

ANTENA MIKROSTRIP *SINGLE FEED DUAL BAND* FREKUENSI 15 GHz DAN 28 GHz POLARISASI SIRKULAR *PATCH PERSEGI* DENGAN SLOT SILANG PADA JARINGAN 5G

SINGLE FEED DUAL BAND FREQUENCY 15 GHz AND 28 GHz CIRCULARLY POLARIZED PATCH RECTANGULAR WITH CROSS-SLOT MICROSTRIP ANTENNA FOR NETWORK 5G

Gilang Dewangga¹, Levy Olivia Nur², Budi Syihabbudin³

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

¹gilangdewangga@telkomuniversity.ac.id, ²levyolivianur@telkomuniversity.ac.id,

³budisyihab@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dengan semakin meningkatnya permintaan *user* untuk kecepatan data yang lebih tinggi dalam sistem komunikasi nirkabel, Generasi ke-5 atau *fifth generation* adalah istilah yang digunakan sebagai fase berikutnya dari 4G yang melebihi standar 4G. Teknologi generasi ke-5 atau 5G direncanakan akan resmi menjadi standar sistem operasi seluler pada tahun 2020. sehingga pada saat ini masih banyak riset yang mempelajari dan mengembangkan 5G. Kandidat frekuensi yang akan digunakan pada 5G berada pada spektrum *millimeter wave*.

Penelitian ini merancang antena mikrostrip *single feed* dengan dua frekuensi kerja 15 GHz dan 28 GHz dengan polarisasi sirkular. Untuk perancangan ini, *patch* yang digunakan adalah bentuk *rectangular*, dengan *slot ring rectangular* dan *slot* silang. *Patch* antena diberi celah berbentuk silang untuk melebarkan *bandwidth* serta menurunkan nilai *axial ratio* dan diberi *slot ring rectangular* untuk menghasilkan *dual band*. Selain itu antena yang dirancang menggunakan teknik pencatuannya menggunakan *microstrip line*. bahan yang digunakan adalah RT Duroid 5880 yang memiliki nilai konstanta dielektrik 2,2 dan tebal 1,575 mm, sebagai substrat. Material konduktor menggunakan tembaga dengan ketebalan 0,035 mm.

Antena yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki dua frekuensi kerja yaitu 15 GHz dan 28 GHz, pada frekuensi 15 GHz antena memiliki *return loss* -4,6548 dB dan *gain* 8,39 dBi, pada frekuensi 28 GHz antena memiliki *return loss* -14,9209 dB pada pengukuran dBi. Pada frekuensi 15 GHz antena memiliki polarisasi sirkular dengan nilai *axial ratio* 4,15 dB.

Kata kunci: 5G, *millimeter wave*, antena mikrostrip, *single feed*, *dual band*, polarisasi sirkular, *slot* silang, *ring rectangular slot*.

Abstract

With the increasing demand of users for higher data rates in wireless communication systems, 5th or fifth generation is the term used as the next phase of 4G that exceeds the 4G standard. The 5th or 5G generation technology is planned to become the official cellular operating system standard in 2020. so that currently there is still a lot of research that studies and develops 5G. The frequency candidates to be used at 5G are in the millimeter wave spectrum.

This study designed a single feed microstrip antenna with two working frequencies of 15 GHz and 28 GHz with circular polarization. For this design, the patch used is a rectangular shape, with a rectangular and cross slot ring. The antenna patch is given a cross-shaped gap to widen the *bandwidth* and reduce the *axial ratio* and is given a rectangular ring slot to produce a *dual band*. In addition, the antenna is designed using the technique using a microstrip line. the material used is RT Duroid 5880 which has a dielectric constant of 2.2 and 1.575 mm thick, as a substrate. The conductor material uses copper with a thickness of 0.035 mm.

The antenna produced in this study has two working frequencies namely 15 GHz and 28 GHz, at 15 GHz frequency the antenna has a return loss of -4.6548 dB and a gain of 8.39 dBi, at a frequency of 28 GHz the antenna has a return loss of -14.9209 dB on dBi measurements. At a frequency of 15 GHz the antenna has a circular polarization with an axial ratio of 4.15 dB.

