

ANTENA MIMO 2X2 MIKROSTRIP DUAL BAND PATCH REKTANGULAR BERCELAH UNTUK LTE 1.8 GHZ DAN 2.1 GHZ

SLOTTED RECTANGULAR PATCH DUAL BAND MICROSTRIP MIMO 2X2 ANTENNA FOR LTE 1.8 GHZ AND 2.1 GHZ

Aisyah Chindrakasih Ainur Rofiq¹, Heroe Wijanto², Bambang Setia Nugroho³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹aisyahcar@students.telkomuniversity.ac.id, ²heroewijanto@telkomuniversity.ac.id,

³bambangsetianugroho@teklomuniversity.ac.id

Abstrak

Long Term Evolution (LTE) merupakan evolusi lanjutan dalam standar jaringan bergerak yang ditentukan oleh *3rd Generation Partnership Project (3GPP)*. Teknologi LTE menawarkan performansi data rate yang lebih tinggi dari teknologi sebelumnya. Teknologi ini juga menggunakan konsep *Multiple Input Multiple Output (MIMO)* yang memungkinkan antenna mempunyai kapasitas dan kehandalan yang lebih baik. Antena *multi band* sekarang ini sudah banyak digunakan karena lebih praktis, sehingga dapat meminimalisasi *space* yang digunakan pada sebuah sistem.

Pada Tugas Akhir ini dirancang dan direalisasikan antenna mikrostrip MIMO 2x2 dengan *rectangular patch* yang dapat bekerja pada frekuensi 1,8 GHz dan 2,1 GHz *Long Term Evolution (LTE)*. Dalam pencantuannya digunakan pencatutan *microstrip line feed* dan untuk memperoleh dua frekuensi resonansi yang berbeda akan diberikan beban berupa *slot* pada *patch* antenna.

Hasil antenna MIMO 2x2 *dual band* setelah difabrikasi dan dilakukan pengukuran memiliki nilai $VSWR \leq 2$ dengan *bandwidth* ≥ 60 MHz, *gain* $\geq 2,82$ DBi dengan pola radiasi bidireksional dan polarisasi elips, serta memiliki nilai *mutual coupling* $\leq -26,33$ dB.

Kata Kunci : Antena Mikrostrip, Dual Band, LTE, MIMO, Rectangular Patch.

Abstract

Long Term Evolution (LTE) is an advanced evolution in mobile network standards determined by the *3rd Generation Partnership Project (3GPP)*. The LTE technology offers a higher data rate performance than the previous technologies. This technology also uses the concept of *Multiple Input Multiple Output (MIMO)* which allows the antenna to have a better capacity and reliability. The *Multi-band* antennas are widely used now because of their more practical function, therefore the space used in the system is minimized.

This Final Project is designed and realized the 2x2 MIMO microstrip antenna with a *rectangular patch* which is able to work on 1.8 GHz and 2.1 GHz *Long Term Evolution (LTE)* frequencies. In the inclusion, a *microstrip line feed* is used and in order to obtain two different resonant frequencies, a slot is applied to the antenna patch.

The results of the 2x2 MIMO antenna after being fabricated and measured have a *VSWR* value ≤ 2 in the bandwidth of ≥ 60 MHz, *gain* ≥ 2.82 DBi with a *bidirectional* radiation pattern along with the *elliptical* polarization, and a *mutual coupling* values of ≤ -26.33 dB.

Keywords : Microstrip Antenna, Dual Band, LTE, MIMO, Rectangular Patch.

1. Pendahuluan

Long Term Evolution (LTE) merupakan evolusi lanjutan dalam standar jaringan bergerak yang ditentukan oleh *3rd Generation Partnership Project (3GPP)*. Diluncurkan secara komersial pada akhir 2009. Namun di Indonesia sendiri LTE baru ada pada tahun 2014, itupun belum secara meluas. Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kominfo) sebagai regulator untuk menata industri telekomunikasi Indonesia menetapkan frekuensi yang bisa digunakan untuk LTE adalah pada frekuensi 1.8 GHz dan 2.1 GHz. Teknologi ini mampu memberikan layanan data rate sampai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink*. Pada sistem telekomunikasi *wireless* sering kali ditemui banyaknya gangguan dalam proses penransmisian sinyal, seperti adanya fenomena *multipath fading* yang menyebabkan sinyal yang diterima di sisi *user* menjadi lemah atau cacat.

