

BAB II

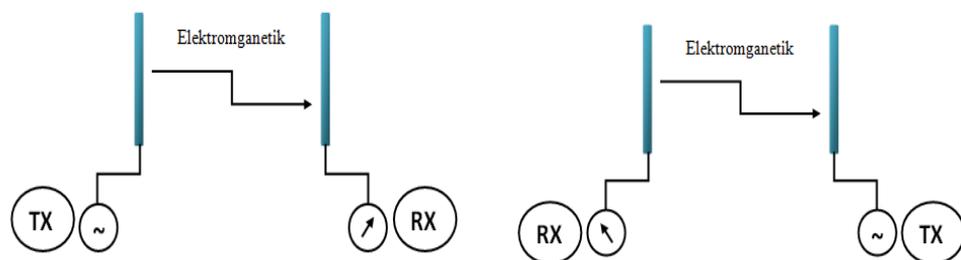
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Antena

2.1.1 Pengertian Antena

Antena merupakan perangkat radio yang bekerja mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik kemudian memancarkannya ke ruang bebas atau sebaliknya, yaitu menangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas dan mengubah menjadi sinyal listrik. [11]

Antena yang mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik dikatakan transmitter. Antena yang mengubah sinyal elektromagnetik menjadi sinyal listrik dikatakan antena receiver. Sesuai dengan definisinya dapat dilihat bahwa antena mempunyai sifat kerja bolak-balik. Sifat kerja bolak-balik ini dikatakan sifat reciprocal dari antena. Dimana 1 buah antena dapat dioperasikan sebagai antena transmitter dan sekaligus sebagai antena receiver. [11]



Gambar 2.1 Gambaran Sifat Reciprocal Antena .

(Sumber :Firdaus Topan, 2019)

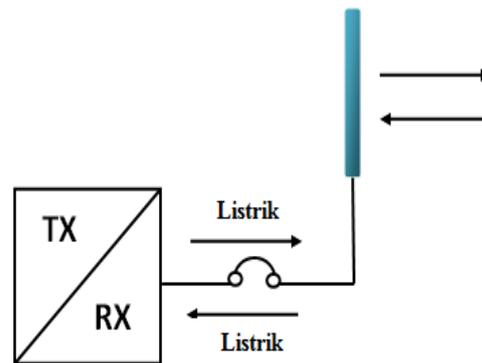
Antena dapat juga didefinisikan sebagai konduktor elektrik atau suatu sistem konduktor elektrik yang digunakan baik untuk meradiasikan energi elektromagnetik atau untuk mengumpulkan energi elektromagnetik.

2.1.2 Fungsi Antena

Berdasarkan definisi antena atau berdasarkan cara kerja antena maka antena memiliki 3 fungsi pokok yaitu :

1. Antena berfungsi sebagai Konverter

Antena dikatakan sebagai Konverter karena antena berfungsi mengubah bentuk sinyal yaitu dari sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik ataupun sebaliknya.

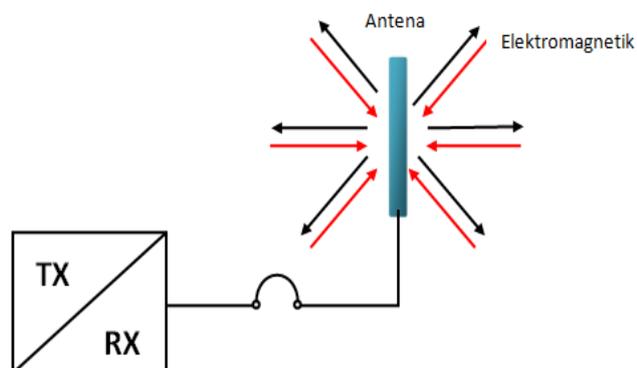


Gambar 2.2 Antena Sebagai Konverter.

(Sumber :Firdaus Topan, 2019)

2. Antena berfungsi sebagai Radiator/Re-Radiator

Antena berfungsi sebagai Radiator/Re-Radiator karena berfungsi sebagai peradiasi sinyal dimana sinyal elektromagnetik yang dihasilkan antena akan diradiasikan ke udara bebas sekelilingnya. Sebaliknya jika antenna menerima radiasi elektromagnetik dari udara bebas fungsinya dikatakan Re-Radiator. Jadi antena *transmitter* mempunyai fungsi Radiator sedangkan antena *receiver* mempunyai fungsi Re-Radiator.[11]

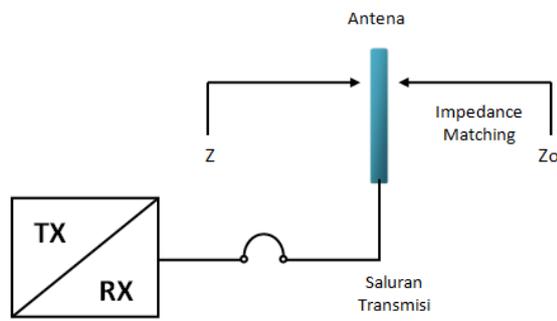


Gambar 2.3 Antena Sebagai Radiator/Re-Radiator .

