

PERANCANGAN DAN SIMULASI ANTENA MIKROSTRIP SATU ELEMEN PADA FREKUENSI WLAN 2,4 GHZ

Sofitri Rahayu, Tri Arif Wiharso
 Prodi Teknik Elektro
 Universitas Garut

Abstrak

Wireless LAN (WLAN) adalah jaringan telekomunikasi lokal yang meliputi daerah satu gedung, satu kantor, satu wilayah, yang tidak menggunakan media transmisi kabel. Antena mikrostrip adalah salah satu jenis antena yang memiliki kelebihan dalam bentuknya yang sederhana, ringan dan dapat dibuat sesuai dengan kebutuhan. Antena mikrostrip terdiri dari 3 bagian utama, yaitu *patch*, *subtrat*, dan *ground*. Tujuan dari penelitian ini membahas antena mikrostrip satu elemen pada frekuensi *WLAN 2,4 GHZ* (*2,4 GHZ – 2,4835 GHZ*) dengan mengaplikasikan *subtrat FR4 – Epoxy, Roger RT/Duroid 5880, Roger RT/Duroid 5870, Arlon Diclad 5, dan Arlon Cuclad* untuk meningkatkan *gain*.

Kata Kunci : *Antena Mikrostrip, Perancangan dan Simulasi, microstrip.*

Pendahuluan

Latar Belakang

Teknologi *wireless* yaitu proses komunikasi yang bisa dilakukan dimana saja dan kapan saja. Antena sebagai bagian dari perangkat telekomunikasi *wireless*, perannya sangat penting untuk pengubah gelombang listrik terbimbing menjadi gelombang listrik ruang bebas dan sebaliknya. Kebutuhan akan antena yang berdimensi kecil membuat banyak ilmuwan meneliti dan mendesain antena yang sesuai dengan kebutuhan, salah satunya antena mikrostrip.

Antena mikrostrip merupakan salah satu antena yang mengikuti perkembangan teknologi telekomunikasi. Antena ini mengalami perkembangan sejak 1970an dan masih terus dikembangkan hingga kini. Antena mikrostrip terdiri atas 3 bagian utama, yaitu *patch*, *subtrat*, dan *ground*. *Patch* merupakan bagian yang paling atas dari antena mikrostrip dan *subtrat* terletak di bawahnya, sedangkan *ground* terletak di bawah *subtrat*. Bentuk dari *patch*

bervariasi, ada yang bentuknya persegi panjang (*rectangular*), segitiga (*triangular*), dan lain-lain..

Beberapa keuntungan lain dari antena mikrostrip, yaitu : bentuk sederhana (*low profile*), dimensi kecil, mudah untuk difabrikasi, dan lain-lain, akan tetapi jenis antena ini memiliki beberapa kelemahan, diantaranya : *bandwidth* yang sempit, *gain* rendah, *efisiensi* yang rendah, serta rugi-rugi bahan harus diperhitungkan dalam perancangan, memiliki daya (*power*) yang rendah, dan timbulnya gelombang permukaan (*surface wave*)

$$f_r = \frac{c}{2} \left(\sqrt{\epsilon_{reff}} (L + 2\Delta L) \right)^{-1}$$

(2.19)

dimana :

c = kecepatan cahaya = $3 \cdot 10^8$ m/s

L = panjang *patch* (mm)

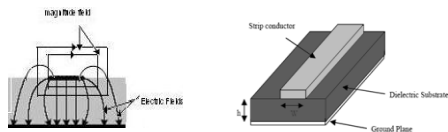
**Landasa Teori
 Antena Mikrostrip**

Antena mikrostrip memiliki struktur yang sederhana, analisis terhadap mekanisme radiasi dan karakteristik antena itu sendiri kompleks. Faktor utama yang menyebabkan kekompleksan ini adalah keberadaan bahan dielektrik diatas permukaan *ground plane*. Pengembangan teknik-teknik pendekatan analisis terhadap konfigurasi dan bentuk-bentuk *patch* tertentu telah dilakukan, tetapi tetap belum dapat menyediakan solusi yang tepat.

Ada tiga model yang dipakai dalam menjelaskan mekanisme radiasi antena mikrostrip, yaitu model saluran transmisi, model rongga (*cavity*) dan model gelombang penuh (*full wave*). Ketiga model ini memiliki kelebihan dan kekurangan, tetapi sangat membantu kita dalam memahami pengertian fisik dari antena mikrostrip.

Saluran Transmisi Mikrostrip

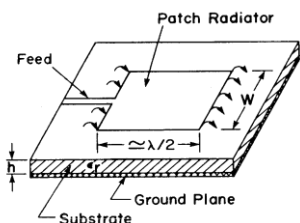
Saluran transmisi mikrostrip umumnya terbentuk dari tempelan konduktor memanjang diatas salah satu *substrat* dengan lebar tertentu. Sisi yang lain dari *substrat* adalah konduktor yang berfungsi sebagai *ground plane* (gambar 2.1). Saluran ini memiliki lebar *W* berada diatas *substrat* diatas *h*.



