

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Internet Of Things (IoT) merupakan konsep dimana objek-objek dalam kehidupan sekarang dihubungkan dengan internet dan dapat berkomunikasi satu sama lain. Perkembangan IoT di komunikasi nirkabel telah memungkinkan pengembangan yang lebih terintegrasi dan komprehensif. Pada perkembangan IoT ini memiliki banyak manfaat bagi bisnis dan konsumen, termasuk meningkatkan efisiensi, meningkatkan produktivitas, dan memungkinkan pengembangan solusi yang lebih handal[1].

Low Power Wide Area Network (LPWAN) adalah jenis jaringan yang dikembangkan khusus untuk perangkat IoT. LPWAN dirancang untuk menghubungkan perangkat IoT dengan komunikasi daya rendah dan jangkauan yang luas. LPWAN memiliki daya rendah karena perangkat IoT yang terhubung dapat menggunakan daya baterai yang lebih kecil sehingga dapat bertahan lebih lama. Selain itu jangkauan jaringan yang lebih luas memungkinkan perangkat IoT untuk terhubung ke jaringan nirkabel tanpa perlu mendekati diri ke stasiun basis seluler[2].

Teknologi LPWAN yang saat ini dikembangkan yaitu *sigfox* dan *Long Range* (LoRa). Untuk frekuensi kerja pada *sigfox* dan LoRa memiliki perbedaan. Untuk *sigfox* menggunakan frekuensi 868 MHz di Eropa dan 915 MHz di Amerika Utara, sedangkan LoRa menggunakan frekuensi 433 MHz, 868 MHz, 915 MHz, atau 920 MHz sampai dengan 923 MHz, tergantung wilayahnya. Pada LoRa memiliki kapasitas yang tinggi dan biaya lebih rendah dibandingkan dengan *sigfox*[3].

LoRa merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang dikembangkan untuk komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya rendah. LoRa memiliki jarak cakupan yang luas hingga beberapa kilometer dibandingkan dengan *sigfox* yang memiliki jarak cakupan sekitar 30 kilometer. Kerugian LoRa adalah hanya dapat bekerja pada keadaan *Line Of Sight* (LOS), jika terdapat penghalang antara pengirim dan penerima akan terjadi *multipath fading*. Antena yang digunakan secara umum memiliki penguatan atau *gain* sebesar 3 dBi. Pada kondisi antar transmiter tanpa

halangan, LoRa dengan penguatan 3 dBi dapat bekerja secara maksimal karena kondisi *Line Of Sight* terpenuhi. Apabila ada halangan antara transmiter dan penerima maka kondisi *Line Of Sight* tidak terpenuhi. Hal ini menyebabkan *multipath fading* dan jarak cakupan sinyal LoRa akan berkurang[4].

Untuk mengatasi *multipath fading* dan jarak cakupan sinyal LoRa yang berkurang maka dibutuhkan terobosan pada komponen antena. Antena ini diharapkan dapat bekerja pada frekuensi 920 MHz dengan parameter penguatan atau *gain* sekitar 2 dBi sampai dengan 6 dBi , VSWR sebesar $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$ dB, *return loss* sebesar ≤ -10 dB [5].

Sehingga untuk memaksimalkan parameter penguatan yang bekerja di frekuensi 920 MHz tersebut, maka perlu dilakukan untuk memasukkan beberapa tahapan optimasi dan penambahan metode MIMO agar antena dapat bekerja pada frekuensi 920 MHz.

Berdasarkan latar belakang dan solusi yang dipaparkan diatas maka mendorong penulis untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan judul “**Desain dan Optimasi Antena LoRa Frekuensi 920 MHz**”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara mendesain dan mensimulasikan mikrostrip *patch* sesuai dengan perhitungan?
2. Bagaimana cara dan hasil dari perancangan antena mikrostrip *patch* segi empat dengan menggunakan teknik pencatuan *feed line* dengan frekuensi kerja 920 MHz?
3. Bagaimana cara dan hasil dari perancangan antena mikrostrip *patch* segi empat dengan menambahkan metode MIMO dengan frekuensi kerja 920 MHz?
4. Bagaimana cara dan hasil dari perancangan antena mikrostrip *patch* segi empat dengan menambahkan metode *array* dengan frekuensi kerja 920 MHz?
5. Bagaimana cara mendapatkan nilai maksimal untuk antena mikrostrip *patch* yang bekerja pada frekuensi 920 MHz pada keadaan *Line Of Sight* (LOS)?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini menggunakan model antenna *rectangular patch* untuk LoRa.
2. Penelitian ini menggunakan frekuensi 920 MHz.
3. Penelitian ini menggunakan aplikasi CST *Studio Suite*.
4. Penelitian ini menggunakan $\epsilon_r = 4,3$.
5. Penelitian ini bertujuan untuk menaikkan *gain* antenna dengan ketentuan nilai VSWR sebesar $1 \leq VSWR \leq 2$ dB, *return loss* sebesar ≤ -10 dB.
6. Penelitian ini menggunakan metode *inset feed*, MIMO, dan *array*.
7. Penelitian ini digunakan sebagai LoRa *device* atau sebagai antenna penerima.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Dapat memberi manfaat kepada pembaca atau pihak lainnya tentang pembuatan antenna mikrostrip menggunakan aplikasi CST Studio Suite 2019.
2. Dapat mengetahui nilai *Gain*, VSWR dan *Return Loss* yang baik untuk standarisasi pada sebuah anten.
3. Dapat memberi manfaat kepada pembaca untuk memaksimalkan nilai *Gain*, VSWR dan *Return Loss* agar dapat bekerja di frekuensi 920 MHz.
4. Dapat memberi manfaat kepada pembaca mengenai analisis dari masing – masing desain antenna dari setiap metode.
5. Dapat menyimpulkan hasil dari perancangan antenna tersebut ke dalam sebuah analisa.

