

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian [13] mengenai perancangan antenna mikrostrip *bowtie* yang dapat bekerja pada frekuensi 5,2 GHz dengan ukuran *Groundplane* 68mmx33mm. Perancangannya menggunakan teknik pencatutan *Feedline* dengan impedansi masukan sebesar 50 Ohm seperti penelitian yang dilakukan. Sebelumnya, bentuk antenna didesain menggunakan *software* IE3D dengan spesifikasi bahan PCB (*Printed circuit board*). Ketebalan *Substrat* yang digunakan yaitu 1,6 mm dan nilai konstanta dielektrik sebesar 4,7. Penelitian ini dilakukan proses fabrikasi dan dilakukan pengukuran pada antenna, sehingga berbeda dengan penelitian yang dilakukan. Hasilnya yaitu menganalisis perbandingan parameter antenna yang telah disimulasi dan difabrikasi. Hasil simulasi menggunakan *software* tergolong lebih bagus daripada hasil pengukuran. Simulasi menghasilkan nilai frekuensi resonansinya sebesar 5,270 GHz dan hasil pengukuran antenna yang difabrikasi yaitu sebesar 5,21 GHz. Pada hasil desain menggunakan *software* nilai *Return loss* yang didapatkan yaitu -23,595 dB dan pengukuran antenna sebesar -16,513 dB. Hal ini dapat terjadi pada saat proses pemindahan antenna dari rancangan ke papan PCB dan nilai konstanta dielektrik yang tidak diketahui. Simulasi menghasilkan nilai VSWR yaitu 1,142 dan pada pengukuran antenna sebesar 1,368. Hasil tersebut dapat disebabkan oleh ukuran saluran yang kurang tepat dan menggunakan konektor SMA dengan impedansi sudah turun atau ketidaktepatan dalam pembuatan antenna. Perbedaan dengan penelitian yang dilakukan yaitu terletak di frekuensi kerja yang digunakan dan desain menggunakan *software* yang berbeda.

Penelitian [14] membahas tentang rancangan dari antenna mikrostrip slot *bowtie* untuk komunikasi *wireless*. Desain antenna yang telah dirancang kemudian direalisasikan dengan cara fabrikasi antenna menggunakan teknik etching. Pengukuran hasil fabrikasi antenna menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA) untuk mengukur nilai dari impedansi masukan, *Return loss*, dan *Standing Wave Ratio* (SWR) yang digunakan dalam menghitung *Voltage Standing Wave Ratio*.

Penelitian ini menggunakan slot *double bowtie*, sehingga berbeda dengan penelitian yang dilakukan. Karakterisasi terbaik menghasilkan antenna mikrostrip model slot *bowtie* ada pada antenna kedua yaitu menghasilkan nilai *VSWR* yaitu 1,35; *Return loss* -16,48 dB; dan impedansi masukan 53,6 Ω . Kesimpulan dari penelitian tersebut yaitu dapat menghasilkan antenna mikrostrip dengan ukuran kecil dan ringan sehingga dapat bekerja pada frekuensi 2,4 GHz yang digunakan pada sistem komunikasi tanpa kabel.

Penelitian [15] mengenai perancangan antenna mikrostrip untuk LoRa Pada Frekuensi 922 MHz. Pada penelitian ini sama dengan penelitian yang dilakukan yaitu untuk LoRa, perbedaannya terletak pada *patch* serta teknik yang digunakan. Teknik yang digunakan pada penelitian ini untuk miniaturisasi yaitu *Rectangular Complementary Split-Ring Resonator (RSCRR)* supaya mampu memenuhi pada frekuensi 922 MHz. Hasil dari simulasi pada penelitian ini menunjukkan setiap 1 buah metamaterial akan mempengaruhi pergerakan frekuensi yang ada pada antenna. Pada hasil desain pertama mendapatkan hasil *return loss* sebesar -18,26 dB dan *gain* sebesar 1.099 dBi, serta mengurangi dimensi *patch* sebesar 20,8% dan pada ukuran *groundplane* menghasilkan pengurangan dimensi antenna sebesar 9,75%. Metode kedua mengurangi dimensi *patch* sebesar 20% dan pada ukuran *groundplane* mengurangi dimensi antenna sebesar 1%, mendapatkan hasil *returnloss* sebesar -13 dB dan *gain* sebesar 1.929 dBi pada hasil pengukuran.

Penelitian [16] mengenai antenna mikrostrip *patch* sirkular pita lebar untuk penerima berbasis LoRa dan Ads-B Pada Satelit Kubus 2U. Penelitian ini menggunakan metode *slot ring* dan *partial groundplane* atau termasuk metode DGS (*Defected Ground Structure*). Pencatuan yang dilakukan menggunakan pencatuan secara langsung *Feedline* dan pencatuan secara tidak langsung *Proximity Coupled*. Antena yang dirancang memiliki ukuran dimensi 10x10x20 cm yang sesuai digunakan pada struktur nano satelit dengan ukuran 2U. Antenna mikrostrip dengan metode *partial groundplane* yang dirancang menunjukkan peningkatan *gain* dan *bandwidth*. Dimana didapatkan *gain* maksimal 2,3 dBi dan *gain* minimal 2,1 dBi. *Bandwidth* maksimal yang didapatkan sebesar 372 MHz dari sebelumnya yaitu 168 MHz. Pengukuran daya terima LoRa dilakukan *indoor* dan *outdoor* serta mendapatkan hasil pengukuran lebih baik *outdoor*. Hal tersebut dilakukan karena

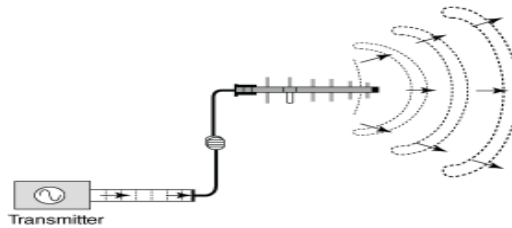
jika pengukuran di dalam ruangan terdapat adanya gangguan akibat dari *multipath fading* sehingga menyebabkan *inter symbol interference*. Penelitian ini menggunakan *partial groundplane* sama dengan penelitian yang dilakukan berbeda karena pada penelitian ini digunakan pada satelit.

