

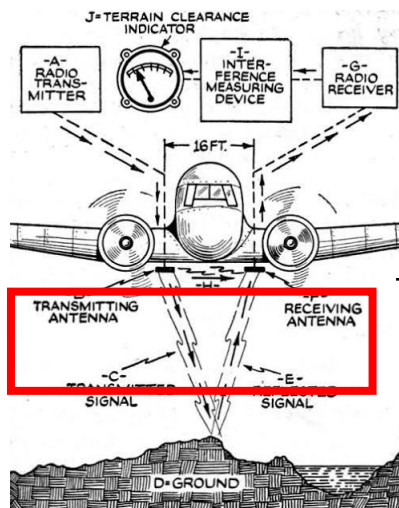
## BAB 3

### METODE DAN PROSES PENYELESAIAN

#### III.1 Perancangan

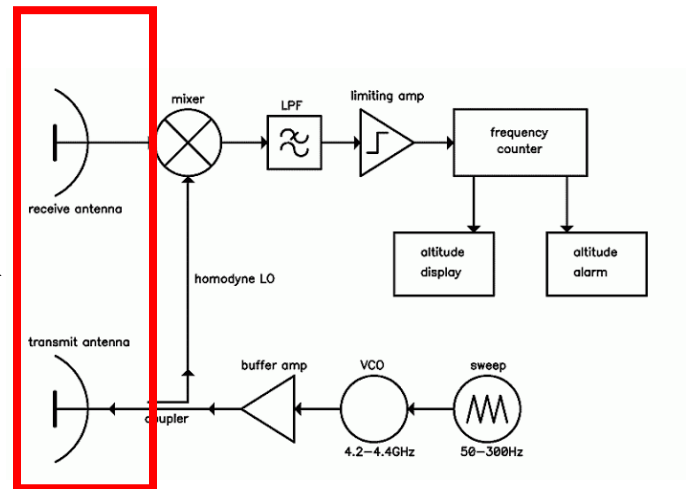
Pada sub bab dibawah akan dijelaskan mengenai blok diagram antenna mikrotrip *patch* persegi dengan material dielektrik FR4-Epoksi konvensional dan antenna mikrostrip *patch* persegi dengan subtract FR4-Epoksi termdifikasi pada rentang frekuensi kerja radar altimeter pesawat (4200-4400 MHz ).

##### III.1.1 Perancangan Blok Diagram dan Ilustrasi Sistem



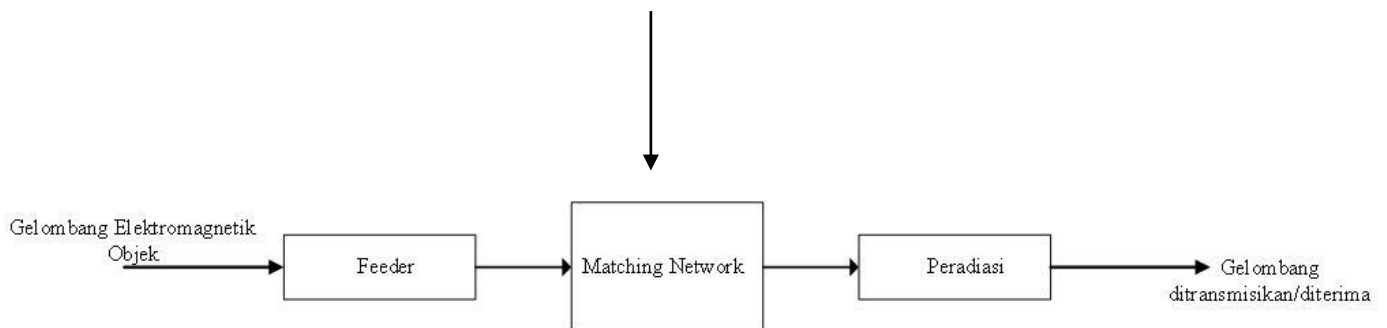
GambarIII.1 (a)

a)Ilustrasi Sistem Radar Altimeter



Gambar III.1(b)

b)Blok diagram Radar Altimeter



Gambar III.1 (c) blok diagram Antena *Patch* Persegi Termodifikasi

Pada realisasi tugas akhir ini difokuskan untuk antenna yang ada pada radar altimeter. Antena mikrostrip *patch* persegi ini memiliki input berupa gelombang elektromagnetik. Input ini selanjutnya akan masuk ke *feeder* atau pencatuan tersambung dari input penerima. Titik pencatuan yang digunakan pada antena mikrostrip adalah *coaxial probe* yaitu teknik pencatuan yang konduktor pusat dari konektor coaxial langsung dihubungkan dengan *patch* antena. Sinyal input yang masuk pada antena akan disesuaikan dengan impedansi antena oleh *matching network* pada antena untuk meningkatkan *bandwidth* dari antena yang kemudian gelombang elektromagnetik suatu objek akan diradiasikan oleh *patch*(elemen peradiasi) antena yang selanjutnya antena dapat bekerja pada rentang frekuensi yang dipilih yaitu rentang frekuensi 4200-4400MHz.

### III.1.2 Perancangan Skema Antena

Pada tahapan ini dijelaskan perancangan antena mikrostrip dimulai dengan penentuan frekuensi kerja, penentuan karakteristik bahan untuk antena, serta bentuk dan perhitungan dimensi antena. Pada realisasinya antena ini memiliki dua material utama yaitu tembaga untuk *patch* dan *groundplane* dan FR4-Epoksi untuk substrat. Pada tabel III.1 dijelaskan penentuan frekuensi kerja serta spesifikasi antena dan pada tabel III.2 ditunjukkan karakteristik pada masing-masing bahan yang digunakan .

