

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu perkembangan di bidang telekomunikasi saat ini ditandai dengan adanya jaringan baru yaitu *Fifth Generation (5G)*. Jaringan 5G merupakan standar jaringan seluler baru generasi kelima setelah 1G, 2G, 3G, dan 4G[1]. Jaringan 5G terbagi menjadi beberapa pita frekuensi yaitu *low band* berkisar dibawah 1 Ghz, *middle band* pada rentang fekuensi 1–6 GHz, dan *High band* di atas 24 Ghz[2]. Menurut *3rd Generation Partnership Project (3GPP)*, rentang pita frekuensi yang diusulkan dan diupayakan untuk jaringan 5G berkisar pada 3,3 – 4,2 GHz[3]. Namun untuk jaringan 5G di Indonesia yang mulai beroperasi sejak 24 Mei 2021 berbasiskan teknologi *International Mobile Telecommunications-2020 (IMT-2020)* bekerja pada frekuensi 2,3 GHz[4].

Hadirnya jaringan seluler 5G selaras dengan kebutuhan manusia yang semakin meningkat dalam sistem komunikasi yang diharapkan memiliki kecepatan transfer data yang cepat, efisien, kapasitas jaringan lebih besar dan lebih andal sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan[3][5]. Selain itu, Campbell menyatakan teknologi 5G merupakan pendongkrak industri 4.0 yang dapat menghasilkan sekitar \$12,3 triliun *output* ekonomi global tahun 2035[6]. Keuntungan 5G yang dapat mengdongkrak pertumbuhan ekonomi telah mendorong pemerintah Indonesia untuk mempercepat pembangunan teknologi 5G di Indonesia. Hal itu dituangkan dalam Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 2 Tahun 2021 tentang Rencana Strategis Kementerian Komunikasi dan Informatika dimana pemerintah Indonesia mendorong penerapan 5G dengan menata alokasi frekuensi dan mengembangkan teknologi 5G nasional[6].

Pembangunan dan pengembangan jaringan 5G harus direncanakan dengan baik dari segala sisi perangkat pendukungnya dimana salah satu perangkat penting dalam transmisi sinyal untuk jaringan 5G ini yaitu antena. Menurut IEEE std 145-1983 antena didefinisikan sebagai alat yang dapat memancarkan dan menerima gelombang radio[7]. Salah satu jenis antena yang biasa digunakan dalam sistem

nirkabel yaitu antena mikrostrip. Antena ini memiliki beberapa kelebihan seperti bentuk yang sederhana, kemudahan dalam pabrikan, dan mampu bekerja pada frekuensi tinggi[8]. Hal ini tentunya akan cocok untuk jaringan 5G yang juga bekerja pada frekuensi yang tinggi. Meskipun begitu, antena mikrostrip memiliki beberapa kekurangan diantaranya *bandwidth* yang sempit, *gain*-nya rendah, dan sering mengalami *multipath fading*[9]. Untuk menanggulangi hal itu, maka antena *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) sangat cocok untuk digunakan terutama dalam jaringan 5G karena memiliki beberapa kelebihan seperti kapasitas yang lebih besar, tingkat transmisi yang tinggi, dan kekebalan terhadap *multipath fading*[10].

MIMO merupakan antena yang memanfaatkan multi antena baik di sisi pengirim maupun di sisi penerima. Tujuan dari pembuatan antena pemancar dan penerima lebih dari satu elemen antena MIMO ini yaitu untuk memanfaatkan propagasi *multipath* dan meningkatkan performansi antena[5]. Namun, antena MIMO juga memiliki kekurangan salah satunya yaitu efek *mutual coupling* yang tidak bisa dihindarkan ketika jarak antar elemen peradiasi berdekatan sehingga mempengaruhi kinerja antenanya terutama isolasinya yang menurun[5].

Mutual coupling merupakan sebuah efek yang diakibatkan oleh adanya perambatan gelombang permukaan dari satu elemen antena ke elemen antena lainnya yang mana gelombang ini dikenal juga sebagai arus permukaan[11]. Arus permukaan ini diinduksi dari peradiasi satu elemen ke elemen berikutnya dalam sistem MIMO yang mengubah distribusi arus dan menurunkan kinerja antena[11]. Jarak antar elemen antena yang terlalu dekat mengakibatkan energi yang dipancarkan dari satu elemen antena dapat di pasang dengan elemen antena lainnya yang akan berpengaruh terhadap efisiensi antena berkurang dan mempengaruhi pola radiasi antena[12]. Efek *mutual coupling* juga dapat meningkatkan nilai *standing wave* dan koefisien refleksi[13].

