

PERANCANGAN, SIMULASI DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP PATCH PERSEGI PADA PITA FREKUENSI KU-BAND (14-18GHZ)

Dipho Antariksa¹, Bpy², Yuyu³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Pada tugas akhir ini dirancang, disimulasikan dan direalisasikan antenna mikrostrip patch persegi pada pita frekuensi Ku-band untuk komunikasi satelit. Pita frekuensi Ku-band memiliki jangkauan frekuensi sebesar 12 GHz - 18 GHz, penerapan frekuensi Ku-band untuk sistem komunikasi satelit dikembangkan karena dengan frekuensi ini aplikasi broadband bisa lebih baik digunakan, memiliki energi yang lebih besar untuk mencegah campur aduknya dengan sistem gelombang mikro bumi dibandingkan sistem C-band. Antena mikrostrip yang dirancang ini merupakan perangkat yang hanya digunakan dalam menerima sinyal dari satelit (receiver), dengan ukurannya yang relatif sangat minimalis dan sederhana.

Tugas akhir ini dimulai dengan menghitung dimensi antenna sesuai rumus yang ada. Dimensi hasil perhitungan akan digunakan pada proses simulasi. Modifikasi dimensi antenna digunakan sebagai cara untuk mendapatkan hasil yang optimum dalam simulasi, kemudian dimensi optimum tersebut digunakan dalam proses pabrikan. Lalu setelah dipabrikan, antenna yang diperoleh, diukur langsung untuk mendapatkan hasil parameter - parameter seperti VSWR, polarisasi, pola radiasi, gain dan bandwidth. Kemudian dianalisis hasil perbandingan pengukuran antara hasil simulasi dan hasil pengukuran langsung.

Hasil dari analisis tugas akhir ini dapat disimpulkan antenna mikrostrip yang dirancang dapat bekerja pada frekuensi 13,02 GHz menggunakan substrat EPOXY FR4 $\epsilon_r = 4$. Parameter antenna yang didapatkan bahwa antenna yang direalisasikan memiliki VSWR = 1,21, bandwidth sebesar 655MHz, gain sebesar 4,28 dBi, dengan polarisasi elips dan pola radiasi unidirectional. Kata kunci : Antena Mikrostrip, Mikrostrip persegi, Ku-Band.

Kata Kunci : Antena Mikrostrip, Mikrostrip persegi, Ku-Band.

Abstract

In this final project author makes a design, a simulation and realization of a square patch microstrip antenna at Ku-band frequency band for satellite communications. Ku-band frequency band has a frequency range of 12 GHz - 18 GHz, the application of the Ku-band for satellite communication system was developed because with this frequency broadband applications could be better used. The usage of this device is only for receiving signals from the satellite (receiver).

This final project begins by calculating the dimensions of the antenna according to the existing formula. Then the will be used in the simulation process. Modification of the antenna dimensions is used as a way to get optimum results in the simulation, then the optimum dimensions are used in the manufacturing process. Then after manufactured, through the measurement process obtained the antenna parameters such as VSWR, polarization, radiation pattern, gain dan bandwidth. Then analyzed the results of the comparison between simulation and measurement results.

After all the process, the final result proved that this antenna can work at frequency of 13.02 GHz using EPOXY FR4 (ϵ_r) as its substrate the conclusion are this antenna have VSWR= 1.21, bandwidth 655MHz, gain of 4.28 dBi, with elliptical polarization and unidirectional radiation patterns.

Keywords : : Microstrip Antenna, Square Mikrostrip, Ku-band

BAB II LANDASAN TEORI

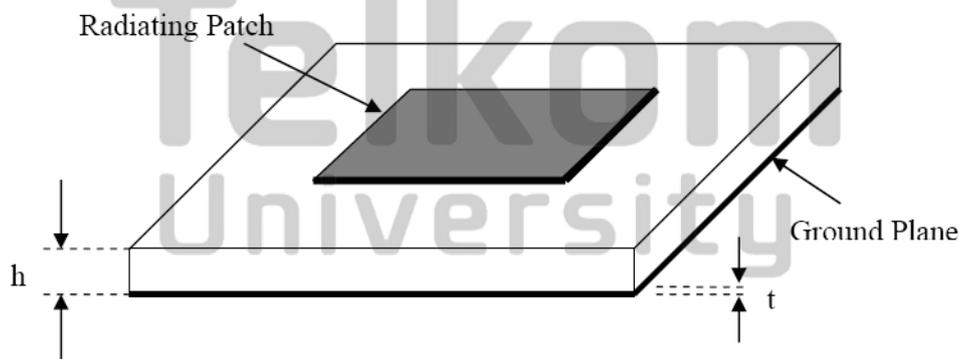
2.1 Pendahuluan Antena

Antena merupakan suatu alat yang dapat merubah besaran listrik dari saluran transmisi menjadi suatu gelombang elektromagnetik (GEM) untuk diradiasikan ke udara bebas. Sebaliknya antena juga dapat menangkap GEM dari udara bebas untuk kemudian dijadikan besaran listrik kembali melalui saluran transmisi. Atau dengan kata lain, antena ialah transformator antara gelombang terbimbing dengan gelombang bebas dan sebaliknya.

Secara umum antena memiliki karakteristik yang didasarkan pada luas penampang antena (*aperture*), pola pancar radiasi antena, lebar pita frekuensi (*bandwidth*), impedansi input, direktivitas, gain, efisiensi, dan lain sebagainya. Karakteristik-karakteristik di atas selanjutnya disebut sebagai parameter-parameter dalam merancang suatu antena, dimana satu sama lainnya saling berhubungan.

2.2 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antena yang berbentuk papan tipis dan mampu bekerja pada frekuensi yang sangat tinggi.



h = lapisan substrat

t = lapisan konduktor

Gambar 2.1 Gambaran Umum Antena Mikrostrip

Dari gambar dapat dilihat bahwa antenna mikrostrip terdiri atas tiga bagian:

- a. **Conducting patch**, *patch* ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara dan mendapatkan pola radiasi yang diinginkan, terletak paling atas dari keseluruhan sistem antenna. *Patch* terbuat dari bahan konduktor, misal tembaga. Bentuk *patch* bisa bermacam-macam seperti lingkaran, *rectangular* (persegi), *ring*, segitiga, *annular* ataupun bentuk-bentuk lainnya. Untuk *rectangular patch* panjang L dari elemen biasanya berkisar antara $\lambda_0 / 3 < L < \lambda_0 / 2$
- b. **Substrat dielektrik**, berfungsi sebagai media penyalur GEM dari catuan menuju daerah dibawah *patch*. Substrat sangat berpengaruh pada besar parameter-parameter antenna. Pengaruh ketebalan substrat dielektrik terhadap parameter antenna adalah pada bandwidth. Semakin tebal substat dan semakin kecil konstanta dielektrik relatif maka akan memperbesar bandwidth. Substrat dielektrik yang digunakan untuk antenna mikrostrip mempunyai konstanta dielektrik relatif dengan jangkauan $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$.
- c. **Groundplane**, berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan. *Groundplane* antenna mikrostrip biasanya terbuat dari bahan konduktor.