Gambar 1 Antena mikrostrip saluran *W* dan *H*

Model Saluran Transmisi

Konsep dasar dari saluran transmisi untuk antena mikrostrip diilustrasikan pada gambar 2.2. Pada gambar ini antena mikrostrip persegi memiliki panjang *L* dan lebar *W* dicatu oleh saluran transmisi mikrostrip pada satu *patch*.



Gambar 2 Konsep dasar antena mikrostrip saluran *W* dan *H*

Karakteristik-karakteristik Lain Antena Mikrostrip Persegi Frekuensi Resonansi Frekuensi resonansi antena mikrostrip dengan pencatutan saluran mikrostrip dapat ditentukan menggunakan persamaan

ϵ_{reff} = menyatakan *permitivitas relatif efektif*

$$\Delta L_c = 0,412h \frac{(\epsilon_{reff}+0,3)\left(\frac{W}{h}+0,264\right)}{(\epsilon_{reff}-0,258)\left(\frac{W}{h}+0,813\right)} \tag{2.20}$$

h = tebal *substrat* (*mm*)

Rangkaian radiasi dan Impedansi Input Resistansi radiasi dari antena mikrostrip persegi memenuhi persamaan

$$R_r = \frac{1}{G} = \frac{120\pi^2}{L_1^2}$$

dengan $L_1 =$

$$\int_0^\pi \sin^2\left(\frac{\pi W \cos\theta}{\lambda_0}\right) \tan^2\theta \sin\theta d\theta$$

Resistansi radiasi dari antena mikrostrip menurut Jackson dan Alexopolus untuk

$L < \frac{\lambda_0}{2\sqrt{\epsilon_r}}$ didekati dengan persamaan

$$R_r = 90 \frac{(\epsilon_r^2)}{(\epsilon_r - 1)} \left(\frac{L}{W}\right)^2$$

$$Z_{in} = 0,5 R_r \left\{ \cos^2(\beta \cdot y_p) + \left[\left(\frac{Z_0}{R_r}\right)^2 + \right. \right.$$

$$(\beta \cdot \Delta L_{oc})^2 \left. \begin{array}{l} \sin^2 \beta \cdot y_p - \\ \beta \cdot \Delta L_{oc} \sin 2\beta \cdot y_p \end{array} \right\}$$

dimana :

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda_0} \sqrt{\epsilon_{reff}}$$

Faktor Kualitas, Bandwidth, Direktivitas Beamwidth dan VSWR Faktor kualitas yang berhubungan dengan resistansi radiasi dari antenna mikrostrip dapat dihitung menggunakan persamaan

$$Q_r = \frac{c \sqrt{\epsilon_{reff}}}{4f_r h}$$

Ban *dwidth* antenna mikrostrip untuk VSWR < 2 diberikan oleh persamaan

$$BW = \frac{S - 1}{Q_r \sqrt{S}}$$

Directivitas atau pengarahannya suatu antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas radiasi maksimum suatu antenna dengan intensitas radiasi rata-rata antenna tersebut dikalikan dengan faktor 4π

$$D = \frac{4\pi U_m}{4\pi U_0}$$

dimana :

U_m = intensitas radiasi maksimum

U_0 = intensitas radiasi rata-rata

Dari [7,8] memberikan rumus pendekatan untuk menghitung *directivitas* antenna

$$D = \frac{4\pi U_m}{\theta_{BE} \theta_{BH}} = \frac{41253}{\theta_{BE}^0 \theta_{BH}^0}$$

Jadi dimensi antenna diketahui dan efisiensi antenna 0,6, maka

directivitasnya :

$$D = \frac{7,5 A_p}{\lambda^2}$$

dimana :

A_p = luas fisik antenna

Untuk satu elemen antenna mikrostrip, [9] merumuskan pendekatan bahwa *directivitas* untuk antenna mikrostrip persegi ditentukan oleh W terhadap panjang gelombang λ_0 :

$$D = \begin{cases} 6,6 & W \ll \lambda_0 \\ 8W/\lambda_0 & W \gg \lambda_0 \end{cases}$$

Half Power Beamwidth pada bidang E dan H dari antenna mikrostrip adalah

$$\theta_{BE} = 2 \cos^{-1} \sqrt{\frac{7,03 \lambda_0^2}{(3L^2 + h^2) 4\pi^2}}$$

$$\theta_{BH} = 2 \cos^{-1} \sqrt{\frac{1}{2 + k_0 W}}$$

dengan : $k_0 = \frac{2\pi}{\lambda}$

Gain antenna didefinisikan sebagai perbandingan rapat daya maksimum suatu antenna dengan rapat daya maksimum dari suatu antenna referensi dengan daya masuknya sama. Hubungan antara *gain* dengan *directivitas* :

$$G = \eta \cdot D$$

dimana :