1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai perancangan antenna mikrostrip yang dapat diterapkan pada teknologi *Long Range* (LoRa) yang bekerja pada frekuensi 920 MHz.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Proposal Skripsi ini dibagi menjadi 4 bagian :

1. BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang masalah dari topik yang diangkat, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan perancangan antenna, manfaat perancangan antenna dan sistematika penulisan.

2. BAB II : DASAR TEORI

Bab ini membahas tentang berbagai teori yang berkaitan dengan topik yang diangkat pada Proposal Skripsi ini. Hal tersebut meliputi kajian pustaka dan dasar teori.

3. BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan metode penelitian, alat yang digunakan, dan langkah kerja mendesain antenna.

4. DAFTAR PUSTAKA

Bab ini berisikan lampiran-lampiran dari sumber literatur yang digunakan dalam penulisan proposal ini.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian Denny Pasaribu dan Ali Hanafiah Rambe[6] pada April 2014 membahas mengenai rancang bangun antenna mikrostrip *patch* segi empat pada frekuensi 2,4 GHz dengan metode pencatuan *inset*. Pada penelitian ini menggunakan frekuensi kerja 2,4 GHz menghasilkan nilai VSWR kurang dari 2 yaitu 1,681 sehingga pada penelitian Denny Pasaribu dan Ali Hanafiah Rambe memenuhi spesifikasi dan tidak perlu melakukan optimasi antenna. Kemudian penelitian ini menggunakan metode pencatu *inset* yang di aplikasikan pada *wifi*. Penelitian ini menggunakan jenis antenna mikrostrip *patch* segi empat.

Penelitian Erwin[7] tahun 2017 membahas mengenai perancangan dan analisis antenna mikrostrip *patch* segi empat menggunakan teknik DGS pada pita 1,8 GHz. Pada penelitian ini menggunakan model DGS menghasilkan nilai VSWR lebih dari 2 dB yaitu 2,57 dB, sehingga pada penelitian Erwin perlu melakukan optimasi antenna agar dapat memenuhi spesifikasi dari VSWR dengan nilai kurang dari 2. Kemudian penelitian ini mencoba untuk tidak menggunakan teknik DGS sehingga menghasilkan nilai VSWR yang sesuai dengan spesifikasi tepatnya yaitu 1,398. Kemudian penelitian ini menggunakan metode pencatu *inset* yang di aplikasikan pada *broadband*. Penelitian ini menggunakan jenis antenna mikrostrip *patch* segi empat.

Penelitian Tasya Paramita Nofrida, dkk[8] pada 18 November 2021 membahas mengenai antenna mikrostrip kotak dengan *slot* berbentuk X untuk frekuensi LoRa. Pada penelitian ini menggunakan frekuensi kerja 923 MHz. Pada penelitian ini menggunakan 2 simulasi, yaitu menggunakan simulasi antenna konvensional yang menghasilkan nilai VSWR 6,334 (yang tidak sesuai dengan spesifikasi dari antenna), kemudian yang kedua menggunakan simulasi antenna dengan *slotted patch* yang menghasilkan nilai VSWR 1,2. Kemudian penelitian ini menggunakan metode pencatu *inset* yang di aplikasikan pada LoRa. Penelitian ini menggunakan jenis antenna mikrostrip kotak dengan *slot* berbentuk X.

Penelitian Fajar Alviandi, dkk[9] tahun 2021 membahas mengenai perancangan dan analisa antenna yagi 12 elemen untuk *module* LoRa Rfm95w pada frekuensi 915 MHz. Pada penelitian ini menggunakan frekuensi kerja 915 MHz yang menghasilkan nilai VSWR 1,1046 sehingga pada penelitian ini tidak perlu melakukan optimasi antenna karna nilai dari VSWR sudah memenuhi spesifikasi yaitu kurang dari 2. Kemudian penelitian ini menggunakan metode pencatu *inset* yang di aplikasikan pada LoRa Rfm95w. Penelitian ini menggunakan jenis antenna yagi 12 elemen.

Tabel 2. 1 Rangkuman Keterkaitan dengan Penelitian Sebelumnya

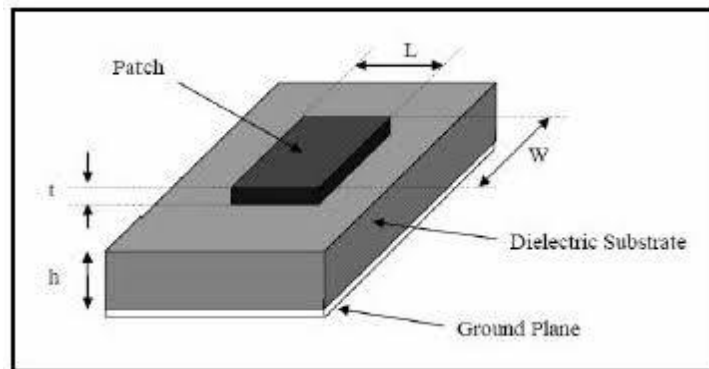
Peneliti	VSWR Sebelum Optimasi		Frekuensi		Jenis Antena		Penerapan		
	≤ 2	> 2	1,8-2,4 GHz	915-920 MHz	Mikrostrip	Yagi	LoRa	Wifi	Broadband
Denny Pasaribu dan Ali Hanafiah Rambe	✓		✓		✓			✓	
Erwin		✓	✓		✓				✓
Tasya Paramita Nofrida, dkk		✓		✓	✓		✓		
Fajar Alviandi, dkk	✓			✓		✓	✓		
Usi Fajri Yatun Nafsi		✓		✓	✓		✓		