Penelitian [10] yaitu merancang antena mikrostrip menggunakan *bowtie* untuk LoRa pada frekuensi 920-923 MHz dengan teknik pencatutan *Proximity Coupled*. Perbedaan dengan penelitian yang dilakukan yaitu pada teknik yang digunakan serta terdapat *slot* pada antena *bowtie*. Penelitian ini dilakukan melalui tahap simulasi, optimasi, dan mengukur antena yang telah difabrikasi menggunakan alat pengukuran VNA (*Vector Network Analyzer*). Pada perancangan antena ini optimasi yang dilakukan dengan mengubah dimensi, pemberian slot dan menggeser posisi *Feedline*. Antena mikrostrip *bowtie* menggunakan teknik pencatutan *proximity coupled* diukur dengan *pocket VNA* dan *spectrum analyzer* dapat bekerja pada nilai frekuensi kerja 921,5 MHz dengan nilai *Return loss* sebesar -62,57 dB, nilai VSWR sebesar 1,001 dan *Gain* yang didapatkan sebesar 3,371 dBi.

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Antena

Sistem komunikasi nirkabel (*wireless*) sangat bergantung pada antena. Antena diperlukan untuk perangkat komunikasi nirkabel untuk mengirim dan menerima gelombang elektromagnetik. Antena adalah bagian dari komunikasi yang dapat mengubah output listrik menjadi gelombang melalui saluran transmisi. Antena juga dapat digunakan untuk menangkap sinyal elektromagnetik dari udara bebas dan mengirimkannya kembali melalui saluran transmisi sebagai sinyal elektromagnetik yang telah diradiasi ke udara bebas[17]. Saluran transmisi menjadi gelombang radiasi yang berjalan di ruang bebas atau sebaliknya seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1. Daya ditransmisikan dari pemancar ke ruang bebas dengan memancarkan gelombang dalam satu dimensi ke arah antena[18].



Gambar 2.1 Antena Sebagai Saluran Transmisi [18]

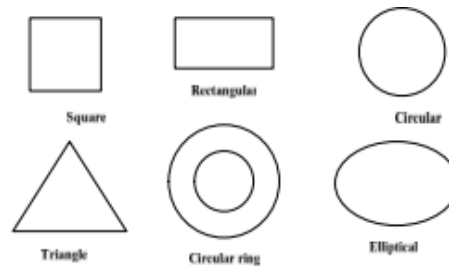
2.2.2 Antena Mikrostrip

Antena dengan faktor bentuk dan dimensi kecil dikenal sebagai antena mikrostrip. Antena jenis ini diterapkan pada berbagai aplikasi dengan dimensi antena kecil sehingga membuat portabel dan kompatibel dengan sirkuit elektronik lainnya termasuk sirkuit terpadu (IC), sirkuit aktif, dan sirkuit pasif. Antena ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan, termasuk komunikasi seluler, radar, komunikasi satelit, dan aplikasi bergerak[19]. Antena mikrostrip adalah antena yang terdiri dari elemen konduktor yang digunakan sebagai elemen radiasi. Antena jenis ini dipasang pada *Groundplane* dengan bahan dielektrik yang ada. Keuntungan antena mikrostrip termasuk bobotnya yang ringan, ukurannya yang kecil, kemampuan untuk beroperasi pada *single*, *dual* ataupun *multi band* dan kemampuan untuk menghasilkan polarisasi *sirkular* maupun *linear*. Antena mikrostrip memiliki beberapa kelemahan, seperti *Bandwidth* terbatas, penguatan rendah, dan efisiensi rendah. Tiga komponen mendasar dari antena mikrostrip yaitu elemen peradiasi (*patch*), elemen *Substrat* (*Substrate*) dan elemen pentanahan (*Groundplane*).

2.2.2.1 Patch

Komponen yang berada di atas *Substrat* atau di bagian atas antena dan dibuat dari bahan konduktor dengan berbagai macam bentuk disebut *patch*. Tujuan utama dari *patch* adalah memancarkan gelombang elektromagnetik ke udara bebas. Polarisasi dipengaruhi oleh bentuk *patch*, sedangkan nilai frekuensi dipengaruhi oleh ukuran *patch* dan ketebalannya yang sangat tipis. *Patch* bisa dalam bentuk lingkaran, persegi, persegi panjang, segitiga, cincin, atau bentuk lainnya[20]. *Patch* berada di bagian paling atas pada antena mikrostrip. Bagian ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara. Umumnya dibuat

menggunakan bahan konduktor yaitu tembaga. *Patch* sendiri mempunyai berbagai macam bentuk seperti yang pada gambar 2.2 berikut [21]:



Gambar 2.2 Bentuk *Patch* [21]

2.2.2.2 *Substrat*

Substrat digunakan sebagai saluran gelombang elektromagnetik yang bergerak ke daerah di bawah dari saluran pencatu. *Substrat* biasanya dibuat dari bahan dielektrik yang dapat meningkatkan *Bandwidth*. Penggunaan *Substrat* dapat meningkatkan efisiensi dan nilai radiasi yang lebih baik. *Substrat* dibuat menggunakan bahan dielektrik yang tebal dengan nilai konstanta dielektrik rendah sehingga memberikan kinerja antenna yang optimal[20]. *Substrat* memiliki permitivitas relative (ϵ_r) dan ketebalan (h). Pada ukuran elemen yang besar, *Substrat* dengan ketebalan yang besar dapat menawarkan efisiensi yang baik dan *Bandwidth* lebar. *Bandwidth* dan ukuran antenna mikrostrip keduanya dapat dikurangi dengan *Substrat* tipis dengan nilai konstanta dielektrik yang tinggi[22].

