

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Antena

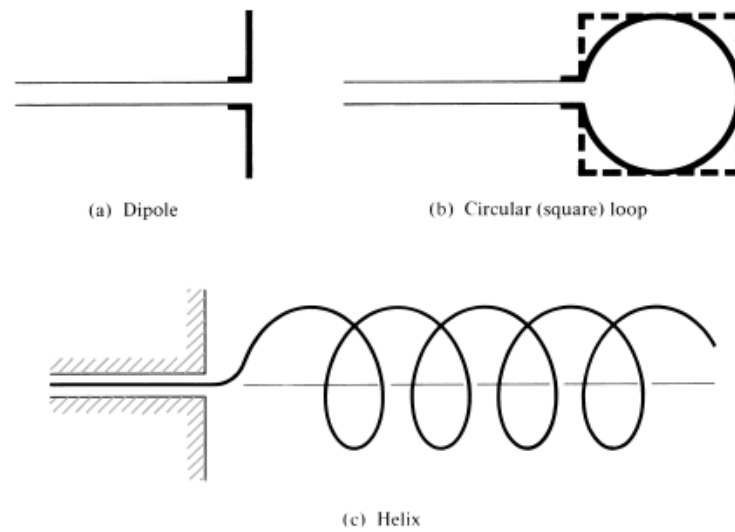
2.1.1 Pengertian Antena

Antena didefinisikan oleh *Websiter's Dictionary* sebagai “*a usually metallic device (as a rod or wire) for radiating or receiving radio wave.*” Sedangkan menurut *IEEE Standard Definitions of Terms for Antennas* (IEEE Std 145-1983) mendefinisikan antena sebagai “*a means for radiating or receiving radio wave.*”[2]. Dengan kata lain, antena adalah perangkat transisi antara ruang bebas *guiding device*. *Guiding device* atau saluran transmisi dapat berbentuk *coaxial line* atau pipa berlubang (*waveguide*), dan digunakan untuk mengangkut energi elektromagnetik dari sumber transmisi ke antena, atau dari antena ke penerima[2]. Antena pemancar yaitu antena yang memancarkan gelombang elektromagnetik dan antena penerima yaitu antena yang menerima gelombang elektromagnetik. Antena dapat mengirim dan menerima gelombang elektromagnetik. Selain itu, antena juga biasanya diperlukan untuk memancarkan energi dengan cara khusus. misalnya, meningkatkan radiasi ke beberapa arah. Jadi antena juga harus berfungsi sebagai perangkat pengarah [3].

2.1.2 Jenis-jenis Antena

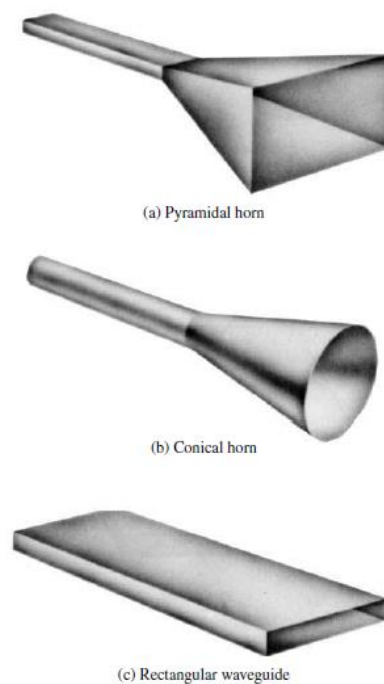
2.1.2.1 Antena Wire

Kawat lurus (dipol), loop, dan helix yang mana ditunjukkan pada Gambar 2.1 merupakan berbagai bentuk dari antena wire. Antena loop tidak hanya melingkar, bisa berbentuk persegi panjang, persegi, elips, atau konfigurasi lainnya[2].



Gambar 2.1 Konfigurasi Antena Wire [2]

2.1.2.2 Antena Aperture



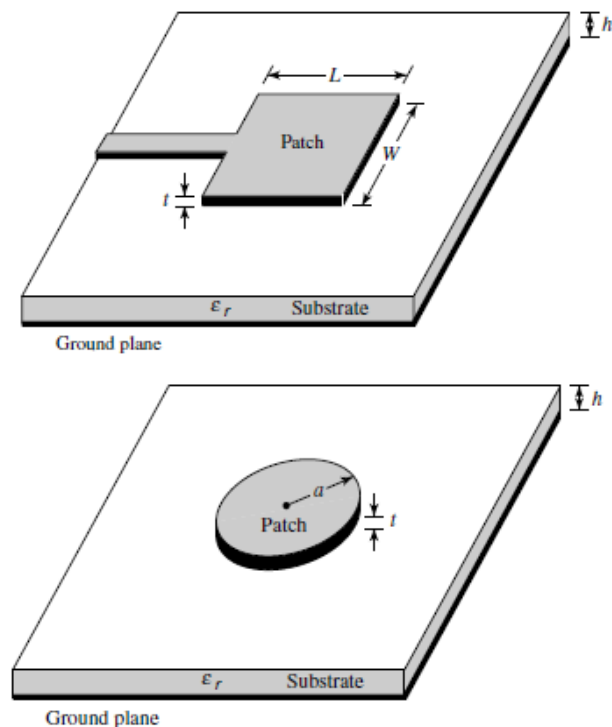
Gambar 2.2 Konfigurasi Antena Aperture [2]