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Antena Mikrostrip

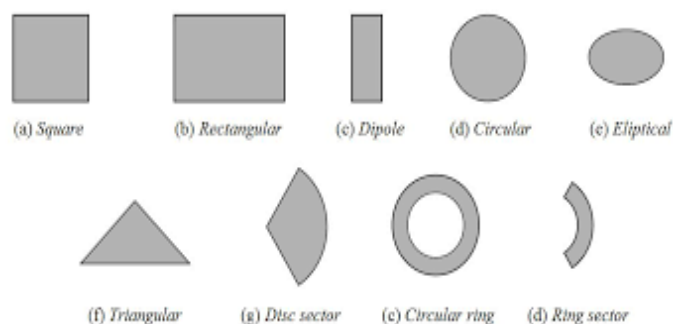
Antena mikrostrip merupakan antenna yang memiliki ukuran relatif kecil dan ringkas. Antena mikrostrip terdiri dari konduktor yang diletakkan di atas permukaan dielektrik, biasanya berbentuk papan sirkuit atau biasa disebut dengan substrat[10].

Struktur antenna mikrostrip dapat dilihat pada Gambar 2.1 memiliki 3 komponen utama, yaitu *patch*, substrat dan *ground plane*. *Patch* merupakan komponen yang terletak paling atas yang berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik hingga menyebar ke substrat. Substrat merupakan media perantara elemen *patch* dan *ground plane*. Sedangkan *ground plane* merupakan komponen yang terletak di bagian paling bawah yang berfungsi sebagai bidang pemantul energi melalui substrat menuju ke udara[10].



Gambar 2. 1 Antena Mikrostrip Patch [10]

Patch antenna mikrostrip memiliki berbagai bentuk, seperti persegi (*square*), persegi panjang (*rectangular*), lingkaran (*circular*), segitiga (*triangular*), elips (*elliptical*), dan bentuk lainnya seperti pada Gambar 2.2. Bentuk patch ini dapat mempengaruhi pola radiasi, impedansi dan *bandwidth* antenna. Sedangkan untuk panjang, lebar, dan ketebalan *patch* mempengaruhi karakteristik antenna mikrostrip, seperti frekuensi, resonansi, impedansi, dan efisiensi radiasi[11].



Gambar 2. 2 Macam – Macam Bentuk Antena Patch [11]

2.2.2 Karakteristik Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan jenis antena yang digunakan dalam komunikasi nirkabel yang memiliki berbagai kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari antena mikrostrip yaitu [11] :

1. Ukuran kecil : antena mikrostrip relatif kecil dan ringan, yang membuatnya cocok untuk penggunaan dalam perangkat elektronik yang membatasi ukuran dan bobot, seperti ponsel pintar, tablet, dan peralatan komunikasi lainnya.
2. Pemrosesan mudah : antena mikrostrip dapat diproses secara mudah menggunakan teknologi manufaktur yang umum digunakan, seperti teknologi *Printed Circuit Board* (PCB), yang membuat produksi massal dan integrasi dalam perangkat elektronik lebih mudah.
3. Biaya rendah : antena mikrostrip umumnya lebih murah dibandingkan dengan antena tradisional, seperti antena *log-periodik* atau antena parabola, karena metodenya yang sederhana dalam pembuatannya.
4. Pola radiasi yang dapat di kendalikan : pola radiasi antena mikrostrip dapat dikendalikan dan diprogram sesuai dengan kebutuhan aplikasi tertentu. Hal ini memungkinkan untuk mendapatkan pola radiasi yang diinginkan, seperti pola radiasi *omni-directional*, *directional*, atau *beamforming* untuk meningkatkan kinerja komunikasi nirkabel.
5. Frekuensi kerja fleksibel : antena mikrostrip dapat digunakan dalam berbagai frekuensi kerja, mulai dari frekuensi radio hingga frekuensi mikro gelombang, tergantung pada desain dan konfigurasi fisik antena.

Sedangkan untuk kekurangan dari antena mikrostrip antara lain [11]:

1. Kapasitas daya terbatas : antena mikrostrip memiliki kapasitas daya terbatas dibandingkan dengan antena lainnya, seperti antena parabola, sehingga tidak cocok untuk aplikasi yang membutuhkan daya transmisi yang tinggi.
2. Pemancar panas : antena mikrostrip dapat menghasilkan panas yang lebih tinggi dibandingkan dengan antena lainnya, karena daya yang terkonsentrasi dalam ukuran yang kecil.
3. Keterbatasan dalam jangkauan komunikasi: antena mikrostrip mungkin memiliki keterbatasan dalam jangkauan komunikasi, terutama pada frekuensi tinggi, karena ukurannya yang kecil dan pola radiasinya yang terbatas.