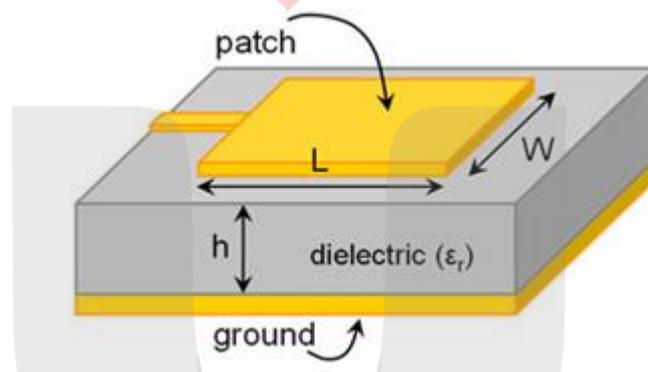
Kelebihan dan kekurangan dari antenna mikrostrip antara lain

1. Kelebihan
 - a. Memiliki ukuran yang kecil, ringan dan *compact*
 - b. Pabrikasi mudah dan murah, dan diproduksi dengan menggunakan teknik *printed-circuit* atau dengan teknik pemotongan biasa.
 - c. Bisa menghasilkan polarisasi sirkular maupun linier
 - d. Bisa beroperasi pada *single*, dual, ataupun multi *band*.
2. Kekurangan
 - a. Bandwidth yang sempit, $<1\%$ (dengan teknik pencatuan konvensional)
 - b. Gain yang rendah, berkisar 3-10 dBi untuk satu *patch*
 - c. Membutuhkan *substrate* berkualitas baik (mahal)

- d. Sistem pencatutan yang kompleks untuk *array*
- e. Efisiensi rendah

2.3 Antena Patch Persegi

Salah satu jenis *patch* antena mikrostrip yang paling sering digunakan dalam perancangan antena mikrostrip adalah bentuk bujur sangkar atau segi empat panjang. Karena ketebalan substrat jauh lebih tipis daripada panjang gelombang, maka *square patch* dianggap sebagai bidang planar dua dimensi untuk lebih memudahkan dalam analisa. Bentuk *patch square* dapat dilihat dari gambar 2.2.



Gambar 2.2 Patch Square

Panjang *patch* (L) dirumuskan dengan persamaan

$$L = 0.49 \lambda_0 / \sqrt{\epsilon_r} \quad (2.1)$$

Keterangan :

L = panjang *patch*

λ_0 = panjang gelombang ruang bebas

ϵ_r = permitivitas substrat

Dan lebar *patch* (W) sama dengan panjang patchnya (L)

$$W = L$$

Keterangan :

W = lebar *patch*

Ukuran *Ground plane* sama dengan ukuran substrat, yaitu :

$$L_g \geq 6h + L \quad (2.2)$$

$$W_g \geq 6h + W \quad (2.3)$$

Setelah mendapatkan dimensi antenna maka dapat ditentukan impedansi $Z_r = R_r + X_r$ radiasi patch setengah gelombang resonansi dari antenna *patch square* sesuai formula *Jackson* dan *Alexopolus* adalah

$$R_r = 90 \frac{\epsilon_r^2}{\epsilon_r - 1} \frac{L}{W}^2 \Omega \quad (2.4)$$

Dan

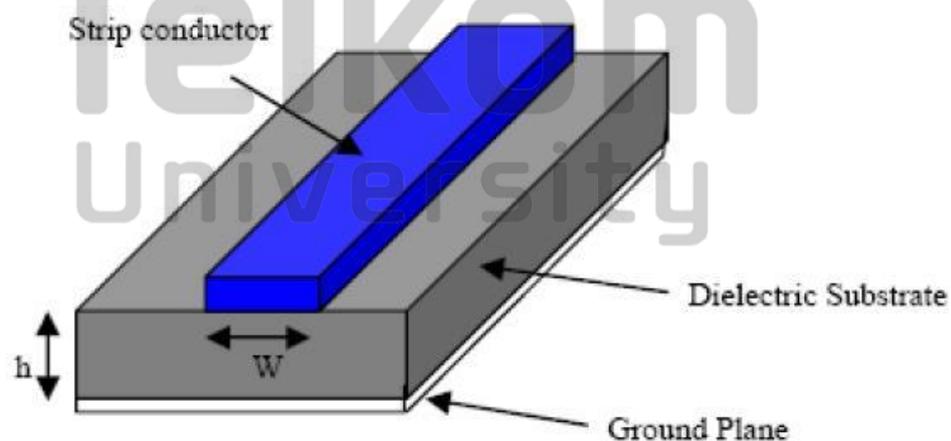
$$X_r = 0$$

2.4 Analisis Teori Antena Mikrostrip

Pada bagian ini akan dibahas beberapa metode dalam menganalisis antenna mikrostrip. Metode yang sering digunakan untuk menganalisis antenna mikrostrip adalah model saluran transmisi, model rongga, dan model gelombang penuh.

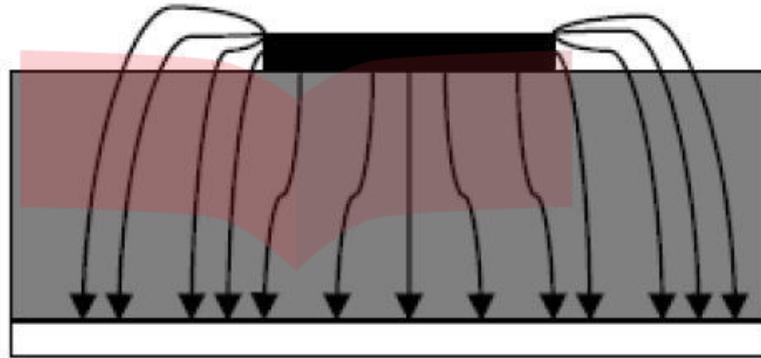
2.4.1 Model Saluran Transmisi

Model saluran transmisi merupakan metode yang paling sederhana dan memberikan pengertian fisik yang baik tetapi kurang akurat. Model antenna mikrostrip ini direpresentasikan dengan slot yang lebarnya W dan tingginya h , dipisahkan oleh saluran transmisi yang panjangnya L . Seperti ditunjukkan pada gambar 2.3 dan 2.4, sebagian besar garis medan listrik berada dalam substrat dan sebagian udara



Gambar 2.3 Saluran Mikrostrip

Akibatnya saluran transmisi ini tidak bisa mendukung mode transmisi *transverse electric – magnetic* (TEM) murni, karena kecepatan fasa di udara dan di substrat berbeda. Sehingga mode propagai dominan akan berupa mode quasi – TEM.