Antena aperture memiliki berbagai macam bentuk yang dapat dilihat pada Gambar 2.2. Antena aperture sangat bermanfaat untuk diaplikasikan pada pesawat terbang dan pesawat ruang angkasa, karena antena jenis ini bisa dipasang sangat nyaman pada kulit pesawat atau

pesawat ruang angkasa. Sebagai tambahan, antenna tersebut dapat ditutup dengan bahan dielektrik untuk melindunginya dari kondisi lingkungan yang berbahaya[2].

2.1.2.3 Antena Mikrostrip

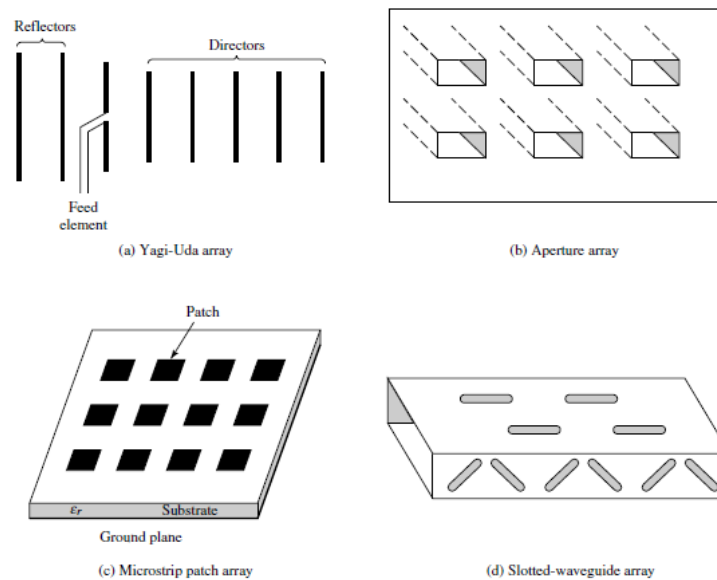
Antena mikrostrip terdiri dari *patch*, *substrate* dan *groundplane*. Patch biasanya menggunakan berbagai bentuk seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6. Patch yang paling populer adalah bentuk persegi panjang dan lingkaran karena kemudahan analisis dan fabrikasi, dan karakteristik radiasi yang menarik, terutama radiasi *cross-polarisasi* yang rendah [2] yang dapat dilihat pada Gambar 2.3. Antena mikrostrip berprofil rendah, cocok untuk permukaan planar dan nonplanar, sederhana dan murah untuk dibuat menggunakan teknologi sirkuit cetak modern dan sangat fleksibel dalam hal frekuensi resonansi, polarisasi, pola radiasi, dan impedansi[2]. Berbagai bentuk antena mikrostrip dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.3 Antena Mikrostrip (Patch) Persegi Panjang dan Lingkaran [2]

2.1.2.4 Antena Array

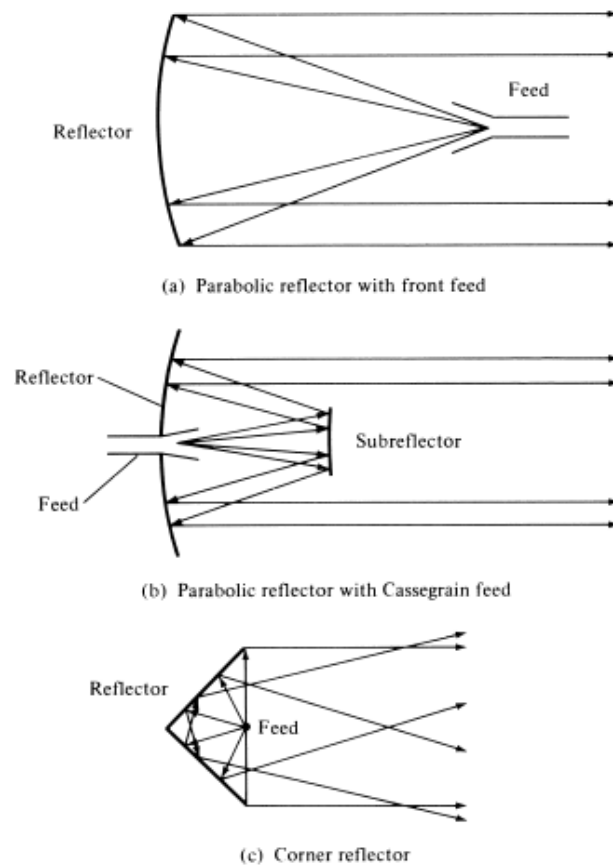
Pengaplikasian antena mungkin memerlukan karakteristik radiasi yang diinginkan, namun tidak dapat dicapai dengan antena berelemen tunggal. Maka dari itu, untuk memungkinkan adanya *aggregate* dari elemen-elemen radiasi dalam pengaturan listrik dan geometris (*array*) akan menghasilkan karakteristik radiasi yang diinginkan. Susunan antena *array* dapat menambah radiasi dari elemen yang ditambahkan sehingga memberikan radiasi maksimum dalam arah tertentu atau arah yang diinginkan [2]. Beberapa contoh antena array dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.4 Konfigurasi Array Tipe Yagi-Uda, Aperture, Mictrostrip dan Slotted-waveguide [2]

