

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak *Federal Communication Commission* (FCC) menetapkan rentang frekuensi untuk *Ultra Wideband* (UWB) yakni dari 3.1 hingga 10.6 GHz [1], teknologi UWB menjadi berkembang dengan sangat pesat dan merangsang kegiatan penelitian dalam desain antena UWB [2]–[6]. Teknologi UWB memungkinkan pengiriman sinyal dengan tingkat energi rendah dan transmisi data yang lebih cepat pada jarak pendek [7]. Dengan demikian, UWB menjadi solusi yang ideal untuk berbagai aplikasi nirkabel, termasuk radar, pemantauan kesehatan, dan komunikasi jarak pendek lainnya.

Namun, rentang frekuensi UWB yang lebar juga membawa tantangan berupa interferensi elektromagnetik terutama dengan teknologi *wireless LAN* (WLAN) pada 5.15 hingga 5.825 GHz [8][9]. WLAN saat ini telah menjadi teknologi yang umum digunakan untuk komunikasi nirkabel di rumah, kantor, dan area publik [10]. Oleh karena itu, untuk mengurangi interferensi pada sistem UWB banyak penelitian yang mengusulkan teknik penanggulangan, salah satunya dengan menambahkan *slot* pada *patch* untuk menghasilkan efek *band-notched* [2], [11], [12].

Selain interferensi, sistem UWB SISO (*Single Input Single Output*) cenderung mengalami *multipath fading* karena beroperasi pada daya rendah, yang mempengaruhi jangkauan dan kualitas sinyal [9]. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menggunakan teknologi *Multiple Input Multiple Output* (MIMO). MIMO memanfaatkan beberapa elemen antena untuk mengirimkan atau menerima sinyal dengan karakteristik *fading* yang berbeda, sehingga meningkatkan kecepatan transmisi dan ketahanan terhadap gangguan [3]. Dengan *spatial multiplexing*, MIMO memungkinkan peningkatan laju data dengan mentransmisikan informasi secara paralel melalui beberapa saluran spasial [13].

Seiring kemajuan teknologi, perangkat telekomunikasi mengalami tren miniaturisasi dan integrasi yang semakin tinggi. Hal ini menjadi tantangan utama dalam penerapan MIMO pada perangkat yang semakin kompak karena keterbatasan ruang fisik. Antena MIMO membutuhkan lebih dari satu elemen antena,

yang menambah kompleksitas desain terutama pada perangkat dengan ruang terbatas. Oleh karena itu, diperlukan teknik miniaturisasi antena untuk menghasilkan konfigurasi MIMO yang efisien dalam hal ruang, tanpa mengorbankan kinerja elektromagnetik yang diinginkan.

Miniaturisasi antena adalah upaya untuk mengurangi dimensi fisik antena tanpa secara signifikan menurunkan parameter kinerjanya [14]. Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk mencapai miniaturisasi, seperti pemanfaatan substrat dengan permitivitas relatif tinggi (ϵ_r), yang berfungsi memperpendek panjang gelombang efektif di dalam substrat sehingga memungkinkan reduksi ukuran fisik antena [15]–[17]. Namun, pendekatan ini menyebabkan degradasi *bandwidth* dan penurunan efisiensi radiasi akibat peningkatan rugi-rugi dielektrik [18]. Pendekatan lain melibatkan optimalisasi geometri jalur resonator, seperti teknik *folding* (pembelahan jalur) dan *meandering* (pembengkokan jalur), untuk memperpanjang lintasan arus tanpa memperbesar dimensi keseluruhan antena [14].

Salah satu alternatif yang banyak digunakan adalah struktur periodik seperti *electromagnetic band gap* (EBG) [19]–[23]. Struktur EBG adalah konfigurasi periodik yang dapat menghambat propagasi gelombang elektromagnetik pada frekuensi tertentu, serta menciptakan efek *slow-wave* yang memperlambat perambatan gelombang, sehingga panjang gelombang efektif berkurang dan resonansi dapat dicapai dengan ukuran fisik yang lebih kecil. EBG juga dapat digunakan untuk mengurangi *mutual coupling* antar elemen antena, yang penting dalam desain antena MIMO.

Beberapa studi menunjukkan bahwa penggunaan struktur EBG dapat menghasilkan miniaturisasi antena yang signifikan tanpa mengurangi kinerja. Dalam studi [19], penggunaan struktur EBG berbentuk *ring* pada antena mikrostrip dapat mereduksi ukuran *patch* hingga 67% dan meningkatkan isolasi antar elemen. Pada [20], struktur EBG tipe Z diterapkan di antara elemen *patch* sehingga isolasi meningkat sebesar 10,3% dan antena beroperasi pada rentang frekuensi 26.99 – 29.49 GHz. Sementara pada [21], antena yang dirancang memiliki ukuran yang kompak dengan struktur unit sel EBG dikonfigurasikan tanpa via dan elemen tambahan. Dalam [22]

struktur EBG diposisikan mengelilingi *patch* mampu menghasilkan *band-notch* pada frekuensi WLAN dan WiMax. Selain itu pada [23], struktur EBG berkolom tunggal ditempatkan di antar dua elemen *patch*, menghasilkan dimensi antena kompak 26 x 31 mm² dengan *mutual coupling* yang rendah yaitu <-25 dB.

