

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Ultra Wideband (UWB)*

Menurut *FCC (Federal Communications Commission)*, teknologi *ultra wideband* merupakan suatu teknologi nirkabel (*wireless*) yang dikembangkan untuk memancarkan data melalui jarak yang pendek dengan kecepatan transmisi yang cukup tinggi yaitu 480 *Mbps* untuk jarak 2 meter dan 110 *Mbps* untuk jarak 10 meter. Berbeda dengan antena *narrowband*, pada antena *ultra wideband* terdapat beberapa kriteria khusus yang harus dipenuhi. Syarat yang paling utama yaitu antena wajib memenuhi kriteria *bandwidth* minimal yaitu 500 MHz atau memiliki *bandwidth* fraksional yang lebih besar dari 20%. *Bandwidth* fraksional dapat dicari melalui:

$$\text{Bandwidth Fraksional} = \left| \frac{2(fh - fl)}{fh + fl} \right| \times 100\% \quad (2-1)$$

dengan :

fh = frekuensi tertinggi (Hz)

fl = frekuensi terendah (Hz)

Selanjutnya, performansi antena *ultra wideband* seperti pola radiasi dan *gain* diusahakan agar memiliki nilai yang konsisten di sepanjang range frekuensi kerja. Sedangkan jenis polarisasi dan pola radiasi disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi antena. Jenis pola radiasi omni-direksional biasanya digunakan untuk komunikasi *mobile*, sedangkan pola radiasi direksional banyak diaplikasikan untuk sistem yang membutuhkan *gain* tinggi. Terakhir, dimensi antena diharapkan cukup kecil dan ringan sehingga mudah diintegrasikan pada perangkat *ultra wideband*.

Karena membutuhkan dimensi yang kecil dan ringan, antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antena yang cocok untuk aplikasi *ultra wideband*. Namun, antena mikrostrip memiliki kelemahan yaitu *bandwidth* yang sempit sehingga memerlukan beberapa modifikasi agar dapat diterapkan untuk teknologi *ultra wideband*. Antena *ultra wideband* dapat diaplikasikan pada berbagai aplikasi pada rentang frekuensi yang direncanakan.

2.2 Dasar Antena

Antena merupakan transduser yang mengubah arus listrik menjadi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan ke udara atau sebaliknya. Dalam sistem komunikasi radio, gelombang elektromagnetik berjalan dari pemancar ke penerima melalui udara dan diperlukan antena pada kedua ujung tersebut untuk menghubungkan antara pemancar dan penerima (Krauss, 1988). Berdasarkan hal tersebut, antena dapat dibedakan menjadi antena pemancar dan antena penerima (Balanis, 2005:1)

Perancangan antena yang baik tercapai ketika antena dapat mentransmisikan energi atau daya secara maksimum pada arah yang diharapkan oleh penerima. Syarat-syarat antena yang harus dipenuhi agar hal tersebut terwujud adalah antena harus mempunyai sifat yang sesuai dengan media kabel pencatunya (*match impedance*), memiliki frekuensi yang bekerja pada nilai *VSWR* antara 1 sampai 2 atau nilai *return loss* lebih kecil dari -10 dB, dapat memancarkan dan menerima energi gelombang elektromagnetik dengan arah, polarisasi, dan pola radiasi yang sesuai dengan aplikasi yang dibutuhkan, serta memiliki nilai *gain* sesuai kebutuhan.

2.3 Parameter Antena

Parameter antena merupakan hal-hal yang digunakan untuk menentukan unjuk kerja suatu antena. Berkaitan dengan penulisan skripsi ini, akan dijabarkan beberapa parameter-parameter antena yang akan memberi informasi unjuk kerja suatu antena.

2.3.1 *VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)*

VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) adalah perbandingan antara tegangan maksimum dan tegangan minimum pada suatu gelombang berdiri (*standing wave*) akibat adanya pantulan gelombang yang disebabkan oleh impedansi input antena yang kurang *matching* dengan saluran pencatu. Oleh karena itu, *VSWR* harus diperhatikan saat pemasangan antena untuk mendapatkan hasil yang baik. Koefisien pantul sangat menentukan besarnya *VSWR* antena, seperti dinyatakan oleh persamaan (Krauss, 1988: 833):

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2-2)$$

dengan koefisien pantul (Γ) dapat diperoleh dari persamaan :

$$P_r = \Gamma^2 \cdot P_{out} \quad (2-3)$$

keterangan :

Γ = koefisien pantul

P_r = daya terpantul (W)

P_{out} = daya keluaran (W)

Apabila ketika gelombang listrik mengalir sepanjang saluran pencatu dari pemancar ke antena ada arus balik yang timbul dari antena ke pemancar, maka arus balik ini akan menyebabkan interferensi dengan arus yang mengalir ke antena. Hal ini menyebabkan superposisi arus tersebut akan membesar dan mengecil sesuai besarnya arus balik yang berarti nilai *VSWR* berbanding lurus dengan arus balik. Semakin besar nilai arus balik, maka nilai *VSWR* juga akan menjadi semakin tinggi yang mengakibatkan semakin besar pula *mismatch* antena. Sebaliknya, semakin kecil nilai *VSWR* maka antena semakin *matching*. Oleh karena itu, antena dikatakan dapat bekerja dengan baik apabila memiliki nilai *VSWR* antara 1 sampai 2.