(Sumber :Firdaus Topan, 2019)

3. Antena berfungsi sebagai *Impedance Matching*

Antena berfungsi sebagai *Impedance Matching* karena pada saat antena tersebut bekerja antena akan selalu menyesuaikan *impedance system*. Sistem yang dimaksud adalah pesawat komunikasi dan udara bebas dimana antena merupakan jembatan antara pesawat komunikasi dengan udara bebas. Adapun impedansi yang disesuaikan tergantung pada jenis pesawat komunikasi, dimana untuk pesawat radio impedansinya 75Ω . Adapun udara bebas mempunyai karakteristik sebesar $120\pi\Omega \approx 377\Omega$. [11]



Gambar 2.4 Antena Sebagai *Impedance Matching* .
(Sumber :Firdaus Topan, 2019)

- a. Jika antena berupa antena radio maka antena akan selalu menyesuaikan impedansi radio dengan impedansi udara bebas.
- b. Jika antena berupa antena TV maka akan selalu menyesuaikan impedansi TV dengan impedansi udara bebas.

2.1.3 Jenis-Jenis Antena

a. Jenis Antena Berdasarkan Bahan

Elemen antena terbuat dari penghantar atau konduktor. Bahan yang dipilih harus memiliki daya hantar yang tinggi. Contoh bahan yang umum digunakan adalah tembaga dan aluminium. Pemilihan bahan antena disesuaikan dengan beban kerja antena tersebut. Untuk antena yang akan bekerja dengan daya besar/daya tinggi maka dipilih bahan yang tahan panas biasanya digunakan bahan tembaga sedangkan untuk antena yang akan bekerja dengan daya kecil diberi bahan yang

ringan dan portable. Bahan yang dipilih biasanya aluminium. Berdasarkan pilihan bahan ini maka dikenal 2 jenis antena yaitu Solid Wire Antena dan Aperture Antena.

b. Jenis Antena Berdasarkan Jumlah Kutub

Antena dihubungkan dengan pesawat komunikasi menggunakan saluran transmisi atau kabel transmisi dimana saluran yang umum digunakan berupa kabel coaxial. Saluran transmisi dipasangkan baik pada pesawat komunikasi maupun pada antena melalui kutub-kutubnya atau terminal-terminalnya. Kutub pada pesawat telekomunikasi umumnya ada 2 yaitu kutub signal (+) dan kutub ground (-). Berdasarkan jumlah kutub ini dikenal 2 jenis antena yaitu Monopole Antena dan Dipole Antena.[11]

c. Jenis Antena Berdasarkan Konstruksi//Bentuk Desain

Desain konstruksi antena didasarkan pada aplikasi antena tersebut. Aplikasi antena disesuaikan dengan jenis sistem komunikasi atau karakter sistem komunikasi. Ada komunikasi yang mengharuskan pancaran sinyal kesegala arah maka harus dibuat antena yang mempunyai karakter seperti itu. Ada juga komunikasi yang hanya memancarkan sinyal ke satu arah dan ada yang kesegala arah maka harus didesain antena dengan terarah.

Antena transmitter broadcasting harus mempunyai karakter yang bisa memancarkan sinyal kesegala arah. Sementara antena-antena radio amatir dan antena-antena untuk komunikasi tertentu harus mempunyai karakter yang dapat memancarkan sinyal terarah

Berdasarkan ini maka, dikenal 4 jenis desain antena:

1. Antena tunggal

Merupakan antena yang didesain hanya mempunyai satu buah elemen, bentuk desainnya berupa antena batang atau Rod antena. Antena jenis ini mempunyai pola pancaran radiasi ke segala arah disekeliling batangan antena. Antena ini sangat cocok untuk antena *transmitter broadcasting*. Instalasinya selalu dipasangkan vertikal.

2. Antena Deret

Merupakan antena yang didesain mempunyai banyak elemen (3 atau lebih elemen) yang disusun secara berderet-deret. Antena jenis ini biasa juga dikenal dengan istilah Array (deret), antena ini didesain untuk menghasilkan pola pancaran radiasi satu arah (terarah). Contoh pengaplikasiannya sebagai radio amatir dan antena penerima TV.[11]

Antena deret mempunyai 3 elemen deret :

- a. Elemen Driver/feeder
- b. Elemen Reflector
- c. Elemen Director

3. Antena Pantul

Merupakan antena yang didesain bekerja memanfaatkan efek pemantulan sinyal gelombang elektromagnetik.

- a. Efek pantulan sinyal elektromagnetik identik dengan efek pantul cahaya.
- b. Antena pantul didesain untuk menghasilkan pancaran energi radiasi yang terarah dan fokus.
- c. Antena ini didesain mempunyai 2 kelompok elemen, yaitu :
 1. Elemen driver/feeder merupakan antena elemen. 4 elemen bantu yang berfungsi memantulkan radiasi dan mengarahkannya ke arah tertentu secara terfokus. Elemen ini bisa didesain dengan elemen dipole yang sangat kecil dengan panjang elemen yang disesuaikan frekuensi kerja antena.
 2. *Casegran Parabolic* antena mempunyai gain yang jauh lebih tinggi dari *font feed* antena, dimana *font feed* parabolic antena mempunyai gain yang dapat mencapai 60 dB, sedangkan *casegran* mempunyai gain yang mencapai 80 dB, *font feed* parabolic antena umum ditemukan dipasaran sedangkan *casegrain* khusus digunakan pada stasiun-stasiun bumi.[11]

4. Antena Bias

Antena yang didesain bekerja memanfaatkan efek pembiasan sinyal gelombang elektromagnetik pembiasan gelombang elektromagnetik identik dengan pembagian cahaya. Antena jenis ini didesain mempunyai 2 elemen, yaitu :

- a. Elemen driver/feeder, didesain dengan elemen open dipole yang sangat kecil, dimana panjang elemen disesuaikan dengan frekuensi kerja antena.
- b. Elemen bias/reflektor merupakan elemen bantu yang berfungsi membiaskan sinyal dan sekaligus mengarahkan sinyal secara terfokus. Elemen ini dapat dibuat dan lensa/bahan yang dapat bekerja seperti lensa.[11]

5. Antena Mikrostrip

Antena Mikrostrip merupakan antena yang tersusun atas empat elemen yaitu elemen peradiasi (radiator), elemen substrat dielektrik, saluran transmisi dan elemen pentanahan (ground). Antena microstrip biasanya berukuran kecil sehingga dapat digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan spesifikasi berdimensi kecil sehingga mudah dibawa dan dapat diintergrasikan dengan rangkaian elektronik.