Pada teknologi LTE, antenna dengan sistem MIMO sangat populer dan menjadi sebuah solusi akan fenomena tersebut. Sistem MIMO merupakan sistem antenna menggunakan lebih dari satu antenna baik untuk *transmitter* maupun *receiver*. Sistem MIMO menawarkan peningkatan kapasitas tanpa meningkatkan *bandwidth* dan daya secara keseluruhan, dapat meningkatkan data rate, dan mampu mengurangi kerugian akibat *multipath fading*.

Berdasarkan permasalahan diatas telah dilakukan penelitian tentang antenna mikrostrip MIMO yang pernah dilakukan di Universitas Telkom. Telah direalisasikan antenna mikrostrip MIMO 4x4 pada frekuensi 2,3 GHz

dengan pencapaian $gain \geq 3$ dBi dan $bandwidth$ mencapai ≥ 50 MHz, antenna ini dapat digunakan sebagai antenna *outdoor* BTS pada teknologi LTE[7]. Pada penelitian lain, telah direalisasikan antenna mikrostrip MIMO Bowtie 4x4 untuk aplikasi teknologi LTE pada frekuensi 1,88 GHz dengan $gain \geq 3$ dBi dan $bandwidth \geq 50$ MHz, antenna ini dapat digunakan sebagai antenna mini BTS[3]. Namun belum ada penelitian yang menerapkan jenis antenna dengan sistem MIMO dan bekerja untuk frekuensi *dual-band* untuk aplikasi LTE. Dalam penelitian ini, diusulkan sebuah antenna MIMO 2x2 yang dapat bekerja pada dua buah frekuensi yaitu 1,8 GHz dan 2,1 GHz untuk eNodeB *indoor* untuk LTE.

2. Dasar Teori dan Perancangan

2.1. Long Term Evolution (LTE)

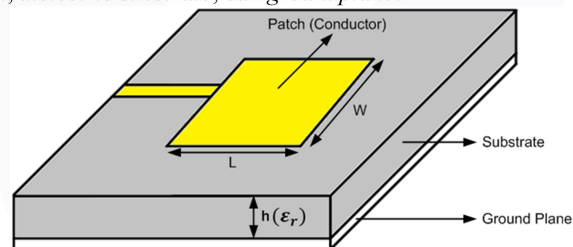
Teknologi *Long Term Evolution* (LTE) merupakan sebuah nama yang diberikan oleh badan standardisasi telekomunikasi bernama *3rd Generation Partnership Project* (3GPP). dan pertama kali dirilis pada Desember 2008 yang dikenal dengan nama *LTE Release 8*. 3GPP merupakan perjanjian kerja atau proyek dalam mengembangkan sistem komunikasi bergerak dalam rangka mengatasi kebutuhan telekomunikasi dimasa depan.

Pada LTE, kecepatan transfer data secara teori dapat mencapai 300 Mbps pada sisi *downlink* dan 75 Mbps pada sisi *uplink*. Variasi $bandwidth$ kanal yang dapat digunakan oleh teknologi LTE berkisar dari 1,4 MHz hingga 20 MHz. LTE menggunakan konsep *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) yang memungkinkan antenna untuk melewatkan data berukuran besar setelah sebelumnya dipecah dan dikirim secara terpisah. LTE memungkinkan para *user* maupun *subscribers* menikmati beragam media (multimedia), seperti musik, internet, film, sampai *game* dalam satu peralatan yang saling terhubung menjadi satu[9].

Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kominfo) sebagai regulator telah menetapkan alokasi frekuensi yang bisa digunakan untuk 4G LTE di Indonesia yaitu pada frekuensi 1.8 GHz dan 2.1 GHz[6]. Pemetaan pita frekuensi radio 1.8 GHz, dimana rentang frekuensi pertama untuk kanal *uplink* 1710 MHz – 1785 MHz dan frekuensi kedua untuk kanal *downlink* 1805 MHz – 1880 MHz[5]. Sedangkan untuk pemetaan frekuensi 4G-LTE pada frekuensi 2.1 GHz dibutuhkan lebar pita sebesar 60 MHz yang terbagi dalam 12 blok, dimana masing-masing blok memiliki 5 MHz. Untuk kanal *uplink* disediakan pada rentang frekuensi 1920 MHz – 1980 MHz dan untuk kanal *downlink* disediakan pada rentang frekuensi 2110 MHz – 2170 MHz[8].