Keywords: 5G, millimeter wave, microstrip antenna, single feed, *dual band*, circular polarization, slot silang, *ring rectangular slot*.

1. Pendahuluan

Dengan semakin meningkatnya permintaan *user* untuk kecepatan data yang lebih tinggi dalam sistem komunikasi nirkabel, Generasi ke-5 atau *fifth generation* adalah istilah yang digunakan sebagai fase berikutnya dari 4G yang melebihi standar 4G. Teknologi generasi ke-5 atau 5G direncanakan akan resmi menjadi standar sistem operasi seluler pada tahun 2020 [1], sehingga pada saat ini masih banyak riset yang mempelajari dan mengembangkan 5G. Kandidat frekuensi yang akan digunakan pada 5G berada pada spektrum *mmWave* [2]. Pada tahun 2016, Korea Selatan, Amerika, dan Jepang setuju membentuk grup konsultatif untuk menetapkan pita 28 GHz sebagai standar untuk jaringan 5G. Tiga negara tersebut akan berkerjasama untuk membuat pita 28 GHz sebagai standar internasional. Pita 28 GHz dapat menggunakan frekuensi antara 26,5 GHz dan 29,5 GHz. Pita 28 GHz dipertimbangkan sebagai satu-satunya pita yang dapat mendistribusi *bandwidth* yang sangat lebar dengan *bandwidth* lebih dari 800 MHz untuk 2 sampai 3 provider sehingga mereka dapat menyediakan mobile network dengan kecepatan lebih dari 20 Gbps yang merupakan salah satu kondisi teknologi 5G [3], [4], [5]. Pada frekuensi kerja 15 GHz untuk teknologi 5G telah dilakukan sebuah penelitian oleh perusahaan telekomunikasi terkemuka di dunia yaitu Ericsson dan NTT Docomo [6], [7], [8], [9], [10]. Beberapa keunggulan dari frekuensi 15 GHz adalah redaman yang disebabkan hujan dan redaman udaranya cenderung lebih kecil dibandingkan dengan frekuensi yang lebih besar [6].

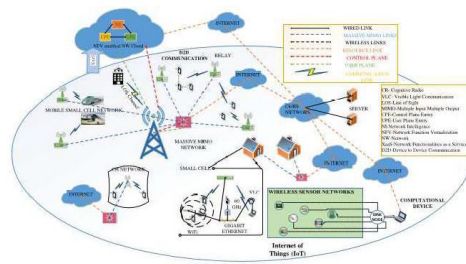
Antena mikrostrip merupakan antena dengan ukuran fisiknya tipis, biasa digunakan atau disematkan pada perangkat tertentu karena ukurannya kecil, tipis, ringan dan produksinya cukup mudah. Pada penelitian sebelumnya akses radio 5G menggunakan antena mikrostrip *single feed dual band circularly/ linearly polarization* dengan slot silang pada frekuensi 28 GHz dan 38 GHz [11], dengan *patch rectangular*, dan polarisasi *unidireksional*. Penelitian ini merancang antena mikrostrip dengan dua frekuensi kerja 15 GHz dan 28 GHz. Untuk perancangan ini, *patch* yang digunakan adalah bentuk *rectangular*. dengan *slot* berbentuk silang (*cross*) bertujuan untuk menganalisis performa parameter antena. *Patch* antena diberi *slot* berbentuk silang untuk memperlebar *bandwidth* dan diberi *slot* berbentuk *ring rectangular* yang memiliki celah menghasilkan *dual band* serta melakukan pergeseran posisi *feedline* untuk menurunkan nilai *axial ratio*. Selain itu antena yang dirancang menggunakan teknik pencatupannya menggunakan *microstrip line* dengan nilai impedansi (ZL) 50 Ohm untuk tercapainya *matching impedance*.

