

Rancang Bangun Programmable Logic Controller (PLC) Menggunakan Mikrokontroler Pic16f877 Sebagai Media Pembelajaran

*Erfan Subiyanta¹, Faizul Wafa Ibnu Analisis²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon Jl. Perjuangan No.17 Kota Cirebon, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

NASKAH DITERIMA : 16 Februari 2025

DIREVISI : 16 Maret 2025

DISETUJUI : 15 Mei 2025

*KORESPONDENSI PENULIS :

²refans@untagcirebon.ac.id

doi: 10.5281/zenodo.824398

Abstract

Programmable logic control (PLC) is a versatile microprocessor control designed to meet practical demands in industry such as in the automatic field. In the automatic field serves as a substitute for an electro mechanical system that is to replace a series of series of relays found in conventional process control systems. Therefore, in this thesis, a research on Design (PLC) Programmable Logic Controller Based on PIC16F877 Microcontroller as Learning Media has been conducted. This Micro PLC consists of a minimum system PIC16F877 microcontroller circuit. Micro PLC testing only takes a few sample cases such as I / O (input output) testing of logic gates, counter testing and timer testing. How to upload a ladder diagram to a micro PLC via a computer using the K150 programmer and Microbrn software to upload the program to a micro PLC so that the input and output modules can work according to the ladder diagram programming that has been made. From the results of micro PLC testing can be used as a PLC learning media.

Keywords: *PLC, Mikrokontroler , input and output, Programmer K150*

Antena Programmable logic control (PLC) merupakan control mikroprosesor serbaguna yang dirancang untuk memenuhi tuntutan praktis di industri seperti pada bidang *automatic*. Pada bidang *automatic* berfungsi sebagai pengganti sistem elektro mekanis yaitu untuk menggantikan rangkaian sederetan relay yang dijumpai pada sistem kontrol proses konvensional. Oleh karena itu dilakukan penelitian tentang Rancang Bangun (PLC) Programmable Logic Controller Berbasis Mikrokontroler PIC16F877 Sebagai Media Pembelajaran. PLC Mikro ini terdiri dari sistem minimum rangkaian mikrokontroler PIC16F877. Pengujian PLC Mikro hanya diambil beberapa contoh kasus seperti pengujian I/O (input output) terhadap gerbang logika, pengujian counter dan pengujian timer. Cara upload ladder diagram ke PLC mikro melalui computer dengan menggunakan programmer K150 dan *software* Micro untuk upload program ke PLC mikro sehingga modul *input* dan *output* dapat bekerja sesuai dengan pemrograman ladder diagram yang telah dibuat. Dari hasil pengujian PLC mikro dapat dimanfaatkan sebagai media belajar PLC.

Kata Kunci: *PLC, Mikrokontroler , Input dan Output, Programmer K150*

I. Pendahuluan

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi telah mendorong manusia untuk berusaha mengatasi segala permasalahan yang timbul di sekitarnya serta meringankan pekerjaan yang ada. Saat ini pada dunia industry baik industry kecil, menengah maupun industry besar masalah kontrol proses atau sistem otomatisasi dipecahkan dengan menggunakan operasi komponen

dari berbagai macam teknologi sistem pengendali, diantaranya *Programmable Logic Controller (PLC)*. *PLC* telah mendapatkan popularitas di kalangan industri dan mungkin akan tetap dominan pada beberapa waktu kedepan. Hal ini dikarenakan beberapa keuntungan dari *PLC*, di antara lain :kemudahan dalam pemrograman dan handal untuk digunakan sebagai basis sistem

otomasi di industri – industri. Akan tetapi PLC seperti yang diketahui bahwa secara umum harga sebuah PLC jauh lebih mahal dibandingkan dengan harga sebuah mikrokontroler PIC16F877.

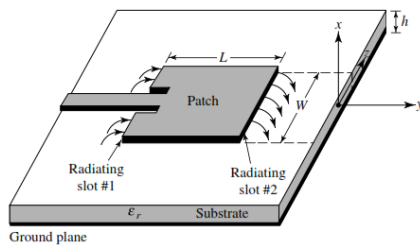
Berdasarkan hal tersebut untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan PLC dari mikrokontroler yang murah sebagai pembelajaran dasar PLC berbasis mikrokontroler, dengan nama lain PLC Mikro PIC16F877. PLC ini sangat penting bagi kalangan mahasiswa dan pelajar terutama dalam bidang otomasi atau instrumentasi^[1].