2.2.2.3 *Groundplane*

Lapisan bawah antenna mikrostrip yang memiliki panjang dan lebar sama dengan *Substrat* disebut dengan *ground structure* atau *Groundplane*. Fungsinya yaitu mengembalikan radiasi yang dipancarkan oleh elemen peradiasi (*patch*) dan memungkinkan penciptaan pola radiasi yang sesuai. Biasanya, *Groundplane* dibuat menggunakan bahan konduktor contohnya yaitu dari tembaga atau emas[20].

2.2.3 Parameter Umum Antena Mikrostrip

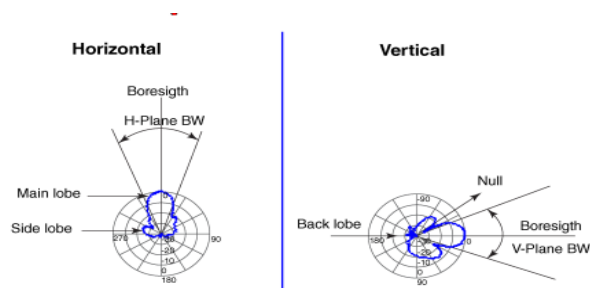
Parameter antenna dapat menentukan kinerja dan karakteristik antenna serta digunakan untuk membedakan satu antenna dari yang lain. Penggambaran sebuah

antena dapat menentukan karakteristik tertentu dari kinerja antenna. Beberapa parameter yang digunakan adalah sebagai berikut:

2.2.3.1 Pola Radiasi (*Radiation Pattern*)

Pola radiasi antenna adalah sebidang radiasi medan jauh yang dihasilkan atau dipancarkan antenna. Pola radiasi ditunjukkan oleh koordinat arah yang menjelaskan intensitas kuat medan yang dipancarkan oleh antenna dan menggambarkan pola radiasi antenna. Umumnya, bentuk pola radiasi terdiri *Directional* dan *Omnidirectional*. Pola radiasi antenna *directional* adalah jenis antenna yang pancarannya hanya ke satu arah dengan sudut transmisi kecil dan daya lebih terarah. Suatu bentuk antenna yang dikenal sebagai antenna dengan pola radiasi *omnidirectional* berarti dapat memancarkan sinyal ke segala arah.

Bagian dari pola radiasi disebut sebagai *lobe* diantaranya ada *main lobe*, *side lobe* dan *Back lobe*. *Radiation lobe* merupakan bagian dari pola radiasi yang dibatasi oleh daerah yang relatif lemah intensitas radiasinya. *Main lobe* mengandung arah radiasi maksimum. Radiasi harus diarahkan ke area yang diinginkan dan diminimalkan ke arah lain, baik dalam arah horizontal maupun vertikal. *Side lobe* memancarkan radiasi ke segala arah sehingga cukup relevan untuk kontrol interferensi. *Side lobe* mengekspresikan amplitudo terbesar, biasanya diekspresikan dalam puncak *main lobe*. Terakhir *Back lobe* yaitu *lobe* radiasi yang sumbuannya membuat sudut sekitar 180° dengan sehubungan dengan sinar antenna dan radiasi berlawanan dengan *main lobe* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3 berikut[18].



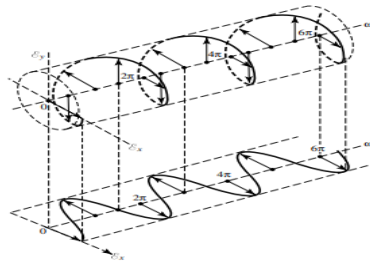
Gambar 2.3 Bagian Pola Radiasi Antena[18]

2.2.3.2 Polarisasi

Polarisasi (*Polarization*) dapat dipahami sebagai arah penyebaran medan listrik atau sebagai vektor medan listrik. Polarisasi antenna dalam arah tertentu diartikan juga sebagai polarisasi antenna gelombang yang ditransmisikan serta dipancarkan oleh antenna. Polarisasi berada dalam arah *Gain* tertinggi atau maksimum jika arah pancaran antenna tidak dapat ditentukan. Tiga jenis polarisasi diantaranya yaitu polarisasi *linear*, polarisasi *circular*/melingkar dan polarisasi *elips* / *elliptical*.

a. Polarisasi *Linear*

Polarisasi ini diakibatkan oleh medan listrik yang berada pada arah y dan AR (*axial ratio*) = ∞ . *Axial Ratio* yaitu perbandingan antara sumbu mayor terhadap sumbu minor. Jenis polarisasi *linear* diantaranya yaitu horizontal dan vertikal. Polarisasi yang dihasilkan dari perambatan gelombang yang bergerak secara horizontal ke arah permukaan bumi dikenal sebagai polarisasi horizontal. Berbeda dengan polarisasi horizontal, pada polarisasi vertikal mengarahkan rambatan gelombang secara vertikal ke permukaan bumi[23]. Polarisasi Linear dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut.

