

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian [8] membahas desain dan pembuatan filter *bandpass* yang menggunakan resonator *loop* terbuka persegi untuk aplikasi radar S-Band. Filter dirancang untuk melewatkan frekuensi 3 GHz dengan *bandwidth* 200 MHz. Penelitian ini melakukan simulasi dan pengukuran filter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa filter memenuhi spesifikasi yang diinginkan untuk *return loss* -23.549 dB dan *insertion loss* -1.397 dB dan hasil pengukuran yaitu -16.364 dB dan -3.561 dB. Namun, terdapat perbedaan antara hasil simulasi dan pengukuran, yang disebabkan oleh perubahan dimensi resonator dan parameter lainnya.

Penelitian [9] merancang dan membuat sebuah filter *bandpass* yang bekerja pada frekuensi X-Band. Filter ini memakai metode *Square Ring Resonator* dengan *edge coupled to I/O lines* berbasis *mikrostrip*. Tujuannya agar filter mempunyai *bandwidth* frekuensi ialah 50 MHz pada frekuensi tengah 9.475 GHz. Bahan yang dipakai dalam filter ini ialah *Rogers Duroid 5880* dengan konstanta dielektrik sebesar 2.2. Temuan pengukuran menunjukkan bahwa filter ini mempunyai frekuensi tengah 9.475 GHz, *return loss* -20.551 dB, *insertion loss* -3.234 dB, dan *bandwidth* 46 MHz.

Pada penelitian [10] telah berhasil dirancang sebuah *bandpass* filter yang beroperasi pada frekuensi S-Band menggunakan metode *cross-coupled line structure* dengan menggunakan papan dielektrik *Rogers RT5880*. Metode ini mempunyai keunggulan karena perubahan kecil pada parameter impedansi hanya memiliki pengaruh yang kecil pada kinerja *bandpass* filter. Melalui hasil simulasi, diperoleh nilai-nilai frekuensi tengah 3.028 GHz, *return loss* input yakni 15.5 dB, *return loss output* yakni 15.43 dB, *insertion loss* sebesar 1.7 dB, dan *bandwidth* sebesar 108 MHz. Penelitian ini berhasil merancang filter dengan nilai parameter yang cocok dengan spesifikasi yang sudah ditetapkan sebelumnya.

Penelitian [11] membahas tentang perancangan dan implementasi filter berbasis *Split Ring Resonator (SRR)* untuk aplikasi pemanen energi berbasis radio frekuensi pada 1,8 GHz. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan performa filter pita sempit dengan karakteristik frekuensi yang optimal dan ukuran yang

relatif kecil. Selain itu, tujuannya untuk mengkaji konsep pemanenan energi dan karakteristik filter, seperti respon amplitudo, *insertion loss* dan *return loss*. Metode penelitian yang digunakan dalam riset ini ialah simulasi perancangan filter pita sempit berbasis SRR, observasi, analisis pengaruh perubahan nilai diameter, lebar celah, jarak, lebar cincin terhadap SRR dan permitivitas relatif pada hasil simulasi, serta pengambilan keputusan berdasarkan hasil simulasi dan analisis sebagai desain simulasi akhir proses manufaktur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa filter berbasis SRR yang dirancang dan diimplementasikan untuk aplikasi pemanenan energi berbasis frekuensi radio 1,8GHz memiliki kinerja yang baik. Filter ini memiliki respon yang optimal dengan kerugian balik maksimum sebesar 21 dB, kerugian insersi minimum sebesar 0,9 dB, dan lebar *bandwidth* sebesar 900 MHz. Selain itu, hasil simulasi dan fabrikasi menunjukkan kesesuaian yang baik antara hasil simulasi dan implementasi fisik dari filter, dengan nilai S11 sebesar -21 dB dan nilai S21 sebesar -0,9 dB pada frekuensi tengah 1,8 GHz. Perihal ini menunjukkan bahwa SRR dapat efektif dipakai buat merancang filter pada frekuensi tertentu dengan mengatur parameter seperti diameter dalam cincin, lebar celah pada cincin, jarak antara cincin dalam dan luar, dan lebar cincin pada SRR serta permitivitas bahan.

Penelitian [12] membahas tentang perancangan dan implementasi filter pita sempit dengan lebar *bandwidth* 100 MHz pada frekuensi 3,00 GHz menggunakan metode *Hairpin* dan substrat *ROGERS RO 4003*. Penelitian ini pula tujuannya ialah mengukur dan menganalisis kinerja filter yang direalisasikan untuk membandingkan hasil dengan spesifikasi yang ditentukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa filter pita sempit yang direalisasikan memiliki beberapa perbedaan dari spesifikasi yang ditentukan. Dalam pengukuran, terjadi pergeseran frekuensi menjadi 3,10 GHz dan pelebaran *bandwidth* menjadi sekitar 150 MHz. Namun, filter memiliki *return loss* yang baik sekitar 20,277 dB dan *insertion loss* sekitar 2,018 dB. Perbedaan hasil antara simulasi dan pengukuran menunjukkan bahwa dalam kenyataannya, hasil tidak dapat mencapai spesifikasi yang diinginkan. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh faktor-faktor seperti penyerapan material, pemilihan konektor, dan penempatan konektor pada PCB. Meskipun demikian,

