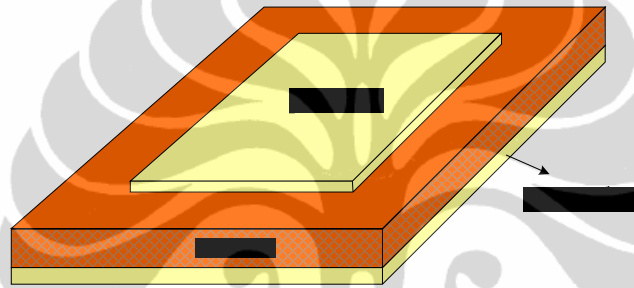


BAB II

ANTENA MIKROSTRIP

2.1. STRUKTUR DASAR ANTENA MIKROSTRIP

Antena mikrostrip merupakan sebuah antena yang tersusun atas 3 elemen yaitu: elemen peradiasi (*radiator*), elemen substrat (*substrate*), dan elemen pentanahan (*ground*), seperti ditunjukkan pada gambar 2.1.



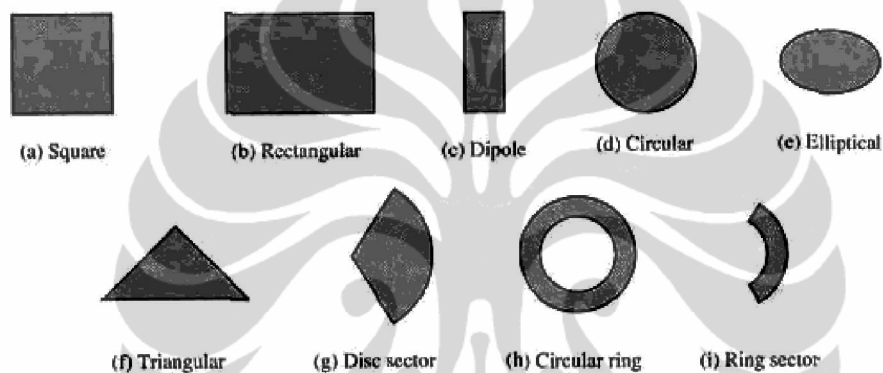
Gambar 2.1. Struktur dasar antena mikrostrip

Elemen peradiasi (*radiator*) atau biasa disebut sebagai *patch*, berfungsi untuk meradiasi gelombang elektromagnetik dan terbuat dari lapisan logam (*metal*) yang memiliki ketebalan tertentu. Jenis logam yang biasanya digunakan adalah tembaga (*copper*) dengan konduktifitas $5,8 \times 10^7$ S/m. Berdasarkan bentuknya, *patch* memiliki jenis yang bermacam-macam diantaranya bujur sangkar (*square*), persegi panjang (*rectangular*), garis tipis (*dipole*), lingkaran, elips, segitiga, dll. Gambar 2.2 memperlihatkan beberapa jenis *patch* dari antena mikrostrip [9][10].

Elemen substrat (*substrate*) berfungsi sebagai bahan dielektrik dari antena mikrostrip yang membatasi elemen peradiasi dengan elemen pentanahan. Elemen ini memiliki jenis yang bervariasi yang dapat digolongkan berdasarkan nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) dan ketebalannya (h). Kedua nilai tersebut mempengaruhi frekuensi kerja, bandwidth, dan juga efisiensi dari antena yang akan dibuat. Ketebalan substrat jauh lebih besar daripada ketebalan konduktor

metal peradiasi. Semakin tebal substrat maka *bandwidth* akan semakin meningkat, tetapi berpengaruh terhadap timbulnya gelombang permukaan (*surface wave*). Gelombang permukaan pada antena mikrostrip merupakan efek yang merugikan karena akan mengurangi sebagian daya yang seharusnya dapat digunakan untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke arah yang diinginkan.[9][10].

Sedangkan elemen pentanahan (*ground*) berfungsi sebagai pembumian bagi sistem antena mikrostrip. Elemen pentanahan ini umumnya memiliki jenis bahan yang sama dengan elemen peradiasi yaitu berupa logam tembaga.



