

PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP *PATCH* SEGI EMPAT *SLOTS DUAL-BAND* PADA FREKUENSI 2,4 GHz DAN 3,3 GHz

Zul Hariansyah Hutasuhut, Ali Hanafiah Rambe

Departemen Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara

Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA

email: zul_hariansyah@students.usu.ac.id or zoel_h75@yahoo.com

Abstrak

Antena *dual-frequency* merupakan antenna alternatif yang dapat digunakan untuk sistem radio yang bekerja pada dua kanal frekuensi yang berbeda jauh. Ketika dua frekuensi kerja terpisah dengan jarak yang cukup jauh, sebuah struktur *patch dual-frequency* dapat dirancang untuk menghindari penggunaan antenna yang terpisah. Antena mikrostrip adalah salah satu solusi antenna *dual-frequency* yang dapat dikembangkan, karena memiliki bentuk sederhana, unjuk kerja yang baik dan mudah dalam instalasinya. Pada tulisan ini dirancang antenna mikrostrip *patch* segi empat yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dan 3,3 GHz, dimana dua buah *slot* yang ditambahkan sebagai beban untuk menghasilkan frekuensi kedua. Hasil perancangan dievaluasi dan dioptimasi menggunakan *Applied Wave Research (AWR) Microwave 2004*. Nilai *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), *gain* dan *bandwidth* yang diperoleh dengan parameter input frekuensi yang direncanakan adalah berturut – turut 1,878, 6,073 dB, 66 MHz untuk frekuensi 2,45 GHz dan 1,259, 2,33 dB dan 3,1 dB, 114 MHz untuk frekuensi 3,35 GHz.

Kata kunci : *Dual-Band, antenna mikrostrip, reactively-loaded dual-frequency, VSWR*

1. Pendahuluan

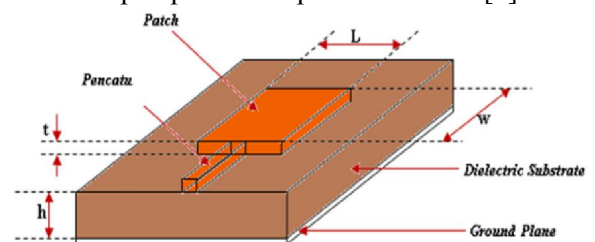
Teknologi komunikasi nirkabel salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam dunia telekomunikasi. Sebagai teknologi yang tidak memerlukan sarana fisik dalam *interface*-nya, teknologi komunikasi nirkabel menuntut sistem antenna bekerja meskipun terdapat penghalang antar pengirim dan penerima. Salah satu jenis antenna yang sesuai untuk teknologi komunikasi nirkabel adalah antenna mikrostrip, karena memiliki karakteristik dimensi kecil, ringan, ekonomis dan mudah dalam instalasinya.

Antena mikrostrip tidak hanya dapat digunakan untuk satu *band* frekuensi, tetapi juga dapat digunakan untuk lebih dari satu *band* frekuensi. Sehingga, sistem radio menjadi lebih efisien.

2. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan salah satu antenna komunikasi nirkabel gelombang mikro yang digunakan sebagai radiator pada sejumlah sistem telekomunikasi modern seperti *Radio Detection and Ranging* (Radar) dan *Global Positioning System* (GPS). Antena mikrostrip merupakan sebuah antenna yang tersusun atas tiga elemen, yaitu: elemen peradiasi (*patch*), elemen *dielectric substrate* dan elemen

pentanahan (*ground plane*). Bentuk antenna mikrostrip dapat dilihat pada Gambar 1 [1].



Gambar 1. Struktur Antena Mikrostrip [1].

