

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Antena

Antena merupakan perangkat radio yang bekerja mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik kemudian memancarkannya ke ruang bebas atau sebaliknya, yaitu menangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas dan mengubah menjadi sinyal listrik. (Endri, Jon : 2017).

Antena adalah salah satu elemen penting yang harus ada pada sebuah teleskop radio, TV, radar, dan semua alat komunikasi nirkabel lainnya. Sebuah antena adalah bagian vital dari suatu pemancar atau penerima yang berfungsi untuk menyalurkan sinyal radio ke udara. Bentuk antena bermacam macam sesuai dengan desain, pola penyebaran dan frekuensi dangain. Panjang antena secara efektif adalah panjang gelombang frekuensi radio yang dipancarkannya. Antena dipol setengah gelombang adalah sangat populer karena mudah dibuat dan mampu memancarkan gelombang radio secara efektif.

Fungsi antena adalah untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik, lalu meradiasikannya (pelepasan energi elektromagnetik ke udara/ruang bebas). Dan sebaliknya, antena juga dapat berfungsi untuk menerima sinyal elektromagnetik (penerima energi elektromagnetik dari ruang bebas) dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Pada radar atau sistem komunikasi satelit, sering dijumpai sebuah antena yang melakukan kedua fungsi (peradiasi dan penerima) sekaligus. Namun, pada sebuah teleskop radio, antena hanya menjalankan fungsi penerima saja.

Dalam perancangan suatu antena, beberapa hal yang harus diperhatikan adalah :

1. Bentuk dan arah radiasi yang diinginkan
2. Polarisasi yang dimiliki
3. Frekuensi kerja,
4. Lebar band (*bandwidth*), dan
5. Impedansi input yang dimiliki.

2.2 Karakter Antena

Ada beberapa karakter penting antena yang perlu dipertimbangkan dalam memilih jenis antena untuk suatu aplikasi (termasuk untuk digunakan pada sebuah teleskop radio), yaitu pola radiasi, gain, return loss, VSWR dan bandwidth. Karakter-karakter ini umumnya sama pada sebuah antena, baik ketika antena tersebut menjadi peradiasi atau menjadi penerima, untuk suatu frekuensi dan bidang irisan tertentu.

2.2.1 Penguatan (*Gain*)

Gain (directive gain) adalah karakter antena yang terkait dengan kemampuan antena mengarahkan radiasi sinyalnya, atau penerimaan sinyal dari arah tertentu. *Gain* antena juga dapat didefinisikan sebagai ukuran keberarahan sebuah antena dimana *gain* antena sebagai keluaran daya pada arah tertentu. *Gain* bukanlah kuantitas yang dapat diukur dalam satuan fisis pada umumnya seperti watt, ohm, atau lainnya, melainkan suatu bentuk perbandingan. Oleh karena itu, satuan yang digunakan untuk *gain* adalah desibel. *Gain* dari sebuah antena adalah kualitas nyata yang besarnya lebih kecil dari pada penguatan antena tersebut yang dapat dinyatakan dengan persamaan : (*Niko Siagian, 2012 : 2*).

Ada dua jenis parameter penguatan (*Gain*) yaitu *absolute gain* dan *relative gain*. *Absolute gain* pada sebuah antena didefinisikan sebagai perbandingan antaraintensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima oleh antena teradiasi secara isotropik. Intensitas radiasi yang berhubungan dengan daya yang diradiasikan secara isotropik sama dengan daya yang diterima oleh antena (P_{in}) dibagi dengan 4π . *Absolute gain* ini dapat dihitung

dengan rumus :

$$Gain = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_n} \quad (2-1)$$

Sumber; Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti (hal 22)

Selain *absolute gain* juga ada *relative gain*. *Relative gain* didefinisikan sebagai perbandingan antara perolehan daya pada sebuah arah dengan perolehan daya pada antena referensi pada arah yang direferensikan juga. Daya masukan harus

sama di antara kedua antena itu. Akan tetapi, antena referensi merupakan sumber isotropik yang *lossless* ($P_{in}(lossless)$). Secara rumus dapat dihubungkan sebagai berikut :

$$G = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{in}(lossless)} \quad (2-2)$$

Sumber; Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti (hal 22)

Jika arah tidak ditentukan, maka perolehan daya biasanya diperoleh dari arah radiasi maksimum.