PLC mikro memiliki kehandalan-kehandalan antara lain mudah diprogram dan diaplikasikan, pengkabelan (*wiring*) lebih sedikit, *troubleshooting* sistem lebih sederhana, konsumsi daya relative lebih rendah, modifikasi sistem lebih sederhana dan cepat, dengan demikian diharapkan PLC Mikro dapat digunakan sebagai modul pembelajaran dasar.

II. KAJIAN PUSTAKA

1. Antena Mikrostrip

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



Gambar 1. 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 antena. 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 antena, sangat penting untuk memahami parameter-parameter antena. Parameter-parameter antena 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 antena 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:

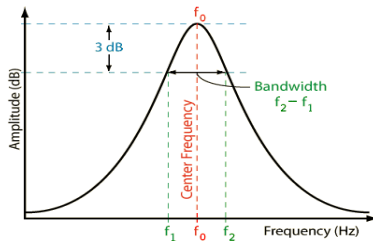
Γ : Koefisien refleksi tegangan

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 antena mikrostrip adalah VSWR lebih kecil atau sama dengan 2 [16]

c. Bandwidth

Bandwidth merupakan besar rentang frekuensi kerja dari suatu antena. Nilai bandwidth dapat diketahui apabila nilai frekuensi bawah dan frekuensi atas dari suatu antena 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) antena adpat didefinisikan sebagai perbandingan intensitas radiasi sebuah antena pada arah tertentu dengan intensitas radiasi rata-rata pada semua arah. Intensitas radiasi rata-rata sama dengan jumlah daya yang diradiasikan oleh antena 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 antena mikrostrip merupakan suatu jenis antena mikrostrip yang dapat bekerja pada dua buah frekuensi yang berbeda satu dengan yang lainnya tanpa memerlukan dua buah antena yang berbeda secara fisik.

Terdapat tiga jenis teknik untuk mendapatkan antena 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 antena 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 antena mikrostrip patch segi empat diharapkan mendekati nilai impedansi masukan sebesar 50Ω .

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi antena 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 (f_r) $\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}}$

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)

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

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

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

- 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*

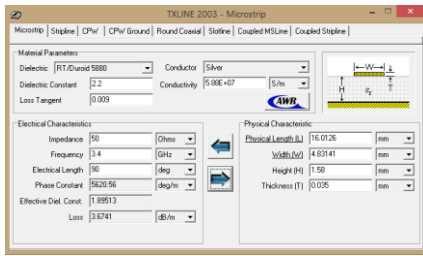
W_g : Lebar *groundplane*

h : Tinggi substrat

L : Panjang *patch*

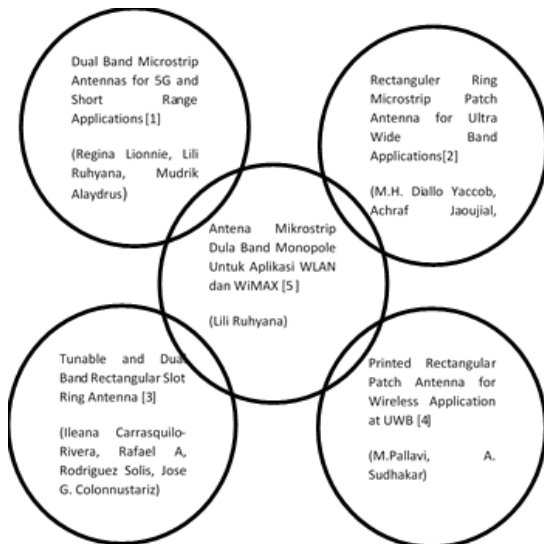
W : Lebar *patch*

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, antenna 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 antenna 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 Yaccoub, Achraf Jaoujal, Mohammed Younssi, Ahmed El Moussaoui, and Noura Aknin, 2013). Dalam jurnal ini menjelaskan tentang sebuah metode baru untuk meningkatkan efektivitas radiasi dan kinerja antenna 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 antenna mikrostrip, model ini banyak digunakan pada beberapa aplikasi seperti milimeter wive, pencitraan, pendaratan pesawat, dan kontrol otomotif [3].

