

EFEK SLOT PADA ANTENA MIKROSTRIP TRIANGULAR *DUAL BAND* DENGAN FREKUENSI ANTENA AWAL 2,4 GHZ

EFFECT OF SLOTS ON TRIANGULAR DUAL BAND MICROSTRIP ANTENNA WITH 2,4 GHZ INITIAL FREQUENCY ANTENNA

Rizki Al-Qanun Ariantono¹, Ir. Bambang Sumajudin, M.T.², Trasma Yunita, S.T., M.T.³

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

¹rizki.alqanun@student.telkomuniversity.ac.id, ²sumajudin@telkomuniversity.ac.id,

³trasmayunita@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antena yang cukup populer saat ini. Ini memiliki bentuk dan ukuran yang kecil dengan kemampuan meradiasi dan menerima sinyal yang baik. Dengan berkembangnya teknologi semikonduktor menyebabkan ukuran dari perangkat yang digunakan semakin mengecil. Oleh karena itu dibutuhkan suatu antena dengan bentuk fisik yang kompak, mudah dipabrikasi dan memiliki performa yang tinggi untuk diaplikasikan pada perangkat nirkabel yang ada, maka antena mikrostrip adalah salah satu solusi untuk digunakan pada permasalahan tersebut.

Pada simulasi ini menggunakan dua perangkat lunak. Merancang antena mikrostrip *patch* bentuk segitiga dengan pencatutan langsung ke *patch* yang dapat beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz. Kemudian akan ditambahkan *slot* pada bagian tengah *patch* tanpa mengubah ukuran *patch* antenanya. *Slot* ini dirancang dengan bentuk belah ketupat, lingkaran, segitiga, persegi dan segitiga terbalik dengan ukuran $10 \text{ mm}^2 - 100 \text{ mm}^2$ untuk setiap *slot*nya.

Hasil dari simulasi ini dapat mengetahui efek dari pemberian *slot* pada operasi kerja *dual band* di antena mikrostrip segitiga pada parameter frekuensi, *bandwidth* dan *gain*. Dari hasil percobaan, setelah ditambahkan *slot* mengakibatkan pergeseran nilai frekuensi resonansi menjadi semakin kecil, yakni dari 2,404 GHz – 2,367 GHz. Kemudian terjadi kenaikan nilai VSWR dari 1,67 hingga 3,123. Kemudian untuk frekuensi resonansi tinggi setelah ditambahkan *slot*, mengakibatkan pergeseran frekuensi semakin kecil, yakni dari 6,405 GHz hingga 5,972 GHz dan terjadi kenaikan nilai *bandwidth* hingga 182,4 MHz dan *gain* hingga 5,32 dB.

Kata kunci : antena mikrostrip, *slot*, *dual band*, frekuensi, *bandwidth*, *gain*

Abstract

Microstrip antenna is one type of antenna that is quite popular at this time. It has a small shape and size with the ability to radiate and receive good signals. With the development of semiconductor technology, the size of the devices used has become smaller. Therefore we need an antenna with a physical form that is compact, easily fabricated and has a high performance to be applied to existing wireless devices, the microstrip antenna is one solution to be used for these problems.

In this simulation using two software. Design a triangular patch microstrip antenna with direct feed to a patch that can operate at a frequency of 2.4 GHz. Then a slot will be added in the middle of the patch without changing the size of the patch antenna. This slot is designed with a rhombus shape, circle, triangle, square and inverted triangle with a size of $10 \text{ mm}^2 - 100 \text{ mm}^2$ for each slot.

The results of this simulation can find out the effect of giving slots on dual band working operations on a triangular microstrip antenna on frequency, bandwidth and gain parameters. From the experimental results, after adding a slot, it causes the shift in the value of the resonant frequency to be smaller, ie from 2.404 GHz to 2.367 GHz. Then there was an increase in the value of VSWR from 1.67 to 3.123. Then for high resonance frequencies after adding slots, resulting in smaller frequency shifts, from 6.405 GHz to 5.972 GHz and an increase in bandwidth values up to 182.4 MHz and gain up to 5.32 dB.

Keywords: microstrip antena, *slot*, *dual band*, frequency, *bandwidth*, *gain*

1. Pendahuluan

Pada antena mikrostrip, diketahui bahwa kemampuan beroperasi antena mikrostrip diatur oleh bentuk dan dimensinya. Antena mikrostrip merupakan salah satu antena yang populer saat ini. Sudah banyak antena mikrostrip yang dibuat dengan berbagai bentuk dan ukuran dengan hasil kerja antena yang berbeda-beda [1]. Salah satunya antena mikrostrip yang ditambahkan celah potong (*slot*) pada bagian *patch* peradiasi.