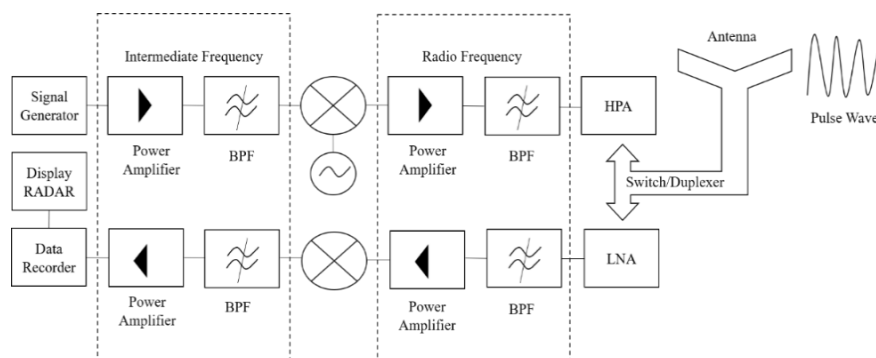
filter yang direalisasikan tetap dapat berfungsi dengan baik meskipun tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan [12].

Penelitian [13] membahas tentang peningkatan *bandwidth* dan *gain* filter *mikrostrip patch circular ring* menggunakan *complementary split ring* resonator (CSRR) di frekuensi 3,5 GHz untuk teknologi 5G. Penelitian ini menggunakan metode studi literatur, perhitungan dimensi filter, mendesain dan simulasi filter pada *software*, serta realisasi filter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa filter *mikrostrip patch circular ring* dengan CSRR 1x2 memiliki perbedaan antara hasil simulasi dan hasil pengukuran. *Return loss* di frekuensi 3,5 GHz mengalami penurunan akibat gangguan *noise*, sedangkan hasil pengukuran VSWR dan *bandwidth* juga menunjukkan perbedaan dengan hasil simulasi. Pola radiasi arah *azimuth* dan elevasi juga mengalami perbedaan yang tidak signifikan. Kesimpulannya, perbedaan hasil pengukuran dan simulasi disebabkan oleh gangguan *noise*. Penambahan CSRR pada filter dapat meningkatkan *bandwidth* secara signifikan. Filter yang dirancang memenuhi spesifikasi dan beroperasi di frekuensi 3,5 GHz untuk teknologi 5G.

## 2.2 DASAR TEORI

### 2.2.1 Radar

Radar merupakan singkatan dari *radio detection and ranging*, yang berarti "deteksi dan penjarakan radio". Radar ialah suatu sistem yang menggunakan gelombang elektromagnetik (gelombang radio) buat mendeteksi dan mengukur jarak suatu benda di sekitar kita. Radar dapat digunakan untuk melacak pesawat, kendaraan bermotor, informasi cuaca bahkan membuat peta dan dapat dilihat dari Gambar 2.1 [14].



Gambar 2.1 Blok diagram radar [14]

Sistem radar terdiri dari dua komponen utama, yaitu *transmitter* dan *receiver*, yang dapat ditempatkan pada lokasi yang sama atau terpisah. *Transmitter* bertanggung jawab untuk menghasilkan gelombang radio pada frekuensi dan daya tertentu. Saat gelombang radio tersebut bertemu dengan suatu objek, energi dari emisi tersebut tersebar ke semua arah (*scattered*). Sebagian kecil dari energi tersebut kemudian dipantulkan kembali ke *receiver*, mengalami sedikit perubahan panjang gelombang (*wavelength*) dan frekuensi, terutama jika objek tersebut sedang bergerak. Energi sinyal yang kembali ke *receiver* biasanya sangat lemah, sehingga memerlukan penguatan menggunakan teknik elektronika di *receiver* dan konfigurasi *antenna*. Dengan cara ini, sistem radar dapat mendeteksi objek, memproses sinyal yang dipantulkan, dan menghasilkan informasi yang berguna seperti jarak, kecepatan, dan arah dari objek tersebut [15].

### **2.2.2 Radar Cuaca**

Radar cuaca merupakan salah satu alat meteorologi yang penting untuk mengamati dan memantau kondisi cuaca. Radar cuaca menggunakan gelombang radio untuk mendeteksi dan mengukur karakteristik fisik dari partikel air dalam atmosfer. Ini memungkinkan para ahli meteorologi untuk melacak perubahan cuaca, termasuk pertumbuhan sel-sel konvektif dalam badai.

Sel-sel konvektif merupakan area di atmosfer di mana udara hangat naik ke atas dan bertemu dengan udara dingin, menyebabkan pembentukan awan dan potensi badai. Radar cuaca dapat mendeteksi awan, curah hujan, dan fenomena cuaca lainnya. Dengan kemampuannya untuk melacak sel-sel konvektif dari fase pertumbuhan hingga fase purnafase, radar cuaca membantu para ahli meteorologi dalam memahami dan memprediksi perkembangan badai [16].

