalam mengalihkan pancaran utama secara elektrik ke dua arah yang berbeda. Antena ini memiliki biaya produksi yang rendah karena dirancang menggunakan bahan substrat yang relatif lebih murah. Namun, antenna ini memiliki frekuensi operasi yang terbatas dan memiliki *gain* yang lebih relatif rendah yaitu sekitar 3 dBi [8].

Berdasarkan studi literatur dan analisis telah yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa meskipun berbagai solusi yang telah ada memiliki keunggulan dalam aspek *beamforming* dan peningkatan kualitas sinyal, masih terdapat kendala signifikan, terutama dalam hal kompleksitas sistem dan konsumsi daya. Tantangan tersebut memberikan motivasi untuk merancang solusi yang lebih sederhana, dengan tetap mempertahankan efisiensi biaya dan kinerja, serta mampu meningkatkan kualitas sinyal tanpa bergantung pada sistem yang rumit dan berbiaya tinggi.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Untuk menjawab permasalahan yang telah diidentifikasi sebelumnya, Tugas Akhir ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Merancang *switchbeam microstrip antenna* yang mampu mengarahkan pola radiasi sesuai kebutuhan, berdasarkan *port* yang diaktifkan.
2. Memberikan solusi perancangan antenna yang mampu mengurangi pemborosan daya dalam sistem komunikasi nirkabel.
3. Menganalisis dan membandingkan hasil simulasi dengan hasil fabrikasi antenna untuk mengevaluasi performa antenna secara menyeluruh.

1.5 Batasan Tugas Akhir

Untuk memperjelas ruang lingkup dan menjaga fokus pada tujuan utama, Tugas Akhir ini memiliki beberapa batasan sebagai berikut:

1. Antena yang dirancang beroperasi pada frekuensi kerja 5,8 GHz.
2. Antena yang dirancang memiliki empat *port* yang menghasilkan pola radiasi ke arah berbeda saat diaktifkan, namun hanya satu *port* yang dapat aktif dalam satu waktu sebagai *output* utama.
3. Proses pengaktifan *port* pada antena dilakukan secara manual, melalui sistem saklar pada rangkaian RF *switch* tanpa melibatkan pengendalian otomatis berbasis mikrokontroler.