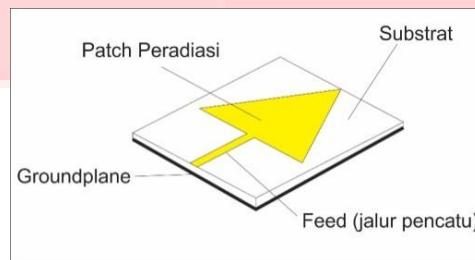
Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan penelitian tentang pengaruh *slot* pada antena mikrostrip *patch* segitiga. *Slot* ini akan ditambahkan di tengah *patch* segitiga nya. Bentuk segitiga dipilih karena masih jarang ditemukannya penelitian penambahan *slot* di tengah *patch* segitiga. *Slot* tersebut dibuat dengan berbagai bentuk dan ukuran tanpa merubah ukuran *patch* antena. Adapun frekuensi antena awal yang digunakan pada rancangan

ini adalah 2,4 GHz. Frekuensi 2,4 GHz dipilih karena merupakan frekuensi alokasi untuk Wi-Fi [3] yang saat ini sudah beredar di masyarakat.

2. Dasar Teori

2.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip pertama kali diperkenalkan pada tahun 1950, dan perkembangannya dilakukan secara serius pada tahun 1970. Melalui beberapa dekade penelitian, diketahui bahwa kemampuan beroperasi antena mikrostrip diatur oleh bentuknya. Antena mikrostrip merupakan salah satu antena yang paling populer saat ini. Hal ini disebabkan karena antena mikrostrip sangat cocok digunakan untuk perangkat telekomunikasi yang sekarang ini memperhatikan bentuk dan ukuran [5]. Contoh antena mikrostrip pada Gambar 1.



Gambar 1 Bagian Antena Mikrostrip

Antena Mikrostrip Antena mikrostrip mempunyai struktur yang terdiri dari 3 lapisan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4, yaitu ;

- Patch merupakan bagian yang terletak paling atas dari antena dan terbuat dari bahan konduktor ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara. Patch dapat berbentuk lingkaran, persegi panjang, dan segitiga [6].
- Substrat berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik dari sistem pencatutan. Karakteristik substrat sangat berpengaruh pada besar parameter parameter antena. Ketebalan substrat berpengaruh pada bandwidth dari antena [6].
- Groundplane yaitu lapisan paling bawah yang berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan [6].
- Feed merupakan saluran penghubung dari pencatu ke patch peradiasi.

2.4 Penentuan Dimensi Antena Mikrostrip Segitiga

Sebelum menentukan dimensi elemen peradiasi, maka terlebih dahulu harus ditentukan frekuensi resonansi (f_r) yang digunakan. dan nilai perambatan di ruang bebas (c) sebesar 3×10^8 m/s. Dengan menggunakan persamaan (2.9) [7] :

$$\lambda_o = \frac{c}{f_r} \quad (2.9)$$

Dengan λ_o merupakan Panjang Gelombang (mm), c merupakan Kecepatan cahaya (m/s), dan f_r merupakan Frekuensi (Hz).

Setelah nilai λ_o diperoleh, maka panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan persamaan (2.10):

$$\lambda_o = \frac{\lambda_d}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.10)$$

Dengan λ_o merupakan panjang gelombang (mm), ϵ_r merupakan konstanta relative, dan λ_d merupakan panjang gelombang saluran.

Untuk menentukan dimensi *patch* segitiga dapat digunakan persamaan (2.11) [7] dibawah ini :

$$f_r = \frac{2c}{3a\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.11)$$

Dengan f_r sebagai frekuensi resonansi (GHz), c sebagai kecepatan cahaya (3×10^8 m/det), a sebagai Panjang sisi segitiga, dan ϵ_r sebagai konstanta relatif.

Jadi panjang segitiga sama sisi diperoleh pada persamaan (2.12) [7] :

$$a = \frac{2c}{3f_r\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.12)$$

Segitiga dari hasil perhitungan harus dikurangi agar tercapai nilai efektif. Pengurangan nilai panjang sisi lebih dikarenakan adanya efek medan fringing (sisi tepi) antara peradiasi (*patch*) dengan *ground plane*, efek ini dapat dihitung terhadap *effective relative permittivity*. Sehingga untuk penentuan panjang sebenarnya digunakan nilai a_{eff} yang diformulasikan melalui persamaan (2.13) [7] :

$$a_{eff} = a + \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.13)$$

Dengan a sebagai panjang sisi efektif (mm), a sebagai Panjang sisi (mm), h sebagai ketebalan substrate (mm), dan ϵ_r Konstanta relatif.

