

BAB 2 LANDASAN TEORI

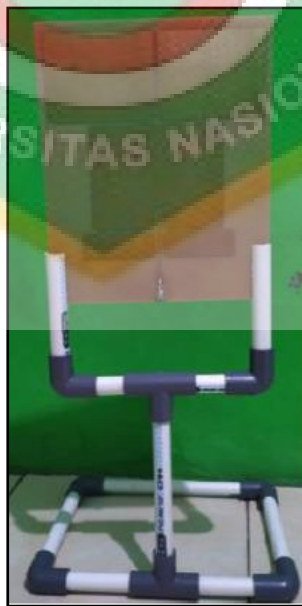
Pada bab ini diuraikan mengenai konsep dasar yang berkaitan dan menunjang pembahasan judul tugas akhir. Adapun teori-teori dasar pada bab ini adalah sebagai berikut.

2.1 Studi Literatur

Beberapa penelitian telah dilakukan sebelumnya mengenai rancang bangun antenna *directional flat* panel UHF untuk *Digital Video Broadcasting* di Indonesia. Studi literatur perlu dilakukan untuk pengembangan dalam penelitian yang akan dilakukan dengan mengidentifikasi metode yang pernah dilakukan.

2.1.1 Rancang Bangun Antena Yagi Sebagai Penerima TV Digital Broadcasting Terrestrial Second Generation

Penelitian ini menggunakan PCB jenis FR4 epoxy double layer dengan ketebalan 1,6 mm dan nilai konstanta elektrika sebesar 4,4 dengan rentang frekuensi 478 MHz – 806 MHz. Hasil simulasi yang didapatkan dalam penelitian ini menggunakan *software CST Studio Suite Simulation* yaitu nilai *gain* yaitu 0,7788 dB sedangkan nilai *gain* pengukuran realisasi antenna yaitu nilai *gain* yaitu 4,76 dB. Untuk nilai *return loss* pada simulasi yaitu -28,33 dB.



Gambar 2.1 Antena Yagi Sebagai Penerima TV Digital (Slamet Purwo Santosa, 2020).

2.1.2 Design of Microstrip TV Antenna for In-Campus Digital Broadcast System at 479 MHz

Penelitian ini menggunakan PCB jenis FR4 *epoxy double layer* dengan ketebalan 1,6 mm dan nilai konstanta elektrika sebesar 4,4 dengan frekuensi 478-700 MHz. Hasil pengujian yang didapatkan dalam penelitian ini menggunakan yaitu nilai *return loss* sebesar -18,704, nilai VSWR sebesar 1,2602, nilai *bandwidth* sebesar 222 MHz, dan nilai *gain* sebesar 3,2945 dB.



Gambar 2.2 Antena Mikrostrip TV Digital (Jennifer C., Dela Cruz, Alejandro H, Ballado Jr, 2016).

Dari Referensi di atas dapat dihasilkan nilai parameter seperti pada Tabel 2.1. Berikut Tabel 2.1 menunjukkan hasil data studi literatur sebagai referensi dalam perancangan antenna.

