

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian [4] ini membahas mengenai desain antenna untuk *ultra wideband* pada frekuensi kerja 1800 MHz untuk digunakan dalam berbagai komunikasi *wireless*. Pemilihan metode *parasitic* bertujuan untuk memperlebar *bandwidth* serta meningkatkan *gain* dari antenna yang dirancang dan penambahan pencatu untuk menghubungkan antara *parasitic* dengan *patch rectangular*. Untuk *parasitic* yang ditambah menambahkan dua elemen *parasitic* hal ini bertujuan agar memaksimalkan lebar *bandwidth* pada frekuensi kerja. Parameter antenna mikrostrip pada penelitian berupa *return loss* < -10 dB dan $VSWR \leq 2$. Hasil dari pengukuran diperoleh *return loss* -12 dB, $VSWR$ 1,679 di frekuensi 1800 MHz, memperoleh frekuensi *triple band* 1815 MHz, 1935 MHz, dan 2060 MHz dengan *bandwidth* masing-masing sebesar 2,4%, 2,8%, dan 4,36%. Hasil pengukuran dari penelitian ini tidak diperoleh *bandwidth* yang lebar untuk *ultra wideband*, namun diperoleh frekuensi *triple band* yang dapat bekerja pada frekuensi teknologi GSM, DCS, CDMA, PCS, dan IMT [4].

Penelitian [5] membahas mengenai desain antenna *wideband* dengan menggunakan elemen *parasitic* untuk teknologi 4G/LTE di frekuensi 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, dan 2300 MHz. Elemen *parasitic* digunakan untuk memperoleh *bandwidth* yang lebar karena untuk teknologi 4G/LTE memerlukan *bandwidth* yang lebar untuk menunjang empat frekuensi kerja. Penempatan elemen *parasitic* diletakan diatas *patch* dengan diberi jarak 0,5 mm dan untuk bagian *ground plane* menggunakan metode *Defected Ground Structure* (DGS) sehingga dapat mengoptimalkan lebar *bandwidth* yang diperoleh secara maksimal. Parameter antenna mikrostrip pada penelitian ini berupa *return loss* < -10 dB. Hasil simulasi penelitian ini memperoleh antenna mikrostrip yang memiliki frekuensi kerja dari 793,66 MHz – 2501,3 MHz memperoleh *bandwidth* 1707,64 MHz dan di frekuensi kerja 779,78 MHz – 2462,4 MHz mempunyai *bandwidth* 1682,62 MHz, pola radiasi

omnidirectional, dan *gain* 2,3 dBi - 4,47 dBi. Hasilnya, antenna tersebut dapat digunakan untuk teknologi 4G/LTE karena sudah sesuai dengan parameter yang diperoleh [5].

Penelitian [6] membahas mengenai rancang bangun antenna *wideband* dengan bentuk *bowtie*/dasi kupu-kupu dengan penambahan metode *incision gap* untuk teknologi DVB-T2. Penggunaan *bowtie* dipilih karena *bowtie* itu sendiri mempunyai karakteristik *bandwidth* yang lebar karena pada teknologi DVB-T2 memerlukan *bandwidth* yang lebar dan untuk metode *incision gap* untuk memaksimalkan *bandwidth* yang diperoleh. Hasil dari pengujian memperoleh nilai *return loss* < -10 dB sepanjang frekuensi 450 MHz -1080 MHz yang mencakup frekuensi kerja DVB-T2 sesuai dengan standar frekuensi acuan. Penerapan metode *incision gap*/celah udara pada antenna *bowtie* menghasilkan *bandwidth* impedansi sebesar 82,35% di rentang frekuensi 450 MHz – 1080 MHz, *gain* 6,10 dBi – 8,42 dBi di rentang frekuensi 470 MHz - 862 MHz, dan *beamwidth* pada bidang horizontal 60.5°, 54°, dan 94° di frekuensi 470 MHz, 666 MHz, dan 862 MHz [6].

Penelitian [7] membahas mengenai desain antenna mikrostrip dengan metode elemen *parasitic* serta penambahan *feedline* tambahan pada saluran pencatu untuk frekuensi kerja 1800 MHz. Metode *parasitic* digunakan bertujuan untuk meningkatkan *bandwidth* dan penambahan *feedline* dengan nilai impedansi 100Ω yang tersambung antara *parasitic* dengan *feedline* saluran pencatu dengan *patch*. Parameter antenna mikrostrip pada penelitian ini berupa *return loss* ≤ -10 dB, VSWR ≤ 2 , dan *bandwidth* 328 MHz. Hasil simulasi diperoleh *return loss* -15,95 dB, VSWR 1,379 yang bekerja pada frekuensi 1800 MHz dan *bandwidth* 328 MHz yang diperoleh dari rentang frekuensi 1735 MHz - 2053 MHz. Penggunaan metode elemen *parasitic* dan penambahan *feedline* yang tersambung antara *parasitic* dengan saluran pencatu berhasil meningkatkan kinerja dan *bandwidth* pada antenna mikrostrip pada penelitian ini [7].

Penelitian [8] membahas mengenai desain antenna yagi-uda 5 elemen pada rentang frekuensi kerja 450 MHz – 550 MHz yang tepatnya frekuensi tengah yaitu 500 MHz yang diaplikasikan pada DVB-T2. Untuk desain dan simulasi dari antenna

yagi-uda menggunakan dua *software* yaitu 4NEC2 dan FEKO. Parameter antenna mikrostrip pada penelitian ini berupa *return loss* < -10 dB, *Gain* > 7 dBi, *VSWR* < 2 . Untuk parameter utama yang diteliti dari penelitian ini yaitu *gain*. *Gain* yang diperoleh dari penelitian ini sebesar 8,79 dBi dan *VSWR* 1,14 di *software* 4NEC2 sedangkan *gain* sebesar 6,7 dBi dan *VSWR* 1,48 di *software* FEKO. Penelitian ini membandingkan hasil dari *gain* dari *software* 4NEC2 dan FEKO, untuk *software* yang cocok menurut penelitian ini yaitu FEKO karena memilih hasil *gain* minimal untuk di uji di laboratorium [8].

