

RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP *PATCH* SEGIEMPAT PADA FREKUENSI 2,4 GHz DENGAN METODE PENCATUAN *INSET*

Denny Pasaribu⁽¹⁾, Ali Hanafiah Rambe⁽²⁾

Konsentrasi Teknik Telekomunikasi, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA
e-mail: dennypasaribu251@gmail.com

Abstrak

Antena menjadi perangkat yang sangat penting dalam komunikasi nirkabel. Seiring dengan kemajuan teknologi dan berkembangnya teknologi semikonduktor memicu akan kebutuhan perangkat antena dengan dimensi kecil, mudah difabrikasi serta mudah diintegrasikan dengan perangkat komunikasi yang semakin kecil. Antena mikrostrip dapat menjadi solusi memenuhi kebutuhan antena tersebut. Pada Jurnal ini, dirancang sebuah antena mikrostrip *patch* segiempat yang bekerja pada frekuensi 2,45 GHz (2,4 GHz – 2,5GHz) untuk aplikasi *wifi*. Antena dirancang menggunakan teknik pencatuan *inset*, dimana pencatuan ini merupakan turunan dari pencatuan *microstrip feed line*. Berdasarkan hasil pengukuran, *bandwidth* antena yang diperoleh sebesar 112 MHz (2,388 – 2,5 GHz) pada $VSWR \leq 2$. Pada frekuensi tengah antena (2,45 GHz) diperoleh *return loss* sebesar -14,77 dB, *VSWR* sebesar 1,45, pola radiasi *unidirectional*, serta *gain* 6 dBi.

Kata Kunci: Antena mikrostrip, *bandwidth*, *return loss*, pola radiasi, *gain*

1. Pendahuluan

Teknologi komunikasi *wireless* berkembang sangat pesat. Hal ini disebabkan tingkat kepraktisan dalam penggunaan dan sangat cocok untuk seseorang yang memiliki mobilitas yang tinggi. Antena menjadi bagian penting dalam teknologi komunikasi *wireless* karena antena digunakan sebagai konverter arus listrik menjadi gelombang elektromagnetik terbimbing ke udara dan sebaliknya.

Penggunaan antena mikrostrip memiliki kelebihan diantaranya mempunyai luas penampang yang tipis, mudah dalam fabrikasi, ukuran yang kecil dan ringan, serta dapat diintegrasikan dengan perangkat komunikasi nirkabel yang ada. Selain memiliki kelebihan, penggunaan antena mikrostrip juga memiliki beberapa kelemahan diantaranya, *gain* yang rendah, *bandwidth* yang sempit, efisiensi yang rendah, serta ukurannya yang kecil mengakibatkan perlunya ketelitian yang tinggi dalam perancangan dan pembuatannya[2].

Perancangan antena dilakukan agar diperoleh karakteristik antena seefisien mungkin. Penggunaan antena sebagai pemancar dan penerima gelombang radio untuk aplikasi *wifi*

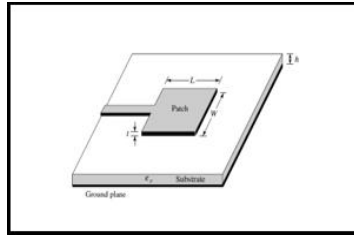
pada frekuensi 2,4 GHz telah banyak diciptakan. Untuk itu, antena mikrostrip *patch* segiempat dengan metode pencatuan *inset* dirancang berdasarkan teori pendukung yang telah ada untuk diaplikasikan dalam bentuk fisik dengan karakteristik antenanya memiliki pancaran gelombang elektromagnetik pada satu arah tertentu saja. Hal ini ditujukan untuk mengoptimalkan pancaran gelombang elektromagnetik antena.