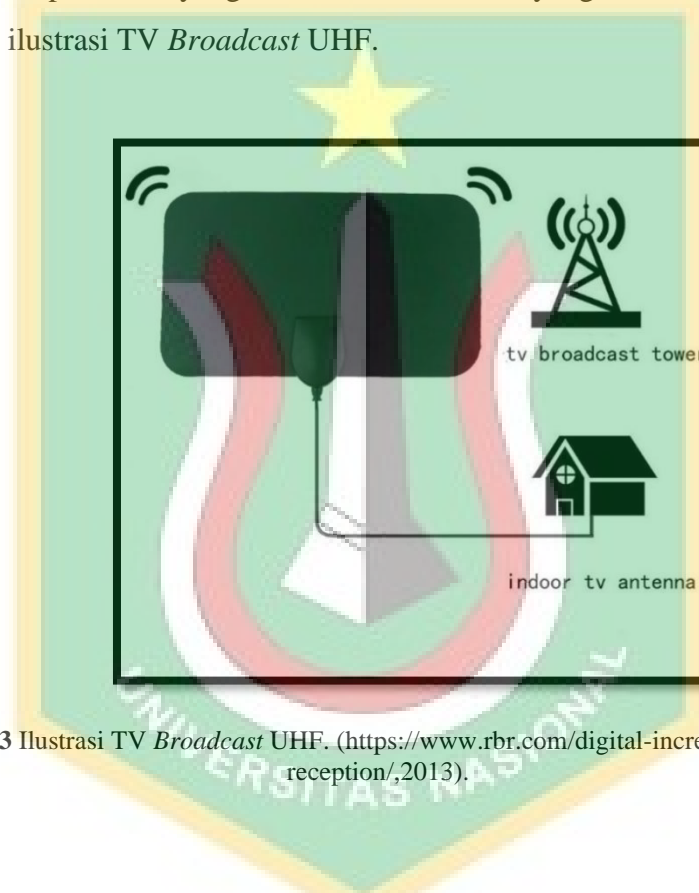
Tabel 2.1 Parameter Data Studi Literatur Untuk Referensi Pembuatan Antena.

Parameter	Referensi Pertama	Referensi Kedua
<i>Return Loss</i>	-32,176 dB	-18,704 dB
VSWR	1,058	1,2602
<i>Gain</i>	4,76 dB	3,2945 dB
<i>Bandwidth</i>	328 MHz	222 MHz
<i>Range Frekuensi</i>	478-806 MHz	478-700 MHz

2.2 TV Broadcast UHF

TV broadcast UHF yaitu penggunaan radio *Ultra High Frequency* (UHF) untuk transmisi sinyal televisi melalui udara. Frekuensi UHF digunakan untuk siaran televisi analog dan digital. Saluran UHF biasanya diberi nomor saluran yang lebih tinggi sebagai contoh saluran VHF (awalnya) 1 hingga 13, dan saluran UHF (awalnya) bernomor 14 hingga 83.

Dibandingkan dengan pemancar televisi VHF yang setara, untuk mencakup area geografis yang sama dengan Pemancar UHF membutuhkan daya pancar efektif yang lebih tinggi, menyiratkan pemancar yang lebih kuat atau antena yang lebih kompleks. Gambar 2.3 memperlihatkan ilustrasi TV Broadcast UHF.



Gambar 2.3 Ilustrasi TV Broadcast UHF. (<https://www.rbr.com/digital-increases-viability-of-ota-tv-reception/>,2013).

2.3 DVB-T2

DVB-T2 (*Digital Video Broadcasting–Second Generation Terrestrial*) merupakan alat dan perangkat pemancar televisi siaran terrestrial yang menggunakan modulasi digital untuk memancarkan sinyal data, audio dan video digital yang menggunakan standard DVB-T2.

Sebelum ditemukannya DVB-T2 standard yang digunakan yaitu DVB-T (*Digital Video Broadcasting Terrestrial*) untuk pemancar analog. Pada awalnya pemancar TV analog satu kanal frekuensi hanya bisa dipakai untuk satu siaran tv pemancar namun dengan adanya teknologi DVB-T2 satu kanal frekuensi bisa dipakai satu atau lebih TV siaran Bersama, dan dapat mencakup Teknik baru yang sebelumnya tidak ada dalam standar DVB.

Alasan utama lain digunakannya DVB-T2 dibandingkan DVB-T yaitu kapasitas transmisi DVB-T2 yang lebih tinggi daripada DVB-T serta juga memungkinkan untuk membangun jaringan frekuensi tunggal yang sangat besar (*Single Frequency Network*) karena *Guard interval* (GI)-nya lebih Panjang dibandingkan DVB-T. Pada dasarnya DVB-T2 dapat memberikan 12 *channel* dalam 1 slot frekuensi UHF.