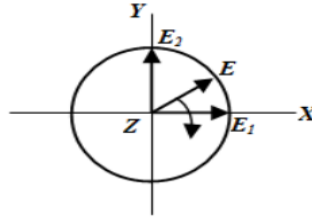


Gambar 2.4 Polarisasi Linier [6]

b. Polarisasi *Circular*

Ketika gelombang berubah dari waktu ke waktu pada suatu titik dan berada di jalur lingkaran sebagai fungsi waktu disebut polarisasi melingkar (*circular*). Gelombang yang berubah menurut waktu berhubungan dengan vektor medan listrik atau magnetik. Jenis polarisasi melingkar diantaranya ada *Left Hand Circular Polarization* (LHCP) yaitu terjadi ketika $\delta = +\pi/2$. Selain

itu, ada juga jenis *Right Hand Circular Polarization* (RHCP) yaitu terjadi ketika $\delta = -\pi/2$. Bentuk polarisasi circular ditunjukkan pada gambar 2.5 berikut.



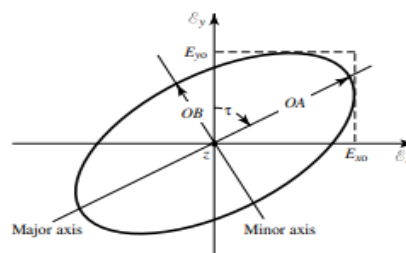
Gambar 2.5 Polarisasi *Circular* [24]

Beberapa kondisi agar dapat menghasilkan jenis polarisasi melingkar, diantaranya:

- 1) Medan harus memiliki dua komponen yang saling tegak lurus *linear*
- 2) Pada kedua komponen harus memiliki magnitudo yang sama
- 3) Pada kedua komponen harus memiliki perbedaan *phase* waktu pada kelipatan ganjil 90° [6].

c. Polarisasi *Elips*

Polarisasi *elips* terjadi ketika gelombang dengan vektor medan yang bervariasi waktu (listrik atau magnetik) bergerak di sepanjang jalur *elips*. Bentuk polarisasi *elips* dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Polarisasi *Elips* [6]

Beberapa kondisi agar dapat menghasilkan jenis polarisasi melingkar, diantaranya:

- 1) Medan harus mempunyai dua komponen *linear orthogonal*.
- 2) Pada kedua komponen harus berada pada *magnitudo* yang sama atau berbeda.

- 3) Perbedaan waktu fasa antara kedua komponen, jika tidak memiliki besaran yang sama, tidak boleh nol atau kelipatan 180 derajat, jika tidak maka akan linear. Perbedaan fasa antara kedua komponen, asalkan keduanya sama besarnya, tidak boleh kelipatan ganjil 90 derajat, jika tidak maka akan menjadi lingkaran.[6].

2.2.3.3 Impedansi Antena

Jumlah maksimum daya yang dapat ditransfer dari saluran transmisi ke antena sangat tergantung pada impedansi antena. Transfer daya maksimum dalam konteks ini mengacu pada energi yang disalurkan mencapai penerima semaksimal mungkin tanpa dipantulkan atau mengalami refleksi. Jumlah transfer daya maksimum dapat terpenuhi apabila impedansi antena cocok (*matching*) dengan impedansi saluran transmisi. Kinerja antena dapat kurang maksimal, apabila impedansi antara saluran transmisi dengan antena tidak sama. Hal tersebut mengakibatkan gelombang pantul merambat balik ke arah sumber gelombang.

Jumlah daya yang dipancarkan antena di sepanjang saluran transmisi ditentukan oleh impedansi input antena. Impedansi yang diberikan oleh antena di terminalnya disebut juga sebagai impedansi input. Impedansi input antena ditentukan dengan membandingkan arus listrik dan tegangan pada terminal antena. Impedansi antena dapat dilihat pada persamaan 2.1 berikut.

$$Z_A = R_A \pm jX_A \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

Z_A = Impedansi antena (Ω)

R_A = Resistansi antena (Ω)

X_A = Reaktansi antena (Ω)

$-X_A$ = Reaktansi induktif (Ω)

$+X_A$ = Reaktansi kapasitif (Ω)

Resistensi masukan terdiri dari resistansi radiasi (R_r) dan *loss resistance* (R_L). Oleh karena itu, direpresentasikan pada rumus dengan pada persamaan 2.2 berikut:

$$R_A = R_r + R_L \dots\dots\dots (2.2)$$

Pada persamaan di atas, menunjukkan notasi rumus R_r dan R_L yang artinya Resistansi Radiasi dan *Loss* Resistansi. Resistansi yang digunakan untuk memancarkan gelombang elektromagnetik dikenal sebagai resistansi radiasi. Sedangkan *Loss* Resistansi adalah jenis resistansi yang menyebabkan kekuatan gelombang radiasi turun akibat panas. Ketahanan radiasi yang tinggi dan *loss* resistansi yang rendah adalah karakteristik dari desain antenna yang baik. Sementara ketika impedansi input antenna memiliki magnitudo yang sama dengan impedansi karakteristik saluran transmisi, maka kondisi matching terpenuhi [24].

2.2.3.4 Gain

Penguatan antenna (*Gain*) adalah perbandingan intensitas radiasi maksimum antenna dengan intensitas radiasi antenna yang digunakan sebagai perbandingan atau referensi, yang daya maksimumnya sama dengan faktor efisiensi antenna. Salah satu faktor penting dalam desain antenna adalah *Gain* antenna[17]. Persamaan Friss dapat digunakan untuk menghitung nilai penguatan seperti pada rumus dengan menggunakan persamaan 2.3 berikut:

$$(G_{ot})_{dB} + (G_{ot})_{dB} = 20 \log_{10} \frac{4\pi R}{\lambda} + 10 \log_{10} \frac{P_r}{P_t} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

$(G_{ot})_{dB}$ = penguatan antenna pengirim (dBi)

$(G_{ot})_{dB}$ = pengautan antenna penerima (dBi)

P_r = *receive power* (W)

P_t = *transmitted power* (W)

R = diagonal antenna (m)

λ = panjang gelombang (m) [25]

Penguatan antenna merupakan parameter yang erat kaitannya dengan *directivity* atau keterarahan dari antenna. Besarnya *Gain* antenna dinyatakan dalam satuan dBi. Hubungan antara *Gain* dan direktivitas dapat dinyatakan dalam persamaan 2.4 berikut:

$$G = \eta \cdot D \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

G = Penguatan antenna (dBi)

η = faktor efisiensi antenna ($0 \leq \eta \leq 1$).