2. DasarTeori

2.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antena yang berbentuk papan tipis yang mampu bekerja pada frekuensi yang sangat tinggi. Antena mikrostrip dibuat dengan menggunakan sebuah substrat yang mempunyai tiga buah lapisan struktur dari substrat tersebut. Struktur tersebut terdiri dari *patch* antena yang sangat tipis ($t \ll \lambda_0$, λ_0 adalah panjang gelombang di ruang hampa) dan bidang pentanahan atau *ground plane* yang dapat dicetak pada satu atau lebih dielektrik substrat ($h \ll \lambda_0$, biasanya 0,0003

$\lambda_0 \leq h \leq 0,05 \lambda_0$ [2] seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Antena mikrostrip

Pendekatan yang digunakan untuk mencari panjang dan lebar antena mikrostrip *patch* segiempat dapat menggunakan Persamaan 1 [1].

$$W = \frac{c}{2 f_r \sqrt{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

Untuk menentukan panjang *patch* (L) diperlukan parameter ΔL yang merupakan pertambahan panjang dari L akibat adanya *fringing effect* yaitu efek pada elemen peradiasi antena mikrostrip terlihat lebih besar dari dimensi fisiknya. Pertambahan panjang dari L (ΔL) tersebut dapat dihitung menggunakan Persamaan 2 [1].

$$\Delta L = 0,412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8\right)} \quad (2)$$

dimana h merupakan tebal substrat dan $\epsilon_{r \text{ eff}}$ merupakan konstanta dielektrik relatif yang ditentukan dengan Persamaan 3 [1]

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W}\right]^{-1/2} \quad (3)$$

panjang *patch* (L) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 4 [1]

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (4)$$

dimana L_{eff} merupakan lebar *patch* efektif yang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 5 [1]

$$L_{eff} = \frac{c}{2 f_r \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (5)$$

Untuk perhitungan ukuran saluran pencatu *inset* dilakukan dengan menghitung lebar dan panjangnya. Lebar saluran pencatu *inset* (W_0) dihitung dengan Persamaan 6 [3]:

$$\frac{W_0}{h} = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} \quad (6)$$

Persamaan (6) berlaku untuk nilai $\frac{W_0}{h} < 2$, sedangkan untuk $\frac{W_0}{h} > 2$ nilai W_0 ditunjukkan oleh Persamaan (7) [4]:

$$\frac{W_0}{h} = \frac{2}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right] \quad (7)$$

dengan A dan B bernilai seperti Persamaan (8) dan (9):

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left(0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right) \quad (8)$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (9)$$

Untuk menghitung panjang saluran pencatu (y_0) digunakan Persamaan 10, dimana persamaan ini *valid* untuk nilai $2 \leq \epsilon_r \leq 10$ [5]:

$$Y_0 = 10^{-4} (0,001699\epsilon_r^7 + 0,13761\epsilon_r^6 - 6,1783\epsilon_r^5 + 93,187\epsilon_r^4 - 682,69\epsilon_r^3 + 2561,9\epsilon_r^2 - 4043\epsilon_r + 6697) \frac{L}{h} \quad (10)$$

Penentuan besar *ground plane* pada desain antena mikrostrip *patch* segiempat perlu dilakukan sesuai ketentuan karena akan berpengaruh pada tinggi rendahnya *gain* yang dihasilkan. Idealnya, luas dan tebal dari *ground plane* tidak terbatas atau dikenal dengan istilah *infinite ground plane* namun dalam prakteknya tidak mungkin terealisasi hanya bisa disiasati sesuai kebutuhan.

2.2 Parameter-Parameter Antena Mikrostrip

Ada beberapa parameter-parameter penting sebagai karakteristik antena yang biasanya ditentukan pada pengamatan medan jauh (*far field*) [6].

2.2.1 VSWR

VSWR adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V|_{\max}$) dengan minimum ($|V|_{\min}$). Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan (V_0+) dan tegangan yang direfleksikan (V_0-). Perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan tegangan yang dikirimkan disebut sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ) [7].