Dalam perancangan antena mikrostrip ini menggunakan bahan dielektrik PCB yang digunakan adalah RT Duroid 5880 yang memiliki nilai konstanta dielektrik 2,2 dan tebal 1,575 mm. Pemilihan bahan RT Duroid 5880 sebagai substrat karena cocok untuk frekuensi tinggi dan mengikuti penelitian sebelumnya. Material konduktor menggunakan tembaga dengan ketebalan 0,035 mm. Hasil realisasi Tugas Akhir ini dapat digunakan sebagai antena penerima. Antena yang dirancang memiliki target menggunakan dua frekuensi kerja dan memiliki polarisasi sirkular.

2. Dasar Teori

2.1 Radar(Radio Detecting and Ranging)

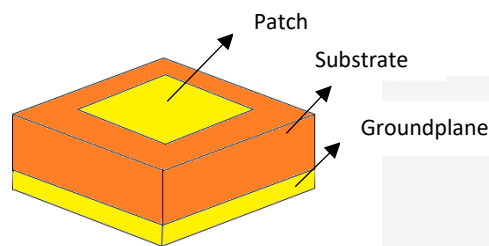
Penelitian mengenai sistem komunikasi seluler terus berkembang dengan berbagai kebutuhan. Salah satu penelitian tersebut membahas mengenai jaringan seluler 5G yang memiliki tujuan yakni lebih besar volume trafik, lebih rendah *latency*, banyak alat yang terkoneksi, dll. Realisasi pada sistem 5G adalah meningkatkan performa dengan melakukan evolusi dari teknologi sebelumnya dan mengembangkan konsep baru seperti *massive MIMO*, *millimeter Wave* (mm.Wave), *Device-to-Device* (D2D), *Machine-to-Machine* (M2M), dll [12]. Pertumbuhan perangkat yang terkoneksi menimbulkan tantangan untuk menambah kapasitas, efisiensi energi, mengurangi biaya dan penggunaan spektrum yang dapat memberikan skala penggunaan yang lebih baik pada teknologi sistem komunikasi bergerak 5G [12]. Penemuan teknologi ini agar dapat digunakan untuk beberapa aplikasi dan kebutuhan *user*. Hal tersebut meliputi *radio-links*, *multi-node and multi-antenna transmissions*, *network dimension*, dan *spectrum usage*. Arsitektur komunikasi 5G secara umum diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Prinsip Kerja Radar.

2.2 Antena Microstrip

Antena merupakan suatu alat transformator yang dapat merubah gelombang terbimbing menjadi gelombang tak terbimbing dengan kata lain antena mampu merubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik lalu meradiasikannya ke ruang bebas (*free space*) dan juga antena berfungsi sebaliknya dengan menerima gelombang elektromagnetik diruang bebas (*free space*) lalu merubahnya menjadi sinyal listrik [13]. Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki dimensi yang kecil dan tipis yang dapat bekerja pada frekuensi yang relatif tinggi [13]. Antena mikrostrip memiliki tiga lapisan penyusun yaitu *patch*, *substrate*, dan *groundplane*, susunan antena mikrostrip ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Struktur antena mikrostrip.

2.3 Antena Dual Band

Seiring perkembangan teknologi antena mikrostrip pula dikembangkan agar dapat digunakan pada dua frekuensi berbeda (*dual band*) atau banyak frekuensi (*multi band*). Dalam perancangannya dibutuhkan teknik tersendiri. Beberapa teknik yang dilakukan dengan menggabungkan dua macam patch menjadi satu disebut juga multi resonan atau dengan disusun bertingkat disebut juga *stacked*, dan bisa juga menambahkan slot atau irisan [15].

2.4 Antena Polarisasi Sirkular

Polarisasi sirkular terjadi ketika magnitude dari dua komponen amplitudo bernilai sama tetapi memiliki beda fasa sebesar 90° . Polarisasi sirkular juga direpresentasikan oleh suatu perbandingan yang disebut *axial ratio* (AR), dimana untuk berpolarisasi sirkular nilai *axial rationya* harus ≤ 3 dB. Berdasarkan sistem pencatunya, teknik untuk menghasilkan antena mikrostrip dengan polarisasi sirkular ada dua macam, yaitu dengan pencatuan jamak dan pencatuan tunggal. Pada pencatuan jamak dua pencatu, dapat dilakukan dengan dua pencatuan yang dipasang saling orthogonal dengan beda fasa sebesar 90° [16]. Namun cara tersebut cukup rumit karena dibutuhkan *power divider*.