Antena berdasarkan bentuknya antara lain mikrostrip, parabola, vee, horn, helix dan loop. Walaupun amat sering kita jumpai teleskop radio yang menggunakan antena berbentuk parabola, ada beberapa jenis antena lainnya yang juga sering digunakan pada sebuah teleskop radio atau interferometer. Misalnya, Mauritius Radio Telescope (MRT) yang menggunakan 1084 buah antena berbentuk helix. Contoh lainnya adalah teleskop radio yang menggunakan antena berbentuk horn, yang digunakan oleh Arno Penzias dan Robert Woodrow Wilson ketika menemukan Cosmic Microwave Background (CMB). [11]

2.2 Antena Mikrostrip

2.2.1 Pengertian Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah suatu konduktor metal yang menempel diatas *groundplane* yang diantaranya terdapat bahan *dielektrik*. Secara umum Antena Mikrostrip terdiri atas tiga bagian, yaitu *patch*, *substrat*, dan *ground plane*. Patch terletak diatas substrat sementara ground plane terletak pada bagian bawah.[11]

Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki masa ringan, mudah difabrikasi, dengan sifatnya yang konformal sehingga dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan dan ukurannya kecil jika dibandingkan dengan antena jenis lain.

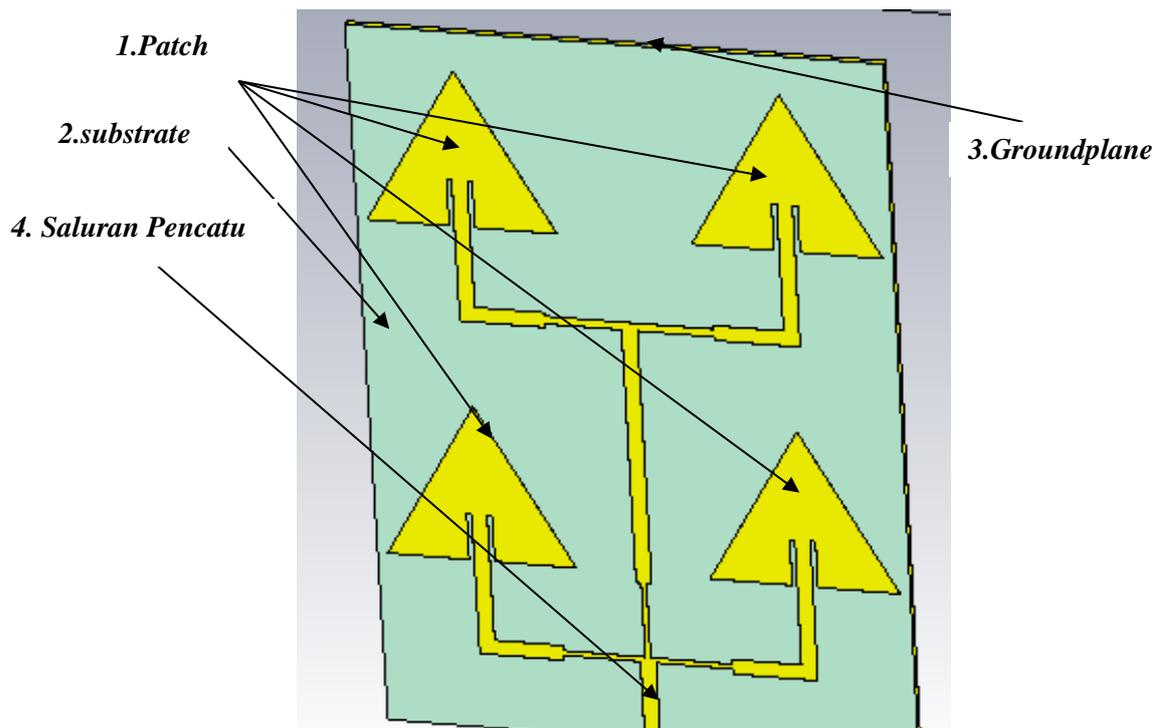
Karena sifat yang dimilikinya, antena mikrostrip sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini sehingga dapat diintegrasikan dengan peralatan telekomunikasi lain yang berukuran kecil, akan tetapi antena mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan yaitu: *bandwidth* yang sempit, *gain* dan *directivity* yang kecil, serta efisiensi yang rendah.

Antena mikrostrip sering diaplikasikan di berbagai bidang seperti kesehatan, sateit dan juga militer. Berikut adalah beberapa aplikasi dari antenna mikrostrip:

1. Mobile and Satellite communication application
2. Aplikasi GPS
3. RFID
4. Wi-Max
5. WLAN
6. Bandpass Filter
7. Radar
8. Aplikasi Telemedicine

2.2.2 Desain Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan suatu konduktor metal yang menempel diatas *groundplane* yang diantaranya terdapat bahan *dielektrik*. Antena mikrostrip dibuar dari PCB dua layer. Layer 1 (layer depan) berfungsi sebagai elemen patch dan pencatu. Layer 2 (layer belakang) berfungsi sebagai *grounplane*.

