

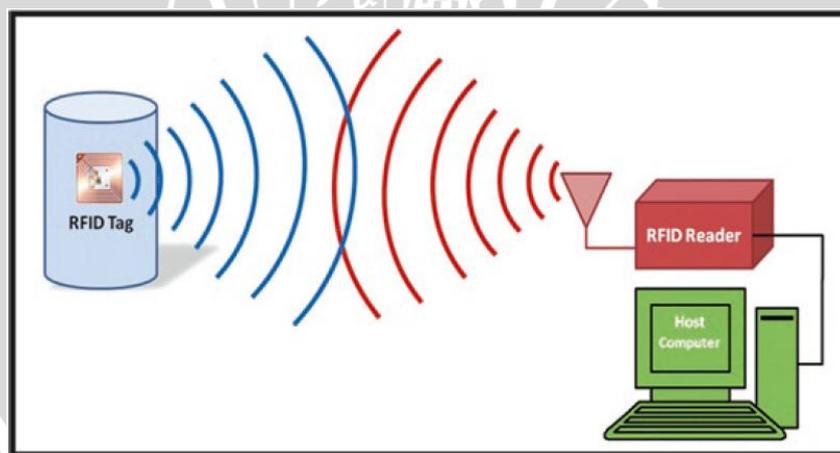
BAB II DASAR TEORI

2.1 Radio Frequency Identification (RFID)

Radio Frequency Identification atau RFID, adalah teknologi yang memungkinkan untuk identifikasi data jarak jauh, monitoring serta pelacakan suatu objek dengan menggunakan frekuensi gelombang radio. Identifikasi suatu objek dengan komunikasi secara nirkabel dimungkinkan antara *tag* (yang melekat pada objek) dengan suatu *reader* (interogator) pada jarak yang jauh. (Faranak,2011: 2)

Sistem RFID terdiri dari tiga komponen utama: *reader* atau interogator, yang mengirimkan sinyal ke sebuah RFID, *tag* atau *transponder* yang berisi kode identifikasi untuk diidentifikasi, dan perangkat lunak *middleware*, yang mempertahankan *interface* dan protokol perangkat lunak untuk *encode* dan *decode* identifikasi data dari *reader* RFID ke dalam komputer pribadi. (Karmakar, 2010 :85)

Suatu sistem RFID pada dasarnya bekerja pada prinsip yang sama. Sebuah RFID *reader* mengirim sinyal ke *transponder* (*tag*) yang kemudian akan memantulkan kembali sinyal yang diterima ke RFID *reader* (Karmakar, 2010:6) seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.1

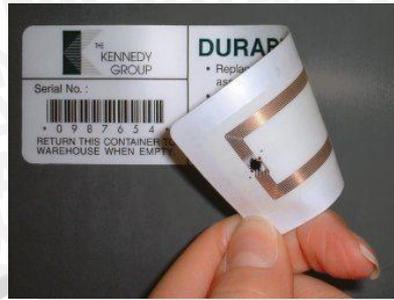


Gambar 2.1 Blok diagram sistem RFID

(Sumber: Faranak, 2011 : 2)

RFID *tag* mirip dengan *barcode* optik, melekat pada suatu objek yang akan diidentifikasi dan menyimpan identifikasi unik tiap objek. *Tag* disebut juga sebagai *transmitter responder* (*transponder*). RFID *tag* terdiri dari antena *tag* yang berkomunikasi dengan RFID *reader* dengan menggunakan gelombang elektromagnetik

dan IC yang berfungsi untuk menyimpan *identification number* (ID) dari suatu objek. (Karmakar, 2010 : 16)



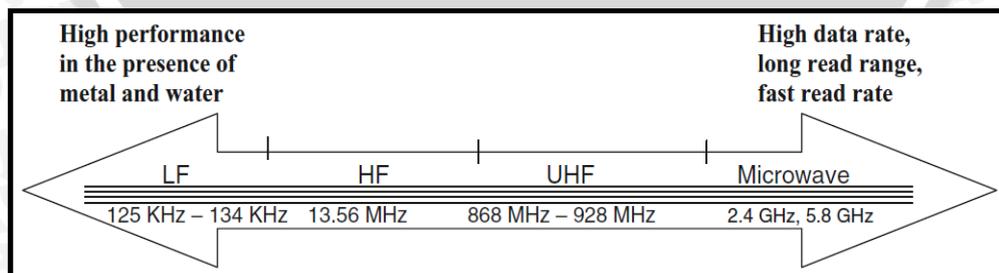
Gambar 2.2 RFID tag

Terdapat tiga jenis RFID tag yaitu:

- 1) tag aktif merupakan tag yang memiliki sumber tenaga (contoh: baterai) yang digunakan untuk mendukung pengoperasian IC dan pentransmisian data menuju reader.
- 2) tag semi-aktif merupakan tag yang memiliki sumber tenaga sendiri (contoh: baterai) untuk IC agar tetap menyala tetapi tidak digunakan untuk pentransmisian data.
- 3) tag pasif merupakan tag yang tidak memiliki sumber tenaga. tenaga dipancarkan dari reader yang digunakan untuk IC dan berkomunikasi kembali dengan reader (pengoperasian tag) (Karmakar, 2010 : 29).

Tag antenna adalah bagian terbesar dari RFID tag yang terhubung langsung ke IC. Komunikasi antara reader dan tag terjadi melalui antenna (Karmakar, 2010 : 28).