Pada pencatuan tunggal dengan bentuk patch *dasar*, polarisasi yang dihasilkan adalah polarisasi linier. Untuk menghasilkan polarisasi sirkular, dapat dilakukan dengan memotong (*truncated edge*) pada geometri *patch*. Teknik lainnya yang digunakan dapat dengan penambahan *slot*, menyelipkan *slot*, dan menggeser posisi *feedline*. Penggunaan teknik pencatuan tunggal untuk menghasilkan antena berpolarisasi sirkular dinilai lebih sederhana karena tidak dibutuhkan pembagi daya dan memiliki sedikit parameter untuk membentuk polarisasi sirkular

3. Pembahasan

3.1. Spesifikasi Branch-Line Coupler

Spesifikasi merupakan langkah awal dalam perancangan antena yang akan dilakukan, antena yang akan direalisasikan diharapkan dapat digunakan sebagai antena penerima dalam sebuah

perangkat dalam komunikasi 5G yang akan datang. Spesifikasi antenna yang akan dirancang seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi *antena*.

Parameter	Nilai
Frekuensi kerja	15 GHz dan 28 GHz
Return Loss	≤ -10 dB
VSWR	≤ 2 dB
Polarisasi	Sirkular
Gain	≥ 6 dB
Pola Radiasi	Unidireksional
Impedansi (Z_0)	50Ω

3.2 Perancangan Antena Mikrostrip *Single Feed Dual Band* Polarisasi Sirkular

Untuk menentukan dimensi antenna dilakukan perhitungan terlebih dahulu untuk mendapatkan ukuran antenna yang akan dirancang. Perhitungan dimensi antenna bergantung pada frekuensi kerja yang digunakan serta pemilihan bahan dielektrik sebagai bahan *substrate* yang digunakan.

3.2.1 Perhitungan Dimensi Awal Antena

Untuk menentukan dimensi antenna dilakukan perhitungan terlebih dahulu untuk mendapatkan ukuran antenna yang akan dirancang. Perhitungan dimensi antenna bergantung pada frekuensi kerja yang digunakan serta pemilihan bahan dielektrik sebagai bahan *substrate* yang digunakan. Setelah mendapatkan ukuran hasil perhitungan selanjutnya akan dirancang lalu disimulasikan dalam HFSS Ansoft 15.0 untuk melihat hasil simulasi apakah dengan dimensi tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, jika belum sesuai dilakukan proses optimasi.

1. Dimensi Patch Antena

Untuk mendapatkan lebar *patch* (L_p) dilakukan perhitungannya menggunakan persamaan dan perhitungan sebagai berikut:

$$W_p = \frac{c}{2f \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}}$$

$$W_p = \frac{c}{2f \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 15 \times 10^9 \sqrt{\frac{2,2 + 1}{2}}} = 7,9 \text{ mm}$$

Untuk mendapatkan panjang *patch* (L_p) dilakukan perhitungannya menggunakan persamaan dan perhitungan sebagai berikut:

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

$$\epsilon_{reff} = \frac{2,2 + 1}{2} + \frac{2,2 - 1}{2} \left(\left[1 + \frac{12 \times 1,575}{7,905} \right]^{-\frac{1}{2}} \right) = 1,92$$

$$\Delta L = 0,412 \times h \times \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{W_p}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left(\frac{W_p}{h} + 0,8 \right)}$$

$$\Delta L = 0,412 \times 1,575 \times \frac{(1,925 + 0,3) \left(\frac{7,9}{1,575} + 0,264 \right)}{(1,925 - 0,258) \left(\frac{7,9}{1,575} + 0,8 \right)} = 0,78$$

$$L_p = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta L$$

$$L_p = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 15 \times 10^9 \sqrt{1,92}} - 2 \times 0,78 = 5,7 \text{ mm}$$

2. Dimensi Catuan Antena

Untuk mendapatkan lebar catuan antenna (W_f) dan panjang catuan antenna (L_f) digunakan persamaan sebagai berikut:

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right\}$$

$$W_f = \frac{2 \times 1,575}{\pi} \left\{ 7,984 - 1 - \ln(2 \times 7,984 - 1) + \frac{2,2 - 1}{2 \times 2,2} \left(\ln(7,984 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{2,2} \right) \right\}$$

$$W_f = 4,9 \text{ mm}$$

Dimana nilai B didapatkan dari persamaan berikut:

$$B = \frac{60 \pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{60 \pi^2}{50 \sqrt{2,2}} = 7,97$$

Dengan nilai $Z_0 = 50 \Omega$ dan $\epsilon_r = 2.2$, untuk mendapatkan panjang catuan antenna digunakan persamaan (2.7) - (2.8) berikut:

$$L_f = \frac{\lambda_g}{4} = \frac{14,415}{4} = 3,6 \text{ mm}$$

Dimana nilai λ_g didapatkan dari persamaan berikut:

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{3 \times 10^8}{15 \times 10^9 \sqrt{1,925}} = 14,415 \text{ mm}$$

3. Dimensi *Groundplane* dan *Substrate* Antena

Untuk mendapatkan lebar *groundplane* dan *substrate* antena (W_g) dan panjang *groundplane* dan *substrate* (L_g) digunakan persamaan sebagai berikut:

$$W_g = 6h + W_p = 6(1,575) + 7,9 = 17,4 \text{ mm}$$

$$L_g = 6h + L_p = 6(1,575) + 5,7 = 15,2 \text{ mm}$$

Karena *patch* yang akan digunakan berbentuk persegi maka nilai $W_p = L_p$ dan nilai $W_g = L_g$

3.2.2 Perancangan Antena *Dual Band*

Pada penelitian ini akan dirancangan antena *dual band*. Untuk mendapatkan *dual band* pada antena dilakukan dengan cara menambahkan *slot* pada *patch* antena. Bentuk *slot* yang ditambahkan berbentuk *ring rectangular slot* yang mengelilingi *patch* dan memiliki dua celah persegi panjang. Penambahan *ring rectangular slot* pada *patch* antena menghasilkan frekuensi resonansi. Perubahan dimensi *ring rectangular slot* mendekati ujung *patch* akan menghasilkan frekuensi resonansi yang banyak dengan jarak antar *band* frekuensi semakin jauh, semakin jauh posisi *slot* terhadap ujung *patch* akan memperdekat jarak antar *band* dan menghasilkan *band* frekuensi tertentu.

3.2.3 Penambahan Slot Silang

Dalam penelitian ini ditambahkan *slot* berbentuk silang pada tengah *patch*. Penambahan *slot* silang diharapkan mampu meningkatkan *bandwidth* pada kedua *band* frekuensi. Penambahan *slot* memberikan pengaruh *bandwidth* dan penurunan nilai *return loss* pada *band* frekuensi resonator dimana semakin panjang *slot* silang maka *bandwidth* yang dihasilkan semakin lebar

3.2.4 Perhitungan *Truncated Edge*

Pada penelitian ini *truncated* dilakukan pada ujung *patch* dan juga pada ujung *ring rectangular slot*, untuk menghitung nilai pertubasi *patch* dilakukan perhitungan dengan persamaan berikut:

Menghitung faktor kualitas tanpa beban dengan persamaan berikut:

$$Q_0 = \frac{c\sqrt{\epsilon_r}}{2 \cdot 4f_0h}$$

Untuk frekuensi 15 GHz didapatkan nilai $Q_0 = 2,354$

Untuk frekuensi 28 GHz didapatkan nilai $Q_0 = 1,261$

Dengan menghitung faktor kualitas tanpa beban pada persamaan sebelumnya maka nilai rasio *truncated* dapat dicari menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{\Delta s}{s} = \frac{1}{2Q_0}$$