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 Substrat

Jenis substrat	FR-4 epoxy
Konstanta Dielektrik relative (ϵ_r)	4,4
Dielektrik Loss Tangent ($\tan \delta$)	0,02
Ketebalan substrat (h)	1,6

2.1 Parameter-parameter Antena

Parameter-parameter antena digunakan untuk menguji atau mengukur performa antena yang digunakan, yaitu frekuensi antena, VSWR, *bandwidth*, *gain* antena, dan polaradiasi.

a. VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

Gelombang berdiri memiliki tegangan maksimum dan minimum dalam saluran yang besarnya tergantung pada tegangan maupun arus pantul. Koefisien refleksi tegangan memiliki nilai kompleks, untuk beberapa kasus yang sederhana, ketika bagian *imaginer* dari Γ adalah nol, maka:

$\Gamma = -1$: refleksi negatif maksimum, ketika saluran terhubung singkat.

$\Gamma = 0$: tidak ada refleksi, ketika saluran dalam keadaan *matched* sempurna.

$\Gamma = +1$: refleksi positif maksimum, ketika saluran dalam rangkaian terbuka.

Secara sederhana rumus untuk menentukan VSWR [1].

$$VSWR = \frac{|V|_{max}}{|V|_{min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (1)$$

b. Frekuensi Resonansi

Frekuensi resonansi adalah frekuensi dimana antena mikrostrip memiliki impedansi *resistif* dimana, nilai reaktansi impedansi sama dengan nol [1].

c. Bandwidth

Bandwidth suatu antena didefinisikan sebagai rentang frekuensi yang berhubungan dengan beberapa karakteristik antena lain seperti, impedansi masukan, *bandwidth*, polarisasi dan *gain*. *Bandwidth* suatu antena ditentukan oleh parameter yang digunakan. Dimana, menentukan *bandwidth* adalah frekuensi atas kurang frekuensi bawah dibagi dengan frekuensi *carier*, dirumuskan sebagai berikut [2]:

$$Bandwidth = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (2)$$

d. Gain

Gain adalah karakter antena yang terkait dengan kemampuan antena mengarahkan radiasi sinyalnya atau penerima sinyal dari arah tertentu [1].

e. Pola Radiasi

Pola radiasi adalah fungsi matematika dari sifat radiasi antena sebagai fungsi ruang, biasanya terdiri dari [1]:

- Lobe utama (*main lobe*)
- Side lobe* (cuping)
- Back lobe*

f. Return Loss

Return loss adalah perbandingan antara *amplitude* dari gelombang yang direfleksikan terhadap *amplitude* gelombang yang dikirim. Besarnya *return loss* bervariasi tergantung pada frekuensi [1].

g. Impedansi Masukan

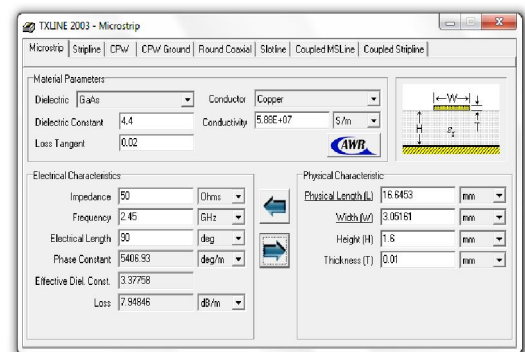
Impedansi masukan dari suatu antena dapat dilihat sebagai impedansi dari antena tersebut pada terminalnya. Impedansi masukan adalah impedansi yang dipresentasikan oleh antena pada terminalnya [1].

2.2 Antena Mikrostrip Patch Segi Empat Slots Dual-Band

Antena mikrostrip *patch* segi empat *slots dual-band*, merupakan salah satu jenis antena mikrostrip yang dikembangkan dengan teknik *reactively-loaded dual-frequency patch antennas* untuk menghasilkan dua buah rentang frekuensi dengan menambahkan beban *slot*. Beban ditambahkan secara khusus pada tepi peradiasi (*radiating edge*) untuk menghasilkan panjang resonansi frekuensi kedua yang lebih jauh. Panjang resonansi kedua berkaitan dengan pembangkitan frekuensi lainnya [3].