2.1.2.5 Antena Reflector

Antena reflector bisa digunakan untuk komunikasi *deep-space* seperti dalam program luar angkasa, untuk memenuhi kebutuhan komunikasi jarak jauh maka antena reflector digunakan untuk mengirim dan menerima sinyal yang berjarak jutaan mil [2]. Bentuk antena yang sangat umum untuk aplikasi semacam itu adalah parabola reflector yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.

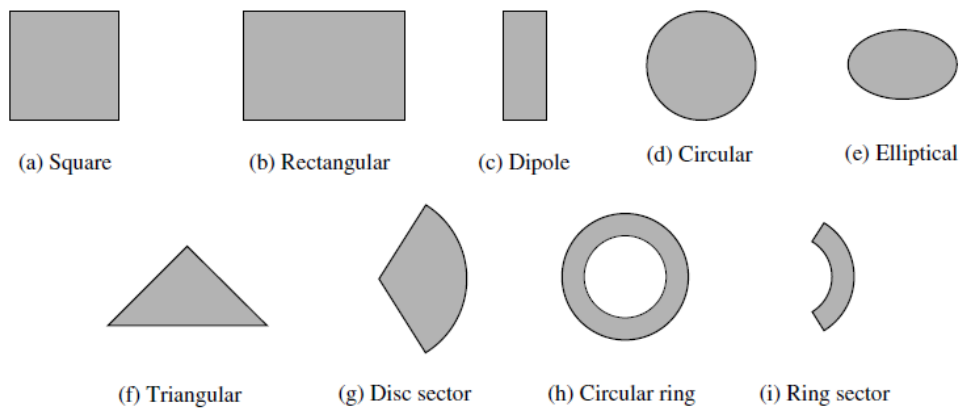


Gambar 2.5 Konfigurasi Tipe Reflector [2]

2.2 Antena Mikrostrip

2.2.1 Pengertian Antena Mikrostrip

IEEE Standard Definitions of Terms for Antennas (IEEE Std 145-1983) mendefinisikan antena mikrostrip sebagai “an antenna which consists of a thin metallic conductor bonded to a thin grounded dielectric substrate.”.



Gambar 2.6 Bentuk Representatif Elemen Mikrostrip Patch [2]

2.2.2 Karakteristik Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip memiliki karakteristik dasar tersusun atas 3 lapisan yaitu lapisan *patch*, *substrate* dan *groundplane* [7] :

a. *Patch*

Patch merupakan bagian yang terletak paling atas dari antena dan terbuat dari bahan konduktor ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara. Patch dapat berbentuk lingkaran, persegi panjang, segitiga dsb.

b. *Substrate*

Substrate berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik dari sistem pencatuan. Karakteristik substrat sangat berpengaruh pada besar parameter-parameter antena.

c. *Groundplane*

Groundplane adalah lapisan paling bawah yang berfungsi sebagai reflektor untuk memantulkan sinyal yang tidak diinginkan.

2.2.3 Parameter Antena Mikrostrip

Seperti bentuk antena-antena yang lain, antena mikrostrip mempunyai parameter-parameter yang digunakan untuk melihat *performance* dari antena tersebut yaitu :

2.2.3.1 Penguatan (*Gain*)

Gain didefinisikan sebagai rasio intensitas dalam arah tertentu dengan intensitas radiasi yang akan diperoleh jika daya diterima oleh antena dipancarkan secara isotropis. Intensitas radiasi sesuai dengan daya yang diradiasikan secara isotropis sama dengan daya yang diterima (*input*) oleh antena dibagi 4π [2]. Bentuk persamaan ini dapat dinyatakan sebagai berikut [2]

$$\text{Gain} = 4\pi \frac{\text{Intensitas Radiasi}}{\text{Daya input}} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (2.1)$$