Untuk frekuensi 15 GHz didapatkan nilai $\frac{\Delta s}{s} = 0,213$

Untuk frekuensi 28 GHz didapatkan nilai $\frac{\Delta s}{s} = 0,396$

menghitung panjang elemen *truncated* menggunakan persamaan berikut, dengan nilai rasio *truncated* sudah diketahui melalui persamaan sebelumnya:

$$x = L \sqrt{\frac{\Delta s}{s}}$$

Untuk frekuensi 15 GHz didapatkan nilai $x = 1,253$

Untuk frekuensi 28 GHz didapatkan nilai $x = 3,336$

setelah menghitung nilai x dapat menentukan panjang *truncated* (a) dengan persamaan berikut:

$$a = x\sqrt{2}$$

$$b = x\sqrt{2}$$

Untuk frekuensi 15 GHz didapatkan nilai $a = 3,4541$

Untuk frekuensi 28 GHz didapatkan nilai $b = 4,7191$

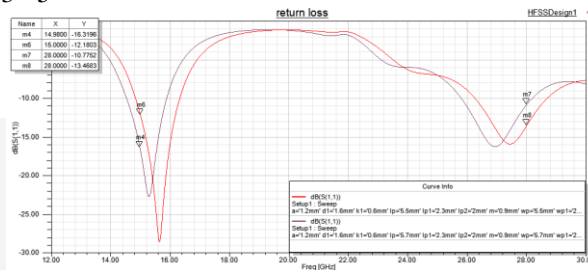
3.3 Hasil Akhir Perancangan

Dari hasil optimasi yang telah dilakukan, maka dihasilkan desain antena mikrostrip *single feed dual band* dengan polarisasi sirkular yang bekerja pada frekuensi 15 GHz dan 28 GHz dimensi elemen antena setelah optimasiseperti pada Tabel 2. Optimasi dilakukan pada *patch*, panjang *feedline*, lebar *feedline*, dimensi *ring rectangular slot*, dimensi *truncated edge*, dan *slot* silang.

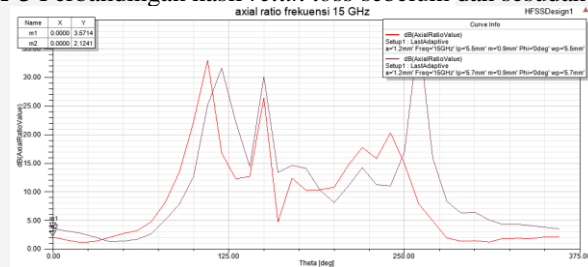
Tabel 2 Perbandingan Dimensi dengan Perhitungan dan Optimasi.

Parameter	Keterangan	Sebelum Optimasi	Dimensi Optimasi
Lg	Panjang <i>grounplame</i>	10 mm	10 mm
Wg	Lebar <i>grounplame</i>	10 mm	10 mm
Lp	Panjang <i>patch</i>	5,7 mm	5,5 mm
Wp	Lebar <i>patch</i>	5,7 mm	5,5 mm
Lf	Panjang catuan	1,2 mm	1,2 mm
Wf	Lebar catuan	2,5 mm	2,5 mm
Lp1	Panjang <i>ring rectangular slot</i>	2,3 mm	2,3 mm
k	Tebal <i>ring rectangular slot</i>	0,15 mm	0,15 mm
k1	Panjang celah	0,6 mm	0,6 mm
a	Panjang <i>truncated</i> pada <i>patch</i>	1,2 mm	1,6 mm
b	Panjang <i>truncated</i> pada <i>ring rectangular slot</i>	0,3 mm	0,2 mm
m	Pergeseran posisi catuan	0,9 mm	1,2 mm
d1	Panjang slot silang	1,6 mm	0,5 mm
d2	Lebar slot silang	0,2 mm	0,9 mm

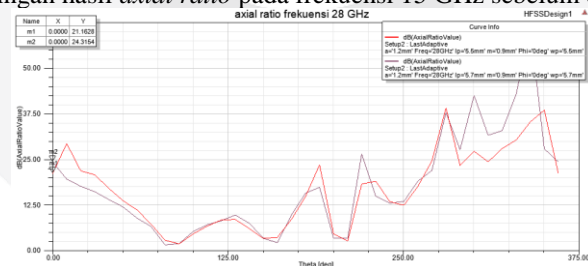
Perubahan dimensi tersebut akan mempengaruhi nilai *return loss* dan *axial ratio* pada kedua band frekuensi. Dengan menggunakan nilai hasil optimasi dari Tabel 3.5, didapatkan hasil simulasi seperti pada Gambar 3 - 5



Gambar 3 Perbandingan hasil *retun loss* sebelum dan sesudah optimasi.