Dari penelitian [4] yang memperoleh hasil frekuensi kerja *triple band* diharapkan untuk penelitian yang dilakukan oleh penulis memperoleh frekuensi kerja yang sesuai untuk memudahkan dalam memperlebar *bandwidth* karena penulis menggunakan metode elemen *parasitic*. Penelitian [5] yang memperoleh hasil *bandwidth* yang lebar hal ini menjadi referensi bagi penulis untuk menggunakan bentuk *patch rectangular* dan metode elemen *parasitic* serta untuk penambahan metode DGS jika diperlukan. Penelitian [6] yang memperoleh hasil *bandwidth* yang lebar melebihi frekuensi kerja dan parameter yang sesuai standar awal pada aplikasi DVB-T2, hal ini dijadikan referensi karena terdapat penambahan *incision gap* yang bisa juga nantinya diterapkan pada penelitian yang dilakukan oleh penulis. Penelitian [7] yang memperoleh hasil kinerja antenna dan *bandwidth* yang diharapkan dengan menggunakan metode 2 elemen *parasitic* dan pencatuan *feedline*, hal ini diharapkan oleh penulis menjadi referensi untuk metode elemen *parasitic* dan *feedline* yang digunakan pada penelitian yang dilakukan oleh penulis. Penelitian [8] yang memperoleh hasil *gain* dan *VSWR* untuk antenna yagi-uda pada aplikasi DVB-T2 yang dilakukan penelitian di Tanzania dengan standar frekuensi penyiaran dari negara tersebut. Hal ini menjadi referensi oleh penulis di frekuensi yang sama – sama rendah.

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Televisi Analog dan Digital

Televisi (TV) adalah media *receiver*/penerima video dan *audio* yang banyak digunakan di seluruh dunia. Informasi yang disebarluaskan dengan cepat ke

masyarakat melalui pesawat TV berkat sistem *television broadcasting* [9] Televisi terdapat dua macam yaitu:

1. Televisi analog

Televisi analog merupakan televisi pertama yang menggunakan sinyal analog untuk transmisi video dan *audio*. Televisi analog memerlukan sebuah antena untuk menerima sinyal analog. Televisi analog sangat rentan terhadap gangguan salah satunya lemah terhadap cuaca hujan. Dan jika antena yang dipasang terlalu jauh dengan televisi maka sinyal yang diterima akan berakibat terhadap gambar dan suara menjadi buruk [1].

2. Televisi digital

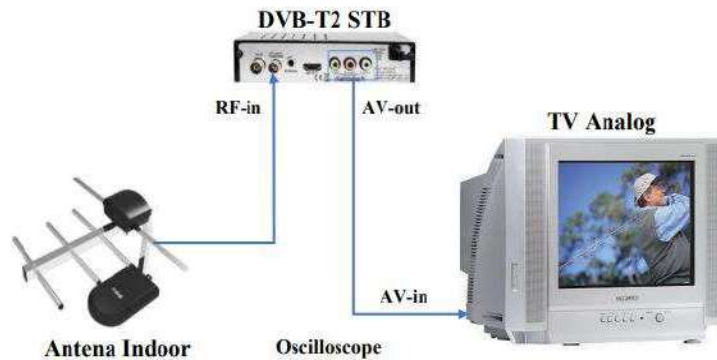
Televisi digital merupakan perangkat televisi yang menerima sinyal digital berupa bit data informasi yang dikonversikan menjadi video, *audio*, dan data. Frekuensi kerja televisi digital juga sama dengan televisi analog yang bekerja di rentang frekuensi VHF/UHF. Televisi digital memiliki banyak kelebihan dibanding dengan televisi analog, salah satu kelebihannya mampu menampilkan gambar dan suara yang lebih baik dibanding dengan televisi analog. Televisi digital juga lebih tahan terhadap gangguan (gambar, suara rusak, berbayang, dan interferensi) [2].

2.2.2 *Digital Video Broadcasting Terrestrial Second Generation (DVB-T2)*

DVB-T2 teknologi *broadcasting* untuk menerima siaran televisi digital. Dekoder terestrial mengimplementasikan sistem *Digital Video Broadcasting Terrestrial* (DVB-T) yang tidak perlu menggunakan antena parabola untuk menerima siaran digital. Dekoder cukup menggunakan antena televisi *Very High Frequency* (VHF) atau *Ultra High Frequency* (UHF). Dekoder ini digunakan sebagai standar televisi digital di Indonesia, karena pemerintah memutuskan untuk menggunakan teknologi DVB-T2 yang telah disepakati [1].

Penerima televisi siaran digital *Digital Video Broadcasting Terrestrial Second Generation* (DVB-T2) merupakan perangkat televisi siaran yang menggunakan modulasi digital untuk menerima sinyal digital yang dikonversi pada perangkat DVB-

T2 ke video, *audio*, serta data digital [10]. Televisi digital/*Smart TV* mampu menerima siaran digital tanpa perlu menambah perangkat seperti DVB-T2, namun untuk televisi analog belum memiliki teknologi DVB-T2 maka dari itu untuk televisi analog diperlukan perangkat *set top box* (DVB-T2) untuk menerima siaran televisi.



Gambar 2.1 Pemasangan DVB-T2 pada televisi analog [11]

Pada gambar 2.1 merupakan gambaran pemasangan DVB-T2 yang terhubung ke televisi dan ke antena indoor. Untuk menghubungkan DVB-T2 ke televisi diperlukan kabel RCA dan penghubung antara antena dengan DVB-T2 menggunakan kabel loop out [11].