Gambar 2.2. Beberapa bentuk *patch* [10]

Antena mikrostrip memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan antena lainnya, seperti secara fisik antena mikrostrip lebih tipis, lebih kecil, dan lebih ringan, biaya pabrikasi yang murah, dapat dilakukan polarisasi linear dan lingkaran dengan pencatutan yang sederhana, dan sebagainya. Tetapi, antena mikrostrip juga memiliki keterbatasan dibandingkan dengan antena lainnya, diantaranya memiliki *bandwidth* yang sempit, gain yang rendah, dan memiliki efek gelombang permukaan (*surface wave*).

Karena memiliki bentuk dan ukuran yang ringkas, antena mikrostrip sangat berpotensi untuk digunakan pada berbagai macam aplikasi yang membutuhkan spesifikasi antena yang berdimensi kecil, dapat mudah dibawa (*portable*) dan dapat diintegrasikan dengan rangkaian elektronik lainnya (seperti IC, rangkaian aktif, dan rangkaian pasif). Antena mikrostrip telah banyak mengalami pengembangan sehingga mampu diaplikasikan pada berbagai

kegunaan seperti komunikasi satelit, militer, aplikasi bergerak (*mobile*), kesehatan, dan komunikasi radar [9].

2.2. MODEL CAVITY

Untuk dapat menganalisis sebuah antena mikrostrip, maka diperlukan sebuah pemodelan yang dapat menggambarkan kondisi antena ke dalam sebuah kondisi persamaan yang dapat dianalisis secara akurat. Berbagai pemodelan untuk antena mikrostrip tersebut telah banyak dikembangkan dan satu diantaranya yang populer adalah model *cavity*.

Pada model *cavity*, daerah interior yaitu ruang antara *patch* dan bidang pentanahan diasumsikan sebagai sebuah ruang (*cavity*) yang dilingkari oleh suatu dinding magnetik sepanjang tepinya, dan diapit oleh dinding elektrik dari atas dan bawah. Model *cavity* dari sebuah antena mikrostrip diperlihatkan pada Gambar 2.3. Beberapa asumsi model *cavity* berdasarkan observasi dari substrat tipis ($h \ll \lambda_0$) [10]:

- Medan elektrik E hanya terdiri atas komponen z , dan medan magnetik H terdiri atas komponen *transverse* (komponen x dan y) di dalam daerah yang dibatasi oleh *patch* dan bidang pentanahan.
- Medan-medan dalam daerah ini tidak berubah-ubah (bebas) terhadap koordinat z untuk semua frekuensi yang digunakan.
- Komponen tangensial H sepanjang tepi diabaikan.
- Memasukkan medan tepi (*fringing field*) dalam perhitungan dengan sedikit memperlebar tepi-tepi.

Dengan peninjauan seperti diatas, maka persamaan Maxwell untuk daerah diantara *patch* dengan bidang pentanahan dituliskan sebagai [9]:

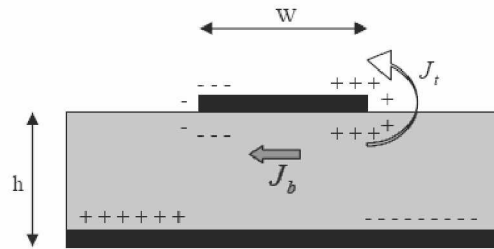
$$\nabla \times \bar{E} = -j\omega\mu_0 \bar{H} \quad (2.1)$$

$$\nabla \times \bar{H} = j\omega\epsilon \bar{E} + \bar{J} \quad (2.2)$$

$$\nabla \cdot \bar{E} = \zeta / \epsilon \quad (2.3)$$

$$\nabla \cdot \bar{H} = 0 \quad (2.4)$$

Dimana ϵ adalah permitivitas dari substrat, μ_0 adalah permeabilitas ruang hampa, dan J adalah rapat arus.