η = faktor efisien antenna

Efisiensi antenna didefinisikan sebagai perbandingan daya yang diradiasikan terhadap seluruh daya yang masuk (total). Karena energi yang tersimpan sama untuk semua faktor kualitas, sehingga daya-daya ini sebanding dengan faktor kualitas.

$$\eta = \frac{P_{rad}}{P_{in}} = \frac{G_{rad}}{G_{in}} = \frac{R_{rad}}{R_{in}}$$

dengan :

$$\text{Faktor kualitas } Q = w \frac{C_{10}}{G_{in}}$$

dimana :

$$G_{in} = G_{rad} + G_{cu} + G_{di} + \frac{1}{R_r} + G_{cu} + G_{di}$$

$$C_{10} = \frac{\epsilon LW}{2h} \cos^{-2} \left(\frac{\pi y_0}{L} \right)$$

$$G_{CU} = R_s \frac{\pi^2 W}{2\omega^2 \mu^2 L h}$$

Dimana $R_s = \sqrt{\frac{\mu\omega}{2\sigma}}$

$$G_{ai} = \omega C_{10} \tan \delta$$

(2.39e)

dimana :

C_{10} = kapasitansi patch antena mikrostrip mode TM_{10}

G_{in} = konduktansi input

G_{rad} = konduktansi radiasi

G_{cu} = konduktansi loss referensi pada tegangan masuk

G_{ai} = konduktansi loss pada substrat

R_s = resistansi gelombang pada konduktor

VSWR antenna didefinisikan sebagai perbandingan level tegangan yang kembali ke pemancar (V-) dan yang datang menuju beban (V+) ke sumbernya lazim disebut koefisien pantul yang dinyatakan dengan symbol "Γ" atau dapat dituliskan :

$$\Gamma = \frac{V_-}{V_+}$$

Hubungan antara koefisien pantul, impedansi karakteristik saluran (Z_0) dan impedansi beban (Z_L) dapat ditulis :

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

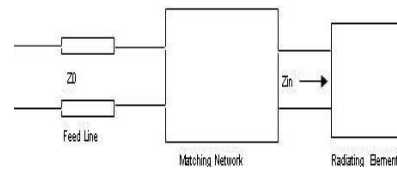
Besar nilai VSWR yang ideal adalah 1, yang berarti semua daya yang diradiasikan antena pemancar diterima oleh antena penerima (match).

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

Rangkaian Pencatu untuk Antena mikrostrip

Prinsip dari broadband impedance

matching diperlihatkan pada gambar 3. Rangkaian pencatu antena ditempatkan diantara impedansi beban (dalam hal impedansi input antena) dengan saluran transmisi yang tersambung ke peralatan. Idealnya rangkaian pencatu ini tidak meredam, walaupun masih meredam tetapi masih mampu menyalurkan daya yang cukup untuk sampai dibeban.



Gambar 3 broadband impedance matching

Perancangan Antena Mikrostrip

Tahapan perancangan dimulai dari menentukan frekuensi operasi yaitu pada range 2.4 GHz – 2.4835 GHz, pemilihan jenis substrat dan menentukan bentuk patch yang digunakan. Substrat yang digunakan adalah (a). Arlon Cuclad 250GX dengan permitivitas relatif $\epsilon_r = 2.5$ dan ketebalan substrat $h = 1.57 \text{ mm}$, (b). Arlon Di clad 552 dengan permitivitas relatif $\epsilon_r = 2.4$ dan ketebalan substrat $h = 1.57 \text{ mm}$, (c). Rogers RT/Duroid 5870 dengan permitivitas relatif $\epsilon_r = 2.33$ dan ketebalan substrat $h = 1.58 \text{ mm}$, (d). Rogers RT/Duroid 5880 dengan permitivitas relative $\epsilon_r = 2.2$ dan ketebalan substrat $h = 1.58 \text{ mm}$, (d). RF4 – Epoxy dengan permitivitas relatif $\epsilon_r = 4,4$ dan ketebalan substrat $h = 1.6 \text{ mm}$

Hasil dari perhtungan tersebut kemudian disimulasikan dengan

Software Ansoft HFSS v12 yang berfungsi untuk mendapatkan parameter-parameter antena yang dihasilkan berupa nilai *Impedansi*, *gain*, dan *VSWR*.

Penentuan Spesifikasi Antena

Langkah awal dari suatu perancangan adalah menentukan spesifikasi kerja yang diharapkan. Spesifikasi ini merupakan acuan dari perencanaan yang dilakukan. Spesifikasi yang direncanakan pada antena mikrostrip *rectangular patch* adalah :

1. Frekuensi bekerja pada *range* 2.4 GHz – 2.4835 GHz.
2. $SWR \leq 2$.
3. *Gain* antena ≥ 2
4. *Patch* antena mikrostrip berbentuk persegi panjang “ *rectangular patch* “

Pemilihan Subtrat untuk Antena

Perancangan antena mikrostrip sangat dipengaruhi oleh parameter *subtrat* yang dipakai. Parameter *subtrat* yang harus diketahui dalam perancangan antena mikrostrip adalah ketebalan *dielektrik*, *permitivitas subtrat*, ketebalan *konduktor* dan rugi – rugi *dielektrik*.