D = Direktivitas

2.2.3.5 Directivity (Keterarahan)

Direktivitas antenna adalah jumlah energi yang terfokuskan pada satu arah dan menghambat radiasi yang datang dari arah lain. Oleh karena itu, arahnya akan cocok dengan penguatan antenna jika antenna 100% efektif dan daya yang diterima berasal dari antenna isotropik. Maka keterarahan akan sama dengan *Gain* antenna [26]. Direktivitas antenna diartikan juga sebagai rasio kekuatan intensitas radiasi yang berasal dari arah tertentu dengan intensitas radiasi di segala arah. Intensitas radiasi rata-rata dihitung dengan membagi total keluaran daya yang dipancarkan antenna dengan 4π dan dinyatakan dalam persamaan 2.5 berikut [6]:

$$D = \frac{U}{U_o} = \frac{4\pi U}{P_{rad}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan

U = Intensitas radiasi

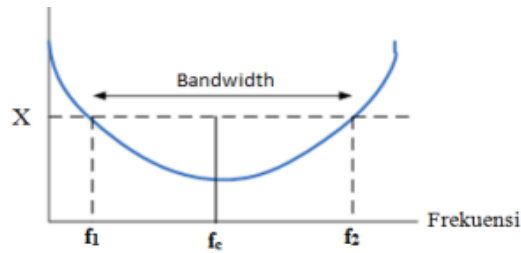
U_o = intensitas radiasi sumber isotropik

P_{rad} = Daya yang diterima antenna (W)

2.2.3.6 Bandwidth

Bandwidth pada sebuah antenna merupakan kapasitas untuk melihat sebuah antenna dapat beroperasi atau berfungsi dalam rentang frekuensi kerja. Pemancar dari sebuah antenna harus selalu sinkron untuk radiasi yang tepat [17]. Umumnya, kriteria dari *Bandwidth* antenna merupakan ukuran pergeseran impedansi antenna karena variasi frekuensi kerja atau frekuensi tengahnya. Perubahan *VSWR* atau *Return loss* biasanya menunjukkan perubahan impedansi antenna. Oleh karena itu,

dimungkinkan untuk menganggap *Bandwidth* antenna sebagai ukuran lebar bidang frekuensi [25]. Gambar 2.7 memperlihatkan *Bandwidth* melalui rentang frekuensi.



Gambar 2.7 Rentang *Bandwidth* Frekuensi [24]

Perhitungan frekuensi tengah (f_c) dapat dilakukan menggunakan persamaan 2.6 berikut ini:

$$F_c = \frac{F_h - F_L}{2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Pada pembuatan antenna yang dilakukan kali ini rentang frekuensi yang digunakan adalah dari 920-923 MHz. *Bandwidth* dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.7 berikut ini [24]:

$$BW = \frac{F_h - F_L}{F_c} \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan

F_h = frekuensi tertinggi (Hz)

F_L = frekuensi terendah (Hz)

F_c = frekuensi tengah (Hz)

2.2.3.7 VSWR

Perbandingan atau rasio gelombang yang direfleksikan dengan gelombang yang terjadi disebut VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*). Gelombang berdiri (*standing wave*) diakibatkan oleh impedansi input yang tidak matching dengan saluran *feeder* dan terjadi ketika adanya pantulan gelombang[17]. Perbandingan amplitudo gelombang berdiri tertinggi dan terendah dikenal sebagai VSWR. Tegangan yang ditransmisikan (V_0^+) dan tegangan yang dipantulkan (V_0^-) adalah

dua bagian dari gelombang tegangan yang ada pada saluran transmisi. Koefisien refleksi tegangan, juga dikenal sebagai koefisien refleksi (Γ) yaitu proporsi antara tegangan yang ditransmisikan dan tegangan yang dipantulkan[26]. Impedansi beban (Z_L) menentukan rasio gelombang datang dan amplitudo gelombang pantul. Rasio tersebut dinyatakan oleh suatu bilangan dan disebut juga koefisien pantul (*reflection coefficient*) yang dilambangkan dengan Γ . Koefisien pantul berhubungan dengan tegangan yang ditransmisikan dan yang diterima seperti pada tercantum persamaan 2.8 berikut[6] :

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \dots\dots\dots (2.8)$$

Simbol Z_0 pada persamaan 2.8 berarti impedansi saluran *lossless* (tak meredam). Amplitudo dan fasa refleksi ditunjukkan oleh nilai kompleks dari koefisien refleksi tegangan Γ . Dalam beberapa situasi sederhana, jika bagian imajiner dari koefisien refleksi tegangan adalah nol maka,:

- 1) $\Gamma = 0$: keadaan ini terjadi ketika saluran dalam keadaan *matched* sempurna dan tidak terdapat pantulan.
- 2) $\Gamma = -1$: keadaan ini terjadi ketika saluran terhubung singkat dan terdapat pantulan negatif maksimum.
- 3) $\Gamma = 1$: keadaan ini terjadi ketika saluran dalam rangkaian terbuka dan terdapat pantulan positif maksimum.