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

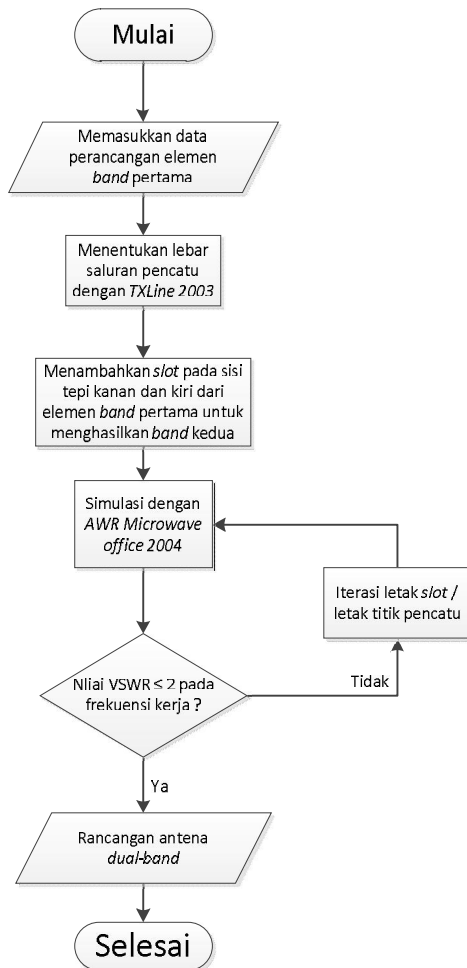
Untuk mendapatkan nilai impedansi tersebut dilakukan pengaturan lebar dari saluran pencatu dengan menggunakan bantuan program *TXLine 2003* untuk mencari lebar pencatu agar mempunyai impedansi 50 Ω , seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan *TXLine 2003* Untuk Dimensi Saluran Pencatu.

3. Perancangan Antena

Pada tahap ini dilakukan penentuan frekuensi resonansi, spesifikasi *substrate*, dimensi *patch* antena dan dimensi saluran pencatunya. Kemudian dilanjutkan dengan penambahan *slot* di masing – masing tepi kanan dan kiri *patch*, sehingga menghasilkan antena mikrostrip *patch* segi empat *slots dual-band*. Tahapan – tahapan perancangan ditunjukkan dalam diagram alir pada Gambar 3.

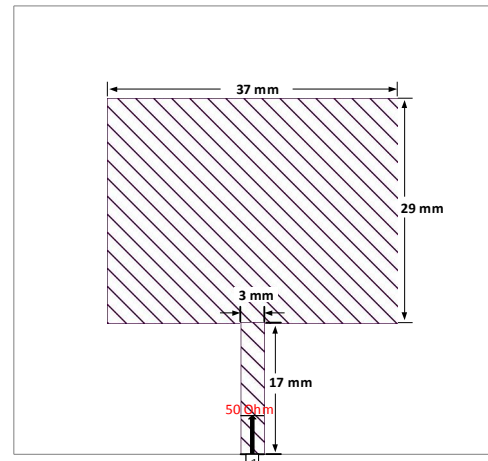


Gambar 3. Diagram Alir Perancangan Antena Dual Band.

3.1 Perancangan Elemen Antena

Pada perancangan *patch* segi empat elemen tunggal, diawali dengan menentukan frekuensi kerja pertama yang diinginkan, dimensi *patch* antena dan saluran pencatu. Diperoleh panjang dan lebar *patch* 28,83 mm dan 37,26 mm. Panjang dan lebar saluran pencatu 3,05 mm dan 16,645 mm. Untuk menyesuaikan dengan ukuran *grid* pada perangkat lunak AWR Microwave office 2004, maka dilakukan pembulatan, untuk panjang dan lebar *patch* menjadi 29 mm dan 37 mm. Kemudian panjang