Frekuensi yang digunakan pada sistem RFID harus berdasarkan ketentuan *Industrial, Scientific, and Medical* (ISM). Dalam Gambar 2.3 ditunjukkan range frekuensi yang digunakan dalam RFID dibagi menjadi 4 yaitu *Low Frequency* (125 KHz -134 KHz), *High Frequency* (13,56 MHz), *Ultra High Frequency* (868 MHz-928 GHz) dan *Microwave Frequency* (2,4 GHz atau 5,8 GHz) (Faranak, 2011 : 6).



Gambar 2.3 Range frekuensi untuk sistem RFID (Sumber : Faranak, 2011 : 8)

RFID *tag* gelombang mikro (*microwave*) yang beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz atau 5,8 GHz ini disebut juga sebagai *Super High Frequency* (SHF) yang dalam praktiknya digunakan dalam *tag* aktif maupun semi aktif. *Tag* semi aktif gelombang mikro digunakan untuk identifikasi armada atau aplikasi tol elektronik. Jarak pembacaan *tag* aktif maupun semi aktif pada RFID *tag* gelombang mikro ini lebih jauh daripada UHF *tag*, dengan implementasi fisik yang lebih kecil daripada RFID *tag* lainnya dengan frekuensi yang lebih rendah.

Menurut definisi yang lebih modern, teknologi komunikasi nirkabel yang dapat menghasilkan sinyal dengan *bandwidth* minimal 500 MHz atau lebih besar dari 0,2 *bandwidth* fraksionalnya maka teknologi tersebut dapat dianggap sebagai *ultra wideband*. Persamaan *bandwidth* fraksional (Husyain, 2006:1):

$$BW_{fractional} = 2 \times \left(\frac{f_h - f_l}{f_h + f_l} \right) \quad (2-1)$$

f_h = frekuensi atas

f_l = frekuensi bawah

Ultra wideband RFID (UWB-RFID) merupakan teknologi baru yang diterapkan pada RFID. *Ultra Wideband* menggunakan sinyal dengan daya yang rendah dengan rentang frekuensi yang lebar. Dibandingkan *narrowband* RFID, UWB-RFID memiliki keunggulan diantaranya memiliki jarak jangkauan pembacaan tanpa bebas pandang yang lebih jauh, sekitar 200 kaki (61 meter). Karena sinyal pada frekuensi tertentu sangat lemah, UWB tidak mengganggu peralatan yang sensitif. UWB-RFID *tag* harus ditempatkan pada *tag* aktif atau *tag* semi aktif karena sinyal yang ditransmisikannya sangat lemah, akan tetapi konsumsi akan dayanya rendah.

2.2 Antena Mikrostrip

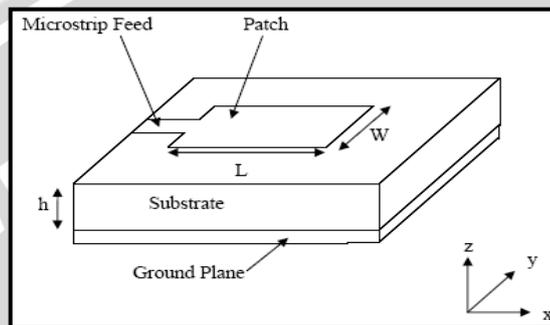
Berdasarkan *IEEE Standard Definitions of Terms for Antenna*, antena merupakan suatu alat untuk memancarkan dan menerima gelombang radio. Dengan kata lain, antena adalah suatu media peralihan antara ruang bebas dengan alat pandu atau saluran transmisi yang dapat berupa kabel koaksial atau pandu gelombang (*waveguide*) yang digunakan untuk memindahkan energi elektromagnetik dari sumber transmisi menuju antena atau dari antena menuju penerima. Berdasarkan hal ini, maka antena dapat dikategorikan sebagai antena pengirim serta antena penerima (Balanis, 2005: 1).

Antena mikrostrip adalah salah satu bentuk antena yang memiliki beberapa keunggulan dari struktur antena yang lain, seperti:

1. Mempunyai bobot yang ringan dan volume yang kecil.

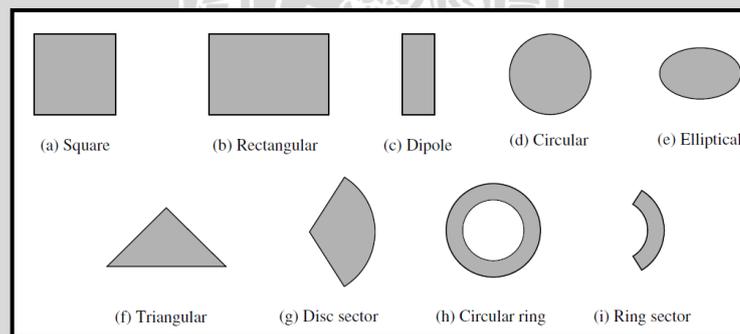
2. Kemudahan fabrikasi dalam jumlah yang besar serta biaya yang lebih murah.
3. Dapat dengan mudah diintegrasikan dengan *Microwave integrated circuits* (MICs)
5. Mendukung polarisasi linear dan sirkular.
6. Kemampuan dalam *dual frequency* maupun *triple frequency*.
7. Tidak memerlukan catuan tambahan.

Pada antenna mikrostrip, terdapat empat elemen paling sederhana yaitu *patch* sebagai elemen peradiasi, substrat dielektrik, *feed*, serta *ground*.



