

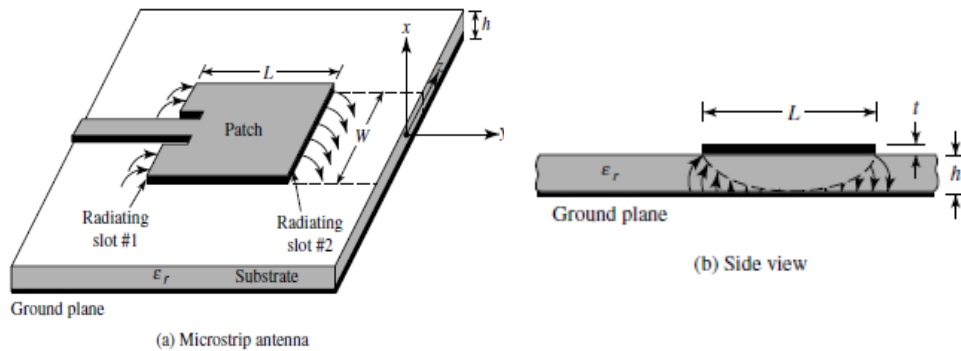
II.3. Teori Pendukung

Antena adalah elemen yang penting pada setiap sistem telekomunikasi tanpa kabel (nirkabel/ wireless). Pemilihan antena yang tepat, perancangan yang baik, dan pemasangan yang tepat akan menjamin kinerja (performansi) sistem tersebut. Sebuah antena didefinisikan sebagai peranti yang digunakan untuk mengubah gelombang tertuntun ke pemancar menjadi gelombang ruang bebas. Gelombang radio ini akan merambat di ruang bebas dari pemancar ke penerima. Di penerima, antena akan mengubah gelombang ruang bebas ini menjadi gelombang tertuntun. Berikut akan dijelaskan lebih mendalam mengenai antena mikrostrip, parameter antena mikrostrip, saluran pencatu, bentuk-bentuk antena mikrostrip, dan penggunaan slot pada patch antena mikrostrip [6].

II.3.1. Antena Mikrostrip

Konsep antena mikrostrip diusulkan pertama kali oleh Deschamps pada awal tahun 1950 dan baru dibuat sekitar tahun 1970 oleh Munson dan Howel. Antena mikrostrip merupakan antena gelombang mikro yang digunakan sebagai radiator pada sejumlah sistem telekomunikasi modern saat ini. Pada Gambar 2.1 menunjukkan bahwa antena mikrostrip terdiri dari lapisan konduktor yang sangat tipis ($t \ll \lambda_0$) yang disebut dengan *patch*. *Patch* ini ditempatkan sangat dekat dari *ground plane* dengan jarak $h \ll \lambda_0$ ($0,003 \lambda_0 \leq h \leq 0,05 \lambda_0$). *Patch* dan *ground plane* ini dipisahkan dengan lembaran dielektrik yang disebut dengan substrat [7].

Ada banyak substrat yang dapat digunakan untuk merancang antena mikrostrip yang terdiri dari besaran konstanta dielektrik yang berbeda biasanya berkisar antara $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$. Untuk mendapatkan performansi antena yang baik, maka digunakan substrat tebal yang memiliki konstanta dielektrik yang rendah karena akan memberikan efisiensi yang lebih baik, *bandwidth* lebar, tetapi akan memiliki dimensi elemen yang besar [7].

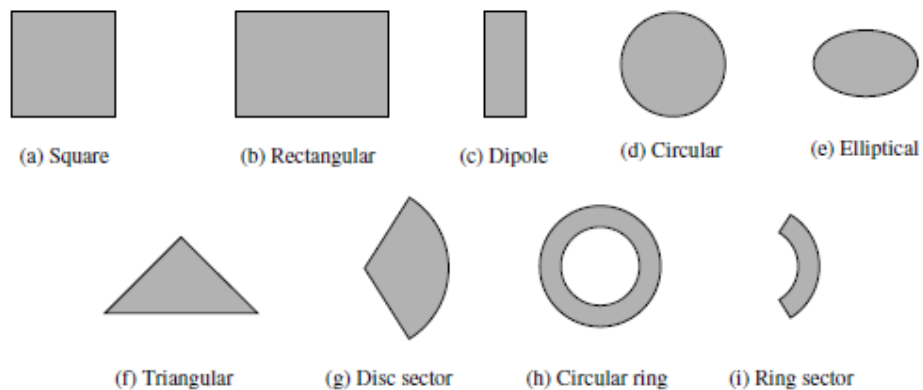


Gambar 2.1 Struktur Antena Mikrostrip

Berdasarkan Gambar 2.1, antena mikrostrip terdiri dari tiga bagian penting yaitu *patch*, *ground plane* dan *substrat*.