2.2. Antena Mikrostrip

Antena merupakan suatu media yang menjadi struktur transmisi antar gelombang elektromagnetik dengan gelombang pada saluran transmisi. Salah satu jenis antenna adalah mikrostrip yang memiliki karakter fisik yang kecil yang berbentuk seperti papan tipis. Antena mikrostrip dibuat pada substrat yang terdiri dari tiga lapisan, yaitu lapisan *conducting patch*, *dielectric substrate*, dan *groundplane*.



Gambar 2.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip memiliki bentuk *patch* yang berbeda. Bentuk *patch* tersebut adalah persegi (*square*), persegi panjang (*rectangular*), lingkaran (*circular*), elips (*elliptical*), segitiga (*triangular*) atau konfigurasi lainnya.

2.3. Patch Rectangular

Patch rectangular atau persegi panjang merupakan patch yang paling banyak digunakan dalam mendesain antenna mikrostrip. Untuk menghitung dimensi antenna dibutuhkan parameter awal seperti frekuensi kerja, konstanta dielektrik, ketebalan konduktor. Untuk mencari nilai dari dimensi antenna dapat menggunakan persamaan sebagai berikut[1]:

Lebar *patch* (W) ditentukan dengan persamaan :

$$W = \frac{c}{2fr} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (2.1)$$

Panjang *patch* (L) ditentukan dengan persamaan :

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\left[1 + \frac{12h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \right) \tag{2.2}$$

$$\Delta L = 0,412h \left(\frac{\epsilon_{reff} + 0,3}{\epsilon_{reff} - 0,3} \right) \left(\frac{W/h + 0,264}{W/h + 0,8} \right) \tag{2.3}$$

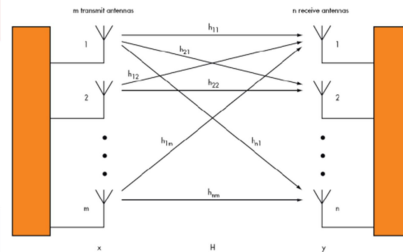
$$L = \frac{c}{2fr\sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta L \tag{2.4}$$

Untuk menentukan lebar (Wg) dan panjang (Lg) *ground plane* digunakan persamaan berikut[4]:

$$W_g = 6h + W \tag{2.5}$$

2.4. Antena MIMO

Penggunaan beberapa antena pada pemancar dan penerima dalam sistem *wireless* dikenal sebagai teknologi MIMO (*Multiple Input Multiple Output*). Dalam perkembangan antena MIMO sudah digunakan sebagai standarisasi komunikasi seluler seperti HSPA+ dan LTE. Sistem antena MIMO dibutuhkan untuk mengatasi atau mengurangi dampak *multipath fading* yang terjadi pada komunikasi *wireless* kecepatan tinggi. Penyebab utama dari *multipath fading* adalah mobilitas atau orientasi *user* dalam menggunakan telepon seluler selalu berubah yang mengakibatkan lintasan sinyal yang berbeda-beda dari base station ke telepon seluler. Akibat dari adanya *multipath fading* adalah sinyal yang diterima *user* mengalami pelemahan, cacat, atau terjadi interferensi[2].



Gambar 2.2 Sistem MIMO[2]

Parameter Antena MIMO:

- **Mutual Coupling**

Antena MIMO adalah antena berjumlah lebih dari satu elemen, disusun secara berdekatan pada jarak tertentu yang memungkinkan ada sebagian daya yang dipancarkan oleh antena satu ke antena lainnya. Daya yang dipancarkan dapat menyebabkan perubahan karakteristik dari antena dan dapat mempengaruhi performa dari sistem MIMO itu sendiri. Dalam Sistem MIMO, sinyal yang ditransmisikan oleh beberapa elemen antena seharusnya independen atau tidak berkorelasi.

Saat merancang antenna MIMO, nilai dari *mutual coupling* harus diminimalisir sekecil mungkin agar tidak mengganggu performasi antena. Cara paling sederhana untuk mengatasi *mutual coupling* adalah dengan mengatur jarak dan penempatan antena. Semakin jauh jarak antar antena, maka daya radiasi dari antena satu terhadap antena lainnya semakin kecil.

- **Koefisien Korelasi**

Koefisien korelasi menyatakan tingkat kesamaan antara sinyal yang diterima oleh masing-masing antena. Koefisien korelasi bernilai dari 0 hingga 1. Ketika nilai koefisien korelasi mendekati nol artinya sinyal yang diterima oleh masing-masing antena adalah tidak sama. Koefisien korelasi harus sekecil mungkin.