Gain total antena uji secara sederhana dirumuskan oleh persamaan

$$G_t \text{ (dB)} = (P_t \text{ (dBm)} - P_s \text{ (dBm)}) + G_s \text{ (dB)} \quad (2-3)$$

Sumber; Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti (hal 22)

Dimana :

G_t = Gain antena mikrostrip

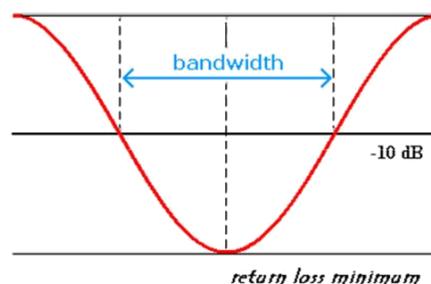
P_t = Nilai level sinyal maksimum yang diterima antena mikrostrip

P_s = Nilai level sinyal maksimum yang diterima GSM

G_s = Gain GSM

2.2.2 Bandwidth

Suatu antena didefinisikan sebagai rentang frekuensi di mana kinerja antena yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti impedansi masukan, pola, *beamwidth*, polarisasi, *gain*, efisiensi, VSWR, *return loss*, *axial ratio*) memenuhi spesifikasi standar.



Gambar 2.1 Bandwidth

(Sumber : Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya hal 19)

Bandwidth dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (2-4)$$

Sumber; Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti (hal 18)
dimana :

f_2 = frekuensi tertinggi

f_1 = frekuensi terendah

f_c = frekuensi tengah

2.2.3 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). (Surjati, 2010 : 17).

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2-5)$$

Sumber; Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti (hal 16)

Dimana Z_L adalah impedansi beban (*load*) dan Z_0 adalah impedansi saluran *lossless*. Koefisien refleksi tegangan (Γ) memiliki nilai kompleks, yang merepresentasikan besarnya magnitudo dan fasa dari refleksi. Untuk beberapa kasus yang sederhana, ketika bagian imajiner dari Γ adalah nol, maka [8]:

- a. $\Gamma = -1$: refleksi negatif maksimum, ketika saluran terhubung singkat,
- b. $\Gamma = 0$: tidak ada refleksi, ketika saluran dalam keadaan *matched* sempurna,
- c. $\Gamma = +1$: refleksi positif maksimum, ketika saluran dalam rangkaian terbuka.

Sedangkan rumus untuk mencari nilai VSWR adalah;

$$S = \frac{|\tilde{V}|_{max}}{|\tilde{V}|_{min}} = \frac{1+|\tau|}{1-|\tau|} \quad (2-6)$$

Sumber; Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti (hal 17)

Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 ($S=1$) yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna. Namun kondisi ini pada praktiknya sulit untuk didapatkan. Pada umumnya nilai VSWR yang dianggap masih baik adalah $VSWR \leq 2$.

2.2.4 Return Loss

Return loss adalah perbandingan antara gelombang amplitudo yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. *Return loss* dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena). Pada rangkaian gelombang mikro yang memiliki diskontinuitas (*missmatched*), besarnya return loss bervariasi tergantung pada frekuensi. (Surjati, 2010 : 15)