2.2.3.2 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) merupakan perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V_{max}|$) dengan minimum ($|V_{min}|$). Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan (V_0^+) dan tegangan yang direfleksikan (V_0^-). Perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan tegangan yang dikirimkan disebut koefisien refleksi tegangan (Γ) [9].

$$\Gamma_L = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2.2)$$

Dimana : Γ_L = Koefisien refleksi tegangan

V_0^- = Tegangan yang direfleksikan (*Volt*)

V_0^+ = Tegangan yang dikirimkan (*Volt*)

Z_L = Impedansi beban atau load (Ω)

Z_0 = Impedansi Karakteristik (Ω)

Koefisien refleksi tegangan (Γ) memiliki nilai kompleks, yang mempresentasikan besarnya magnitude dan *phase* dari refleksi. Untuk beberapa kasus dapat didefinisikan: [8]

$\Gamma_L = -1$ berarti refleksi negatif maksimum yaitu ketika saluran terhubung singkat

$\Gamma_L = 0$ berarti tidak ada refleksi yaitu ketika saluran dalam keadaan *matched* sempurna

$\Gamma_L = +1$ berarti refleksi positif maksimum yaitu ketika saluran terhubung dalam rangkaian terbuka.

$$VSWR = \frac{|V|_{max}}{|V|_{min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2.3)$$

Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran berada dalam keadaan *matching* sempurna [9].

2.2.3.3. Return Loss

Return loss adalah perbandingan antara gelombang amplitudo yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. *Return loss* dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas di antara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena). Nilai dari *return loss* yang baik adalah di bawah -10 dB, untuk menentukan lebar *bandwidth* sehingga dapat dikatakan nilai gelombang yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan atau dengan kata lain, saluran transmisi sudah *matching*. Nilai parameter ini menjadi salah satu acuan untuk melihat apakah antenna sudah dapat bekerja pada frekuensi yang diharapkan atau tidak. *Return loss* (RL) dapat diperoleh dengan cara memasukkan nilai koefisien tegangan kedalam persamaan berikut ini [8]:

$$RL(\text{dB}) = 20 \log |\Gamma| \quad (2.4)$$

2.2.3.4 Bandwidth

Bandwidth suatu antenna didefinisikan sebagai besar rentang frekuensi kerja dari suatu antenna [2]. Lebar *bandwidth* dari antenna adalah $(f_H - f_L)$ dengan batas kenaikan nilai $VSWR \leq 2$ atau *return loss* ≤ -10 dB. Tetapi apabila dinyatakan dalam persen, maka *bandwidth* antenna tersebut adalah [8]:

$$\%BW = \frac{f_H - f_L}{f_C} \times 100\% \quad (2.5)$$

Bandwidth dapat dinyatakan dalam persamaan berikut [8]:

$$BW = f_H - f_L \quad (2.6)$$

f_C dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut [8]:

$$f_C = \frac{f_H + f_L}{2} \quad (2.7)$$

Dimana : f_C = Frekuensi tengah (Hz)

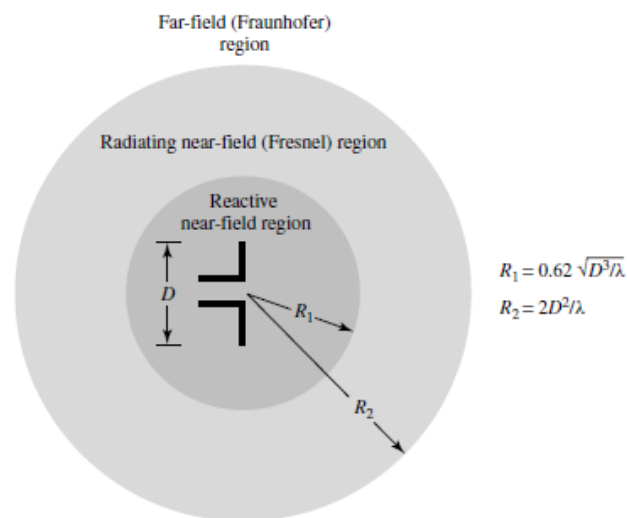
f_H = Frekuensi maksimum (Hz)

f_L = Frekuensi minimum (Hz)

BW = Lebar pita atau *Bandwidth* (Hz)

2.2.3.5 Pola Radiasi

Pola radiasi (*radiation pattern*) suatu antenna adalah pernyataan grafis yang menggunakan sifat suatu antenna pada medan jauh sebagai fungsi arah. Pola radiasi dapat disebut sebagai pola medan (*field pattern*) apabila yang digambarkan adalah kuat medan dan disebut pola daya (*power pattern*) apabila yang digambarkan *pointing vector*[8].