Gambar 2.4 Antena mikrostrip
(Sumber : Punit S. Nakar, 2004 : 40)

Patch merupakan elemen peradiasi pada antenna mikrostrip. Berupa lembaran metal yang berada di atas substrat dielektrik Adapun beberapa bentuk *patch* antenna mikrostrip dapat dilihat dalam gambar 2.5



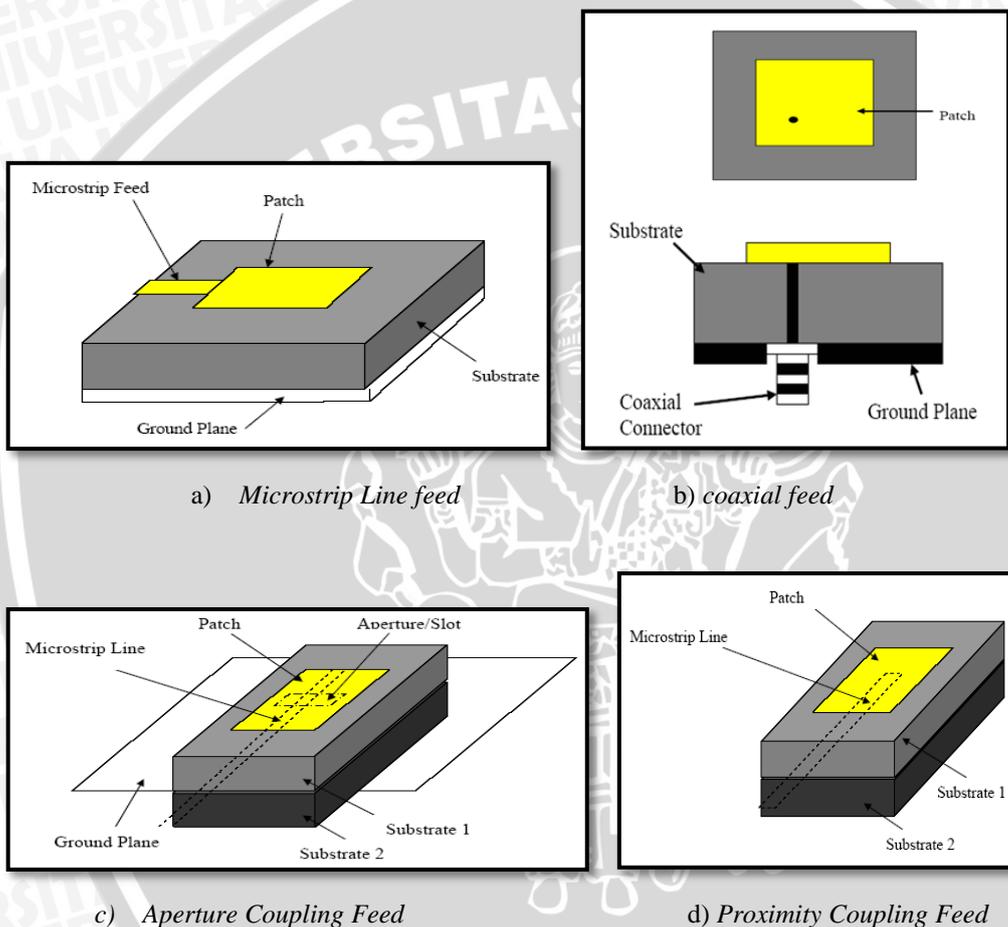
Gambar 2.5 Bentuk bentuk *patch* antenna mikrostrip
(sumber: Balanis, 2005 : 813)

Substrat dielektrik berada di lapisan antara *patch* dan *ground*. Setiap substrat memiliki nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) yang berkisar antara $2,2 \leq \epsilon_r \leq 12$ dan ketebalan substrat yang berkisar antara $0,003\lambda_0 \leq h \leq 0,05\lambda_0$. Untuk kinerja antenna, pemilihan substrat sangat berpengaruh, semakin tebal substrat maka konstanta dielektriknya kecil

sehingga *bandwidth* juga semakin lebar tetapi dimensi akan bertambah besar begitu juga sebaliknya. (Balanis, 2005 : 812)

Feed atau pencatuan adalah teknik yang digunakan untuk menghubungkan antenna mikrostrip dengan saluran transmisi lainnya, umumnya yang dihubungkan adalah bagian *patch* antenna mikrostrip. *Patch* antenna mikrostrip dapat dicatu dengan berbagai macam metode seperti dalam gambar 2.6.

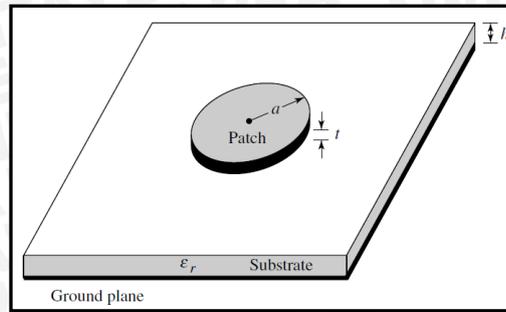
Ground merupakan bagian metalik pada sisi belakang substrat dielektrik. Berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan.