4. Pengaruh lingkungan: antena mikrostrip dapat terpengaruh oleh lingkungan sekitarnya, seperti objek di sekitarnya atau perubahan kondisi atmosfer, yang dapat mempengaruhi kualitas sinyal dan jangkauan komunikasi.
5. Kinerja efisiensi radiasi yang bervariasi: efisiensi radiasi antena mikrostrip dapat bervariasi tergantung pada desain dan konfigurasi fisik antena, sehingga perlu perhatian khusus dalam merancang dan memilih antena mikrostrip yang efisien.
6. Gain yang kecil: Antena mikrostrip memiliki gain yang relatif kecil dibandingkan dengan antena lainnya, seperti antena parabola atau antena *log-periodik*.
7. *Bandwidth* yang sempit: antena mikrostrip juga memiliki *bandwidth* yang sempit, yaitu rentang frekuensi kerja yang terbatas.

2.2.3 Parameter Antena Mikrostrip

Parameter antena mikrostrip yaitu :

1. *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR)

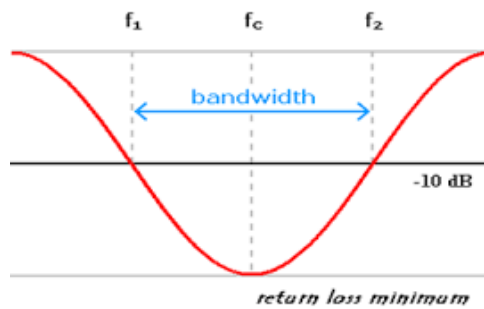
VSWR merupakan rasio antara amplitudo tegangan berdiri gelombang (*standing wave*) maksimum dan minimum pada jalur transmisi antena. VSWR menggambarkan efisiensi transfer daya antara antena dan jalur transmisi, serta refleksi daya kembali ke pemancar. Semakin rendah nilai VSWR, semakin baik efisiensi antena dan transfer daya. Untuk persamaan VSWR yaitu :

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{1+|\Gamma(z)|}{1-|\Gamma(z)|} \quad (2.1)$$

Dimana $\Gamma(z)$ adalah koefisien refleksi dengan $0 \leq |\Gamma(z)| \leq 1$, sehingga nilai VSWR adalah $1 \leq VSWR \leq 2$ [12].

2. *Bandwidth*

Bandwidth merupakan kisaran frekuensi di mana antena dapat beroperasi dengan kinerja yang baik. *Bandwidth* menggambarkan seberapa banyak frekuensi yang dapat diterima atau dipancarkan oleh antena dalam kisaran frekuensi tertentu tanpa mengalami degradasi kinerja yang signifikan[13].



Gambar 2. 3 Rentan Frekuensi yang Menjadi *Bandwidth* [13]

Untuk persamaan *bandwidth* berdasarkan Gambar 2.3 yaitu[13]:

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (2.2)$$

$$f_c = \frac{f_2 + f_1}{2} \quad (2.3)$$

Dimana :

BW = *Bandwidth* (%)

f_1 = frekuensi rendah (GHz)

f_2 = frekuensi tinggi (GHz)

f_c = frekuensi tengah (GHz)

3. *Gain*

Gain merupakan ukuran dari kemampuan antenna untuk mengarahkan energi radiasi dalam suatu arah tertentu. *Gain* dinyatakan dalam satuan desibel (dB) dan menggambarkan seberapa kuat sinyal yang diterima atau dipancarkan oleh antenna dalam suatu arah tertentu. Semakin tinggi nilai *gain*, semakin efisien antenna dalam mengarahkan energi radiasi. Untuk persamaan *gain* yaitu [6]:

$$Gain = 10 \log_{10} \left(\frac{P_t}{P_i} \right) \quad (2.4)$$

Dimana P_t adalah daya terpancar maksimum (dalam *watt*) dalam arah tertentu, dan P_i adalah daya input yang diterima (dalam *watt*) pada titik pemasukan antenna[6].

4. *Directivity*

Directivity merupakan ukuran dari kemampuan antenna untuk mengarahkan energi radiasi dalam suatu arah tertentu relatif terhadap radiasi yang dipancarkan ke segala arah. *Directivity* dinyatakan dalam satuan dekibel (dB)

dan menggambarkan seberapa efisien antena dalam mengarahkan energi radiasi ke arah yang diinginkan. Untuk persamaan *gain* yaitu [6]:

$$Directivity = 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi}{\Omega} \right) + Gain \quad (2.5)$$

Dimana Ω adalah efisiensi isotropik, yang merupakan efisiensi relatif antena terhadap antena isotropik (antena dengan pola radiasi sempurna ke segala arah)[6].

5. *Return Loss*

Return Loss merupakan ukuran dari refleksi daya kembali dari antena ke sumber daya, biasanya dinyatakan dalam satuan desibel (dB). *Return loss* menggambarkan efisiensi antena dalam mentransfer daya ke udara dan mengurangi daya yang dipantulkan kembali ke sumber daya. Untuk persamaan *return loss* yaitu [6]:

$$Return Loss = 20 \log_{10} |\Gamma| \quad (2.6)$$

Dimana Γ adalah koefisien refleksi antena, yang merupakan perbandingan antara tegangan refleksi dan tegangan terkirim pada titik pemasukan antenna[6].