Beragam teknik bisa digunakan untuk mengurangi efek *mutual coupling* antena MIMO diantaranya dengan teknik *Complementary Split Ring Resonator* (CSSR) seperti pada penelitian[14], menggunakan *Neutralization Line* (NL) [15], dan menggunakan teknik *Electromagnetic Bandgap* (EBG) seperti pada penelitian [10], [12], [16], [17], [18], [19], dan [20]. EBG merupakan struktur periodik atau

non-periodik buatan yang mencegah atau membantu propagasi gelombang elektromagnetik pada pita frekuensi tertentu[21]. EBG memiliki 2 tipe yaitu tipe *mushroom* dan *uniplanar* yang mana kedua tipe tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing[21]. Kelebihan struktur EBG *mushroom* adalah pencapaian *bandwidth* yang luas, frekuensi yang lebih rendah, dan ukuran EBG *mushroom* lebih kecil daripada EBG *uni-planar*[22]. Penerapan struktur EBG untuk antenna MIMO ini adalah untuk mereduksi efek *mutual coupling* dengan cara menekan gelombang permukaan sehingga isolasi antenanya meningkat[21].

Pada penelitian Tugas Akhir ini dianalisis sebuah antenna MIMO yang memiliki 2 struktur *patch* berbentuk *rectangular* dengan ukuran yang identik. Kedua *patch* yang identik ini dikarenakan antenna ini bekerja untuk *single band* saja yakni pada *band* frekuensi 2,3 GHz. Struktur EBG yang sederhana, dapat dimodifikasi, dan dapat diaplikasikan untuk meningkatkan isolasi antenna menjadi latar belakang penulis untuk meneliti lebih lanjut penerapan EBG tipe *mushroom* pada antenna MIMO yang bekerja pada *band* frekuensi 2,3 GHz.

1.2. State of The Art

Pembuatan Tugas Akhir ini merujuk pada beberapa referensi utama seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Referensi utama.

No	Judul	Peneliti	Tahun
1	<i>A Low Correlation and Mutual coupling MIMO Antenna</i>	Ying Liu, dkk	2019
2	<i>Enhancing MIMO Antenna Isolation Characteristic by Manipulating the Propagation of Surface Wave</i>	Zhuo Yang, Jun Xiao, dan Qiubo Ye	2020
3	<i>Mutual coupling Reduction Using Ground Stub and EBG in a Compact Wideband MIMO Antenna</i>	Awais Khan, dkk	2021

No	Judul	Peneliti	Tahun
4	<i>Reduction of Mutual coupling in UWB-MIMO Antennas by Using EBG Structures Based on A T-Shaped Ground Branch</i>	Zhi-jian Chen, Jing-song Hong, dan Yan Deng	2019
5	<i>A Dual-Band Compact Four-Port MIMO Antenna Based on EBG and CSSR for Sub-6 GHz Application</i>	Yufa Sun, dkk	2022
6	<i>A Compact MIMO Antenna Isolation With Electromagnetic Bandgap Structure for Isolation Enhancement</i>	Ravichandran Sanmugasundaram, Somasundaram Natarajan, dan Rengasamy Rajkumar	2021

Tabel 1.1 menunjukkan beberapa referensi utama yang memiliki tema tentang penerapan EBG dalam antena MIMO untuk meningkatkan parameter kinerja koefisien isolasinya. Penelitian yang dilakukan oleh Ying Liu, dkk pada tahun 2019 [19], dianalisis sebuah antena MIMO 2x1 dengan penambahan struktur EBG dan DGS yang memiliki manfaat masing-masing dalam meningkatkan kinerja antenanya. Struktur EBG yang ditambahkan terdiri dari 2 struktur dimana satu struktur EBG nya ditempatkan di antara 2 *patch* untuk menekan *surface wave*, sedangkan satu struktur EBG yang lainnya ditempatkan di sisi *patch* dekat tepi untuk memandu gelombang permukaannya sehingga pola radiasi yang baik tercapai. Pada intinya penggunaan EBG pada antena yang dirancang adalah untuk mencapai *Envelope Correlation Coefficient* (ECC) yang sangat rendah dengan hasil yang didapatkan sebesar 0,002. Sedangkan struktur *Defected Ground Structure* (DGS) digunakan untuk mengurangi kopling timbal balik dengan mengendalikan polarisasi medan kopling. Efek *mutual coupling* (MC) maksimum 22 dB dapat dicapai dalam *bandwidth* kerja antenanya.