Gambar 4 Perbandingan hasil *axial ratio* pada frekuensi 15 GHz sebelum dan sesudah optimasi.



Gambar 5 Perbandingan hasil *axial ratio* pada frekuensi 28 GHz sebelum dan sesudah optimasi.

4. Hasil Pengukuran

Setelah melakukan optimasi dengan menggunakan *software* Ansoft HFSS 14.0 hasil dari optimasi tersebut menunjukkan hasil spesifikasi yang sesuai dengan parameter yang diinginkan. Dari hasil optimasi tersebut, langkah selanjutnya adalah realisasi antenna dan dilanjutkan proses pengukuran dengan menggunakan *network analyzer*.

4.1 Analisis Hasil Simulasi

Analisis dari pengukuran menggunakan *network analyzer* menunjukkan bahwa realisasi antenna berbeda dengan proses simulasi. Hal ini dapat dilihat dalam tabel perbandingan. Berikut perbandingan tahap simulasi, tahap optimasi, dan hasil pengukuran realisasi antenna yang dirancang.

Tabel 3 Perbandingan hasil simulasi medan dekat sebelum optimasi dan setelah optimasi.

PARAMETER	Simulasi		Optimasi		realisasi	
	Band f1	Band f2	Band f1	Band f2	Band f1	Band f2
Frekuensi Tengah	15,2700 GHz	26,9500 GHz	15,6500 GHz	27,4300 GHz	15,7100 GHz	28,5500 GHz
Return Loss pada frekuensi tengah	-22,6614 dB	-16,2639 dB	-28,5120 dB	-15,9203 dB	-16,1456 dB	-18,7777dB
Return Loss pada frekuensi 15 GHz	-16,7253 dBm		-12,1803 dB		-4,6548 dB	
Return Loss pada frekuensi 28 GHz	-10,7752 dB		-13,4683 dB		-14,9209 dB	
Gain frekuensi 15 GHz	7,8447 dB		7,4741 dB		8,39 dBi	
Polarisasi frekuensi 15 GHz	3,5714 (elips)		2,1241 dB (sirkular)		4,15 dB (elips)	
Gain frekuensi 28 GHz	7,0104 dB		7,1789 dB		-	
Polarisasi frekuensi 28 GHz	24,3254 dB (elips)		21,1628 dB (elips)		-	

Berdasarkan tabel 3, antenna sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan pada simulasi dan hasil optimasi, namun pada pengukuran antenna tidak sesuai dengan spesifikasi pada frekuensi 15 GHz nilai return loss yang dihasilkan > -10 dB. dengan pengaruh *ring rectangular slot* yang diberi celah sehingga antenna menghasilkan frekuensi resonansi yang dapat bekerja pada dua frekuensi kerja yaitu pada frekuensi 15 GHz dan 28 GHz, penambahan slot silang yang mampu memberlebar *bandwidth*, truncated pada ujung patch mampu menurunkan nilai axial ratio dan menghasilkan nilai axial ratio ≤ 3 dB pada frekuensi 15 GHz sehingga pada frekuensi 15 GHz memiliki polarisasi sirkular namun pada frekuensi 28 GHz nilai axial ratio yang dihasilkan meningkat, lalu dilakukan truncated pada ujung ring rectangular slot yang akan menurunkan nilai axial ratio pada frekuensi 28 GHz namun penurunan nilai axial ratio maksimum pada nilai axial ratio 21,1628 dB sehingga pada frekuensi 28 GHz memiliki polarisasi elips. Pergeseran posisi feedline mampu memperkecil nilai axial ratio pada kedua band frekuensi namun hasil nilai axial ratio yang didapatkan masih belum memperkecil nilai axial ratio pada frekuensi 28 GHz menjadi ≤ 3 dB.