Gambar 2.4 Garis – garis medan listrik

Konstanta dielektrik efektif ϵ_{reff} sedikit lebih kecil daripada ϵ_r karena medan di sekitar batas luar *patch* tidak di dalam substrat dielektrik semua, tetapi ada yang di udara seperti yang terlihat pada gambar. Persamaan ϵ_{reff} dapat dituliskan sebagai:

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \tag{2.5}$$

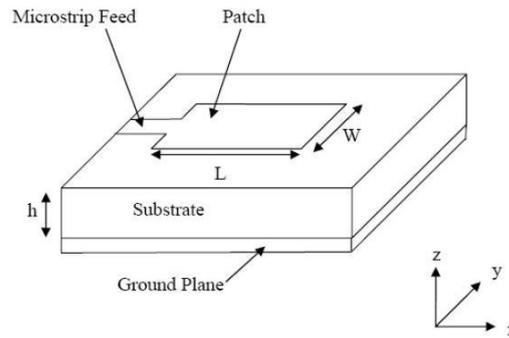
Dengan ϵ_{reff} = konstanta dielektrik efektif

ϵ_r = konstanta dielektrik substrat

h = tinggi substrat dielektrik

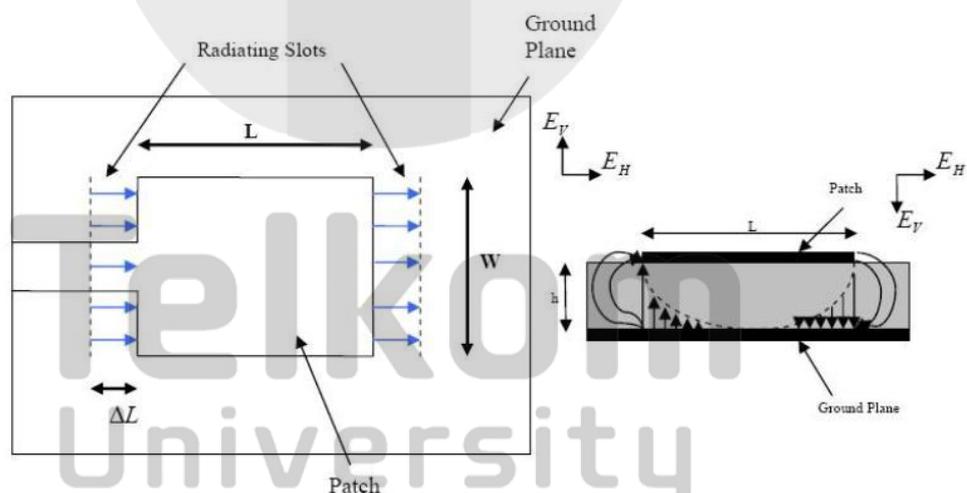
W = lebar patch

Perhatikan gambar 2.5, yang menunjukkan antenna mikrostrip persegi panjang dengan panjang L , dan lebar W , dan tebal substrat h . Sumbu koordinat dipilih sedemikian sehingga panjang pada arah sumbu x , lebar pada arah sumbu y dan tinggi pada arah sumbu z .



Gambar 2.5 Antena Mikrostrip

Untuk beroperasi pada mode TM_{10} , panjang *patch* harus sedikit lebih pendek daripada $\lambda/2$ dengan λ adalah panjang gelombang pada medium dielektrik dan sama dengan $\lambda_0 / \sqrt{\epsilon_{eff}}$ dengan λ_0 adalah panjang gelombang di ruang hampa. Mode TM_{10} menunjukkan bahwa ada satu variasi medan pada panjangnya, dan tidak ada variasi pada lebar *patch*. Pada gambar 2.6, antena mikrostrip digambarkan oleh dua slot, dipisahkan oleh saluran transmisi dengan panjang L dan *open circuit* pada kedua ujungnya, sepanjang lebar *patch*, tegangannya maksimum dan arusnya minimum karena *open circuit*. Medan pada tepi dapat diuraikan menjadi komponen normal dan tangensial terhadap *groun plane*.



Gambar 2.6 Antena tampak atas dan samping

Medan limpahan (*fringing field*) sepanjang lebar *patch* dapat dimodelkan sebagai slot yang meradiasi dan secara elektrik *patch* dari antena mikrostrip tampak lebih panjang daripada dimensi fisiknya. Dimensi

panjang *patch* menjadi lebih panjang pada kedua sisinya sepanjang ΔL , yang secara empiris dituliskan sebagai

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{\text{eff}} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{\epsilon_{\text{eff}} - 0,258 \left(\frac{W}{h} + 0,8\right)} \quad (2.6)$$

Panjang efektif *patch* L_{eff} menjadi :

$$L_{\text{eff}} = L + 2.\Delta L \quad (2.7)$$

Untuk frekuensi resonansi tertentu, panjang efektif dapat dituliskan sebagai:

$$L_{\text{eff}} = \frac{c}{2f_0 \epsilon_{\text{reff}}} \quad (2.8)$$

Untuk antena mikrostrip persegi panjang, frekuensi resonansi untuk mode TM_{10} dapat dituliskan sebagai:

$$f_0 = \frac{c}{2 \epsilon_{\text{reff}}} \sqrt{\frac{m^2}{L^2} + \frac{n^2}{W^2}} \quad (2.9)$$

Dengan m dan n mode pada arah L dan W .

Untuk radiasi yang efektif, lebar W dapat ditulis sebagai :

$$W_{\text{eff}} = \frac{c}{2f_0 \epsilon_{\text{reff}}} \quad (2.10)$$

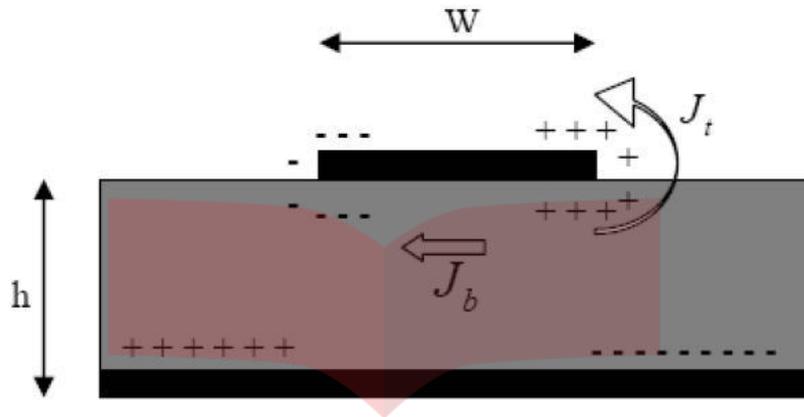
2.4.2 Model Rongga

Model rongga adalah model yang lebih akurat dan memberikan pengertian fisik yang baik tetapi rumit. Model rongga ini hanya berguna untuk desain *patch* persegi panjang dan mengabaikan variasi medan pada ujung – ujungnya. Kelemahan – kelemahan ini dapat diatasi dengan menggunakan model rongga. Penjelasan singkat mengenai model rongga akan diberikan berikut ini.