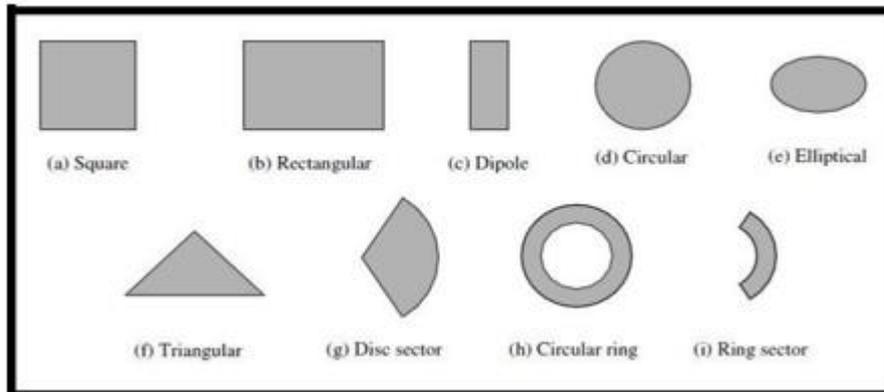


Gambar 2.5 Desain Antena Mikrostrip

(sumber : Data Pribadi, 2020)

Berdasarkan bentuk patch-nya antena mikrostrip terbagi menjadi :

- Antena mikrostrip *patch* persegi panjang (*rectangular*)
- Antena mikrostrip *patch* persegi (*square*)
- Antena mikrostrip *patch* lingkaran (*circular*)
- Antena mikrostrip *patch* elips (*elliptical*)
- Antena mikrostrip *patch* segitiga (*triangular*)
- Antena mikrostrip *patch circular ring*



Gambar 2.6 Jenis Patch Antena Mikrostrip

(sumber :Sihombing Nivea, 2014)

1. *Conducting patch*

Patch adalah bagian yang terletak paling atas dari antena dan terbuat dari bahan konduktor ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara. *Patch* terbuat dari bahan konduktor, misal tembaga. Bentuk *patch* bisa bermacam-macam, lingkaran, *rectangular*, segitiga, ataupun bentuk *circular ring*. Bentuk *patch* tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.6. [11]

Patch ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara. *Patch* dan saluran pencatu biasanya terletak diatas substrat. Tebal *patch* dibuat sangat tipis ($t \ll \lambda_0$; t = ketebalan *patch*).

Berikut merupakan formula yang digunakan untuk merancang antena *microstrip* persegi panjang, sebelumnya untuk mencari dimensi antena mikrostrip (W dan L), harus diketahui dahulu parameter bahan yang digunakan yaitu tebal dielektrik (h), konstanta dielektrik (ϵ), tebal konduktor (t) dan rugi-rugi bahan. Panjang antena mikrostrip harus disesuaikan, karena apabila terlalu pendek maka bandwidth akan sempit sedangkan apabila terlalu panjang bandwidth akan menjadi lebih kecil. Dengan mengatur lebar dari antena mikrostrip impedansi input akan juga berbeda.

2. Substrat dielektriks

Substrat dielektrik merupakan bagian dari antena mikrostrip yang berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik dari catuan. Ketebalan *substrate* berpengaruh pada *bandwidth* dari antena mikrostrip, dengan menambah ketebalan *substrate* dapat mempertebal *bandwidth*.

Substrat terbuat dari bahan-bahan dielektrik. Substrat biasanya mempunyai tinggi (h) antara $0,002\lambda_0 - 0,005\lambda_0$. Berfungsi sebagai media penyalur GEM dari catuan. Karakteristik substrat sangat berpengaruh pada besar parameter-parameter antena. Pengaruh ketebalan substrat dielektrik terhadap parameter antena adalah pada *bandwidth*. Penambahan ketebalan substrat akan memperbesar *bandwidth*.

Adapun jenis-jenis substrate sebagai berikut :

Tabel 2.1 Jenis-jenis Substrat

ϵ_r	Bahan	Supplier
1.0	<i>Aeroweb (honeycomb)</i>	<i>Ciba Geigy, Bonded Structures Div., Duxford, Cambridge, CB2 4QD</i>
1.06	<i>Eccofoam PP-4 (flexible low-loss plastic foam sheet)</i>	Emerson & Cumming Inc, Canton, Massachusetts, USA (Colville Road, Acton, London. W3 8BU, UK)
1.4	<i>Thermoset microwave foam material</i>	Rogers Corp., Bo 700, Chandler, AZ 85224, USA. (Mektron Circuit Systems Ltd., 119 Kingston Road, Leatherhead, Surrey, UK)
2.1	<i>RT Duroid 5880 (microfiber Teflon glass laminate)</i>	Rogers Corp
2.32	<i>Polyguide 165 (polyolefin)</i>	Electronized Chemical Corp., Burlington, MA 01803, USA
2.52	<i>Fluorglas 6001 1 (PTFE impregnated glass cloth)</i>	Atlantic Laminates, Oak Materials Group, 174 N. Main St., Franklin, MH 0323, USA. (Walmore Defence Components, Laser House, 1321140 Goswell Road, London, ECIV 7LE)
2.62	<i>Rexolite 200 (cross-linked styrene copolymer)</i>	Atlantic Laminates
3.20	<i>Schaefer Dielectric Material, PT (polystyrene with titania filler)</i>	Marconi Electronic Devices Ltd., Radford Crescent, Billericay, Essex, CM12 ODN, UK