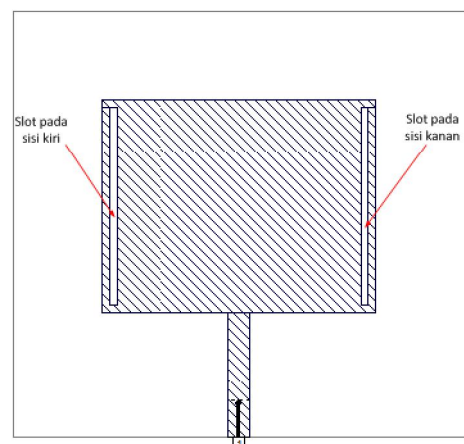
dan lebar saluran pencatu menjadi 17 mm dan 3 mm. Bentuk dan ukuran *patch* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rancangan Antena Mikrostrip Patch 2,45 GHz.

3.2 Penambahan Slot-slot Antena

Selanjutnya adalah proses penambahan beban *slot* pada sisi bagian kanan dan kiri elemen tunggal untuk pembangkitan frekuensi kedua yaitu frekuensi 3,35 GHz. Pertama – tama ukuran panjang dan lebar *slot* disesuaikan dengan ukuran *patch* yaitu 27 mm dan 1 mm, dengan jarak ke tepi *patch* masing – masing 1 mm. Rancangan awal antena dengan tambahan *slot* ditunjukkan pada Gambar 5.



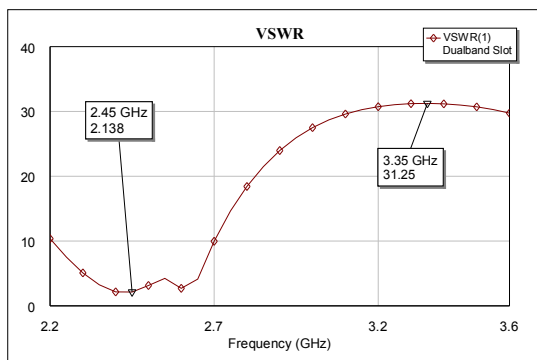
Gambar 5. Rancangan Awal Patch 2,45 GHz dan 3,35 GHz.

4. Analisis Hasil Simulasi

4.1 Simulasi Antena Mikrostrip Dual-Band

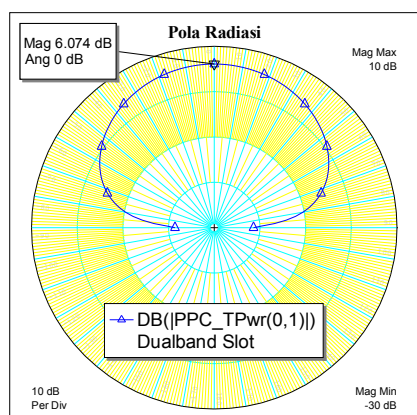
Karena untuk menghasilkan frekuensi kedua dilakukan dengan menambahkan *slot* pada tepi peradiasi, simulasi dilakukan langsung sekaligus untuk kedua frekuensi resonansi 2,45

GHz dan 3,35 GHz. Diperoleh nilai VSWR berturut – turut sebesar 2,138 dan 31,25 terlihat pada Gambar 6.

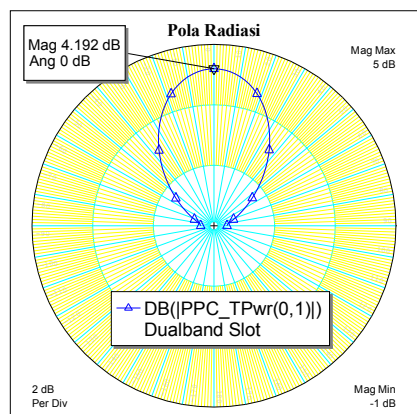


Gambar 6. Nilai VSWR Rancangan Awal.