a. *Patch*

Mikrostrip antena disebut juga sebagai *patch* antena yang dapat meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara. Elemen peradiasi dan saluran pencatu biasanya dilakukan *photoetched* pada substrat dielektrik yang digunakan dan biasanya terletak diatas substrat dan groundplane [7]. Dalam melakukan perancangan antena mikrostrip, terdiri dari beberapa macam bentuk patch seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Macam – Macam Bentuk Patch

b. Substrat

Substrat terbuat dari bahan-bahan dielektrik yang berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik dari pencatutan. Karakteristik substrat

berpengaruh terhadap parameter-parameter antena. Hal tersebut karena substrat memiliki ketebalan dielektrik yang berbeda dan terdiri dari besaran *permeativitas relative* yang berbeda biasanya berkisar antara $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$. Semakin besar nilai *permeativitas relative* substrat, maka ukuran *patch* yang digunakan akan semakin kecil dan sebagai akibatnya daerah radiasi yang dihasilkan semakin kecil.

c. *Ground plane*

Ground plane pada antena terbuat dari bahan konduktor yang sama seperti *patch*, contohnya adalah tembaga. *Ground plane* berfungsi sebagai reflektor dari gelombang elektromagnetik yang dipancarkan.

II.3.2. Parameter Antena Mikrostrip

Performansi dari suatu antena dapat dilihat dari parameter-nya. Terdapat beberapa parameter dari antena mikrostrip yang biasanya digunakan dalam simulasi maupun pengukuran untuk mengetahui spesifikasi standar dari antena yang telah dirancang. Berikut merupakan parameter-parameter dari antena mikrostrip:

a. Frekuensi Resonansi

Frekuensi resonansi merupakan frekuensi kerja yang dimiliki suatu antena. Rentang frekuensi kerja suatu antena dapat dilihat dari grafik *return loss* dan grafik *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), sebagai contoh ketika *return loss*-nya bernilai lebih kecil atau sama dengan -9,54 dB dan ketika nilai VSWR-nya lebih kecil atau sama dengan 2 [8].

b. *Return Loss* (RL)

Return loss merupakan besarnya daya yang hilang yang dipantulkan ke arah sumber dan tidak kembali sebagai pantulan. Perbandingan antara tegangan yang dipantulkan dengan tegangan yang dikirimkan atau tegangan sumber yang disebut sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ) yang dapat dicari dengan persamaan berikut ini:

$$\Gamma = \frac{V_o^-}{V_o^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2.1)$$

Dimana:

- Γ : Koefisien refleksi
 V_o^- : Tegangan yang dipantulkan (Volt)
 V_o^+ : Tegangan yang dikirimkan (Volt)
 Z_L : Impedansi beban (Ω)
 Z_0 : Impedansi saluran (Ω)

Nilai *return loss* dapat dicari dengan cara memasukkan koefisien refleksi ke persamaan di bawah ini:

$$RL = 20 \log_{10} |\Gamma| \quad (2.2)$$

Nilai *return loss* yang baik adalah di bawah -9,54 dB, sehingga dapat dikatakan nilai gelombang yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirim. Hal tersebut menunjukkan bahwa saluran transmisi sudah dalam keadaan *matching*. Namun terdapat beberapa standar yang perlu dipenuhi.

c. *Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)*

Voltage Standing Wave Ratio atau disingkat VSWR ialah perbandingan antara tegangan maksimum dan tegangan minimum yang berada pada suatu gelombang berdiri. Rumus yang digunakan untuk mencari nilai VSWR adalah:

$$VSWR = \frac{|\bar{V}|_{max}}{|\bar{V}|_{min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (3.3)$$

Koefisien refleksi tegangan (Γ) memiliki nilai kompleks yang merepresentasikan besarnya magnitudo dan fasa dari refleksi. Untuk dari beberapa kasus sederhana, ketika bagian imajiner dari Γ adalah nol maka:

- $\Gamma = -1$: 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 dan rangkaian terbuka.

Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 ($VSWR = 1$). Hal tersebut menunjukkan bahwa tidak adanya refleksi karena tegangan yang ditransmisikan sama dengan tegangan yang dipantulkan. Keadaan tersebut menunjukkan keadaan *matching impedance*. Namun kondisi ini pada prakteknya sulit untuk didapatkan. Oleh karena itu nilai standar VSWR yang digunakan adalah $VSWR \leq 2$ [8].

d. Impedansi Masukan

Impedansi masukan merupakan perbandingan antara tegangan dan arus atau perbandingan komponen medan listrik dan medan magnet yang sesuai dengan orientasinya [6]. Impedansi masukan suatu antenna dapat dilihat sebagai impedansi dari antenna tersebut pada terminalnya.

Impedansi masukan (Z_{in}) terdiri dari bagian *real* (R_{in}) dan imajiner (X_{in}) dan dapat dituliskan sebagai berikut:

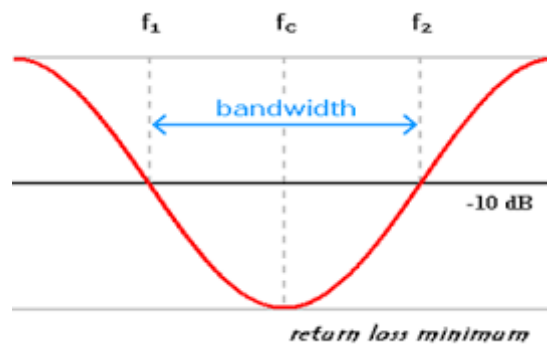
$$Z_{in} = (R_{in} + jX_{in})\Omega \quad (3.4)$$

Dari persamaan Z_{in} diatas, komponen yang diharapkan adalah daya *real* (R_{in}) yang menunjukkan banyaknya daya yang hilang melalui panas atau radasi. Komponen imajiner (X_{in}) menunjukkan reaktansi dari antenna dan daya yang tersimpan pada medan dekat antenna [8].

e. *Bandwidth* (BW)

Bandwidth merupakan besar rentang frekuensi kerja dari suatu antenna sehubungan dengan beberapa karakteristik, sesuai dengan standar yang

ditentukan [7]. Nilai *bandwidth* dapat diketahui jika nilai frekuensi bawah dengan frekuensi atas dari suatu antenna sudah diketahui, seperti terlihat pada Gambar 2.3 di bawah ini. Untuk antenna *broadband*, biasanya *bandwidth*-nya dinyatakan sebagai rasio frekuensi *upper-to-lower* dari operasi yang dapat diterima.



Gambar 2.3 Rentang Frekuensi yang menjadi Bandwidth

Bandwidth antenna biasanya ditulis dalam bentuk presentase *bandwidth* karena bersifat relatif lebih konstan terhadap frekuensi, berikut rumus perhitungan *bandwidth*:

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (3.5)$$

Dimana:

f_2 : frekuensi atas (Hz)

f_1 : frekuensi bawah (Hz)

f_c : frekuensi tengah (Hz)

f. *Gain*

Gain menunjukkan kemampuan energi yang dikonsentrasikan (kondisi *real/* realistis). *Gain* adalah perbandingan antara intensitas radiasi maksimum suatu antenna dengan intensitas radiasi maksimum antenna referensi dengan daya input yang sama, yang secara matematis dirumuskan dengan:

$$G = \frac{U_m}{U_{mr}} = \frac{\text{intensitas radiasi max suatu antenna}}{\text{intensitas radiasi max antenna referensi dengan daya input yang sama}} \quad (3.6)$$