2.3.2 Return Loss

Seperti *VSWR*, *return loss* merupakan parameter yang menentukan *matching* tidaknya antena dan pemancar dengan mengetahui besarnya daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan. Antena yang baik akan mempunyai nilai *return loss* dibawah -10 dB. Hal ini menandakan 90% sinyal dapat diserap dan 10% sinyal terpantulkan kembali. Nilai tersebut dapat dicari dengan menggunakan koefisien pantul (Γ) yang merupakan perbandingan antara tegangan gelombang pantul dengan tegangan gelombang maju seperti yang didefinisikan sebagai (Punit, 2004: 19):

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \quad (2-4)$$

$$RL = -20 \log \Gamma \text{ (dB)} \quad (2-5)$$

dengan

Γ = koefisien pantul

V_r = tegangan gelombang pantul (Volt)

V_i = tegangan gelombang maju (Volt)

RL = *return loss* (dB)

Ketika pemancar dan antenna dalam kondisi *matching* sempurna, nilai $\Gamma = 0$ dan $RL = \infty$ yang berarti tidak ada daya yang dipantulkan. Sebaliknya, jika $\Gamma = 1$ dan $RL = 0$ dB berarti semua daya dipantulkan.

2.3.3 Bandwidth

Pemakaian sebuah antenna dalam sistem pemancar atau penerima selalu dibatasi oleh daerah frekuensi kerjanya yang disebut dengan *bandwidth* antenna. *Bandwidth* merupakan daerah frekuensi dimana antenna dapat bekerja dengan optimal dan telah memenuhi standar yang telah ditentukan, diantaranya nilai *VSWR* diantara 1 sampai 2 dan nilai *return loss* dibawah -10 dB.

Frekuensi kerja berpengaruh terhadap antenna sebab antenna terdiri dari suatu rangkaian induktansi dan kapasitansi, yang sebagai hasilnya menghasilkan frekuensi kerja antenna. Frekuensi ini merupakan frekuensi ketika reaktansi kapasitif dan reaktansi induktif antenna saling meniadakan sehingga pada titik ini antenna hanya memiliki resistansi murni yang terdiri dari rugi-rugi resistansi dan resistansi radiasi. Kapasitansi dan induktansi antenna ditentukan oleh sifat fisik dan lingkungan dimana dia berada. Faktor paling utama dari desain antenna adalah dimensi antenna. Semakin besar antenna, semakin rendah frekuensi kerjanya dan sebaliknya. Hal ini menyebabkan antenna yang digunakan untuk aplikasi gelombang pendek memiliki dimensi yang besar.

Bandwidth antenna dapat dinyatakan dalam persen maupun rasio. *Bandwidth* yang dinyatakan dalam persen merupakan selisih batas atas dan batas bawah frekuensi dibanding frekuensi tengah antenna. *Bandwidth* dalam persen biasanya digunakan untuk menyatakan *bandwidth* antenna yang memiliki *band* sempit (*narrow band*). Sedangkan *bandwidth* antenna yang memiliki *band* lebar (*broad band*) biasanya menggunakan definisi rasio antara batas frekuensi atas dengan frekuensi bawah. (Balanis, 2005 : 70). Suatu antenna disebut memiliki band lebar apabila rasio antara batas frekuensi atas (f_H) dan frekuensi bawah (f_L) lebih besar dari 2 (Stutzman, 1998 : 11).

Berdasarkan definisi tersebut, *bandwidth* antenna dalam persen ($BW_{\text{narrowband}}$) dan *bandwidth* rasio ($BW_{\text{broadband}}$) dinyatakan sebagai::

$$BW_{\text{narrowband}} = \frac{f_H - f_L}{f_c} \times 100\% \quad (2-6)$$

$$f_c = \frac{f_H + f_L}{2} \quad (2-7)$$

$$BW_{\text{broadband}} = \frac{f_H}{f_L} \quad (2-8)$$

keterangan:

$BW_{\text{narrowband}}$ = *bandwidth* dalam persen (%)

$BW_{\text{broadband}}$ = *bandwidth* rasio

f_c = frekuensi tengah (Hz)

f_H = jangkauan frekuensi atas (Hz)

f_L = jangkauan frekuensi bawah (Hz)