2.4 Parameter Antena

Untuk menampilkan kinerja suatu antena, terlebih dahulu sangat penting untuk mengerti parameter - parameter yang ada pada antena. Beberapa parameter tersebut saling berhubungan satu dengan yang lain dan tidak semua perlu ditentukan untuk gambaran keseluruhan dari kinerja antena. Beberapa jenis parameter antena menurut *IEEE Standard Definition of Terms for Antennas*, antara lain keterarahan (*directivity*), pola radiasi, lebar beam (*beamwidth*), intensitas radiasi, penguatan (*gain*), lebar pita (*bandwidth*), polarisasi, dan impedansi input. Selain itu ada beberapa parameter lain yang dapat menentukan keberhasilan suatu kinerja pada antena antara lain *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), dan koefisien refleksi (S11).

2.4.1 Pola Radiasi

Pola radiasi antena merupakan sifat - sifat dari radiasi antena sebagaimana fungsi koordinat ruang yang telah ditentukan oleh medan jauh dan menampilkan koordinat arah. Pola radiasi pada antena memiliki beberapa parameter antara lain:

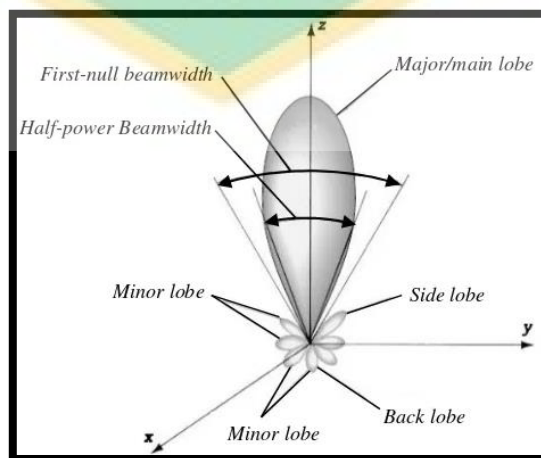
- a) Major Lobe (*main lobe*) yaitu sebuah bagian dari pola radiasi pada arah tertentu yang memiliki nilai radiasi maksimum.
- b) Minor Lobe yaitu sebuah bagian dari pola radiasi yang terdiri dari side lobe dan back lobe. Minor lobe merupakan bagian dari pola radiasi yang tidak diinginkan.
- c) *Side Lobe* yaitu sebuah bagian dari pola radiasi yang terletak berdekatan dengan major lobe dan merupakan bagian dari minor lobe yang terbesar, biasanya mempunyai arah yang tegak lurus dengan main lobe.
- d) Back Lobe yaitu sebuah bagian dari pola radiasi yang memiliki sudut 180° terhadap arah radiasi antena (arahnya bertolak belakang dengan *major lobe*).
- e) HPBW (*Half Power Beamwidth*) yaitu lebar berkas diantara sisi - sisi *major lobe* dan nilai dayanya yaitu setengah dari nilai maksimum major lobe.

- f) FNBW (*First Null Beamwidth*) yaitu lebar berkas diantara sisi - sisi major lobe yang nilai dayanya nol.
- g) FBR (*Front to Back Ratio*) merupakan perbandingan antara main lobe terhadap *back lobe*.

Terdapat dua sifat dari antena yaitu *omnidirectional* dan *directional*. Antena *omnidirectional* yaitu jenis antena yang dapat digunakan untuk memancarkan gelombang ke segala arah. Salah satu jenis antena omnidirectional yaitu antena monopole. Sedangkan antena *directional* yaitu antena yang mempunyai pola pemancaran sinyal dengan satu arah tertentu. Antena ini biasanya digunakan untuk penghubung antar gedung atau untuk daerah (konfigurasi point to point) yang memiliki konfigurasi cakupan area yang kecil. Antena jenis directional berjenis *narrow beamwidth*, yang dapat diartikan sudut pemancaran yang kecil dengan daya lebih terarah, antena ini hanya bisa digunakan untuk mengirim dan menerima sinyal radio pada satu arah.