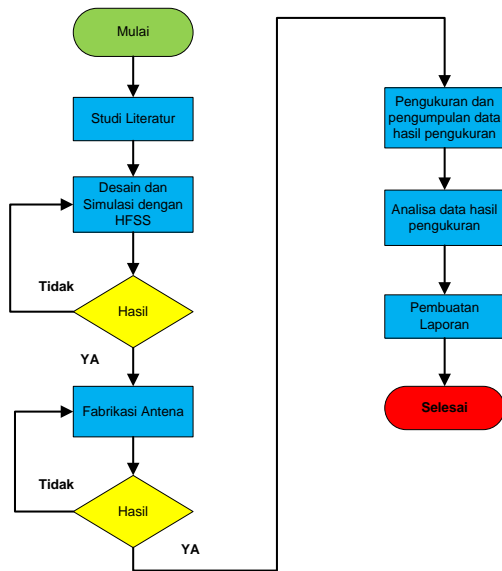
Jurnal dengan judul “Printed Rectangular Patch Antenna for Wireless Application at UWB”, (M. Pallavi, A. Sudhakar. IJREEIE 2015). Sebuah desain antenna planar monopole dengan patch berbentuk cincin persegi panjang dengan impedansi masukan 50 ohm yang memiliki kelebihan dengan bentuk yang kecil serta 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 antenna mikrostrip untuk aplikasi WLAN dan WiMAX pada frekuensi 3,4 GHz dan 5,2 GHz. Antena dirancang 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 $s1 = 6$ mm, panjang slot $s1q = 3$ mm, panjang slot $s2 = 9,5$ mm, panjang slot $s2a = 7,5$ mm. Perancangan dan simulasi dengan menggunakan HFSS 13.

III. METODE

PERANCANGAN ANTENA

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



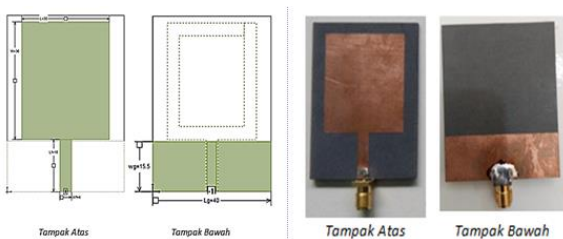
Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

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

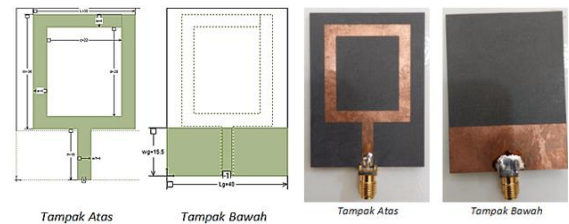
Hasil simulasi menunjukkan bahwa antenna memiliki frekuensi kerja satu (f_1) 2,4 GHz dengan faktor refleksi sebesar -14,19 dB, lebar bandwidth 16,66%, frekuensi kerja dua (f_2) 5,9 GHz dengan faktor refleksi sebesar -14,6 dB, lebar bandwidth 23,72%.

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.

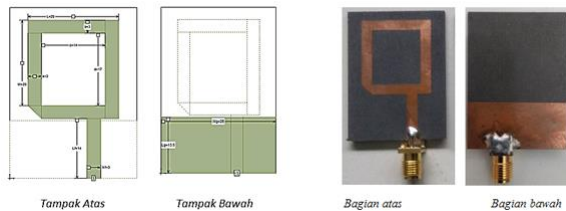


Gambar 7. Desain Antena 2

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 $28\text{mm} \times 40\text{mm}$, 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.

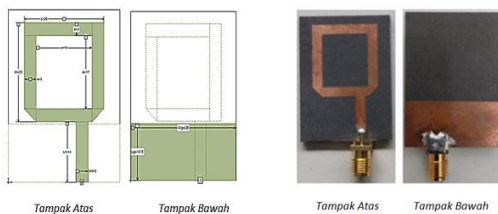


Gambar 8. Desain Antena 3

Hasil simulasi dengan menggunakan perangkat lunak HFSS dengan nilai impedansi sebesar 50Ω , 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 antenna dengan desain dan ukuran yang sama dengan antenna tiga, hanya perbedaannya adalah pada antenna ke empat ini kedua bagian sudut sisi bawah patch dihilangkan seperti terlihat pada gambar 9.