Gambar 2.3. Distribusi muatan dan densitas arus yang terbentuk pada *patch* mikrostrip [10]

Ketika suatu *patch* (elemen peradiasi) diberikan daya, maka akan terjadi distribusi muatan seperti yang terlihat pada bagian atas dan bawah dari permukaan elemen peradiasi dan pada bagian bidang pentanahan (Gambar 2.3). Distribusi muatan ini diatur dengan dua mekanisme yaitu mekanisme tarik-menarik dan mekanisme tolak-menolak. Mekanisme tarik-menarik terjadi antara dua muatan yang berlawanan yaitu antara muatan yang terdapat pada bagian bawah dari elemen peradiasi dengan muatan yang terdapat pada bidang pentanahan. Hal tersebut akan membantu menjaga agar konsentrasi muatan tetap ada pada bagian bawah elemen peradiasi. Mekanisme tolak-menolak terjadi antar muatan yang terdapat pada bagian bawah elemen peradiasi. Hal tersebut akan menyebabkan beberapa muatan terdorong dari bagian bawah patch ke bagian atas dari patch. Pergerakan muatan ini akan menyebabkan arus mengalir pada bagian bawah dan atas dari elemen peradiasi.

Model analisis cavity mengasumsikan bahwa perbandingan ketebalan dengan lebar (ketebalan substrat dan lebar elemen peradiasi) sangat kecil dan akibatnya, mekanisme tarik-menarik antar muatan akan mendominasi dan menyebabkan sebagian besar konsentrasi muatan dan arus akan terjadi pada bagian bawah dari permukaan patch. Ketika perbandingan height to width semakin menurun, arus yang berada pada bagian atas permukaan elemen peradiasi akan mendekati nol, sehingga tidak akan terbentuk komponen tangensial medan magnetik pada tepi elemen peradiasi. Empat dinding sisi antenna dapat dimodelkan sebagai permukaan konduktor magnetik yang sempurna. Hal tersebut menyebabkan

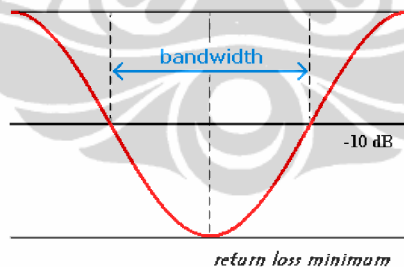
distribusi medan magnet dan medan listrik yang terdapat pada elemen peradiasi tidak terganggu. Akan tetapi pada tataran praktis, komponen tangensial dari medan magnetik tidak akan sama dengan nol tetapi memiliki nilai yang sangat kecil dan dinding sisi antenna bukan merupakan konduktor magnetik yang sempurna. Karena dinding *cavity* (dalam hal ini merupakan material substrat) *lossless*, *cavity* tidak akan beradiasi dan sifat dari impedansi masukannya akan murni reaktif [9][10].

2.3. PARAMETER UMUM ANTENA MIKROSTRIP

Unjuk kerja (*performance*) dari suatu antenna mikrostrip dapat diamati dari parameternya. Beberapa parameter utama dari sebuah antenna mikrostrip akan dijelaskan sebagai berikut.

2.3.1. Bandwidth

Bandwidth (Gambar 2.4) suatu antenna didefinisikan sebagai rentang frekuensi di mana kinerja antenna yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti impedansi masukan, pola, *beamwidth*, polarisasi, *gain*, efisiensi, VSWR, *return loss*, *axial ratio*) memenuhi spesifikasi standar [9].



Gambar 2.4. Rentang frekuensi yang menjadi *bandwidth* [11]

Bandwidth dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (2-5)$$

dimana : f_2 = frekuensi tertinggi

f_1 = frekuensi terendah

f_c = frekuensi tengah

Ada beberapa jenis *bandwidth* di antaranya [12]:

- a. *Impedance bandwidth*, yaitu rentang frekuensi di mana *patch* antenna berada pada keadaan *matching* dengan saluran pencatu. Hal ini terjadi karena impedansi dari elemen antenna bervariasi nilainya tergantung dari nilai frekuensi. Nilai *matching* ini dapat dilihat dari *return loss* dan VSWR. Pada umumnya nilai *return loss* dan VSWR yang masih dianggap baik masing-masing adalah kurang dari -9,54 dB dan 2.
- b. *Pattern bandwidth*, yaitu rentang frekuensi di mana *beamwidth*, *sidelobe*, atau *gain*, yang bervariasi menurut frekuensi memenuhi nilai tertentu. Nilai tersebut harus ditentukan pada awal perancangan antenna agar nilai *bandwidth* dapat dicari.
- c. *Polarization* atau *axial ratio bandwidth* adalah rentang frekuensi di mana polarisasi (linier atau melingkar) masih terjadi. Nilai *axial ratio* untuk polarisasi melingkar adalah kurang dari 3 dB.