6. Pola Radiasi

Pola radiasi merupakan pola yang menunjukkan arah dan kekuatan radiasi yang dipancarkan oleh antena dalam berbagai arah. Pola radiasi dapat digunakan untuk menentukan efisiensi dan kualitas antena dalam mentransmisikan atau menerima sinyal elektromagnetik. Pola radian memiliki beberapa jenis, yaitu[14]:

1. Pola Radiasi Isotropik

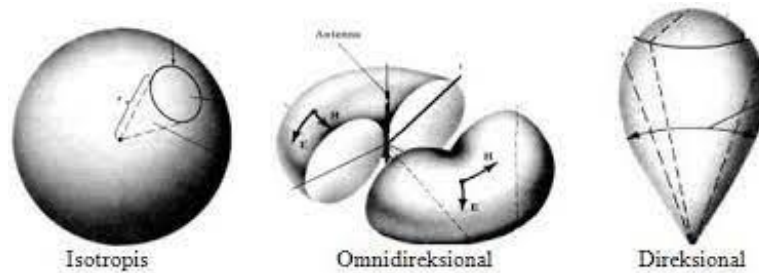
Merupakan pola radiasi teoretis yang ideal dari sebuah antena yang dipancarkan ke seluruh arah dengan kekuatan yang sama. Pola radiasi isotropik berguna sebagai standar perbandingan untuk membandingkan pola radiasi antenna[14].

2. Pola Radiasi *Omnidirectional*

Merupakan pola radiasi dimana antena memancarkan sinyal elektromagnetik ke semua arah pada suatu bidang horizontal atau vertikal. Pola radiasi *omnidirectional* banyak digunakan pada antena penerima TV dan radio[14].

3. Pola Radiasi *Directional*

Merupakan pola radiasi dimana antenna memancarkan sinyal elektromagnetik ke arah tertentu dengan kekuatan yang lebih kuat dari arah lain. Pola radiasi direksional digunakan pada antenna yang digunakan untuk komunikasi pada jarak jauh seperti antenna seluler. Untuk macam-macam bentuk pola radiasi dapat dilihat pada Gambar 2.4 [14].



Gambar 2. 4 Macam-Macam Bentuk Pola Radiasi [14]

Dalam desain pola radiasi suatu antenna, terdapat beberapa istilah yang umum digunakan, yaitu :

1. *Main Lobe Magnitude* : merupakan amplitudo maksimum dari pola radiasi antenna pada arah tertentu, biasanya dihitung pada sumbu utama (*main axis*) antenna. *Main lobe magnitude* menunjukkan daya pancaran yang dipancarkan oleh antenna pada arah tersebut.
2. *Main Lobe Direction* : merupakan arah maksimum dari pola radiasi antenna, yaitu arah dimana *main lobe magnitude* terjadi. *Main lobe direction* biasanya diukur dari sumbu utama antenna.
3. *Angular Width* : merupakan sudut dari *main lobe* antenna pada level setengah daya maksimum (*half-power level*), biasanya dihitung pada sumbu utama antenna. *Angular width* menunjukkan seberapa lebar *main lobe* antenna pada arah tertentu.
4. *Side Lobe Level* : merupakan amplitudo pancaran pada arah yang tidak diinginkan atau arah samping dari *main lobe*. *Side lobe level* umumnya jauh lebih kecil daripada *main lobe magnitude*, namun dapat mempengaruhi performa antenna pada aplikasi tertentu seperti interferensi antar-sistem.

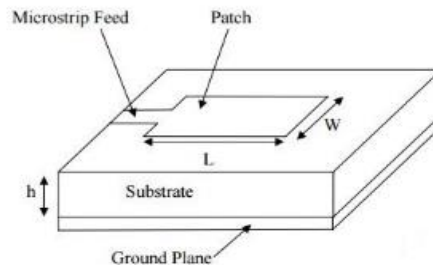
7. Impedansi Masukan

Impedansi masukan merupakan impedansi listrik yang dilihat dari titik pemasukan antenna. Impedansi masukan yang sesuai sangat penting untuk mengoptimalkan transfer daya antara pemancar dan antenna, serta menghindari refleksi sinyal yang dapat mengurangi kinerja antenna[7].

2.2.4 Antena Mikrostrip *Rectangular Patch*

Antena mikrostrip *rectangular patch* adalah jenis antenna yang terbuat dari lembaran konduktor yang membentuk bentuk patch atau daerah yang dipadukan pada permukaan bawah substrat dielektrik. Bentuk *patch* ini umumnya berbentuk segiempat atau persegi panjang, dan biasanya digunakan dalam aplikasi frekuensi mikro atau gelombang mikro[15].

Antena mikrostrip *rectangular patch* bekerja berdasarkan prinsip radiasi gelombang elektromagnetik dari lembaran konduktor yang terletak di atas substrat dielektrik. Panjang, lebar, dan ketebalan *patch*, serta sifat dielektrik substrat, akan mempengaruhi karakteristik radiasi antenna, seperti pola radiasi, impedansi, dan *bandwidth*. Struktur antenna mikrostrip *rectangular patch* yaitu seperti pada Gambar 2.5[15]:



Gambar 2. 5 Struktur Antena Mikrostrip *Rectangular Patch* [15]

Untuk melakukan desain pada antenna mikrostrip *patch rectangular* terdapat beberapa persamaan dasar yang digunakan. Persamaan yang digunakan untuk mencari panjang dan lebar dimensi pada elemen patch yaitu[16]:

$$W = \frac{c}{2 \times f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (2.7)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2}}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W}}} \quad (2.8)$$

$$L = \left[\frac{c}{2 \times f_0 \sqrt{\epsilon_{eff}}} \right] - \left[0,824 h \left(\frac{(\epsilon_{eff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{eff} + 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)} \right) \right] \quad (2.9)$$