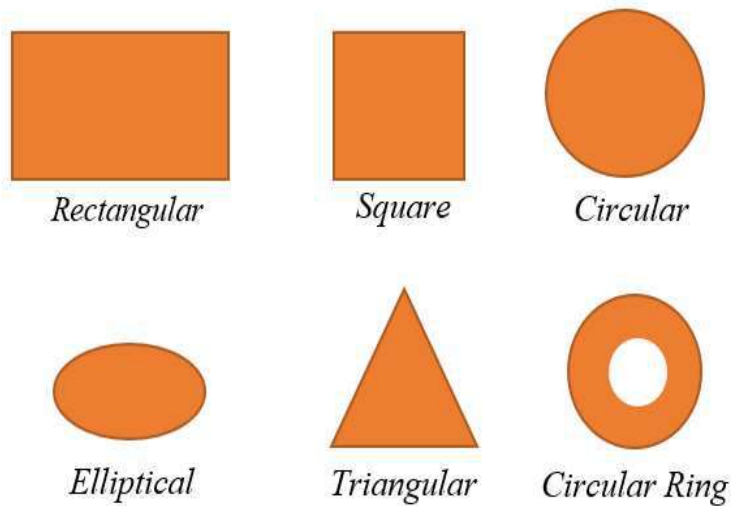
2.2.3 Frekuensi Siaran Televisi Digital

Ketentuan frekuensi televisi siaran digital di Indonesia sudah diatur oleh pemerintah di peraturan menteri komunikasi dan informasi (KOMINFO) Republik Indonesia nomor 6 tahun 2019 tentang rencana induk frekuensi radio untuk keperluan penyelenggaraan televisi siaran digital terrestrial pada pita frekuensi radio *ultra high frequency* (UHF). Pada peraturan tersebut di bab 2 pasal 4 ayat 1 dan 2 mengatur mengenai penggunaan:

1. Pita frekuensi radio UHF untuk keperluan penyelenggaraan televisi siaran digital terrestrial sebagaimana dimaksud pasal 3 huruf a yaitu pada rentang frekuensi radio 478 MHz - 694 MHz.
2. Pita frekuensi radio UHF sebagaimana dimaksud pada ayat 1 dibagi menjadi beberapa kanal frekuensi radio dengan *bandwidth* 8 MHz [3].

2.2.4 Antena Mikrostrip

Komunikasi *wireless* atau nirkabel tidak lepas dari antena, hal ini karena antena merupakan elemen utama dalam sistem komunikasi *wireless*. Jenis antena yang sering digunakan pada komunikasi nirkabel yaitu antena mikrostrip. Antena mikrostrip salah satu jenis antena yang sering digunakan karena memiliki ukuran kecil, ringan, bentuk sederhana, dan mudah difabrikasi jika dibandingkan dengan jenis antena yang lainnya [4]. Bentuk *patch* pada antena mikrostrip memiliki beberapa bentuk diantaranya:



Gambar 2.2 Bentuk *patch* antena mikrostrip [12]

Pada gambar 2.2 merupakan bentuk-bentuk *patch* secara umum pada antena mikrostrip. Antena mikrostrip saat ini sangat populer digunakan di komunikasi *wireless* karena memiliki banyak keunggulan karakteristik. Berikut ini beberapa keuntungan menggunakan antena mikrostrip:

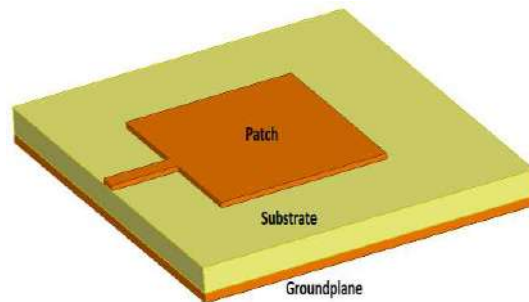
1. Biaya fabrikasi yang murah karena susunan antena yang sederhana.
2. Proses fabrikasi yang mudah dibanding dengan antena jenis lainnya.
3. Walaupun bentuknya yang tipis tetapi memiliki struktur yang kuat.
4. Dapat menghasilkan berbagai macam polarisasi.
5. Mudah untuk diaplikasikan untuk berbagai macam teknologi.
6. Ukuran yang kecil serta bobot antena yang ringan.

Ada kelebihan pasti juga ada kekurangan, hal ini pun terdapat pada antenna mikrostrip yang memiliki beberapa kekurangan. Berikut ini beberapa kekurangan menggunakan antenna mikrostrip:

1. Memiliki karakteristik lebar pita (*bandwidth*) yang sempit.
2. Saluran pencatu memiliki banyak rugi-rugi.
3. Penguatan (*gain*) yang rendah.
4. Daya (*power*) yang rendah.
5. Efisiensi yang rendah.
6. Terdapat gelombang permukaan (*surface wave*) [12].

2.2.5 Susunan Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip tersusun dari tiga lapisan yaitu:



Gambar 2.3 Susunan antena mikrostrip [13]

Pada gambar 2.3 merupakan susunan antena mikrostrip yang memiliki 3 lapisan. Tiga lapisan tersebut memiliki bahan dan fungsinya masing-masing. Berikut ini merupakan penjelasan susunan antena mikrostrip:

1. *Patch*

Pada umumnya terbuat dari logam seperti tembaga yang tipis dengan ketebalan menyesuaikan dengan logam yang digunakan. *Patch* memiliki fungsi meradiasikan gelombang elektromagnetik untuk pengiriman dan penerima sinyal pada sistem komunikasi nirkabel.