Gambar 2.7 Wilayah-wilayah Medan dari Antena [2]

Gambar 2.7 menunjukkan wilayah-wilayah medan dari antenna untuk melakukan pengukuran. Pengukuran pola radiasi pada jarak yang benar-benar tak terhingga adalah suatu daerah dimana medan yang diradiasikan oleh antenna sudah dapat dianggap sebagai tempat medan jauh, apabila jarak antara sumber radiasi dengan antenna yang diukur memenuhi ketentuan berikut: [8]

$$R > \frac{2D^2}{\lambda} \quad (2.8)$$

Dimana : R = Jarak pengukuran (m)

D = Dimensi antenna yang terpanjang (mm)

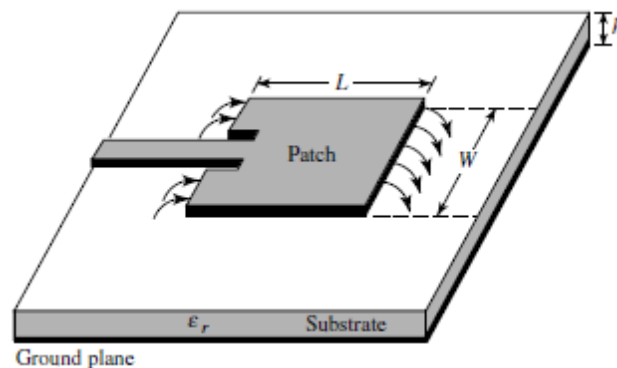
λ = Panjang gelombang yang dipancarkan sumber

2.2.4 Teknik Pencatuan Antena Mikrostrip

Teknik pencatuan pada antena mikrostrip merupakan teknik untuk mentransmisikan energi elektromagnetik ke antena mikrostrip [5]. Pada dasarnya saluran pencatu untuk antena mikrostrip terbagi menjadi 2, yaitu pencatuan secara langsung dan pencatuan secara tidak langsung. Pencatuan secara langsung yaitu *Microstrip Feed Line* dan *Coaxial Probe*, sedangkan pencatuan secara tidak langsung yaitu *Aperture Coupled Feed* dan *Proximity Coupled Feed*.

2.2.4.1 Microstrip Feed Line

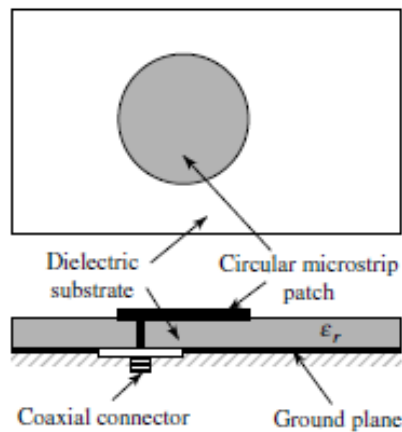
Pada jenis teknik saluran ini, sebuah garis langsung terhubung ke tepi dari patch mikrostrip seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8. Saluran strip lebih kecil dibandingkan dengan ukuran patch dan dalam substrat yang sama, yang disebut dengan struktur planar [8].



Gambar 2.8 *Microstrip Feed Line* [2]

2.2.4.2 Coaxial Probe

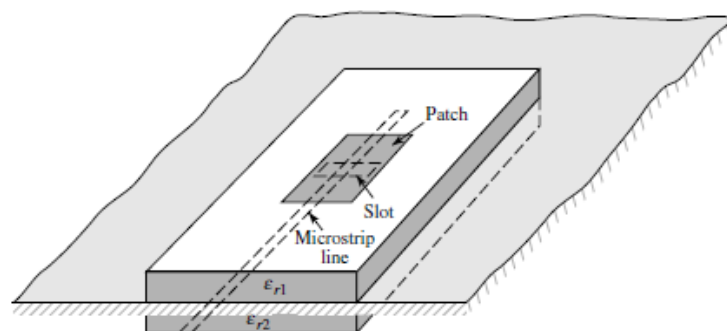
Coaxial Probe atau saluran probe adalah teknik yang sangat umum digunakan untuk saluran mikrostrip *patch* antena. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.9, bagian dalam konduktor dari suatu konektor *coaxial* melewati bagian dielektrik *substrate* dan disolder ke *patch* radiasi, sedangkan bagian luar konduktor terhubung ke *ground plane*[8].



Gambar 2.9 Probe Feed [2]

2.2.4.3 Aperture Coupled Feed

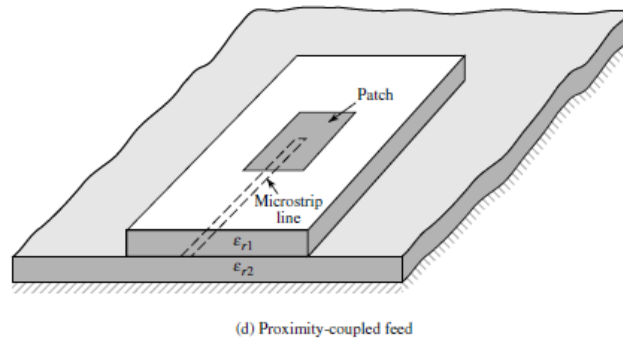
Jenis teknik saluran ini, radiasi *patch* dan saluran mikrostrip dipisahkan oleh bidang *ground plane*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10. Penghubung antara *patch* dan saluran dilakukan melalui *slot* atau *aperture* pada bidang *ground plane*. Jenis saluran ini biasanya berpusat dibawah *patch*, yang mengarah ke lebih rendah *cross polarization* karena simetri konfigurasi. Jumlah kopling dari saluran untuk *patch* ditentukan oleh bentuk, ukuran dan lokasi *aperture* [8].