2.3.4 Gain

Gain pada antenna tidak sama dengan penguatan daya pada amplifier karena *gain* pada antenna berhubungan dengan efisiensi dan direktivitas antenna tersebut. Oleh karena itu, untuk antenna tanpa rugi-rugi (*lossless*), nilai *gain* sama dengan nilai direktivitas. Hubungan antara *gain* dengan efisiensi dan direktivitas terlihat pada persamaan berikut (Balanis, 2005: 66) :

$$G(\theta, \Phi) = e_{cd} D(\theta, \Phi) \quad (2-9)$$

keterangan:

$G(\theta, \Phi)$ = *gain* antenna

e_{cd} = efisiensi radiasi antenna

$D(\theta, \Phi)$ = direktivitas antenna

Gain antenna merupakan perbandingan intensitas radiasi antenna pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi yang akan diperoleh jika daya yang diterima antenna diradiasikan secara isotropis. Intensitas radiasi dari daya yang diradiasikan secara isotropis sebanding dengan daya yang diterima (pada terminal input) antenna dibagi dengan 4π . Hal tersebut dapat ditunjukkan pada persamaan (Balanis, 2005 : 66):

$$G(\theta, \phi) = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (2-10)$$

Harga maksimum dari *gain* merupakan harga maksimum dari intensitas radasinya sehingga dapat dinyatakan sebagai:

$$G = \frac{4\pi U_m}{P_{in}} \quad (2-11)$$

dengan

- G = gain antenna
- $G(\theta, \phi)$ = gain antenna pada arah tertentu
- $U(\theta, \phi)$ = intensitas radiasi pada arah tertentu (watt)
- U_m = intensitas radiasi maksimum antenna (watt)
- P_{in} = daya *input* total yang diterima oleh antenna (watt)

Antena referensi isotropis sebenarnya adalah konsep teoritis, sedangkan pada praktiknya *gain* antenna biasanya dibandingkan dengan intensitas radiasi sebuah antenna standar dipole $\frac{1}{2} \lambda$ yang kira-kira 1.64 kali atau 2.15 dB dibandingkan dengan suatu *radiator* isotropis. Sehingga besar *gain* terhadap sumber isotropis adalah

$$G = 1.64 \times \frac{P_u}{P_r} \quad (2-12)$$

$$G(\text{dBd}) = 10 \log 1.64 \frac{P_U}{P_R} \quad (2-13)$$

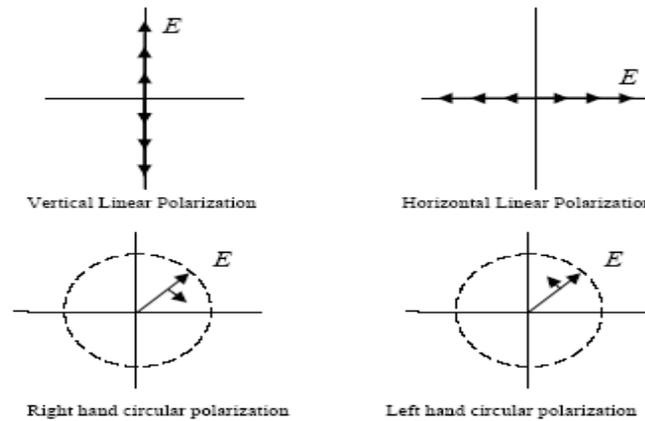
$$G(\text{dB}) = 2.15 \text{ dB} + P_U(\text{dB}) - P_R(\text{dB}) \quad (2-14)$$

dengan :

- G = gain antenna
- P_U = daya yang diterima antenna uji (W)
- P_R = daya yang diterima antenna referensi (W)

2.3.5 Polarisasi

Polarisasi antenna adalah arah vektor medan listrik yang diradiasikan oleh antenna pada arah propagasi dan bervariasi menurut waktu. Pada praktiknya, polarisasi bervariasi dengan arah dari tengah antenna, sehingga bagian lain dari pola radiasi mempunyai polarisasi yang berbeda. Polarisasi dapat diklasifikasikan sebagai polarisasi *linear* (linier), *circular* (lingkaran), atau *elliptical* (elips).



Gambar 2.1 Bentuk Umum Polarisasi

(Punit S. Nakar, 2004: 21).