Radar cuaca memiliki aplikasi yang luas sehari-hari, termasuk dalam deteksi badai lokal yang berpotensi parah, pengamatan angin berbahaya, pemantauan area curah hujan, dan estimasi jumlah curah hujan. Di sektor penerbangan, radar cuaca memainkan peran penting dengan mendeteksi potensi bahaya cuaca selama penerbangan, memberikan informasi yang sangat berharga untuk keamanan penerbangan. Selain itu, radar cuaca juga memiliki peran krusial dalam lingkup militer, di mana radar ini digunakan sebagai acuan untuk merancang strategi dalam menjalankan aktivitas militer. Selain itu, radar cuaca dapat

memberikan informasi tentang intensitas curah hujan, arah gerakan badai, dan bahkan mendeteksi adanya fenomena cuaca ekstrem seperti pusaran angin atau tornado. Informasi ini sangat berharga untuk *peringatan* dini dan manajemen bencana guna melindungi masyarakat dan properti dari dampak buruk cuaca ekstrem [17].

### **2.2.3 Frekuensi S-Band**

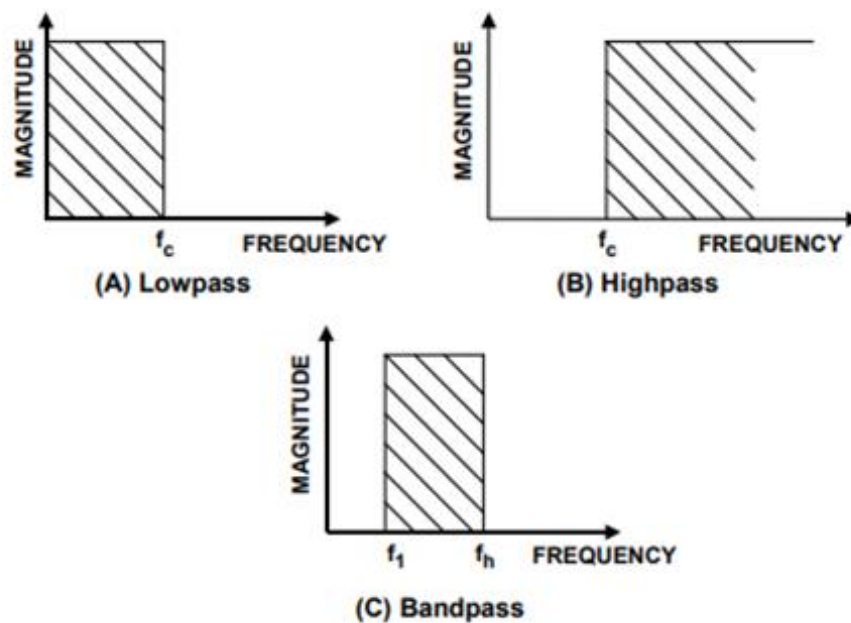
Frekuensi S-Band merujuk pada bagian dari pita gelombang mikro dalam spektrum elektromagnetik dengan rentang frekuensi antara 2 hingga 4 Gigahertz (GHz). Dalam konteks khusus S-Band, rentang frekuensi berkisar antara 3,3 hingga 4,2 GHz, dan ini dianggap sebagai salah satu calon pita frekuensi tengah yang dapat dimanfaatkan dalam teknologi 5G, terutama karena berada di bawah 6 GHz. Pemanfaatan frekuensi S-Band mencakup berbagai bidang komunikasi. Misalnya, frekuensi ini digunakan untuk mengirimkan sinyal darurat, memberikan data secara real-time terkait kondisi lalu lintas, memonitor perkembangan cuaca, dan mendukung operasional satelit komunikasi. Keberadaan frekuensi S-Band memberikan kemungkinan untuk mendukung aplikasi 5G yang memerlukan transmisi data cepat dan andal dalam berbagai konteks, menjadikannya salah satu opsi yang relevan dalam pengembangan *aringan* nirkabel generasi berikutnya [18].

Frekuensi S-Band, dengan rentang 2 hingga 4 Gigahertz (GHz) dan panjang gelombang antara 7.5 hingga 15 sentimeter, menunjukkan keunggulan dan kelemahan tertentu. Kelebihan utama dari frekuensi S-Band merupakan ketahanannya terhadap perubahan cuaca ekstrem seperti hujan deras dan awan tebal. Ini membuatnya menjadi pilihan yang handal untuk berbagai aplikasi komunikasi, termasuk pengiriman sinyal darurat dan pengiriman data real-time terkait kondisi lalu lintas serta cuaca. Namun, terdapat kelemahan yang perlu diperhatikan. Rentang frekuensi S-Band, khususnya antara 1.55 hingga 5.2 GHz, tumpang tindih dengan frekuensi sinyal WiFi yang umumnya digunakan di Indonesia pada 2.4 dan 5.2 GHz. Hal ini menyebabkan potensi interferensi dan noise dari sinyal WiFi, mengurangi kejernihan dan kualitas transmisi pada frekuensi S-Band. Oleh karena itu, sementara S-Band memiliki ketangguhan terhadap kondisi cuaca ekstrem, perlu berhati-hati terhadap interferensi yang mungkin disebabkan oleh sinyal-sinyal lain dalam rentang frekuensi yang sama [19].

## 2.2.4 Filter

Filter merupakan komponen elektronika yang memiliki dua terminal dan berfungsi untuk memfilter sinyal gelombang mikro berdasarkan frekuensinya. Filter bekerja dengan cara meneruskan sinyal pada frekuensi tertentu (daerah *passband*) dan meredam sinyal pada frekuensi lainnya (daerah *stopband*).