2.3.2. VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

VSWR adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V|_{\max}$) dengan minimum ($|V|_{\min}$) [13]. 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 sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ) [13]:

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2-6)$$

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 [13]:

- $\Gamma = -1$: refleksi negatif maksimum, ketika saluran terhubung singkat,
- $\Gamma = 0$: tidak ada refleksi, ketika saluran dalam keadaan *matched* sempurna,

- $\Gamma = +1$: refleksi positif maksimum, ketika saluran dalam rangkaian terbuka.

Sedangkan rumus untuk mencari nilai VSWR adalah [13]:

$$S = \frac{\left| \tilde{V} \right|_{\max}}{\left| \tilde{V} \right|_{\min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2-7)$$

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 $VSWR \leq 2$. Sedangkan pada penelitian ini, nilai VSWR yang diharapkan adalah 1,5 untuk memenuhi spesifikasi teknis aplikasi CPE pada WiMAX [8].

2.3.3. Return Loss

Return Loss adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan [11]. *Return Loss* digambarkan sebagai peningkatan amplitudo dari gelombang yang direfleksikan (V_0^-) dibanding dengan gelombang yang dikirim (V_0^+). *Return Loss* dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena). Pada rangkaian gelombang mikro yang memiliki diskontinuitas (*mismatched*), besarnya *return loss* bervariasi tergantung pada frekuensi [13].

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \quad (2-8)$$

$$\text{return loss} = 20 \log_{10} |\Gamma| \quad (2-9)$$

Dengan menggunakan nilai $VSWR \leq 1,5$ maka diperoleh nilai *return loss* yang dibutuhkan adalah di bawah -14 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.

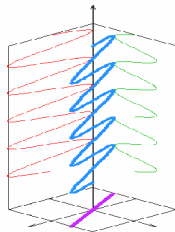
2.3.4. Polarisasi

Polarisasi antenna adalah polarisasi dari gelombang yang ditransmisikan oleh antenna [9]. Jika arah tidak ditentukan maka polarisasi merupakan polarisasi pada arah *gain* maksimum. Pada praktiknya, polarisasi dari energi yang teradiasi bervariasi dengan arah dari tengah antenna, sehingga bagian lain dari pola radiasi mempunyai polarisasi yang berbeda.

Polarisasi dari gelombang yang teradiasi didefinisikan sebagai suatu keadaan gelombang elektromagnet yang menggambarkan arah dan magnitudo vektor medan elektrik yang bervariasi menurut waktu. Selain itu, polarisasi juga dapat didefinisikan sebagai gelombang yang diradiasikan dan diterima oleh antenna pada suatu arah tertentu.

Polarisasi dapat diklasifikasikan sebagai *linear* (linier), *circular* (melingkar), atau *elliptical* (elips). Polarisasi linier (Gambar 2.5) terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik di ruang memiliki vektor medan elektrik (atau magnet) pada titik tersebut selalu berorientasi pada garis lurus yang sama pada setiap waktu. Hal ini dapat terjadi jika vektor (elektrik maupun magnet) memenuhi :

- a. hanya ada satu komponen, atau
- b. 2 komponen yang saling tegak lurus secara linier yang berada pada perbedaan fasa waktu atau 180^0 atau kelipatannya



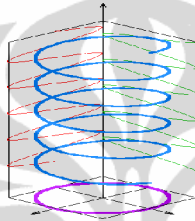
Gambar 2.5. Polarisasi linier [11]

Polarisasi melingkar (Gambar 2.6) terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik memiliki vektor medan elektrik (atau magnet) pada titik tersebut berada pada jalur lingkaran sebagai fungsi waktu.

Kondisi yang harus dipenuhi untuk mencapai jenis polarisasi ini adalah :

- Medan harus mempunyai 2 komponen yang saling tegak lurus linier
- Kedua komponen tersebut harus mempunyai magnitudo yang sama
- Kedua komponen tersebut harus memiliki perbedaan fasa waktu pada kelipatan ganjil 90^0 .