Persamaan untuk nilai *VSWR* ditunjukkan pada persamaan 2.9 berikut:

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{|1 - \Gamma|} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

VSWR : *Voltage Standing Wave Ratio*

V_{max} : *VSWR* maksimum

V_{min} : *VSWR* minimum

Γ : koefisien refleksi tegangan

Ketika nilai *VSWR* adalah 1 ($S=1$) maka kondisi tersebut paling baik. Kondisi tersebut berarti tidak ada pantulan ketika keadaan saluran *matched*

sempurna. Pada kenyataannya, untuk mendapatkan nilai VSWR sama dengan 1 sangat sulit. Secara umum, nilai $VSWR \leq 2$ dianggap sebagai nilai yang baik. Dengan demikian, nilai VSWR yang diharapkan yaitu kurang dari 2 [6].

2.2.3.8 Return loss

Return loss juga dikenal sebagai koefisien refleksi adalah pengukuran dengan menunjukkan daya yang hilang saat antena dan saluran transmisi tidak matching. Impedansi input beban antena dan ketidaksesuaian saluran transmisi dapat mengakibatkan *Return loss*. Hal ini menyebabkan sebagian daya dipantulkan kembali alih-alih semuanya diradiasikan atau dikirim. Berdasarkan teori, rumus dari *Return loss* yaitu menggunakan persamaan berikut[27] :

$$Return\ loss\ (dB) = 20\ log\ |\Gamma| \dots\dots\dots (2.10)$$

Antena dan saluran transmisi dapat dikatakan sudah matching apabila *Return loss* memiliki nilai yang baik apabila mendekati -10 dB dan diperoleh nilai $VSWR \leq 2$. Suatu antena dikatakan dapat bekerja dengan frekuensi yang diharapkan, apabila memenuhi parameter tersebut. *VSWR* dan *Return loss* memiliki keterkaitan seperti pada persamaan 2.11 berikut [23]:

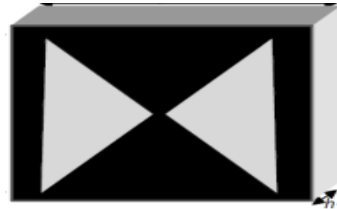
$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \dots\dots\dots (2.11)$$

2.2.4 Antena Mikrostrip Bowtie

Desain antena segitiga telah berevolusi menjadi bentuk antena *bowtie*. Dibandingkan dengan antena *bowtie* bentuk kawat, antena *bowtie* berukuran lebih kecil. Antena *bowtie* memiliki beamwidth lebar karena radiatornya yang lebih besar, yang merupakan keuntungan dari bentuknya. Pada kedua polarisasinya, antena *bowtie* digunakan untuk menghasilkan frekuensi kerja yang sama[28].

Antena *bowtie* ialah pengembangan dari antena bikonikal. Antena bikonikal cenderung besar dan berat, namun menunjukkan pola radiasi yang khas. Akibatnya, antena bikonikal disempurnakan menjadi antena yang lebih kecil dan lebih praktis yang dikenal sebagai antena *bowtie*. Impedansi antena *bowtie* yang luas dan desain yang sederhana merupakan salah satu kelebihan antenna ini. Antena pada *bowtie*

terdiri dari dua pelat logam segitiga dengan diberi catuan setiap sudut. Antena ini dipengaruhi oleh besar sudut segitiganya[29]. Bentuk antena *bowtie* seperti pada gambar 2.8 berikut:



Gambar 2.8 Antena *Bowtie* [28]

Penentuan dimensi antena mikrostrip seperti panjang *patch* (L) dan lebar *patch* (W), maka perlu diketahui parameter bahan yang digunakan. Parameter yang digunakan seperti ketebalan dielektrik (h), konstanta dielektrik (ϵ_r) dan tebal konduktor atau patch (t). Untuk menentukan panjang sisi pada antena *bowtie* (a) digunakan persamaan sebagai berikut[30]:

$$a = \frac{2c}{2f_r \sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$a_{eff} = a + \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan:

a = panjang sisi segitiga *bowtie* (mm)

a_{eff} = panjang sisi efektif

h = ketebalan *Substrat* (mm)

ϵ_r = permitivitas dielektrik *Substrat*

f_r = frekuensi kerja (Hz)

Persamaan 2.13 digunakan untuk menentukan panjang dan lebar dari antena yang dapat dilihat pada persamaan 2.14 dan persamaan 2.15 berikut [30]:

$$L_p = 2 \cdot a_{eff} \sin \theta \dots\dots\dots (2.14)$$

$$W_p = 2 \cdot a_{eff} \cos \theta \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan

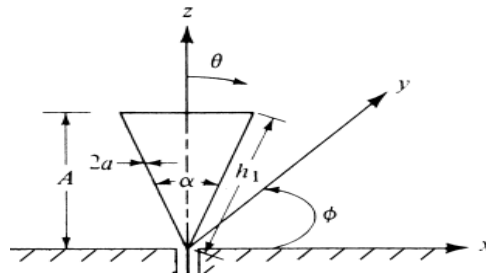
L_p = panjang *patch* (mm)

W_p = lebar *patch* (mm)

a_{eff} = panjang sisi efektif

θ = sudut antena *bowtie* (°)

Nilai θ didapatkan dengan memperkirakan sudut yang digunakan pada perancangan antena *bowtie* ini seperti diperlihatkan pada gambar 2.9 berikut:



Gambar 2.9 Sudut Antena *Bowtie*[6]

Perhitungan dimensi nilai lebar saluran pencatu (W_f), terlebih dahulu menentukan nilai impedansi saluran (B) dengan nilai impedansi saluran catu sperti pada persamaan 2.16 berikut [30].