Filter bias diidentifikasi pada rangkaian pemancar dan penerima gelombang mikro. Fungsinya merupakan untuk memilih frekuensi sinyal yang diinginkan. Parameter-parameter filter gelombang mikro yang penting antara lain frekuensi kerja, impedansi input/output, frekuensi *cutoff*, kecuraman, lebar pita, dan *ripple* [20].



**Gambar 2.2 Respon filter ideal [20]**

Gambar 2.2 (A) menunjukkan filter yang hanya melewati frekuensi rendah. Frekuensi tinggi akan ditolak. Filter ini disebut filter *low pass*. Kebalikan dari filter *low pass* merupakan filter *high pass*, yang hanya melewati frekuensi tinggi. Frekuensi rendah akan ditolak. Gambar 2.2 (B) menunjukkan filter *high pass* yang diidealkan. Filter *low pass* dan filter *high pass* dapat digabungkan untuk membuat filter *bandpass*. Filter *bandpass* melewati frekuensi antara dua frekuensi tertentu. Frekuensi di bawah frekuensi bawah atau di atas frekuensi atas akan ditolak. Gambar 2.2 (C) menunjukkan filter *bandpass* yang diidealkan. Kebalikan dari filter *bandpass* merupakan filter *band reject*. Filter *band reject*

melewatkan frekuensi di luar dua frekuensi tertentu. Frekuensi antara frekuensi bawah dan frekuensi atas akan ditolak. Sayangnya, filter ideal yang didefinisikan di atas tidak dapat dibuat dengan mudah. Transisi dari *pass band* ke *stop band* tidak akan terjadi secara instan, melainkan akan terjadi di wilayah transisi. Redaman *stop band* juga tidak akan terbatas [20].

### 2.2.5 Macam-Macam Filter

#### 1. *Low Pass Filter*

*Low pass* filter yakni jenis filter yang hanya melewatkan sinyal dengan frekuensi rendah. Tegangan keluaran filter ini akan tetap konstan hingga frekuensi *cut-off*, dan akan semakin diperlemah setelah frekuensi *cut-off*. Dengan demikian, *low pass* filter bias dipakai buat menghilangkan sinyal dengan frekuensi tinggi dapat dilihat dari Gambar 2.2 respon filter ketika sinyal dilewatkan melalui filter [21].

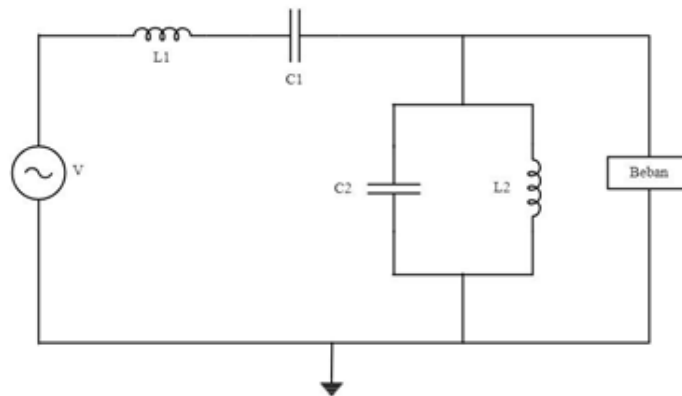
#### 2. *High Pass Filter*

*High pass* filter (HPF) merupakan kebalikannya dari *low pass* filter (LPF), sebab HPF membiarkan sinyal dengan frekuensi tinggi lewat dan menghambat sinyal dengan frekuensi rendah. Makna lainnya, sinyal frekuensi tinggi akan lebih mudah melewati HPF, sebaliknya sinyal frekuensi rendah akan diblokir. HPF disebut juga dengan *high pass* filter atau penyaring lolos atas dalam bahasa Indonesia, seperti terlihat pada Gambar 2.2. respon filter ketika sinyal dilewatkan melalui filter [22].

#### 3. *Band Pass Filter*

Filter *bandpass* berfungsi dengan cara membiarkan frekuensi dalam pita tertentu yang diinginkan untuk dilewati, sementara secara bersamaan melemahkan sinyal dengan frekuensi di bawah batas bawah atau di atas batas atas tertentu. Pita frekuensi yang dapat dilewati oleh filter *bandpass* disebut sebagai *passband*. Untuk menciptakan filter *bandpass*, umumnya digunakan kombinasi dari filter *low pass* dan *high pass*, atau penerapan filter *low pass* konvensional pada transformasi *bandpass*. Filter *bandpass* yang ideal akan memiliki *passband* yang datar, artinya tidak ada penguatan atau pelemahan di dalamnya, dan

semua frekuensi di luar *passband* secara penuh ditolak dapat dilihat dari Gambar 2.2 respon filter ketika sinyal dilewatkan melalui filter. Namun, dalam praktiknya, tidak ada filter *bandpass* yang benar-benar ideal. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa filter tidak dapat sepenuhnya melemahkan semua frekuensi di luar rentang yang diinginkan. Kondisi ini dikenal sebagai filter *roll off*, yang biasanya diukur dalam dB pelemahan per oktaf atau dekade frekuensi. Untuk membentuk filter *bandpass*, rangkaian LC seri dan paralel resonansi sering digabungkan, seperti yang terlihat dalam Gambar 2.3 di bawah ini. Rangkaian LC seri resonansi digunakan untuk memungkinkan hanya rentang frekuensi yang diinginkan untuk dilewati, sementara rangkaian LC paralel resonansi digunakan untuk melemahkan frekuensi di luar *passband* dengan mengarahkannya ke *Ground* [23].