Polarisasi linier dan lingkaran merupakan kasus khusus dari polarisasi elips. Polarisasi linier merupakan polarisasi yang terjadi jika vektor medan listrik pada suatu titik selalu berorientasi sepanjang garis lurus yang sama sebagai fungsi waktu. Polarisasi linier ditentukan oleh posisi dan arah medan elektrik terhadap *ground* atau permukaan bumi sebagai acuan. Ketika medan elektrik sejajar dengan *ground*, maka disebut polarisasi horizontal dan disebut polarisasi vertikal apabila tegak lurus dengan *ground*. Polarisasi lingkaran merupakan polarisasi yang terjadi jika vektor medan listrik pada suatu titik membentuk suatu lingkaran sebagai fungsi waktu. Polarisasi elips merupakan polarisasi yang terjadi jika vektor medan elektrik pada suatu titik membentuk kedudukan elips sebagai fungsi waktu.

Polarisasi antenna dapat ditentukan melalui melalui *Axial Ratio (AR)*. *Axial Ratio* merupakan perbandingan antara *major axis* (E_{major}) dan *minor axis* (E_{minor}).

$$AR = \frac{E_{major}}{E_{minor}} \quad (2-15)$$

Sebuah antenna dikatakan memiliki polarisasi linear apabila nilai $AR = \infty$. Antenna dikatakan memiliki polarisasi lingkaran apabila nilai $AR = 1$. Sedangkan antenna dikatakan memiliki polarisasi elips apabila nilai AR berada pada rentang $1 < AR < \infty$.

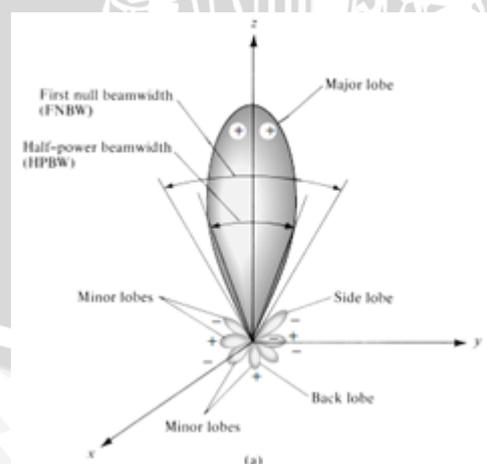
2.3.6 Pola Radiasi

Pola radiasi antenna merupakan pernyataan grafis atau fungsi matematis sifat-sifat pemancaran antenna sebagai fungsi dari koordinat ruang. Dalam kebanyakan kasus,

pola radiasi ditentukan dalam daerah medan jauh dan direpresentasikan sebagai fungsi koordinat arah. Sifat-sifat radiasi ini meliputi intensitas radiasi, kuat medan, dan polarisasi (Balanis, 2005: 27).

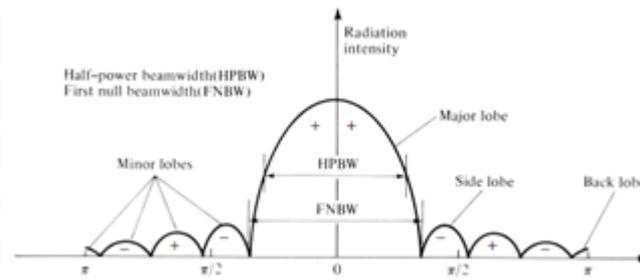
Berdasarkan pola radiasinya, antenna terbagi atas antenna dengan pola radiasi isotropis, direksional, dan omni-direksional. *Radiator* isotropis didefinisikan sebagai hipotesis antenna tanpa rugi yang mempunyai radiasi sebanding pada semua arah. Meskipun pola seperti ini adalah pola ideal yang secara fisik tidak mungkin direalisasikan, namun seringkali dijadikan acuan untuk menyatakan sifat keterarahan suatu antenna. Antenna direksional adalah antenna yang mempunyai sifat radiasi atau penerimaan gelombang elektromagnetik yang lebih efektif pada suatu arah tertentu dibandingkan arah lainnya. Sedangkan antenna omni-direksional adalah antenna yang mempunyai pola direksional pada suatu bidang tertentu dan pola non-direksional pada bidang tegak lurus lainnya.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pola radiasi. Yang pertama adalah *Half-Power Beamwidth (HPBW)*, atau yang biasa dikenal sebagai *beamwidth* suatu antenna, adalah sudut dari selisih titik-titik pada setengah pola daya dalam *main lobe*. *HPBW* adalah lebar sudut pada 3 dB dibawah maksimum. Yang kedua adalah *First Null Beamwidth (FNBW)*, yaitu sudut yang dilingkupi oleh *main/major lobe* sebuah antenna. *Main lobe* adalah *lobe* radiasi yang mempunyai arah radiasi maksimum. *Minor lobes (side lobes)* adalah radiasi pada arah lain yang sebenarnya tidak diinginkan (Balanis, 2005: 31).



Gambar 2.2 Pola Radiasi Antena

Sumber: Balanis, 2005: 30



, **Gambar 2.3** Pola Radiasi Antena dalam Koordinat *Square*.