Penelitian Zhuo Yang, dkk [10] merancang desain antena MIMO di frekuensi 3,25 GHz dengan menerapkan beragam teknik seperti *Complementary Split Ring*

Resonator (CSSR), *Defected Ground Structure* (DGS), dan *Electromagnetic Bandgap* (EBG). Struktur EBG tipe *mushroom* digunakan untuk menekan gelombang permukaan, sedangkan struktur CSSR ditempatkan di sisi tepi *groundplane* yang berfungsi untuk mengarahkan gelombang permukaan, dan struktur DGS berbentuk H ditambahkan untuk memperkuat efek *decoupling* total untuk antenna yang dirancang. Hasil keseluruhan dari antenna yang dirancang baik untuk simulasi maupun fabrikasi menghasilkan efek *mutual coupling* yang kecil dengan nilai isolasi antenna < -20 dB.

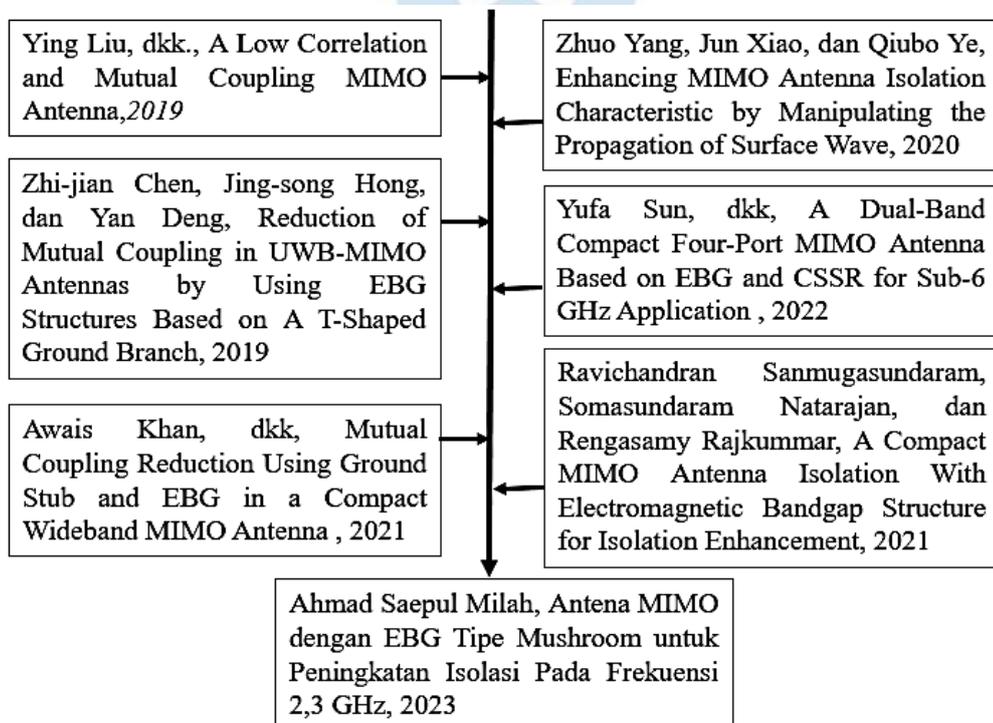
Kemudian pada penelitian yang dilakukan oleh Awais Khan, dkk[16] membahas antenna MIMO *Ultra-Wideband* (UWB) dimana struktur EBG tipe *uniplanar* dan *ground stub* diterapkan dalam perancangan desain antenanya. Nilai kinerja yang dihasilkan diantaranya koefisien isolasi <-25 dB, nilai *diversity gain* > 9,995, ECC yang rendah <0,001, efisiensi radiasi rata-rata 85,5% serta *peak gain* senilai 5,67 dB dalam spektrum frekuensi UWB. Begitupun pada penelitian yang dilakukan oleh Zhi-jian Chen, dkk[18] juga membahas peningkatan isolasi antenna MIMO *Ultra Wide Band* (UWB) dengan struktur EBG dan struktur *T-Shaped Ground* juga digunakan untuk meningkatkan isolasi antenanya. Struktur *T-Shaped Ground Branch* ini digunakan untuk meningkatkan isolasi antenna pada frekuensi rendah dan menengah, sedangkan struktur EBG digunakan untuk meningkatkan isolasi antenna pada frekuensi tinggi. Hasil yang didapat antenna ini memiliki nilai ECC yang rendah yaitu sebesar <0,001 dan isolasinya dibawah -20 dB.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Yufa Sun tahun 2022[20], dilakukan analisis terhadap antenna MIMO 4 *port dual band* dengan penambahan struktur EBG dan CSSR untuk mereduksi efek *mutual coupling*-nya. Bentuk EBG yang ditambahkan memiliki 5 *via* dengan tujuan untuk meningkatkan isolasi antar elemen antenanya. Sedangkan untuk CSSR-nya ditempatkan di *groundplane* dengan tujuan untuk mereduksi *return loss*-nya. Nilai isolasi yang didapat kurang dari -17,5 dB dalam *bandwidth* operasi 3,28-3,62 GHz dan -19,5 dB di 4,78-5,04 GHz. Sedangkan nilai ECC yang didapat sebesar < 0,035.

