

ANTENA MIKROSTRIP DUAL BAND MONOPOLE RECTANGULAR RING UNTUK APLIKASI WLAN DAN WiMAX

Lili Ruhyana

Fakultas Teknik Elektro

Unuversitas 17 Agustus 1945 Cirebon

E-mail: lieruhyana@untagcirebon.ac.id

ABSTRACT

Antenna is one of important thing in the networking telecommunication system without the cable, different of frequency range is need a tool of antenna which the different to that available with necessary of frequency is used. A problem has appear that needed a antenna dual band which can operate in the different of frequency range.

The research was made a design antene dual band microstrip monopole model with the rectangular ring shape in the patch part, adding the slot in square ring part and slot in the channel transmission, with the miniaturisasi antenna shape for the result of diffirent of frequency range which the diffirent between 3,4 GHz and 5,2 GHz so the antene could operated dual band and would been used for the network application WiMAX and WLAN. Design antenna was used material Roger Duroid 5880, substrate 36 mm x 26 mm, $\epsilon_r = 2,2$, $W_g = 26$ mm, $L_g = 11$ mm, $W = 22,5$ mm, $L = 19$ mm, width ring (a,b) = 3 mm, distance between side ring (c)=14 mm, distance between up and bottom ring (d)=16,5 mm, high channel transmision (Lf)=11,5 mm, width channel transmision (Wf)=3 mm, width slot channel transmision (sb)=1 mm, high slot channel transmision (sa)=8,5 mm, slot lenght $s_1 = 6$ mm, slot lenght $s_{1q} = 3$ mm, slot lenght $s_2 = 9,5$ mm, slot lenght $s_{2a} = 7,5$ mm. Programming and simulation was used HFSS 13.

The simulation used HFFS obtained antenna worked in the frequency was 3,4 GHz and 5,2 GHz, refelction factor was -32,97 dB and -18,12 dB, VSWR ≤ 2 , bandwidth 5,88% and 3,84%. Result of measuring with used the Vector Network Annalyzer (VNA) ZVL 13 showed antenna worked in the frequency was 3,1 GHz and 4,7 GHz, refelction factor was -32,94 dB and -18,22 dB, VSWR ≤ 2 , bandwidth 22,58% dan 8,51%.

Keywords : Dual Band, Slot, Rectangular Ring, Square Ring, Monopole

ABSTRAK

Antena merupakan bagian penting dalam sebuah sistim telekomunikasi jaringan tanpa kabel, rentang frekuensi yang berbeda-beda membutuhkan perangkat antena yang berbeda pula sesuai dengan kebutuhan frekuensi yang digunakan, sebuah permasalahan yang muncul dimana dibutuhkan sebuah antena dual band yang bisa beroperasi dalam rentang frekuensi yang berbeda.

Dalam penelitian ini dibuat sebuah desain antena mikrostrip dual band model monopole dengan bentuk cincin persegi pada bagian patch, penambahan slot pada bagian cincin persegi dan slot pada bagian saluran transmisi, dengan miniaturisasi bentuk antena untuk menghasilkan rentang frekuensi yang berbeda antara 3,4 GHz dan 5,2 GHz sehingga antena mampu beroperasi dual band dan antena memungkinkan untuk digunakan pada aplikasi jaringan WiMAX dan WLAN. Antena rancang dengan menggunakan bahan Roger Duroid 5880, substrate 36mm x 26mm, $\epsilon_r = 2,2$, $W_g = 26$ mm, $L_g = 11$ mm, $W = 22,5$ mm, $L = 19$ mm, lebar cincin (a,b)=3mm, jarak antar cincin samping (c)=14mm, jarak antara cincin atas dan bawah (d)=16,5mm, tinggi saluran transmisi (Lf)=11,5mm, lebar saluran transmisi (Wf)=3mm, lebar slot saluran transmisi (sb)=1mm, tinggi slot saluran transmisi (sa)=8,5mm, panjang slot $s_1 = 6$ mm, panjang slot $s_{1q} = 3$ mm, panjang slot $s_2 = 9,5$ mm, panjang slot $s_{2a} = 7,5$ mm. Perancangan dan simulasi dengan menggunakan HFSS 13.

Hasil simulasi menggunakan HFSS, antena bekerja pada frekuensi 3,4 GHz dan 5,2 GHz, faktor refleksi -32,97 dB dan -18,12 dB, VSWR ≤ 2 , bandwidth 5,88% dan 3,84%. Hasil pengukuran dengan menggunakan Vector Network Annalyzer (VNA) menunjukkan antena bekerja pada frekuensi 3,1 GHz dan 4,7 GHz, faktor refleksi -32,94 dB dan -18,22 dB, VSWR ≤ 2 , bandwidth 22,58% dan 8,51%.

Kata Kunci : Dual Band, Slot, Rectangular Ring, Square Ring, Monopole.

I. PENDAHULUAN

Antena adalah elemen penting yang ada pada setiap sistem telekomunikasi tanpa kabel (nirkabel/wireless). Perkembangan teknologi saat ini, antena diharapkan memiliki dimensi yang kecil dengan kinerja yang tinggi, dengan biaya yang murah dan mampu bekerja optimal sesuai dengan standarisasi frekuensi yang digunakan. Antena mikrostrip merupakan salah satu solusi untuk memenuhi perkembangan teknologi saat ini, karena antena mikrostrip memiliki beberapa keuntungan, diantaranya bentuk yang sederhana, ringan, mudah difabrikasi, dan biaya yang murah [5].

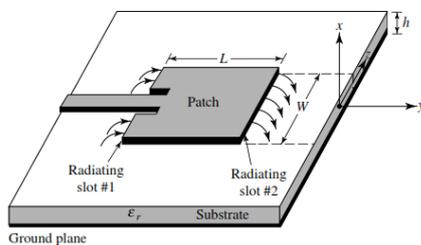
Antena mikrostrip dual band adalah antena mikrostrip yang mampu bekerja atau memiliki dua frekuensi kerja yang beroperasi pada frekuensi yang berbeda-beda. Rentang frekuensi yang berbeda-beda seperti rentang frekuensi Wireless Local Area Network (WLAN) untuk IEEE 802.11a yang beroperasi di 5.15–5.35 GHz dan 5,725-5,825 GHz, Worldwide Interoperability Microwave Access (WiMAX) yang beroperasi 3,3–3,7 GHz [9].