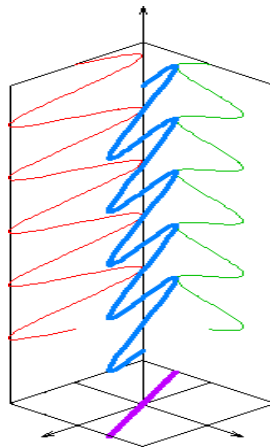
g. Polarisasi

Polarisasi pada suatu antenna merupakan polarisasi dari gelombang yang ditransmisikan (dipancarkan) oleh suatu antenna. Selain itu, polarisasi didefinisikan sebagai gelombang yang diradiasikan dan diterima oleh antenna pada suatu arah tertentu [7]. Arah yang diamati yaitu perubahan arah energi listrik dimana semua energi tidak dipancarkan ke segala arah, tapi konsentrasi pada suatu arah.

Polarisasi yang terdapat pada antenna mikrostrip dapat diklasifikasikan sebagai polarisasi *linier*, polarisasi *circular*, dan polarisasi *elliptical*.

- Polarisasi *Linier*

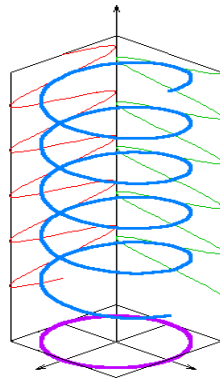
Pada polarisasi *linier*, arah medan listrik tidak berubah dengan waktu, yang berubah hanya orientasinya saja (positif – negatif) [6]. Grafik yang dihasilkan oleh vektor medan listrik fungsi waktu membentuk garis lurus. Jika antenna sumber diposisikan vertikal, maka akan menghasilkan linier vertikal. Begitupula jika diposisikan horizontal.



Gambar 2.4 Polarisasi Linier

- Polarisasi Circular

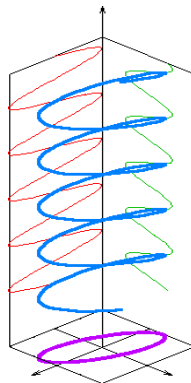
Polarisasi *circular* terjadi jika suatu gelombang bergerak menurut waktu pada suatu titik memiliki vektor medan elektrik (magnet) pada titik itu membentuk lingkaran sebagai fungsi waktu [8]. Jika sebuah pemancar menghasilkan 2 buah medan listrik yang memiliki amplitudo (A) sama dengan beda fasa ($\theta=90^\circ$), maka polarisasi yang dihasilkan yaitu lingkaran.



Gambar 2.5 Polarisasi Circular

- Polarisasi Ellips

Polarisasi *ellips* terjadi ketika gelombang yang berubah menurut waktu memiliki vektor medan berada pada jalur kedudukan pada ruang.



Gambar 2.6 Polarisasi Ellips

h. Pola Radiasi

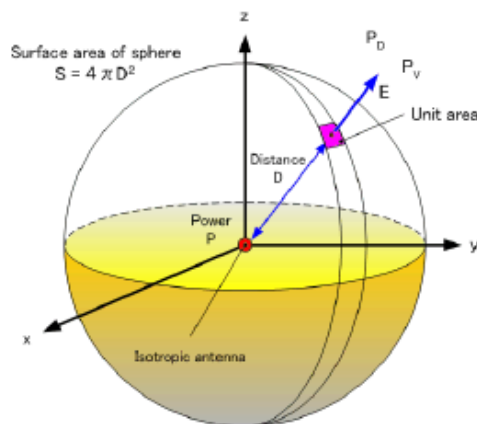
Pola radiasi menunjukkan sifat pancaran ke seluruh ruang. Pola radiasi dapat diukur dengan cara menggerakkan antenna secara horizontal dan vertikal

dengan sudut/jarak yang konstan, untuk dilihat responnya dalam bentuk *decible* (dB). Gambaran grafis pola radiasi antenna, baik dalam bentuk 2 dimensi, maupun 3 dimensi menunjukkan besar daya dan arah pancar dari antenna yang sedang diukur. Respon daya yang terukur dinormalisasi terlebih dahulu dengan daya terbesar yang muncul sebelum dibuat bentuk plot radiasinya.