Pada penelitian ini, membandingkan nilai parameter dari setiap *subtrat* berupa :

- *Arlon Cuclad 250GX* dengan parameter :
 - *Permitivitas relatif*, $\epsilon_r = 2.5$
 - *Ketebalan dielektrik*, $h = 1.57mm$
 - *Ketebalan konduktor*, $t = 0.03556 mm$
 - *Loss tangen*, $\tan\delta = 0.0012$
- *Arlon Di clad 552* dengan parameter :
 - *Permitivitas relatif*, $\epsilon_r = 2.4$
 - *Ketebalan dielektrik*, $h = 1.57 mm$
 - *Ketebalan konduktor*, $t = 0.03556 mm$

- *Loss tangen*, $\tan\delta = 0.001$
- *Rogers RT/Duroid 5870* dengan parameter :
 - *Permitivitas relatif*, $\epsilon_r = 2.33$
 - *Ketebalan dielektrik*, $h = 1.58 mm$
 - *Ketebalan konduktor*, $t = 0.03556 mm$
 - *Loss tangen*, $\tan\delta = 0.001$
- *Rogers RT/Duroid 5880* dengan parameter :
 - *Permitivitas relatif*, $\epsilon_r = 2.2$
 - *Ketebalan dielektrik*, $h = 1.58 mm$
 - *Ketebalan konduktor*, $t = 0.03556 mm$
 - *Loss tangen*, $\tan\delta = 0.0009$
- *FR4 – Epoxy* dengan parameter :
 - *Permitivitas relatif*, $\epsilon_r = 4.4$
 - *Ketebalan dielektrik*, $h = 1.6 mm$
 - *Ketebalan konduktor*, $t = 0.03556 mm$
 - *Loss tangen*, $\tan\delta = 0.0022$

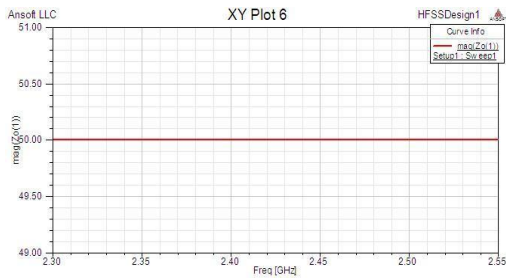
Hasil dan Simulasi

Pada perancangan ini, perlunya sebuah program simulator untuk membantu proses perancangan antena *microstrip rectangular patch*. Simulasi dilakukan untuk mengetahui parameter-parameter yang diinginkan seperti *VSWR*, *gain*, dan *impedansi*. Simulasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Ansoft HFSS v12*.

Karakteristik Antena Mikrostrip Persegi Panjang

Tahapan perancangan pertama kali adalah menentukan karakteristik antena yang diinginkan, karakteristik antena yang dimaksud frekuensi kerja, *Impedansi*, *gain*, dan *VSWR*.

- *Impedansi karakteristik port*
 Dari hasil simulasi diperoleh kurva *impedansi karakteristik port* adalah :



Gambar 4 kurva impedansi karakteristik port satu patch antenna

Dari kurva diperoleh harga impedansi karakteristik port seperti pada tabel 1

Tabel 1 Impedansi karakteristik port untuk berbagai nilai frekuensi satu patch antenna

N	Frekuensi (GHz)	Impedansi Karakteristik Port (Ω)
0		
1	2.400000	50.00000+0.00000 Oi
2	2.408333	50.00000+0.00000 Oi
3	2.416667	50.00000+0.00000 Oi
4	2.425000	50.00000+0.00000 Oi
5	2.433333	50.00000+0.00000 Oi
6	2.441667	50.00000+0.00000 Oi
7	2.450000	50.00000+0.00000 Oi
8	2.458633	50.00000+0.00000 Oi
9	2.466667	50.00000+0.00000 Oi
10	2.475000	50.00000+0.00000 Oi
11	2.483333	50.00000+0.00000 Oi
12	2.497667	50.00000+0.00000 Oi
13	2.512001	50.00000+0.00000 Oi

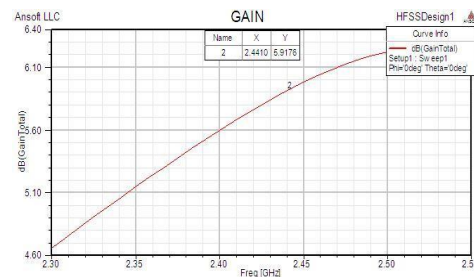
Dari table terlihat di atas bahwa impedansi karakteristik port dari

frekuensi 2.4 GHz – 2.5 GHz diperoleh harga impedansi port, nilainya sama yaitu 50+0i Ω . Dari software yang digunakan ada yang disebut dengan resistansi dan reaktansi, untuk nilainya sudah dinormalisasikan oleh software tersebut. Resistansi dan reaktansi berfungsi menentukan harga impedansi apakah menggunakan $\lambda/4$ atau $\lambda/2$. Perancangan antenna mikrostrip ini menggunakan impedansi $\lambda/4$ dan hasil dari simulasi harga impedansi terlihat sama.