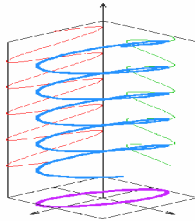
Polarisasi melingkar dibagi menjadi dua, yaitu *Left Hand Circular Polarization (LHCP)* dan *Right Hand Circular Polarization (RHCP)*. *LHCP* terjadi ketika $\delta = +\pi / 2$, sebaliknya *RHCP* terjadi ketika $\delta = -\pi / 2$



Gambar 2.6. Polarisasi melingkar [10]

Polarisasi elips (Gambar 2.7) terjadi ketika gelombang yang berubah menurut waktu memiliki vektor medan (elektrik atau magnet) berada pada jalur kedudukan elips pada ruang. Kondisi yang harus dipenuhi untuk mendapatkan polarisasi ini adalah :

- medan harus mempunyai dua komponen linier ortogonal
- Kedua komponen tersebut harus berada pada magnitudo yang sama atau berbeda
- Jika kedua komponen tersebut tidak berada pada magnitudo yang sama, perbedaan fasa waktu antara kedua komponen tersebut harus tidak bernilai 0^0 atau kelipatan 180^0 (karena akan menjadi linier). Jika kedua komponen berada pada magnitudo yang sama maka perbedaan fasa di antara kedua komponen tersebut harus tidak merupakan kelipatan ganjil dari 90^0 (karena akan menjadi lingkaran).



Gambar 2.7. Polarisasi Elips [10]

2.3.5. Keterarahan (*Directivity*)

Keterarahan dari sebuah antenna didefinisikan sebagai perbandingan (rasio) intensitas radiasi sebuah antenna pada arah tertentu dengan intensitas radiasi rata-rata pada semua arah [14]. Intensitas radiasi rata-rata sama dengan jumlah daya yang diradiasikan oleh antenna dibagi dengan 4π . Jika arah tidak ditentukan, arah intensitas radiasi maksimum merupakan arah yang dimaksud. Keterarahan ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini [9]:

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{P_{rad}} \quad (2-10)$$

Dan jika arah tidak ditentukan, keterarahan terjadi pada intensitas radiasi maksimum yang didapat dengan rumus [9]:

$$D_{max} = D_0 = \frac{U_{max}}{U_0} = \frac{4\pi U_{max}}{P_{rad}} \quad (2-11)$$

dimana :

- D = keterarahan
- D_0 = keterarahan maksimum
- U = intensitas radiasi
- U_{max} = intensitas radiasi maksimum
- U_0 = intensitas radiasi pada sumber isotropik
- P_{rad} = daya total radiasi

2.3.6. Penguatan (*Gain*)

Ada dua jenis parameter penguatan (*Gain*) yaitu *absolute gain* dan *relative gain* [9]. *Absolute gain* pada sebuah antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima oleh antenna teradiasi secara isotropik. Intensitas radiasi yang berhubungan dengan daya yang diradiasikan secara isotropik sama dengan daya yang diterima oleh antenna (P_{in}) dibagi dengan 4π . *Absolute gain* ini dapat dihitung dengan rumus [9]:

$$gain = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (2-12)$$

Selain *absolute gain* juga ada *relative gain*. *Relative gain* didefinisikan sebagai perbandingan antara perolehan daya pada sebuah arah dengan perolehan daya pada antenna referensi pada arah yang direferensikan juga. Daya masukan harus sama di antara kedua antenna itu. Akan tetapi, antenna referensi merupakan sumber isotropik yang *lossless* ($P_{in}(lossless)$). Secara rumus dapat dihubungkan sebagai berikut [9]:

$$G = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{in}(lossless)} \quad (2-13)$$

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

2.4. ANTENA MIKROSTRIP PATCH PERSEGI PANJANG

Patch berbentuk persegi panjang merupakan bentuk yang paling umum digunakan dan mudah untuk dianalisa. Berikut adalah beberapa perhitungan yang digunakan untuk merancang antenna mikrostrip berbentuk persegi panjang [9][10]:

Menentukan lebar *patch* (W) :

$$W = \frac{c}{2f_o \sqrt{\frac{(\epsilon_r + 1)}{2}}} \quad (2-14)$$

Dimana c adalah kecepatan cahaya di ruang bebas yaitu sebesar 3×10^8 m/det, f_o adalah frekuensi kerja dari antenna, dan ϵ_r adalah konstanta dielektrik dari bahan substrat. Sedangkan untuk menentukan panjang *patch* (L) diperlukan parameter ΔL yang merupakan pertambahan panjang dari L akibat adanya *fringing effect*. Pertambahan panjang dari L (ΔL) tersebut dirumuskan dengan [9][10]:

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (2-15)$$

Dimana h merupakan tinggi substrat, dan ϵ_{reff} adalah konstanta dielektrik relatif yang dirumuskan sebagai [9][10]:

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12h/W}} \right) \quad (2-16)$$

Dengan demikian panjang *patch* (L) diberikan oleh :

$$L = L_{\text{eff}} - 2\Delta L \quad (2-17)$$

Dimana L_{eff} merupakan panjang *patch* efektif yang dapat dirumuskan dengan :

$$L_{\text{eff}} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \quad (2-18)$$

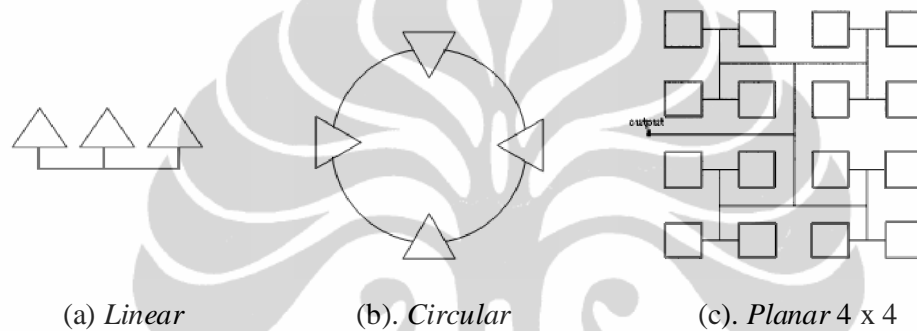
2.5. ANTENA MIKROSTRIP ARRAY

Umumnya antena mikrostrip dengan *patch* elemen tunggal memiliki pola radiasi yang sangat lebar, dan menghasilkan keterarahan dan perolehan (*gain*) yang kurang baik [9]. Sedangkan pada beberapa aplikasinya diperlukan antena dengan keterarahan yang baik dan perolehan (*gain*) yang tinggi. Untuk memenuhi kebutuhan karakteristik tersebut, maka antena mikrostrip disusun dengan beberapa konfigurasi. Susunan antena ini sering disebut sebagai antena susun (*array*).

Antena *array* adalah susunan dari beberapa antena yang identik. Dalam antena mikrostrip *patch*, yang disusun secara *array* adalah bagian *patch*. Medan total dari antena *array* ditentukan oleh penjumlahan vektor dari medan yang diradiasikan oleh elemen tunggal. Untuk membentuk pola yang memiliki keterarahan tertentu, diperlukan medan dari setiap elemen *array* berinterferensi secara konstruktif pada arah yang diinginkan dan berinterferensi secara destruktif pada arah yang lain. Pada antena *array* dengan elemen yang identik, terdapat lima parameter yang dapat digunakan untuk membentuk pola antena, yaitu [9]:

- a. konfigurasi geometri (linier, melingkar, *rectangular*, *spherical*, dll)
- b. pemindahan relatif antara elemen
- c. amplitudo eksitasi dari setiap elemen
- d. fasa eksitasi dari setiap elemen
- e. pola relatif dari setiap elemen