2. *Substrate*

Merupakan bahan dielektrik sebagai pembatas antara *patch* dengan *ground plane*, lapisan ini memiliki nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) serta

memiliki ketebalan (h) yang sangat tipis. Bahan dielektrik ini berpengaruh terhadap frekuensi yang digunakan, nilai *bandwidth*, dan efisiensi dari antenna yang dirancang. Untuk substrat yang sering yang umum digunakan pada antenna mikrostrip yaitu jenis FR-4 *epoxy* dengan ketebalan 1,5 mm - 1,6 mm.

3. *Ground plane*

Lapisan terakhir yang berfungsi sebagai *reflector* pemantul sinyal yang tidak diharapkan. *Ground plane* menggunakan bahan logam seperti tembaga yang sangat tipis dengan ketebalan tertentu [13].

2.2.6 Mikrostrip *Rectangular*

Pada sebuah perancangan antenna mikrostrip terdapat bagian *patch* sebagai peradiasi yang dibuat di bagian depan *substrate*. Bentuk umum *patch* antenna mikrostrip yang sering digunakan secara umum yaitu persegi panjang (*rectangular*), lingkaran (*circular*), dan segitiga (*triangular*). Pada gambar 2.3 terdapat susunan lapisan antenna mikrostrip. Pada *patch rectangular* memiliki dimensi ukuran panjang (L) dan lebar (W) serta ketebalan konduktor *patch* (t). Bagian belakang *substrate* sebagai *ground plane* [14]. Untuk memperoleh dimensi *patch* sesuai dengan frekuensi yang dibutuhkan maka diperlukan perhitungan menggunakan persamaan sebagai berikut:

Lebar *patch rectangular*:

$$W = \frac{c}{2fc \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (2.1)$$

Panjang *patch rectangular*:

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{w}\right)^{-\frac{1}{2}} \quad (2.2)$$

$$\Delta L = 0,412h \left(\frac{\epsilon_{reff} + 0,3}{\epsilon_{reff} - 0,258}\right) \left(\frac{\frac{w}{h} + 0,264}{\frac{w}{h} + 0,8}\right) \quad (2.3)$$

$$L_{reff} = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (2.4)$$

$$L = L_{reff} - 2\Delta L \quad (2.5)$$

Lebar *ground plane*:

$$W_g = W_s = 2 \times W \quad (2.6)$$

Jadi untuk lebar *ground plane* (W_g) sama dengan lebar *substrate* (W_s) karena pada perhitungan awal lebar *substrate* mengikuti hasil dari perhitungan lebar *ground plane*.

Panjang *ground plane*:

$$L_g = L_s = 2 \times L \quad (2.7)$$

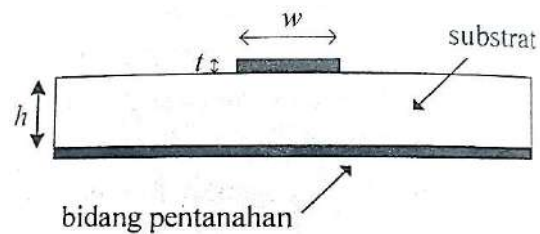
Jadi untuk panjang *ground plane* (L_g) sama dengan panjang *substrate* (L_s) karena pada perhitungan awal panjang *substrate* mengikuti hasil dari perhitungan panjang *ground plane* dan ditambahkan dengan panjang *feedline*.

- Keterangan, W = lebar *patch* (mm)
 C = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)
 fc = frekuensi tengah (MHz)
 ϵ_r = konstanta dielektrik
 ϵ_{reff} = konstanta dielektrik efektif
 h = tebal *substrate* (mm)
 ΔL = efek medan tepi pada elemen peradiasi
 L_{reff} = panjang elemen peradiasi efektif
 L = panjang *patch* (mm)
 W_g = lebar *ground plane* (mm)
 W_s = lebar *substrate* (mm)
 L_g = panjang *ground plane* (mm)

L_s = panjang *substrate* (mm)

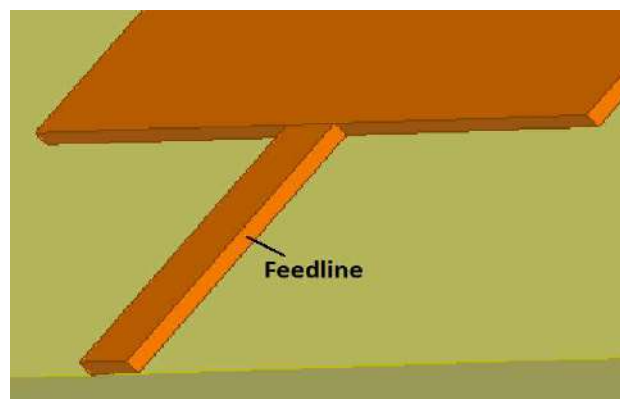
2.2.7 Teknik Pencatu Mikrostrip *Feedline*

Pada perancangan antenna mikrostrip diperlukan teknik pencatuan untuk dapat transmisi antara sinyal pengirim dan sinyal terima sehingga energi gelombang radio memperoleh arah polarisasi yang sesuai aplikasi yang dibutuhkan. Terdapat macam-macam jenis teknik pencatuan di antenna mikrostrip seperti teknik mikrostrip *feedline*, *coaxial probe*, *proximity coupling*, dan *aperture coupling* [14].



Gambar 2.4 Geometri saluran mikrostrip [14]

Pada gambar 2.4 merupakan teknik pencatu mikrostrip *feedline* memiliki beberapa keunggulan seperti mudah saat proses fabrikasi sebab pada prosesnya antara *patch* dengan *feedline* dicetak di bagian yang sama. Teknik pencatuan ini merupakan teknik pencatuan sederhana jika dibandingkan dengan teknik pencatuan yang lainnya. Teknik ini akan menghubungkan *patch* dengan *feed* yang terhubung langsung ke *port* [15]. Pada bagian *patch* harus diperhatikan dalam pencatuan terutama pada impedansi tepi *patch* yang harus sesuai impedansi saluran agar transmisi maksimal.