Gambar 2.6 *Feed* atau teknik pencatuan pada antenna mikrostrip
(Sumber: Punit S. Nakar, 2004)

2.2.1 Karakteristik Antena Mikrostrip *Circular Patch*

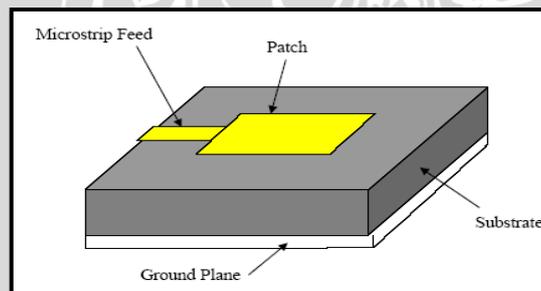
Antena mikrostrip dengan *circular patch* hampir memiliki performa yang sama dengan antena mikrostrip *patch* segi empat. Pada aplikasi tertentu, seperti *array*, *circular patch* ini akan menghasilkan keuntungan dibandingkan dengan *patch* yang lainnya. Antena mikrostrip dengan *circular patch* ini akan lebih mudah dimodifikasi untuk menghasilkan nilai impedansi, pola radiasi, dan frekuensi kerja yang diinginkan. (Balanis, 2005 : 843)



Gambar 2.7 Bentuk antenna mikrostrip *circular patch*
(sumber: Balanis, 2005 : 6)

2.2.2 Microstrip Line Feed

Pada tipe pencatuan ini, bagian konduktor dihubungkan secara langsung dengan bagian tepi *patch* mikrostrip pada bidang yang sama dengan *patch*. Pada pencatuan ini, *feed* dan *patch* membentuk satu struktur. Teknik pencatuan ini lebih sederhana dan mudah dalam fabrikasi. Lebar strip konduktor lebih kecil dari pada elemen peradiasi antenna mikrostrip. Tipe pengaturan pencatuan semacam ini mempunyai keuntungan yaitu pencatuan dapat diberikan pada substrat yang sama untuk menyediakan suatu struktur planar. (Punit S. Nakar, 2004 : 34)



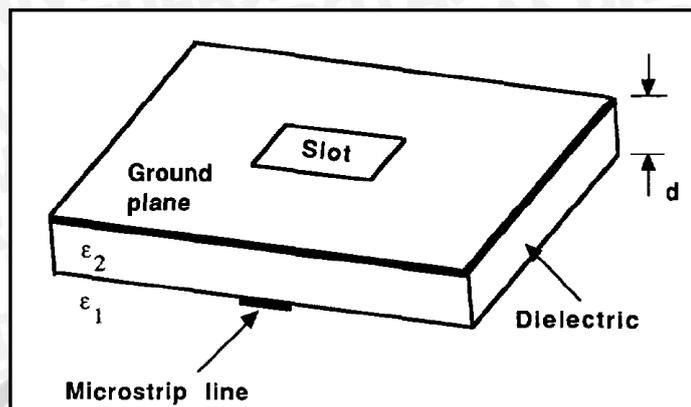
Gambar 2.8 *Microstrip Line Feed*
(Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 34)

2.2.3 Slot Antena

Slot antenna telah dikembangkan sekitar awal tahun 1950-an. Dalam beberapa tahun kemudian, *printed slot* antenna ini dipertimbangan untuk digunakan dalam sistem UWB dan menjadi lebih dikenal karena struktur yang lebih sederhana (J.Liang, 2005).

Desain sebuah antenna dengan *printed slot* merupakan solusi tepat untuk meningkatkan *bandwidth* antenna. Ciri menarik dari slot antenna adalah kemampuannya untuk menyediakan *bandwidth* yang lebih besar dan juga menghasilkan pola radiasi *bidirectional* dan mudah untuk difabrikasi (Ronald, 2011: 3).

Slot antenna berada dalam bidang *ground plane* yang tegak lurus terhadap saluran mikrostrip seperti dalam gambar 2.9



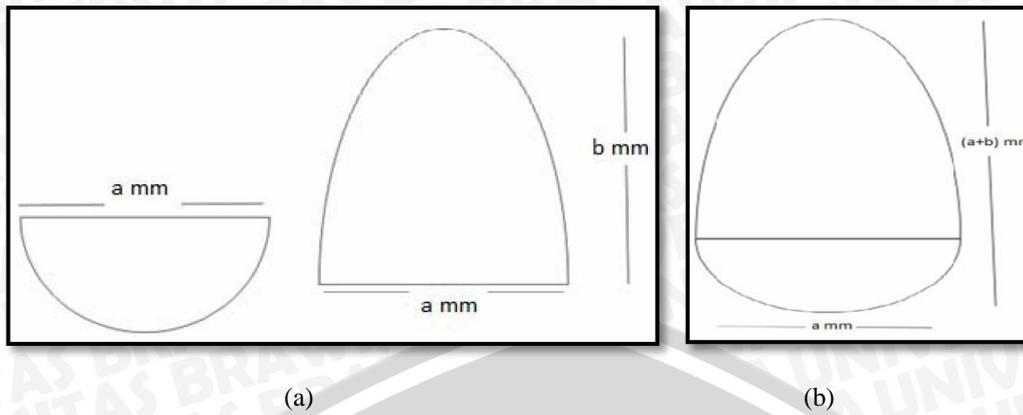
Gambar 2.9 Slot pada sisi *ground plane*
(Sumber: Kahrizi, 1993)

Untuk mendapatkan bandwidth yang lebar, dibutuhkan penguatan efek kopling yang diinduksikan oleh saluran pencatu mikrostrip ke slot. Semakin besar efek kopling yang terjadi, akan menurunkan faktor kualitas rangkaian. Semakin menurunnya faktor kualitas rangkaian, semakin meningkat pula *bandwidth* antenna.

2.2.4 Bentuk *Egg* pada Antena

Antena *egg* merupakan antena yang bentuknya mirip dengan bola telur (*egg*) maka antena tersebut dinamakan antena *egg*. Perencanaan antena *egg* memiliki tujuan untuk menemukan antena dengan *bandwidth* yang lebih lebar. Bentuk *egg* diaplikasikan pada antena, dan terbukti antena *egg* ini dapat memenuhi kebutuhan antena untuk bekerja pada *ultra wideband* untuk menangkap frekuensi televisi swasta di Indonesia (Rudy Yuwono, 2010).