2.5. Proses Perencanaan

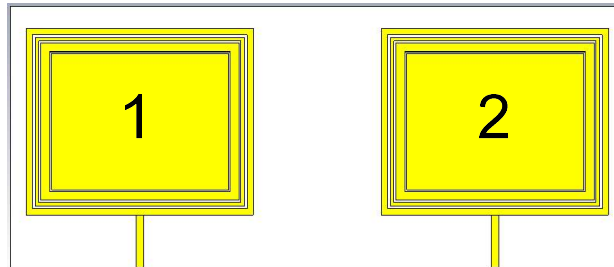
2.5.1. Penentuan Spesifikasi Antena

Perancangan antena MIMO 2x2 dual band ini dimulai dari penentuan spesifikasi yang diinginkan. Adapun spesifikasi pada perancangan antena ini adalah sebagai berikut :

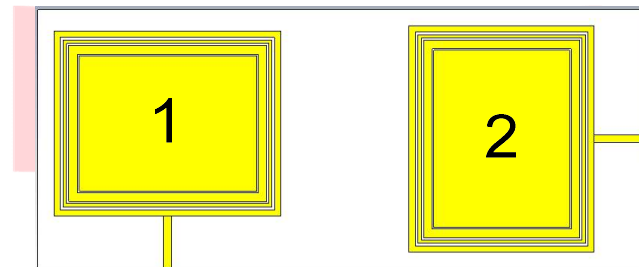
- Frekuensi kerja : 1,71 GHz – 1,88 GHz dan 1,92 GHz – 2,17 GHz
- Bandwidth : ≥ 60 MHz & 75 MHz
- VSWR : ≤ 2
- Pola Radiasi : Omnidireksional
- Polarisasi : Linier
- Gain : ≥ 2 dBi
- Mutual coupling : ≤ - 20dB

2.5.2. Hasil Simulasi Perancangan Antena

Pada perancangan antena MIMO 2x2 dual band jarak antar *patch* dan peletakan *port* yang dipilih perlu diperhatikan agar antena satu dengan yang lain tidak saling mempengaruhi dan bekerja secara independen, serta nilai *mutual coupling* yang didapatkan dapat sekecil mungkin. Konfigurasi peletakan *port* antena dibagi menjadi dua skenario yaitu skenario A dan skenario B



Gambar 2.3 Konfigurasi *port* skenario A



Gambar 2.4 Konfigurasi *port* skenario B

Tabel 2.1 Perbandingan frekuensi kerja skenario A dan skenario B

	Skenario A		Skenario B	
	Frekuensi Kerja (GHz)		Frekuensi Kerja (GHz)	
Band 1	1,668 – 1,980	1,668 – 1,980	1,667 – 1,979	1,672 – 1,982
Band 2	2,083 – 2,307	2,083 – 2,307	2,080 – 2,310	2,089 – 2,309

Tabel 2.2 Perbandingan nilai *mutual coupling* skenario A dan skenario B

Frekuensi (GHz)	Skenario A		Skenario B	
	S12 (dB)	S21 (dB)	S12 (dB)	S21 (dB)
1,71	-19,46	-19,46	-33,46	-33,40
1,785	-18,85	-18,85	-30,34	-30,68
1,805	-19,10	-19,10	-28,97	-29,29
1,88	-22,48	-22,48	-23,76	-23,88
1,92	-25,65	-25,65	-21,45	-21,55
1,98	-23,67	-23,67	-19,85	-19,79
2,11	-24,35	-24,35	-32,04	-31,94
2,17	-22,44	-22,44	-36,54	-35,61

Berdasarkan tabel 2.1 menunjukkan bahwa skenario B memiliki hasil *bandwidth* yang lebih lebar dibandingkan pada skenario A. Tabel 2.2 juga menunjukkan bahwa nilai *mutual coupling* pada skenario B lebih baik dari pada skenario A. Sehingga dipilih skenario B untuk konfigurasi *port* yang akan digunakan pada MIMO 2x2. Namun masih perlu dilakukan optimasi pada skenario B agar memiliki nilai *mutual coupling* yang lebih baik lagi karena masih ada nilai *mutual coupling* lebih dari -20 dB pada frekuensi 1,98 dan adanya pergeseran frekuensi pada skenario B. Hasil skenario B yang memiliki nilai *mutual coupling* yang lebih baik dikarenakan antar kedua elemen antena yang disusun saling orthogonal, yang menghasilkan polarisasi horizontal dan polarisasi vertikal sehingga kondisi polarisasinya saling menyilang, biasa disebut dengan cross polarisasi.