Pada model ini, daerah dalam substrat dielektrik dimodelkan sebagai rongga yang dibatasi oleh dinding elektrik pada atas dan bawah. Dasar asumsi ini mengikuti pengamatan untuk substrat tipis ($h \ll \lambda$).

- Karena sustrat tipis, medan pada daerah dalam tidak banyak bervariasi dalam arah z , yaitu tegak lurus *patch*.
- Medan listrik hanya pada arah z , dan medan magnet hanya memiliki komponen transversal H_x dan H_y pada daerah yang dibatasi oleh

logam *patch* dan *ground plane*. Pengamatan dilakukan pada dinding elektrik atas dan bawah.



Gambar 2.7 Distribusi muatan dan rapat arus pada *patch* mikrostrip

Perhatikan gambar 2.7. Jika *patch* mikrostrip diberikan daya, distribusi muatan tampak pada permukaan atas dan bawah *patch* dan di bawah *ground plane*. Karena dinding rongga seperti halnya material di dalamnya tidak meredam, rongga tidak akan meradiasi dan impedansi masukan akan murni reaktif. Rongga yang meredam sekarang ditunjukkan pada antenna dan rugi – rugi yang diperhitungkan oleh rugi – rugi tangent efektif δ_{eff} yang diberikan oleh :

$$\Delta_{\text{eff}} = \frac{1}{Q_T} \tag{2.11}$$

Q_T merupakan factor kualitas antenna total dan dituliskan sebagai :

$$\frac{1}{Q_T} = \frac{1}{Q_d} + \frac{1}{Q_c} + \frac{1}{Q_r} \tag{2.12}$$

- Q_d merupakan factor kualitas dielektrik dan dituliskan sebagai:

$$Q_d = \frac{\omega_r \cdot W_T}{P_d} = \frac{1}{\tan \delta} \tag{2.13}$$

Dengan

ω_r = frekuensi sudut resonansi

W_T = total energy yang disimpan dalam *patch* saat resonansi

P_d = rugi – rugi dielektrik

$\tan \delta$ = rugi – rugi tangent dielektrik

- $Q_c = \frac{\omega_r \cdot W_T}{P_c} = \frac{h}{\Delta} \tag{2.14}$

Dengan

P_c = rugi – rugi konduktor

Δ = *skin depth* konduktor

h = tebal substrat

- Q_r menunjukkan factor kualitas radiasi dan dituliskan sebagai :

$$Q_r = \frac{\omega_r \cdot W_T}{P_r} \quad (2.15)$$

Dengan

P_r = daya yang dipancarkan oleh *patch*

Mensubstitusikan persamaan – persamaan tersebut menjadi:

$$\delta_{eff} = \tan \delta + \frac{\Delta}{h} + \frac{P_r}{W_r \cdot W_T} \quad (2.16)$$

Persamaan tersebut menggambarkan total rugi – rugi tangent efektif antena *patch* mikrostrip.

2.4.3 Model Gelombang Penuh

Model gelombang penuh ini sangat akurat, serbaguna dan dapat diterapkan pada elemen tunggal, susunan terbatas dan tak terbatas, elemen bentuk sembarang dan kopling. Model ini memberikan pengertian yang mendalam dibandingkan dua model yang lain dan jauh lebih rumit. Salah satu metode yang memberikan analisis gelombang penuh untuk antena mikrostrip adalah metode momen. Metode momen adalah metode yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan dalam bentuk integral dan turunan diubah menjadi persamaan matriks.

Bentuk dasar dari persamaan yang diselesaikan dengan metode momen adalah :

$$F(g) = h \quad (2.17)$$

Dengan F operator linier yang diketahui, g fungsi yang tidak diketahui, dan h adalah sumber atau fungsi eksitasi. Tujuan disini adalah mencari g , dengan F dan h diketahui. Fungsi g yang tidak diketahui dapat diuraikan menjadi kombinasi linier :

$$g = \sum_{n=1}^N a_n g_n = a_1 g_1 + a_2 g_2 + \dots + a_N g_N \quad (2.18)$$

dengan a_n merupakan konstanta yang tidak diketahui dengan g_N merupakan fungsi yang diketahui, biasanya disebut fungsi basis.

Mensubstitusikan (2.18) ke (2.17) menjadi :

$$\sum_{n=1}^N a_n F g_n = h \quad (2.19)$$

Fungsi basis g_n harus dipilih sedemikian sehingga setiap $F g_n$ dalam persamaan di atas dapat dihitung. Konstanta a_n yang tidak diketahui tidak dapat ditentukan secara langsung karena ada N yang tidak diketahui, tetapi hanya ada satu persamaan. Salah satu cara untuk mencari konstanta ini adalah menggunakan metode pembobotan. Hal ini dilakukan dengan menentukan sejumlah N pembobot atau fungsi testing $\{W_m\} = W_1, W_2, \dots, W_N$ dalam domain operator F . Mengambil hasil kali dalam (*inner product*) fungsi tersebut, menjadi :

$$\sum_{n=1}^N a_n \langle W_m, F g_n \rangle = \langle W_m, h \rangle \quad (2.20)$$

Dengan $m = 1, 2, \dots, N$

Ditulis dalam bentuk matriks :

$$[F_{mn}] [a_n] = [h_m] \quad (2.21)$$

Dengan

$$[F_{mn}] = \begin{bmatrix} \langle w_1, F(g_1) \rangle & \langle w_1, F(g_2) \rangle & \dots \\ \langle w_2, F(g_1) \rangle & \langle w_2, F(g_2) \rangle & \dots \\ \vdots & \vdots & \dots \\ \vdots & \vdots & \dots \end{bmatrix} \quad (2.22)$$

$$[a_n] = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ \vdots \\ a_N \end{bmatrix} \quad [h_m] = \begin{bmatrix} \langle w_1, h \rangle \\ \langle w_2, h \rangle \\ \langle w_3, h \rangle \\ \vdots \\ \langle w_N, h \rangle \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

Konstanta a_n yang tidak diketahui sekarang dapat dicari dengan menggunakan teknik aljabar seperti dekomposisi LU atau eliminasi Gaussian. Perlu diingat bahwa fungsi pembobot harus dipilih yang sesuai sehingga $\{W_n\}$ tidak hanya bebas linier tetapi juga dalam perhitungan *inner product* seminimal mungkin. Salah satu pilihan fungsi pembobot adalah pembobot sama dengan fungsi basis, yaitu $W_n = g_n$. Cara ini disebut metode Galerkin.