3.5	Kapton film (<i>copper clad</i>)	Dupont (Fortin Laminating Ltd., Unit 3, Brookfield Industrial Estate, Glossop, Derbyshire, UK)
3.75	Quartz (<i>fused silica</i>)	A & D Lee Co. Ltd., Unit 19, Marlissa Drive, Midland Oak Trading Estate, Lythalls Lane, Coventry, U
6.0	RT Duroid 6006 (ceramic-loaded PTFE)	Rogers corp.,
9.9	Alumina	Omni Spectra Inc, 24600 Hallwood Ct. Farmington, Michigan, 48024, US Omni Spectra, 50 Milford Road, eading, Berks, RGI 8LJ, UK)
10.2	RT Duroid 6010 (<i>ceramic-loaded PTFE</i>)	Rogers Corp.,
11	Sapphire	Tyco Saphikin (A & D Lee Co Ltd., Unit 19, Marlissa Drive, Midland Oak Trading Estate, Lythalls Lane, Coventry, UK)

Bahan dielektrik yang di pakai pada penelitian ini adalah FR-4 adalah singkatan dari *Flame Reterdant 4*, merupakan jenis bahan yang paling banyak digunakan untuk membuat *Printed Circuit Board* (PCB). Harga FR4-Epoxy yang murah dan memiliki sifat mekanik yang baik membuatnya sering digunakan untuk produksi massal produk-produk konsumen elektronik, termasuk sistem microwave dan antenna.

3. *Ground plane*.

Ground plane yaitu lapisan paling bawah yang berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan, *Groundplane* pada antenna berpengaruh pada nilai parameter antenna yaitu *Return Loss*, VSWR, dan Gain. Semakin baik bentuk *groundplane* pada antenna maka akan semakin baik pula hasil parameter pada antenna.[11]

Ground plane antenna mikrostrip bisa terbuat dari bahan konduktor, yang berfungsi sebagai *reflector* dari gelombang elektromagnetik. Ukurannya selebar dan sepanjang substrat.

Bentuk konduktor bisa bermacam-macam tetapi yang pada umumnya digunakan adalah berbentuk persegi empat dan lingkaran karena bisa lebih mudah dianalisis.

4. Saluran Pencatu

Untuk menghubungkan antara elemen peradiasi antena dengan saluran transmisi, diperlukan sebuah saluran catu yang terintegrasi pada dimensi antena sehingga impedansi antara elemen peradiasi dan saluran transmisi saling matching. Pemilihan feeding untuk antena mikrostrip didasarkan pada beberapa faktor. Pertimbangan yang utama adalah transfer daya yang efisien antara struktur peradiasi dengan struktur feeding sehingga tercapai matching impedance yang baik diantara keduanya. Selain itu, kemudahan dalam mendesain dan fabrikasi juga sangat penting.

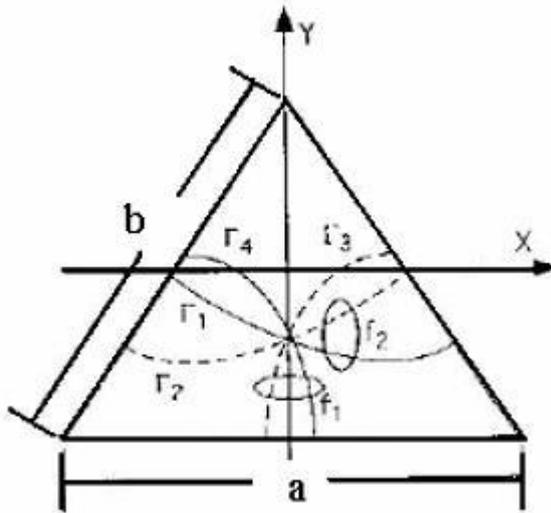
Ada empat teknik pencatuan yang biasanya para peneliti gunakan dari jurnal sebelumnya yaitu, microstrip line, coaxial probe, proximity coupling, dan aperture coupling. Semua teknik pencatuan memiliki kelebihan dan kekurangan.[11]

Untuk catuan ke *patch*, digunakan metode *inset microstripfeed*. Metode *inset feed* umumnya dipilih pada perancangan antena larik karena lebih sesuai untuk diterapkan dibandingkan metode *coaxial feed* yang harus melubangi *patch* dan sulit dalam pembagian daya. Metode *inset feed* juga mampu memberikan *gain* dan lebar-pita yang lebih besar dibanding *coaxial feed*.

2.2.3.1 Desain Antena Mikrostrip Patch Segitiga

Bentuk segitiga memiliki keunggulan dibandingkan dengan bentuk segi empat, yaitu untuk menghasilkan karakteristik radiasi yang sama, luas yang dibutuhkan oleh bentuk segitiga lebih kecil dibandingkan dengan luas yang dibutuhkan oleh segi empat. Hal ini sangat menguntungkan dalam fabrikasi antena.

Distribusi medan pada *patch* segitiga dapat dicari dengan *model cavity*, dimana segitiga dikelilingi oleh medan magnet disekelilingnya seperti yang diperlihatkan pada berikut :



Gambar. 2.7 Antena Mikrostrip Patch Segitiga

(Sumber :Firdaus Topan, 2019)

Untuk menentukan dimensi awal dari slot segitiga yang akan disimulasikan, maka digunakan rumus perhitungan frekuensi resonansi untuk patch segitiga. Adapun frekuensi resonansi untuk antena mikrostrip dengan patch segitiga samasisi sesuai dengan rumus:

$$f_{mn} = \frac{ck_{mn}}{2\pi\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{2c}{3a\sqrt{\epsilon_r}} \sqrt{m^2 + mn + n^2} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

c = kecepatan cahaya (3x10⁸ m/s)

