

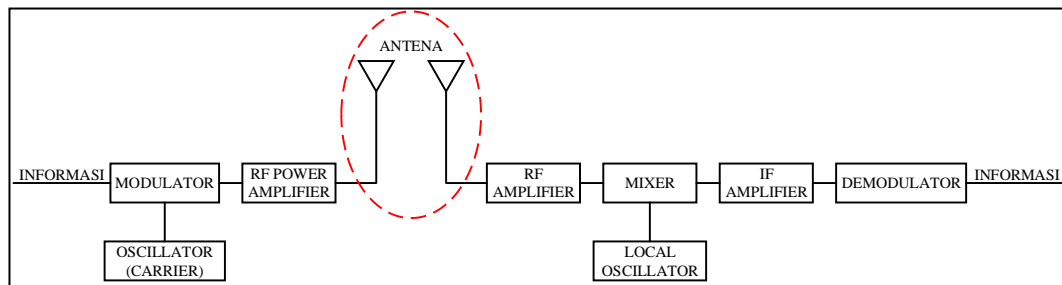
BAB III

METODE DAN PROSES PENYELESAIAN

3.1 Perancangan

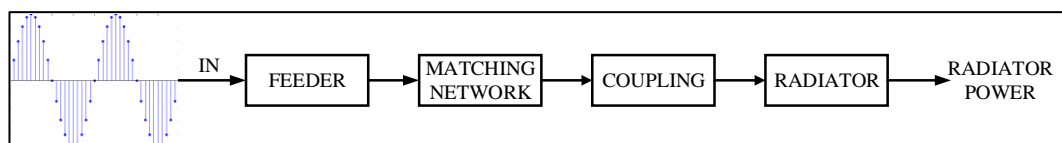
Pada tahap ini, penulis memaparkan tahapan perancangan antenna mikrostrip yang dimulai dari blok diagram, penentuan karakteristik bahan antenna yang digunakan, bentuk antenna yang hendak direalisasikan, dan perhitungan dimensi antenna.

3.1.1 Blok Diagram



Gambar III. 1 Blok diagram sistem komunikasi radio

Gambar III.1 diatas merupakan gambar blok diagram dari suatu sistem komunikasi radio. Penelitian ini merupakan penelitian yang sifatnya berkelanjutan. Pada proyek tugas akhir ini, penelitian dimulai dengan perealisasiian pada bagian antenna.



Gambar III. 2 Blok diagram cara kerja antenna

Gambar III.2 diatas menunjukan blok diagram sistem yang akan direalisasikan, dimana input antenna berupa Spektrum Gelombang Elektromagnetik yang bersumber dari *Signal Generator*. Input akan masuk melalui *feeder* atau titik pencatuan yang kemudian dihubungkan ke *microstrip line* yang berada diantara substrat satu dan substrat dua. Kemudian sinyal yang berasal dari saluran input akan disesuaikan dengan impedansi (*matching impedance*) antenna melalui bagian *matching network* pada antenna. Karena teknik pencatuan yang digunakan pada

antena adalah teknik pencatutan *proximity coupling*, maka *microstrip line* disini berperan sebagai pengkopling medan magnet yang berupa arus induksi. Arus induksi tersebut akan dikopling dan diradiasikan ke bagian bagian atas dan ke bagian bawah antenna. Namun karena *microstrip line* yang bersifat konduktor berada di bagian atas dari substrat dua, maka kopling medan magnet yang terjadi akan mendominasi penyebaran arus induksi ke bagian *patch*.

3.1.2 Karakteristik Bahan Antena

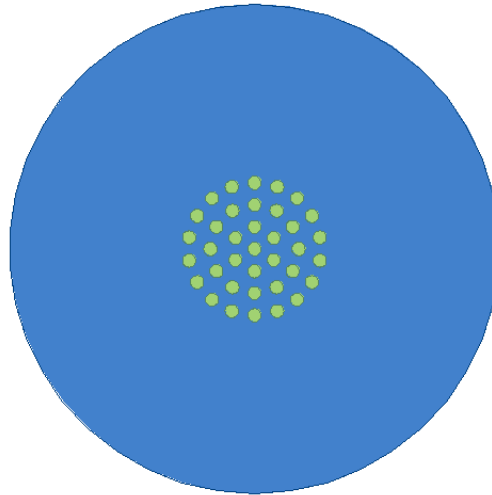
Terdapat dua buah material utama pada perealisasi antenna ini, yaitu material dielektrik akrilik sebagai substrat dan plat tembaga yang digunakan sebagai *patch*, *ground plane*, dan *microstrip line*. Berikut karakteristik dari masing-masing bahan yang digunakan pada perancangan:

- a. *Patch, Ground Plane, dan Microstrip Line* (Plat Tembaga)
 - 1) Permittivitas relatif (ϵ_r) : 1
 - 2) Permeabilitas relatif (μ_r) : 0,99991
 - 3) Ketebalan (t) : 0,5 mm
- b. Substrat Dielektrik (Akrilik)
 - 1) Permittivitas relatif (ϵ_r) : 3,4
 - 2) Permeabilitas relatif (μ_r) : 1
 - 3) Ketebalan (h) : 5 mm
- c. Kawat Tembaga (Silinder Konduktor) untuk material artifisial
 - 1) Permittivitas relatif (ϵ_r) : 1
 - 2) Permeabilitas relatif (μ_r) : 0,99991
 - 3) Diameter (d) : 2 mm
 - 4) Panjang (l) : 9 mm

3.1.3 Bentuk Antena

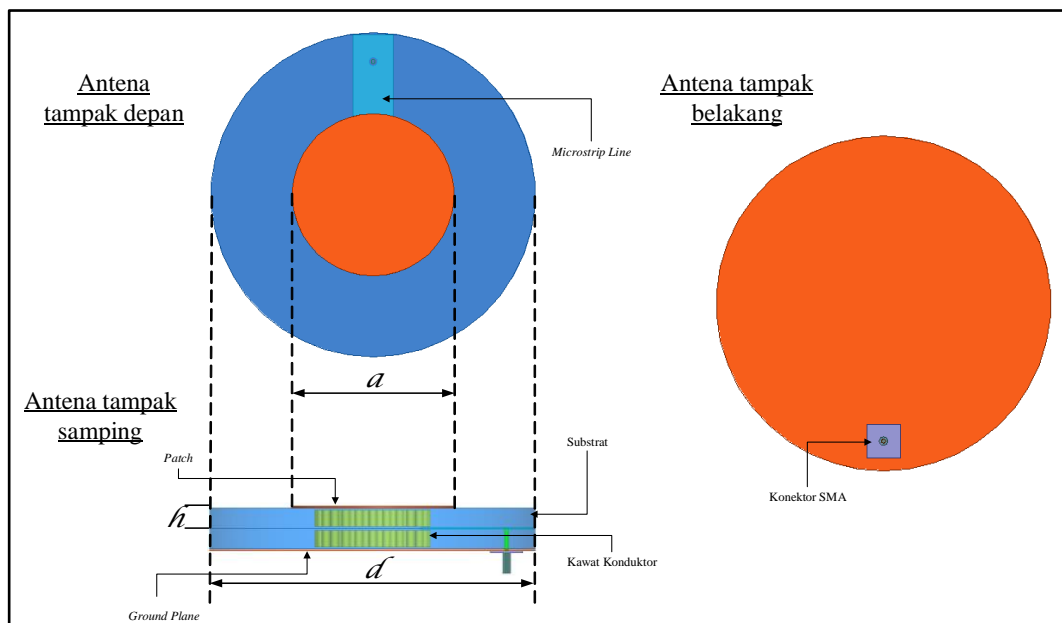
Bentuk antenna yang dibuat berbentuk lingkaran baik untuk bentuk substrat, *patch*, maupun *ground plane*. Proses pembuatan antenna yang dibuat menggunakan teknik pencatutan *proximity coupling*, dengan konstruksi menggunakan dua material dielektrik akrilik yang berada diantara *patch* dan *ground plane*, untuk pencatuannya menggunakan konektor SMA yang menempel pada *ground plane* dan *inner*

konektor tersambung pada *microstrip line* yang berada diantara dua substrat (diapit). Untuk gambaran bentuk antenna yang lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar III.3 dan Gambar III.4.



Gambar III. 3 Konfigurasi material dielektrik TM01

Material dielektrik artifisial berbahan akrilik yang dibuat, disisipi oleh kawat konduktor dengan ukuran 2 mm pada mode gelombang yang telah ditentukan, yaitu TM_{01} . Fungsi dari kawat konduktor tersebut adalah untuk menaikkan permitivitas bahan yang digunakan yang menyebabkan adanya penurunan frekuensi resonansi dari masing-masing antenna itu sendiri.



Gambar III. 4 Bentuk antenna mikrostrip

3.1.4 Perhitungan Antena

Antena yang telah dirancang memiliki beberapa parameter yang diperlukan untuk menentukan dimensi antena. Data-data yang dibutuhkan untuk melakukan proses perhitungan diantaranya adalah nilai permitivitas relatif bahan (ϵ_r), frekuensi kerja (f_r), dan tebal bahan dielektrik (h). Pada Tabel III.1 dipaparkan mengenai parameter yang diperlukan untuk menghitung dimensi antena yang akan dibuat. Setelah data-data yang dibutuhkan lengkap, dilanjutkan dengan tahapan perhitungan dengan menggunakan bantuan *Microsoft Excel*.