Pada penelitian ini telah dirancang antenna mikrostrip dual band monopole dengan membuang sebagian ground, membuat sebuah cincin persegi pada bagian patch, dengan penambahan slot pada bagian cincin persegi, serta penambahan slot dengan bentuk L pada bagian saluran transmisi (square ring). Pada simulasi antenna frekuensi kerja satu beroperasi pada frekuensi 3,4 GHz yang termasuk pada rentang frekuensi WiMAX[9], dan frekuensi kedua beroperasi pada frekuensi 5,2 GHz yang termasuk pada rentang frekuensi WLAN[9].

II. KAJIAN PUSTAKA

1. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan salah satu bentuk antenna yang dibuat dengan cara mencetak elemen peradiasinya pada suatu lempengan *substrate* seperti yang diperlihatkan pada Gambar.1.



Gambar1. Struktur Antena Mikrostrip

Elemen peradiasi (*patch*) terbuat dari metal dan memiliki ketebalan yang sangat tipis. Elemen ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang listrik dan magnet. Jenis logam yang biasanya digunakan adalah tembaga. Besar elemen *patch*, baik itu panjang, lebar, radius dan lainnya, dapat memengaruhi frekuensi kerja antenna. Berdasarkan bentuknya, *patch* memiliki jenis yang bermacam-macam diantaranya bujur sangkar (*square*), persegi panjang (*rectangular*), garis tipis (*dipole*), lingkaran, elips, segitiga, dll [20].

Hal yang harus dipertimbangkan dalam merancang patch yaitu pertimbangan memilih substrat. Elemen ini ada beberapa jenis yang dapat digolongkan berdasarkan nilai konstanta dielektrik dan ketebalannya. Dalam pemilihan jenis substrat sangat dibutuhkan pengenalan tentang spesifikasi umum dari substrat tersebut yaitu kualitasnya. Tabel 1 menunjukkan spesifikasi substrat yang digunakan.

Tabel 1. Spesifikasi Substrate

Parameter	Nilai
Jenis Substrat	Roger (RT/duroid 5880)
Konstanta dielektrik relative (ϵ_r)	2.2 ± 0.02
Tebal dielektrik / <i>substrate dielektrika</i>	1.58 mm
Rugi Tangensial ($\tan \delta$)	0.0009
Konduktivitas Termal	0.20

2. Parameter Antena Mikrostrip

Untuk menggambarkan unjuk kerja suatu antenna, sangat penting untuk memahami parameter-parameter antenna. Parameter-parameter antenna menurut IEEE *Standard Definition of Terms for Antennas* (IEEE Std 145-1983 yang penting untuk diketahui yaitu pola radiasi, lebar *beam*, keterarahan, penguatan, lebar pita, polarisasi, dan impedansi *input*). Parameter penting lain yang turut menentukan keberhasilan unjuk kerja antenna yaitu *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), dan koefisien refleksi (S_{11})[20].

a. Faktor Refleksi

Faktor refleksi adalah perbandingan antara amplitudo dan gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. Perbandingan antara gelombang yang dipantulkan dengan gelombang yang dikirimkan atau koefisien refleksi tegangan (Γ) dapat dicari dengan persamaan berikut ini [16]:

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_1 - Z_0}{Z_1 + Z_0}$$

Dimana :

Γ : Koefisiensi refleksi tegangan

V_0^- : tegangan dipantulkan (Volt)

V_0^+ : Tegangan yang dikirimkan (Volt)

Z_1 : Impedansi beban atau load (Ohm)

Z_0 : Impedansi saluran lossless (Ohm)

Nilai return loss dapat dicari dengan cara memasukan koefisien refleksi tegangan kedalam persamaan berikut [20] :

$$\text{Return loss} = 20 \log_{10} |\Gamma|$$

b. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (standing wave) maksimum ($|V|_{max}$) dengan minimum ($|V|_{min}$).

Rumus untuk mencari nilai VSWR atau S adalah [20]:

$$S = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

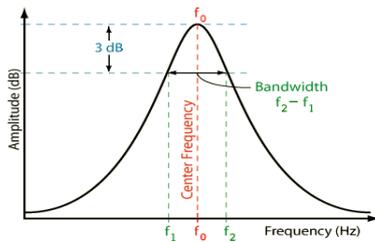
Dimana:

Γ : Koefisien refleksi tegangan

Kondisi yang paling baik untuk nilai VSWR adalah ketika nilai VSWR sama dengan 1 atau $S=1$, dan standar nilai VSWR yang diijinkan untuk simulasi dan fabrikasi antenna mikrostrip adalah VSWR lebih kecil atau sama dengan 2 [16]

c. Bandwidth

Bandwidth merupakan besar rentang frekuensi kerja dari suatu antenna. Nilai bandwidth dapat diketahui apabila nilai frekuensi bawah dan frekuensi atas dari suatu antenna sudah diketahui, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Grafik Bandwidth

Berikut adalah rumus yang dapat digunakan untuk mencari nilai bandwidth [16]:

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\%$$

Dimana :

f_2 : Frekuensi atas (Hz)

f_1 : Frekuensi bawah (Hz)

f_c : Frekuensi tengah (Hz)

d. Keterarahan (directivity)

Keterarahan (directivity) antenna adpat didefinisikan sebagai perbandingan intensitas radiasi sebuah antenna pada arah tertentu dengan intensitas radiasi rata-rata pada semua arah. Intensitas radiasi rata-rata sama dengan jumlah daya yang diradiasikan oleh antenna dibagi dengan 4π . Jika arah tidak ditentukan, arah intensitas radiasi maksimum merupakan arah yang dimaksud [16].