Persamaan 11 digunakan untuk mencari nilai VSWR atau S.

$$S = \frac{|V|_{\max}}{|V|_{\min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (11)$$

Kondisi yang paling baik adalah ketika nilai VSWR sama dengan 1 atau $S = 1$, yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna. [2]

2.2.2 Bandwidth

Nilai *Bandwidth* dapat diketahui apabila nilai frekuensi bawah dan frekuensi atas dari

suatu antenna sudah diketahui.[2]. Misalkan sebuah antenna bekerja pada frekuensi tengah sebesar f_c , namun ia juga masih dapat bekerja dengan baik pada frekuensi f_1 (dibawah f_c) sampai dengan f_2 (diatas f_c), maka lebar *bandwidth* dari antenna tersebut adalah $(f_2 - f_1)$. Tetapi apabila dinyatakan dalam persen, maka *bandwidth* antenna tersebut dinyatakan dengan Persamaan 12 [7]:

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100 \% \quad (12)$$

2.2.3 Gain

Gain adalah perbandingan antara intensitas radiasi suatu antenna pada suatu arah utama dengan intensitas radiasi dari antenna isotropik yang menggunakan sumber daya masukan yang sama dan dinyatakan dengan Persamaan 13[2].

$$G = D \cdot \eta \quad (13)$$

Dengan D adalah *directivity* dan η adalah efisiensi antenna. Ketika antenna digunakan pada suatu sistem, biasanya lebih menarik pada bagaimana efisien suatu antenna untuk memindahkan daya yang terdapat pada terminal input menjadi daya radiasi. Untuk menyatakan ini, *power gain* (atau *gain* saja) didefinisikan sebagai 4π kali ratio dari intensitas pada suatu arah dengan daya yang diterima antenna, dinyatakan dengan persamaan 14 [2].

$$G(\theta, \phi) = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (14)$$

Metode yang paling banyak digunakan untuk mengukur *gain* antenna adalah metode perbandingan atau *gain transfer method*. Cara ini mempergunakan penguatan standar untuk menentukan penguatan absolut. Mula-mula dilakukan pengukuran *gain* relatif terhadap antenna standar yang penguatannya sudah ditera atau diketahui.

Pertama antenna yang diukur ditempatkan sebagai penerima dan daya yang diterima antenna diteruskan ke beban yang sesuai sambil direkam. Kemudian antenna pembanding atau referensi menggantikan antenna yang diukur dan daya yang diterima diteruskan ke beban yang sesuai yang sama sambil direkam juga. Untuk kedua keadaan, antenna diarahkan pada polarisasi yang sesuai dan penerimaan maksimumnya. Dalam kedua pengukuran daya pemancar tetap sama dan kondisi di daerah penerimaan juga sama, hanya terjadi penggantian antenna saja. Dari pengukuran kedua antenna didapat perhitungan *gain* seperti Persamaan 15 [8].

$$(G_T)dB = (G_S)dB + 10 \log \frac{W_T}{W_S} \quad (15)$$

atau dalam satuan dB dinyatakan pada Persamaan 16.

$$G_t (dB) = P_t(dB) - P_s(dB) + G_s(dB) \quad (16)$$

dimana:

- G_t = *gain* antenna yang akan diukur
- P_s = pengukuran daya *output* yang diterima oleh antenna *standard* (dB)
- P_t = pengukuran daya *output* yang diterima oleh antenna yang mau diukur (dB)
- G_s = *gain* antenna *standard* (sudah diketahui)
- W_T = daya yang diterima oleh antenna yang diukur (watt)
- W_S = daya yang diterima oleh antenna *standard* (watt)

2.2.4 Return Loss

Return loss dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antenna), sehingga tidak semua daya yang diradiasikan melainkan ada yang dipantulkan kembali. [2].

Nilai *return loss* dapat dicari dengan cara memasukkan koefisien tegangan $[\Gamma]$ ke dalam Persamaan 17:

$$ReturnLoss = 20 \log_{10} |\Gamma| \quad (17)$$

2.2.5 Pola Radiasi

Pola radiasi didefinisikan sebagai sebuah fungsi matematika atau representasi grafik dalam fungsi koordinat ruang dari sifat radiasi antenna. Sifat radiasi dapat meliputi kerapatan *flux*, intensitas radiasi, kuat medan, atau polarisasi. Biasanya sifat dari radiasi yang sangat penting ialah persebaran secara tiga dimensi atau dua dimensi dari energi yang diradiasikan antenna[1].