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Zl - Z_0}{Zl + Z_0} = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \quad (2-7)$$

$$\text{Retrun loss} = 20 \log_{10} |\Gamma| \quad (2-8)$$

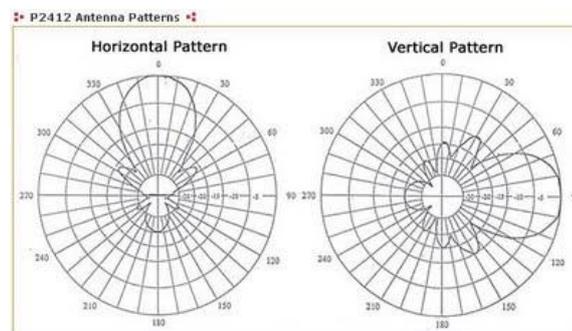
Sumber; Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti (hal 16)

Dengan menggunakan nilai $VSWR \leq 2$ maka diperoleh nilai *return loss* yang dibutuhkan adalah di bawah -9,5 dB. Dengan nilai ini, dapat dikatakan bahwa nilai gelombang yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan atau dengan kata lain, saluran transmisi sudah dapat dianggap *matching*. Nilai parameter ini dapat menjadi salah satu acuan untuk melihat apakah antenna sudah mampu bekerja pada frekuensi yang diharapkan atau tidak.

2.2.5 Polaradiasi

Pola radiasi adalah fungsi matematika atau representasi grafik dari sifat radiasi antenna sebagai fungsi ruang. Sifat radiasi tersebut meliputi kerapatan flux, intensitas radiasi, kuat medan, atau polarisasi. Biasanya sifat dari radiasi yang sangat penting adalah persebaran secara tiga dimensi atau dua dimensi dari energi yang diradiasi antenna. (Surjati, 2010 : 23)

Pola Radiasi atau Radiation Pattern adalah penggambaran radiasi yang berkaitan dengan kekuatan gelombang radio yang dipancarkan oleh antenna ataupun tingkat penerimaan sinyal yang diterima oleh antenna pada sudut yang berbeda pola radiasi antenna ada 2 yaitu directional dan omnidirectional. Antenna directional merupakan jenis antenna dengan narrow beamwidth, yaitu punya sudut pemancaran yang kecil dengan daya lebih terarah, jaraknya jauh dan tidak bisa menjangkau area yang luas, antenna directional mengirim dan menerima sinyal radio hanya pada satu arah, umumnya pada fokus yang sangat sempit, dan biasanya digunakan untuk koneksi point to point, atau multiple point, macam antenna direksional seperti antenna grid, dish “parabolic”, yagi, dan antenna sectoral. Antenna omnidirectional, yaitu jenis antenna yang memiliki pola pancaran sinyal ke segala arah dengan daya sama. Untuk menghasilkan cakupan area yang luas, gain dari antenna omnidirectional harus memfokuskan dayanya secara horizontal mendatar, dengan mengabaikan pola pemancaran ke atas dan ke bawah, sehingga antena dapat di letakan di tengah-tengah base station. Antenna omni mempunyai sifat umum radiasi atau pancaran sinyal 360-derajat yang tegak lurus ke atas. Omnidirectional antenna secara normal mempunyai gain sekitar 3-12 dBi.



Gambar 2.2 Pola Radiasi

(Sumber : Repository USU “Teori Dasar Antena”.)

2.2.6 Persamaan yang digunakan untuk Antena Microstripe Patch Circular

Karena antena yang digunakan berbentuk circular, maka persamaan – persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan fungsi logaritmik antena :

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{f \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-8)$$

2. Menentukan jari – jari elemen peradiasi :

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r f} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1.7726 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}} \quad (2-9)$$

3. Menentukan B dari nilai impedansi :

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-10)$$

4. Menentukan lebar saluran pencatu :

$$w = \frac{2 \times 1.6}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2 \times B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2 \times \epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2-11)$$

5. Menentukan panjang saluran pencatu :

$$\lambda_0 = \frac{c}{f}, \quad \lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}}, \quad L_t = \frac{1}{4} \times \lambda_d \quad (2-12)$$