• Gain

Dari hasil simulasi diperoleh gain dengan beberapa substrat yang digunakan yaitu :

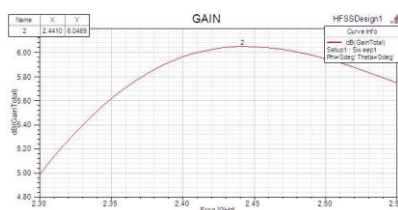
1. Arlon Cuclad 250GX



Gambar 5 Kurva gain pada substrat Arlon Cuclad 250GX

Hasil simulasi dari gambar 5 gain satu patch antenna untuk frekuensi 2.441 GHz diperoleh sebesar 5.9176 dB, sedangkan hasil perhitungan, directivitas satu patch antenna digunakan persamaan (2.34), dari nilai $\lambda_0 = 122.9$ mm dan lebar patch (W) = 46.452 mm terlihat bahwa $\lambda_0 \geq W$, sehingga directivitas satu patch antenna 6.6 dBi. Maka gain satu patch antenna menggunakan persamaan [2.37] dengan efisiensi menggunakan persamaan [2.38] sebesar 2.1661 adalah 9.9567 dBi.

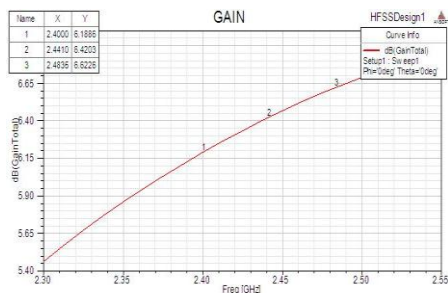
2. Arlon Di clad 552



Gambar 6 Kurva gain pada subtrat Arlon Di clad 552

Hasil simulasi dari gambar 6 gain satu patch antenna untuk frekuensi 2.441 GHz diperoleh sebesar 6.0489 dB, sedangkan hasil perhitungan, directivitas satu patch antenna digunakan persamaan (2.34), dari nilai $\lambda_0 = 122.9 \text{ mm}$ dan lebar patch (W) = 47.1302 mm terlihat bahwa $\lambda_0 \geq W$, sehingga directivitas satu patch antenna 6.6 dBi. Maka gain satu patch antenna sebesar 2.606 adalah 10.7531 dBi.

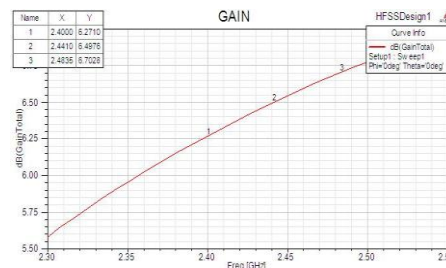
3. Rogers RT/Duroid 5870



Gambar 7 Kurva gain pada subtrat Arlon Di clad 552

Hasil simulasi dari gambar 7 gain satu patch antenna untuk frekuensi 2.441 GHz diperoleh sebesar 6.4203 dB, sedangkan hasil perhitungan, directivitas satu patch antenna digunakan persamaan (2.34), dari nilai $\lambda_0 = 122.9 \text{ mm}$ dan lebar patch (W) = 47.623 mm terlihat bahwa $\lambda_0 \geq W$, sehingga directivitas satu patch antenna 6.6 dBi. Maka gain satu patch antenna dengan efisiensi sebesar 2.6304 adalah 10.8 dBi.

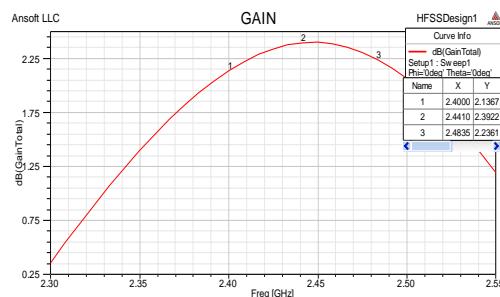
4. Rogers RT/Duroid5880



Gambar 8 Kurva gain pada subtrat Arlon Di clad 552

Hasil simulasi dari gambar 8 gain satu patch antenna untuk frekuensi 2.441 GHz diperoleh sebesar 6.4976 dB, sedangkan hasil perhitungan, directivitas satu patch antenna digunakan persamaan (2.34), dari nilai $\lambda_0 = 122.9 \text{ mm}$ dan lebar patch (W) = 48.5807 mm terlihat bahwa $\lambda_0 \geq W$, sehingga directivitas satu patch antenna 6.6 dBi. Maka gain satu patch antenna dengan efisiensi sebesar 2.9556 adalah 11.3064 dBi.