2.2.6 Directivity

Keterarahan dari sebuah antenna didefinisikan sebagai perbandingan (rasio) intensitas radiasi sebuah antenna pada arah tertentu dengan intensitas radiasi rata-rata pada satu arah[2]. Intensitas radiasi rata-rata sama dengan jumlah daya yang diradiasikan oleh antenna dibagi dengan 4π . Dengan demikian, keterarahan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 18.

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{P_{Rad}} \quad (18)$$

2.2.7 Impedansi Masukan

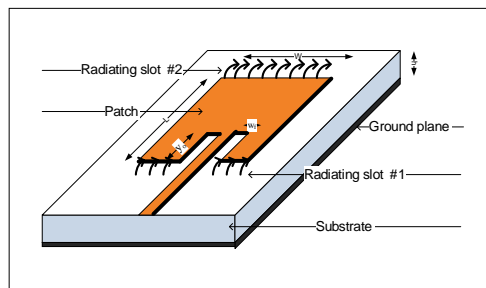
Impedansi masukan adalah perbandingan antara tegangan dan arus. Impedansi masukan disebut juga sebagai impedansi dari antenna tersebut pada terminalnya[2]. Impedansi masukan

(Z_{in}) terdiri dari bagian real (R_{in}) dan imajiner (X_{in}) dan dapat ditulis sesuai Persamaan 19.

$$Z_{in} = (R_{in} + jX_{in}) \Omega \quad (19)$$

2.3 Teknik Pencatuan *Inset*

Pencatuan *inset* merupakan turunan dari pencatuan *microstrip line*. Bentuk pencatuan hampir mirip dengan pencatuan *microstrip line*, bedanya terlihat dari hubungan antara *patch* antenna dan catuannya terlihat sedikit menjorok kearah *patch* antenna mikrostrip tersebut. Tujuan dari pemotongan *patch* membentuk pencatuan *inset* agar menyamakan impedansi *feed line* dengan *patch* tanpa perlu penambahan elemen lain seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Antena mikrostrip dengan pencatuan *microstrip inset line*

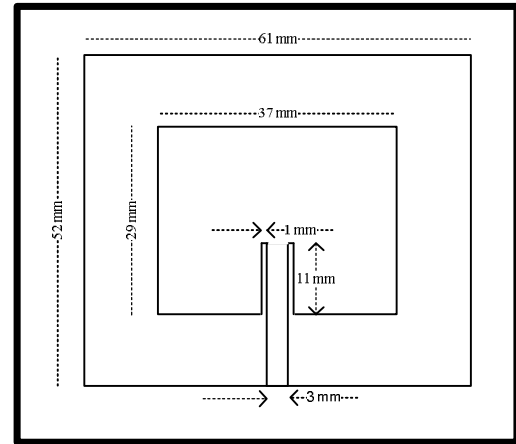
3. Perancangan

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Persamaan 1-10, diperoleh dimensi fisik antenna awal sesuai Tabel 1. Perancangan antenna menggunakan substrat *epoxy FR4* dengan konstanta dielektrik 4,4 dan frekuensi resonansi 2,45 GHz.

Tabel 1. Hasil perhitungan dimensi antenna sesuai persamaan

Dimensi	Hasil (mm)
Lebar (<i>patch</i>)	37
Panjang (<i>patch</i>)	29
Lebar saluran pencatu	3
Panjang <i>inset</i>	11
Lebar <i>ground plane</i>	61
Panjang <i>ground plane</i>	51

Dari hasil diatas, dibuat sketsa awal seperti pada Gambar 3 lalu disimulasikan dengan menggunakan bantuan *software* AWR 2004 dengan spesifikasi yang diinginkan berupa *return loss* $\leq -9,54$ dB, *VSWR* ≤ 2 , *bandwidth* berkisar 1-5%, pola radiasi *unidirectional*, serta *gain* ≥ 5 dBi.