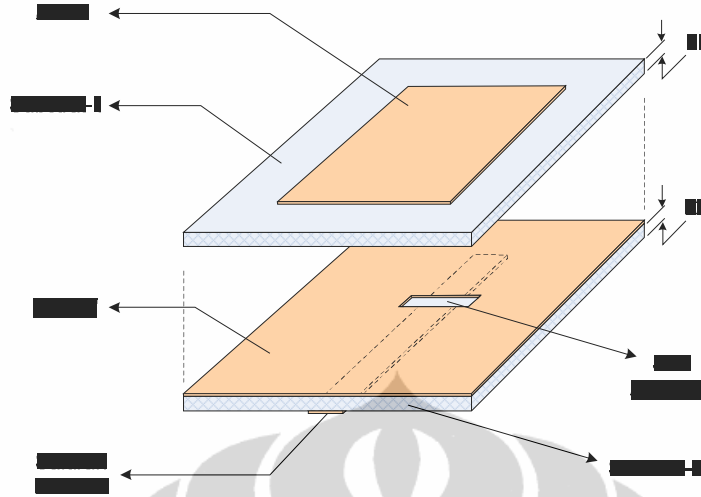
Ada beberapa macam konfigurasi antena *array*, di antaranya : *linear*, *planar*, dan *circular*. Antena *array linear* adalah *array* dengan titik pusat elemen *array* berada pada satu garis lurus. Antena *array planar* adalah *array* dengan susunan elemen *array* membentuk sebuah area yang berbentuk kotak (ditunjukkan pada gambar 2.8). Antena *array circular* adalah *array* dengan elemen *array* terletak pada suatu lingkaran dengan radius tertentu. Masing-masing konfigurasi memiliki keuntungan, misalnya *linear array* memiliki kelebihan dalam perhitungan yang tidak terlalu rumit, sedangkan *planar array* memiliki kelebihan dalam pengaturan dan pengendalian arah pola radiasi.



Gambar 2.8. Antena *array* [14]

2.6. TEKNIK PENCATUAN *APERTURE COUPLED*

Teknik pencatuan pada antena mikrostrip merupakan teknik untuk mentransmisikan energi elektromagnetik ke antena mikrostrip. Terdapat berbagai konfigurasi teknik yang telah dikembangkan yang masing-masingnya tentu memiliki kelebihan dan kekurangan. Salah satu teknik yang populer, sederhana dan mudah dipabrikasi adalah teknik *line feed*, tetapi teknik ini menghasilkan *bandwidth* yang tidak lebar (biasanya 2-5%)[9]. Untuk kebutuhan mendapatkan *bandwidth* yang lebar, salah satu teknik yang dapat digunakan adalah dengan teknik pencatuan *aperture coupled*. Arsitektur teknik pencatuan ini ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Teknik pencatuan *aperture coupled* [2]

Pada konfigurasi teknik pencatuan *aperture coupled*, pengkopelan dari saluran pencatu (*feed-line*) ke *patch* melalui sebuah *aperture* kecil yang berupa *slot* pada bidang pentanahan (*ground plane*). Bentuk, ukuran, dan lokasi penempatan *slot aperture* dapat mempengaruhi pengkopelan dari saluran pencatu ke *patch*, begitu juga dengan tinggi substrat yang digunakan dapat bervariasi dengan susunan yang berlapis-lapis (*multilayer*). Umumnya *slot aperture* tersebut ditempatkan di tengah bawah dari *patch* [15].

Teknik pencatuan jenis ini pertama sekali dibuat pada tahun 1985 yang bertujuan untuk meningkatkan *bandwidth* dari antenna mikrostrip. Dengan pengoptimalan beberapa parameter termasuk dimensi *slot aperture*, maka dapat dicapai *bandwidth* mendekati 70 % [15]. Untuk menentukan dimensi *slot aperture* dari teknik pencatuan ini dapat digunakan Persamaan (2-19) dan (2-20) [2].

Panjang *slot aperture* (L_a):

$$L_a = (0,1 - 0,2)\lambda_0 \quad (2-19)$$

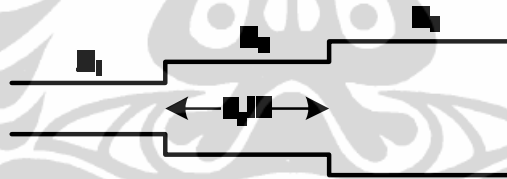
Lebar *slot aperture* (W_a):

$$W_a = 0,10L_a \quad (2-20)$$

2.7. IMPEDANCE MATCHING

Impedance matching merupakan cara atau teknik yang dipakai untuk menyesuaikan dua impedansi yang tidak sama, yaitu impedansi karakteristik saluran (Z_0) dan impedansi beban (Z_L). Beban dapat berupa antena atau rangkaian lain yang mempunyai impedansi ekuivalen.