6. Menentukan dimensi ground plane :

$$L_g = 6h + R \quad (2-13)$$

$$W_g = 6h + \frac{\pi}{2} R \quad (2-14)$$

Sumber; Syah A “Perancangan Antena Mikrostrip Patch Circular (2.45 GHz) Array

2.3 WiMax

WiMAX didefinisikan sebagai standard teknologi yang memungkinkan akses broadband wireless last mile sebagai alternatif broadband kabel dan DSL. WiMAX menyediakan fixed, nomadic, portabel, dan mobile wireless untuk koneksi wireless mobile tanpa harus line-of-sight (LOS) dengan base station. Dalam pengembangan cell radius sekitar 3-10 Km, WiMAX Forum Certified™ system diharapkan dapat memberikan kapasitas hingga 40 Mbps per channel, untuk fixed dan akses aplikasi portable. (Helfin, 2007 : 4).

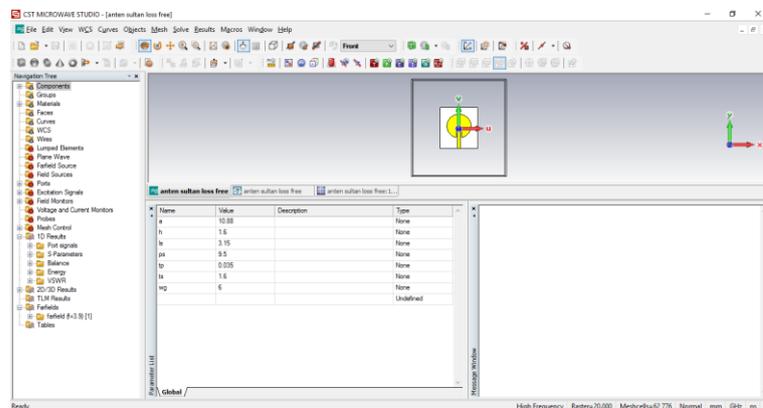
Tabel 2.1 Perbandingan Perkembangan Teknologi Wireless

Perbandingan Perkembangan Teknologi Wireless					
	Wi Fi 802.11 g	Wi Max 802.16- 2004*	Wi Max 802.16e	CDMA 2000 EVDO	WCDMA/UMTS
Jarak	100 meters	8 Km	5 Km	*	*
Maximum Ouput	54 Mbps	75 Mbps	30 Mbps	3.1 Mbps	2 Mbps
Frequency	2.4 GHz	2-11 GHz	2-6 GHz	1900 MHz	1800, 1900, 2100 MHz
Aplikasi	Wireless LAN	Fixed Wireless Broadband	Portable Wireless Broadband	Mobile Wireless Broadband	Mobile Wireless Broadband

2.4 Software Simulasi Perancangan Antena

2.4.1 CST Studio

Aplikasi yang menawarkan solusi komputasi yang akurat dan efisien untuk desain dan analisis elektromagnetik .Perangkat lunak simulasi 3D EM kami user-friendly dan memungkinkan Anda untuk memilih metode yang paling tepat untuk desain dan optimalisasi perangkat yang beroperasi dalam berbagai frekuensi. (Quora. <https://www.quora.com/What-is-cst-studio-software.>)



Gambar 2.3 Program CST Studio
(Sumber : Screenshot Program melalui device)

2.4.2 Advanced Design System

Perangkat lunak otomasi desain elektronik terdepan di dunia untuk aplikasi digital RF, microwave, dan kecepatan tinggi. Seperti simulator X-parameters * dan 3D EM, yang digunakan oleh perusahaan terkemuka di industri komunikasi & jaringan nirkabel dan kedirgantaraan & pertahanan. Untuk aplikasi data, radar, & satelit WiMAX TM, LTE, multi-gigabit per detik, radar, & satelit, ADS menyediakan desain dan verifikasi berbasis standar penuh dengan simulasi langsung Perpustakaan Nirkabel dan simulasi sistem rangkaian-EM dalam platform terpadu. (*Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_Design_System*).