ε_r = konstanta relatif dielektrik

a = panjang segitiga samasisi

Subskrip mn mengacu pada mode *TM_{mn}* , sehingga bila *TM₁₀*, frekuensi resonansi pada persamaan dapat disederhanakan menjadi :

$$f_{10} = \frac{2c}{3a\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots (2.2)$$

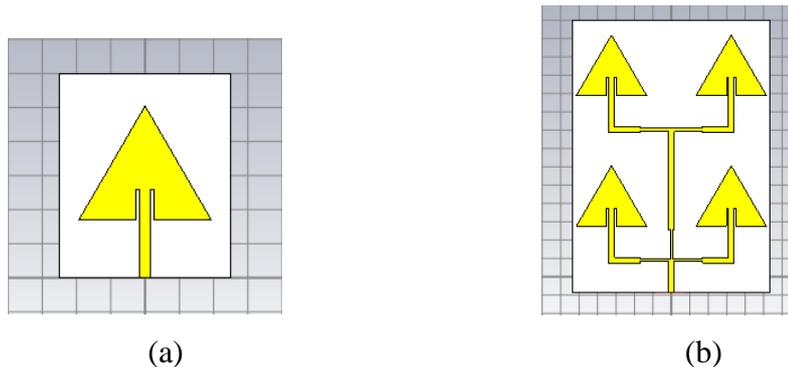
2.2.3.2 Antena Mikrostrip Array

Umumnya antena mikrostrip dengan *patch* elemen tunggal memiliki pola radiasi yang sangat lebar dan menghasilkan keterarahan dan perolehan *gain* yang

kurang baik. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, maka antena mikrostrip disusun dengan beberapa konfigurasi. Susunan antena ini sering disebut sebagai antena susun (*array*).

Antena mikrostrip *array* adalah pengembangan dari antena mikrostrip yang merupakan gabungan dari beberapa elemen peradiasi yang membentuk suatu jaringan. Antena mikrostrip *array* memiliki *bandwidth* dan *gain* yang lebih besar dari antena mikrostrip biasa.

Proses perancangan antena yang dilakukan untuk mendapatkan antena *array* pada dasarnya sama dengan pendesainan antena elemen tunggal. Hal yang membedakan pada sistem *array* adalah peletakan masing-masing *patch* pada jarak tertentu yang sesuai dengan panjang gelombang yang merambat pada bidang dielektrik. Bentuk *patch* antena segitiga elemen tunggal dan segitiga *array* dapat dilihat seperti pada gambar berikut .



Gambar. 2.8 Struktur Antena Mikrostrip, (a) Antena Mikrostrip Patch Tunggal, (b) Antena Mikrostrip Array 4 Elemen.

Sumber : (Firdaus Topan, 2019)

2.2.3.2.1 Antena mikrostrip array triangular

a. Bagian Patch

Pada bagian *Patch* dicari nilai dimensi *patch* (*a*) dari antena tersebut, pada antenna mikrostrip array berbentuk segitiga maka rumus yang digunakan adalah :

$$a = \frac{2c}{3f_r \sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana : *a* = Panjang sisi segitiga

ϵ_r = Konstanta dielektrik = 4.4 mm

c = Kecepatan cahaya di ruang bebas (3×10^8 m/s)

f_r = frekuensi kerja

Pada metode antena mikrostrip array maka harus ditentukan jarak antar patch antena. Jarak antar patch antena ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$d = \frac{c}{4 \times f} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana : d = Jarak antar Elemen / Patch antena.

c = Kecepatan cahaya di ruang bebas (3×10^8 m/s)

f = Frekuensi kerja antena.

b. Bagian Saluran Pencatu

Untuk menghitung nilai saluran pencatu digunakan rumus sebagai berikut:

Untuk nilai lebar saluran pencatu (W_f) :

$$wf = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.039 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \dots (2.5)$$

Dimana:

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dan untuk lebar pencatu (l_f) digunakan rumus sebagai berikut:

$$l_f = \frac{90^\circ \times \left(\frac{\pi}{180^\circ} \right)}{\sqrt{\epsilon_{eff}} k_0} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_R + 1}{2} + \frac{\epsilon_R - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{h}{w} \right)}} \right] \dots\dots\dots (2.8)$$

$$k_0 = \frac{2\pi f}{c} \dots\dots\dots (2.9)$$

c. Grounplane

Untuk mendapatkan nilai lebar dan panjang *groundplane* menggunakan pendekatan persamaan berikut;

$$L_s = 6h + 2a + 2l_f + d \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana: L_s = Panjang groundplane

h = Tebal substrat

a = panjang sisi patch

lf = Panjang pencatu

d = jarak antar patch

$$W_s = 6h + 2a + d \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana: W_s = Lebar groundplane

h = tebal substrat

a = Panjang sisi patch

d = jarak antar patch

2.2.4 Parameter-parameter Antena Mikrostrip

a. Return Loss

Return loss adalah perbandingan antara gelombang amplitudo yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. *Return loss* dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena). Pada rangkaian gelombang mikro yang memiliki diskontinuitas (*missmatched*), besarnya return loss bervariasi tergantung pada frekuensi[11].

$$\Gamma = \frac{V_{0-}}{V_{0+}} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dengan : return loss = $20 \log_{10} |\Gamma|$

Nilai *return loss* yang biasa digunakan adalah di bawah -9,54 dB, untuk menentukan lebar *bandwidth*, sehingga dapat dikatakan nilai gelombang yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan atau dengan kata lain, saluran transmisi sudah *matching*. Nilai parameter ini

digunakan sebagai salah satu acuan apakah antenna sudah bekerja pada frekuensi yang sesuai atau tidak[16].

b. VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

VSWR merupakan perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V_{max}|$) dengan minimum ($|V_{min}|$). Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan (V_0^+) dan tegangan yang direfleksikan (V_0^-). Perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan tegangan yang dikirimkan disebut koefisien refleksi tegangan (Γ)[16].