Untuk menghitung dimensi saluran transmisi menggunakan persamaan (2.14) [7] :

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.14)$$

Dengan B merupakan besarnya impedansi pada saluran, ϵ_r merupakan konstanta *relative*, dan Z_0 sebagai Impedansi saluran pencatu.

Untuk menentukan lebar saluran menggunakan persamaan (2.15) [8] berikut :

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2.15)$$

Dengan W merupakan Lebar Saluran Pencatu, B sebagai Besarnya Impedansi Pada Saluran, dan ϵ_r sebagai Konstanta relatif .

Sedangkan untuk panjang dari saluran transmisi mikrostrip dihitung dengan menggunakan persamaan (2.16) :

$$L = \frac{1}{4} \lambda_d \quad (2.16)$$

Dengan L sebagai Panjang Saluran Pencatu, dan λ_d sebagai Panjang Gelombang Saluran.

Untuk menentukan groundplane, dapat menggunakan persamaan (2.17) dan (2.18) berikut :

$$Lg = 6h + R \quad (2.17)$$

Dengan Lg sebagai Panjang *Groundplane*, h sebagai Tebal Substrate, dan R sebagai Sisi *Patch*.

$$Wg = 6h + \pi 2^{-l} \quad (2.18)$$

Dengan Wg sebagai Lebar *Groundplane*, dan h sebagai Tebal Substrate.

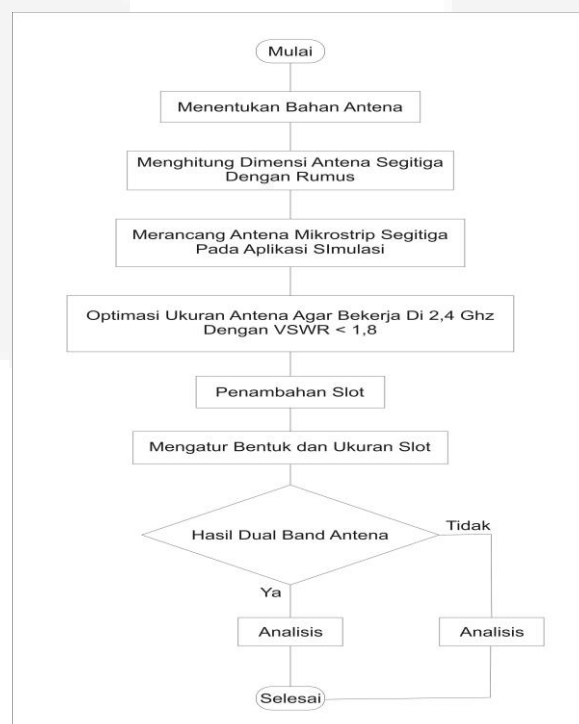
2.2 Antena Slot Mikrostrip

Bentuk celah (slot) pada antena mikrostrip merupakan bagian alternatif dari fungsi elemen peradiasi. Struktur antena mikrostrip terdiri dari dua elemen konduktor yang dicetak pada substrat. Elemen peradiasi dapat dieksitasi oleh saluran transmisi koaksial, saluran mikrostrip, atau kopling elektromagnetik. Pada antena mikrostrip celah (slot) meliputi suatu slot yang memotong pada bidang tanah dengan saluran mikrostrip, sehingga slot akan tegak lurus dengan konduktor pada saluran mikrostrip.

3. Perancangan

3.1 Desain Sistem

Diagram alir perancangan antena mikrostrip dengan penambahan slot dapat dilihat pada Gambar 2. Hingga pada pengukuran parameter antenna, perancangan dimulai dengan menentukan jenis bahan yang digunakan serta frekuensi kerja yang ingin dicapai. Kemudian melakukan simulasi dengan menambahkan berbagai slot pada antenna patch segitiga hasil dari optimasi.



Gambar 2 Diagram Blok

3.2 Penentuan Bahan Antena

Penentuan bahan pada antena cukup berpengaruh pada dimensi antena. Pada perancangan ini, menggunakan bahan dasar FR-4 dengan konstanta dielektrik sebesar 4,4 dengan tebal substrat 1,6 mm dan tebal bahan konduktor 0,035 mm.