2.4.3 Desain NI AWR

Membantu insinyur merancang, mengoptimalkan, dan mengintegrasikan antena. NI AWR menyediakan teknologi EM yang kuat untuk mensimulasikan metrik antena seperti keuntungan, kehilangan kembali, efisiensi radiasi, dan arus, dan untuk memvisualisasikan pola antena medan jauh 2D / 3D. Perangkat lunak NI AWR juga mempercepat perancangan dimulai dengan AntSyn TM, perangkat lunak berbasis awan sebagai solusi layanan (SaaS), untuk sintesis antena fisik berdasarkan persyaratan kinerja yang harus ditentukan oleh pengguna atau user. (*Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/AWR_Corporation*).

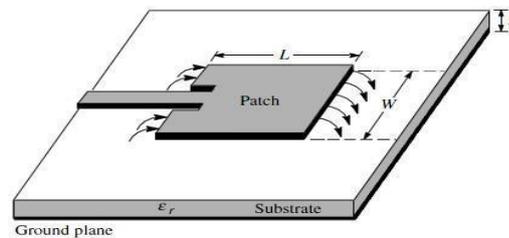
2.5 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip pertama kali diperkenalkan pada tahun 1950, dan perkembangannya dilakukan secara serius pada tahun 1970. Melalui beberapa dekade penelitian, diketahui bahwa kemampuan beroperasi antena mikrostrip diatur oleh bentuknya. Antena mikrostrip merupakan salah satu antena yang paling populer saat ini. Hal ini disebabkan karena antena mikrostrip sangat cocok digunakan untuk perangkat telekomunikasi yang sekarang ini memperhatikan bentuk dan ukuran.

Antena mikrostrip adalah suatu konduktor metal yang menempel diatas *groundplane* yang diantaranya terdapat bahan *dielektrik*. Secara umum Antena Mikrostrip terdiri atas tiga bagian, yaitu *patch*, *substrat*, dan *ground plane*. Patch

terletak diatas substrat sementara ground plane terletak pada bagian bawah. (sumber: Darsono, 2008: 89).

Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki massa ringan, mudah difabrikasi, dengan sifatnya yang konformal sehingga dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan dan ukurannya kecil jika dibandingkan dengan antena jenis lain. Karena sifat yang dimilikinya, antena mikrostrip sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini sehingga dapat diintegrasikan dengan peralatan telekomunikasi lain yang berukuran kecil, akan tetapi antena mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan yaitu: *bandwidth* yang sempit, *gain* dan *directivity* yang kecil, serta efisiensi yang rendah .



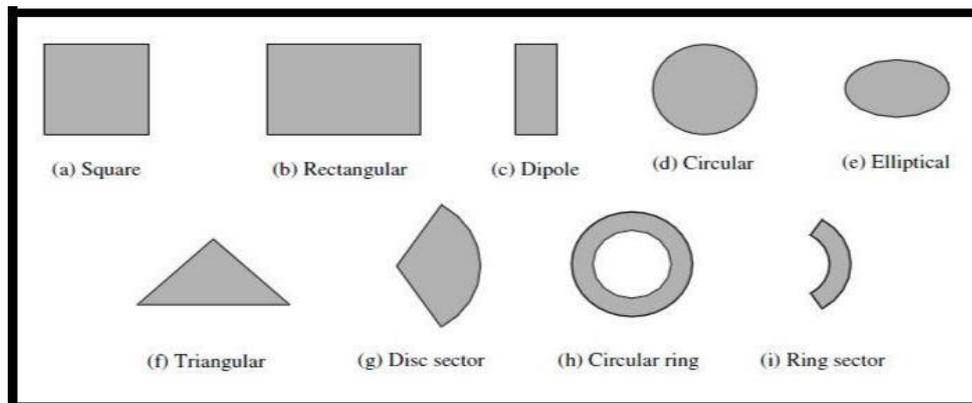
Gambar 2.4 Struktur Antena Mikrostrip

(Sumber : <https://docplayer.info>)

Antena mikrostrip terdiri dari tiga lapisan. Lapisan tersebut adalah *Conducting patch*, substrat dielektrik, dan *ground plane*. Masing–masinglapisan ini memiliki fungsi yang berbeda.