Sumber: Balanis, 2005: 30

Ukuran yang menyatakan berapa besar daya yang terkonsentrasi pada *main lobe* dibanding daya pada *side lobe* disebut dengan *Side Lobe Level (SLL)*, yang merupakan perbandingan besar puncak *side lobe* dengan puncak *main lobe*. Atau dapat dinyatakan dengan persamaan (Stutzman, 1981: 29) :

$$SLL = 20 \log \left| \frac{F(SLL)}{F(max)} \right| (dB) \quad (2-16)$$

dengan :

SLL = *Side Lobe Level*

$F(SLL)$ = nilai maksimum *Side Lobe*

$F(max)$ = nilai maksimum *Main Lobe*

Nilai F/B suatu antena merupakan perbandingan daya pada arah pancar terbesar yang dikehendaki (*main lobe*) dengan daya pada arah pancar yang berlawanan dengan *main lobe* (*back lobe*), sehingga nilai F/B adalah

$$\frac{F}{B} = \frac{P_m}{P_l} \quad (2-17)$$

dengan

$\frac{F}{B}$ = *Front to Back ratio*

P_m = daya puncak *main lobe*

P_l = daya puncak *back lobe*

2.3.7 Direktivitas

Menurut *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)*, direktivitas sebuah antena merupakan perbandingan antara intensitas radiasi antena pada suatu arah tertentu dengan intensitas radiasi rata-rata dari segala arah. Intensitas radiasi rata-rata sebanding dengan total daya yang diradiasikan oleh antena dibagi dengan 4π . Dengan

kata lain direktivitas antenna adalah kemampuan suatu antenna untuk mengkonsentrasikan energinya pada satu arah tertentu dibanding intensitas radiasi sumber isotropis seperti pada persamaan berikut ini (Balanis, 2005: 44)

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{P_{rad}} \quad (2-18)$$

Jika arah tidak ditentukan, maka arah yang dimaksud menyatakan arah dari intensitas radiasi maksimum.

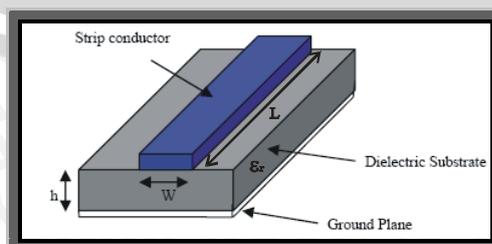
dengan :

- D = direktivitas
- U = intensitas radiasi pada arah tertentu (W/satuan sudut)
- U_0 = intensitas radiasi sumber isotropis (W/satuan sudut)
- P_{rad} = daya radiasi total (W)

Nilai keterarahan sebuah antenna dapat diketahui dari pola radiasi antenna tersebut, semakin sempit *main lobe* maka keterarahannya semakin baik dibanding *main lobe* yang lebih lebar.

2.4 Bentuk Umum Antena Mikrostrip

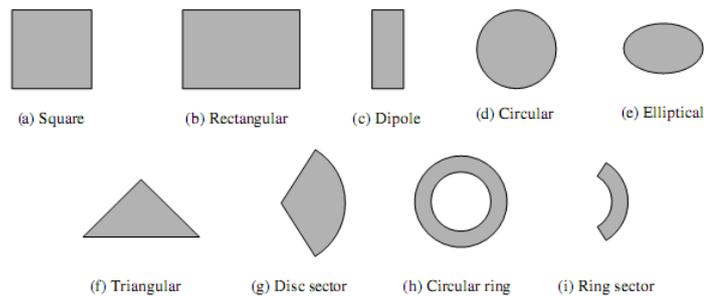
Antena mikrostrip adalah suatu elemen peradiasi berupa konduktor metal (*Patch*) yang berada diatas suatu bidang pentanahan (*ground plane*) dimana diantaranya terdapat lapisan (substrat) dielektrik dengan tebal (h) dan konstanta dielektrik ϵ_R . Substrat antenna mikrostrip memiliki nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) yang berkisar antara $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$. Pemilihan substrat sangat berpengaruh terhadap kinerja antenna karena semakin tebal substrat, maka konstanta dielektriknya kecil sehingga *bandwidth* juga semakin lebar tetapi dimensi akan bertambah besar begitu juga sebaliknya.



Gambar 2.4 Struktur Antena Mikrostrip.

Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 40

Pada antena mikrostrip ada beberapa macam *Patch* yang dapat diaplikasikan, seperti persegi, lingkaran, elips, ring dan lain sebagainya.