Gambar 3. Desain antenna mikrostrip *patch* segiempat dengan pencatuan *inset*

4. Hasil dan Pembahasan

Pada hasil simulasi (*inset* 11 mm) diperoleh nilai *return loss* yang beresonansi pada frekuensi 2,43GHz dengan nilai S-parameter (*return loss*) -5,832 dB, *VSWR* 3,094, dan *gain* 5,858 dB.

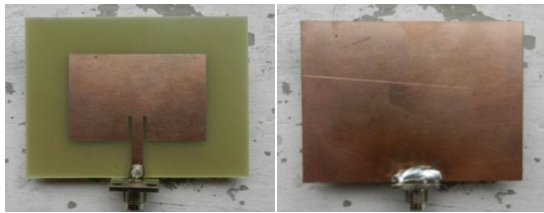
Hasil yang diperoleh belum sesuai dengan spesifikasi awal yang diinginkan yaitu bekerja pada frekuensi 2,45 GHz. Untuk itu perlu dilakukan iterasi ukuran *inset* seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil iterasi ukuran *inset* antenna mikrostrip pada AWR 2004

Ukuran <i>inset</i> (mm)	Frekuensi Resonansi	<i>Return Loss</i> (dB)	<i>VSWR</i>
16	2,4	-0,5577	31,16
15	2,4	-0,4349	39,946
14	2,4	-0,9240	18,82
13	2,415	-1,982	8,805
12	2,43	-3,647	4,834
11	2,43	-5,832	3,094
10	2,44	-8,747	2,151
9	2,45	-12,68	1,605
8	2,45	-18,38	1,274
7	2,45	-21,49	1,184
6	2,45	-17,8	1,296
5	2,45	-15,43	1,408
4	2,45	-14,1	1,492
3	2,45	-12,96	1,581
2	2,45	-11,95	1,681
1	2,45	-11,07	1,776

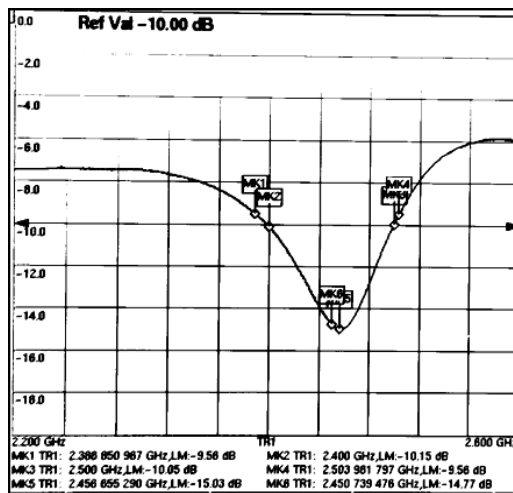
Pengukuran antenna dilakukan di Aula Departemen Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara menggunakan alat ukur *Network*

Analyzer Anritsu MS2034B. Berdasarkan hasil simulasi, antenna yang akan difabrikasi ialah antenna dengan panjang *inset* 7 mm seperti ditunjukkan oleh Gambar 4.