**Gambar 2.3 Contoh dari *bandpass* filter [23]**

Untuk membentuk BPF, rangkaian LC seri dan paralel resonansi sering digabungkan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Rangkaian LC seri resonansi melewati hanya rentang frekuensi yang diinginkan, sementara rangkaian LC paralel resonansi mengarahkan ke tanah untuk melemahkan frekuensi di luar *passband*. Untuk menghitung frekuensi kerja, Anda harus menghitung total L atau L dengan menghitung L1 dan L2 secara paralel, dan kemudian menghitung total C atau C dengan menghitung C1 dan C2 secara paralel. Sebagai contoh, rumus untuk menghitung frekuensi kerja merupakan sebagai berikut:



$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.1)$$

Dimana,

f = Frekuensi kerja (Hz)

L = Induktansi (H)

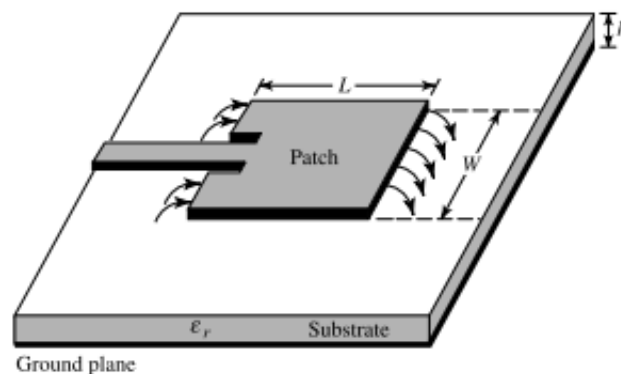
C = Kapasitansi (F)

### 2.2.6 Mikrostrip

*Mikrostrip* berasal dari dua kata yaitu *micro* (sangat tipis/kecil) dan *strip* (bilah/potongan) yang berukuran kecil. Filter *mikrostrip* juga disebut sebagai jenis filter berbentuk papan tipis yang memiliki kemampuan untuk mengoperasikan frekuensi yang sangat tinggi. Filter *mikrostrip* terdiri dari beberapa lapisan: *substrat*, *groundplane*, dan *patch* yang dapat di lihat pada Gambar 2.4. Setiap lapisan menggunakan jenis bahan yang berbeda-beda, yang disesuaikan dengan kebutuhan dan tujuan filter [24].

Di samping kelebihan yang dimiliki filter *mikrostrip*, terdapat pula kekurangannya, yaitu rendahnya kapasitas pengaturan daya dan penguatan yang dihasilkan lebih kecil, serta memiliki efisiensi yang rendah dibandingkan dengan filter konvensional. Selain itu, lebar pita yang dihasilkan relatif lebih sempit daripada filter konvensional.

Tebal dielektrik dan ukuran *patch* dapat menentukan unjuk kerja sebuah filter *mikrostrip*. Ukuran dielektri sebanding dengan panjang gelombang dan sangat kecil. Oleh karena itu, *patch* filter ditunjukkan untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik serta distribusi tegangan dan arus pada *patch*. Pada dasarnya, kerja filter *mikrostrip* secara keseluruhan dipengaruhi setiap elemennya [25].



**Gambar 2.4 Struktur umum pada filter *mikrostrip* [24]**

Saluran transmisi *mikrostrip* merupakan saluran transmisi yang terdiri dari dua konduktor, yaitu sebuah *strip* dengan lebar  $w$  dan bidang pentanahan. Kedua konduktor dipisahkan oleh suatu substrat yang memiliki konstanta dielektrik relatif ( $\epsilon_r$ ) dengan tinggi  $h$  [26].

Berikut ini ialah beberapa referensi perhitungan dari parameter yang terdapat pada saluran *mikrostrip* sebagai berikut:

a. Rasio  $\frac{W}{d}$

$$\frac{W}{d} = u = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} \quad (2.2)$$

Dengan

$$A = \frac{Z_0}{60} \times \left( \frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{0,5} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \times \left( 0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right) \quad (2.3)$$

Faktor  $A$  dalam desain filter mikrostrip mempengaruhi berbagai karakteristik dan performanya, seperti dimensi, impedansi karakteristik, frekuensi *cutoff*, *bandwidth*, *return loss*, *insertion loss*, dan VSWR. Untuk menghitung konstanta dielektrik relatif dapat menggunakan persamaan berikut:

Dimana :

$\epsilon_r$  : Konstanta dielektrik bahan substrat

$Z_0$  : Impedansi ( $\Omega$ )

$A$  : Faktor  $A$

$d$  : Tebal substrat (mm)

$\frac{W}{d}$  : Perbandingan antara lebar dan tebal

b. Konstanta dielektrik

Konstanta dielektrik efektif merupakan nilai konstanta dielektrik yang digunakan untuk menghitung karakteristik saluran transmisi *mikrostrip*. Nilai  $\epsilon_{eff}$  tergantung pada rasio lebar *strip* ( $w$ ) terhadap ketebalan substrat ( $d$ ) [26].