5. FR4 – Epoxy



Gambar 9 Kurva gain pada subtrat Arlon Di clad 552

Hasil simulasi dari gambar 9 gain satu patch antenna untuk frekuensi 2.441 GHz diperoleh sebesar 2.2922 dB, sedangkan hasil perhitungan, directivitas satu patch antenna digunakan persamaan (2.34), dari nilai $\lambda_0 = 122.9 \text{ mm}$ dan lebar patch (W) = 37.3974 mm terlihat bahwa $\lambda_0 \geq W$, sehingga directivitas satu patch antenna 6.6 dBi. Maka gain satu patch antenna dengan efisiensi sebesar 1.3701 adalah 7.79675 dBi.

Hasil simulasi dan perhitungan dapat dilihat untuk semua subtrat adalah

semakin kecil *permitivitas relatif* yang digunakan maka *gain* yang dihasilkan semakin besar, dan sebaliknya semakin besar *permitivitas relatif* yang digunakan maka *gain* yang dihasilkan semakin kecil dapat dilihat pada tabel 2

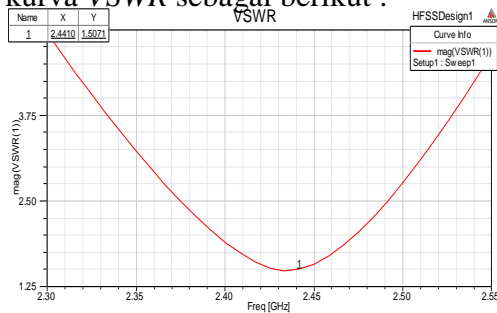
Table 2 Perbandingan *gain* untuk setiap *substrat*

N	Nama Subtrat	Hasil simulasi (dB)	Hasil Perhitungan (dB)
0			
1	FR4-Epoxy	2.2922	7.9675
2	Arlon Cuclad 250GX	5.9176	9.9567
3	Arlon Diclad 552	6.0489	10.7531
4	Rogers RT/Duro id 5870	6.4203	10.8
5	Rogers RT/Duro id 5880	6.4976	11.3064

VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

Dari hasil simulasi diperoleh

kurva *VSWR* sebagai berikut :



Gambar 10 *VSWR* satu elemen *patch antenna*

Perancangan sebuah antenna perlu mendapatkan *VSWR* yang bagus yaitu setidaknya $VSWR \leq 2$, apabila terpenuhi $VSWR \leq 2$ maka antenna tersebut layak dipergunakan. Berikut hasil perhitungan nilai *VSWR* untuk beberapa *substrat* :

1. FR4 – Epoxy

Hasil perhitungan nilai *VSWR* pada

frekuensi kerja didapat 2.441 GHz :

- ✓ Menghitung koefisien pantul dengan diketahui $W = 37.3974 \text{ mm}$, $L = 28.9381 \text{ mm}$, $\epsilon_r = 4.4$ impedansi karakteristik $Z_0 = 50 \text{ ohm}$, dan impedansi beban $Z_L = 224.5360/4 = 56.1342 \text{ ohm}$, dimana :

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

$$\Gamma = \frac{56.1342 - 50}{56.1342 + 50} = 0.0578$$

- ✓ Menghitung *VSWR*

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

$$VSWR = \frac{1 + 0.0578}{1 - 0.0578} = 1.1227$$

Jadi nilai *VSWR* yang dihasilkan adalah 1.1227 dan ternyata

$$VSWR \leq 2$$

2. Arlon Cuclad 250GX

Hasil perhitungan nilai *VSWR* pada frekuensi kerja didapat 2.441 GHz :

- ✓ Menghitung koefisien pantul dengan diketahui $W = 46.452 \text{ mm}$, $L = 38.2058 \text{ mm}$, $\epsilon_r = 2.5$ impedansi karakteristik $Z_0 = 50 \text{ ohm}$, dan impedansi beban $Z_L = 253.6744/4 = 63.41935 \text{ ohm}$, dimana :

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

$$\Gamma = \frac{63.41935 - 50}{63.41935 + 50} = 0.1183$$

- ✓ Menghitung *VSWR*

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

$$VSWR = \frac{1 + 0.1183}{1 - 0.1183} = 1.268$$

Jadi nilai *VSWR* yang dihasilkan adalah 1.268 dan ternyata

$$VSWR \leq 2$$

3. Arlon Diclad 552

Hasil perhitungan nilai *VSWR* pada frekuensi kerja didapat 2.441 GHz.