Setelah ditentukan konfigurasi peletakan *port*, tahap selanjutnya adalah melakukan optimasi dengan memperlebar jarak antara antena satu dan antena dua agar nilai *mutual coupling* lebih baik dan frekuensi kerja sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Jarak antar antena yang akan dibandingkan adalah sepanjang $\lambda/8$ dan $\lambda/7$.

Tabel 2.3 Nilai *mutual coupling* terhadap pengaruh perubahan jarak

Frekuensi (GHz)	$\lambda/4$		$\lambda/8$	
	S12 (dB)	S21 (dB)	S12 (dB)	S21 (dB)
1,71	-33,46	-33,40	-37,25	-37,40
1,785	-30,34	-30,68	-34,24	-34,53
1,805	-28,97	-29,29	-32,89	-33,13
1,88	-23,76	-23,88	-28,13	-28,32
1,92	-21,45	-21,55	-26,18	-26,22
1,98	-19,85	-19,79	-24,52	-24,49
2,11	-32,04	-31,94	-38,96	-38,58
2,17	-36,54	-35,61	-47,18	-44,69

Tabel 2.4 Frekuensi kerja terhadap pengaruh perubahan jarak

	$\lambda/4$		$\lambda/8$	
	Frekuensi Kerja (GHz)		Frekuensi Kerja (GHz)	
Band 1	1,667 – 1,979	1,672 – 1,982	1,664 – 1,980	1,665 – 1,980
Band 2	2,080 – 2,310	2,0893 – 2,309	2,085 – 2,296	2,085 – 2,297

Berdasarkan tabel 2.3 dan tabel 2.4 perubahan jarak antara antenna yang semakin jauh menghasilkan nilai *mutual coupling* yang lebih baik sehingga nilai tersebut memenuhi spesifikasi. Perubahan jarak antenna juga menghasilkan frekuensi kerja yang memenuhi spesifikasi. Maka jarak yang dipilih untuk fabrikasi antenna adalah $\lambda/8$.

2.5.3. Realisasi Antena

Antena yang telah dirancang dan disimulasikan menggunakan bantuan software kemudian direalisasikan. Pada gambar 3.27 menunjukkan antenna MIMO 2x2 dual band yang sudah direalisasikan.



Gambar 2.5 Realisasi antenna MIMO 2x2 *dual band*

3. Hasil Pengukuran dan Analisis Antena

Setelah melakukan realisasi antenna MIMO 2x2 *dual band* langkah selajutnya melakukan pengukuran antenna. Pengukuran dilakukan agar kita dapat mengetahui karakteristik antenna yang telah direalisasikan. Hasil pengukuran akan dibandingkan dengan spesifikasi yang telah ditentukan dan dari hasil simulasi yang telah dirancang. Pengukuran antenna MIMO 2x2 *dual band* meliputi pengukuran VSWR, *bandwidth*, *mutual coupling*, pola radiasi, polarisasi dan *gain* antenna.

3.1 Hasil Pengukuran VSWR, Mutual Coupling, dan Bandwidth

Pada tabel 3.1 menunjukan hasil pengukuran antenna 1 bekerja pada frekuensi 1,685 GHz – 1,756 GHz dan 1,910 GHz – 2,045 GHz untuk band pertama. Band kedua antenna bekerja pada frekuensi 2,101 GHz – 2,203 GHz. Pada antenna 1 band pertama terdapat frekuensi kerja yang hilang yaitu 1,757 GHz – 1,880 GHz.

Untuk antenna 2 bekerja pada frekuensi 1,680 GHz – 2,019 GHz untuk band pertama, untuk band kedua bekerja pada frekuensi 2,097 GHz – 2,332 GHz. Terjadi pergeseran frekuensi pada kedua band, namun masih memenuhi spesifikasi yang diinginkan. *Bandwidth* yang dicapai pada VSWR ≤ 2 sudah memenuhi syarat spesifikasi yang diinginkan pada kedua antenna.