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left( 1 + \left( \frac{12}{u} \right) \right)^{-0,5} \quad \frac{W}{d} \geq 1 \quad (2.4)$$

$$\varepsilon_{reff} = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{h}{W}\right)}} + 0.04 \left(1 + \frac{W}{h}\right)^2 \right) \quad (2.5)$$

$$\frac{W}{d} \leq 1$$

Dimana :

$\varepsilon_{reff}$  : Konstanta dielektrik efektif

$W$  : Lebar *Patch* (mm)

$d$  : Ketebalan substrat (mm)

$\varepsilon_r$  : Konstanta dielektrik

c. Panjang gelombang saluran *mikrostrip*

$$L \text{ atau } \lambda_g = \lambda d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_{reff}}} \quad (2.6)$$

Dimana :

$L \text{ atau } \lambda_g$  : Panjang saluran *mikrostrip* (mm)

$c$  : Kecepatan cahaya (m/s)

$f$  : Frekuensi kerja (Hz)

$\varepsilon_{reff}$  : Konstanta dielektrik efektif

d. Panjang *ring*

$$a = \frac{0,5 \times \lambda d + g}{4} + W \quad (2.7)$$

Dimana :

$a$  : Panjang *ring* (mm)

$\lambda d$  : Panjang gelombang (m)

$g$  : gap (mm)

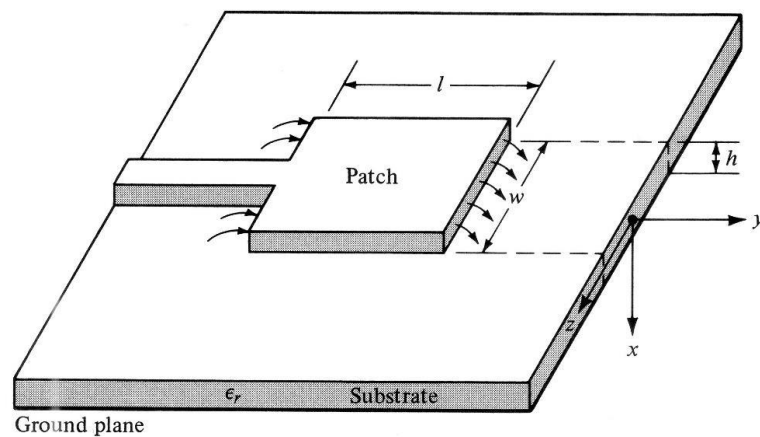
$W$  : Lebar *patch* (mm)

## 2.2.7 Bagian-Bagian *Mikrostrip*

### 1. *Patch*

Lapisan *patch* merupakan bagian filter *mikrostrip* yang terletak di lapisan paling atas. Lapisan ini memiliki bentuk profil tertentu yang

dihasilkan dari proses *etching* atau *litography*. Fungsi utama lapisan *patch* merupakan untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara. Bahan pembuatan lapisan *patch* merupakan konduktor, biasanya tembaga. Pada lapisan *patch* terdapat saluran *mikrostrip feed*. Saluran ini sangat penting karena dapat mempengaruhi *matching* pada filter. *Matching* merupakan kesepadanan antara impedansi filter dengan impedansi saluran transmisi. *Matching* yang baik akan menghasilkan daya sinyal yang lebih besar pada filter dilihat. Diliat dari Gambar 2.5 dibawah bentuk yang dipakai pada *patch* tersebut ialah *square*, tetapi pada ada juga beberapa bentuk yang digunakan selain *rectangular* seperti *triangular*, *pentagonal*, *hexagonal*, *circural*, maupun *square ring*. Setiap bentuk dari *patch* yang akan dipakai akan memiliki kelebihan masing-masing [27].



**Gambar 2.5 Struktur *patch* pada filter *mikrostrip* [27]**

## 2. Substrat

Substrat dielektrik merupakan bahan yang digunakan buat memisahkan *patch* filter *mikrostrip* dari *ground plane* dapat dilihat dari Gambar 2.5. Substrat dielektrik berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik dari catuan menuju daerah di bawah *patch*. Konstanta dielektrik relatif ( $\epsilon_r$ ) ialah dimensi kemampuan material dalam menyimpan energi medan listrik. Semakin besar  $\epsilon_r$ , semakin besarnya kemampuan material dalam menyimpan energi medan listrik. Untuk filter *mikrostrip*, substrat dielektrik yang digunakan mempunyai konstanta dielektrik relatif dengan jangkauan  $2,2 \leq \epsilon_r \leq 12$  [28].

### 3. *Groundplane*

*Groundplane* ialah lapisan terbawah pada filter *mikrostrip*. Lapisan ini berfungsi sebagai reflektor untuk memantulkan radiasi yang dihasilkan dari elemen pemancar. Hal ini menyebabkan pola radiasi filter menjadi lebih terarah. *Groundplane* biasanya terbuat dari bahan konduktor, contohnya tembaga. Bahan-bahan ini memiliki konduktivitas listrik yang tinggi, sehingga dapat memantulkan radiasi dengan baik [29].