Dimana :

W = Lebar *Patch* (mm)

c = Kecepatan Cahaya ($3 \times 10^8 m/s$)

f_0 = Frekuensi Inti (MHz)

ϵ_r = Permittivitas

ϵ_{eff} = Permittivitas Efektif

h = Tinggi *Substrate* (mm)

L = Panjang *Patch* (mm)

Sedangkan untuk ground plane dan substrat memiliki nilai yang sama, sehingga untuk persamaan *ground plane* nya sendiri yaitu [16] :

$$W_g = 6h + W \quad (2.10)$$

$$L_g = 6h + L \quad (2.11)$$

Dimana :

W_g = Lebar *Ground Plane*

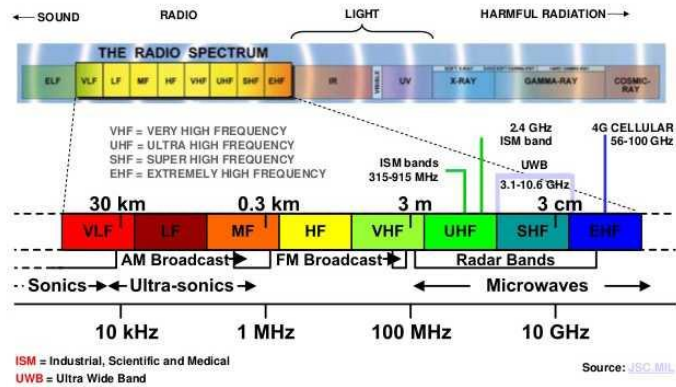
L_g = Panjang *Ground Plane*

2.2.5 Long Range (LoRa)

Long Range (LoRa) merupakan suatu teknologi komunikasi nirkabel yang digunakan dalam aplikasi *Internet of Things* (IoT). Teknologi ini dikembangkan oleh perusahaan Semtech dan digunakan untuk mentransmisikan data dengan jangkauan jarak jauh dan konsumsi daya rendah [17].

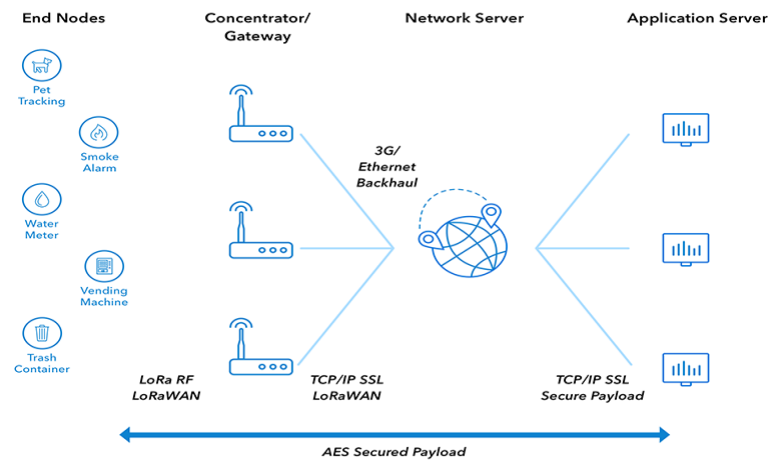
LoRa menggunakan modulasi radio khusus yang memungkinkan transmisi data dalam jarak yang jauh, mencapai beberapa kilometer bahkan hingga puluhan kilometer dalam kondisi optimal, tanpa memerlukan infrastruktur komunikasi yang rumit atau mahal. Teknologi ini cocok untuk aplikasi yang memerlukan komunikasi nirkabel jarak jauh dengan konsumsi daya rendah, seperti sistem pemantauan jarak jauh, sistem pengendalian otomatis, pengukuran jarak jauh, dan banyak lagi [17].

LoRa telah digunakan dalam berbagai aplikasi IoT, seperti pemantauan lingkungan, pemantauan pertanian, manajemen parkir cerdas, pemantauan kualitas udara, sistem keamanan, dan banyak lagi. Dengan kinerja yang handal, jangkauan yang luas, dan konsumsi daya yang rendah, LoRa menjadi pilihan yang populer untuk komunikasi nirkabel dalam aplikasi IoT yang memerlukan jangkauan jarak jauh dan konsumsi daya yang efisien [17].



Gambar 2.6 Spektrum Frekuensi Radio [17]

Dilihat pada Gambar 2.6 rekuensi LoRa terdapat pada frekuensi radio ISM band dan merupakan frekuensi ultra tinggi. Sedangkan untuk arsitektur jaringan pada LoRa dapat dilihat pada Gambar 2.7 yaitu arsitektur jaringan LoRa.



Gambar 2.7 Arsitektur Jaringan LoRa [18]

Dimana :

- End Nodes*: merupakan perangkat sensor nirkabel kecil, umumnya bertenaga baterai, mengirimkan sejumlah kecil data. *End Nodes* juga merupakan letak untuk perangkat LoRa.