Hingga saat ini belum ada teknik miniaturisasi yang mampu secara signifikan mengurangi ukuran fisik antena tanpa disertai kompromi terhadap salah satu parameter kinerja utama, seperti *bandwidth*, efisiensi radiasi, atau isolasi antarelemen [14]. Tantangan ini menjadi semakin kompleks pada antena UWB MIMO, yang tidak hanya membutuhkan dimensi fisik yang kompak, tetapi juga harus mampu mempertahankan karakteristik *wideband*, serta tingkat *mutual coupling* yang rendah. Oleh karena itu, perancangan miniaturisasi antena UWB MIMO dengan tetap menjaga integritas kinerjanya merupakan salah satu topik penelitian yang menantang dan relevan dalam pengembangan teknologi antena modern.

Sebagai referensi utama dalam penelitian ini, desain antena yang telah ada sebelumnya [24] bekerja pada pita frekuensi UWB 3.1–10.6 GHz dan dilengkapi dengan karakteristik *band-notched* pada frekuensi WLAN (5.15–5.825 GHz). Desain tersebut memiliki ukuran 28.5 × 20 mm², namun masih memungkinkan untuk pengembangan lebih lanjut agar diperoleh desain yang lebih kompak dan efisien. Oleh karena itu, dalam tesis ini akan dirancang dan dianalisis kinerja miniatur antena UWB MIMO 2×2 dengan menambahkan struktur EBG pada bagian *ground plane*.

Antena yang dikembangkan terdiri dari dua elemen *patch* berbentuk persegi panjang (*rectangular patch*) yang disusun sejajar dan antena dicatu menggunakan teknik *transmission line feeding*. Slot berbentuk C pada masing-masing *patch* untuk menghasilkan penolakan (*notch*) pada pita frekuensi WLAN. Diharapkan, penerapan struktur EBG pada *ground plane* tidak hanya berfungsi untuk meningkatkan isolasi antar elemen antena, tetapi juga mendukung miniaturisasi dimensi antena. Parameter kinerja yang dianalisis meliputi *bandwidth*, *return loss*, *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), *Envelope Correlation Coefficient* (ECC), dan isolasi antena.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang dibahas pada tesis ini adalah :

1. Bagaimana merancang miniatur antena UWB MIMO 2x2 dengan menambahkan struktur EBG untuk mempertahankan *bandwidth* dan meningkatkan isolasi?
2. Bagaimana menerapkan teknik *C-shaped slot* untuk menghasilkan *band-notched* pada frekuensi WLAN?
3. Bagaimana analisis terhadap perbandingan hasil simulasi dan pengukuran kinerja antena yang dirancang?

1.3 Batasan Masalah

Pada pembuatan tesis ini penulis membatasi masalah yang akan dibahas, yaitu:

1. Antena yang dirancang adalah antena UWB MIMO 2x2
2. Menggunakan struktur EBG untuk mencapai miniaurisasi antena
3. *Band-notch* pada frekuensi WLAN 5.15 – 5.825 GHz diperoleh dengan slot berbentuk C
4. Substrat yang digunakan adalah PCB *double layer* FR4 Epoxy
5. Parameter yang diamati seperti *bandwidth*, *return loss*, *VSWR*, *ECC*, *band-notched*, dan isolasi antena
6. Simulasi menggunakan *software Computer Simulation Technology (CST) Studio Suite 2019*

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembuatan tesis ini adalah untuk:

1. Merancang miniatur antena UWB MIMO 2x2 dengan menambahkan struktur EBG untuk mempertahankan *bandwidth* dan meningkatkan isolasi
2. Menerapkan slot berbentuk C untuk memperoleh *band-notched*
3. Melakukan analisis terhadap perbandingan hasil simulasi dan pengukuran kinerja antena yang dirancang

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari tesis ini adalah sebagai berikut:

1. Ditemukannya antena UWB MIMO 2x2 berukuran lebih kompak dengan kinerja yang baik serta dilengkapi dengan *notched-band* pada frekuensi WLAN
2. Sebagai referensi sehingga memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk terus melakukan inovasi yang kreatif dalam perencanaan antena

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang dilakukan pada tesis ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi teori-teori dasar yang mendukung dalam pembuatan tesis ini.

BAB III PERANCANGAN ANTENA

Bab ini menguraikan tahap-tahap perancangan antena menggunakan *software* CST *suite* 2019 hingga fabrikasi.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan analisis kinerja antena yang dirancang secara simulasi dan pengukuran.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran-saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