Dari sudut pandang teori antena, kita dapat menuliskan persamaan integral medan listrik sebagai :

$$E = f_e(J) \quad (2.24)$$

Dengan

E adalah medan listrik yang diketahui

f_e adalah operator linier

J adalah arus induksi yang tidak diketahui

Langkah pertama dalam proses metode momen adalah dengan menguraikan J menjadi jumlah terhingga dari fungsi basis:

$$J = \sum_{i=1}^M J_i b_i \quad (2.25)$$

Dengan b_i adalah fungsi basis dari J_i adalah koefisien yang belum diketahui. Langkah kedua menentukan sejumlah M fungsi pembobot yang bebas linier, w_j . Melakukan *inner product* pada kedua sisi dan mensubstitusikannya menjadi:

$$\langle W_j, E \rangle = \sum_{i=1}^M \langle W_j, f_e J_i b_i \rangle \quad (2.26)$$

Dengan $j = 1, 2, \dots, M$

Dituliskan dalam bentuk matriks :

$$[Z_{ij}] [J] = [E_j] \quad (2.27)$$

Dengan

$$Z_{ij} = \langle W_j, f_e (b_i) \rangle$$

$$E_j = \langle W_j, h \rangle$$

J adalah vector arus yang tidak diketahui

Vektor E terdiri dari kuantitas medan yang tidak diketahui dan persamaan matriks Z sebagai fungsi geometri. Koefisien yang tidak diketahui yaitu arus induksi diwakili oleh vector J .

2.5 Parameter Antena

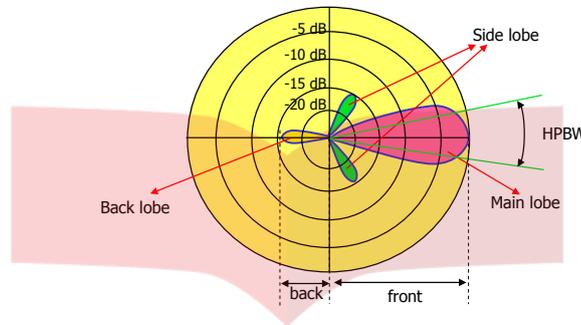
Dalam merancang sebuah antena kita harus dapat memahami parameter suatu jenis antena, antara lain :

2.5.1 Pola Radiasi

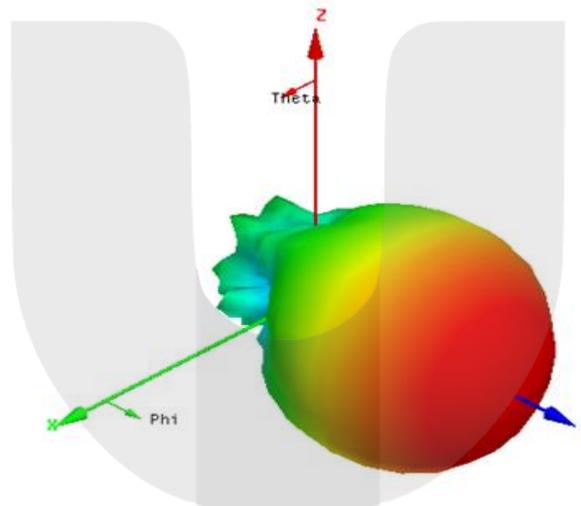
Pola radiasi dari suatu antena merupakan gambaran dari intensitas pancaran antena sebagai fungsi dari parameter koordinat bola (θ, ϕ) . Komponen-komponen yang terdapat dalam gambaran pola radiasi adalah *mainlobe*, *sidelobe*, dan *backlobe*. Dari *mainlobe* bisa dilihat parameter-parameter *Half Power Beamwidth* (HPBW) dan *First Null Beamwidth* (FNBW).

Half Power Beamwidth (HPBW) adalah sudut yang dibentuk oleh dua arah dimana intensitas radiasi yang terbaca setengah kali lebih kecil dari pada intensitas radiasi maksimum atau -3dB dari intensitas radiasi

maksimum pada suatu bidang pengamatan contohnya bidang azimuth atau elevasi. Sedangkan *First Null Beamwidth (FNBW)* adalah sudut pengamatan dimana intensitas radiasi yang terbaca nol satuan untuk pertama kalinya.



Gambar 2.8 Pola Pancar Antena



Gambar 2.9 Pola Radiasi Endfire Unidirectional

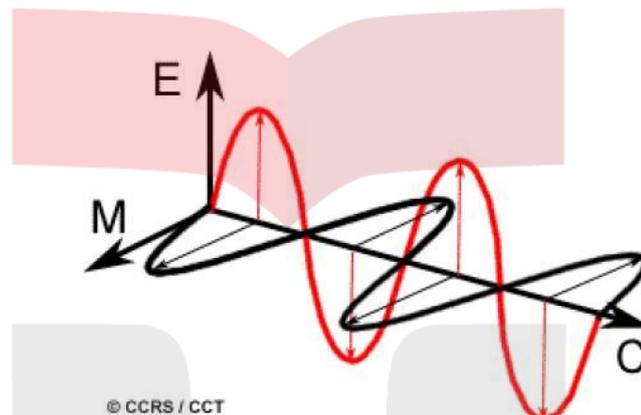
Pola radiasi dibagi menjadi :

1. **Pola endfire** dimana pola radiasi yang radiasi terkuatnya diarahkan ke suatu arah tertentu.
2. **Pola Broadside** dimana pola radiasi menyebar ke segala arah, contohnya pemancar siaran radio.
3. **Pola Isotropis** merupakan pola antenna referensi dimana pola radiasi seperti bola menyebar ke segala arah.