2.4.2 Lebar Beam (*Beamwidth*)

Lebar beam (*beamwidth*) dari suatu pola radiasi antena diartikan sebagai sudut pemisahan antara dua sisi yang berlawanan dengan sisi yang sama dari pola maksimum. Dalam pola radiasi antena memiliki beberapa lebar beam. Salah satu lebar beam (*beamwidth*) yang digunakan yaitu *Half Power Beamwidth* (HPBW), yang diartikan oleh IEEE bahwa pada suatu bidang yang memiliki arah dari beam maksimum, sudut antara dua arah yang intensitas radiasinya setengah dari nilai beam. Beberapa hal penting dari *beamwidth* yaitu sudut pemisahan antara titik pertama dari pola yang disebut *First Null Beamwidth* (FNBW). Untuk gambar dari pancaran antena dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Pancaran Antena. (Radifan Aiman Nabil Hibatulhaqqi, 2017).

2.4.3 Penguatan (*Gain*)

Penguatan antenna diartikan sebagai perbandingan intensitas radiasi terhadap intensitas pada arah tertentu yang dapat dihasilkan jika daya yang diterima oleh antenna yang diradiasikan secara isotropik. Untuk menghitung besarnya penguatan (*gain*) suatu antenna (G_s) yang dibandingkan dengan antenna standar (G_s), dapat dijelaskan secara numerik yaitu berupa perbandingan daya antenna isotropik (P_s) dengan daya antenna yang diukur (P_t) seperti Persamaan (2.1) sebagai berikut:

$$SL (dB) = 32,45 + 20 \log(D) + 20 \log(F) \quad (2.1)$$

$$G_{tx} P_{rx} = P_{rx} - P_{tx} + L_{rx} + L_{tx} + FSL - G_{rx}$$

Dimana:

$FSL = \text{Free Space Loss}$

$D = \text{Jarak antar antenna yang diukur dengan antenna referensi (km)}$

$F = \text{Frekuensi kerja yang digunakan (GHz)}$

$P_{rx} = \text{Daya yang diterima pada spectrum analyzer}$

$P_{tx} = \text{Daya pada signal generator}$

$G_{tx} = \text{Gain pada antenna referensi}$

$L_{tx} = \text{Loss pada kabel koaksial transmitter}$

$G_{rx} = \text{Gain pada antenna yang diuji}$

$L_{rx} = \text{Loss pada kabel koaksial receive}$

2.4.4 Lebar Pita (*Bandwidth*)

Bandwidth dari antenna yaitu rentang frekuensi dimana antenna tersebut bisa bekerja dengan optimal. Nilai *bandwidth* antenna yaitu hasil perhitungan dari frekuensi atas (f_u) dikurangi frekuensi bawah (f_i) kemudian dibagi dengan frekuensi tengah (f_c). Secara matematis dapat dituliskan dalam Persamaan (2.2):

$$BW = \frac{f_u - f_i}{f_c} \quad (2.2)$$

Dimana:

BW : Bandwith antena

f_u : Frekuensi tinggi

f_i : Frekuensi rendah

f_c : Frekuensi tengah

Untuk menghitung presentase impedansi *bandwidth* dapat menggunakan Persamaan (2.3) sebagai berikut.

$$BW = \frac{f_h - f_i}{f_c} \times 100\% \quad (2.3)$$

2.4.5 Polarisasi

Polarisasi pada antena dapat memberikan informasi ke medan listrik dimana akan terjadi orientasi dalam perambatannya. Sedangkan polarisasi gelombang yaitu arah dari vector medan listrik terhadap arah rambatan. Terdapat tiga macam polarisasi, antara lain polarisasi linear, polarisasi eliptis, dan polarisasi circular.

a. Polarisasi linear

Polarisasi linier yaitu suatu arah medan listrik dimana medan tersebut berada bidang yang sama dengan arah rambatannya. Suatu gelombang disebut berpolarisasi vertical atau tegak jika arah medan listrik berada tegak lurus terhadap permukaan bumi, sedangkan suatu gelombang disebut berpolarisasi secara horizontal atau mendatar jika arah medan listrik sejajar dengan permukaan bumi. Polarisasi linear mempunyai medan listrik pada arah y dan nilai *axial ratio* (AR)= ∞ , dimana *axial ratio* yaitu perbandingan antara sumbu mayor dengan sumbu minor.