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana Z_L adalah impedansi beban (*load*) dan Z_0 adalah impedansi saluran *lossless*.

Koefisien refleksi tegangan (Γ) memiliki nilai kompleks yang merepresentasikan besarnya magnitudo dan fasa dari refleksi. Untuk dari beberapa kasus sederhana , ketika bagian imajiner dari Γ adalah nol maka[11] :

- $\Gamma = -1$: refleksi negatif maksimum ketika saluran terhubung singkat.
- $\Gamma = 0$: tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matched* sempurna.
- $\Gamma = +1$: refleksi positif maksimum ketika saluran dan rangkaian terbuka.

Rumus untuk mencari nilai VSWR adalah :

$$S = \frac{|\bar{V}|_{max}}{|\bar{V}|_{min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \dots\dots\dots (2.14)$$

Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 ($S=1$) yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran berada dalam keadaan *matching* sempurna. Namun

pada kenyataannya nilai tersebut sulit didapatkan sehingga nilai dasar VSWR yang digunakan pada antena umumnya ≤ 2 .

c. Impedansi Masukan

Impedansi masukan adalah perbandingan antara tegangan dengan arus. Impedansi masukan suatu antena dapat dilihat sebagai impedansi dari antena tersebut pada terminalnya. Impedansi masukan (Z_{in}) terdiri dari bagian real (R_{in}) dan imajiner (X_{in}) dan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Z_{in} = R_{in} + X_{in} \Omega \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

Resistansi masukan (R_{in}) mewakili disipasi yang terjadi karena dua hal. Pertama karena daya yang meninggalkan antena dan tidak kembali lagi (radiasi), yang kedua karena rugi-rugi ohmic yang terkait dengan panas pada struktur antena. Namun pada banyak antena, rugi-rugi ohmic sangat kecil bila dibandingkan dengan rugi-rugi akibat radiasi.

Komponen imajiner (X_{in}) mewakili reaktansi dari antena dan daya yang tersimpan pada medan dekat antena. Kondisi matching harus sedemikian rupa sehingga mendekati $50+j0 \Omega$.

d. Bandwidth Antena

Bandwidth antena adalah rentang frekuensi dimana kinerja antena yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti impedansi masukan, pola radiasi, *bandwidth*, polarisasi, *gain*, efisiensi VSWR, *return loss*, *axial ratio*) memenuhi spesifikasi standar. Dalam menentukan *bandwidth* antena perlu memspesifikasikan kriteria apa saja yang digunakan karena tidak ada definisi baku dalam menentukan *bandwidth*. [11]

Bandwidth merupakan besar rentang frekuensi kerja dari suatu antena. Nilai bandwidth dapat diketahui apabila diketahui frekuensi tinggi, rendah dan tengahnya.

Bandwidth antenna biasanya ditulis dalam bentuk persentase *bandwidth* karena bersifat relatif lebih konstan terhadap frekuensi dan dirumuskan :

$$\mathbf{BW} = \frac{f_h - f_t}{f_c} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana, f_h : frekuensi tertinggi dalam band (Ghz)

f_1 : frekuensi terendah dalam band (Ghz)

f_c : frekuensi tengah dalam band (Ghz)

e. Penguatan (*Gain*)

Gain (directive gain) adalah karakter antenna yang terkait dengan kemampuan antenna mengarahkan radiasi sinyalnya, atau penerimaan sinyal dari arah tertentu. *Gain* antenna juga dapat didefinisikan sebagai ukuran keberarahan sebuah antenna dimana *gain* antenna sebagai keluaran daya pada arah tertentu. *Gain* bukanlah kuantitas yang dapat diukur dalam satuan fisis pada umumnya seperti watt, ohm, atau lainnya, melainkan suatu bentuk perbandingan.[11] Oleh karena itu, satuan yang digunakan untuk *gain* adalah desibel. *Gain* dari sebuah antenna adalah kualitas nyata yang besarnya lebih kecil dari pada penguatan antenna tersebut yang dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$G = k \cdot D_{max} \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana :

k = efisiensi antenna, $0 \leq k \leq 1$

Ada 2 jenis parameter *gain*, yaitu *absolute gain* dan *relative gain*. *Absolute gain* pada sebuah antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima oleh antenna teradiasi secara isotropik. Intensitas radiasi yang berhubungan dengan daya yang diradiasikan secara isotropik sama dengan daya yang diterima oleh antenna (P_{in}) dibagi dengan 4π . *Absolute gain* ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\mathbf{Gain} = 4\pi \frac{\text{Intensitas radiasi pada arah tertentu}}{\text{Intensitas radiasi yang diterima}} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

Sedangkan *relative gain* didefinisikan sebagai perbandingan antara perolehan daya pada sebuah arah dengan perolehan daya pada antenna referensi pada arah yang direferensikan juga. Daya masukan harus sama di antara kedua antenna itu. Akan tetapi, antenna referensi merupakan sumber isotropik yang lossless ($P_{in}(lossless)$), yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$G = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{in}(lossless)} \dots\dots\dots (2.19)$$

f. Pola Radiasi

Pola radiasi adalah fungsi matematika atau representasi grafik dari sifat radiasi antenna sebagai fungsi ruang. Sifat radiasi tersebut meliputi kerapatan flux, intensitas radiasi, kuat medan, atau polarisasi. Biasanya sifat dari radiasi yang sangat penting adalah persebaran secara tiga dimensi atau dua dimensi dari energi yang diradiasikan antenna.[11]