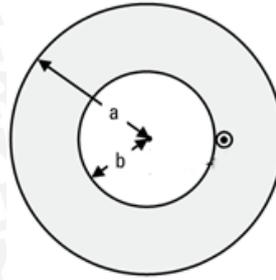


Gambar 2.5 Berbagai Macam *Patch* Antena Mikrostrip
(Balanis, 2005: 813)

Antena ini memiliki masa ringan, mudah untuk difabrikasi, dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan, memiliki ukuran yang kecil apabila dibandingkan dengan antena jenis lain, serta mudah difabrikasi dengan biaya produksi yang murah. Karena sifat yang dimilikinya, Antena mikrostrip sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini sehingga dapat diintegrasikan dengan peralatan telekomunikasi lain yang berukuran kecil. Akan tetapi, antena mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan yaitu: *bandwidth* yang sempit, *gain* dan direktivitas yang kecil sehingga terus dicari cara untuk mengatasi kekurangan tersebut.

Terdapat beberapa metode yang paling umum digunakan untuk analisis antena mikrostrip yaitu model saluran transmisi, model *cavity*, model gelombang penuh (momen, FDTD) dan metode elemen hingga atau yang biasa disebut dengan *FEM* (*Finite Element Method*). Model saluran transmisi adalah model paling sederhana dan mampu memberikan pemahaman yang bagus, akan tetapi kurang akurat jika dibandingkan dengan model lainnya. Model *cavity* mampu memberikan tingkat akurasi yang lebih baik, namun bersifat lebih kompleks dan sulit. Metode gelombang penuh adalah metode yang paling sulit untuk dipahami namun memberikan analisis dengan tingkat keakuratan yang sangat tinggi. Sedangkan pada metode elemen hingga atau *Finite Element Method*, proses perhitungan dilakukan dengan membagi suatu struktur kontinu menjadi elemen kecil-kecil. Beberapa software simulasi elektromagnetik, seperti Ansoft HFSSTM, menggunakan *Finite Element Method* untuk analisisnya.

2.4.1 Antena mikrostrip *Annular Ring*



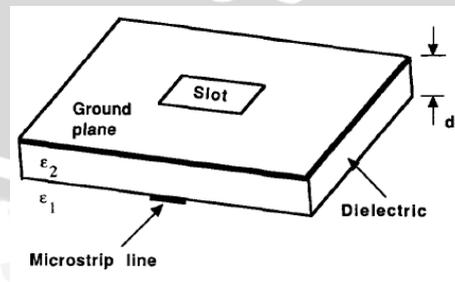
Gambar 2.6 Patch Annular Ring

(Girish Kumar, : 2010)

Patch antenna mikrostrip terdiri dari berbagai macam jenis, salah satunya adalah *patch annular ring*. Antena mikrostrip dengan *patch annular ring* terbukti dapat memiliki *bandwidth* yang lebih lebar dengan dimensi yang lebih kecil dari antena mikrostrip dengan *patch* lingkaran (Debatosh Guha, 2006). Hal ini disebabkan karena pada *patch annular ring*, banyaknya energi yang tersimpan dibawah *patch* lebih kecil tetapi daya yang diradiasikan sama besar dengan antena mikrostrip *Patch* lingkaran (Chew W.C., 1982). Selain itu apabila ditinjau secara fisik, jalur yang dilewati arus pada *patch annular ring* jauh lebih panjang daripada jalur *patch* lingkaran.

2.4.2 Slot pada Antena Mikrostrip

Berbagai macam teknik telah diterapkan untuk meningkatkan performansi antena mikrostrip. Salah satu teknik yang digunakan adalah dengan penambahan slot pada antena mikrostrip. Aplikasi slot pada antena mikrostrip terbukti dapat meningkatkan *bandwidth* antena (Masoud Kahrizi, 1993). Terdapat berbagai macam bentuk slot yang telah diaplikasikan, seperti slot kotak, lingkaran dan lain sebagainya (Y.F. Liu, 2004).



Gambar 2.7 Slot pada Elemen Peradiasi Mikrostrip

(Masoud Kahrizi, 1993)

Pelebaran *bandwidth* pada alat antenna mikrostrip disebabkan oleh penguatan efek kopling yang diberikan oleh saluran pencatu mikrostrip. Peningkatan efek kopling akan memberikan penurunan nilai faktor kualitas antenna. Semakin rendah faktor kualitas dari antenna maka mengakibatkan melebarnya *bandwidth* antenna tersebut

Selain itu, konfigurasi jaringan saluran catu juga berperan dalam pelebaran *bandwidth*. Semakin pendek saluran dari sumber pencatutan menuju *slot*, akan semakin efektif jaringan kondisi penyesuaian antenna tersebut. Konfigurasi jaringan pencatu juga dapat mempengaruhi posisi letak antara *slot* pada jarak tertentu. Posisi letak antara *slot* yang tidak tepat akan menurunkan kualitas efek kopling yang diberikan ke antenna