- b. *Gateway*: sebagai konverter atau titik akses. Berisi modul radio LoRa (biasanya multi-saluran sehingga dapat menerima banyak pesan secara bersamaan) dan beberapa bentuk koneksi IP. Koneksi IP dapat berupa kabel Ethernet, koneksi wifi, atau koneksi data 3G / 4G. *Gateway* menerima komunikasi LoRa dari perangkat node dan meneruskan pesan ke *server* jaringan melalui koneksi IP.
- c. *Network Server*: gateway mengirim pesan yang diterima ke *server* jaringan. *Server* jaringan menangani de-duplikasi pesan (karena pesan dapat diterima oleh beberapa *gateway*) dan meneruskan pesan ke *server* aplikasi.
- d. *Application Server*: *Application Server* menangani enkripsi pesan, penyimpanan data, dan penggabungan jaringan

2.2.6 Parameter LoRa

Ada beberapa parameter yang umum digunakan dalam teknologi komunikasi LoRa [18]:

1. Frekuensi Operasi

Frekuensi operasi merupakan frekuensi radio pada *band* ISM (*Industrial, Scientific, and Medical*) yang digunakan untuk komunikasi LoRa, seperti 433 MHz, 868 MHz, atau 915 MHz. Pemilihan frekuensi operasi dapat bergantung pada regulasi dan lisensi yang berlaku di suatu wilayah, serta mempertimbangkan ketersediaan spektrum frekuensi yang digunakan di lokasi aplikasi LoRa[18].

2. Daya Pancar (*Transmit Power*)

Daya pancar merupakan daya keluaran dari perangkat LoRa yang menentukan kekuatan sinyal radio yang dipancarkan. Daya pancar yang lebih tinggi dapat meningkatkan jangkauan komunikasi, namun juga dapat mempengaruhi konsumsi daya perangkat[18].

3. Sensitivitas Penerima (*Receiver Sensitivity*)

Sensitivitas penerima merupakan tingkat sensitivitas penerima perangkat LoRa dalam menerima sinyal radio. Sensitivitas penerima yang lebih tinggi dapat meningkatkan kemampuan menerima sinyal yang lemah, sehingga dapat memperluas jangkauan komunikasi[18].

4. *Bandwidth*

Bandwidth merupakan lebar spektrum frekuensi yang digunakan untuk mentransmisikan data dalam komunikasi LoRa. Pilihan *bandwidth* dapat mempengaruhi kecepatan transfer data dan efisiensi spektrum, dengan *bandwidth* yang lebih besar biasanya memiliki kecepatan transfer data yang lebih tinggi namun memerlukan spektrum yang lebih lebar[18].

5. *Spreading Factor*

Spreading Factor merupakan parameter yang mengatur penyebaran sinyal LoRa dalam spektrum frekuensi. *Spreading factor* yang lebih tinggi dapat meningkatkan ketahanan terhadap interferensi, namun juga dapat mengurangi kecepatan transfer data dan meningkatkan konsumsi daya perangkat[18].

6. Kode Koreksi *Error (Error Correction Coding)*

Kode Koreksi *Error* merupakan teknik untuk mengurangi kesalahan dalam transmisi data LoRa. Kode koreksi error yang digunakan dalam LoRa dapat dipilih untuk mengoptimalkan kehandalan komunikasi dalam kondisi kanal yang bising atau terganggu [18].

7. Modulasi

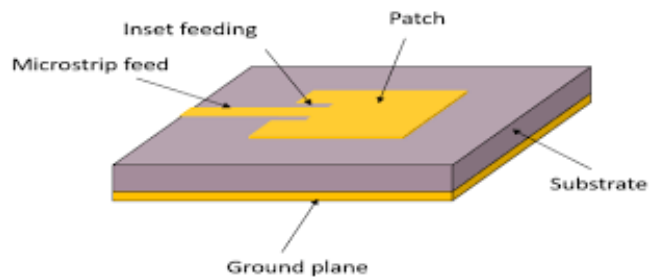
Modulasi merupakan teknik modulasi radio yang digunakan dalam komunikasi LoRa, seperti modulasi LoRa (atau dikenal juga sebagai *Chirp Spread Spectrum*) yang dikembangkan oleh *Semtech*. Modulasi LoRa memungkinkan transmisi data dalam jarak yang jauh dengan konsumsi daya yang rendah[18].

8. *Data Rate*

Data Rate merupakan kecepatan transfer data dalam komunikasi LoRa, yang dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan aplikasi. *Data rate* yang lebih tinggi biasanya memiliki kecepatan transfer data yang lebih tinggi, namun juga dapat mempengaruhi jangkauan komunikasi dan konsumsi daya perangkat [18].

2.2.7 Metode *Inset Feeding*

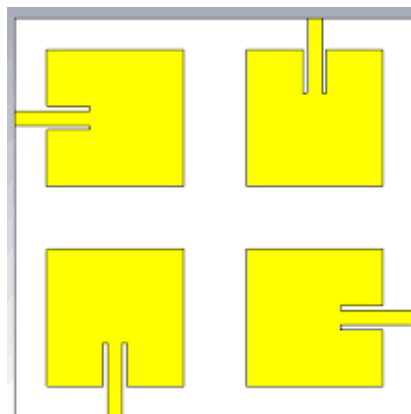
Metode "*inset feed*" atau "*inset feeding*" adalah salah satu teknik yang digunakan dalam desain antena untuk menghubungkan sumber sinyal ke elemen radiating pada antena. Metode ini biasanya diterapkan pada antena yang menggunakan bahan dielektrik, seperti antena mikrostrip atau antena *patch*, yang umum digunakan dalam komunikasi nirkabel, radar, dan aplikasi lainnya. Untuk metode *Inset Feed* dapat dilihat pada Gambar 2.7 [19].