Table III. 1 Parameter untuk perhitungan dimensi antena mikrostrip

Parameter	Nilai
ϵ_r	3,4
f_0	1800 MHz
h	5 mm

Adapun rumus yang digunakan untuk proses perhitungan dimensi *patch* dan dimensi antena mikrostrip sebagai berikut:

$$a_e = \frac{1,841}{k_0 \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{8,791 \times 10^9}{f \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$a = \frac{a_e}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi a_e \epsilon_r} \left[\ln \left(\frac{\pi a_e}{2h} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}}$$

$$\lambda = \frac{c}{f_r \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$w = l = [(2 \times a) + (0,5 \times \lambda)]$$

Dimana: (w, l) = lebar, panjang sama besar (mm)

a = radius *patch*

λ = panjang gelombang (m)

c = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

f_r = frekuensi kerja (Hz)

Berdasarkan parameter yang telah ditentukan, proses perhitungan dapat diuraikan sebagai berikut:

3.1.4.1 Antena Mikrostrip Konvensional

a) Radius *patch* antena

Perhitungan *radius* efektif antena

$$a_e = \frac{8,791 \times 10^9}{f \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$a_e = \frac{8,791 \times 10^9}{1800 \times 10^6 \sqrt{3,4}} = 2,649 \text{ cm} = 26,49 \text{ mm}$$

Perhitungan *radius* antena

$$a = \frac{a_e}{\left\{ 1 + \frac{2h}{\pi a_e \epsilon_r} \left[\ln \left(\frac{\pi a_e}{2h} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}}$$

$$a = \frac{2,649}{\left\{ 1 + \frac{2(5)}{\pi(26,49)(3,4)} \left[\ln \left(\frac{\pi(26,49)}{2(5)} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}}$$

$$a = 2,645 \text{ cm} = 26,45 \text{ mm}$$

$$d = 2 \times a = 2 \times 26,45 \text{ mm}$$

$$d = 52,90 \text{ mm}$$

∴ Dari perhitungan tersebut, diperoleh *radius* efektif antena sebesar 26,45 mm dan diameter *patch* sebesar 52,90 mm.

b) Dimensi substrat dan *ground plane*

Perhitungan panjang gelombang (*lamda*)

$$\lambda = \frac{c}{f_r \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{1800 \times 10^6 \sqrt{3,4}}$$

$$\lambda = 0,09039 \text{ m} = 90,39 \text{ mm}$$

Perhitungan dimensi substrat dan *ground plane*

$$w = l = [(2 \times a) + (0,5 \times \lambda)]$$

$$w = l = [(2 \times 26,45) + (0,5 \times 90,39)]$$

$$w = l = [(52,90) + (45,195)] = 98,095 \text{ mm}$$

∴ Dari perhitungan tersebut, diperoleh diameter dari substrat dan *ground plane* sebesar 98,095 mm.

c) *Microstrip line*

Perhitungan lebar *microstrip line* antena

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$B = \frac{377\pi}{2 \times 50\sqrt{3,4}} = 6,423$$

Sehingga,

$$w_f = \frac{2h}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} (\ln(B - 1) + 0,39 \times \frac{0,61}{\epsilon_r}) \right]$$

$$w_f = \frac{2(5)}{\pi} \left[6,423 - 1 - \ln(2(6,428) - 1) + \frac{3,4 - 1}{3,4 + 1} (\ln(6,423 - 1) + 0,39 \times \frac{0,61}{3,4}) \right]$$

$$w_f = 11,378 \text{ mm}$$

∴ Dari perhitungan tersebut, diperoleh lebar *microstrip line* antena sebesar 11,378 mm.

3.1.4.2 Antena Mikrostrip Artifisial

Pada tugas akhir ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Yugyta [19], penulis mengambil persentase penurunan frekuensi resonansi sebesar 25,30%, dimana presentase penurunan ini dapat diambil untuk menemukan ϵ_r baru dengan menggunakan Persamaan III.1.