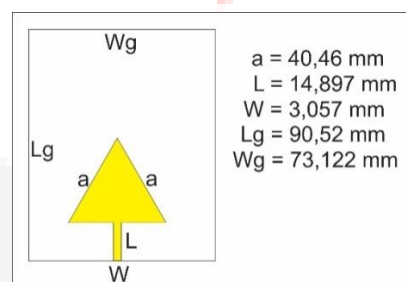
3.3 Penentuan Dimensi dan Bentuk Antena

Pada perancangan ini, akan merancang antena mikrostrip *patch* bentuk segitiga sama sisi. Dengan operasi kerja yang diinginkan seperti pada tabel 1.

Tabel 1 Parameter Antena Awal Yang Diinginkan

Parameter Antena	Nilai
Frekuensi	2,4 GHz
VSWR	< 1,8

Pada perancangan ini, akan membuat antena mikrostrip dengan patch berbentuk segitiga sama sisi yang beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz. Didapatkan ukuran antena dari hitungan rumus ditunjukkan gambar 3.



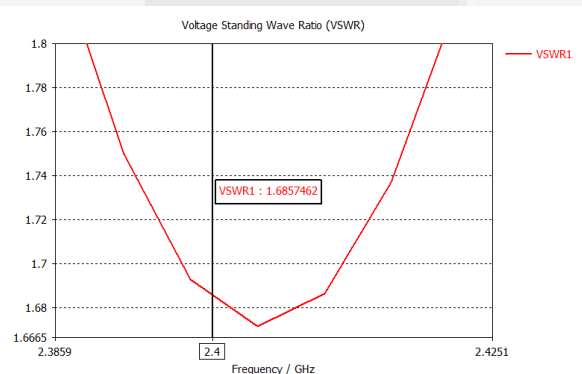
Gambar 3 Hasil Penghitungan Antena

3.4 Perancangan Antena Di Aplikasi Simulasi

Dilakukan perancangan antena di aplikasi simulasi CST Studio dengan ukuran antena dari ukuran yang sudah dihitung. Namun, hasil kerja antena belum sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Maka dilakukan optimasi yaitu mengubah ukuran antena sedemikian ukuran sehingga mendapat hasil operasi kerja yang diinginkan. Ukuran antena hasil optimasi ditunjukkan pada tabel 2, dan hasil operasi frekuensi di 2,4 GHz dengan VSWR 1,68 seperti pada gambar 4

Tabel 2 Ukuran Antena Hasil Optimasi

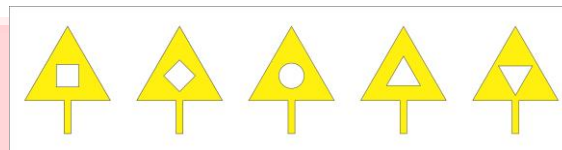
Bagian	Nilai Ukuran
Sisi Segitiga (a)	38,2 mm
Panjang Saluran (L)	14,8975 mm
Lebar Saluran (W)	3,057 mm
Panjang Ground (Lg)	90 mm
Lebar Ground (Wg)	73 mm



Gambar 4 Operasi Kerja Frekuensi Hasil Optimasi

3.5 Variabel Yang Dianalisis

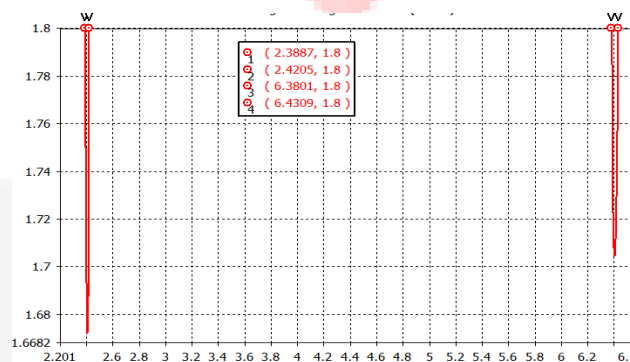
Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan slot pada antenna mikrostrip path segitiga. Variabel yang akan dianalisis yaitu parameter antenna di VSWR, bandwidth, dan gain. Pada perancangan penelitian ini menggunakan slot berbentuk persegi, segitiga, belah ketupat, lingkaran, dan segitiga terbalik seperti pada gambar 5. Lalu diteliti juga bagaimana pengaruh itu jika ukuran slot nya berbeda-beda.