3. Teknik Menghasilkan Dual Band

Frekuensi ganda atau dual frequency atau sering disebut dengan dual band antenna mikrostrip merupakan suatu jenis antenna mikrostrip yang dapat bekerja pada dua buah frekuensi yang berbeda satu dengan yang lainnya tanpa memerlukan dua buah antenna yang berbeda secara fisik.

Terdapat tiga jenis teknik untuk mendapatkan antenna dengan dengan dua frekuensi resonansi yang berbeda yaitu, *Orthogonal mode dual-frequency patch antennas*, *Multi-patch dual-frequency antennas*, *Reactively-loaded dual-frequency patch antennas*[22].

4. Antena Mikrostrip Segi Empat

Antena mikrostrip dual band bentuk segiempat (*rectangular*) adalah bentuk antenna mikrostrip yang dikembangkan dengan teknik *Reactively-loaded dual-frequency patch antennas*, untuk menghasilkan dua buah rentang frekuensi yang berbeda dengan menambahkan beban slot pada bagian patch dan saluran transmisinya.

Saluran pencatu yang digunakan pada perancangan antenna mikrostrip patch segi empat diharapkan mendekati nilai impedansi masukan sebesar 50Ω .

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi antenna mikrostrip, terlebih dahulu menentukan panjang gelombang di ruang bebas (λ_0) dan panjang gelombang di dielektrik (λ_d) dengan menggunakan rumus [21]:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r}$$

Dalam menentukan panjang gelombang ruang bebas (λ_0) di pengaruhi oleh kecepatan cahaya (3×10^8 m/s) dan frekuensi kerja (fr) $\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}}$

Untuk menentukan panjang patch (L) terlebih dahulu menentukan konstanta dielektrik efektif ($\epsilon_{r,eff}$), yang dapat di cari dengan menggunakan rumus [21]:

$$\epsilon_{r,eff} = \frac{\epsilon_{r+1} + \epsilon_{r-1}}{2} + \frac{\epsilon_{r-1}}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1+12\frac{h}{W}}} \right)$$

- Menghitung Panjang patch (L)

$$\Delta L = hx0,412x \frac{(\epsilon_{eff} + 0,3)(\frac{W}{h} + 0,264)}{(\epsilon_{eff} + 0,3)(\frac{W}{h} + 0,8)}$$

$$L_{eff,p} = \frac{c}{2f_c\sqrt{\epsilon_{r,eff}}}$$

$$L = L_{eff} - 2\Delta L$$

- Menghitung Lebar Patch (W)

$$W = \frac{c}{2f_c\sqrt{\frac{\epsilon_{r,eff}+1}{2}}}$$

- Menghitung Ground Plane

Idealnya *groundplane* yang digunakan memiliki luas dan tebal yang tidak terhingga (*Infinite Ground Plane*), namun hal ini tidak mungkin direalisasikan sehingga harus disiasati dengan cara menciptakan kondisi *finite groundplane*. Dimensi minimal *groundplane* yang dibutuhkan untuk menciptakan kondisi ini dapat dihitung dengan rumus berikut [16]:

$$L_g = 6h + L$$

$$W_g = 6h + W$$

Dimana:

L_g : Panjang *groundplane*

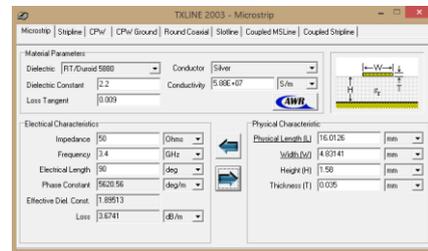
W_g : Lebar *groundplane*

h : Tinggi substrat

L : Panjang *patch*

W : Lebar *patch*

Untuk menghasilkan nilai impedansi tersebut dilakukan pengaturan panjang dan lebar saluran transmisi tersebut dengan menggunakan program TXLine 2003, seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Nilai Saluran Transmisi dengan TXLine2003

5. Penelitian Terkait



Gambar 4. Penelitian Terkait

Jurnal dengan judul “Dual Band Microstrip Antennas for 5G and Short Range Applications” (Regina Lionnie, Lili Ruhyana, Mudrik Alaydrus Tencon Malaysia 2017). Dalam penelitian ini, antena monopole dual-band dengan bentuk cincin persegi panjang dirancang. Antena dibuat dalam substrat dielektrik Rogers RT / duroid 5880. Sebuah studi parameter dilakukan dengan membuat variasi dan dimensi antena bentuk cincin dan perubahan dimensi ground dapat menghasilkan karakteristik single-band, dual-band atau wideband diperoleh. Khusus untuk dimensi dasar $D = 38$ mm, dua resonansi pada 3,19 GHz dan 4,63 GHz diperoleh, dengan bandwidth masing-masing 240 MHz dan 322 MHz. Pengukuran dengan VNA memberikan frekuensi resonan pada 3,17 GHz dan 4,67 GHz, dengan bandwidth 550 MHz dan 190 MHz, masing-masing. [1].

Jurnal dengan judul *Rectangular Ring Microstrip Patch Antenna for Ultra-wide Band Applications* (M. H. Diallo Yaccob, Achraf Jaoujal, Mohammed Younssi, Ahmed El Moussaoui, and Noura Akin, 2013). Dalam jurnal ini menjelaskan tentang sebuah metode baru untuk meningkatkan efektivitas radiasi dan kinerja antena dengan miniaturisasi ukuran antena yang terdiri dari sebuah patch dengan bentuk rectangular ring untuk UWB dari 2,5 GHz sampai dengan 9,4 GHz. Antena dirancang dengan menggunakan substrate FR4 dengan permittivity 4,4, thickness 1,5mm [2].