#### 2.2.8 *Split-Ring Resonator*

*Split ring resonator* (SRR) merupakan struktur buatan yang biasanya dipakai sebagai bentuk tambahan buat mengimplementasikan teknologi dan aplikasi pada komponen gelombang mikro. SRR dapat dipakai buat memunculkan respons magnetik pada beragam jenis struktur buatan pada frekuensi tinggi. Berbeda dengan material konvensional, SRR bisa menghasilkan gaya kopling magnet pada medan elektromagnetik yang cocok dengan kebutuhan.

SRR merupakan perangkat yang mempunyai dua pasang lintasan tertutup yang dipisahkan oleh jarak tertentu. SRR biasanya terbuat dari logam dan dapat berbentuk lingkaran atau persegi. SRR bias dipakai buat meningkatkan kinerja perangkat komunikasi, seperti filter atau filter, tanpa perlunya menambah ukuran perangkat tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.6 SRR berbentuk lingkaran [11].



**Gambar 2.6 Bentuk *split-ring* resonator [11]**

#### 2.2.9 *Defected Ground Structure*

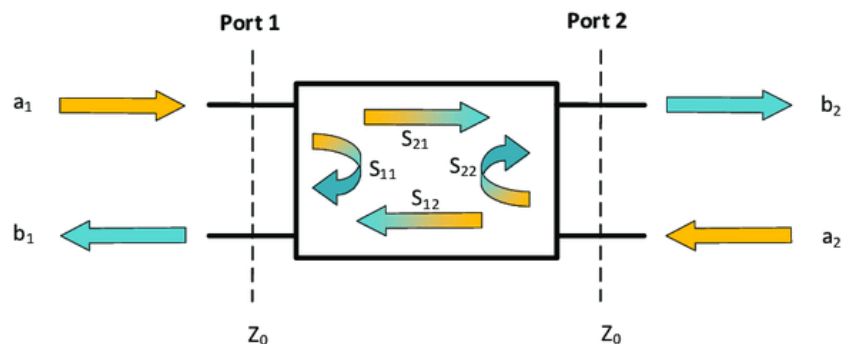
*Defected Ground Structure* (DGS) merupakan metode yang digunakan untuk mengurangi gelombang permukaan dengan cara menghilangkan (*etch*) bagian tertentu dari *groundplane*. Gelombang permukaan ini dapat menyebabkan penurunan performa filter, seperti meningkatnya *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) dan *insertion loss*. DGS diterapkan dengan cara mencatikan atau membuat pola tertentu pada bidang *ground* filter *mikrostrip*, yang mengganggu distribusi arus di *groundplane* karena adanya slot atau celah yang terbentuk.

Dengan menggunakan teknik DGS, arus yang mengalir pada *groundplane* akan terganggu, yang pada gilirannya mempengaruhi karakteristik gelombang permukaan. Hal ini bisa sangat bermanfaat dalam desain filter karena dapat menghasilkan *bandwidth* yang relatif sempit dan meningkatkan *insertion loss*. Keuntungan dari penggunaan DGS antara lain merupakan kemampuan untuk menambah *insertion loss* dan mengendalikan respons frekuensi filter dengan lebih baik.

Namun, teknik DGS juga memiliki beberapa kekurangan. Salah satu kelemahan utamanya merupakan ketidakcocokan untuk filter yang membutuhkan *bandwidth* lebar. DGS lebih cocok digunakan pada aplikasi yang memerlukan *bandwidth* sempit karena perubahan pada bidang *ground* dapat membatasi lebar pita frekuensi yang dapat dilewatkan oleh filter. Meskipun demikian, dalam aplikasi tertentu, manfaat yang diberikan oleh DGS dalam meningkatkan kinerja filter *mikrostrip* dapat sangat berarti [30].

#### 2.2.10 S-Parameter

S-Parameter digunakan untuk menunjukkan seberapa besar daya sinyal yang diteruskan dan dipantulkan oleh suatu saluran transmisi. Konsep S-Parameter untuk saluran transmisi dua buah port terlihat di Gambar 2.7 [31].



**Gambar 2.7 S-Parameter dengan dua port [31]**

Dimana :

$S_{11}$  : Perbandingan daya masuk dan keluar dari terminal 1

$S_{12}$  : Perbandingan daya masuk dari terminal 1 dan keluar dari terminal 2

$S_{21}$  : Perbandingan daya masuk dan keluar dari terminal 2

$S_{22}$  : Perbandingan daya masuk dari terminal 2 dan keluar dari terminal 2

$a_1$  : daya masuk dari terminal 1

$a_2$  : daya masuk dari terminal 2

b1 : daya keluar dari terminal 1

b2 : daya keluar dari terminal 2

maka dari Gambar 2.7 dapat dibuat persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_{11} &= \frac{b1}{a1} & S_{12} &= \frac{b1}{a2} \\ S_{21} &= \frac{b2}{a1} & S_{22} &= \frac{b2}{a2} \end{aligned} \quad (2.8)$$