Impedance matching mempunyai peranan yang sangat penting untuk memaksimalkan transfer daya dari sumber sinyal ke beban. Kondisi yang sesuai (*match*) antara impedansi karakteristik saluran dengan beban akan menghasilkan transfer daya yang maksimal, karena redaman yang disebabkan daya pantul akan diminimalkan. Pada prinsipnya, untuk menyesuaikan impedansi saluran dengan impedansi beban dilakukan dengan menyisipkan suatu “transformator impedansi” yang berfungsi mengubah impedansi beban sama dengan impedansi karakteristik saluran. Ada beberapa bentuk atau model teknik penyesuaian impedansi ini, diantaranya adalah balun (balance to unbalance) transformator, transformator $\frac{1}{4}\lambda$, *single stub tuner*, *double stub tuner*, dan *lumped circuit* [16]. Pada tesis ini digunakan teknik transformator $\frac{1}{4}\lambda$ (Gambar 2.10).



Gambar 2.10. Pemberian transformator $\frac{1}{4}\lambda$ untuk memperoleh *impedance matching* [16]

Transformator $\frac{1}{4}\lambda$ adalah suatu teknik *impedance matching* dengan cara memberikan saluran transmisi dengan impedansi Z_T di antara dua saluran transmisi yang tidak *match*. Panjang saluran transformator $\frac{1}{4}\lambda$ ini adalah sebesar $l = \frac{1}{4} \lambda_g$, di mana λ_g merupakan panjang gelombang pada bahan dielektrik yang besarnya dapat dihitung dengan Persamaan 2-21.

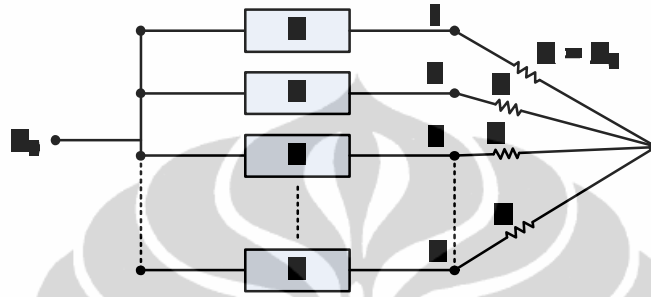
$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}} \quad (2-21)$$

dimana λ_0 adalah panjang gelombang pada ruang bebas. Nilai impedansi Z_T dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2-22.

$$\lambda_T = \sqrt{Z_1 Z_3} \quad (2-22)$$

2.8. POWER DIVIDER

Salah satu teknik yang dapat mendukung *impedance matching* pada saluran transmisi khususnya untuk antena mikrostrip array adalah *power divider* (*combiner*). Dalam hal ini, metoda Wilkinson merupakan teknik yang umum digunakan. Gambar 2.11 memperlihatkan *power divider* metoda Wilkinson [17].



Gambar 2.11. *N*-way Wilkinson combiner

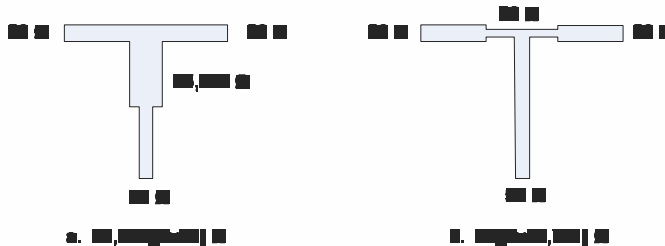
Pada metoda Wilkinson, nilai impedansi Z diberikan dengan Persamaan 2-23 berikut [17].

$$Z = Z_0 \sqrt{N} \quad (2-23)$$

dimana N adalah jumlah titik pencabangan.

2.9. T-JUNCTION 50 OHM

T-junction merupakan sebuah teknik *power divider* yang umum digunakan pada konfigurasi antena *array*. Terdapat dua jenis *T-junction 50 Ohm* yang dapat digunakan sebagai *power divider* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.12 [2].



Gambar 2.12. *T-junction* 50 ohm