5. Kesimpulan

Berdasarkan proses perancangan, realisasi, dan pengambilan data antenna *single feed dual band* polarisasi sirkular. Maka didapatkan kesimpulan yaitu:

1. Pada perancangan desain antenna antenna *single feed dual band* polarisasi sirkular antenna sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dapat bekerja pada frekuensi kerja 15 GHz dan 28 GHz.
2. Antenna *single feed dual band* polarisasi sirkular sudah memenuhi spesifikasi pada polarisasi sirkular di frekuensi 15 GHz yaitu dengan nilai axial ratio 2,1241 dB.
3. Antenna *single feed dual band* polarisasi sirkular polarisasi di frekuensi 28 GHz memiliki polarisasi elips, dikarenakan hasil minimum yang didapatkan melalui metode *truncated pada ring rectangular slot*, didapatkan nilai axial ratio 21,1628 dB memiliki polarisasi elips.
4. Pada pengukuran antenna hasil yang didapatkan memiliki perbedaan dengan hasil simulasi antenna karena proses fabrikasi yang kurang maksimal, kondisi dan peralatan saat pengukuran yang kurang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA:

- [1] J. Zhang, W. Xie and a. F. Yang, "An Architecture for 5G Mobile Network on NFV and SDN," in *IC2MMN2015 Proceedings*, Beijing, 2015.
- [2] M. Patrick, "5G Radio Access Network Architecture: Desain Guidelines and Key Considerations," *Ericsson Research*, vol. I, no. 1, pp. 24-32, 2016.
- [3] P. Junho Lee, S. Yoon, K. Yeonwoo, Lee. Jaeyeong and H. Won Bin, "Hybrid Antenna Module Concept for 28 GHz 5G Beamsteering Cellular Device", in *IMWS-5G*, 2018.
- [4] A. Luca, O. Guilia, L. Luca "a28 GHz Scalable Beamforming System for 5G Automotive Connectivity: An Integrated Patch Antenna and Power Amplifier Solution", *IMWS-5G*, 2018.
- [5] H. Nazmul, S. Munkyo, "Compact Omnidirectional 28 GHz 2×2 MIMO Antenna Array for 5G Communication," in *ISAP*, 2018.
- [6] P. Okvist, H. Asplund, A. Simosson, B. Halvarson, J. Medbo and N. Seifi, "15 GHz propagation properties assessed with 5G access prototype," in *IEEE 26th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Communication (PIMRC)*, China, 2015.
- [7] D. Kurita, K. Tateishi and A. Harada, "indoor and outdoor experiment on 5G radio access using distributed MIMO and beamforming in 15 GHz frequency band," in *IEEE Globe workshop (GK Wkshps)*, Washington DC, 2017.
- [8] Sinaga. Kevin, Nur. Levy Olivia, Syihabuddin. Budi. 2016. "Perancangan Antena Array 1×2 Rectangular Patch dengan U-Slot Untuk Aplikasi 5G", Telkom University, Bandung.
- [9] Aji, Alvian Raharjo, Nur, Levy Olivia, Syihabuddin, Budi. 2018. "Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Array Berbentuk Patch Segienam Untuk MIMO 4×4 Pada Frekuensi 15 GHz"
- [10] K. Hiltunen, A. Simosson, P. Okvist and B. Halvarson, "5G trial system coverage evaluation utilizing multi-point transmission in 15 GHz frequency band," in *IEEE Network and Communication (EuCNC)*, Finland, 2017.
- [11] M. Tavasolian and N. N., "A Single Feed Dual Band Linearly/ Circularly Polarized Cross Slot Millimeter Wave Antenna for Future 5G Network," pp. 2467 - 2468, 2017.
- [12] O. Afif, M. Jose F, M. Patrick, "5G Mobile and Wireless Communications Technology", Cambridge University, 2016.
- [13] C. A. Balanis, *Antenna Theory*, New Jersey: Wiley, 2005.
- [14] J. D. Kraus, *Antennas*, New York: McGraw-Hill Companies, 2001.
- [15] S. Maci, and G. B. Gentili, "Dual-Frequency Patch Antennas," *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 39, pp.13-20, Desember , 1997.
- [16] M. Shakeeb, "Circularly Polarized Microstrip Antenna," Concordia University, Canada, 2010.