Jurnal dengan judul “Tunable and Dual Band Rectangular Slot Ring Antenna” (Ileana Carrasquillo-Rivera, Rafael A. Rodriguez Solis, Jose G. Colomustariz, IEEE 2004). Metode slot cincin persegi panjang telah digunakan untuk menghasilkan beberapa frekuensi pada antena mikrostrip, model ini banyak digunakan pada

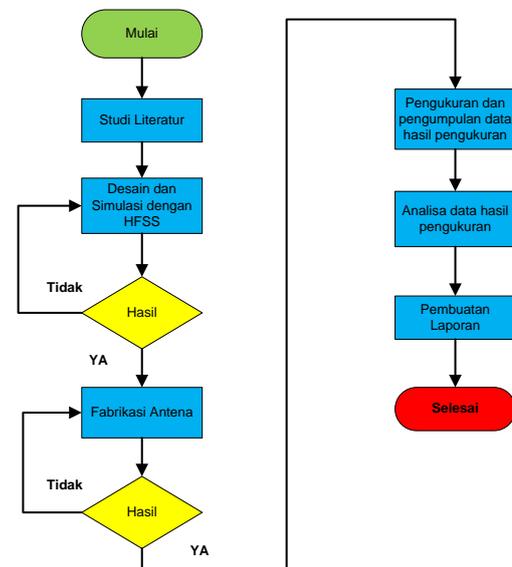
beberapa aplikasi seperti milimeter wive, pencitraan, pendaratan pesawat, dan kontrol otomotif [3].

Jurnal dengan judul “Printed Rectangular Patch Antenna for Wireless Application at UWB”, (M. Pallavi, A. Sudhakar. IJREEIE 2015). Sebuah desain antena planar monopole dengan patch berbentuk cincin persegi panjang dengan impedansi masukan 50 ohm yang memiliki kelebihan dengan bentuk yang kecil serta memiliki frekuensi kerja dual band dengan faktor refleksi dibawah -10dB. Antena dirancang dengan substract FR4 dengan permittivity 4,3, thickness 1.5 mm, frekuensi kerja 3.13 GHz dan 7.66 GHz, VSWR ≤ 2 [4].

Jurnal ini dengan judul “Antena Mikrostrip Dual Band Monopole Untuk Aplikasi WLAN dan WiMAX” (Lili Ruhyana). Dalam penelitian ini dibahas tentang antena mikrostrip untuk aplikasi WILAN dan WiMAX pada frekuensi 3,4 GHz dan 5,2 GHz. Antena rancang dengan menggunakan bahan Roger Duroid 5880, substrate 36mm x 26mm, $\epsilon_r = 2,2$, $W_g = 26$ mm, $L_g = 11$ mm, $W = 22,5$ mm, $L = 19$ mm, lebar cincin (a,b)=3mm, jarak antar cincin samping (c)=14mm, jarak antara cincin atas dan bawah (d)=16,5mm, tinggi saluran transmisi (Lf)=11,5mm, lebar saluran transmisi (Wf)=3mm, lebar slot saluran transmisi (sb)=1mm, tinggi slot saluran transmisi (sa)=8,5mm, panjang slot $s_1 = 6$ mm, panjang slot $s_1q = 3$ mm, panjang slot $s_2 = 9,5$ mm, panjang slot $s_2a = 7,5$ mm. Perancangan dan simulasi dengan menggunakan HFSS 13.

III. PERANCANGAN ANTENA

Perancangan antena mikrostrip dual band monopole ini melalui beberapa tahapan seperti terlihat pada gambar 5.



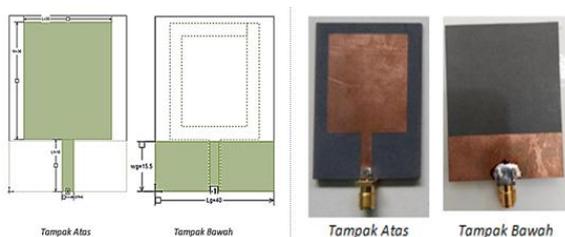
Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

Perancangan antenna mikrostrip dual band monopole ini dilakukan dengan melakukan modifikasi bentuk dan dimensi antenna dengan penambahan beban slot pada bagian patch dan saluran transmisi untuk menghasilkan antenna mikrostrip dual band dengan dimensi yang lebih kecil dari hasil perhitungan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Desain Antena 1

Pada perancangan ini diawali dengan menentukan frekuensi kerja antenna yang diinginkan yaitu 3,4 GHz, dimensi patch antenna, dan saluran pencatu. Dari hasil perhitungan awal diperoleh $W=36\text{mm}$, $L=30\text{ mm}$, $W_g=45\text{mm}$, $L_g=40\text{mm}$, $l_f=16\text{mm}$, $w_f=4\text{mm}$.



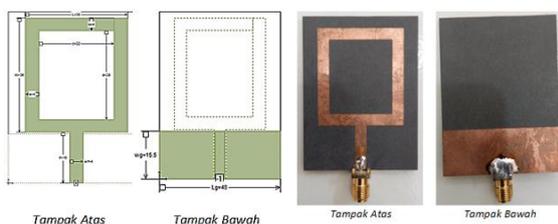
Gambar 6. Desain antenna 1

Hasil simulasi menunjukkan bahwa antenna memiliki frekuensi kerja satu (f_1) 2,4 GHz dengan faktor refleksi sebesar -14,19 dB, lebar bandwidth 16,66%, frekuensi kerja dua (f_2) 5,9 GHz dengan faktor refleksi sebesar -14,6 dB, lebar bandwidth 23,72%.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa antenna memiliki frekuensi kerja satu (f_1) 2,6 GHz dengan faktor refleksi sebesar -13,38 dB, lebar bandwidth 15,38%, frekuensi kerja dua (f_2) 5,7 GHz dengan faktor refleksi sebesar -12,65 dB, lebar bandwidth 14,03%.

b. Desain Antena 2

Desain antenna kedua adalah merupakan perubahan desain antenna dari antenna satu, dimana perubahan dilakukan pada bagian patch sehingga membentuk sebuah cincin segi empat dengan ukuran $L=30\text{mm}$, $W=36\text{mm}$, $l_f=16\text{mm}$, $w_f=4\text{mm}$, $W_g=40\text{mm}$, $L_g=15,5\text{mm}$, lebar cincin samping (a) = 4mm, lebar cincin atas (b) = 4mm, jarak cincin samping (c) = 22mm, jarak cincin atas dan bawah (d) = 28mm, seperti terlihat pada gambar 7.