Gambar 5 Bentuk Slot Yang Diuji

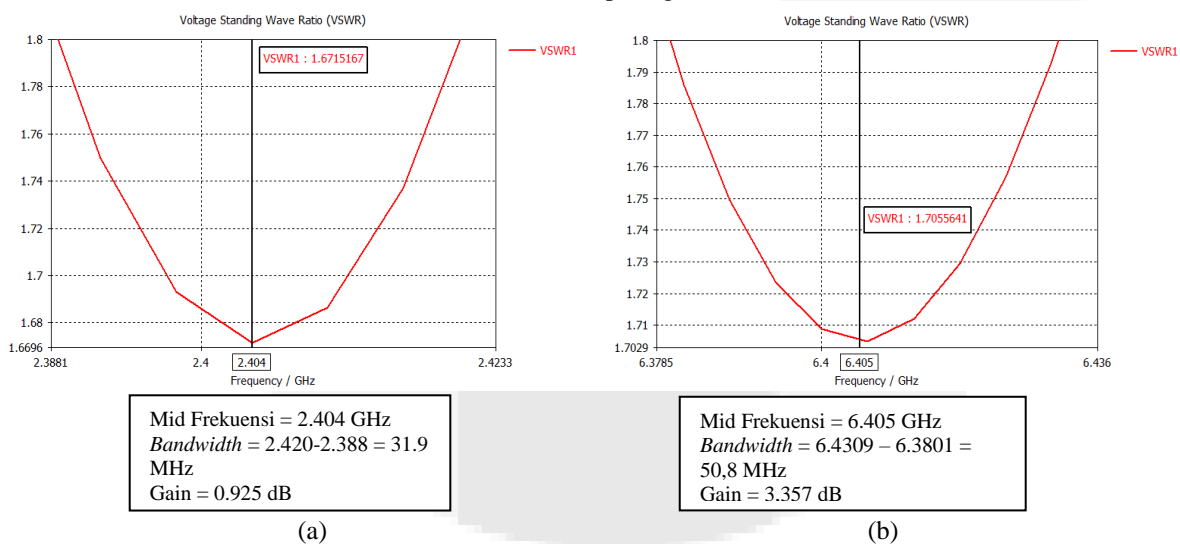
3.5 Analisis Antena Mikrostrip Patch Segitiga Tanpa Slot

Pada perancangan antenna mikrostrip *patch* segitiga pada frekuensi 2,4 GHz tanpa penambahan *slot* ternyata sudah menghasilkan *dual band* dengan frekuensi resonansi kedua di 6,405 GHz. Adapun hasil keluaran simulasi ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Frekuensi *Dual Band* Pada Antena Tanpa Slot

Dengan hasil keluaran pada kedua frekuensi ditampilkan pada gambar 7.



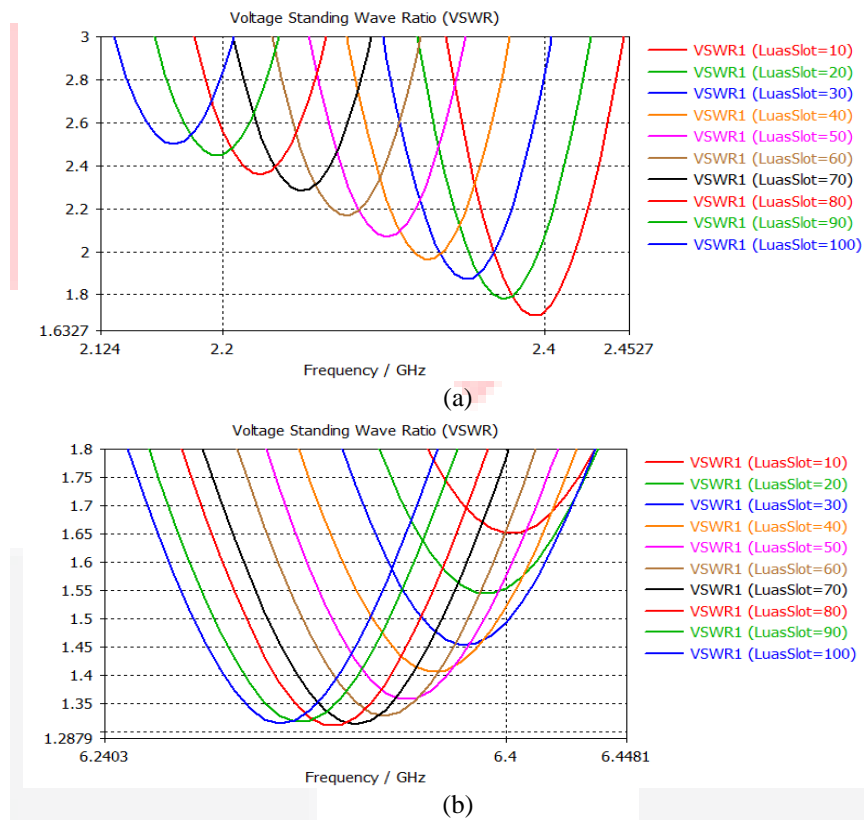
Gambar 7 (a) Frekuensi Rendah (b) Frekuensi Tinggi