Berdasarkan arah pancar antenna, pola radiasi antenna terdiri dari 3 macam, yaitu :

- Pola Radiasi Isotropis

Pola radiasi isotropis memiliki arah pancaran antenna yang energinya dipancarkan ke segala arah dengan sama besar. Selain itu, antenna isotropis ini hanya dapat direalisasikan menggunakan antenna titik (konseptual) dan memiliki kondisi yang paling ideal. Jika dimunculkan dalam bentuk tiga dimensi, pola radiasi antenna isotropis berbentuk seperti bola. Walaupun antenna dengan pola radiasi isotropis ini sangat ideal dan tidak dapat dicapai, namun dapat dijadikan sebagai referensi dalam pengukuran antenna lain.

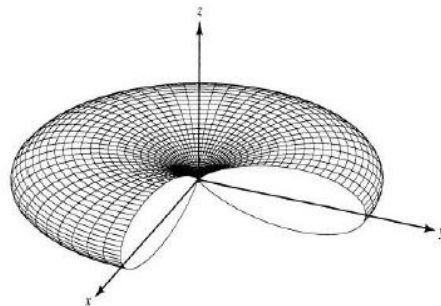


Gambar 2.7 Pola Radiasi Isotropis

- Pola Radiasi Omnidireksional

Pola radiasi omnidireksional memiliki arah pancaran antenna yang energinya dipancarkan ke segala arah tapi tidak sama besar. Pada saat posisi horizontal, antenna memiliki energi yang lebih besar dibandingkan

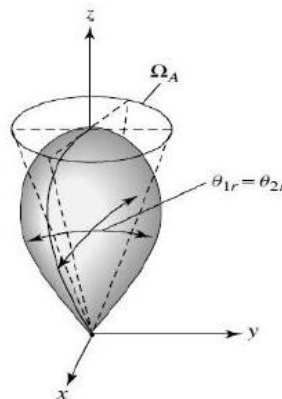
dengan saat posisi vertikal. Contoh: antena dipole lipat 2 dipole lipat 4, dan bowtie.



Gambar 2.8 Pola Radiasi Omnidireksional

- Pola Radiasi Direksional

Pola radiasi direksional memiliki arah pancaran antena yang memiliki sudut pancar yang kecil dan lebih terarah. Antena yang memiliki pola radiasi direksional bersifat *narrow beamwidth*, yang pancaran antenanya terkumpul dan lebih fokus sehingga jarak pancarnya jauh namun tidak dapat menjangkau area yang luas. Contoh: antena mikrostrip, antena yagi, dan antena sektoral.

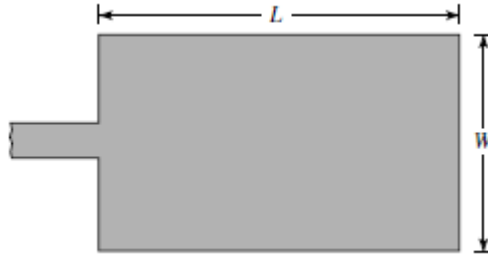


Gambar 2.9 Pola Radiasi Direksional

II.3.3 Antena Mikrostrip *Patch Rectangular*

Pada tugas akhir ini patch yang digunakan untuk antena mikrostrip berbentuk *rectangular*. Antena mikrostrip dengan *patch rectangular* merupakan konfigurasi yang paling banyak digunakan [7]. Hal tersebut dikarenakan bentuknya yang

sederhana dan memiliki dimensi panjang dan lebar yang dapat diubah-ubah seperti pada Gambar 2.10 di bawah ini.



Gambar 2.10 Antena Mikrostrip bentuk Rectangular

L merupakan panjang dari *patch* antena dan W adalah lebar dari *patch* antena. Berikut perumusan dimensi antena mikrostrip *patch rectangular*:
Lebar patch dapat dirumuskan sebagai [7]:

$$W = \frac{c}{2fc} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (3.7)$$

Sedangkan untuk mencari panjang *patch* diperlukan perhitungan mencari konstanta dielektrik (ϵ_{reff}) dan ΔL terlebih dahulu yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{W}}} \right) \quad (3.8)$$

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (3.9)$$

Setelah ΔL dan ϵ_{reff} diketahui, maka dapat dicari panjang *patch* (L) yang dirumuskan sebagai berikut:

$$L = \frac{c}{2fc\sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta L \quad (3.10)$$