Antena *egg* terbentuk dari setengah lingkaran dengan diameter a dan setengah elips dengan diameter primer a dan diameter sekunder $2b$. Dengan geometri dasar ini, antena *egg* dapat dioptimalkan sesuai dengan dimensi yang dibutuhkan tetapi diharapkan memiliki karakteristik yang sama. Dalam penulisan skripsi ini, bentuk *egg* akan diaplikasikan untuk slot pada *ground plane* sehingga antena diharapkan dapat bekerja pada *ultra wideband*.



Gambar 2.10 (a). Setengah lingkaran dan setengah elips (b). Dimensi antena *egg* (Sumber: Rudy Yuwono,2010)

2.3 Parameter Dasar Antena

Parameter-parameter antena adalah hal yang sangat penting untuk mendeskripsikan performansi dari suatu antena. Beberapa parameter dapat saling berkaitan dan tidak semua yang digunakan untuk mendeskripsikan performansi dari suatu antena. (Balanis, 2005:27)

2.3.1 Impedansi Masukan

Impedansi terminal antena perlu diketahui, hal ini untuk keperluan pemindahan daya dari atau menuju antena. Secara umum impedansi terminal antena didefinisikan sebagai impedansi yang ditimbulkan antena pada terminalnya atau perbandingan antara tegangan terhadap arus pada pasangan terminalnya, dapat dituliskan (Balanis, 2005: 80):

$$Z_A = R_A + jX_A \tag{2-2}$$

dengan :

$$Z_A = \text{Impedansi terminal antena } (\Omega)$$

$$R_A = \text{Resistansi terminal antena } (\Omega)$$

$$X_A = \text{Reaktansi terminal antena } (\Omega)$$

Sedangkan impedansi antena dapat diperoleh dari koefisien pantul dengan persamaan sebagai berikut (Edgar Hund, 1989: 44) :

$$|\Gamma| = \left| \frac{Z_{ant} - Z_c}{Z_{ant} + Z_c} \right| \tag{2-3}$$

sehingga diperoleh :

$$Z_{ant} = Z_c \left(\frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \right) \quad (2-4)$$

dengan :

Z_{ant} = impedansi antena (Ω)

Z_c = impedansi karakteristik (Ω)

Γ = koefisien pantul

2.3.2 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) adalah rasio amplitudo tegangan maksimum terhadap amplitudo tegangan minimum dalam pola tegangan berdiri. Fluktuasi level daya yang dikarenakan adanya ketidaksesuaian saluran transmisi dengan beban. Besarnya nilai *VSWR* bervariasi antara 1 sampai ∞ (tak terhingga). Semakin tinggi *VSWR*, semakin besar pula ketidaksesuaian.

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2-5)$$

2.3.3 Return Loss (RL)

Return loss adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui berapa banyak daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan. RL adalah parameter seperti VSWR yang menentukan *matching* antara antena dan *transmitter*.

Koefisien pantulan (*reflection coefficient*) adalah perbandingan antara tegangan pantulan dengan tegangan maju (*forward voltage*). Antena yang baik akan mempunyai nilai *return loss* dibawah -10 dB, yaitu 90% sinyal dapat diserap, dan 10%-nya terpantulkan kembali. Koefisien pantul dan *return loss* didefinisikan sebagai (Punit, 2004: 19) :

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \quad (2-6)$$

$$RL = -20 \cdot \log \Gamma \quad (dB) \quad (2-7)$$

dengan :

Γ = koefisien pantul

V_r = tegangan gelombang pantul (*reflected wave*)

V_i = tegangan gelombang maju (*incident wave*)

RL = *return loss* (dB)

Untuk *matching* sempurna antara transmitter dan antena, maka nilai $\Gamma = 0$ dan $RL = \infty$ yang berarti tidak ada daya yang dipantulkan, sebaliknya jika $\Gamma = 1$ dan $RL = 0$ dB maka semua daya dipantulkan.

2.3.3.1 Hubungan antara frekuensi dan *Return Loss*

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

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (\text{m}) \quad (2-8)$$

Setelah dimensi antena diperoleh, dapat diamati melalui simulasi software atau pengukuran bahwa nilai VSWR dan *return loss* yang terbaik berada pada range frekuensi perencanaan. Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi kerja antena berpengaruh terhadap *matching impedance*, dimana kondisi paling *match* berada pada kisaran frekuensi kerja yang direncanakan. *Matching impedance* berkaitan dengan koefisien refleksi (Γ), yang mana persamaan koefisien pantul adalah (Balanis: 2005,100):

$$\Gamma = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \quad (2-9)$$

Dengan :

Z_{in} = impedansi input antena

Z_0 = impedansi karakteristik saluran transmisi

Persamaan impedansi masukan antena adalah (Balanis: 2005,80):

$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in}$$

Z_{in} = impedansi antena di terminal (Ω)

R_{in} = resistansi antena di terminal (Ω)

X_{in} = reaktansi antena di terminal (Ω)

Dengan nilai *return loss* pada persamaan 2-7

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

2.3.4 Bandwidth

Bandwidth didefinisikan sebagai jangkauan frekuensi dimana performa antena, dengan mengacu pada beberapa karakteristik, dapat memenuhi standar yang telah ditentukan. Untuk antena *broadband*, *bandwidth* biasanya dinyatakan sebagai perbandingan frekuensi atas dengan frekuensi bawah dalam rentang frekuensi kerja.