Gambar 2.5 Teknik pencatu mikrostrip *feedline* [16]

Pada gambar 2.5 untuk memperoleh karakteristik nilai impedansi pada saluran pencatu yang sesuai dengan kebutuhan diperlukan perhitungan ukuran dimensi saluran pencatu. Berikut ini perhitungan lebar dan panjang saluran pencatu menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.8)$$

$$Wf = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2.9)$$

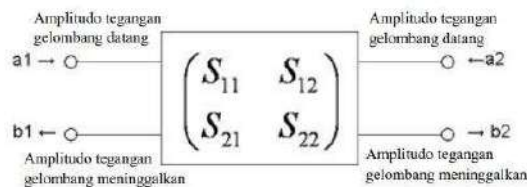
$$\lambda g = \frac{C}{f\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.10)$$

$$Lf = \frac{\lambda g}{4} \quad (2.11)$$

- Keterangan, π = nilai *phi* (3,14)
 Z_0 = nilai impedansi (Ω)
 Wf = lebar saluran pencatu (mm)
 λg = panjang gelombang bahan dielektrik
 Lf = panjang saluran pencatu (mm)

2.2.8 Parameter Antena Mikrostrip

Untuk mengamati kinerja antena mikrostrip dapat dianalisa dari parameter dari antena tersebut. Parameter antena dinyatakan dengan (*Scattering Parameter*) S-parameter. S-parameter digunakan untuk melihat bagaimana suatu energi merambat melewati jaringan listrik. Pada parameter ini dipergunakan sebagai penghubung antar *port* yang berbeda [17]. Berikut ini merupakan gambaran dari dua *port* S-parameter:



Gambar 2.6 Two port S-parameter [17]

Pada gambar 2.6 menggambarkan amplitudo tegangan dari gelombang yang datang dan meninggalkan *port* 1 dan *port* 2. Untuk a disini merupakan amplitudo tegangan dari gelombang datang sedangkan untuk b adalah amplitudo tegangan gelombang yang meninggalkan *port*. Kode 1 merupakan *port* pertama dan kode 2 merupakan *port* kedua [18]. Berikut ini merupakan persamaan yang menyatakan hubungan a , b , dan matrik S :

$$b = S \cdot a \quad (2.12)$$

$$b_1 = S_{11} \cdot a_1 + S_{12} \cdot a_2 \quad (2.13)$$

$$b_2 = S_{21} \cdot a_1 + S_{22} \cdot a_2 \quad (2.14)$$

Pada S-parameter terdapat penamaan S (*Scattering matriks*) dari S_{11} , S_{12} , S_{21} , dan S_{22} . S_{11} merupakan koefisien refleksi maju yang meliputi *input return loss*, *input match*, dan VSWR. S_{12} merupakan koefisien transmisi terbalik yaitu *reverse isolation*. S_{21} merupakan koefisien transmisi maju yang meliputi *gain* dan *loss*. S_{22} merupakan koefisien refleksi terbalik yang meliputi *output return loss*, *output match*, dan VSWR [18].

Pada pengujian sebuah antena terdapat parameter yang digunakan sebagai dasar dari pengujian antena. Berikut ini merupakan beberapa parameter yang biasanya digunakan untuk menganalisis suatu antena:

1. *Return loss*

Merupakan perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo yang dikirimkan. *Return loss* sebagai peningkatan amplitudo dari gelombang yang direfleksikan yang dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan. *Return loss* bekerja karena adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi beban masukan pada antena. Besar kecilnya *return loss* dipengaruhi oleh frekuensi variasinya. Berikut ini merupakan persamaan nilai *return loss*:

$$Return\ loss = 20 \log_{10}|\Gamma| \quad (2.15)$$

Keterangan, Γ = Koefisien refleksi

Untuk nilai *return loss* yang digunakan pada antenna mikrostrip biasanya nilainya dibawah -10 dB untuk menentukan lebar *bandwidth*, sehingga diperoleh nilai gelombang yang direfleksikan tidak besar jika dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan. Nilai *return loss* sebagai patokan untuk mengetahui antenna sudah bekerja di frekuensi yang diinginkan atau sebaliknya.

2. *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR)

Merupakan perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum (V_{max}) dengan minimal (V_{min}). Saluran transmisinya terdapat dua komponen gelombang tegangan yaitu tegangan dikirimkan dan tegangan difleksikan. Berikut ini merupakan persamaan untuk nilai VSWR:

$$S = \frac{|V|_{max}}{|V|_{min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2.16)$$

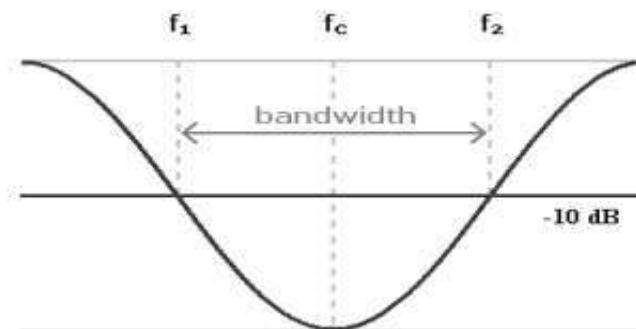
Keterangan, $|V|_{max}$ = Amplitudo gelombang berdiri maksimum

$|V|_{min}$ = Amplitudo gelombang berdiri minimal

Γ = Koefisien refleksi tegangan

3. *Bandwidth*

Merupakan rentang frekuensi pada kinerja antenna yang berhubungan dengan karakteristik meliputi impedansi masukan, polarisasi, *gain*, efisiensi, VSWR, *return loss*, pola radiasi, dan *beamwidth* yang memenuhi standar [14]. Berikut ini merupakan pita lebar atau *bandwidth* pada acuan simulasi dan pengukuran:



Gambar 2.7 Rentang frekuensi yang menjadi *bandwidth* [19]

Pada gambar 2.7 merupakan lebar pita atau *bandwidth* yang merupakan rentang antara frekuensi rendah dengan frekuensi tinggi [19]. Persamaan yang digunakan dalam persen sebagai berikut:

$$Bandwidth = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (2.17)$$

Persamaan yang digunakan dalam mencari nilai lebar *bandwidth* sebagai berikut:

$$Bandwidth = f_2 - f_1 \quad (2.18)$$

Keterangan, f_2 = frekuensi akhir
 f_1 = frekuensi awal
 f_c = frekuensi tengah

4. *Gain*

Merupakan penguatan relatif suatu antenna terhadap antenna referensi. *Gain* ialah perbandingan intensitas radiasi antenna pada arah utama dengan intensitas radiasi arah *isotropic* dengan memakai sumber daya masukan sama. *Gain* digunakan untuk mengukur efisiensi antenna. *Gain* (penguatan) memiliki satuan dBi. Persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$G = D \times n \quad (2.19)$$

Keterangan, D = *directivity*
 n = efisiensi antenna

Saat antenna digunakan di suatu sistem maka efisiensi antenna untuk memindahkan daya yang ada pada terminal masukan menjadi daya radiasi. Menyatakan yang diketahui dari *power gain* didefinisikan 4π kali ratio intensitas suatu arah dengan daya diterima antenna. Maka persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$G = 4\pi \frac{\text{Radiation intensity}}{\text{Total input power}} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (2.20)$$

Keterangan, P_{in} = daya yang diterima antenna

$U(\theta, \phi)$ = intensitas radiasi

Selain *absolute gain* juga terdapat *relative gain* yang didefinisikan sebagai perbandingan perolehan daya arah dengan perolehan daya antenna referensi arah yang direferensikan. Syaratnya daya masuk harus sama diantara kedua antenna. Antenna referensi adalah sumber *isotropic* yang *lossless* [14]. Maka dari itu digunakan persamaan sebagai berikut:

$$G = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{in}(lossless)} \quad (2.21)$$

Pada pengukuran parameter *gain* memerlukan jarak minimal antara antenna pengirim (Tx) dengan antenna penerima (Rx). Maka dari itu digunakan persamaan sebagai berikut [20]:

$$r_{min} = \frac{2D^2}{\lambda} \quad (2.22)$$

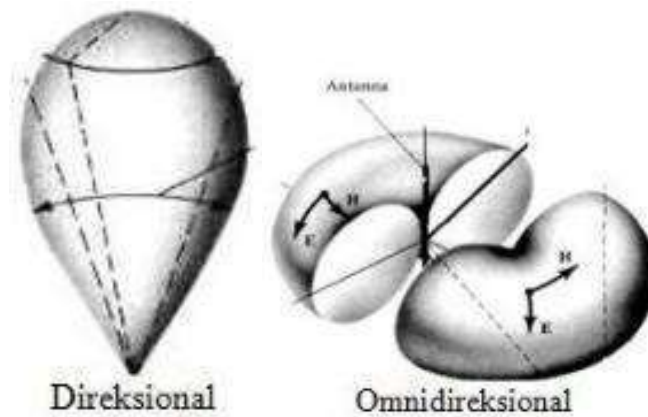
Keterangan, r_{min} = jarak minimal antenna pengirim dengan penerima (m)

D = dimensi terbesar dari antenna (m)

λ = panjang gelombang (m)

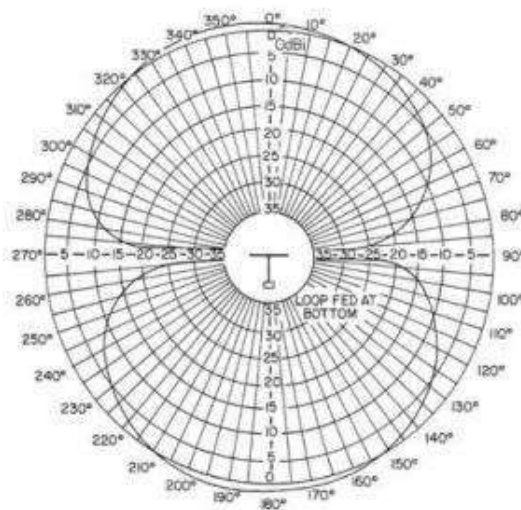
5. Pola radiasi

Pancaran antenna atau pola radiasi merupakan gambaran garis yang memiliki sifat pancaran antenna yang menandakan fungsi dari koordinat ruang. Antenna memiliki tiga macam pola radiasi yaitu pola radiasi *directional*, *omnidirectional*, dan *bidirectional*. Berikut merupakan gambaran pola radiasi *directional* dan *omnidirectional*:



Gambar 2.8 Jenis pola radiasi *directional* dan *omnidirectional* [21]

Pada gambar 2.8 merupakan pola radiasi *directional* merupakan pola radiasi hanya satu arah atau pancaran dan penerima sinyal radiasi diarahkan di suatu titik saja, memiliki ciri dengan bentuk pola radiasi yang terarah. Pola radiasi *omnidirectional* merupakan pola radiasi yang dipancarkan dari antena ke segala arah dengan pancaran daya keseluruhannya dibidang yang sama besar, namun pola radiasi *omnidirectional* memiliki kelemahan yaitu pancarannya pendek yang menyebabkan daerah yang dicakup kecil [21].



Gambar 2.9 Jenis pola radiasi *bidirectional* [22]

Pada gambar 2.9 merupakan pola radiasi *bidirectional* merupakan pola radiasi dengan arah memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik yang berbentuk ke dua arah yang berbeda atau berlawanan. Pola radiasi

bidirectional biasanya kuat pemancaran sama atau di atas lebih besar dari yang di bawah dan sebaliknya [22].