2.5.1 *Conducting Patch*

Patch adalah bagian yang terletak paling atas dari antena dan terbuat dari bahan konduktor ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara. *Patch* terbuat dari bahan konduktor, misal tembaga. Bentuk *patch* bisa bermacam-macam, lingkaran, *rectangular*, segitiga, ataupun bentuk *circular ring*. Bentuk *patch* tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.6. (sumber: Samsul,2015: 8)



Gambar 2.5 Jenis Patch Antena Mikrostrip
(sumber: Samsul,2015: 8)

2.5.2 Substrat dielektrik.

Substrat dielektrik merupakan bagian dari antena mikrostrip yang berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik dari catuan. Ketebalan *substrate* berpengaruh pada *bandwidth* dari antena mikrostrip, dengan menambah ketebalan *substrate* dapat mempertebal *bandwidth*. (sumber: Samsul,2015: 19)

Substrat terbuat dari bahan-bahan dielektrik. Substrat biasanya mempunyai tinggi (h) antara $0,002\lambda_0 - 0,005\lambda_0$. Berfungsi sebagai media penyalur GEM dari catuan. Karakteristik substrat sangat berpengaruh pada besar parameter-parameter antena. Pengaruh ketebalan substrat dielektrik terhadap parameter antena adalah pada *bandwidth*. Penambahan ketebalan substrat akan memperbesar *bandwidth*.

2.5.3 Ground plane

Ground plane yaitu lapisan paling bawah yang berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan (sumber :Teguh, dkk, 2015), *Groundplane* pada antena berpengaruh pada nilai parameter antena yaitu *Return Loss*, *VSWR*, dan *Gain*. Semakin baik bentuk *groundplane* pada antena maka akan semakin baik pula hasil parameter pada antena.

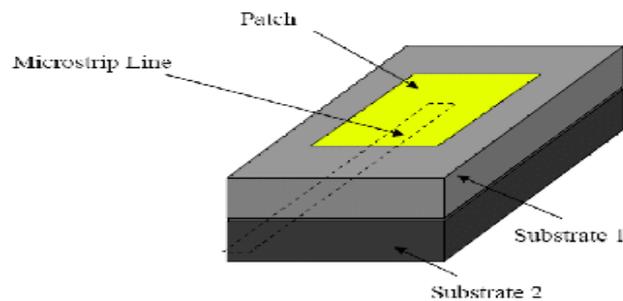
2.6 Teknik Pencatuan

Teknik pencatuan pada antena mikrostrip adalah teknik untuk mentransmisikan energi elektromagnetik ke antena mikrostrip dan teknik pencatuan merupakan salah satu hal penting dalam menentukan proses perancangan antena

mikrostrip. Masing-Masing teknik mempunyai kelebihan dan kelemahan masing-masing.

2.6.1 *Electromagnetically Coupled (EMC)*

Salah satu kelemahan antenna mikrostrip adalah *bandwidth* yang sempit. Banyak cara yang dapat digunakan untuk mengatasi kelemahan ini, antara lain dengan menggunakan substrat yang tebal, dengan menambahkan parasitic agar mendapat tanggapan resonansi ganda. Kemudian dengan menggunakan saluran mikrostrip yang dikopel secara *proximity* pada *patch* yang terletak pada lapisan di atas saluran. Dengan posisi saluran catu di atas patch, maka saluran tersebut dapat dibawa ke bagian bawah antenna, sehingga ada dua substrat yang digunakan pada teknik ini yang berada diatas bidang petanahan , dengan menghilangkan bidang pentanahan pada substrat yang berada di atas. Geometri antenna mikrostrip menggunakan saluran mikrostrip yang dikopel secara *proximity* .