### 2.2.11 Return Loss

*Return loss* merupakan ukuran seberapa baik saluran transmisi atau perangkat cocok dengan impedansi beban. *Return loss* yang tinggi menunjukkan bahwa ada banyak daya yang dipantulkan kembali ke sumbernya. *Return loss* dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk ketidakcocokan impedansi di antara dua komponen, ketidakcocokan impedansi antara saluran transmisi dan beban, atau ketidakcocokan impedansi di dalam saluran transmisi itu sendiri. *Return loss* diukur dalam *decibel* (dB). Nilai *return loss* yang lebih rendah menunjukkan bahwa ada lebih sedikit daya yang dipantulkan kembali ke sumbernya. Nilai *return loss* yang diharapkan untuk rangkaian gelombang *mikrostrip* merupakan kurang dari atau sama dengan -9.54 dB. Nilai *return loss* ini menunjukkan bahwa hanya ada sedikit daya yang dipantulkan kembali ke sumbernya, dan sebagian besar daya berhasil ditransmisikan ke beban [32].

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2.9)$$

Nilai *return loss* dapat dicari dengan persamaan :

$$Return Loss = 20 \log_{10} |\Gamma| \quad (2.10)$$

Dimana :

$\Gamma$  : Koefisien refleksi tegangan

$Z_L$  : Impedansi beban ( $\Omega$ )

$Z_0$  : Impedansi saluran *lossless* ( $\Omega$ )

### 2.2.12 Bandwidth

*Bandwidth* merupakan rentang frekuensi di mana filter tersebut dapat memancarkan atau menerima sinyal dengan efisiensi yang tinggi. Nilai *bandwidth* filter dapat dihitung dengan membagi selisih antara frekuensi atas (fh) dan frekuensi

bawah ( $f_l$ ) dengan frekuensi tengah ( $f_c$ ). Secara matematis, bias dituliskan sebagai berikut [33].

$$BW = \frac{f_h - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (2.11)$$

Dimana :

BW : *Bandwidth* filter (Hz)

$f_h$  : Frekuensi tinggi (Hz)

$f_l$  : Frekuensi rendah (Hz)

$f_c$  : Frekuensi tengah (Hz)

Frekuensi atas ialah nilai akhir frekuensi kerja filter, namun frekuensi bawah ialah nilai awal. Sebab *bandwidth* relatif lebih konstan dibandingkan frekuensi, persentase biasanya digunakan untuk menunjukkan *bandwidth*. Tak hanya itu *bandwidth* suatu filter mikrostrip pula bias dideskripsikan sebagai rentang frekuensi yang terjadi antara peningkatan nilai VSWR dari satu hingga batas toleransi [34].

### 2.2.13 Insertion Loss

*Insertion loss* merupakan kondisi hilangnya kekuatan sinyal akibat masuknya suatu perangkat ke dalam saluran transmisi. Kerugian penyisipan disebutkan dalam desibel (dB). Bila daya yang ditransmisikan oleh beban ialah  $P_T$  dan daya yang diterima oleh beban yakni  $P_R$ , maka *insertion loss* dalam dB dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [35]:

$$Insertion Loss (dB) = 10 \log_{10} \frac{P_T}{P_R} \quad (2.12)$$

Dimana :

$P_T$  : Daya yang ditransmisikan oleh beban (mW)

$P_R$  : Daya yang diterima oleh beban (mW)

### 2.2.14 Ansoft HFSS 13.0

*High-Frequency Structure Simulator* (HFSS) merupakan simulator medan elektromagnetik (EM) gelombang penuh berkinerja tinggi yang dirancang untuk pemodelan perangkat pasif volumetrik 3D yang kompleks. Menggunakan antarmuka pengguna grafis *Microsoft Windows* yang sudah dikenal, HFSS mengintegrasikan simulasi, visualisasi, pemodelan solid, dan otomatisasi dalam



satu lingkungan yang mudah dipelajari. Dengan demikian, solusi untuk masalah EM 3D Anda dapat diperoleh dengan cepat dan akurat. Salah satu keunggulan utama dari HFSS merupakan penggunaan Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*, FEM), yang memungkinkan pemodelan dan analisis struktur elektromagnetik dengan presisi tinggi. HFSS juga dilengkapi dengan *meshing* adaptif, yang secara otomatis menyesuaikan ukuran *mesh* untuk meningkatkan akurasi hasil simulasi tanpa meningkatkan waktu komputasi secara signifikan. Selain itu, HFSS menyediakan grafik yang brilian untuk memvisualisasikan hasil simulasi, memberikan wawasan yang mendalam tentang perilaku elektromagnetik dari desain yang dianalisis. Ansoft HFSS sangat berguna untuk menghitung berbagai parameter penting dalam desain dan analisis perangkat elektromagnetik, seperti S-Parameter (Parameter *Scattering*), Frekuensi Resonansi, dan Distribusi Medan Listrik dan Medan Magnet. S-Parameter digunakan untuk menganalisis bagaimana sinyal elektromagnetik berinteraksi dengan perangkat, sementara Frekuensi Resonansi memberikan informasi tentang frekuensi alami dari struktur yang disimulasikan. Distribusi medan listrik dan medan magnet memberikan gambaran rinci tentang bagaimana gelombang elektromagnetik menyebar dan berinteraksi dengan material di dalam perangkat [36].