2.5.2 Polarisasi

Polarisasi gelombang merupakan sifat gelombang elektromagnetik yang menggambarkan arah perubahan terhadap waktu dan magnitude

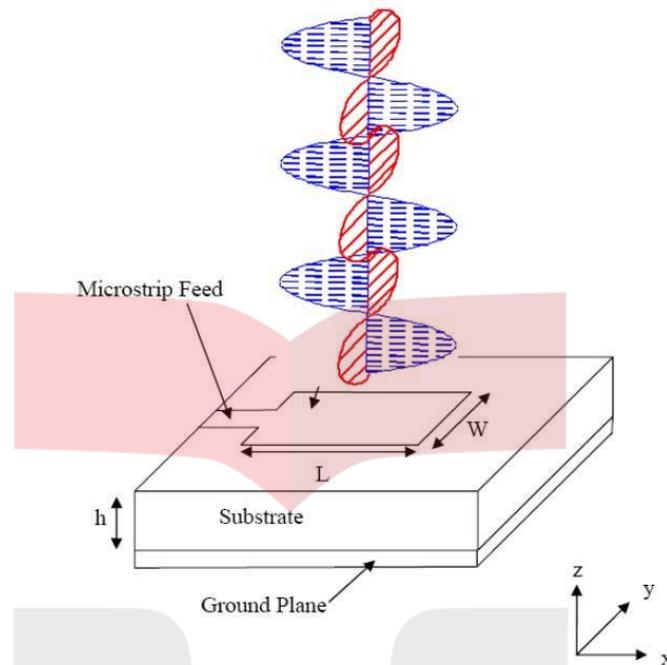
relative vector medan listrik pada bidang yang tegak lurus arah perambatannya. Polarisasi antenna mengacu pada polarisasi vector medan listrik gelombang yang diradiasikan. Dengan kata lain, posisi dan arah medan listrik dengan referensi terhadap permukaan bumi atau *ground* menentukan polarisasi gelombang. Polarisasi yang sering digunakan adalah polarisasi linier (horizontal dan vertikal) dan polarisasi lingkaran.



Gambar 2.10 Gelombang terpolarisasi linier

Jika lintasan vector medan listrik bolak – balik sepanjang garis, dikatakan terpolarisasi linier. Gambar di atas menunjukkan gelombang terpolarisasi linier.

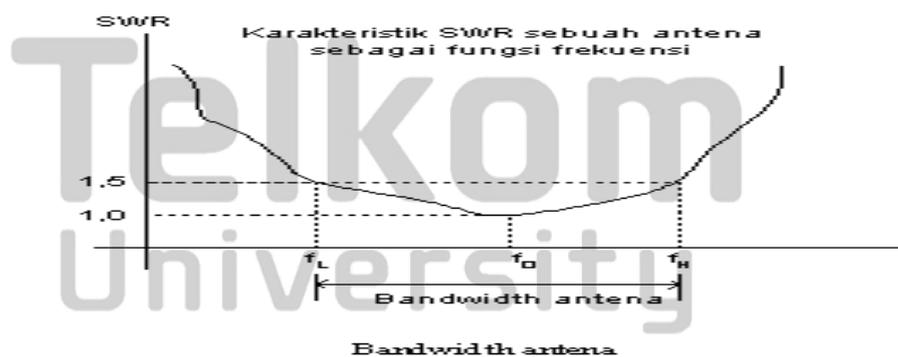
Antena mikstrostrip dengan bentuk geometri bujur sangkar atau persegi panjang merupakan jenis antena mikrostrip yang sering digunakan untuk menghasilkan polarisasi linier. Untuk menghasilkan polarisasi linier, antea tersebut dicatu tepat di tengah – tengahnya seperti tampak pada gambar 2.11



Gambar 2.11 Ilustrasi polarisasi linier dipancarkan oleh Antena

2.5.3 Bandwidth

Bandwidth adalah band (daerah) frekuensi dimana *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) input lebih kecil dari suatu nilai tertentu. Biasanya, *bandwidth* antena dibatasi pada standar tertentu oleh $SWR \leq 2$; 1,8 atau 1,5



Gambar 2.12 *Bandwidth* antena

Bandwidth sangat dipengaruhi oleh faktor kualitas Q dan VSWR melalui hubungan :

$$BW = \frac{SWR-1}{Q_T \cdot SWR} \quad (2.24)$$

2.5.4 VSWR

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) adalah perbandingan antara tegangan maksimum dan minimum pada suatu gelombang berdiri akibat adanya pantulan gelombang yang disebabkan tidak *matching* nya impedansi input antenna dengan saluran *feeder*, secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$VSWR = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{1 + |\Gamma(z)|}{1 - |\Gamma(z)|} \quad (2.29)$$

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2.30)$$

dimana:

- Γ = Koefisien pantul
- Z_L = Impedansi beban
- Z_0 = Impedansi karakteristik

Dengan $0 \leq |\Gamma(z)| \leq 1$, sehingga nilai VSWR adalah $1 \leq VSWR \leq \infty$

2.5.5 Gain

Gain antenna berkaitan erat dengan direktivitas, merupakan besaran yang memperhitungkan efisiensi antenna dan kemampuan direksionalnya. *Gain* suatu antenna merupakan perbandingan intensitas radiasi maksimum suatu antenna terhadap intensitas radiasi antenna referensi. Persamaan untuk menyatakan gain dinyatakan sebagai berikut :

$$G = \eta D \quad (2.31)$$

Dimana η adalah faktor efisiensi antenna ($0 \leq \eta \leq 1$) dan D adalah direktivitas.

2.5.6 Direktivitas

Direktivitas antenna merupakan perbandingan antara intensitas radiasi maksimum terhadap intensitas radiasi rata – rata antenna tersebut

$$D = \frac{U_{\theta, \phi \max}}{U_{\text{rata-rata}}} \quad (2.32)$$

Untuk satu elemen antena mikrostrip, Bahl merumuskan secara pendekatan bahwa direktivitas untuk antena mikrostrip persegi ditentukan lebar (W) terhadap panjang gelombang, sebagai berikut:

$$D = \begin{cases} 6,6 & ; \text{untuk } W \ll \lambda_o \\ \frac{8W}{\lambda_o} & ; \text{untuk } W \gg \lambda_o \end{cases} \quad (2.33)$$

Derneyrd merumuskan persamaan direktivitas untuk elemen tunggal sebagai :

$$D = \frac{4W^2\pi^2}{\lambda_o^2} \int_0^\pi \sin^2\left(\frac{k_o W \cos\theta}{2}\right) \tan^2\theta \sin\theta d\theta \quad (2.34)$$

Sedangkan untuk Direktivitas susunan antena dirumuskan sebagai :

$$D_s = \left[\frac{1}{N} + \frac{2}{N^2} \sum_{m=1}^{N-1} \frac{N-m}{m \cdot \beta \cdot d} \sin(m \cdot \beta \cdot d) \cos(m \cdot \alpha) \right]^{-1} \quad (2.35)$$

Dimana N = Jumlah antena susunan

β = bilangan gelombang

α = beda fasa dari masing – masing *patch* antena

d = jarak antara elemen antena

Direktivitas total dapat diperoleh dengan mengalikan direktivitas antena susunan dengan direktivitas satu antena

$$D = D_e \cdot D_s \quad (2.36)$$

2.6 Teknik Pencatutan Antena Mikrostrip

Pencatutan antena merupakan hal yang sangat penting dalam teknik merancang suatu antena. Pada pencatutan ini akan berpengaruh pada karakteristik-karakteristik yang akan dihasilkan pada antena tersebut. Teknik pencatutan antena mikrostrip secara langsung ada dua macam yaitu menggunakan teknik *probe coaxial* dan menggunakan *microstrip line*. Semua teknik pencatutan ini memiliki kelebihan dan kekurangan.