Perhitungan frekuensi resonansi antena dengan material artifisial

$$f_{r \text{ artifisial}} = f_{r \text{ konvensional}} - (\% \text{ penurunan } f_{\text{resonansi}} \times f_{r \text{ konvensional}}) \quad \text{III.1}$$

$$f_{r \text{ artifisial}} = 1800 \times 10^6 - (25,30\% \times 1800 \times 10^6)$$

$$f_{r \text{ artifisial}} = 1344,6 \text{ MHz}$$

Setelah mendapatkan frekuensi kerja antenna mikrostrip artifisial, tahap selanjutnya yaitu menghitung permitivitas relatif material artifisial yang telah dibuat menggunakan Persamaan III.2, lalu menghitung dimensi *patch* antenna mikrostrip artifisial dan dimensi substrat dan *ground plane* antenna mikrostrip artifisial.

Perhitungan permitivitas relatif antenna dengan material artifisial

$$\frac{f_{r \text{ konvensional}}}{f_{r \text{ artifisial}}} = \frac{\sqrt{\epsilon_r \text{ artifisial}}}{\sqrt{\epsilon_r \text{ konvensional}}} \quad \text{III.2}$$

$$\epsilon_r \text{ artifisial} = \epsilon_r \text{ konvensional} \times \frac{f_{r \text{ konvensional}}^2}{f_{r \text{ artifisial}}^2}$$

$$\epsilon_r \text{ artifisial} = 3,4 \times \frac{(1800 \times 10^6)^2}{(1344,6 \times 10^6)^2}$$

$$\epsilon_r \text{ artifisial} = 6,093 \approx 6,1$$

∴ Dari perhitungan tersebut, diperoleh permitivitas relatif material artifisial sebesar 6,1.

Setelah mendapatkan permitivitas material artifisial, maka perhitungan untuk dimensi antenna mikrostrip artifisial dapat ditemukan dengan rumus yang sama seperti saat perhitungan dimensi antenna mikrostrip konvensional. Perhitungan dimensi diuraikan sebagai berikut:

a) Radius *patch* antenna

Perhitungan radius efektif antenna

$$a_e = \frac{8,791 \times 10^9}{f \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$a_e = \frac{8,791 \times 10^9}{1800 \times 10^6 \sqrt{6,1}} = 1,977 \text{ cm} = 19,77 \text{ mm}$$

Perhitungan radius antenna

$$a = \frac{a_e}{\left\{ 1 + \frac{2h}{\pi a_e \epsilon_r} \left[\ln \left(\frac{\pi a_e}{2h} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}}$$

$$a = \frac{1,977}{\left\{1 + \frac{2(5)}{\pi(1,977)(6,1)} \left[\ln \left(\frac{\pi(1,977)}{2(5)} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}}$$

$$a = 1,975 \text{ cm} = 19,75 \text{ mm}$$

$$d = 2 \times a = 2 \times 19,75 \text{ mm}$$

$$d = 39,50 \text{ mm}$$

∴ Dari perhitungan tersebut, diperoleh radius efektif antena sebesar 19,75 mm dan diameter *patch* sebesar 39,50 mm.

b) Dimensi substrat dan *ground plane*

Perhitungan panjang gelombang (λ)

$$\lambda = \frac{c}{f_r \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{1800 \times 10^6 \sqrt{6,1}}$$

$$\lambda = 0,06748 \text{ m} = 67,48 \text{ mm}$$

Perhitungan dimensi substrat dan *ground plane*

$$w = l = [(2 \times a) + (0,5 \times \lambda)]$$

$$w = l = [(2 \times 19,75) + (0,5 \times 67,48)]$$

$$w = l = [(39,50) + (33,74)] = 73,24 \text{ mm}$$

∴ Dari perhitungan yang telah dilakukan diperoleh diameter dari substrat dan *ground plane* sebesar 73,24 mm.

c) *Microstrip line*

Perhitungan lebar *microstrip line* antena

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$B = \frac{377\pi}{2 \times 50\sqrt{6,1}} = 4,793$$