Untuk persamaan *bandwidth* dalam persen (B_p) atau sebagai *bandwidth* rasio (B_r) dinyatakan sebagai (Punit, 2004 : 22) :

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (2-10)$$

$$f_c = \frac{f_l + f_u}{2} \quad (2-11)$$

$$B_r = \frac{f_u}{f_l} \quad (2-12)$$

dengan :

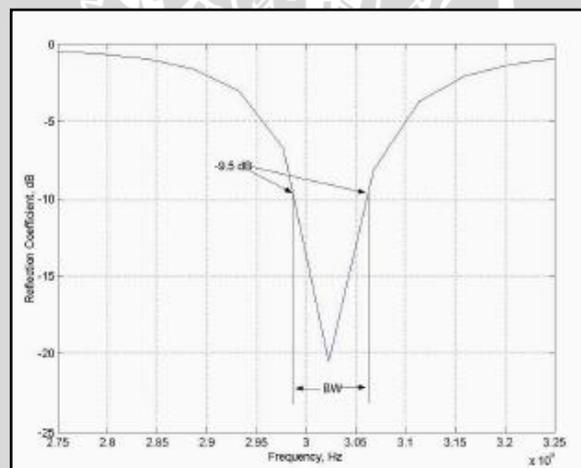
B_p = *bandwidth* dalam persen (%)

B_r = *bandwidth* rasio

f_u = jangkauan frekuensi atas (Hz)

f_l = jangkauan frekuensi bawah (Hz)

Untuk lebih jelasnya mengenai gambar dari hasil pengukuran *bandwidth* dapat dilihat dalam Gambar 2.11



Gambar 2.11 Pengukuran *bandwidth* berdasarkan plot *return loss* (Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 22)

Salah satu cara untuk menentukan *bandwidth* dapat dilakukan dengan mengukur lebar rentang frekuensi dengan batasan -10 dB pada grafik *return loss*.

2.3.5 Pola Radiasi (*radiation pattern*)

Pola radiasi didefinisikan sebagai pernyataan grafis yang menggambarkan sifat radiasi suatu antenna pada fungsi koordinat ruang. Pola radiasi disebut juga pola medan

(*field pattern*) dan digambarkan sebagai fungsi koordinat arah. Sifat radiasi meliputi intensitas radiasi, kuat medan, sudut fasa dan polarisasi. (Balanis 2005: 27)

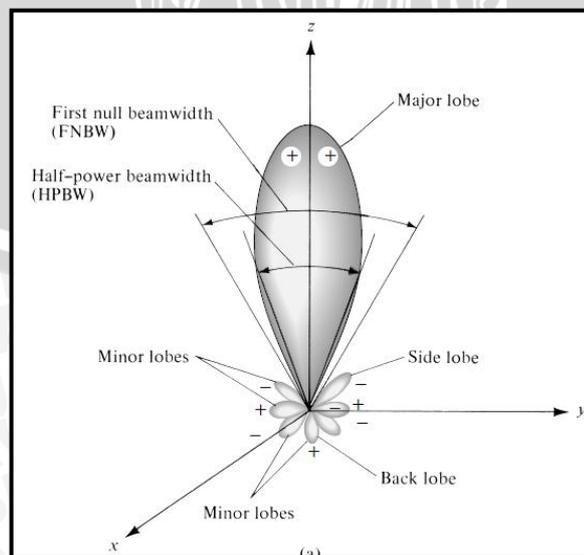
2.3.5.1 Pola *Isotropic, Directional, dan Omnidirectional*

Berdasarkan pola radiasinya, antenna terbagi atas antenna dengan pola radiasi *Isotropic, directional, dan omnidirectional*. Radiator isotropis didefinisikan sebagai “sebuah hipotesis antenna tanpa memiliki rugi-rugi yang mempunyai radiasi yang sama ke segala arah.” Meskipun ini adalah pola yang ideal yang secara fisik tidak mungkin direalisasikan, namun seringkali dijadikan acuan untuk menyatakan sifat keterarahan suatu antenna. Antenna *directional* adalah antenna yang mempunyai sifat radiasi atau penerimaan gelombang elektromagnetik yang lebih efektif pada suatu arah tertentu dibandingkan arah lainnya. Sedangkan antenna *omnidirectional* adalah antenna yang mempunyai pola *non-directional* pada suatu bidang tertentu dan sebuah pola *directional* pada bidang tegak lurus lainnya. (Balanis, 2005 : 32)

2.3.5.2 Lobe Pola radiasi

Bagian-bagian dalam pola radiasi disebut juga *lobe*. Berikut ini adalah *lobe* dalam pola radiasi:

- *Main Lobe* : Bagian dari daerah radiasi dimana arah radiasi antenna maksimum.
- *Minor lobe*: semua bagian *lobe* kecuali *main lobe*. *Minor lobe* menunjukkan arah radiasi yang tidak diinginkan.
- *Back lobe* : Bagian dari *minor lobe* yang berlawanan dengan *main lobe*.
- *Side lobe* : Bagian dari *minor lobe* yang bersebelahan dengan *main lobe*.