Gambar 2. 7Antena Mikrostrip *Patch* dengan Metode *Inset Feed*[19]

2.2.8 Metode MIMO (*Multiple Input Multiple Output*)

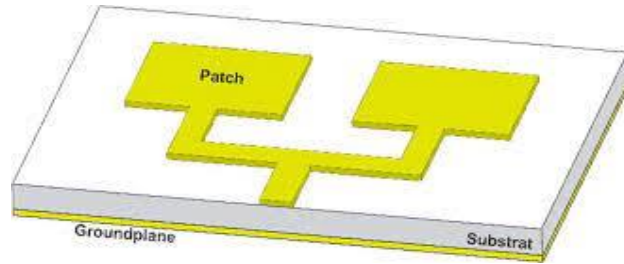
Metode MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) atau dikenal juga sebagai teknologi "*smart antenna*", digunakan dalam desain antena untuk meningkatkan kinerja komunikasi nirkabel. Metode MIMO melibatkan penggunaan beberapa antena pemancar dan penerima yang bekerja bersama-sama untuk mengirim dan menerima sinyal secara paralel, sehingga memungkinkan transmisi data yang lebih efisien dan meningkatkan kapasitas jaringan. Untuk metode MIMO dapat dilihat pada Gambar 2.8 [20].



Gambar 2. 8 Antena Mikrostrip *Patch* dengan Metode MIMO 2x2[20]

2.2.9 Metode *Array*

Metode *array* adalah cara atau langkah-langkah yang digunakan untuk memanipulasi atau mengelola data dalam struktur data *array*. Metode *array* pada antenna mikrostrip mengarah pada penggunaan susunan atau rangkaian dari beberapa elemen antenna mikrostrip untuk mencapai tujuan tertentu dalam pengiriman atau penerimaan sinyal. Keuntungan dari penggunaan antenna berbentuk *array* meliputi kemampuan untuk meningkatkan keuntungan (*gain*) antenna, mengurangi interferensi, meningkatkan kapasitas sistem komunikasi nirkabel, serta mengatur arah dan karakteristik sinyal yang diinginkan. Antenna berbentuk *array* digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti komunikasi satelit, radar, sistem komunikasi seluler, sistem navigasi, dan lain sebagainya. Untuk metode *Array* dapat dilihat pada Gambar [15].



Gambar 2. 9 Antena Mikrotrip *Patch* dengan Metode *Array* 1x2[15]

Untuk mendapatkan nilai parameter pada saluran *T-Junction array* dapat menggunakan persamaan :

$$Z_r = Z_0 \sqrt{N} \quad (2.12)$$

Dimana :

Z_r = Nilai impedansi *T-Junction*

Z_0 = Impedansi Masukan

N = Jumlah titik percabangan yang terhubung pada *T-Junction*

Sedangkan untuk menghitung Panjang dan lebar pada *T-Junction* menggunakan persamaan :

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.13)$$

$$\frac{W_{fr}}{h} = \frac{2 \times h}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2 \times b - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2 \times \epsilon_r} \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \quad (2.14)$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{1}{W_{fr}/h} \right)}} \right] \quad (2.15)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (2.16)$$

Sehingga untuk panjang *T-Junction* diperoleh : $L_{fr} = \frac{\lambda_g}{4}$ (2.18)

2.2.10 Metode *Slit* dan *Slot*

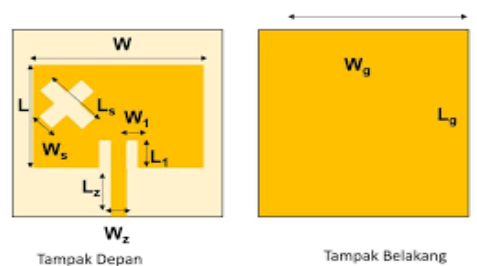
Metode *slit* dan *slot* adalah dua teknik yang digunakan dalam desain antenna untuk menghasilkan pola radiasi yang diinginkan. Untuk metode *slit* dan *slot* memiliki sedikit perbedaan dan dapat dilihat pada Gambar 2.6[21].

1. Metode *Slit*

Metode *slit* yaitu sebuah celah sempit atau "*slit*" ditempatkan pada permukaan konduktor antenna. *Slit* ini dapat ditempatkan pada berbagai bentuk dan ukuran, dan bisa berupa celah lurus, celah melengkung, atau celah yang berpola tertentu. Pola radiasi dari antenna yang menggunakan metode *slit* dipengaruhi oleh ukuran, bentuk, dan orientasi dari celah tersebut. Metode *slit* sering digunakan pada antenna mikrostrip, yang merupakan jenis antenna datar yang digunakan dalam aplikasi komunikasi nirkabel dan radar[21].

2. Metode *Slot*

Metode *slot*, sebuah lubang berbentuk pola tertentu atau "*slot*" ditempatkan pada permukaan konduktor antenna. *Slot* ini bisa berbentuk lurus, melengkung, atau dengan pola tertentu yang diinginkan. Pola radiasi dari antenna yang menggunakan metode *slot* dipengaruhi oleh ukuran, bentuk, dan orientasi dari *slot* tersebut. Metode *slot* sering digunakan pada antenna yang bekerja pada frekuensi tinggi, seperti antenna mikro gelombang dan antenna radio astronomi[21].



Gambar 2. 6 Antena Mikrotrip Patch dengan Metode *Slit* dan *Slot*[21]