2.4.3 Saluran Transmisi

Saluran transmisi merupakan penghubung antara antenna dengan *transmitter* atau *receiver*. Panjang dari saluran transmisi berbanding lurus dengan waktu transfer energi. Saluran transmisi mempunyai impedansi karakteristik (Z_0) yang berbanding lurus dengan frekuensi. Artinya, semakin tinggi frekuensi semakin besar pula impedansi yang terjadi. Hal ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

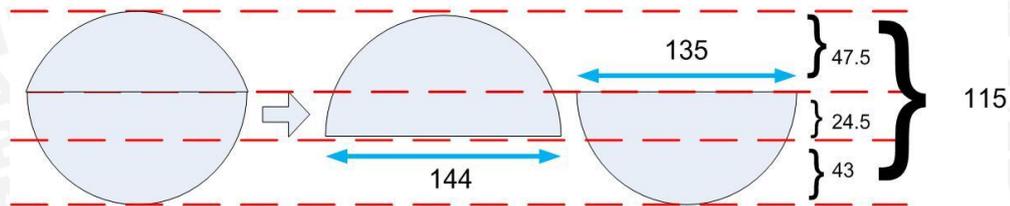
$$Z_0 = R + j \omega L = R + j 2\pi f L \quad (2-19)$$

Agar transfer daya maksimum, maka perlu adanya *impedance matching* yaitu penyepadanan agar impedansi input sama dengan impedansi karakteristik saluran transmisi. Suatu saluran transmisi yang diberi beban yang sama dengan impedansi karakteristik mempunyai *standing wave ratio* (SWR) bernilai satu, sehingga dalam pentransmisiannya tanpa ada gelombang yang terpantul. Hal ini menyebabkan efisiensi transmisi menjadi optimum. *Impedance matching* tersebut dapat diperoleh dengan perancangan dimensi saluran transmisi yang tepat.

2.5 Bentuk *Rugby Ball* Pada Antena

Bentuk *rugby ball* yang diaplikasikan pada antenna terbukti dapat memenuhi kebutuhan antenna sehingga dapat bekerja pada *ultra wideband* (UWB). Antenna ini dapat bekerja pada *range* frekuensi yang sangat lebar, antara 0.9-20 GHz, tetapi tetap memiliki efisiensi radiasi antenna yang baik (Rudy Yuwono, 2005). Antenna *rugby ball*

tersebut dirancang dengan dimensi HA = 115mm dan WA = 135mm seperti yang ditunjukkan gambar berikut:



Gambar 2.8 Struktur Dasar Antena *Rugby Ball*

(Rudy Yuwono, MT, M.Sc, 2005)

Antena *rugby ball* terbentuk dari dua buah setengah lingkaran yang memiliki diameter yang berbeda. Untuk lingkaran kecil bagian bawah memiliki diameter 135 mm ($r = 67.5$ mm) dan untuk lingkaran yang lebih besar memiliki diameter 144 mm ($r = 72$ mm). Sehingga perbandingannya adalah 47.5 : 24.5 : 43. Dengan perbandingan dasar ini, antena *rugby ball* dapat dimodifikasi sesuai dimensi yang kita butuhkan tetapi masih memiliki karakteristik utama yang sama. Dalam skripsi ini, bentuk *rugby ball* akan diaplikasikan untuk slot pada *ground plane* antena mikrostrip sehingga antena diharapkan dapat bekerja pada *ultra wideband (UWB)*.

2.6 Perancangan Antena Mikrostrip *Annular Ring* dengan Slot *Rugby Ball*

2.6.1 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor

Bahan substrat yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Bahan *Phenolic White Paper* – FR 2
 - konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4.5
 - ketebalan lapisan dielektrik (h) = 0.0019 m = 1,9 mm
 - loss tangent* = 0.02
- Bahan pelapis substrat tembaga (konduktor)
 - ketebalan bahan konduktor (t) = 0.01 mm
 - konduktifitas tembaga (σ) = 5.80×10^7 mho m^{-1}
- Impedansi karakteristik saluran = 50 Ω

2.6.2 Perencanaan Dimensi Antena Mikrostrip

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi, maka terlebih dahulu harus ditentukan frekuensi acuan (f_r) yang digunakan untuk mencari panjang gelombang diruang bebas (λ_0).