Gambar 2.12 Pola radiasi
(sumber: Balanis 2005: 30)

Beamwidth merupakan sudut yang memisahkan antara dua titik identik pada sisi yang berlawanan pada pola maksimum. Dalam pola radiasi antenna yang perlu diperhatikan adalah *Half Power Beamwidth (HPBW)* dengan definisi menurut IEEE adalah "suatu bidang yang terdapat pada arah maksimum dari beam, sebuah sudut antara dua arah dimana intensitas radiasi adalah setengah dari nilai beam". Selain itu *beamwidth* yang harus diperhatikan adalah *First Null Beamwidth (FNBW)*, yaitu sudut yang dilingkupi *main lobe*. (Balanis, 2005 : 42)

2.3.6 Keterarahan (*Directivity*)

Keterarahan suatu antenna didefinisikan sebagai kemampuan antenna untuk mengkonsentrasikan energinya pada suatu arah tertentu. Dengan kata lain keterarahan dari suatu antenna dapat ditunjukkan dengan perbandingan antara intensitas radiasi pada arah radiasi tertentu dibandingkan dengan intensitas radiasi rata-rata pada segala arah. (Balanis, 2005 : 44)

$$D_{max} = D_0 = \frac{U_{max}}{U_0} = \frac{4\pi U_{max}}{P_{rad}} \quad (2-13)$$

D = keterarahan (tanpa satuan)

D_0 = keterarahan maximum (tanpa satuan)

U = intensitas radiasi (W/satuan sudut ruang)

U_0 = intensitas radiasi sumber isotropis (W/ satuan sudut ruang)

U_{max} = intensitas radiasi maksimum (W/satuan sudut ruang)

P = daya radiasi total (W)

2.3.7 Gain

Salah satu pengukuran yang penting untuk menggambarkan performa suatu antenna adalah *gain*. Walaupun *gain* sangat berhubungan dengan keterarahan, pengukuran *gain* memperhitungkan efisiensi antenna maupun keterarahannya. *Gain* antenna didefinisikan sebagai "perbandingan antara intensitas radiasi yang diberikan pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi yang didapatkan oleh antenna bila diradiasikan secara isotropis. Intensitas radiasi yang dipancarkan secara isotropis sama dengan daya yang diterima oleh antenna dibagi dengan 4π ." dengan persamaan (Balanis, 2005 : 65)

$$Gain = 4\pi \frac{\text{intensitas radiasi}}{\text{total daya masukan (yang diterima)}} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \text{ (tanpa satuan)} \quad (2-14)$$

Gain antenna dibedakan menjadi *absolute gain* dan *relative gain*.

Absolute gain suatu antenna (pada arah tertentu) didefinisikan sebagai 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 . Dinyatakan dalam persamaan (13).

$$G = 10 \cdot \log \frac{4\pi \cdot U_m}{P_{in}} \text{ (dB)} \quad (2-15)$$

dengan:

G = gain antenna (dB)

U_m = intensitas radiasi antenna (watt)

P_{in} = daya *input* total yang diterima oleh antenna (watt)

Relative gain suatu antenna didefinisikan sebagai perbandingan penguatan daya pada arah tertentu terhadap penguatan daya antenna referensi dalam acuannya (dengan catatan bahwa kedua antenna mempunyai daya masukan yang sama). Untuk *gain* relatif, antenna referensi yang digunakan berupa antenna sumber isotropis tanpa rugi. Sehingga:

$$Gain = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \text{ (tanpa satuan)} \quad (2-16)$$

Penguatan daya disini mempunyai pengertian yang tidak sama dengan penguatan daya yang sering dijumpai pada amplifier. Penguatan daya disini mempunyai pengertian perbandingan daya yang dipancarkan oleh suatu antenna tertentu dibandingkan dengan daya yang dipancarkan oleh suatu antenna isotropis yang bentuk polanya seperti bola. *Radiator* isotropis sebenarnya adalah konsep teoritis, sedang pada praktisnya *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 :

$$G = 1,64 \times \frac{P_u}{P_R} \quad (2-17)$$

$$G(\text{dB}) = 10 \log 1,64 \times \frac{P_u}{P_R} \quad (2-18)$$

$$G = 2,15 + P_U(\text{dBm}) - P_R(\text{dBm}) \quad (2-19)$$

dengan :

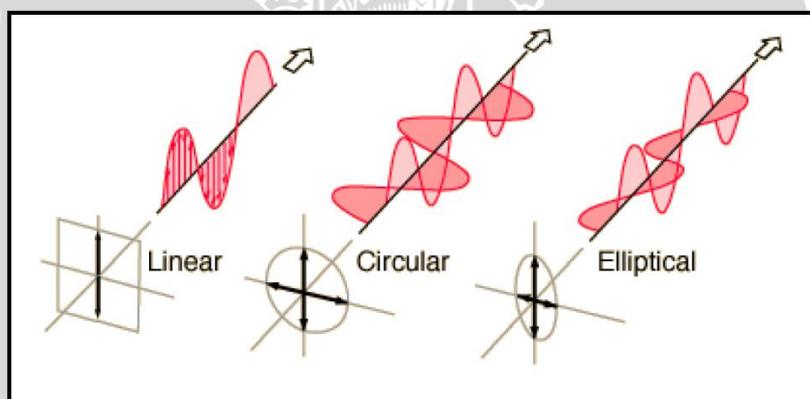
G = gain antenna uji (dB)

P_U = daya yang diterima antenna uji (W)

P_R = daya yang diterima antenna referensi (W)

2.3.8 Polarisasi

Polarisasi merupakan salah satu parameter antenna yang digambarkan sebagai arah vektor gelombang medan elektrik yang diradiasikan. Polarisasi juga dapat diartikan sebagai arah getaran gelombang radio atau dalam bahasa yang lebih tepat adalah arah medan elektrik gelombang radio yang dibangkitkan dari sebuah antenna. Polarisasi gelombang dapat didefinisikan pemancaran atau penerimaan gelombang oleh antenna dalam arah tertentu. Polarisasi dapat dikelompokkan sebagai linier, lingkaran, elips. Jika vektor, yang menggambarkan medan elektrik sebagai fungsi waktu, selalu searah sepanjang garis lurus, maka medan tersebut dikatakan sebagai polarisasi linier (Balanis, 2005: 72).