3.6 Analisis Antena Mikrostrip Patch Segitiga Dengan Slot

Pada antenna *patch* segitiga dengan ukuran *slot* bervariasi mulai luas 10 mm² sampai 100 mm² dengan posisi *slot* tepat berada di tengah *patch* titik istimewa segitiga.

3.6.1 Slot Belah Ketupat

Dilakukan pengujian dengan memberi slot berbentuk belah ketupat, dengan ukuran mulai dari 10 mm²–100mm², berikut kurva hasil simulasi pada frekuensi resonansi pertama dan kedua ditunjukkan gambar 8 dan tabel 3



Gambar 8 (a) Kurva Efek Slot Belah Ketupat Di Frekuensi Resonansi Rendah (b) Kurva Efek Slot Belah Ketupat Di Frekuensi Resonansi Tinggi

Tabel 3 (a) Data Kurva Kurva Efek Slot Belah Ketupat Di Frekuensi Resonansi Rendah (b) Data Kurva Kurva Efek Slot Belah Ketupat Di Frekuensi Resonansi Tinggi

Belah Ketupat Di Frekuensi Resonansi Pertama					
Luas Slot (mm ²)	Frekuensi Tengah (GHz)	Bandwidth (MHz)	Gain (dB)	Frekuensi Terendah (GHz)	VSWR
Tanpa Slot	2.40455	31.9	0.925	2.404	1.671
10	2.39355	28.3	0.8165	2.392	1.7
20	2.3744	12.6	0.6601	2.374	1.78
30	x	X	x	2.35	1.87
40	x	X	x	2.326	1.96
50	x	X	x	2.302	2.06
60	x	X	x	2.278	2.16
70	x	X	x	2.248	2.28
80	x	X	x	2.224	2.35
90	x	X	x	2.194	2.44
100	x	X	x	2.17	2.5

(b)

Belah Ketupat Di Frekuensi Resonansi Kedua					
Luas Slot (mm ²)	Frekuensi Tengah (GHz)	Bandwidth (MHz)	Gain (dB)	Frekuensi Terendah (GHz)	VSWR
Tanpa Slot	6.40555	50.7	3.537	6.406	1.704
10	6.40225	66.3	3.652	6.4	1.65
20	6.39315	86.9	3.835	6.394	1.54
30	6.38515	100.7	3.985	6.382	1.45
40	6.37285	110.5	4.108	6.37	1.4
50	6.36275	115.9	4.217	6.358	1.35
60	6.3525	118.8	4.292	6.352	1.32
70	6.34025	121.9	4.372	6.34	1.312
80	6.3318	121.6	4.421	6.334	1.311
90	6.3193	122.6	4.451	6.316	1.317
100	6.31125	123.1	4.495	6.31	1.314

3.8 Analisis Kelima Percobaan

Setelah melakukan percobaan di kelima *sample*, terdapat perubahan pada nilai parameter antenna yang diakibatkan oleh pemberian *slot*. Salahsatunya pada bentuk *slot* belah ketupat, dimana semakin luas *slot* mengakibatkan pergeseran frekuensi resonansi ke nilai yang lebih kecil. Pergeseran nilai frekuensi dari antenna tanpa *slot* di 2,404 GHz, saat diberi *slot* frekuensi bergeser ke nilai 2,37 GHz. Pemberian *slot* ini juga mengakibatkan perubahan nilai VSWR menjadi semakin besar pada setiap resonansinya. Nilai VSWR tanpa pemberian *slot* di 2,404 GHz senilai 1,67, setelah di beri *slot* sampai dengan ukuran 100 mm², VSWR meningkat hingga nilai 2,5. Kemudian itu mengakibatkan nilai *bandwidth* semakin kecil dari nilai 31,9 MHz hingga nilai 12,6 MHz dan *gain* mengalami penurunan nilai dari 0,925 dB hingga 0,066 dB saat sudah diberi *slot*. Pada tabel 4 dan tabel 5 ditunjukkan untuk hasil perubahan nilai parameter untuk *slot* lainnya