Adapun hasil *gain* untuk Rancangan Awal adalah 6,074 dB (2,2 GHz - 2,6 GHz) dan 4,192 dB (3,2 GHz - 3,6 GHz) dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



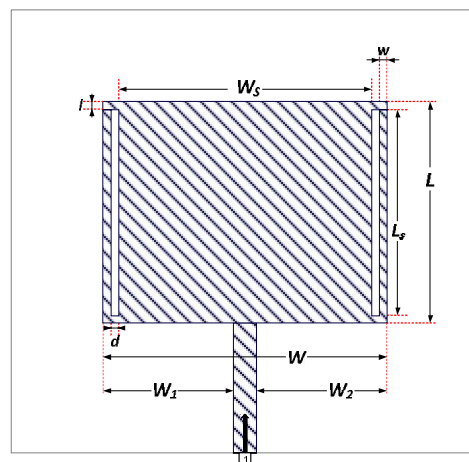
Gambar 7. Pola Radiasi dan Nilai *Gain* Frekuensi 2,45 GHz.



Gambar 8. Pola Radiasi dan Nilai *Gain* Frekuensi 3,35 GHz.

Hasil VSWR yang diperoleh seperti pada Gambar 6 belum sesuai dengan yang diinginkan

yaitu $VSWR \leq 2$, oleh karena itu dilakukan iterasi dengan mengubah – ubah ukuran dimensi *slot* dan juga menggeser posisinya dengan syarat bahwa *slot* di sebelah kanan harus simetris dengan *slot* di sebelah kiri dan penggeseran posisi *slot* tetap berada di daerah tepi peradiasi. Untuk memudahkan iterasi, dibuatlah notasi ukuran dimensi *slot* pada antenna mikrostrip rancangan awal seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Antena dengan Notasi.

Sedangkan hasil iterasi ukuran dimensi dan letak posisi *slot – slot* antenna ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Iterasi Dimensi dan Letak Posisi *Slot – Slot* Antena

d (mm)	w (mm)	l (mm)	L_s (mm)	W_s (mm)	Nilai VSWR	
					Frek. 2,45 GHz	Frek. 3,35 GHz
1	1	1	27	33	2,138	31,25
1	1	5	19	33	2,309	1,951
1	2	6	17	31	2,329	1,675
1	3	7	15	29	2,318	1,807
1	4	8	13	27	2,314	4,748
1	5	8	13	25	2,308	1,516
1	6	8	13	23	2,304	2,628
1	7	8	13	21	2,301	4,527
1	8	9	11	19	2,303	4,603
2	1	6	17	31	2,746	4,121
2	2	7	15	29	2,772	2,906
2	3	8	13	27	2,726	4,316
2	4	8	13	25	2,705	2,122
2	5	9	11	23	2,676	4,41
2	6	9	11	21	2,67	2,151
2	7	9	11	19	2,666	1,421

Tabel 2 Lanjutan

d (mm)	w (mm)	l (mm)	L_s (mm)	W_s (mm)	Nilai VSWR	
					Frek. 2,45 GHz	Frek. 3,35 GHz
2	8	9	11	17	2,665	1,305
3	1	6	17	29	3,695	3,974
3	2	7	15	27	3,74	4,322
3	3	8	13	25	3,637	1,99
3	4	9	11	23	3,527	3,772
3	5	9	11	21	3,496	1,477
3	6	9	11	19	3,476	2,382
3	7	9	11	17	3,464	3,15
3	8	9	11	15	3,458	2,872
4	1	7	15	27	5,768	3,562
4	2	8	13	25	5,631	2,81
4	3	9	11	23	5,223	5,132
4	4	9	11	21	5,106	1,601
4	5	9	11	19	5,028	3,7
4	6	10	9	17	4,707	5,153
4	7	10	9	15	4,685	4,609
4	8	9	11	13	4,927	4,699