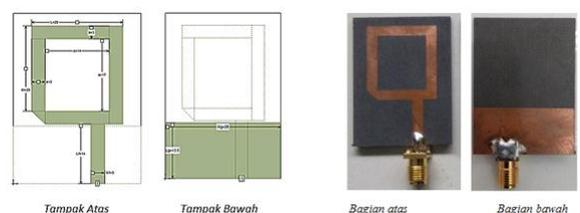


Gambar 7. Desain Antena 2

Hasil simulasi pada perangkat lunak HFSS, frekuensi kerja yang diperoleh adalah single band pada frekuensi kerja 5,3 GHz, faktor refleksi -42,12 dB, VSWR = 1, lebar bandwidth yang dihasilkan sebesar 11,32%. Dengan dimensi dan bentuk yang sama dilakukan fabrikasi dan dilakukan pengukuran dengan menggunakan Vector Network Analyzer (VNA) ZVL 13, hasil yang diperoleh adalah hampir sama dengan data hasil simulasi, yaitu antenna bekerja pada frekuensi 5,6 GHz, faktor refleksi -62,39, lebar bandwidth sebesar 19,64 seperti terlihat pada gambar 4.5 dan tabel 4.2. Dari hasil simulasi dan pengukuran terdapat selisih perbedaan data terutama pada pergeseran frekuensi kerja 5,3 GHz pada simulasi menjadi 5,6 GHz pada hasil pengukuran dan bandwidth yang dihasilkan lebih besar dari hasil simulasi.

c. Desain Antena 3

Antena tiga merupakan antenna hasil perubahan dimensi antenna dan mengubah model antenna dengan membuang sebagian sudut patch pada bagian bawah serta menggeser saluran transmisi sehingga tidak berada pada posisi tengah seperti posisi saluran transmisi pada antenna satu dan dua seperti terlihat pada gambar 8. Pergeseran saluran transmisi bertujuan untuk menggeser frekuensi kerja serta memotong sebagian sudut patch diharapkan bisa menghasilkan frekuensi kerja ganda/dual band. Antena tiga memiliki ukuran 28mm x 40mm, panjang patch (L) =20mm, lebar patch (W) =23mm, panjang saluran transmisi (l_f) = 14mm, lebar saluran transmisi (w_f) = 3mm, lebar cincin patch (a,b) = 3mm, jarak antara sisi tengah cincin patch (c) = 14mm, jarak antara sisi atas dan bawah patch (d) = 17 mm baik untuk ukuran pada simulasi maupun untuk fabrikasi, seperti terlihat pada gambar 8.



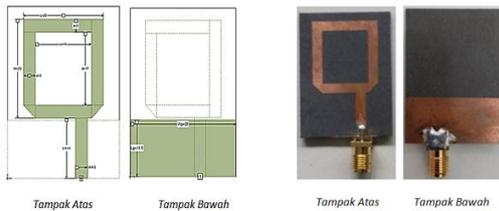
Gambar 8. Desain Antena 3

Hasil simulasi dengan menggunakan perangkat lunak HFSS dengan nilai impedansi sebesar 50 Ω , diperoleh dua frekuensi kerja yaitu, frekuensi kerja satu (f_1) 4,1 GHz, faktor refleksi -13,06 dB, VSWR 1,48, lebar bandwidth 4,87%, kemudian pada frekuensi kerja dua (f_2) 6 GHz, faktor refleksi -10,94 dB, VSWR 1,45, lebar bandwidth 6,77%. Hasil pengukuran antenna dengan menggunakan Vector Network Analyzer (VNA) ZVL 13 adalah : antenna bekerja pada frekuensi ganda/dual band dengan frekuensi kerja satu (f_1) 4,1 GHz, faktor refleksi -37,66 dB, lebar bandwidth 19,51%. Pada frekuensi kerja dua (f_2) 6 GHz, faktor refleksi -15,79, lebar bandwidth 13,33% seperti terlihat pada gambar 4.7 dan tabel 4.3. Dari hasil perbandingan antara hasil simulasi dan hasil pengukuran bahwa ada

persamaan frekuensi kerja baik frekuensi kerja satu (f_1) maupun frekuensi kerja dua (f_2), yang berbeda adalah faktor refleksi dan bandwidth, dan hasil pengukuran lebih baik dibandingkan dengan hasil simulasi.

d. Desain Antena 4

Antena empat adalah antena dengan desain dan ukuran yang sama dengan antena tiga, hanya perbedaannya adalah pada antena ke empat ini kedua bagian sudut sisi bawah patch dihilangkan seperti terlihat pada gambar 9.

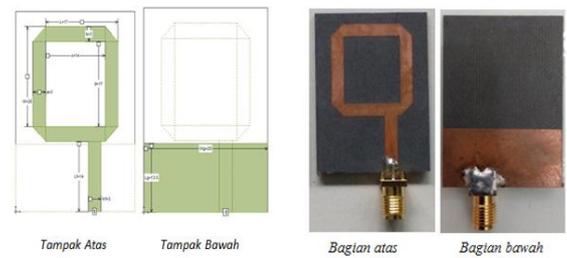


Gambar 9. Desain Antena 4

Dari hasil simulasi menggunakan perangkat HFSS antena bekerja pada dua frekuensi kerja yaitu frekuensi kerja satu (f_1) 4,2 GHz, faktor refleksi -22,29 dB, VSWR 1,167, lebar bandwidth 7,14%, sedangkan pada frekuensi kerja dua (f_2) 5,9 GHz, faktor refleksi -8,55 dB, VSWR 2,1, lebar bandwidth tidak dihasilkan karena faktor refleksi tidak melewati -10 dB. Dari hasil pengukuran dengan menggunakan Vektor Network Analyzer (VNA) ZVL 13 bahwa pada frekuensi kerja satu (f_1) 4,4 GHz, faktor refleksi -38,46 dB, lebar bandwidth 18,18%, dan pada frekuensi kerja dua (f_2) 6,1 GHz, faktor refleksi -10,17 dB, lebar bandwidth tidak dihasilkan.