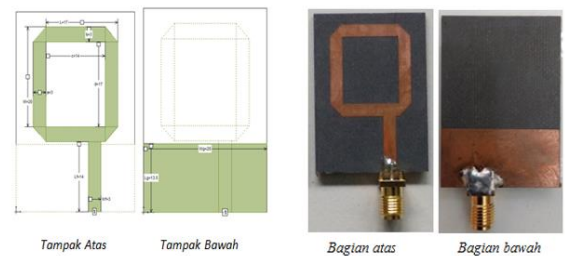
Gambar 9. Desain Antena 4

Dari hasil simulasi menggunakan perangkat HFSS antenna 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

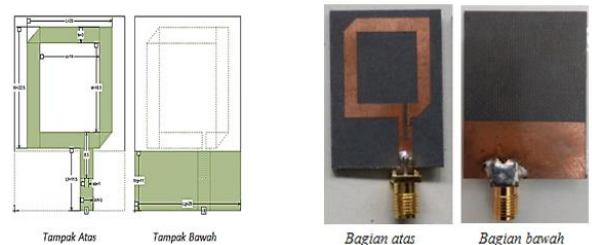
Antena lima masih untuk dimensi masih tetap seperti antenna tiga dan empat, tetapi pada antenna lima ini semua sudut patch bagian luar dibuat tidak persegi seperti terlihat pada gambar 4.10, dengan tujuan untuk memperbaiki kinerja frekuensi antenna terutama pada frekuensi kerja kedua (f_2). Dari data hasil simulasi dan pengukuran menunjukkan perubahan kinerja antenna 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) 6,1GHz, faktor refleksi -10,62 dB, lebar bandwidth 1,6 dB, artinya ada perubahan kinerja yang membaik pada frekuensi kerja kedua (f_2) dibandingkan dengan antenna 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

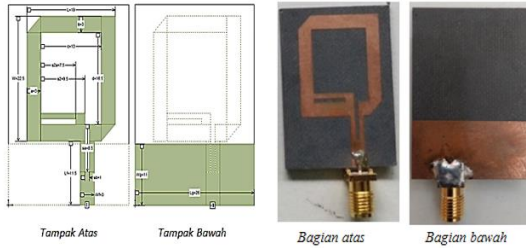
Pada antenna enam dilakukan perubahan dimensi antenna dan penambahan slot pada bagian saluran transmisi untuk menghasilkan frekuensi yang berbeda, yaitu substrac = $36\text{mm} \times 26\text{mm}$, $L=20\text{mm}$, $W=22,5\text{mm}$, $L_g=11\text{mm}$, $W_g=26\text{mm}$, lebar patch samping (a) = 3mm , lebar patch atas dan bawah = 3mm , jarak ring antara patch samping (c) = 14mm , jarak ring antara patch atas dan bawah = $16,5\text{mm}$, tinggi slot feed (s_a) = $8,5\text{mm}$, lebar slot feed (s_b) = 1mm .



Gambar 11. Desain Antena 6

g. Desain Antena 7

Pada antenna 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.

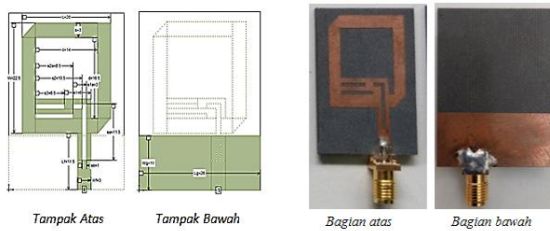


Gambar 11. Desain Antena 7

Dengan menggunakan HFSS untuk simulasi antenna, nilai impedansi masukan sebesar 50Ω , terlihat bahwa antenna 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 (f_1) 4,4 GHz, faktor refleksi -19,29 dB, lebar bandwidth 25%, frekuensi kerja dua (f_2) 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 (f_1), 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

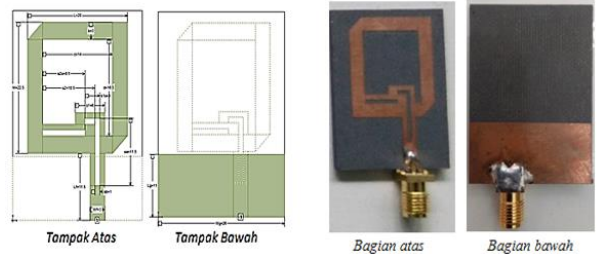
Penambahan slot pada patch antenna delapan dengan ukuran antenna sebagai berikut: $L = 19$ mm, $W = 22,5$ mm, $W_g = 26$ mm, tinggi patch bagian ground = 11 mm, lebar patch samping (a) = 3, lebar patch atas/bawah (b) = 3 mm, jarak antar patch samping (c) = 14 mm, jarak antar patch atas/bawah (d) = 16,5 mm, $L_f = 11,5$ mm, lebar feed (w_f) = 3 mm, tinggi slot feed (s_a) = 8,5 mm, lebar slot feed (s_b) = 1 mm, panjang stub $s_{2a} = 7,5$ mm, panjang stub $s_2 = 9,5$ mm, $s_1 = 6$ mm, $s_{1a} = 3$ 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.