Tabel 4 Perubahan Nilai Parameter Setelah Diberi *Slot* Di Frekuensi Resonansi Rendah

Bentuk Slot	Freq (GHz)	Bandwidth (MHz)	Gain (dB)	VSWR
Tanpa Slot	2,404	31,9	0,925	1,67
Belah Ketupat	2,39 → 2,37	20,3 → 12,6	0,816 → 0,660	1,70 → 2,5
Lingkaran	2,39 → 2,37	27,5 → 17,1	0,849 → 0,685	1,70 → 2,48
Segitiga	2,39 → 2,39	31,9 → 26	0,925 → 0,811	1,71 → 3,12
Persegi	2,39 → 2,372	17,7 → 9,9	0,811 → 0,648	1,76 → 2,53
Segitiga Terbalik	2,39 → 2,367	28,1 → 0,1	0,794 → 0,575	1,71 → 2,51

Tabel 5 Perubahan Nilai Parameter Setelah Diberi *Slot* Di Frekuensi Resonansi Tinggi

Bentuk Slot	Freq (GHz)	Bandwidth (MHz)	Gain (dB)	VSWR
Tanpa Slot	6,405	50,7	3,537	1,7
Belah Ketupat	6,402 → 6,311	66,3 → 123,1	3,652 → 4,495	1,31 → 1,65
Lingkaran	6,401 → 6,259	64,5 → 110,6	3,665 → 4,298	1,38 → 1,64
Segitiga	6,402 → 6,374	63,1 → 77,2	3,681 → 3,753	1,57 → 2,88
Persegi	6,401 → 6,131	75,5 → 105,5	3,657 → 4,229	1,40 → 1,66
Segitiga Terbalik	6,397 → 5,972	72,6 → 182,4	3,748 → 5,322	1,01 → 1,62

Pada tabel 3, dapat dilihat dari pemberian kelima *slot* dengan ukuran 10 mm²– 100 mm² di tengah *patch* segitiga mengakibatkan kenaikan nilai VSWR antara 1,7 – 3,123. Maka dari pemberian *slot* mengakibatkan *kemachingan* impedansi antara jalur pencatu dan *patch* peradiasi semakin buruk. Maka dari itu mengakibatkan spesifikasi antenna pada operasi frekuensi resonansi rendah menjadi buruk. Namun sebaliknya pada tabel 4, dapat dilihat dari pemberian *slot* mengakibatkan penurunan nilai VSWR antara 1,01-1,66. Maka dari pemberian *slot* mengakibatkan *kemachingan* impedansi jalur pencatu dan *patch* peradiasi semakin membaik. Kecuali pada *slot* segitiga, mengalami kenaikan nilai VSWR antara 1,57-2,88.

Dari paparan analisis percobaan kelima *slot* di atas, ternyata mengubah jumlah frekuensi resonansi antenna tersebut. Salah satunya antenna yang diberi *slot* belah ketupat, dimana terjadi operasi *dual band* hanya saat ukuran *slot* 10 mm² dan 20 mm² saja. Ditunjukkan di tabel 6 untuk bentuk *slot* lainnya.

Tabel 6 Perubahan Pada Karakteristik *Dual Band*

Bentuk <i>Slot</i>	Luas <i>Slot</i> (mm ²)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Belah Ketupat	Y	Y	N	N	N	N	N	N	N	N
Lingkar	Y	Y	N	N	N	N	N	N	N	N
Segitiga	Y	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Persegi	Y	Y	N	N	N	N	N	N	N	N
Segitiga Terbalik	Y	Y	N	N	N	N	N	N	N	N