Dari hasil iterasi pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai $VSWR \leq 2$ belum terpenuhi, sehingga hasil iterasi optimal yang mendekati $VSWR \leq 2$ pada Tabel 2 tersebut diiterasi kembali dengan mengubah letak titik pencatu dengan cara menggesernya ke sebelah kiri dan ke sebelah kanan dari *patch*. Pencatu digeser secara bertahap baik ke arah kiri W_1 maupun ke kanan W_2 sejauh 1 mm. Hasil iterasi pada penggeseran ke kiri ditunjukkan pada Tabel 3, sedangkan pada penggeseran ke kanan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil Iterasi Letak Titik Pencatu Antena Geser Kiri

d (mm)	w (mm)	W_1 (mm)	W_2 (mm)	Nilai VSWR	
				Pencatu Geser ke Kiri	
				Frekuensi 2,45 GHz	Frekuensi 3,35 GHz
1	1	0	34	1,877	1,312
1	2	0	34	1,894	1,821
1	3	0	34	1,878	1,259
1	4	0	34	1,879	1,872
1	5	0	34	1,862	1,441
1	6	0	34	1,85	3,004
1	7	0	34	1,838	4,048
1	8	0	34	1,848	1,963
2	1	0	34	2,294	1,469

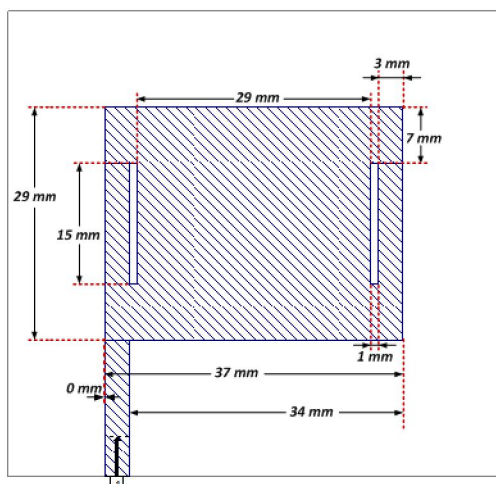
Tabel 3 Lanjutan

d (mm)	w (mm)	W_1 (mm)	W_2 (mm)	Nilai VSWR	
				Pencatu Geser ke Kiri	
				Frekuensi 2,45 GHz	Frekuensi 3,35 GHz
2	1	0	34	2,294	1,469
2	2	0	34	2,315	1,211
2	3	0	34	2,28	1,721
2	4	0	34	2,257	2,404
2	5	0	34	2,235	1,865
2	6	0	34	2,224	1,05
2	7	0	34	2,216	1,411
2	8	0	34	2,212	1,564

Tabel 4. Hasil Iterasi Letak Titik Pencatu Antena Geser Kanan

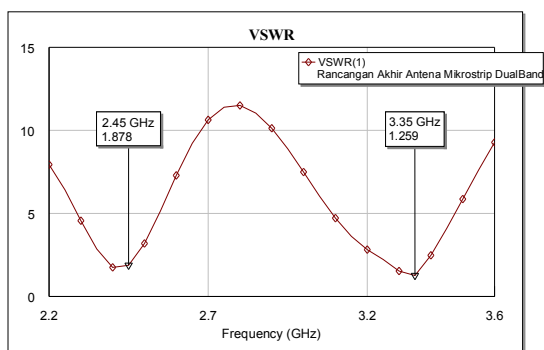
d (mm)	w (mm)	W_1 (mm)	W_2 (mm)	Nilai VSWR	
				Pencatu Geser ke Kanan	
				Frekuensi 2,45 GHz	Frekuensi 3,35 GHz
1	1	34	0	1,877	1,312
1	2	34	0	1,894	1,821
1	3	34	0	1,878	1,259
1	4	34	0	1,878	1,873
1	5	34	0	1,862	1,441
1	6	34	0	1,85	3,004
1	7	34	0	1,839	4,048
1	8	34	0	1,848	1,963
2	1	34	0	2,294	1,469
2	2	0	34	2,315	1,211
2	3	0	34	2,28	1,721
2	4	0	34	2,257	2,404
2	5	0	34	2,235	1,865
2	6	0	34	2,224	1,05
2	7	0	34	2,216	1,411
2	8	0	34	2,212	1,564