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left\{ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right\} \right\} \dots\dots\dots (2.17)$$

Jika $\frac{W_f}{h} \leq 1$ maka:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} + \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 + 12\left(\frac{h}{W_f}\right)}} + 0.04 \left(1 - \frac{W_f}{h}\right)^2 \right\} \dots\dots\dots (2.18)$$

Jika $\frac{W_f}{h} \geq 1$ maka:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} + \left(1 + \frac{12h}{W_f}\right)^{0.5} \dots\dots\dots [30] (2.19)$$

Keterangan

B = nilai impedansi saluran

W_f = lebar saluran transmisi atau *Feedline* (mm)

ϵ_r = permitivitas dielektrik *Substrat*

ϵ_{eff} = konstanta dielektrik *Substrat* efektif

Menggunakan nilai frekuensi kerja yang digunakan, kemudian mencari nilai panjang gelombang di udara dan panjang gelombang *Substrat*[10]:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \dots\dots\dots (2.21)$$

Sehingga untuk mendapatkan nilai panjang saluran pencatu (L_f) menggunakan persamaan 2.22 berikut[10]:

$$L_f = \frac{1}{4} \lambda_g \dots\dots\dots (2.22)$$

Keterangan

c = konstanta cahaya di ruang bebas (m/s)

λ_0 = panjang gelombang di udara (m/s)

λ_g = panjang gelombang pada bahan *Substrat* (m/s)

L_f = panjang saluran transmisi atau *Feedline* (mm)

Panjang dan lebar *Substrat* mengikuti dari dimensi ukuran *Groundplane*. Menghitung lebar *Groundplane* dan panjang *Groundplane* menggunakan persamaan berikut[10]:

$$W_g = W_p + 6h \dots\dots\dots (2.23)$$

$$L_g = L_p + 6h \dots\dots\dots (2.24)$$

Keterangan:

W_g = lebar *Groundplane* (mm)

L_g = panjang *Groundplane* (mm)

L_p = panjang *patch* (mm)

W_p = lebar *patch* (mm)

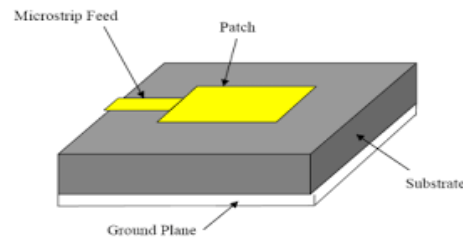
h = ketebalan *Substrat* (mm)

2.2.5 Teknik Pencatuan Antena

Teknik Pencatuan dapat berpengaruh pada impedansi input dan karakteristik dari antena. Pencatu (*feeding*) untuk meyalurkan daya dari sumber ke antena. Macam-macam teknik pencatuan diantaranya sebagai berikut:

2.2.5.1 Mikrostrip *Line Feeding*

Teknik pencatuan ini disebut juga pencatuan langsung dapat dilihat pada gambar 2.10. Teknik ini dilakukan dengan menghubungkan *patch* dan *Feedline* secara langsung. Metode ini memiliki dimensi panjang dan lebar berdasarkan impedansi yang dibutuhkan. Oleh karena itu, teknik ini umumnya memiliki bentuk persegi panjang dan menyatu dengan *feeder* atau pencatunya.



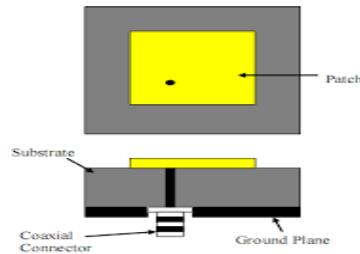
Gambar 2.10 Teknik Mikrostrip *Line Feeding* [31]

Munculnya radiasi yang tidak diinginkan dari *feeder* adalah kelemahan teknik ini. Kelebihannya teknik ini lebih mudah dibuat karena *Substrate* dicetak pada lapisan yang sama.

2.2.5.2 *Coaxial Probe Feeding*

Coaxial Probe Feeding merupakan teknik dengan menghubungkan elemen pencatu yang dilubangi sampai tembus ke lapisan *Groundplane*. Hal tersebut dilakukan agar mudah mendapatkan impedansi input dengan melakukan pencatuan di komponen untuk mendapatkan impedansi yang sebanding. Penggunaan teknik *coaxial probe feeding* cukup efektif untuk mengurangi radiasi yang tidak diperlukan. Tetapi, *inner* dan *outer* konduktor yang berbeda menjadi tantangan selama pembuatan atau fabrikasi. Penggunaan teknik ini juga membuat konfigurasi

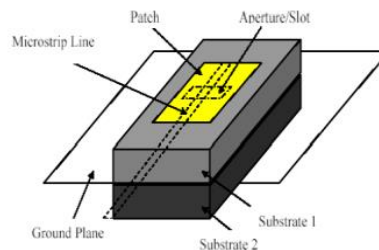
antena menjadi tidak simetris dikarenakan melubangi *Substrat* untuk memasang probenya menonjol ke bawah *Groundplane* seperti pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Teknik Coaxial Probe Feeding [31]

2.2.5.3 Aperture Coupled Feeding

Teknik ini dilakukan dengan memisahkan *Groundplane* dari dan saluran mikrostripnya. Sebuah *aperture* pada *groundplane* dihasilkan dari kopling diantara dan mikrostrip *line*-nya. Bentuk ukuran dan letak dari *aperture* berpengaruh terhadap besar kopling yang terjadi antara mikrostrip *line* dengan. Gambaran teknik pencatuan dapat dilihat pada gambar 2.12.