Gambar 2.10 Aperture-Coupled Feed [2]

2.2.4.4 Proximity Coupled Feed

Proximity Coupled Feed ditunjukkan pada Gambar 2.11 dimana teknik ini menggunakan 2 substrat dielektrik dan garis saluran diantara kedua substrat tersebut serta radiasi *patch* berada pada bagian atas pada substrat teratas [8].

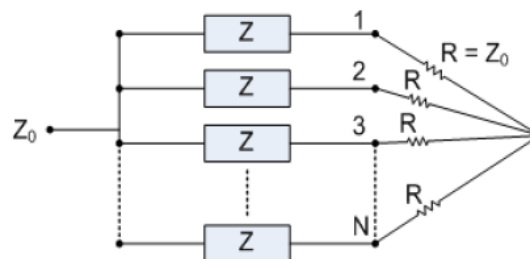


Gambar 2.11 *Proximity Coupled Feed* [2]

Matching dapat dicapai dengan mengontrol panjang garis saluran dan lebar ke garis rasio *patch*. Kerugian utama dari saluran ini adalah sulit untuk fabrikasi. Karena penggabungan dua layer substrat dielektrik yang berbeda perlu penggabungan yang akurat [8].

2.2.5 T-Junction

Salah satu teknik yang dapat mendukung *impedance matching* pada saluran transmisi khususnya untuk antenna mikrostrip *array* adalah *power divider*. Dalam hal ini metode *Wilkinson* merupakan teknik yang umum digunakan. Gambar 2.12 memperlihatkan *power divider* metode *Wilkinson*[5].



Gambar 2.12 *N-Way Wilkinson Combiner* [9]

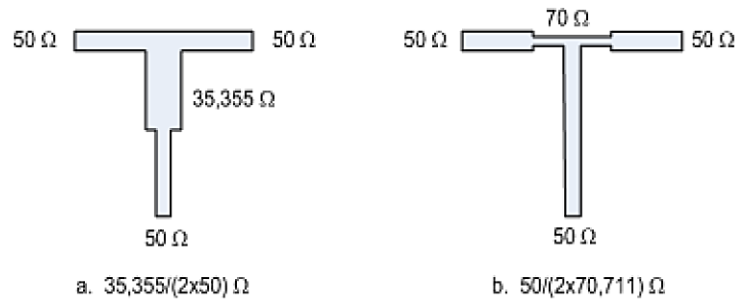
Metode *Wilkinson*, nilai impedansi Z diberikan dengan persamaan berikut [5]:

$$Z = Z_0 \sqrt{N} \quad (2.9)$$

Dimana : N = Jumlah titik percabangan

Z_0 = Impedansi input (Ω)

T-Junction merupakan sebuah teknik *power divider* yang umum digunakan pada konfigurasi antena *array*. Terdapat 2 jenis *T-Junction* 50 Ω yang dapat digunakan sebagai *power divider* [5] seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 *T-Junction* 50 Ω [5]

Lebar (W) dari saluran pencatu dapat diatur dari nilai impedansi yang diharapkan dengan menggunakan persamaan berikut [5].

$$B = \frac{60\pi^2}{Z\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.10)$$

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2.11)$$

2.2.6 Perancangan Dimensi Antena Mikrostrip Dipole

Proses awal perancangan antena mikrostrip yaitu menentukan nilai $u = \frac{W}{h}$ jika nilai Z_0 dan ϵ_r telah ditentukan. *Hammerstad* memberikan cara perhitungan sebagai berikut [11]:

$$\frac{W}{h} = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} \quad (2.12)$$

dengan,

$$A = \frac{Z_0}{60} \left[\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right]^{0.5} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left[0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right] \quad (2.13)$$

dimana: W = Lebar patch (mm)

h = Ketebalan substrat (mm)

Z_0 = *Impedance matching* (Ω)

ϵ_r = Konstanta dielektrik substrat

Panjang *patch* antenna mikrostrip dipole dapat disesuaikan dengan frekuensi kerja antenna, dimana panjang antenna mikrostrip berstruktur larik *folded* dipole yang akan dirancang menggunakan $\frac{1}{2}\lambda$ [13], untuk mencari λ dapat digunakan persamaan (2.16) [6] sedangkan untuk menghitung *gap* dipole menggunakan persamaan (2.15) [13].