2.6.1 Teknik Pencatuan Probe Koaxial

Pada teknik pencatuan *probe* koaxial, konduktor pusat dari konektor koaxial langsung dihubungkan dengan *patch* antenna lalu disolder. Keuntungan teknik ini adalah penempatan konektor bisa dimana saja pada *patch* untuk menghasilkan impedansi beban dalam hal ini antenna yang *match* dengan impedansi input konektor sehingga tidak perlu lagi rangkaian penyepadan. Selain itu, karena kabel koaxial dihubungkan langsung dengan *patch* maka kopling catuan dengan *patch* bisa diminimalisasi. Akan tetapi akibat dilakukannya pelubangan terhadap *patch*, struktur antenna tidak planar lagi dan juga tingkat keakuratan penentuan titik catu sangat tinggi sehingga sulit ditentukan. Pada substrat yang tipis teknik pencatuan ini akan menghasilkan impedansi input yang lebih induktif. Kelemahan lain dari teknik ini adalah bandwidth yang dihasilkan relatif sempit (*narrow bandwidth*)

2.6.2 Teknik Pencatuan Mikrostrip Line

Pada teknik pencatuan *microstrip line* mempunyai karakteristik dapat di-*etching*-kan pada substrat yang sama sehingga struktur antenna sepenuhnya planar. Akan tetapi membutuhkan rangkaian penyepadan dalam menyepadankan impedansi input dengan impedansi antenna dan juga dapat terjadi radiasi yang tidak diinginkan dari line pencatuan. Teknik pencatuan ini akan terhubung pada saluran strip dan saluran strip tersebut akan terhubung pada antenna. Teknik pencatuan dengan saluran mikrostrip mempunyai karakteristik sebagai berikut:

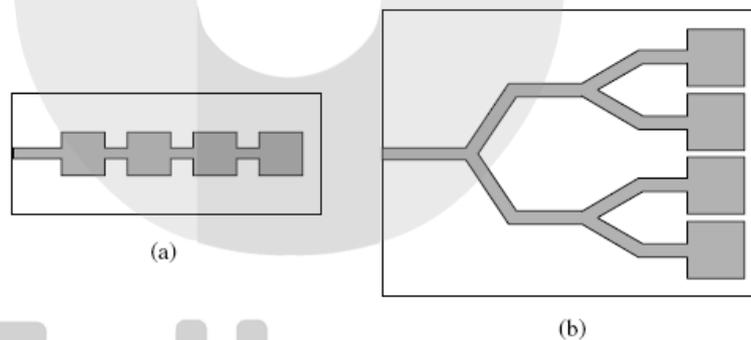
1. Akan terdapat kopling antara saluran mikrostrip dengan patchnya karena pencatuannya yang menggunakan saluran strip yang terbuat dari bahan yang sama dengan antenna itu sendiri.
2. Untuk menyepadankan impedansi karakteristik yang diinginkan sangat fleksibel, biasanya dengan menggunakan transformator $\lambda/4$ sebagai penyepadan impedansinya.

2.7 Array dan Teknik Penyusunan

Antena mikrostrip tidak hanya satu elemen *patch* saja, tetapi bisa terdiri dari banyak elemen atau lebih sering disebut antena *array* atau lebih sering disingkat sebagai *array*.

Banyak antena kecil dapat dikembangkan menjadi antenna *array* untuk memperoleh hasil yang sama dengan sebuah antenna besar. Antena mikrostrip dapat disusun menjadi antena *array* untuk mendapatkan hasil yang optimal dimana gain dan fase tiap elemen antena diatur untuk mencapai performansi yang optimal dari array untuk setiap kondisi yang ada. Contohnya untuk mendapatkan bandwidth yang lebih lebar dan gain yang lebih besar. Pengaturan ini juga umum disebut sebagai *optimal combining* pada literature *mobile communication*.

Untuk penyusunan antena *array* bisa dilakukan dengan dua cara seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.13



Gambar 2.13 Penyusunan antena mikrostrip *array* (a) susunan *patch* secara serial (b) susunan *patch* secara paralel

Teknik penyusunan antena *array* secara serial seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.13 bagian (a) bisa dibentuk dengan menyambungkan tiap elemen *patch* dengan saluran transmisi, untuk proses *match impedance* dilakukan dengan cara perhitungan penyepadan saluran, begitu juga dengan antena *array* yang disusun paralel dengan menggunakan penyepadan saluran juga. Namun pada paralel terjadi pembagi tegangan 2^n (i.e $n = 2, 4, 8$ dan seterusnya)

2.8 Impedansi Karakteristik

Impedansi karakteristik dari saluran mikrostrip ditentukan oleh besar kecilnya perbandingan antara lebar penampang dengan tinggi substrat dielektrik (W/h). Untuk region impedansi tinggi $W/h < 1$

$$Z_c = \left(\frac{60}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \right) \left(\ln \left(\frac{8h}{w} + \frac{w}{4h} \right) \right) \Omega \quad (2.37)$$

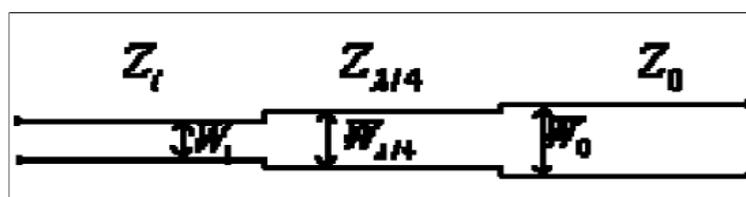
dan untuk $W/h \geq 1$ adalah sebagai berikut :

$$Z_c = \left(\frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \right) \left(\left(\frac{W_{eff}}{h} \right) + 1.393 + 0.667 \ln \left(1.444 + \left(\frac{W}{h} \right) \right) \right)^{-1} \quad (2.38)$$

Konstanta untuk dielektrik efektif mikrostrip untuk kondisi TEM *static* dirumuskan seperti pada persamaan (2.5)

2.9 Penyepadan Saluran

Teknik pencatutan langsung menggunakan saluran *microstrip* dicetak pada substrat yang sama sehingga antara *patch* dan saluran *microstrip* saling terhubung langsung. Untuk mencapai transfer daya maksimum dari sumber, maka dibutuhkan kondisi sepadan (*matching*) antara impedansi saluran transmisi dengan impedansi antenna. Ada beberapa teknik penyepadan saluran yaitu transformator $\lambda/4$, transformator $\lambda/4$ bertingkat *binomial*, *stub*, *tapper* dan lain-lain. Pada Tugas Akhir ini digunakan teknik penyepadan dengan menggunakan transformator $\lambda/4$. Dengan menggunakan metode ini, transisi power secara halus dapat dicapai antara dua saluran transmisi dengan impedansi berbeda. Akan tetapi metode ini hanya diterapkan pada frekuensi desain karena karakteristik transformator $\lambda/4$ adalah *bandwidth* sempit. Bentuk penyepadan $\lambda/4$ ditunjukkan seperti gambar 2.14 dibawah.