e. Desain Antena 5

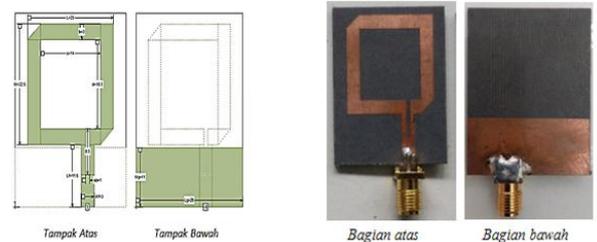
Antena lima masih untuk dimensi masih tetap seperti antena tiga dan empat, tetapi pada antena lima ini semua sudut patch bagian luar dibuat tidak persegi seperti terlihat pada gambar 4.10, dengan tujuan untuk memperbaiki kinerja frekuensi antena terutama pada frekuensi kerja kedua (f_2). Dari data hasil simulasi dan pengukuran menunjukkan perubahan kinerja antena yaitu pada frekuensi kerja satu simulasi HFSS menunjukkan 4,3 GHz dengan faktor refleksi -22,24 dB, VSWR 1,23, lebar bandwidth yang dihasilkan 6,97%, pada frekuensi kerja dua (f_2) 6,1 GHz, faktor refleksi -10,62 dB, lebar bandwidth 1,6 dB, artinya ada perubahan kinerja yang membaik pada frekuensi kerja kedua (f_2) dibandingkan dengan antena empat. Hasil yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan Vector Network Analyzer (VNA) ZVL 13 hasil frekuensi kerja baik frekuensi kerja satu (f_1) maupun frekuensi kerja dua (f_2) hasilnya sama dengan simulasi HFSS, tetapi yang berbeda adalah dari data faktor refleksi dan lebar bandwidth yang dihasilkan.



Gambar 10. Desain Antena 5

f. Desain Antena 6

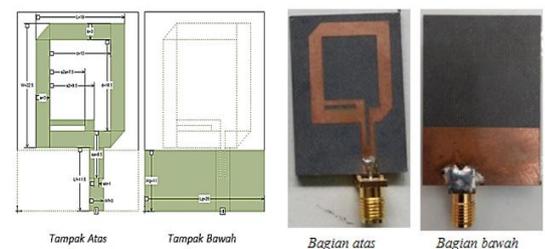
Pada antena enam dilakukan perubahan dimensi antena dan penambahan slot pada bagian saluran transmisi untuk menghasilkan frekuensi yang berbeda, yaitu substrac = 36mmx26mm, $L=20$ mm, $W=22,5$ mm, $L_g=1$ mm, $W_g=26$ mm, lebar patch samping (a) = 3mm, lebar patch atas dan bawah = 3mm, jarak ring antara patch samping (c) = 14mm, jarak ring antara patch atas dan bawah = 16,5mm, tinggi slot feed (s_a) = 8,5mm, lebar slot feed (s_b) = 1mm.



Gambar 11. Desain Antena 6

g. Desain Antena 7

Pada antena tujuh panjang $L = 19$ mm, $W = 22,5$ mm, $W_g = 26$ mm, tinggi patch bagian ground = 11 mm, lebar patch samping (a) = 3, lebar patch atas/bawah (b) = 3 mm, jarak antar patch samping (c) = 14 mm, jarak antar patch atas/bawah (d) = 16,5 mm, $L_f = 11,5$ mm, lebar feed (W_f) = 3 mm, tinggi slot feed (s_a) = 8,5 mm, lebar slot feed.



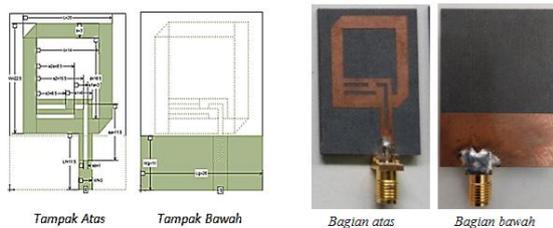
Gambar 11. Desain Antena 7

Dengan menggunakan HFSS untuk simulasi antena, nilai impedansi masukan sebesar 50 Ω , terlihat bahwa antena memiliki frekuensi kerja dual band. Pada frekuensi kerja satu (f_1) 4,3 GHz, faktor refleksi -10,9 dB, VSWR 1,79, lebar bandwidth 6,97%, frekuensi kerja dua (f_2) 6,6 GHz, faktor refleksi -8,86 dB, VSWR lebih dari 2, lebar bandwidth 0%. Hasil

pengukuran dengan menggunakan Vector Network Analyzer (VNA) ZVL 13 Frekuensi kerja satu (f1) 4,4 GHz, faktor refleksi -19,29 dB, lebar bandwidth 25%, frekuensi kerja dua (f2) 6,8 GHz, faktor refleksi -11,76 dB, lebar bandwidth 4,4%. Dari hasil simulasi terbentuk dual band tetapi yang mampu bekerja dengan lebar bandwidth dan nilai VSWR kurang dari dua hanya pada frekuensi kerja satu (f1), sementara pada hasil fabrikasi dan pengukuran frekuensi kerja dual band pada masing-masing frekuensi antenna bisa memancar karena masing-masing frekuensi memiliki nilai faktor refleksi lebih dari -10dB.