Kemudian pada penelitian yang dilakukan oleh Ravichandran Sanmugasundaram, dkk pada tahun 2021[12], dirancang sebuah desain antenna

MIMO dengan penambahan struktur EBG. Tipe EBG yang digunakan berbentuk *meander line spiral* berbeda dengan referensi penelitian-penelitian sebelumnya yang menggunakan EBG tipe *mushroom* dan *uniplanar*. Struktur EBG ini ditambahkan diantara elemen *patch* peradiasi antenna. Pada penelitian ini dilakukan pabriaksi 4 antenna diantaranya yaitu MIMO 2x1 tanpa EBG, MIMO 2x1 dengan EBG, 2x2 tanpa EBG, dan 2x2 dengan EBG yang mana hasil keluaran yang dianalisis dari penelitian ini yaitu koefisien isolasi antenna mencapai > 16 dB untuk simulasi dan >25 dB untuk pengukuran. Dan nilai ECC yang didapat sebesar 0,09.

Berdasarkan beberapa referensi penelitian di atas, maka dalam tugas akhir ini dilakukan penelitian terhadap peningkatan isolasi antenna MIMO dengan penambahann struktur EBG tipe *mushroom* untuk Aplikasi 5G pada frekuensi 2,3 GHz. Unsur pembaharuan dimasukan dalam desain antenna yang dirancang dimana pita frekuensi yang digunakan adalah 2,3 GHz sesuai dengan pita frekuensi yang ada di Indonesia dan juga dari struktur antenna yang dirancang. Kemudian antenna yang dirancang tersebut dipabriaksi dan hasil pengujian serta pengukurannya dianalisis. Hubungan penelitian diperlihatkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Hubungan penelitian.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana rancangan dan realisasi antena MIMO 2x1 dengan penambahan struktur EBG tipe *mushroom* untuk peningkatan isolasi pada frekuensi 2,3 GHz?
2. Bagaimana kinerja antena MIMO dengan penambahan struktur EBG tipe *mushroom* untuk peningkatan isolasi pada frekuensi 2,3 GHz?

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan merealisasikan antena MIMO dengan penambahan struktur EBG tipe *mushroom* untuk peningkatan isolasi pada frekuensi 2,3 GHz.
2. Menganalisis kinerja antena MIMO dengan penambahan struktur EBG tipe *mushroom* untuk peningkatan isolasi pada frekuensi 2,3 GHz.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat baik dari segi akademis maupun praktis, diantaranya yaitu sebagai berikut.

1. Penelitian ini memiliki manfaat akademis yang diharapkan dapat memberikan kontribusi akademis terutama di bidang antena khususnya antena tipe MIMO dengan penambahan struktur EBG tipe *mushroom* untuk aplikasi 5G.
2. Manfaat praktis hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi para peneliti terutama dalam merealisasikan antena MIMO dengan penambahan struktur EBG untuk keperluan layanan 5G dengan frekuensi kerja 2,3 GHz.