- ✓ Menghitung koefisien pantul dengan diketahui $W = 47.1302$

mm, $L = 38.9728$ mm, $\epsilon_r = 2.4$
 impedansi karakteristik $Z_0 = 50$
 ohm, dan impedansi beban $\lambda/4$
 $Z_L = 256.4221/4 = 64.1055$ ohm
 , dimana :

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

$$\Gamma = \frac{64.1055 - 50}{64.1055 + 50} = 0.1236$$

✓ Menghitung VSWR

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

$$VSWR = \frac{1 + 0.1236}{1 - 0.1236} = 1.2821$$

Jadi nilai VSWR yang dihasilkan adalah 1.2821 dan ternyata $VSWR \leq 2$

4. Rogers RT/Duroid5870

Hasil perhitungan nilai VSWR pada frekuensi kerja didapat 2.441 GHz

✓ Menghitung koefisien pantul dengan diketahui $W = 47.623$ mm, $L = 39.5322$ mm , $\epsilon_r = 2.33$ impedansi karakteristik $Z_0 = 50$ ohm, dan impedansi beban $\lambda/4$ $Z_L = 253.4052/4 = 64.6013$ ohm , dimana :

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

$$\Gamma = \frac{64.6013 - 50}{64.6013 + 50} = 0.1274$$

✓ Menghitung VSWR

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

$$VSWR = \frac{1 + 0.1274}{1 - 0.1274} = 1.2920$$

Jadi nilai VSWR yang dihasilkan adalah 1.2920 dan ternyata $VSWR \leq 2$

5. Rogers RT/Duroid5880

Hasil perhitungan nilai VSWR pada frekuensi kerja didapat 2.441 GHz

✓ Menghitung koefisien pantul dengan diketahui $W = 48.5807$ mm, $L = 40.6499$ mm, $\epsilon_r = 2.2$ impedansi karakteristik $Z_0 = 50$

ohm, dan impedansi beban $\lambda/4$
 $Z_L = 253.4052/4 = 65.6390$
 ohm , dimana :

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

$$\Gamma = \frac{65.6390 - 50}{65.6390 + 50} = 0.1352$$

✓ Menghitung VSWR

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

$$VSWR = \frac{1 + 0.1352}{1 - 0.1352} = 1.3128$$

Jadi nilai VSWR yang dihasilkan adalah 1.3128 dan ternyata $VSWR \leq 2$

Dapat disimpulkan dari hasil perhitungan dari setiap subtrat hasilnya dibawah 2. Semakin besar permitivitas relatif yang digunakan VSWR akan semakin kecil, dan sebaliknya. Tetapi ada kerugiannya permitivitas relatif besar gain yang dihasilkan kecil dan dapat dilihat dari tabel 4.3

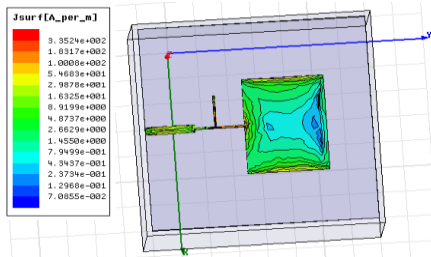
Tabel 3 Perbandingan hasil perhitungan VSWR

N0	Nama Subtrat	VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)
1	FR4-Epoxy	1.1227
2	Arlon Cuclad 250GX	1.268
3	Arlon Diclud 552	1.2821
4	Rogers RT/Duroid 5870	1.2920
5	Rogers RT/Duroid 5880	1.3128

Distribusi Arus Permukaan

Gambar dibawah menunjukkan distribusi arus pada permukaan satu patch antenna mikrostrip untuk frekuensi 2.441 GHz. Untuk frekuensi yang berbeda, distribusi arusnya juga berbeda. Gradasi warna menunjukkan rapat arus. Warna biru menunjukkan

rapat arusnya kecil dan warna merah menunjukkan rapat arusnya besar.



Gambar 11 Distribusi arus permukaan satu patch antenna

Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian simulasi dan analisa perhitungan yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perancangan patch antenna dirancang pada frekuensi WLAN yaitu pada range 2.4 GHz – 2.4835 GHz, jadi frekuensi operasi f_0 untuk antenna mikrostrip adalah 2.441 GHz;
2. Pemilihan subtrat berupa
 - (a). Arlon Cuclad 250GX dengan permitivitas relatif $\epsilon_r = 2.5$ dan ketebalan subtrat $h = 1.57 \text{ mm}$,
 - (b). Arlon Diclad 552 dengan permitivitas relatif $\epsilon_r = 2.4$ dan ketebalan subtrat $h = 1.57 \text{ mm}$,
 - (c). Rogers RT/Duroid 5870 dengan permitivitas relatif $\epsilon_r = 2.33$ dan ketebalan subtrat $h = 1.58 \text{ mm}$,
 - (d). Rogers RT/Duroid 5880 dengan permitivitas relative $\epsilon_r = 2.2$ dan ketebalan subtrat $h = 1.58 \text{ mm}$,
 - (d). RF4 – Epoxy dengan permitivitas relatif $\epsilon_r = 4,4$ dan ketebalan subtrat $h = 1.6 \text{ mm}$;
3. Hasil simulasi dan perhitungan nilai impedansi karakteristik port sama sekitar 50 ohm;
4. Hasil simulasi untuk subtrat FR4–Epoxy diperoleh 2.392 dB, sedangkan hasil perhitungan