Dari hasil iterasi letak titik pencatu pada Tabel 3 dan 4 dapat dilihat bahwa nilai $VSWR \leq 2$ sudah terpenuhi. Dari tabel diketahui bahwa terdapat enam iterasi yang memenuhi nilai $VSWR \leq 2$, namun iterasi dengan nilai $VSWR$ optimal yaitu 1,878 untuk frekuensi 2,45 GHz dan 1,259 untuk frekuensi 3,35 GHz dengan ukuran panjang dan lebar *slot* $L_s = 15$ mm dan $d = 1$ mm. Posisi *slot* pada jarak $w = 3$ mm, $l = 7$ mm dan $W_s = 29$ mm. Jarak letak titik pencatu $W_1 = 0$ mm dan $W_2 = 34$ mm pada penggeseran ke kiri maupun ke kanan. Rancangan akhir antenna dengan nilai $VSWR$ optimal ditunjukkan pada Gambar 10.



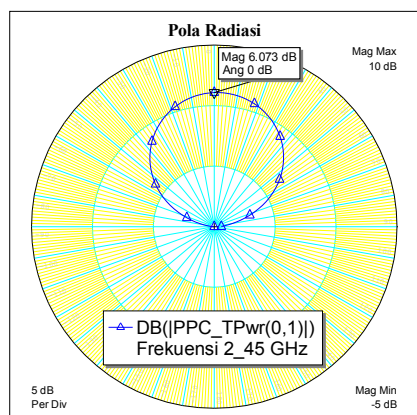
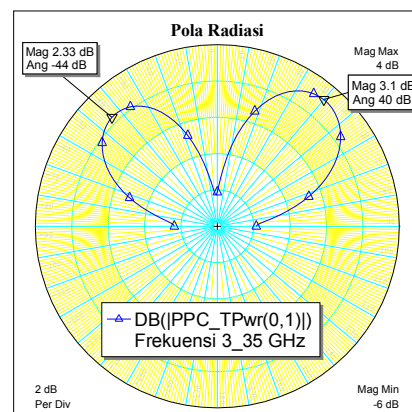
Gambar 10. Rancangan Akhir Antena.

Nilai VSWR optimal dari Tabel 3 dan Tabel 4 ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Nilai VSWR Optimal Antena.

Pola radiasinya adalah *Uni Directional* dengan nilai *gain* 6,073 dB pada frekuensi 2,45 GHz dan *Bidirectional* dengan nilai *gain* 2,33 dB dan 3,1 dB pada frekuensi 3,35 GHz. Pola radiasi dan *gain* ditunjukkan masing – masing pada Gambar 12 dan Gambar 13.

Gambar 12. Pola Radiasi dan *Gain* Frekuensi 2,45 GHz.Gambar 13. Pola Radiasi dan *Gain* Frekuensi 3,35 GHz.

Nilai *bandwidth* untuk frekuensi 2,45 GHz diperoleh :

$$\text{Bandwidth} = \frac{2,455 - 2,389}{2,45} \times 100\% = 2,69\%$$

Untuk frekuensi 3,35 GHz, nilai *bandwidth* diperoleh :

$$\text{Bandwidth} = \frac{3,38 - 3,266}{3,35} \times 100\% = 3,4\%$$

4.2 Analisis Perbandingan Hasil Simulasi dan Teori

Dari hasil rancangan dan simulasi diperoleh spesifikasi antenna yang kemudian dapat dibandingkan dan dianalisis berdasarkan parameter – parameter yang ditentukan. Parameter – parameter yang dianalisis secara simulasi dan secara teori adalah VSWR, *gain* dan *bandwidth*. Perbandingan hasil simulasi dengan teori ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pencapaian Spesifikasi Antena