Perbedaan hasil simulasi dan hasil pengukuran antenna cukup signifikan pada antenna satu. Ini bisa disebabkan oleh pabrikan antenna yang kurang presisi. Ketidaktepatan ini menyebabkan dimensi antenna saat simulasi dengan realisasi berbeda. Pemasangan konektor pada antenna yang kurang baik juga sangat mempengaruhi hasil dari pengukuran antenna setelah direalisasikan

Tabel 3.1 Perbandingan nilai VSWR saat simulasi dan pengukuran

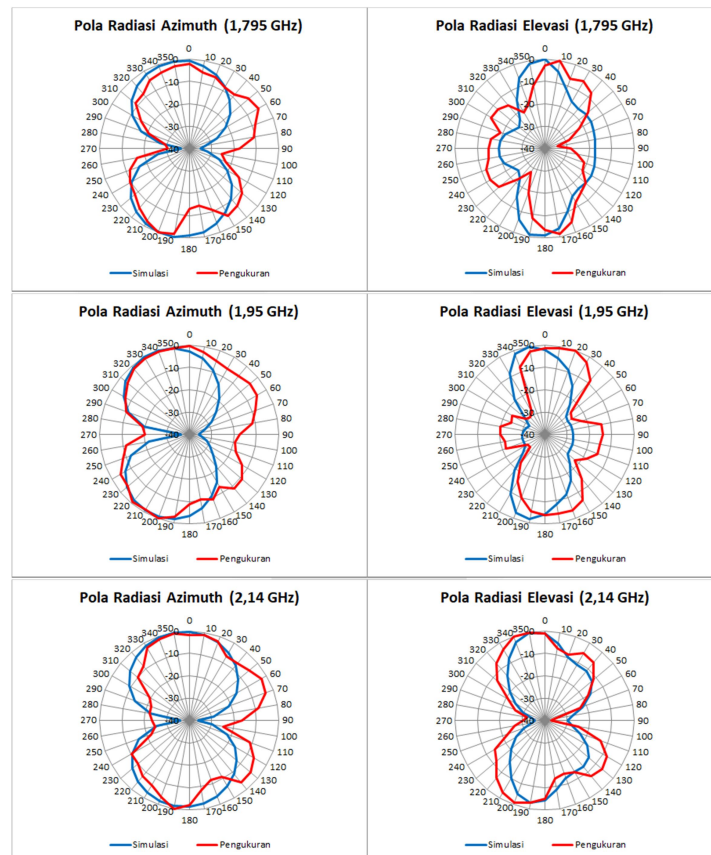
	Simulasi		Pengukuran	
	Frekuensi Kerja (GHz)		Frekuensi Kerja (GHz)	
Band 1	1,664 – 1,980	1,665 – 1,980	1,685 – 1,756 1,910 – 2,045	1,680 – 2,018
Band 2	2,085 – 2,296	2,085 – 2,297	2,101 – 2,203	2,097 – 2,323

Berdasarkan hasil pengukuran nilai *mutual coupling* yang didapatkan menunjukkan nilai yang hampir sama dengan hasil simulasi yang didapatkan yaitu sebesar $\leq -26,47\text{dB}$, sehingga nilai *mutual coupling* pada kedua antenna sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan.

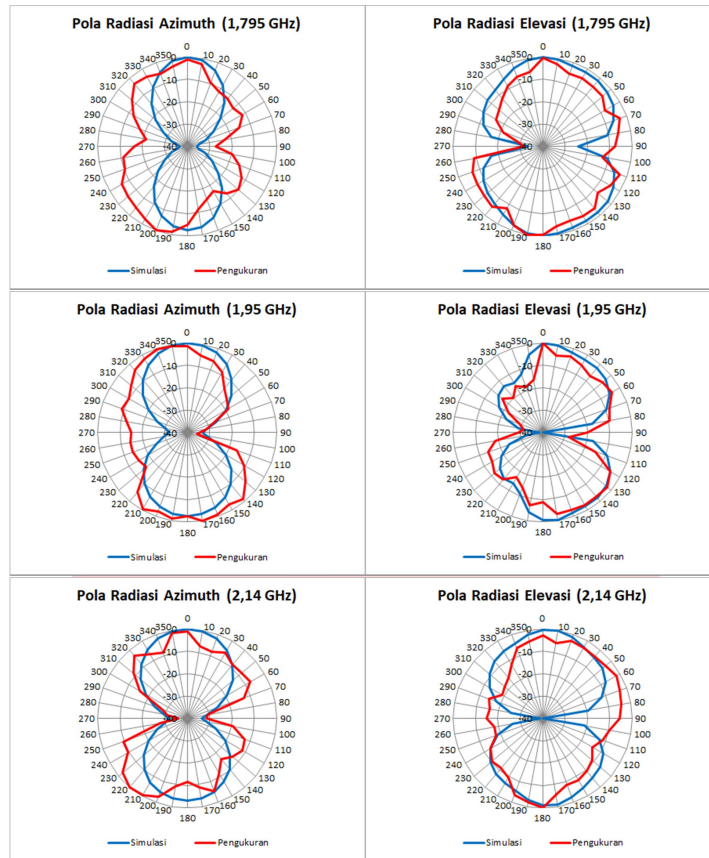
Tabel 3.2 Perbandingan nilai *mutual coupling* saat simulasi dan pengukuran