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \text{ (m)} \quad (2-20)$$

keterangan:

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

c = cepat rambat cahaya di udara (3×10^8 m/s)

2.6.2.1 Perencanaan Dimensi Patch

Patch annular ring terdiri dari radius lingkaran luar (R_1) dan radius lingkaran dalam (R_2). Apabila perbandingan antara radius luar dan dalam anular ring adalah 2 ($R_1/R_2=2$), maka nilai radius luar dan dalam lingkaran dapat dicari melalui persamaan (Kin Lu Wong, 2002) :

$$f_r = \frac{c}{\pi(R_1 + R_2)} \sqrt{\frac{1 + \epsilon_r}{2\epsilon_r}} \quad (2-21)$$

$$(R_1 + R_2) = \frac{c}{\pi f_r} \sqrt{\frac{1 + \epsilon_r}{2\epsilon_r}} \quad (2-22)$$

Berdasarkan persamaan diatas, maka besarnya radius luar dan radius dalam lingkaran adalah:

$$R_1 = \frac{2}{3} \frac{c}{\pi f_r} \sqrt{\frac{1 + \epsilon_r}{2\epsilon_r}} \quad (2-23)$$

$$R_2 = \frac{c}{3\pi f_r} \sqrt{\frac{1 + \epsilon_r}{2\epsilon_r}} \quad (2-24)$$

Keterangan :

f_r = frekuensi resonansi (Hz)

R_1 = radius lingkaran luar (m)

- R_2 = radius lingkaran dalam (m)
 c = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)
 ϵ_r = konstanta dielektrik substrat (F/m)
 h = tinggi bahan substrat (m)

2.6.2.2 Perencanaan Dimensi Minimum *Ground plane*

Dimensi minimum *ground plane* yang dibutuhkan oleh antena mikrostrip dapat dicari melalui persamaan berikut: (Punit S. Nakar, 2004: 51)

$$L_g = 6h + L \quad (2-25)$$

$$W_g = 6h + W \quad (2-26)$$

Untuk *patch* lingkaran, karena $L = 2R$ dan $W = \frac{\pi R}{2}$, maka panjang dan minimum *ground plane* adalah:

$$L_g = 6h + 2R \quad (2-27)$$

$$W_g = 6h + \frac{\pi}{2} R \quad (2-28)$$

Keterangan:

- L_g = panjang sisi minimum *ground plane* (m)
 W_g = lebar sisi minimum *ground plane* (m)
 L = panjang *patch* persegi (m)
 W = lebar *patch* persegi (m)
 R = Radius *patch* lingkaran (m)
 h = ketebalan substrat (m)

2.6.3 Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi

Sebelum dapat menentukan panjang saluran transmisi, terlebih dahulu dicari panjang gelombang yang melewati saluran transmisi (λ_d). Nilai panjang gelombang yang melewati saluran transmisi dapat dihitung dengan persamaan

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (m) \quad (2-29)$$

Berdasarkan nilai tersebut, panjang dari saluran transmisi mikrostrip ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut (K.C. Gupta, 1981):

$$L = \frac{1}{4} \lambda_d \quad (2-30)$$

Sedangkan lebar saluran transmisi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (Davendra K.Misra, 2004):

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-31)$$

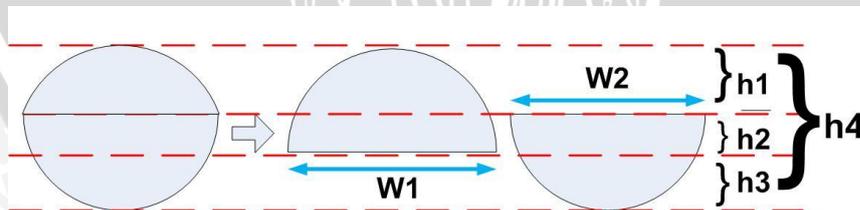
$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2-32)$$

Keterangan:

- λ_0 = panjang gelombang diruang bebas (m)
- λ_d = panjang gelombang yang melewati saluran transmisi (m)
- W = lebar saluran saluran transmisi mikrostrip (m)
- Z_0 = impedansi karakteristik (Ω)
- h = tebal *substrat* (m)
- L = panjang saluran transmisi mikrostrip (m)
- λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (m)
- ϵ_r = konstanta dielektrik substrat (F/m)

2.6.4 Perencanaan Dimensi Slot Rugby Ball

Pada antenna ini, bentuk rugby ball akan diaplikasikan sebagai slot pada *ground plane* antenna. Dimensi slot *rugby ball* sendiri dirancang berdasarkan perbandingan dasar dimensi asli antenna rugby ball.



Gambar 2.9 Geometri Slot Rugby Ball

sumber: perancangan

Dengan mengacu kepada gambar 2.9 dan berdasarkan ukuran dari struktur dasar antenna rugby ball pada gambar 2.8, bentuk rugby ball dapat dimodifikasi sesuai ukuran yang diinginkan berdasarkan perbandingan sebagai berikut:

$$\frac{h_1}{47.5} = \frac{h_2}{24.5} = \frac{h_3}{43} = \frac{h_4}{115} = \frac{W_1}{144} = \frac{W_2}{135} \quad (2-33)$$

Dengan demikian, apabila nilai salah satu besaran sudah ditentukan, nilai besaran yang lain dapat diketahui dengan menggunakan metode perbandingan.