diperoleh gain 7.9675 dB, Arlon Cuclad 250GX diperoleh 5.9176 dB, sedangkan hasil perhitungan diperoleh gain 9.9567 dB, Arlon Diclad 552 diperoleh 6.0489 dB, sedangkan hasil perhitungan diperoleh gain 10.7531 dB, Rogers RT/Duroid 5870 diperoleh 6.4203 dB, sedangkan hasil perhitungan diperoleh gain 10.8 dB, dan Rogers RT/Duroid 5880 diperoleh 6.4976 dB, sedangkan hasil perhitungan diperoleh gain 11.3064 dB;

6. Semakin besar permitivitas relatif yang digunakan maka gain yang dihasilkan akan semakin kecil;
7. Perancangan antenna perlu memiliki $VSWR \leq 2$ disebabkan besar nilai VSWR yang ideal adalah 1, yang berarti semua daya yang diradasikan antenna pemancar diterima oleh antenna penerima (match), dan semakin besar nilai VSWR menunjukkan daya yang dipantulkan semakin besar dan semakin tidak match;
8. Hasil perhitungan VSWR dengan menggunakan subtrat FR4 – Epoxy diperoleh sekitar 1.1227, Arlon Cuclad 250GX diperoleh sekitar 1.268, Arlon Diclad 552 diperoleh sekitar 1.2821, Rogers RT/Duroid5870 diperoleh sekitar 1.12920, dan Rogers RT/Duroid5880 diperoleh sekitar 1.3128. Dilihat dari perhitungan, ternyata subtrat yang memiliki permitivitas relatif besar VSWR yang dihasilkan lebih kecil, tetapi memiliki kelemahan gain yang dihasilkan kecil.

Saran

Dari hasil yang didapatkan pada penelitian ini, untuk mendapatkan performasi antenna yang lebih baik perancangan berikutnya, terdapat beberapa hal yang bisa dijadikan saran

dan sebagai bahan pertimbangan antara lain :

1. Untuk memperoleh gain yang lebih besar, bahan *substrat* yang memiliki *permitivitas relatif* besar dapat dibuat dengan cara penambahan *patch* atau disebut penambahan elemen *array* dan juga bisa menggunakan bahan *substrat* yang memiliki *permitivitas relatif* kecil;
2. Pada saat perancangan harus meningkatkan ketelitian dalam proses fabrikasi.

Daftar Pustaka

1. Balanis, Constantine A, “ *Antenna Theory Analysis and Design*, “ 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York, 1996;
2. J.Lin and T.Itoh, “ *Active Integrated Antennas*”, *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, No. 42, pp.2186-2194, Dec. 1994;
3. Edward T.C, “ *Foundation for Microstrip Circuit Design*”, New York, John Wiley & Sons, 1981;
4. Bahl, I.J, “*Build Microstrip Antennas with Paper Thin Dimensions*”, *Microwaves Journal*, pp. 50-63, Oct 1979;
5. Pozar, David. M, “*Microwave Engineering*”, 2nd, Jhon Wiley & Sons, INC, 2003;
6. M. Kirsching, R Jansen, and N. Koster, “*Accurate Model for Open End Effect of Microstrip Lines*“, *Electron Letter*, Vol 17, pp 123-125, 1981;
7. J.D Krauss and J.M Ronald, “*Antennas for All Applications*”, 3rd International Edition, McGraw Hill, 2002;
8. H. Judawisastro, “Diktat Kuliah EL-366 Antena dan Propogasi”, Departemen Teknik Elektro-ITB, Penerbit ITB, Bandung;
9. Pues, H and A. Van de Cappele, “*Accurate Transmission Line Model for Rectangular Microstrip Antenna*”, *IEEE Proceedings, Pt. H (Microwave, Optics and Acoustics)*, Vol 11, pp. 334-340, 1984;
10. Hasyim Ahmad, M.T, “Perancangan dan Realisasi Susunan Antena Aktif pada Frekuensi Harmonik Kedua”, Tugas Akhir S2 Jurusan Teknik Elektro ITB, 2006;
11. NgShei Yong Daniel, “ *UHF Microstrip Design and Simulation*”, Jan. 1998;
12. J. Steve, “ *Microstrip Patch Antenna*”, Northern Arizona University , Dec. 2