Frekuensi (GHz)	Simulasi		Pengukuran	
	S12 (dB)	S21 (dB)	S12 (dB)	S21 (dB)
1,71	-37,25	-37,40	-40,72	-40,58
1,785	-34,24	-34,53	-34,67	-34,47
1,805	-32,89	-33,13	-31,96	-32,25
1,88	-28,13	-28,32	-28,16	-28,39
1,92	-26,18	-26,22	-26,73	-26,67
1,98	-24,52	-24,49	-26,47	-26,33
2,11	-38,96	-38,58	-38,90	-32,74
2,17	-47,18	-44,69	-27,85	-27,80

3.2 Hasil Pengukuran Pola Radiasi



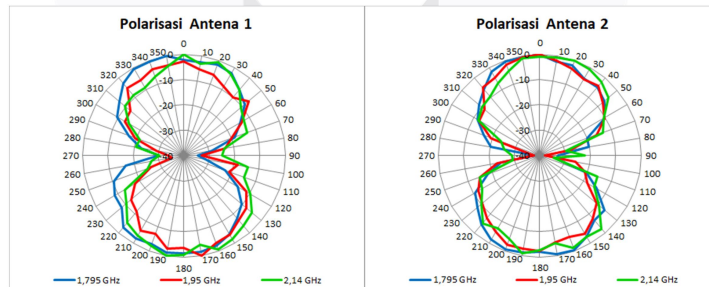
Gambar 3.1 Perbandingan pola radiasi saat simulasi dan pengukuran antenna 1



Gambar 3.2 Perbandingan pola radiasi saat simulasi dan pengukuran antenna 2

Berdasarkan pengukuran pola radiasi yang telah diperoleh, hasil menunjukkan bahwa kedua antenna mikrostrip dual band ini menghasilkan pola radiasi bidireksional. Perbedaan hasil bentuk pola radiasi pada saat pengukuran dipengaruhi oleh keadaan sekitar dilokasi pengukuran yang masih terdapat interferensi. Pengarahan sudut antenna dengan cara manual, sehingga memungkinkan terjadinya ketidak presisian sudut pengarahannya. Dan fluktuasi nilai spectrum analyzer yang memungkinkan kurang tepatnya pembacaan nilai daya terimanya.

3.3 Hasil Pengukuran Polarisasi



Gambar 3.3 Polarisasi antenna saat pengukuran

Gambar 3.3 merupakan hasil pengukuran polarisasi dari antenna MIMO 2x2 pada setiap frekuensinya. Pada tabel 3.3 menunjukkan hasil masing-masing nilai axial ratio pada setiap antenna dan frekuensinya. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada setiap antenna memiliki polarisasi elips.

Tabel 3.3 Hasil perhitungan *axial ratio*

Frekuensi (GHz)	Antena 1		Antena 2		Antena 1 AR	Antena 2 AR
	Pmax (dBm)	Pmin (dBm)	Pmax (dBm)	Pmin (dBm)		
1,795	-29,79	-48,73	-29,79	-48,73	8,85	8,85
1,95	-30,2	-49,11	-30,2	-49,11	8,82	8,82
2,14	-32,89	-47,32	-32,02	-47,32	5,26	5,82

3.4 Hasil Pengukuran Gain

Tabel 3.3 Perbandingan nilai gain saat simulasi dan pengukuran

Frekuensi (GHz)	Simulasi		Pengukuran	
	Antena 1 (dBi)	Antena 2 (dBi)	Antena 1 (dBi)	Antena 2 (dBi)
1,795	3,79	2,77	3,55	2,82
1,95	4,4	2,96	4,35	3,10
2,14	3,6	3,47	3,80	3,56

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan gain diatas, nilai dari gain setelah antenna direalisasikan lebih besar dibandingkan simulasi. Nilai gain ini sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan yaitu ≥ 2 dBi.