Gambar 2.14 Penyepadan $\lambda/4$

Nilai $Z_{\lambda/4}$ dirumuskan dengan persamaan :

$$Z_{\lambda/4} = \sqrt{Z_o \cdot Z_i} \tag{2.39}$$

Keterangan :

$Z_{\lambda/4}$ = impedans saluran penyepadan

Z_o = impedans output

Z_i = impedans input

Dan panjang gelombang bahan :

$$\lambda_g = \frac{c}{f_r \sqrt{E_r}} \tag{2.40}$$

keterangan :

λ_g = panjang gelombang bahan

c = kecepatan cahaya = 3×10^8 m/s

f_r = frekuensi resonans

2.10 Syarat melakukan pengukuran ideal

Pengukuran suatu antena yang ideal adalah dilakukan di suatu ruangan yang bebas pantulan atau ruang tanpa gema (*Anechoic Chamber*). Pengukuran antena dilakukan di daerah medan jauh antena, hal ini dimaksudkan agar antena tidak terpengaruh oleh medan dari benda-benda di sekitarnya. Jarak pengukuran antara antena pemancar dengan penerima adalah , dengan L adalah panjang dimensi terbesar dari antena. Untuk menghindari kesalahan maka syarat-syarat pengukuran harus diperhatikan seperti frekuensi sistem harus stabil dan tidak boleh berubah-ubah, kriteria medan jauh dan lingkungan bebas pantulan harus dipenuhi, lingkungan bebas *noise* dan interferensi benda-benda sekelilingnya, dan antena diarahkan berimpit dengan sumbu utama. Namun kondisi ideal susah dicapai karena kondisi nyatanya adalah :

1. Pengukuran antena sering kali dipengaruhi oleh pantulan gelombang yang tidak diinginkan.

2. Pengukuran *outdoor* memberi kondisi lingkungan EM yang tidak terkontrol.
3. Secara umum teknologi pengukuran antena sangat mahal.

Melihat pertimbangan inilah maka akan dilakukan pengukuran antena dengan kondisi yang seideal mungkin. Dengan menggunakan sarana dan prasarana yang terbatas tetapi diharapkan mendapatkan hasil yang dapat dipertanggung jawabkan.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari keseluruhan proses perencanaan, perancangan, pembuatan dan pengukuran mikrostrip *patch* persegi ini dapat disimpulkan beberapa hal berikut ini :

1. Antena *patch* persegi terancang dapat bekerja pada frekuensi 13.02 GHz dengan $VSWR \leq 1,5$ sehingga dapat diimplementasikan untuk penerima pada pita frekuensi Ku-band.
2. Karakteristik pola radiasi yang diperoleh adalah *unidirectional*. Hasil pengukuran mengalami sedikit penyimpangan dari hasil simulasi yang diakibatkan oleh kondisi lingkungan pengukuran yang kurang sempurna karena pantulan sinyal dan adanya interferensi dari sinyal lain di sekitar tempat pengukuran.
3. Ketepatan dan ketelitian pabrikan, serta proses pengukuran antenna sangat mempengaruhi karakteristik antenna yang menyebabkan perbedaan dari hasil simulasi. Terjadi penyimpangan sebesar 1,006 % terhadap dimensi yang digunakan pada simulasi.
4. Nilai impedansi terminal antenna pada frekuensi tengah perancangan sebesar $(47,927 - j 9.743) \Omega$.
5. *Bandwidth* perancangan tercapai dengan batas $VSWR \leq 1,5$ sebesar 520 MHz (12.85 GHz – 13.37 GHz).
6. *Gain* hasil pengukuran sebesar 4.28 dBi pada frekuensi tengah.
7. Prinsip penskalaan antenna dapat dipergunakan untuk melakukan penggeseran frekuensi kerja sebuah antenna dengan faktor penskalaan sebesar n .
8. Dengan prinsip penskalaan antenna, apabila dilakukan penggeseran *band* frekuensi yang lebih tinggi ke frekuensi operasi maka didapatkan dimensi yang lebih besar dari dimensi awal karena $n > 1$, begitu juga sebaliknya.

5.2 SARAN

Dari hasil yang diperoleh pada Tugas Akhir ini, agar bisa mendapatkan performansi antena yang baik, maka perlu diperhatikan beberapa saran berikut ini:

1. Untuk mengurangi *ground reflection*, dapat dengan cara meninggikan posisi antena pengirim dan penerima.
2. Digunakan antena referensi yang terstandarisasi dan diketahui nilai penguatannya terhadap dBi atau dBd sehingga tingkat pengukuran gain lebih akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] _____, *hfss_onlinehelp*, Pittsburgh: Ansoft Corporation.
- [2] Balanis, Constantine A, 1982, *Antenna Theory: Analysis and Design*, New York : Harper & Row Publisher Inc
- [3] Pozar, David M. and Schaubert Daniel H., 1995, *Microstrip Antennas: The Analysis and Design Of Microstrip Antennas and Arrays*, New York: IEEE Press.
- [4] Kraus, John. D., "Antennas", McGraw-Hill Book, Singapore, 1988.
- [5] Tri, Purno., *Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Susunan 6 Elemen Rektangular pada Frekuensi ISM 2,4 – 2,4835 GHz*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2009.
- [8] _____, *RG series Coaxial Cable*, High Gain Antenna Co., Ltd.
- [9] <http://en.wikipedia.org/> 02 Maret 2011, 01.45 WIB. Bandung
- [10] <http://www.ppet.lipi.go.id/in/> 12 Januari 2011, 14.23 WIB. Bandung
- [11] Tim, 2009, *Modul Praktikum Antena dan Propagasi S 1 Teknik Telekomunikasi*, Laboratorium Antena IT Telkom. Bandung

Telkom
University