2.3 LoRa (Long Range)

2.3.1 Pengertian LoRa

LoRa (Long Range) adalah teknologi komunikasi nirkabel *low-power spread spectrum* yang diusulkan oleh semtech pada tahun 2013.[2] Tingkat komunikasi secara keseluruhan rendah karena didasarkan pada pita frekuensi sub GHz, yang mengarahkan pada peningkatan masa baterai dan ekspansi kapasitas jaringan. Karakteristik lain dari LoRa adalah daya tembusnya, sehingga dapat mencakup area yang relative luas, terutama di lingkungan konstruksi perkotaan yang kompleks. Berbagai fitur LoRa membuatnya ideal untuk skala besar, penerapannya berbiaya rendah. Sebelum munculnya teknologi LoRa, ada beberapa teknologi komunikasi nirkabel yang sering digunakan diantaranya yaitu Bluetooth, RFID, WiFi, dan ZigBee. Tabel 2.2 menunjukkan perbandingan beberapa teknologi komunikasi nirkabel.

Tabel 2.2 Perbandingan Parameter Teknologi Komunikasi

No.	Teknologi	Jarak	Max. Rate	Konsumsi daya
1.	Bluetooth	10 m	2 MB/s	Low

2.	WiFi	0 – 60 m	54 MB/s	High
3.	RFID	0 – 100 m	10 KB/s	Low
4.	ZigBee	0 – 1500 m	250 KB/s	Low
5.	LoRa	0 -15 km	600 KB /s	Low

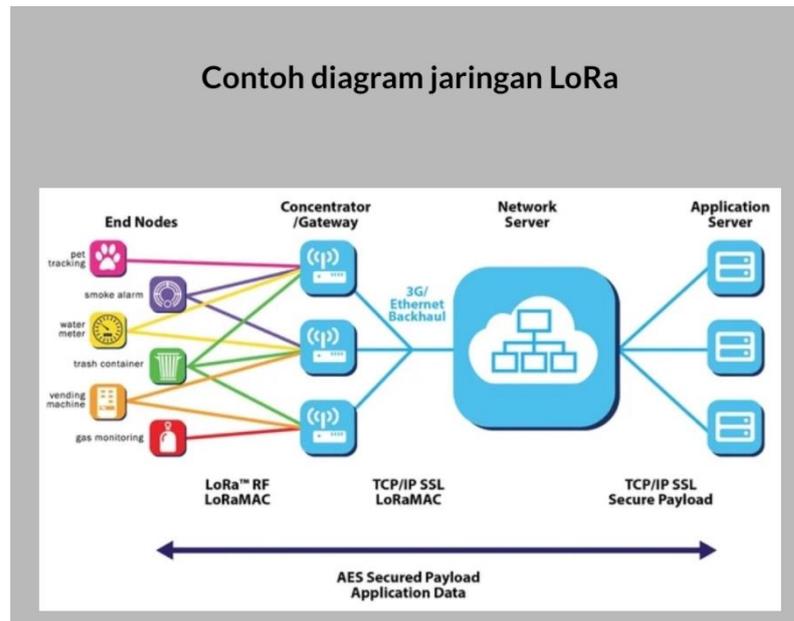
Dari tabel 2.2 diatas dapat dilihat bahwa teknologi komunikasi menggunakan LoRa memiliki jarak jangkauan yang cukup jauh dibanding dengan teknologi komunikasi yang lain dan mempunyai konsumsi daya yang rendah. Akan tetapi pada teknologi LoRa memiliki kekurangan yaitu nilai maximum rate masih jauh dibanding dengan teknologi WiFi. Namun karena pada teknologi LoRa dapat mencapai komunikasi jarak jauh dan juga membutuhkan konsumsi daya yang rendah sehingga sangat cocok untuk jaringan berskala besar.

2.3.2 Arsitektur LoRa

Sistem komunikasi LoRa terdiri dari tiga komponen utama yaitu:

- a. LoRa end service, yang berisi sensor atau akuator yang terhubung melalui LoRa radio interface dengan LoRa gateway.
- b. LoRa gateway, yang berfungsi untuk menghubungkan antara LoRa end service dengan LoRa NetServer.
- c. LoRa NetServer, merupakan media pengontrol seluruh jaringan yang dapat berfungsi sebagai manajemen sumber daya radio, memproses data, keamanan dan lain-lain.

Jaringan tersebut biasanya ditata dalam topologi star dimana end service terhubung melalui komunikasi LoRa singlehop ke satu atau ke banyak gateway yang pada gilirannya akan terhubung ke netserver melalui teknologi internet standar.gateway menyampaikan pesan antara perangkat end service dan NetServer.



(Sumber : Semtech Corporation., 13 2015)

2.4 LoRa RFM96

Transceiver LoRa RFM96 merupakan sebuah modem LoRa yang menyediakan jangkauan penyebaran spektrum ultra long dan memiliki interferensi tinggi untuk meminimalkan konsumsi daya. Menggunakan Teknik modulasi LoRa yang dipatenkan LoRa RFM96 dapat mencapai sensitivitas hingga -120 dBm menggunakan bahan kristal dengan biaya rendah dan bill of material. Sensitivitas tinggi yang dikombinasikan dengan penguat daya +20 dBm terintegrasi menghasilkan link budget yang menjadikannya optimal untuk aplikasi apa pun yang membutuhkan jarak jangkau yang jauh.[12]