Tabel 3.4 Perbandingan antenna saat simulasi dan pengukuran

Parameter	Spesifikasi	Simulasi	Pengukuran
Frekuensi Kerja (GHz)	1,710 – 1,880 1,920 – 2,170	1,664 – 1,980 2,085 – 2,297	1,680 – 2,018 2,097 – 2,323
Bandwidth (MHz)	$\geq 60 \ \& \ 75$	$\geq 60 \ \& \ 75$	$\geq 60 \ \& \ 75$
VSWR	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Pola Radiasi	Omnidireksional	Bidireksional	Bidireksional
Polarisasi	Linier	Linier dan elips	Elips
Gain (dBi)	≥ 2	$\geq 2,77$	$\geq 2,82$
Mutual Coupling (dB)	≤ -20	$\leq -24,49$	$\leq -26,33$

4. Kesimpulan

Setelah melakukan realisasi antenna berdasarkan perancangan hasil perhitungan dan simulasi, kemudian dilakukan pengukuran antenna mikrostrip maka dapat disimpulkan :

1. Antena MIMO 2x2 dual band pada saat simulasi menghasilkan nilai VSWR ≤ 2 dengan bandwidth ≥ 60 MHz, gain $\geq 2,77$ dBi dengan pola radiasi bidireksional dan polarisasi linier dan elips, serta memiliki nilai mutual coupling $\leq -24,49$ dB. Bekerja pada frekuensi 1,664 – 1,980 GHz untuk band pertama, dan untuk band kedua bekerja pada frekuensi 2,085 – 2,297 GHz.
2. Antena MIMO 2x2 dual band yang telah direalisasikan memiliki nilai VSWR ≤ 2 dengan bandwidth ≥ 60 MHz, gain $\geq 2,82$ dBi dengan pola radiasi bidireksional dan polarisasi elips, serta memiliki nilai mutual coupling $\leq -26,33$ dB. Pada antenna 1 terdapat frekuensi kerja yang hilang yaitu 1,757 GHz – 1,88 GHz, sedangkan antenna 2 sudah memenuhi syarat spesifikasi yang diinginkan.
3. Dimensi dari feed atau pencatu antenna sangat berpengaruh besar terhadap nilai VSWR yang akan dihasilkan.
4. Penambahan slot pada patch antenna dapat menghasilkan frekuensi resonansi lebih dari satu.
5. Perubahan dimensi ground plane menjadi salah satu cara untuk memperlebar bandwidth antenna, dan berpengaruh terhadap dimensi substrat, sehingga dimensi substrat menjadi lebih besar. Juga mengakibat antenna mikrostrip ini bersifat monopole.

m

DAFTAR REFERENSI

- [1] Balanis, Constantine A, "Antena Theory Analisis and Desain 3rd edition", United Stated: Wiley InterScienc, 2005.
- [2] Ezio Biglieri, Robert Calderbank, Anthony Constantinides, Andrea Goldsmith, Arogyaswami Paulraj, and H.Vincent Poor, "MIMO Wireless Communications", Cambridge.
- [3] Jhon. Rafelly, "Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip MIMO Bowtie 4X4 pada Frekuensi 1,8 GHz untuk Aplikasi LTE," Tugas Akhir, Universitas Telkom, Bandung, 2016.
- [4] Lo, T., and S. W. Lee, "Antenna Handbook", New York: Van Nostrand Reinhold, 1988.
- [5] Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2015 tentang Penataan Pita Frekuensi Radio 1800 MHz untuk Keperluan Penyelenggaraan Jaringan Bergerak Seluler. Jakarta: Kominfo.
- [6] Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2015 tentang Persyaratan Teknis Alat dan/atau Perangkat Telekomunikasi Berbasis Standar Teknologi Long Term Evolution. Jakarta: Kominfo.
- [7] Pratama, Arif. "Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip MIMO 4X4 dengan Catuan EMC (Electromagneticallt Coupled) untuk Aplikasi LTE 2,3 GHz ," Tugas Akhir, Universitas Telkom, Bandung, 2015.
- [8] Siaran Pers no. 232/HM/KOMINFO/11/2017 tentang Dimulainya Penataan Ulang Pita Frekuensi Radio 2.1 GHz untuk Keperluan Penyelenggaraan Jaringan Bergerak Seluler. Jakarta: Kominfo.
- [9] ZTE, "TD-LTE Wave Sweeping Accross the Globe," ZTE Technologies, China, 2012.