b. Polarisasi eliptis

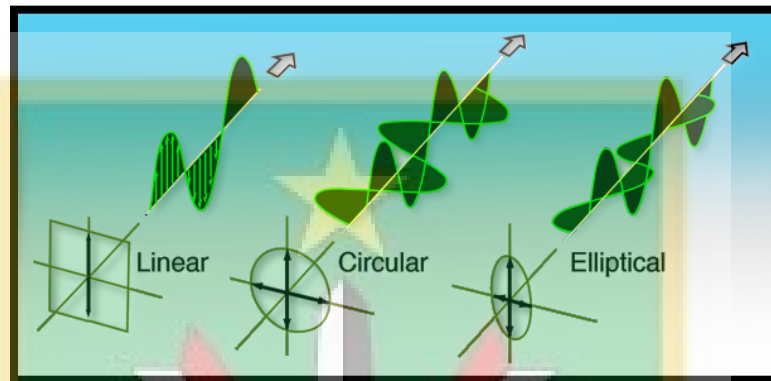
Pada polarisasi eliptis, dengan berjalannya waktu dan perambatannya medan listrik gelombang tersebut membuat perputaran dengan ujung panah - panahnya yang terletak pada permukaan silinder dengan penampang elips. Polarisasi ini disebut elips jika sumbu mayor sama dengan sumbu minor dan *axial ratio* (AR) $\neq 1$ dan $\neq \infty$.

c. Polarisasi circular

Polarisasi circular terjadi ketika dua gelombang yang sama diantaranya saling mendahului 90° maka medan listrik tersebut akan berputar dengan kecepatan

mencapai frekuensi pembawanya dan akan terpolarisasi melingkar. Terdapat beberapa kejadian dimana komponen antara horizontal dan vertikal sama - sama kuat dengan beda fasa 90° maka disebut radiasi *circular polarization*.

Berikut ini merupakan contoh dari polarisasi linier, polarisasi eliptis, dan polarisasi *circular* yang dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Polarisasi Linier, Polarisasi Circular, dan Polarisasi Eliptis.(
<http://chronstas.blogspot.com>, 2018)

2.4.6 Impedansi *Input*

Impedansi antena adalah impedansi yang ditunjukkan oleh antena pada terminal-terminalnya atau perbandingan suatu tegangan terhadap arus pada pasangan terminalnya. Impedansi antena juga merupakan impedansi *input* yang diberikan antena terhadap rangkaian luar atau saluran transmisi menuju antena. Nilai impedansi antena harus mendekati dengan nilai impedansi saluran transmisi. Ketika impedansi *input* mendekati impedansi karakteristik, maka kondisi *matching* akan terpenuhi. Saluran transmisi biasanya memiliki nilai hambatan 50Ω atau 75Ω . Impedansi dapat dituliskan dalam Persamaan (2.4):

$$\text{Impedansi} = \sqrt{R^2 + jx^2} \quad (2.4)$$

Dimana:

Jx : Imajiner reaktansi X

R : Resistansi

Impedansi *input* yang ada di antenna berguna untuk mencapai kondisi *matching* pada saat antenna tersebut dihubungkan dengan sumber tegangan, sehingga semua sinyal yang dikirimkan ke antenna dapat dipancarkan

2.4.7 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) yaitu rasio perbandingan yang terjadi di antara gelombang datang dengan gelombang pantul, yang mana kedua gelombang tersebut menyerupai gelombang berdiri (*standing wave*). Pada saluran transmisi memiliki dua gelombang tegangan antara lain tegangan yang dikirimkan (V_{o+}) dan tegangan yang direfleksikan (V_{o-}) yang disebut dengan koefisien refleksi tegangan (Γ). VSWR dapat dituliskan dalam rumus seperti Persamaan (2.5) dan Persamaan (2.6) berikut:

$$r = \frac{V_{o-}}{V_{o+}} = \frac{Z_L - Z_o}{Z_L + Z_o} \quad (2.5)$$

Dimana:

- Γ : Koefisien refleksi
- V_{o+} : Tegangan yang dikirimkan
- V_{o-} : Tegangan yang direfleksikan
- Z_L : Impedansi beban
- Z_o : Impedansi saluran

$$VSWR = \frac{|V|_{max}}{|V|_{min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2.6)$$

Dimana:

- VSWR : Perbandingan gelombang tegangan berdiri
- $|V|_{max}$: Tegangan maksimum
- $|V|_{min}$: Tegangan minimum
- Γ : Koefisien refleksi

2.4.8 Return Loss

Return loss adalah daya yang hilang karena adanya ketidaksesuaian impedansi (*mismatched*) antara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena). *Return loss* memiliki hubungan dengan VSWR yang disebabkan oleh pencampuran antara

gelombang yang ditransmisikan dan gelombang yang dipantulkan dimana sama-sama menentukan *matching* antara perangkat *transmitter* dengan antena. *Return loss* dapat digunakan untuk menganalisis hilangnya daya yang ditransmisikan dan seberapa besar *receiver* menerima daya yang ditransmisikan. serta dalam penentuan performansi *return loss* berbanding lurus dengan VSWR (semakin kecil nilai *return loss*-nya maka akan semakin baik pula performansi antena). Dapat disimpulkan bahwa semakin sedikit daya yang hilang pada penransmisian antena maka semakin bagus antena tersebut.

Nilai *return loss* terbaik yang paling diharapkan yaitu kurang dari -10 dB, namun jika dalam pengolahan data metematis nilai dari *return loss* dinyatakan dengan nilai *positif*. Jadi nilai *return loss* maksimum yang diperbolehkan ada bernilai 10 dB. Adapun jika dilihat dalam grafik pengujian maka yang dipakai adalah kurang dari -10 dB. Untuk mendapatkan nilai *return loss* dapat dinyatakan melalui Persamaan (2.7).

$$RL \text{ (dB)} = 20 \log \Gamma \quad (2.7)$$

Daya pantul maksimum antena berjumlah 10% dari daya yang ditransmisikan. Sehingga bisa disimpulkan dalam suatu rumus dengan menggunakan rumus nilai daya. Maka nilai *return loss* maksimal 10 dB dapat dihitung dengan menggunakan gabungan Persamaan (2.8), yaitu :

$$RL \text{ (dB)} = 10 \log \frac{P_R}{P_T} \quad (2.8)$$

Kesamaan karakteristik (*Matching*) antara *transmitter* dan antena, maka nilai $\Gamma = 0$ dan *return loss* = ∞ dB tidak memiliki daya yang dapat direfleksikan jika $\Gamma = 1$, maka *Return loss*-nya 0 dB, sehingga semua daya dapat dipantulkan. Berdasarkan rumus *return loss* tersebut, VSWR maksimum memiliki nilai, dengan penurunan berikut yang nilainya berkaitan erat dengan nilai *return loss* berdasarkan Persamaan (2.9).

$$RL \text{ (dB)} = 20 \log \Gamma \quad (2.9)$$

$$-10 \text{ dB} = 20 \log \Gamma$$

$$\frac{-10}{20} = \log \Gamma; = \frac{-1}{2} = \log \Gamma$$

$$\Gamma = \frac{1}{3}$$

Dari hasil tersebut dapat dimasukkan nilai Γ pada Persamaan (2.10).