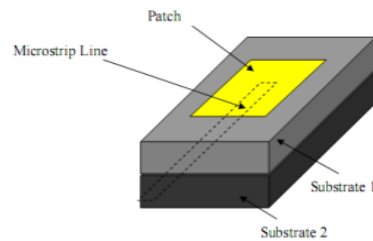


Gambar 2.12 Teknik Aperture Coupled Feeding [31]

2.2.5.4 Proximity coupled Feeding

Metode pencatuan ini menggunakan dua lapisan *Substrate*. Lapisan *Substrat* bagian atas merupakan layer dielektrik dengan sebuah yang terletak di permukaan lapisannya. *Groundplane* bergabung dengan lapisan *Substrate* bagian bawah. Saluran transmisi diletakkan di bawah dengan daya pencatu menyatu diantara lapisan sampai memakai media elektromagnetik. Berada di atas *Substrat* pertama dan *feeding* di atas layer kedua *Substrat*. Pencatuan jenis ini dinamakan juga sebagai pencatuan tidak langsung. Kelebihannya dapat memperluas *Bandwidth*

dan mengurangi radiasi yang tidak diperlukan. Kelemahan dari pencatatan ini yaitu desain antenna di bagian bawah dan atas layer harus tepat agar energy *tercoupling* dengan baik. Teknik ini dapat dilihat pada gambar 2.13 berikut.



Gambar 2. 13 Teknik *Proximity coupled Feeding* [31]

2.2.6 Metode *Defected Ground Structure* (DGS)

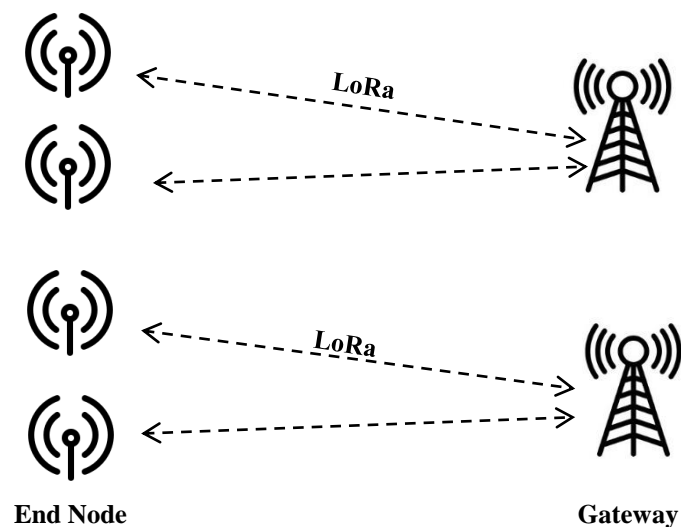
Defected Ground Structure (DGS) merupakan metode untuk menekan gelombang permukaan yang dapat menurunkan efisiensi pada antenna mikrostrip. Metode ini dilakukan dengan menghilangkan sebagian bidang ground atau peradiasi yaitu membuat celah (*slot*) pada antenna mikrostrip [32]. Metode DGS disebut juga metode pencacatan *ground* yang dapat meningkatkan *Gain* antenna dan kinerja *Bandwidth* menjadi lebih lebar pada suatu antenna. Celah pada *Groundplane* memiliki bentuk yang beragam[33]. Selain itu, pemotongan ground dapat juga dilakukan secara vertikal, horizontal dan lingkaran. Penelitian ini menggunakan teknik partial *Groundplane*. Teknik ini merupakan bagian dari *Defected Ground Structure* (DGS) dengan menghilangkan atau memotong bidang ground pada antenna[34].

2.2.7 Teknologi Lora

Teknologi komunikasi jarak jauh atau LoRa (*Long Range*) diciptakan dan dipatenkan oleh Semtech. Spektrum penyebaran LoRa menggunakan modulasi *Chirp Spread Spectrum* (CSS), yang biasanya digunakan untuk komunikasi yang memerlukan keamanan dan aplikasi militer. Karakteristik Lora yaitu transmisi data jarak jauh, berdaya rendah, kecepatan data rendah, dan aman. Untuk mendapatkan jangkauan yang lebih besar dari jaringan seluler, LoRa dapat digunakan untuk jaringan *hybrid*, pribadi, atau *public*. LoRa dapat diaplikasikan dengan berbagai jaringan seperti *Internet of Things* (IoT). LoRa dapat digunakan di berbagai

industri, termasuk pertanian, rumah pintar, bisnis, transportasi, dan industri kesehatan[10].

Secara menyeluruh, perangkat LoRa dapat memenuhi kondisi yang diberikan yaitu dalam keadaan *Line of Sight*, perangkat LoRa memiliki kemampuan untuk mengirim dan menerima sinyal antara rentang hampir 20 Km. Akibatnya, Jaringan LoRa dapat berfungsi dengan banyak node dan dapat mencakup area yang luas. Perangkat LoRa juga memiliki masa pakai hingga 10 tahun tanpa mengganti baterai sehingga memastikan bahwa sistem tersebut dapat diandalkan[35].



Gambar 2.14 Diagram LoRa [10]

Gambar 2.14 merupakan arsitektur diagram jaringan LoRa. Pada sisi *End Node* terdapat sebuah perangkat seperti *pet tracking*, *water marker*, *vending machine* dan gas monitoring. Beragam perangkat tersebut memiliki sebuah antena Tx dan Rx yang dapat mengirimkan dan menerima sinyal ke gateway. *End Node* bagian dari perangkat LPWA yang berfungsi untuk mengirimkan sinyal ke *gateway* dan menerima sinyal dari *gateway*. Sedangkan *gateway* LPWA yaitu perangkat pemancar dan penerima *Low Power Wide Area* Nonseluler. Antenanya berfungsi menyediakan konektivitas, serta *control* terhadap *end device*. Setiap alat atau perangkat telekomunikasi *Low Power Wide Area* Nonseluler harus memenuhi pita frekuensi radio dengan rentang 920-923 MHz[2].