1.6. Batasan Masalah

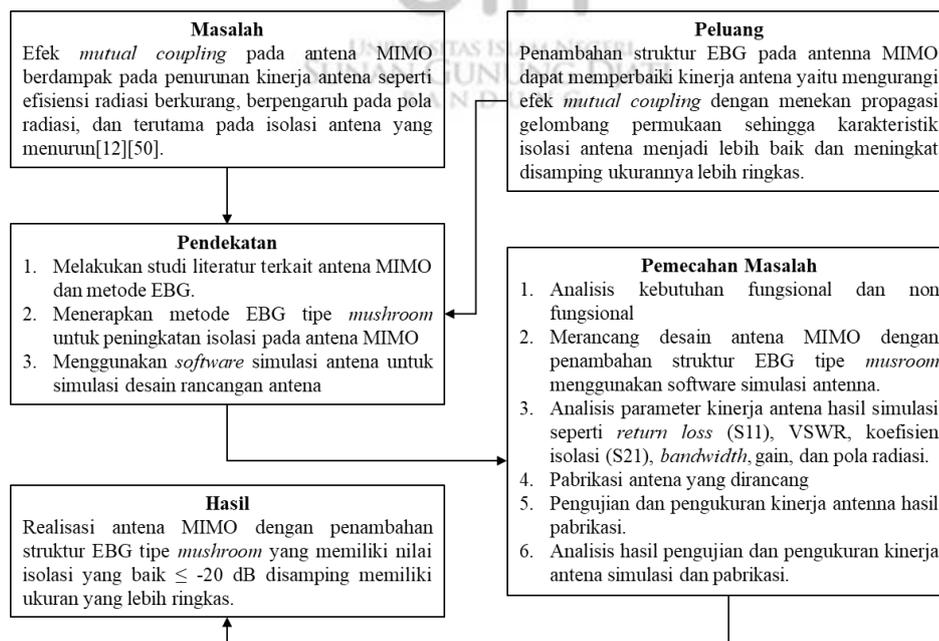
Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bentuk *patch* antena MIMO 2x1 adalah *rectangular patch* dengan ukuran identik.
2. Teknik pencatutan yang digunakan yaitu *inset feedline*.

3. Bahan *substrate* yang digunakan yaitu *epoxy-FR04*, sedangkan bahan *patch* dan *groundplane*-nya *copper*.
4. Struktur EBG tipe *mushroom* ditempatkan diantara 2 elemen *patch* peradiasi.
5. Karakterisasi EBG menggunakan metode *suspended stripline*.
6. Simulasi desain antenna menggunakan *software* simulasi antenna.
7. Pabrikasi antenna dilakukan terhadap antenna MIMO tanpa dan dengan EBG.
8. Proses pengujian dan pengukuran antenna pabrikasi dilakukan di lingkungan Lab Teknik Elektro Universitas Telkom.
9. Parameter yang diukur diantaranya *return loss*, koefisien isolasi, VSWR, *gain*, *bandwidth*, dan pola radiasi.

1.7. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir berisi alur pemikiran yang memuat uraian sistematis tentang hasil perumusan masalah penelitian yang diperkirakan dapat diselesaikan melalui beberapa pendekatan serta melihat peluang pemecahan masalah tersebut. Pemecahan masalah diurutkan secara sistematis untuk mencapai tujuan penelitian dalam meningkatkan isolasi antenna MIMO dengan penambahan struktur EBG tipe *mushroom* untuk aplikasi 5G pada frekuensi 2,3 GHz. Secara jelasnya kerangka berpikir penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Kerangka berpikir.

1.8. Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini memiliki sistematika penulisan dengan total 6 bab, dimana setiap bab mempunyai isi. Penjabaran dari isi setiap bab pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan latar belakang, *state of the art*, rumusan masalah, tujuan, manfaat akademis dan praktis, batasan masalah, kerangka berpikir, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TEORI DASAR

Pada bab ini diuraikan teori-teori yang mendasari penelitian ini dari berbagai sumber terpercaya seperti buku, jurnal, artikel ilmiah, dan lain-lain serta memberikan gambaran tentang perangkat yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB 3 METODOLOGI

Pada bab ini dijelaskan diagram alir tahapan penelitian Tugas Akhir rancangan dan realisasi antenna MIMO dengan struktur EBG tipe *mushroom* untuk aplikasi 5G pada frekuensi 2,3 GHz.

BAB 4 PERANCANGAN DAN PABRIKASI

Bab ini memaparkan terkait perancangan antenna yang diawali dengan menentukan spesifikasi antenna yang dirancang, kemudian memaparkan proses-proses perancangan antenna dari mulai perhitungan, simulasi, optimasi hingga proses pabrikan sehingga didapatkan antenna MIMO dengan EBG tipe *mushroom* yang memiliki kinerja isolasi yang baik pada frekuensi 2,3 GHz.

BAB 5 PENGUJIAN DAN ANALISIS PEMBAHASAN

Bab ini memaparkan semua hal yang berkaitan dengan pengujian antenna pabrikan serta analisis parameter kinerja antenna dari hasil pengujian yang dilakukan.

BAB 6 PENUTUP

Bab ini memaparkan terkait kesimpulan dari seluruh hasil penelitian berdasarkan tujuan awal yang hendak dicapai dan berisikan saran terhadap penelitian-penelitian selanjutnya yang bisa dilakukan.