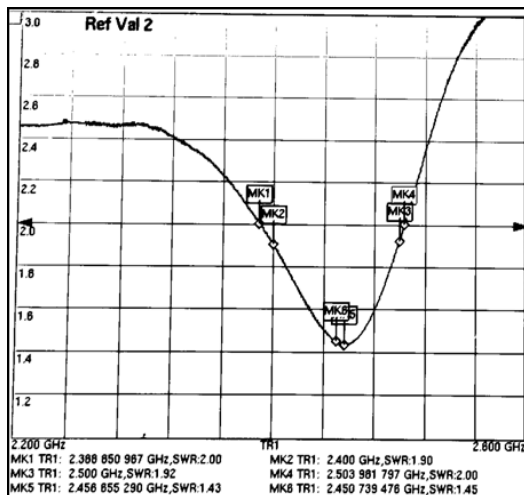


Gambar 4. Antena hasil fabrikasi

Setelah dilakukan pengukuran, diperoleh hasil seperti grafik pada Gambar 5 dan 6 dimana antenna dengan panjang *inset* 7 mm tersebut sudah dapat beresonansi pada frekuensi kerja 2,45 GHz dengan nilai *return loss* -14,77 dB dan nilai VSWR nya 1,45.



Gambar 5. Grafik *return loss* hasil pengukuran



Gambar 6. Grafik VSWR hasil pengukuran

Unjuk kerja antenna hasil rancangan juga dilihat dari nilai *bandwidth*. Untuk perhitungan *bandwidth* digunakan acuan data pada VSWR ≤ 2. Pada Gambar 6 sebelumnya, dapat dilihat bahwa pada MK1 (f_2) nilai VSWRnya 2,00 pada frekuensi 2,388 GHz dan pada MK2 (f_1) nilai VSWRnya 2,00 pada frekuensi 2,5 GHz. Maka besar *bandwidth* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 12.

$$Bandwidth = |f_1 - f_2|$$

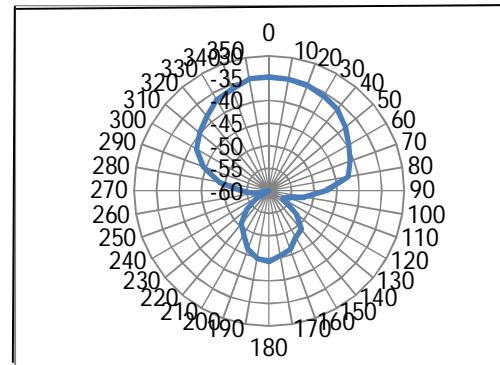
$$bandwidth = |2,5 - 2,388| \text{ GHz} = 112 \text{ MHz}$$

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

$$\% bandwidth = \frac{(2,5 - 2,388) \text{ GHz}}{2,45 \text{ GHz}} \times 100\%$$

$$= 4,57 \%$$

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan diperoleh hasil polaradiasi seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pola radiasi antenna fabrikasi pada *inset* 7 mm

Pengujian *gain* dilakukan dengan menggunakan bantuan *software Netsurveyor* untuk melihat kuat sinyal yang mampu diperoleh antenna. Pada *software Netsurveyor* ini dapat dilihat besar level penerimaan kuat sinyal antenna yang digunakan. Pengujian *gain* dilakukan dengan metode *gain transfer* dan menggunakan bantuan antenna *dipol* (4 dBi) sebagai antenna referensi serta *access point* yang digunakan berasal dari *wifi Android AP5950*.

Untuk langkah awal dilakukan pengukuran level penerimaan kuat sinyal dengan menggunakan antenna *dipol*. Dari pengamatan dapat dilihat level penerimaan kuat sinyal yang diperoleh antenna *dipol* sebesar -56 dBm. Langkah selanjutnya ialah mengganti antenna *dipol* dengan antenna mikrostrip *inset* 7 mm untuk memperoleh nilai level penerimaan kuat sinyalnya. Dari pengamatan dilihat level penerimaan kuat sinyal

yang diperoleh antenna mikrostrip sebesar -52 dBm.