h. Desain Antena 8

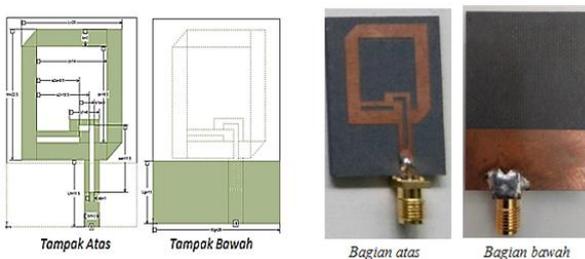
Penambahan slot pada patch antenna delapan dengan ukuran antenna sebagai berikut: L = 19 mm, W = 22,5 mm, Wg= 26 mm, tinggi patch bagian ground = 11 mm, lebar patch samping (a) = 3, lebar patch atas/bawah (b) = 3 mm, jarak antar patch samping (c) = 14 mm, jarak antar patch atas/bawah (d) = 16,5 mm, Lf = 11,5 mm, lebar feed (wf) = 3 mm, tinggi slot feed (sa) = 8,5 mm, lebar slot feed (sb) = 1 mm, panjang stub s2a = 7,5 mm, panjang stub s2 = 9,5 mm, s1 = 6 mm, s1a = 3 mm, seperti terlihat pada gambar 12.



Gambar 12. Desain Antena 8

i. Desain Antena 9

Antena sembilan dengan ukuran yang sama dengan antenna delapan dengan satu slot pada bagian patch serta satu slot berbentuk L pada bagian saluran transmisi untuk menggeser frekuensi kerja yang diharapkan yaitu 3,4 GHz dan 5,2 GHz seperti terlihat pada gambar 13.



Gambar 13. Desain Antena 9

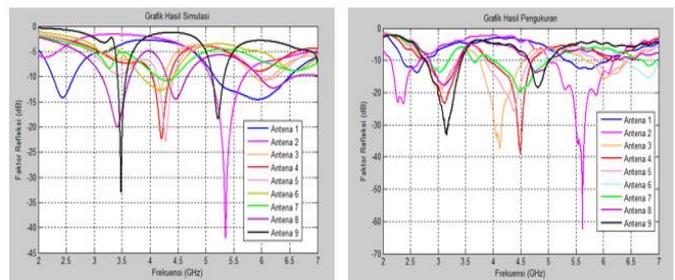
Dengan menggunakan perangkat lunak HFSS untuk melakukan simulasi, hasil simulasi pada frekuensi kerja satu (f1) 3,4 GHz, faktor refleksi -32,97 dB, VSWR 1,05, lebar bandwidth 5,88%, frekuensi kerja kedua (f2) 5,2 GHz, faktor refleksi -18,12 dB,

VSWR 1,28, lebar bandwidth 3,84%. Hasil pengukuran dengan menggunakan Vector Network Analyzer (VNA) ZVL 13 frekuensi kerja satu (f1) 3,1 GHz, faktor refleksi -32,94 dB, VSWR kurang dari 2, lebar bandwidth 22,58%, frekuensi kerja kedua (f2) 4,7 GHz, faktor refleksi -18,22 dB, VSWR kurang dari 2, lebar bandwidth 8,51% seperti terlihat pada gambar 13.

Hasil perancangan dari 9 antenna dapat dilihat pada tabel 1 berikut dengan data hasil simulasi HFSS dan pengukuran menggunakan Vector Network Analyzer (VNA).

Tabel 1. Perbandingan Antena hasil simulasi dan pengukuran

KETERANGAN	DIMENSI (mm)	PERBANDINGAN HASIL																	
		SIMULASI						PENGUKURAN											
		FREKUENSI (GHz)			Return Los (dB)			BANDWIDTH			FREKUENSI (GHz)			Return Los (dB)			BANDWIDTH		
Frek 1	Frek 2	Frek 3	Frek 1	Frek 2	Frek 3	Frek 1	Frek 2	Frek 3	Frek 1	Frek 2	Frek 3	Frek 1	Frek 2	Frek 3	Frek 1	Frek 2	Frek 3		
Antena 1	46x33	2,4	5,9	-	-14,15	-14,16	-	36,66	23,72	-	2,6	5,7	-	-13,88	12,65	-	15,38	14,03	-
Antena 2	46x33	5,3	-	-	-42,12	-	-	11,32	-	-	5,6	-	-	-62,38	-	-	19,64	-	-
Antena 3	40x28	4,1	6	-	13,06	-10,94	-	4,87	-6,77	-	4,1	6	-	-37,66	-15,79	-	19,51	13,33	-
Antena 4	40x28	4,2	5,9	-	-22,29	-8,55	-	7,14	-	-	4,4	6,1	-	-38,46	-10,17	-	18,18	-	-
Antena 5	40x28	4,3	6,1	-	-22,44	-10,62	-	6,97	1,6	-	4,3	6,1	-	-25,64	-14,55	-	18,60	9,88	-
Antena 6	36x26	3,1	4,2	6,6	-5,67	-12,69	-8,93	-	9,5	-	3	4,4	6,8	-13,82	-22,15	-15,47	10	20,45	10,29
Antena 7	36x26	4,3	6,6	-	-10,9	-8,86	-	6,97	-	-	4,4	6,8	-	-19,23	-11,76	-	25	4,4	-
Antena 8	36x26	3,4	4,4	-	-19,85	-14,41	-	14,70	9,09	-	3	4,7	-	-17,76	-13,71	-	16,66	8,51	-
Antena 9	36x26	3,4	5,2	-	-32,97	-18,12	-	5,88	3,84	-	3,1	4,7	-	-32,94	-8,22	-	22,58	8,51	-



Gambar 13. Grafik Hasil Perbandingan

V. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Dalam penelitian ini telah dirancang antenna mikrostrip dual band monopole, dengan penambahan slot pada bagian patch dan bagian saluran transmisi untuk frekuensi kerja 3,4 GHz dan 5,2 GHz. Dari beberapa hasil simulasi dan pengukuran dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Untuk menghasilkan frekuensi dual band pada antenna mikrostrip patch bisa dihasilkan dengan menggunakan metode pembuatan cincin persegi pada bagian patch.
2. Teknik monopole pada antenna mikrostrip dilakukan untuk menggeser frekuensi kerja sehingga kita bisa meminimalkan dimensi antenna.
3. Penambahan slot pada bagian saluran transmisi (open square ring) berpengaruh terhadap frekuensi

kerja yang dihasilkan sehingga antena mikrostrip bisa menghasilkan lebih dari satu frekuensi kerja.