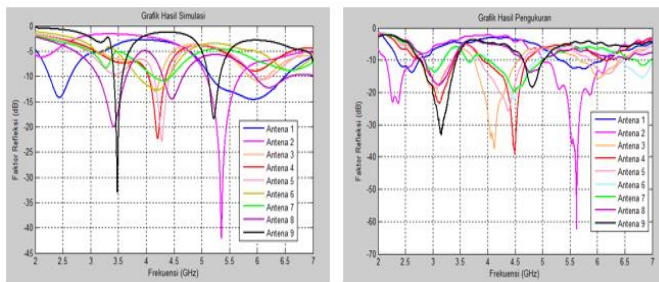
Gambar 13. Desain Antena 9

Dengan menggunakan perangkat lunak HFSS untuk melakukan simulasi, hasil simulasi pada frekuensi kerja satu (f_1) 3,4 GHz, faktor refleksi -32,97 dB, VSWR 1,05, lebar bandwidth 5,88%, frekuensi kerja kedua (f_2) 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 (f_1) 3,1 GHz, faktor refleksi -32,94 dB, VSWR kurang dari 2, lebar bandwidth 22,58%, frekuensi kerja kedua (f_2) 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	46 x 33	2,4	5,9	-	-14,15	-14,16	-	16,66	23,72	-	2,6	5,7	-	-13,88	12,65	-	15,38	14,03	-
Antena 2	46 x 33	5,3	-	-	-42,12	-	-	11,32	-	-	5,6	-	-	-62,38	-	-	19,64	-	-
Antena 3	40 x 28	4,1	6	-	13,06	-10,94	-	4,87	-6,77	-	4,1	6	-	-37,66	-15,79	-	19,51	13,33	-
Antena 4	40 x 28	4,2	5,9	-	-22,29	-8,55	-	7,14	-	-	4,4	6,1	-	-38,46	-10,17	-	18,18	-	-
Antena 5	40 x 28	4,3	6,1	-	-22,44	-10,62	-	6,97	1,6	-	4,3	6,1	-	-26,64	-14,55	-	18,60	9,88	-
Antena 6	36 x 26	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	36 x 26	4,3	6,6	-	-10,9	-8,86	-	6,97	-	-	4,4	6,8	-	-19,29	-11,76	-	25	4,4	-
Antena 8	36 x 26	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	36 x 26	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 meminiaturisasi dimensi antenna.
3. Penambahan slot pada bagian saluran transmisi (open square ring) berpengaruh terhadap frekuensi kerja yang dihasilkan sehingga antenna 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 antenna 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 antenna 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 Ruhyana, 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] Liaw, S. S., Huang, H. M., & Chen, G. D. (2007). *Surveying instructor and learner attitudes toward e-learning*. Computers & Education, 49(4), 1066-1080. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2006.01.001>
- [9] Rosenberg, M. J. (2001). *E-learning: Strategies for delivering knowledge in the digital age*. McGraw-Hill.
- [10] Sun, P. C., Tsai, R. J., Finger, G., Chen, Y. Y., & Yeh, D. (2008). *What drives a successful e-Learning? An empirical investigation of the critical factors influencing learner satisfaction*. Computers & Education, 50(4), 1183-1202. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2006.11.007>
- [11] Universitas X. (2023). *Laporan Survei Pemahaman Bahasa Inggris Mahasiswa Teknik Elektro*. Penerbit Universitas X.
- [12] Wu, J. H., Tennyson, R. D., & Hsia, T. L. (2015). *A study of student satisfaction in a blended e-learning system environment*. Computers & Education, 55(1), 155-164.

- [13] Wu, W. H., Wu, Y. C. J., Chen, C. Y., Kao, H. Y., Lin, C. H., & Huang, S. H. (2015). Review of trends from mobile learning studies: A meta-analysis. *Computers & Education*, 59(2), 817–827.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.016>