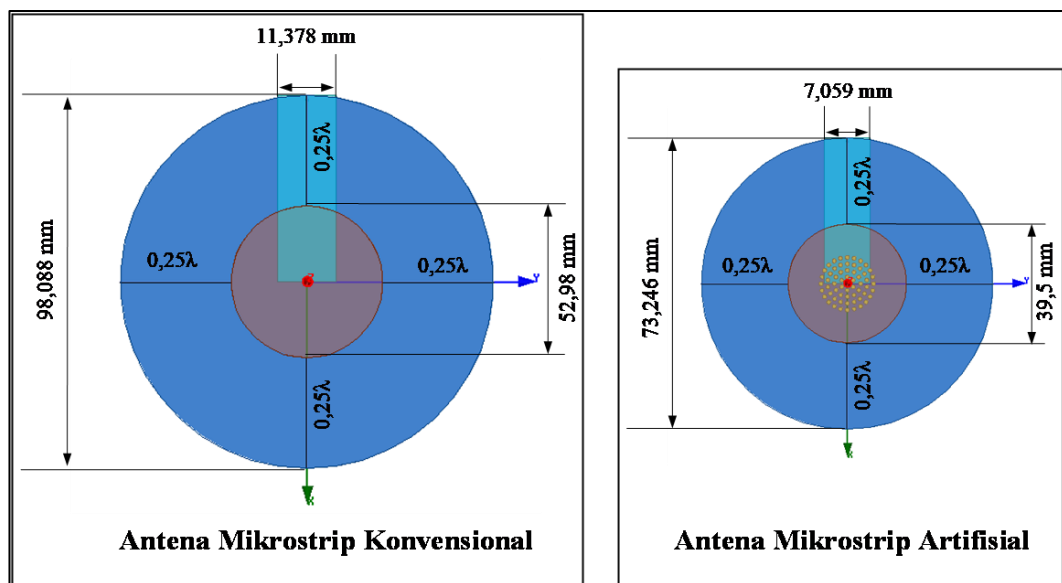
Sehingga,

$$w_f = \frac{2h}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} (\ln(B - 1) + 0,39 \times \frac{0,61}{\epsilon_r}) \right]$$

$$w_f = \frac{2(5)}{\pi} \left[4,793 - 1 - \ln(2(4,793) - 1) + \frac{6,1 - 1}{6,1 + 1} (\ln(4,793 - 1) + 0,39 \times \frac{0,61}{6,1}) \right]$$

$$w_f = 7,059 \text{ mm}$$

∴ Dari perhitungan tersebut, diperoleh lebar *microstrip line* antenna sebesar 7,059 mm.



Gambar III. 5 Dimensi antenna mikrostrip yang akan direalisasikan

Setelah dimensi antenna mikrostrip konvensional dan dimensi antenna mikrostrip artifisial diketahui, tahap selanjutnya yaitu merancang desain pada aplikasi HFSS. Untuk antenna mikrostrip konvensional, substrat dielektrik akrilik dibiarkan natural tidak ada tambahan kawat konduktor didalam substrat, hanya terdiri terdiri dari komponen utama seperti *patch*, *ground plane*, dan konektor SMA. Sedangkan untuk antenna mikrostrip artifisial terdapat penambahan kawat konduktor untuk memperbesar permitivitas material akrilik. Pada aplikasi HFSS menggunakan sistem koordinat, sehingga diperlukan titik-titik koordinat yang dihitung melalui beberapa persamaan dan hasil persamaan tersebut dituangkan dalam bentuk tabel, informasi pada Tabel III.2 digunakan untuk menentukan koordinat kawat konduktor.

Table III. 2 Penentuan jumlah kawat konduktor

Radius	Keliling lingkaran	Jumlah Konduktor	Jarak antar konduktor	Sudut ₁	x	y
0	0	1	0	0	0	0
3,3	20,73	6	2.46	60	0,50	0,87
6,6	41,47	12	2.46	30	0,87	0,50
9,9	62,20	18	2.46	20	0,94	0,34
13,2	82,94	24	2.46	15	0,97	0,26

Informasi Tabel III.2 dapat dihitung koordinat x dan y yang dapat diinputkan pada software HFSS dengan persamaan-persamaan berikut ini:

Radius = dimulai dari jarak pusat ke titik yang dituju, radius yang digunakan sampai batas radius maksimal lingkaran yang dibuat

$$Keliling\ lingkaran = 2\pi r \quad \text{III.3}$$

$$Jumlah\ konduktor = \frac{keliling\ lingkaran}{radius} \quad \text{III.4}$$

$$Jarak\ antar\ konduktor = \left(\frac{keliling\ lingkaran}{jumlah\ konduktor} \right) - 1 \quad \text{III.5}$$

$$Sudut_1 = \frac{360}{jumlah\ konduktor} \quad \text{III.6}$$

$$x = \cos(radians(sudut)) \quad \text{III.7}$$

$$y = \sin(radians(sudut)) \quad \text{III.8}$$

Setelah mendapatkan sudut₁, nilai x, dan nilai y, tahap selanjutnya adalah menentukan titik koordinat penempatan kawat-kawat konduktor. Untuk mendapat titik koordinat tersebut dapat menggunakan persamaan-persamaan di bawah ini:

$$Sudut_2 = Nomor\ konduktor \times sudut_1 \quad \text{III.9}$$

$$x = \cos(radians(sudut_1)) \times radiusl \quad \text{III.10}$$

$$y = \sin(radians(sudut_1)) \times radiusl \quad \text{III.11}$$