$$L = k \cdot \frac{1}{2} \lambda \quad (2.14)$$

$$G = (1-k) \frac{1}{2} \lambda \quad (2.15)$$

dengan,

$$\lambda = \frac{c}{f_0 \sqrt{\epsilon_{r,eff}}} \quad (2.16)$$

dimana: k = Faktor kecepatan tembaga (0.95)

λ = Panjang gelombang (m)

c = Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

$\epsilon_{r,eff}$ = Permittifitas relatif efektif

f_0 = Frekuensi kerja antenna (Hz)

untuk mencari $\epsilon_{r,eff}$ dapat menggunakan persamaan berikut[11]:

$$\epsilon_{r,eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{w}}} \right] \quad (2.17)$$

Namun, *Hammerstad* dan *Jensen* memberikan rumus yang lebih tepat yaitu[11]:

$$\epsilon_{r,eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{10}{u} \right)^{-a \cdot b} \quad (2.18)$$

dengan,

$$a = 1 + \frac{1}{49} \ln \left[\frac{u^4 + \left(\frac{u}{52}\right)^2}{u^4 + 0.432} \right] + \frac{1}{18.7} \ln \left[1 + \left(\frac{u}{18.1}\right)^3 \right] \quad (2.19)$$

$$b = 0.564 \left(\frac{\epsilon_r - 0.9}{\epsilon_r + 0.3} \right)^{0.053} \quad (2.20)$$

dimana: $\epsilon_{r,eff}$ = Permittifitas relatif efektif

ϵ_r = Konstanta dielektrik substrat

2.3 Fourth Generation Technology (4G)

Fourth Generation Technology (4G) adalah teknologi nirkabel paling inovatif yang telah menggantikan sistem 3G. Karakteristik dari jaringan 4G yaitu dapat mengakses informasi dengan koneksi tanpa cacat kapan saja, di mana saja dengan berbagai layanan, menerima sejumlah besar informasi, gambar, data, video, dan sebagainya [4].

2.4 Perangkat Lunak Pendukung

2.4.1 CST Studio Suite

CST Studio Suite digunakan untuk merancang dan mengoptimalkan sistem operasi frekuensi tinggi di bidang visual. *CST Studio Suite* dapat digunakan untuk merancang desain, merakit, memasang dan mengendalikan sirkuit dan sistem elektromagnetik dalam bentuk 3D, serta mensimulasikan numerik di medan elektromagnetik.

2.4.2 Speedtest

Speedtest by ookla adalah sebuah aplikasi yang digunakan untuk menguji kecepatan maksimal koneksi internet baik itu untuk *download* ataupun *upload*. Uji koneksi dilakukan kurang dari 30 detik dengan hasil yang akurat. *Speedtest* saat ini tersedia dalam bentuk web di *speedtest.net* dan dalam bentuk aplikasi di *Ios*, *android*, *windows* dan *apple*

2.5 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu memiliki peran yang penting pada penelitian ilmiah yang dilakukan. Penelitian terdahulu dapat dijadikan sebagai bahan acuan dalam penelitian. Tabel 2.1 Menjelaskan jurnal penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Judul	Tahun	Penulis	Software	Hasil
1	Perancangan Antena Mikrostrip Array 2x1 untuk Meningkatkan Gain untuk aplikasi LTE pada Frekuensi 2300 MHz	2018	Syah Alam dan Robbi Fajar Nugroho	AWR Microwave Office 2004	Hasil simulasi rancangan dua elemen <i>array</i> dengan ukuran substrat 134 mm x 91 mm didapatkan nilai <i>return loss</i> -35,08 dB, VSWR 1,035 untuk frekuensi 2,3 GHz, nilai <i>gain</i> 7,466 dB.
2	Dipole Cetak 900 MHz dan 1800 MHz untuk antena Referensi	2017	Hendro Darmono	-	Hasil pengujian antena beresonansi pada frekuensi 916 MHz dan 1848 MHz, <i>return loss</i> -19.8 dB pada frekuensi 916 MHz dengan <i>bandwidth</i> 280 MHz, dan -14 dB pada frekuensi 1848 MHz dengan <i>bandwidth</i> 55 MHz. Hasil pengujian pola radiasi menghasilkan pola direksional.
3	Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip 4 Larik Dipole Pada Frekuensi 2.1 GHz Untuk	2017	Ni Putu Kartika Dewi, Radial Anwar, dan Yuyu Wahyu	-	Nilai VSWR hasil pengukuran pada frekuensi kerja di 2,1 GHz adalah sebesar 1,086 dengan spesifikasi awal yaitu ≤ 2 memiliki <i>bandwidth</i> sebesar 600 MHz.