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2.10)$$

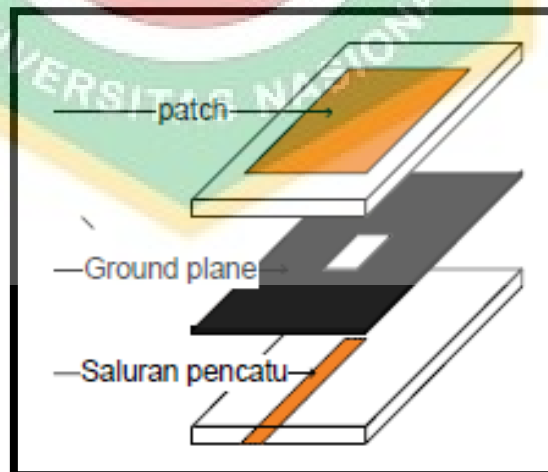
$$VSWR = \frac{1 + \left|\frac{1}{3}\right|}{1 - \left|\frac{1}{3}\right|}$$

$$VSWR = \frac{\frac{4}{3}}{\frac{2}{3}} = 2$$

Dari perhitungan VSWR di atas dapat diketahui bahwa nilai maksimum dari VSWR yaitu 2.

2.5 Teknik Pencatuan Antena

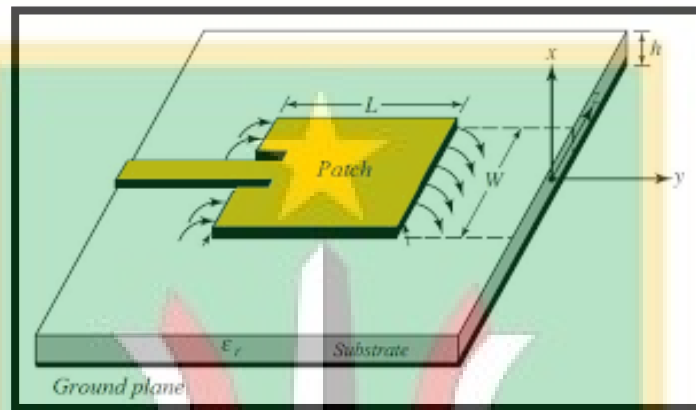
Teknik pencatuan antena yaitu sebuah cara untuk mengirim daya atau energi kepada antena sehingga antena dapat memancarkan gelombang elektromagnetik. Dalam teknik pencatuan antena yang biasa digunakan yaitu *microstrip line*, *coaxial probe*, *aperture coupling*, dan *proximity coupling*. Sebagai contoh yaitu teknik pencatuan *microstrip line*, pada teknik ini terdiri dari dua buah konduktor yaitu *strip* dan bidang pentanahan yang keduanya dipisahkan oleh sebuah substrat. Pada Gambar 2.6 memperlihatkan saluran pencatu antena *microstrip line*.



Gambar 2.6 Saluran Pencatu Antena *Microstrip Line*. (Amrin Sianipar, UNIKOM).

2.6 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip terkenal pada tahun 1970-an, khususnya untuk aplikasi ruang angkasa. Namun saat ini antena mikrostrip biasa diterapkan untuk aplikasi pemerintah dan komersil. Antena mikrostrip terdiri dari *patch* yang sangat tipis dan ditempatkan setengah dari panjang gelombang di atas *ground plane*. Antara *patch* dan *ground plane* dipisahkan oleh lembar dielektrik (atau dikenal sebagai substrat). Pada Gambar 2.7 memperlihatkan skema antena mikrostrip



Gambar 2.7 Skema Antena Mikrostrip. (Fariany Rizqa, Dharu Arseno, & Trasma Yunita, 2020).

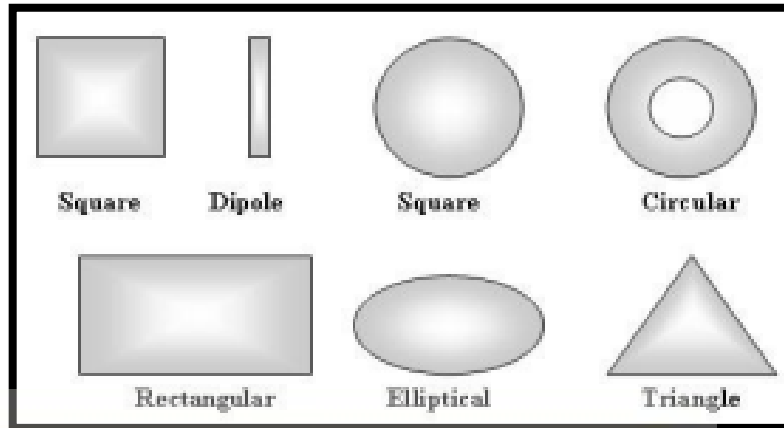
Berikut ini merupakan bagian dari antena mikrostrip:

a. Substrat

Substrat dielektrik antena mikrostrip mempunyai ketebalan h dan permitivitas relative ϵ_r . Terdapat berbagai macam pilihan substrat yang bisa digunakan untuk mendesain antena mikrostrip. Untuk menghasilkan performansi kinerja antena yang lebih optimal dibutuhkan substrat yang tebal dengan nilai konstanta dielektrik di bawah nilai.

b. Patch

Terdapat berbagai pilihan bentuk *patch* sebagai pemancar. Pada Gambar 2.8 menunjukkan berbagai pilihan *patch* yang biasa ditemukan antara lain persegi, persegi panjang, *dipole*, melingkar, elips, dan segitiga. *Patch* dengan bentuk persegi, *dipole*, persegi panjang, dan melingkar yang paling sering digunakan hal ini dikarenakan mudah dalam fabrikasi.



Gambar 2.8 Jenis-jenis Patch Antena Mikrostrip. (<https://casdoper.blogspot.com>, 2014).

. Berikut ini merupakan rumus matematis yang digunakan untuk mencari lebar *patch* (W) dan Persamaan (2.11):

$$W = \frac{c}{2f_r \sqrt{(\epsilon_r + 1)/2}} \quad (2.11)$$

Sedangkan untuk menghitung panjang *patch* (L) dapat digunakan Persamaan (2.12):

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{w}\right)^{-1/2} \quad (2.12)$$

$$\Delta L = 0,412 \left(\frac{\epsilon_{eff} + 0,3}{\epsilon_{eff} - 0,258} \right) \left(\frac{W/h + 0,264}{W/h - 0,8} \right)$$

$$L = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta L$$

c. *Ground Plane*

Ground Plane merupakan bagian bawah substrat yang dilapisi dengan metal secara keseluruhan. Fungsi *ground plane* yaitu sebagai *reflector* yang dapat memantulkan sinyal yang tidak diinginkan.

d. *Direction*

Direction merupakan titik catu yang ada pada kabel antenna, umumnya panjang fisik *Direction* yaitu setengah panjang gelombang ($0,5 \lambda$) dari frekuensi radio yang dipancarkan atau diterima.

e. *Reflector*

Direction merupakan bagian belakang antenna yang berguna untuk memantulkan sinyal, dengan panjang fisik lebih panjang daripada *Direction*. panjang *reflector* biasanya adalah $0,55 \lambda$ (panjang gelombang).

Beberapa kelebihan dari antenna mikrostrip yaitu memiliki penampang yang tipis, ukurannya kecil dan ringan, mudah dalam pabrikan, dapat diintegrasikan dengan *microwave* sirkuit terpadu (MICs), dan dapat digunakan untuk *dual* maupun *triple* frekuensi. Selain keuntungan antenna mikrostrip juga memiliki beberapa kelemahan diantaranya *gain* dan efisiensi yang rendah, *bandwidth* sempit, perlu ketelitian dalam melakukan perancangan.

2.7 Ansoft HFSS (*High Frequency Structure Simulator*)

Software ansoft HFSS yaitu suatu perangkat lunak yang sangat terkenal dan dapat digunakan untuk mendesain antenna serta untuk merancang rangkaian RF elektronik kompleks yang termasuk filter, saluran transmisi dan semua yang berkenaan dengannya. Berikut pada Gambar 2.9 merupakan logo dari *software* Ansoft HFSS.



Gambar 2.9 *Software* Ansoft HFSS. (<https://softronicautomation.com>, 2022)