6. Impedansi Masukan

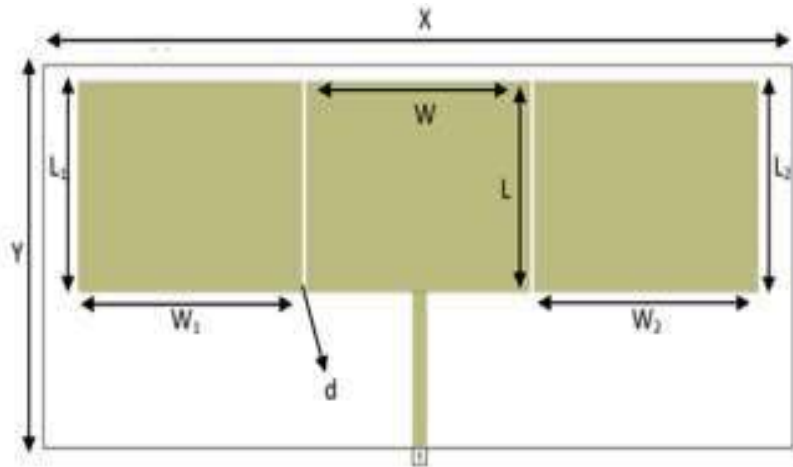
Impedansi masukan merupakan sebuah perbandingan dari tegangan dan arus. Pada impedansi masukan sebuah antena dapat dilihat sebagai impedansi antena itu sendiri dari terminalnya. Persamaan nilai impedansi masukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Z_{in} = (R_{in} + jX_{in})\Omega \quad (2.23)$$

Keterangan, Z_{in} = impedansi masukan
 R_{in} = daya *real*
 X_{in} = komponen imajiner

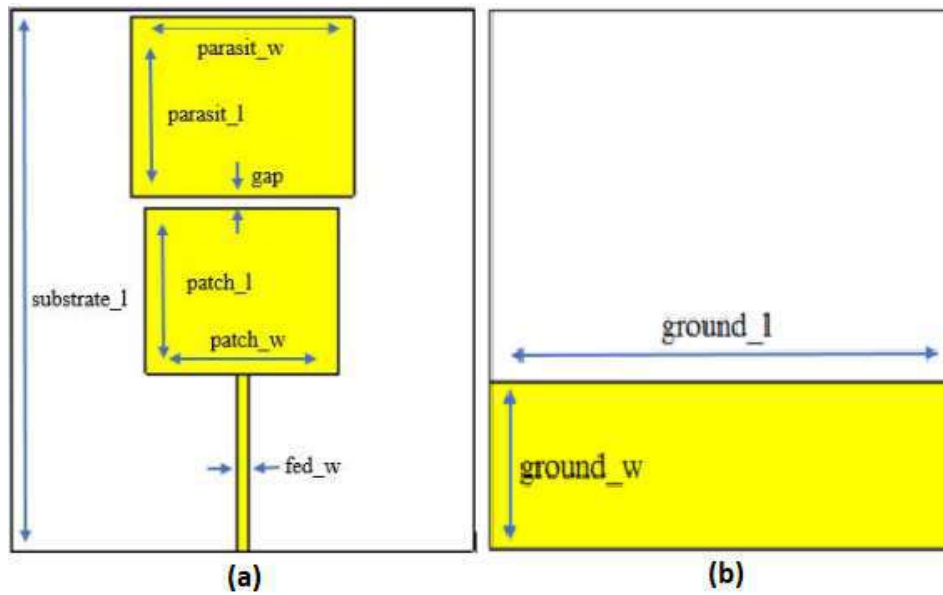
2.2.9 Elemen *Parasitic*

Elemen *parasitic* sudah banyak digunakan pada antena mikrostrip untuk pengaplikasian pada berbagai macam kebutuhan *wireless*. Elemen *parasitic* ditambahkan bertujuan untuk memperlebar *bandwidth*, meningkatkan *gain*, pembuatan antena *dual band*, dan untuk menyesuaikan parameter seperti VSWR agar memperoleh hasil yang sesuai [23]. Penggunaan elemen *parasitic* memiliki koefisien kopling yang diperoleh dari jarak *patch* dengan elemen *parasitic* itu sendiri. Metode elemen *parasitic* berupa *patch patch* sekunder yang diposisikan berdekatan dengan *patch* utama. Elemen *parasitic* tidak dicatu secara langsung melainkan hanya disejajarkan dengan *patch* utama. *Patch* sekunder akan menerima arus-arus yang berasal dari *patch* utama [24]. Untuk ukuran elemen *parasitic* desain awal itu disesuaikan sendiri, *patch* dan *substrate* juga disesuaikan. Pada umumnya elemen *parasitic* pada desain awal ukurannya sama dengan lebar dan panjang *patch*, untuk selanjutnya desain elemen *parasitic* di optimasi agar hasilnya sesuai yang dibutuhkan [23].



Gambar 2. 10 Rancangan antenna mikrostrip *rectangular* metode 2 elemen *parasitic* [7]

Pada gambar 2.10 merupakan contoh rancangan penerapan 2 elemen *parasitic* yang digunakan pada sebelah kanan dan kiri *patch*. Untuk ukuran elemen *parasitic* pada gambar 2.10 menggunakan ukuran yang sama dengan ukuran *patch* utama [7].