Sehinggagain antenna dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 16.

$$G_t(dB) = P_t(dB) - P_s(dB) + G_s(dB)$$

$$G_t(dB) = -52(dB) - (-56)(dB) + 4(dB)$$

$$G_t(dB) = 6 dBi$$

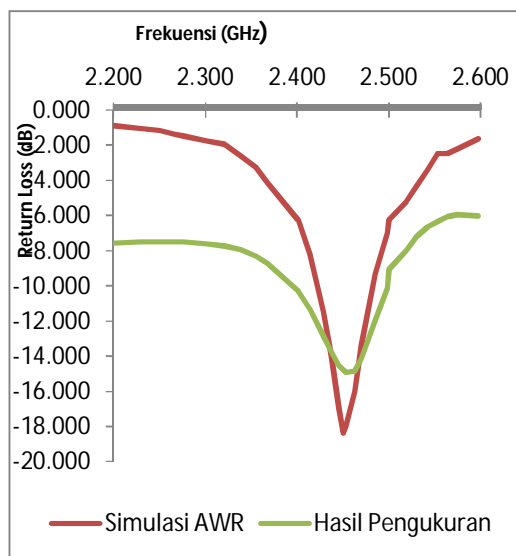
Dari perhitungan diatas diperoleh nilai gain sebesar 6 dBi.

Berdasarkan pengukuran, diperoleh hasil capaian spesifikasi antenna seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel3. Capaian spesifikasi antenna

Parameter Antena	Hasil spesifikasi yang diinginkan	Hasil Spesifikasi Simulasi	Hasil Spesifikasi Pengukuran
Return loss	-9,54 dB	-21,41 dB	-14,77 dB
VSWR	≤ 2	1,19	1,45
Bandwidth	1-5%	2,04 %	4,57 %
Pola radiasi	Uni-directional	Uni-directional	Uni-directional
Gain	≥ 5 dBi	5,868 dBi	6 dBi

Pada Gambar 8 ditunjukkan perbedaan hasil yang diperoleh dalam bentuk grafik untuk parameter *return loss*.



Gambar 8. Grafik perbedaan nilai *return loss* secara simulasi dan pengukuran

5. Kesimpulan

Pada Jurnal ini dirancang bangun antenna mikrostrip *patch* segiempat dengan pencatutan *inset* (7 mm) untuk aplikasi *wifi* protokol IEEE 802.11b (2,4 GHz) dengan spesifikasi antenna seperti berikut :

1. Antena memiliki nilai *return loss* sebesar -14,77dB di frekuensi resonansi 2,45 GHz.
2. Antena memiliki nilai VSWR sebesar 1,45 di frekuensi resonansi 2,45 GHz.
3. *Bandwidth* antenna yang diperoleh sebesar 112 MHz atau sekitar 4,57%
4. Pola radiasi antenna ialah *unidirectional*
5. *Gain* antenna yang diperoleh sebesar 6 dBi.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Manaon Pasaribu dan Maslan Silaen selaku orang tua Penulis, juga Naemah Mubarakah, S.T., M.T. dan Ir. Arman Sani, M.T. selaku dosen penguji penulis yang sudah membantu penulis dalam menyelesaikan paper ini, serta teman-teman penulis yang sudah memberikan dukungan selama pembuatan paper ini.

7. Daftar Pustaka

- [1] Balanis, C.A., "Antenna Theory Analysis and Design", third edition, Wiley inc:New Jersey.2005.
- [2] Surjati, I, "Antena Mikrostrip Konsep dan Aplikasinya", ISBN:978-979-26-89520, Universitas Trisakti: Jakarta.2010.
- [3] Kumar, G & Ray, K. P., "Broadband Microstrip Antennas", ISBN:1-58053-244-6, Artech House.Inc:London.2003
- [4] James,R,H & Hall,J,S., "Handbook of Microstrip Antennas", Peter Peregrinus Ltd:London(UK).1989
- [5] Ramesh, M., YIP KB, "Design Formula for Inset Fed Microstrip Patch Antena," Journal of Microwave and Optoelectronics, Desember 2003.
- [6] Alaydrus,M., "Antena: Prinsip dan Aplikasi", Jakarta:Graha Ilmu. 2011
- [7] Misra,D,K, "Radio Frequency And Microwave Communication Circuit: Analysis and Design", Second edition, Wiley Interscience:New Jersey.2004.
- [8] J, Herman.,Sistem Antena : Diktat Kuliah. Bandung.