Cat : Y = Terjadi Dual Band, N = Tidak Terjadi Dual Band

4. Kesimpulan

4.1 Kesimpulan

Dari analisis yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil kelima percobaan, ternyata pengaruh dari pemberian *slot* pada patch antenna mikrostrip segitiga adalah menggeser nilai frekuensi resonansi.
2. Dari hasil kelima percobaan, semakin luas potongan *slot* pada antenna mikrostrip segitiga, mengakibatkan nilai *VSWR* pada resonansi rendah meningkat. Antena sebelum diberi *slot* dengan nilai *VSWR* di 1,67, menjadi meningkat hingga 1,7 – 3,123. Maka dari pemberian *slot* mengakibatkan kemachingan impedansi jalur pencatu dan *patch* peradiasi semakin buruk, dan juga nilai *bandwidth* dan *gain* semakin kecil. Namun untuk frekuensi resonansi kedua terjadi perubahan nilai *VSWR* semakin kecil. Dari antenna sebelum diberi *slot* dengan nilai *VSWR* 1,7, menjadi menurun hingga 1,01 – 1,66 serta nilai *bandwidth* dan *gain*nya semakin besar. Kecuali, bentuk *slot* segitiga memiliki perubahan yang berbeda dimana nilai *VSWR* yang cenderung lebih tinggi antara 1,57- 2,88.
3. Pemberian kelima *sample slot* dengan ukuran 10 mm² – 100 mm², terjadi *dual band* hanya di ukuran 10 mm² – 20 mm² saja.
4. Dari hasil verifikasi menggunakan simulator HFSS, menghasilkan tren perubahan yang serupa dengan simulator CST. Maka perubahan dari penambahan *slot* yang disimulasikan di simulator CST dapat dikatakan benar.
5. Dari kelima perancangan antenna menggunakan *slot*, didapat potongan *slot* yang dapat beroperasi *dual band* dengan operasi kerja paling baik adalah *slot* segitiga terbalik. Pada frekuensi resonansi pertama dengan luas *slot* 10 mm² yang memiliki operasi *bandwidth* terbesar yaitu 28,8 MHz, dan pada frekuensi tinggi dengan luas *slot* 20 mm² memiliki operasi *bandwidth* 102.5 MHz.

Daftar Pustaka:

- [1] Darwanda, Afrit. 2017 “Studi Perancangan *Slot* untuk Mereduksi Ukuran Antena Mikrostrip *Patch* Segi Empat pada Frekuensi 924MHz”, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- [2] T. Yunita, K. Usman, and A. Kurniawan, “Experiment of slotted triangular triple-band antenna for WiMAX/WLAN application in Indonesia,” 2012 7th Int. Conf. Telecommun. Syst. Serv. Appl. TSSA 2012, no. October, pp. 300–305, 2012.
- [3] E. A. Sarfina and M. Irhamsyah, “Analisis Perancangan Antena Mikrostrip *Patch* Segitiga Array untuk Aplikasi WLAN 2,4 GHz,” vol. 2, no. 2, pp. 6–14, 2017.
- [4] Stallings, William.2007 “Komunikasi & Jaringan Nirkabel, Edisi Kedua, Jilid 1, terj. Sasongko”, Arya Dimas. Jakarta : Erlangga.
- [5] Pasaribu, Denny. 2013. “Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Patch* Segiempat Pada Frekuensi 2.4 GHz dengan Metode Pencatutan Inset”. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- [6] Balanis, C.A. 2005. “Antenna Theory Analysis and Design, third edition”. Wiley inc: New Jersey.
- [7] S. Alam, “Perancangan Antena Mikrostrip Triangular Untuk Aplikasi WiMax Pada Fekuensi 2.300 MHz & 3.300 MHz,” vol. 04, pp. 255–268, 2015.
- [8] C. Yuli, S.Imam, and D.C Rahmat, “Perancangan Antena Mikrostrip Array Pada Frekuensi 850 Mhz,” vol. 18, no. 2, pp. 87–95, 2016.
- [9] J. T. Elektro, U. Sultan, and A. Tirtayasa, “Perancangan Antena Mikrostrip Frekuensi 2,6 GHz untuk Aplikasi LTE (Long Term Evolution),” Setrum, vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2012.
- [10] Y. Rahayu, “Perancangan Antena Mikrostrip *Dual-Band Patch* Persegi Panjang Plannar Array 6 Elemen dengan Defected Ground Structure Berbentuk Segitiga untuk Jaringan Komunikasi Nirkabel 5G,” Jam FTEKNIK, 2017.
- [11] Stefanus, Arlendo . 2015 “Perancangan Antena Mikrostrip *Patch* Bujur Sangkar Dengan Frekuensi Kerja 2,6 GHz Untuk Aplikasi Ground Penetrating Radar”, Universitas Darma Persada. Jakarta.
- [12] Fauzi, Achmad . 2015 “Stefanus, Arlendo . 2015 “Perancangan Antena Mikrostrip *Patch* Bujur Sangkar Dengan Frekuensi Kerja 2,6 GHz Untuk Aplikasi Ground Penetrating Radar”, Universitas Indonesia. Depok.