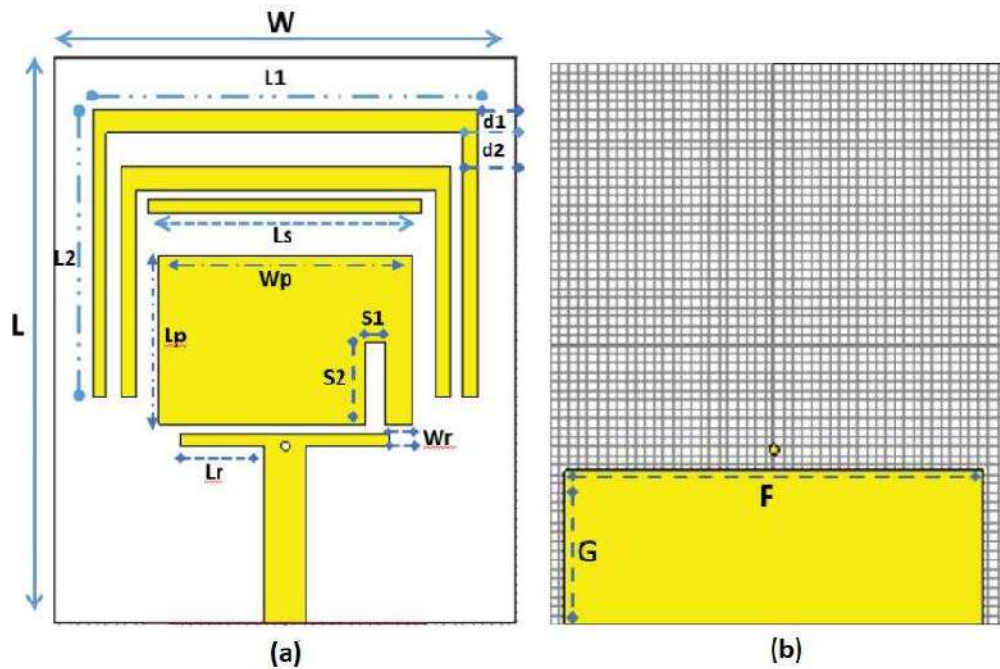
Gambar 2.11 Rancangan antenna mikrostrip *rectangular* 1 elemen *parasitic* (a) bagian depan (b) bagian belakang metode DGS [5]

Pada gambar 2.11 merupakan contoh rancangan penerapan 1 elemen *parasitic*. Untuk bagian depan (a) posisi elemen *parasitic* berada pada bagian atas *patch* utama.

Sedangkan bagaia belakang (b) lapisan *groundplane* menggunakan metode *defected ground structure* (DGS).

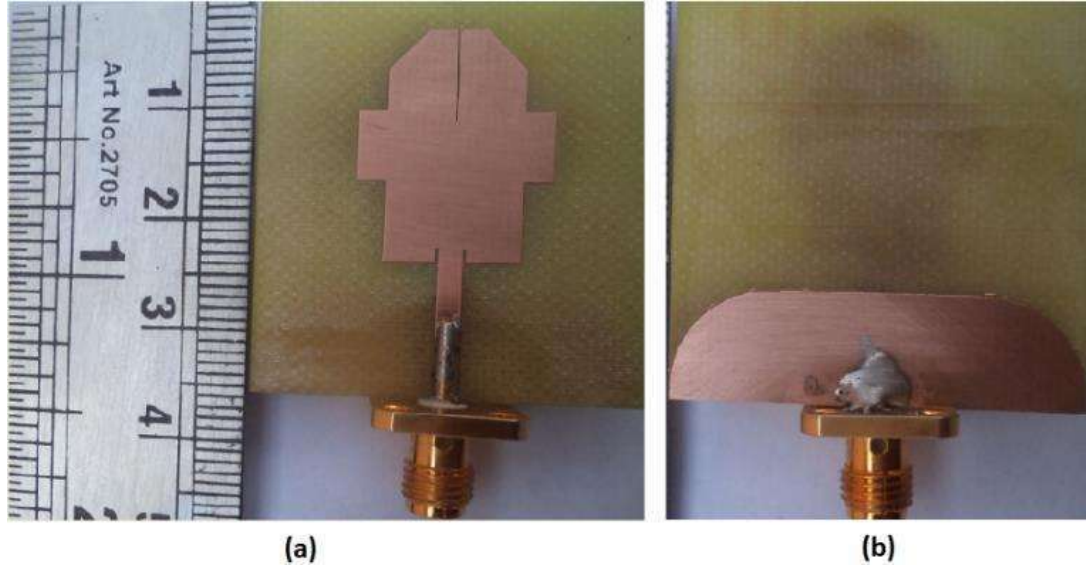
2.2.10 Defected Ground Structure (DGS)

Teknik *Defected Ground Structure* (DGS) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memperbaiki parameter antenna mikrostrip. Teknik DGS adalah teknik memberikan bentuk pada bagian *groundplane* [22]. DGS bekerja dengan cara menekan gelombang permukaan dengan menghilangkan sebagian bidang peradiasi (*ground*). Teknik DGS hanya membuat slot atau memotong bidang peradiasi (*groundplane*) antenna mikrostrip, hal ini akan menjadikan pengurangan gelombang permukaan menjadikan antenna lebih efisien. Implementasi DGS di *patch* mikrostrip menjadikan kenaikan *bandwidth* antenna mikrostrip. DGS juga dapat meningkatkan nilai parameter lain seperti *return loss*, VSWR, dan *gain* [25].



Gambar 2.12 Rancangan antenna mikrostrip dengan metode DGS; (a) bagian depan metode elemen *parasitic* (b) bagian belakang metode DGS [26]

Pada gambar 2.12 merupakan contoh rancangan penerapan metode DGS dan elemen *parasitic*. Untuk bagian depan (a) menggunakan metode elemen *parasitic* sedangkan untuk bagian belakang (b) menggunakan metode DGS [26].



Gambar 2.13 Contoh antenna mikrostrip dengan metode DGS yang di fabrikasi; (a) bagian depan metode *slit* (b) bagian belakang metode DGS [27]

Pada gambar 2.13 merupakan contoh rancangan penerapan metode DGS dan *slit*. Untuk bagian depan (a) menggunakan metode slit sedangkan bagian belakang (b) menggunakan metode DGS [27].