Gambar 2.13 Bentuk umum polarisasi
(sumber : shakeeb 2010 : 8)

Secara umum medan elektrik antenna (medan E) mempunyai dua komponen dalam satu bidang. Dua komponen medan E ini mungkin mempunyai besar dan arah sudut yang berbeda. Kedua antenna, baik pada pemancar maupun pada penerima, harus memiliki polarisasi yang sama agar gelombang yang dipancarkan dapat diterima secara maksimum. Jika kedua antenna yang terpolarisasi secara linier tidak sama orientasinya, maka akan terjadi penurunan transfer energi akibat ketidaksetaraan polarisasi.

2.4 Perancangan Antena Mikrostrip *Circular Patch* untuk Frekuensi Kerja 2,4GHz

2.4.1 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 dielektrik (h) = 0,0019 m = 1,9 mm
- *Loss tangen* = 0,02

Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga :

- Ketebalan bahan konduktor (t) = 0,00001 m = 0,01 mm
- Konduktifitas tembaga (σ) = $5,80 \times 10^7$ mho m⁻¹
- Impedansi karakteristik saluran = 50 Ω

Dalam menentukan bahan atau *substrat* harus diketahui batasan jangkauan frekuensi maksimum yang masih bisa dilewatkan pada substrat dengan persamaan berikut : (Johan L, 2002 : 33)

$$h \leq \frac{0,3 c}{2\pi f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-20)$$

dengan :

h = ketebalan substrat (m)

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

f_r = frekuensi kerja (Hz)

ϵ_r = konstanta dielektrik bahan

Substrat ini harus memenuhi syarat untuk digunakan pada rentang frekuensi RFID pada 2,4 GHz.

2.4.2 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi

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

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (\text{m}) \quad (2-21)$$

Setelah nilai λ_0 diperoleh, maka panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (λ_d) dapat dihitung dengan persamaan :

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{m}) \quad (2-22)$$

dengan:

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

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

Radius elemen peradiasi antenna mikrostrip *circular patch* diperoleh dengan menggunakan persamaan (Balanis, 2005: 846) :

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln\left(\frac{\pi F}{2h}\right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}} \quad (2-23)$$

dengan:

- a = dimensi radius *circular patch* (cm)
- h = ketebalan substrat (m)
- ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)
- F = fungsi logaritmik (F) dari elemen peradiasi

Fungsi logaritmik (F) dari elemen peradiasi ditentukan dengan persamaan: (Balanis, 2005: 846)

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-24)$$

dengan:

- f_r = frekuensi kerja pada antenna (Hz)
- ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

2.4.3 Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi

Lebar saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini (Liang J, 2004):

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2-25)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-26)$$

dengan:

- W = lebar saluran transmisi mikrostrip (m)
- Z_0 = impedansi karakteristik (Ω)
- h = tebal substrat (m)
- ϵ_r = konstanta dielektrik substrat

Untuk panjang saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini (K.C. Gupta, 1981):

$$L = \frac{1}{4} \lambda_d \quad (2-27)$$

dengan:

L_0 = panjang saluran transmisi (mm)

λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (mm)

2.4.4 Perencanaan Dimensi *Ground Plane*

Dimensi minimum *ground plane* yang dibutuhkan oleh antenna mikrostrip diberikan melalui persamaan: (Punit S. Nakar, 2004)

$$L_g = 6h + 2R \quad (2-28)$$

$$W_g = 6h + \frac{\pi}{2}R \quad (2-29)$$

dengan:

h = ketebalan substrat (mm)

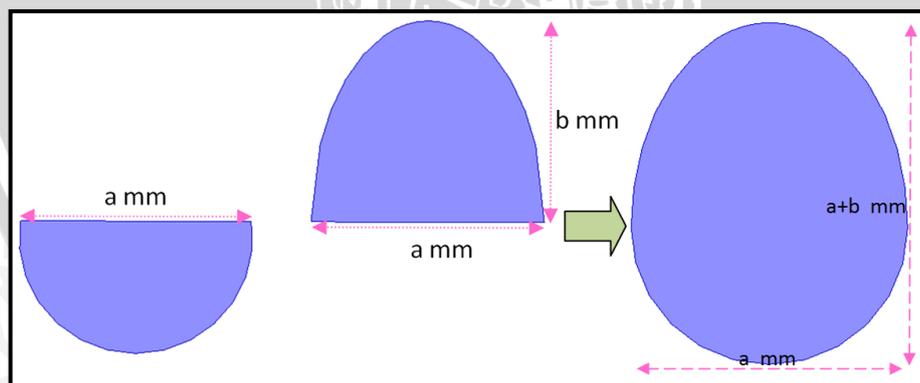
R = jari-jari *circular patch* (mm)

L_g = panjang minimum *groundplane* (mm)

W_g = lebar minimum *ground plane* (mm)

2.4.5 Perencanaan Dimensi *Slot Egg*

Antena mikrostrip dalam skripsi ini, bentuk *egg* akan diaplikasikan sebagai slot pada *ground plane*. Dimensi slot *egg* dirancang berdasarkan dimensi perancangan antenna *egg* yang telah dilakukan sebelumnya yaitu terbentuk dari setengah lingkaran dengan diameter a dan setengah elips dengan diameter primer a dan diameter sekunder $2b$. (Rudy Yuwono, 2010)



Gambar 2.14 Struktur dasar antenna *egg*
(sumber : perancangan)

Berdasarkan struktur dasar antenna *egg* dalam gambar 2.14, bentuk *egg* dapat dimodifikasi sesuai dengan ukuran yang diinginkan.