	Aplikasi LTE				<i>Gain</i> yang didapatkan dari hasil pengukuran adalah sebesar 6.18 dBi lebih besar dari hasil simulasi yaitu 4,216 dB.
4	Dipole Cetak 900 MHz dan 1800 MHz untuk Antena Referensi	2017	Hendro Darmono	-	Hasil pengujian antenna beresonansi pada frekuensi 916 MHz dan 1848 MHz, <i>return loss</i> -19.8 dB pada frekuensi 916 MHz dengan <i>bandwidth</i> 280 MHz, dan -14 dB pada frekuensi 1848 MHz dengan <i>bandwidth</i> 55 MHz. Hasil pengujian pola radiasi menghasilkan pola direksional. Hasil pengujian penguatan menunjukkan nilai -0,78 dB untuk frekuensi 916 MHz dan pada frekuensi 1884 menghasilkan penguatan -1 dB.
5	Rancang Bangun Antena Mikrostrip Dipole untuk Frekuensi 2,4 GHz	2015	Iswandi dan Ali Hanafiah Rambe	<i>AWR Microwave Office 2004</i>	Antena memiliki nilai <i>bandwidth</i> pada $VSWR \leq 2$ sebesar 217 MHz di frekuensi 2,283 GHz – 2,5 GHz. Pola radiasi antenna yang didapat pola

					radiasi <i>omnidirectional</i> dan <i>gain</i> antenna yang diperoleh sebesar 5 dBi.
6	Studi Perancangan Antena Mikrostrip Dipole Dual-Band Frekuensi 2,3 GHz dan 3,3 GHz untuk Aplikasi <i>Broadband Wireless Access</i>	2015	Yahya Ahmadi Brata dan Ali Hanafiah Rambe	-	VSWR sebesar 1.41 untuk frekuensi 2.35 GHz dengan <i>bandwidth</i> sebesar 242 MHz (2232-2474 MHz) dan 2.24 untuk frekuensi 3.35 GHz dengan <i>bandwidth</i> sebesar 359 MHz (3166-3525 MHz). <i>Gain</i> yang diperoleh sebesar 1.77 dB untuk frekuensi 2.35 GHz dan 2.50 dB untuk frekuensi 3.35 GHz dengan pola radiasi <i>omnidirectional</i> .
7	Studi Perancangan Saluran Pencatu untuk Antena Mikrostrip Array Elemen 2x2 dengan Pencatu Aperture Coupled	2014	Pindo Ahmad Alfandi dan Ali Hanafiah Rambe	AWR <i>Microwave Office</i> 2004	Konfigurasi dari 4 antenna yang dibuat memiliki <i>gain</i> masing - masing sebesar 2.76 dB, 11.2 dB, 2.03 dB dan 11.32 dB.
8	Planar Dipole Antenna Design At 1800MHz	2012	Waleed Ahmed AL Garidi,	<i>CST Studio Suite</i>	Antena dengan <i>via-hole</i> mampu memberikan return loss maksimum -25dB,

	Band Using Different Feeding Methods For GSM Application		Norsuzlin Bt Mohad Sahar, dan Rozita Teymourza deh		bandwidth 18,4% dan VSWR 1,116 v pada panjang 59 mm dan lebar 4 mm. Sedangkan <i>open stub</i> dengan panjang 67 mm, lebar 6 mm dan tinggi 1.6 mm dapat memberikan max <i>return loss</i> -47.88dB dan bandwidth 17% dengan VSWR $1.008 < 2$ serta memiliki pola radiasi yang lebih baik.
9	<i>Designing a Compact-Optimized Planar Dipole Array Antenna</i>	2011	Syed Muhammad Hashemi, M. soleimani, Vahid Nayyeri, dan A. R. Mallahzadeh	-	Antena memiliki VSWR < 2 dari 2 GHz – 5.75 GHz, dengan gain sebesar 8.5-10dBi dan rasio cross-polarization kurang dari -20 dB di peroleh padaband 2-4 GHz.
10	Fabrikasi dan Karakterisasi Antena Mikrostrip Omnidirectional Berstruktur Larik Gap Folded Dipole	2011	Yulia Dyah R dan Yono Hadi P	-	Kedua antena yang difabrikasi memiliki pola radiasi radial ke segala arah dengan gain 12,14 dB. Panjang stripline berpengaruh pada kondisi match impedance antara antena dengan konektor,

					<p>sehingga memiliki VSWR 1,17 dengan return loss -16,029 dB, dan VSWR 1,14 dengan return loss -21,48 dB. Panjang dipole $\lambda/8$ menghasilkan dua frekuensi resonansi pada frekuensi kerja 2,073 GHz dan 2,35 GHz, sedangkan panjang dipole $\lambda/4$ menghasilkan sebuah frekuensi resonansi pada frekuensi kerja 2,35 GHz.</p>
--	--	--	--	--	--