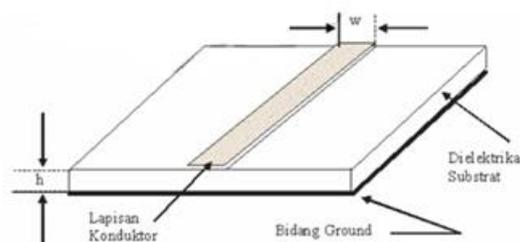
Gambar 2.6 *Electromagnetically coupled*
(Sumber : <http://www.slidehare.net>)

Dua substrat dielektrik akan digunakan jika teknik pencatuan ini diterapkan. Saluran pencatu terletak diantara dua substrat tersebut dan elemen peradiasi tereletak pada substrat bagian atas. Keuntungan utama dari teknik pencatuan ini adalah dapat mengeliminasi radiasi pada elemen pencatu (*spurious feed radiation*) dan mampu menghasilkan bandwidth yang tinggi (13%), karena meningkatkan ketebalan pada *patch* antenna. Pada teknik ini dapat digunakan dua substrat dielektrik yang berbeda (ketebalan dan konstanta dielektrik substrat), satu untuk elemen peradiasi dan satu substrat lainnya untuk saluran pencatu.

Substrat bagian atas (*upper substrate*) yaitu substrat dimana antena membutuhkan substrat yang relatif lebih tebal dengan nilai konstanta dielektrik yang relatif kecil. Hal tersebut meningkatkan bandwidth dan performa radiasi dari antena. Substrat bagian bawah yaitu substrat dengan saluran pencatu membutuhkan substrat yang tipis dengan konstanta dielektrik yang relatif lebih tinggi dari substrat pada bagian atas.

2.6.2 *Microstrip Feeding*

Saluran transmisi mikrostrip tersusun dari dua konduktor, yaitu sebuah *strip* dengan lebar w dan bidang pentanahan, keduanya dipisahkan oleh suatu substrat yang memiliki permitivitas relatif ϵ_r dengan tinggi h . Parameter utama yang penting untuk diketahui pada suatu saluran transmisi adalah impedansi karakteristiknya Z_0 . Impedansi karakteristik Z_0 dari saluran mikrostrip ditentukan oleh lebar strip (w) dan tinggi substrat (h).

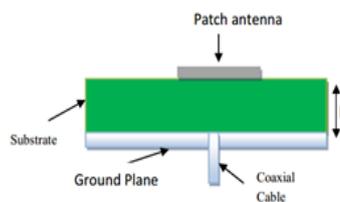


Gambar 2.7 Saluran Mikrostrip

(Sumber : Zulkifli, Studi tentang antena mikrostrip, 2008)

2.6.3 *Coaxial Feeding*

Coaxial feeding merupakan salah satu teknik pencatuan yang mana konduktor dalam coaxialnya disematkan pada elemen peradiasi yang konduktor luarnya terhubung dengan ground plane. Keuntungan menggunakan coaxial feeding adalah pembuatan yang mudah, mudah *dimatchingkan*.

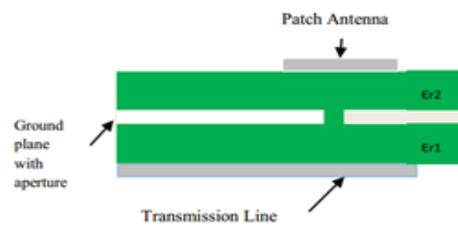


Gambar 2.8 *Coaxial Feeding*

(Sumber : METIS, 2013)

2.6.4 *Aperture Feeding*

Dalam teknik ini, Saluran transmisi dipisahkan dari antena menggunakan sebuah plat konduktor yang mempunyai aperture untuk melewatkan energi ke antena. Substrate yang diatas dapat dibuat dengan permitivitas yang lebih rendah dari yang dibawah untuk menghasilkan radiasi yang lebih baik. Kerugiannya adalah sulit untuk disusun/dibuat.



Gambar 2.9 *Aperture Feeding*
(Sumber : METIS, 2013)