No.	Parameter Antena	Simulasi		Teori	
		Frekuensi		Frekuensi	
		2,45 GHz	3,35 GHz	2,45 GHz	3,35 GHz
1	VSWR	1,878	1,259	1,229	1,232
2	<i>Gain</i> (dB)	6,073	2,33 3,1	3,955	7,395
3	<i>Bandwidth</i>	2,69%	3,4%	2,69%	3,4%

Dari Tabel 5, dapat diketahui bahwa antenna mikrostrip *patch* segi empat telah mampu memenuhi pencapaian parameter yang diinginkan. Pada saat simulasi *gain* yang diperoleh pada frekuensi 2,45 GHz sebesar

6,073dB, dengan nilai VSWR sebesar 1,878. *Gain* yang diperoleh dalam perhitungan diperoleh sebesar 3,955 dB. Besar VSWR yang diperoleh secara teori sebesar 1,229. Pada frekuensi 3,35 GHz, secara simulasi *gain* diperoleh sebesar 2,33 dB dan 3,1 dB dan secara teori diperoleh 7,395 dB. Pada saat simulasi nilai VSWR yang diperoleh sebesar 1,259 secara teori diperoleh sebesar 1,232. Namun pada awal sebelum dilakukan proses iterasi nilai VSWR yang diperoleh secara simulasi untuk frekuensi 2,45 GHz sebesar 2,138 dan frekuensi 3,35 GHz sebesar 31,25. Diketahui sebelumnya bahwa nilai VSWR paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 ($VSWR = 1$) yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna, namun kondisi ini pada praktiknya sulit untuk didapatkan. Pada umumnya nilai VSWR yang dianggap masih baik adalah saat nilai $VSWR \leq 2$. Dilatarbelakangi hal inilah saat simulasi dilakukan proses iterasi sehingga kemudian diperoleh nilai $VSWR \leq 2$. Nilai VSWR yang diperoleh dari simulasi disebabkan perubahan ukuran dimensi *slot*, letak posisi *slot* dan letak posisi titik pencatu.

5. Kesimpulan

Dari pembahasan tentang mikrostrip *patch* segi empat *slots dual-band*, diperoleh beberapa kesimpulan antara lain:

1. Nilai VSWR yang diperoleh dari perhitungan dalam perancangan ini adalah 1,229 untuk frekuensi 2,45 GHz dan nilai 1,232 untuk frekuensi 3,35 GHz sedangkan dari hasil simulasi nilai VSWR pada frekuensi 2,45 GHz adalah 1,878 dan pada frekuensi 3,35 GHz adalah 1,259.
2. Nilai *gain* dari perancangan antenna mikrostrip *patch* segi empat *slots dual-band* pada frekuensi 2,45 GHz adalah 3,955 dB dan pada frekuensi 3,35 GHz adalah 7,395 dB. Sedangkan dari hasil simulasi nilai *gain* pada frekuensi 2,45 GHz adalah 6,073 dB dan pada frekuensi 3,35 GHz adalah 2,33 dB dan 3,1 dB.
3. Hasil perancangan antenna mikrostrip *patch* segi empat *slots dual-band* dapat diperoleh dengan baik dengan mengubah ukuran dimensi *slot*, letak posisi *slot* dan letak posisi titik pencatu *patch* antenna.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Surjati, I. (2010). Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya, Jakarta. Universitas Trisakti.

- [2] Rambe, Ali Hanafiah (2008). Rancang bangunan antenna mikrostrip *patch* segiempat planar array 4 elemen dengan pencatutan *aperture-coupled* untuk aplikasi CPE pada wimax. Tesis Teknik Elektro Universitas Indonesia.
- [3] Maci, S., & Gentili, G. B. (1997). Dual-frequency patch antennas. *Antennas and Propagation Magazine, IEEE*, 39(6), 13-20.