II.3.4 Antena Mikrostrip dengan Slot

Antena mikrostrip memiliki kelebihan dan juga kekurangan, yaitu salah satunya *bandwidth* yang relatif lebih sempit. Untuk meningkatkan nilai *bandwidth*, maka dapat diberikan beberapa slot pada *patch*. Antena slot diperoleh melalui pemotongan slot dengan dimensi tertentu dari lempengan konduktor untuk menghasilkan medan berpolarisasi *linier*. Penggunaan slot banyak digunakan untuk meningkatkan nilai *bandwidth* dari antena mikrostrip karena penambahan frekuensi resonan baru akibat pembuatan slot pada patch antena tersebut. Oleh karena itu, penambahan slot akan membuat *patch* memiliki 2 frekuensi resonan. *Bandwidth* total dan kedalaman parameter S yang digunakan dapat diperoleh dengan mendekatkan kedua frekuensi resonan atau menjauhkan keduanya. Ketika kedua frekuensi resonan didekatkan, maka *bandwidth* akan menjadi semakin kecil dan antena *patch* akan lebih *matched* dengan saluran 50 Ω . Sebaliknya, jika kedua frekuensi resonan tersebut dijauhkan maka *bandwidth* akan meningkat tetapi antena mikrostrip tersebut akan kurang *matched* dengan saluran 50 Ω [9]. Pada perancangan ini akan digunakan slot pada sisi-sisi patch.

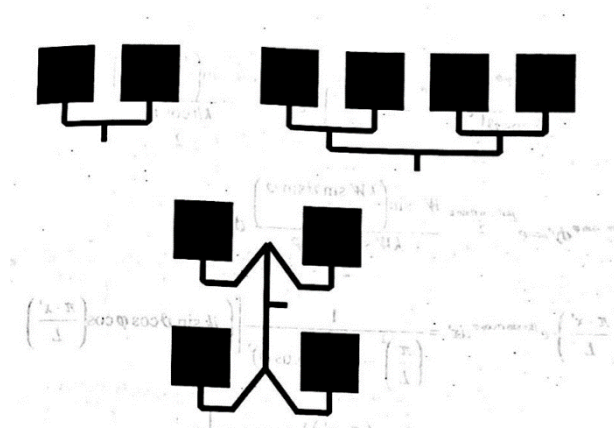
II.3.5. Antena Mikrostrip Array

Antena mikrostrip yang digunakan untuk aplikasi LTE membutuhkan *gain* yang tinggi dan pola radiasi dengan arah tertentu (*directivity*). Oleh karena itu diperlukan suatu cara yang dapat meningkatkan *gain* dan membuat pola radiasi pada arah tertentu. Salah satu cara untuk meningkatkan *gain*, yaitu dengan membentuk antena susun atau sering disebut sebagai antena array [8].

Antena *array* merupakan antena yang tersusun dari dua atau lebih elemen yang disusun sedemikian rupa hingga membentuk pola radiasi tertentu [10]. Dari pola radiasi yang dibentuk, maka direktivitas antena akan lebih tinggi dan nilai *gain* pun akan meningkat. Medan total dari antena *array* ditentukan oleh penjumlahan vektor dari medan yang diradiasikan oleh elemen tunggal.

Gambar 2.11 menunjukkan contoh pembentukan *array* mikrostrip. Hal yang perlu diperhatikan adalah saat penggabungan beberapa elemen pada saluran penghubung mikrostrip. Penggabungan ini bisa menyebabkan terjadinya

unmatched, yang harus dikompensasi dengan pemilihan lebar strip yang disesuaikan dengan percabangan di ujung saluran transmisi ini [6].



Gambar 2.11 Contoh beberapa Array Mikrostrip

Pada perancangan *array* yang harus diperhatikan adalah jarak antar elemen *patch* antenna. Jarak antar elemen pada antenna yang dirancang adalah setengah panjang gelombang atau $d = \lambda/2$. Jarak tersebut merupakan jarak yang optimal, di mana *patch* satu tidak bertindihan dengan *patch* lain yang didekatnya.