4. Penambahan slot pada bagian patch berpengaruh terhadap faktor refleksi yang dihasilkan.
5. Terdapat selisih perbedaan antara hasil simulasi dengan pengukuran, diantaranya pada hasil pengukuran lebar bandwidth rata-rata lebih besar dibandingkan dengan hasil simulasi, hasil pengukuran frekuensi kerja rata-rata bergeser tidak tepat seperti hasil perancangan/simulasi. Hal ini kemungkinan bisa disebabkan dari material atau tingkat ketelitian yang kurang pada saat fabrikasi.

b. Saran

Dalam penelitian ini masih banyak sekali kekurangan yang harus diperbaiki oleh peneliti selanjutnya, diantaranya:

1. Pada antena mikrostrip monopole untuk menghasilkan frekuensi dual band/multi band disarankan selain dengan pembuatan slot pada bagian patch juga bisa dengan menambahkan slot pada bagian ground.
2. Dalam perancangan antena mikrostrip sebaiknya kita memperhatikan material dan juga software untuk melakukan perancangan dan simulasi. Ketelitian pada saat fabrikasi sangat diperlukan karena sangat berpengaruh terhadap data hasil pengukuran

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Regina Lionie, Lili Ruhiana, Mudrik Alaydrus. "Dual Band Microstrip Antennas for 5G and Short Range Application". Proc. of the 2017 IEEE Region 10 Conference (TENCON), Malaysia, November 5-8, 2017
- [2] M. H. Diallo Yaccoub, Achraf Jaoujal, Mohammed Younssi, Ahmed El Moussaoui, and Noura Aknin. "Rectangular Ring Microstrip Patch Antenna for Ultra-wide Band Applications". *International Journal of Innovation and Applied Studies* 2013.
- [3] Irena Carrasquillo-rivera, Rafael A. Rodriguez Solis, Jose G. ColomUstariz. "Tunable and Dual Band Rectangular Slot Ring Antenna". *IEEE* 2004.
- [4] M. Pallavi, A. Shudakar. "Printed Rectangular Patch Antenna for Wireless Applications at UWB". *IJAREEIE* 2015.
- [5] Anju Verna, Debajit De, S. Nanda, A. Tripathy, P.K. Sahu. "Design of Dual Band Rectangular Microstrip Patch Antenna with DGS for Wireless Application". *IEEE* 2016
- [6] Priyadarshi Suraj, Vibha Rani Guphta, Manish Saxena. "Design and Analysis of Monopole Patch Antenna with Triple Band Rejection Characteristics". *Microwave and Optical Technology Letters* 2017.
- [7] Li Zhang, Young-Chang Jiao, Gang Zhao, Yue Song, Fu-Shun Zhang. "Broadband Dual Band CPW Fed Closed Rectangular Ring Monopole Antenna with A Vertical Strip for WLAN Operation". *Microwave and Optical Technology Letters* 2008.
- [8] S. Behera and K. J. Vinoy. "Microstrip Square Ring Antenna For Dualband Operation". *Progress In Electromagnetics Research, PIER* 93, 41–56, 2009
- [9] Naser Ojarodi "A New Design of Monopole Antenna with 3.5/5.5 GHz Dual Band-stop Function Using Protruded Strip Resonators". *Young Researchers and Elite Club, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran, SCIREA Journal of Computer Science of Technology* 2016.
- [10] G. Zhao, F.-S. Zhang, Y. Song, Z.-B. Weng, and Y.-C. Jiao. "Compact Ring Monopole Antenna With Double Meander Lines for 2.4/5 GHz Dual Band Operation". *Progress In Electromagnetics Research* 2007.
- [11] Omar EL Maleky, Farid Ben Abdelawwahab. "Frequency Reconfigurable Patch Antenna for Wireless Communication". *International Journal of Microwave and Optical Technology* 2017.
- [12] A. Sudhakar, M. Satyanarayana, M. Sunil Prakash, Sudhir Kumar Sharma. "Compact UWB Planar Antenna With WLAN Band Rejection". *International Journal of Microwave and Optical Technology* 2016.
- [13] Qiu-Yi Zhang and Qing-Xin Chu. "Triple Band Dual Rectangular Ring Printed Monopole Antenna for WLAN/WiMAX Application". *Microwave and Optical Technology Letters* 2009.
- [14] Xiaolei Sun, Li Liu, S. W. Cheung. "Dual Band Antenna With Compact Radiator for 2.4/5.2/5.8 GHz WLAN Application". *IEEE* 2012.
- [15] P. Rezai, A. Valizade, J. Naurinia, M. Solimanejad, F. Alizadeh, B. Mohammadi. "Design of Triple Band Compact Microstrip Monopole Antenna Using Multiple Bent-Lines With Low Correlation for MIMO Application". *IEEE* 2016.
- [16] Constantine A. Balanis. "Antenna Theory Analysis And Design". *Wiley-Interscience*. 2005.
- [17] Debatosh Guha, Yahia M.M. Antar. "Microstrip And Printed Antennas". *Wiley* 2011.
- [18] Girish Kumar, K. P. Ray. "Broadband Microstrip Antenna". *Artech House, INC* 2003.
- [19] David A. Sanchez-Hernandez. "Multiband Integrated Antennas for 4G Terminals". *Artech House, INC* 2008.
- [20] Rames Garg, Prakash Bhartia, Inder Bahl, Apisak Ittipiboon. "Microstrip Antenna Design Handbook". *Artech House, INC* 2001.
- [21] Mudrik Alaydrus. "Antena Prinsip & Aplikasi". *Graha Ilmu* 2011.
- [22] Indra Surjati. "Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya". *Universitas Trisakti* 2010.