Tabel III.1 Spesifikasi Antena

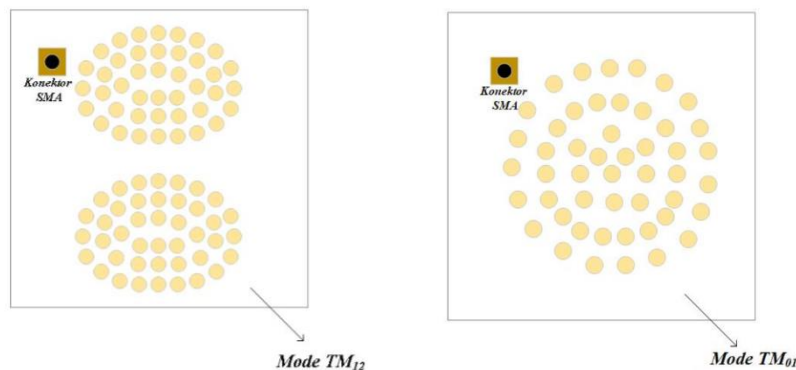
Frekuensi Kerja	4200-4400 MHz
Frekuensi Tengah	4300 MHz
<i>Bandwidth</i>	200 Hz
<i>Return Loss</i>	$\geq 10$ dB
VSWR	$\leq 1.5$
Impedansi Sistem	50 $\Omega$

Tabel III.2 Karakteristik bahan

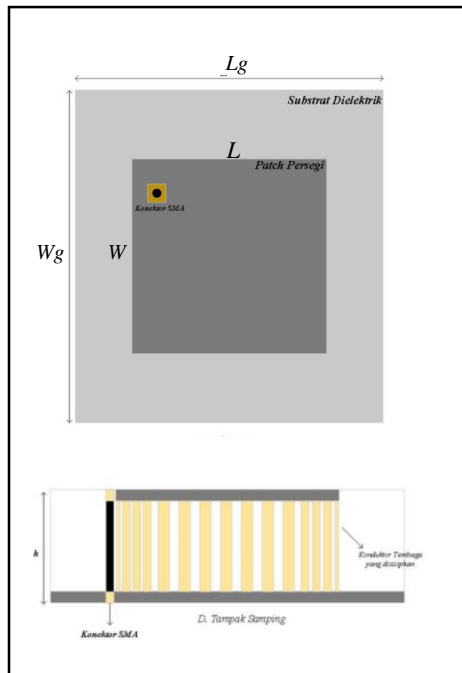
	<i>Patch</i> dan <i>Ground plane</i> (Plat Tembaga)	Substrat Dielektrik (FR4-Epoksi)	Kawat Tembaga (Silinder Konduktor) untuk material artifisial
Permitivitas relative ( $\epsilon_r$ )	1	4,4	1
Permeabilitas relative	0,99991	1	0,99991
Ketebalan	0,5 mm	1,6 mm	1mm

### III.1.3 Bentuk dan Perhitungan Dimensi Antena

Pada penelitian tugas akhir ini bentuk *patch* antena yang dipilih adalah persegi dengan teknik pencatutan *coaxial probe*. Dengan menggunakan material dielektrik FR4-Epoksi yang menjadi pemisah antara *patch* dan *groundplane* dengan pencatutan langsung menggunakan konektor SMA dengan konektor dalam yang terhubung pada *patch* dan substrat pada antena. Antena artifisial yang akan dibuat berupa antena mikrostrip konvensional yang akan disisipi kawat sesuai dengan konfigurasi mode gelombang *Transverse Magnetic* (TM) yang dipilih yaitu  $TM_{01}$  dan  $TM_{12}$ . Bentuk antena yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar III.2



Gambar III.2 Konfigurasi material dielektrik artifisial



Gambar III.3 Bentuk antenna tampak depan dan tampak samping

a. Perhitungan Antena Mikrostrip Konvensional

Dimensi antena mikrostrip secara umum sangat bergantung pada frekuensi kerja dan ketebalan substrat yang digunakan. Dimensi dari antena mikrostrip ditentukan dari perhitungan menggunakan persamaan matematis. Untuk melakukan perhitungan diperlukan data nilai permitivitas relatif bahan ( $\epsilon_r$ ), frekuensi kerja ( $f_r$ ) dan tebal bahan dielektrik ( $h$ ).

Tabel III.3 Parameter perhitungan Antena

Parameter	Nilai
$\epsilon_r$	4,4
$f_0$	4300MHz
$h$	1.6mm

1) Menghitung lebar patch

$$W = \frac{c}{2 f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}$$

$$W = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 4.3 \times 10^9} \sqrt{\frac{2}{4.4 + 1}}$$

$$W = 0.21229 \text{ m}$$

$$W = 21.229 \text{ mm}$$

2) Menghitung panjang patch

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

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon r + 1}{2} + \frac{\epsilon r - 1}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{w}}} \right)$$

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{4.4 + 1}{2} + \frac{4.4 - 1}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{w}}} \right)$$

$$\epsilon_{\text{reff}} = 3.93187$$

Substitusikan angka

$$\frac{\Delta L}{1.6} = 0.412 \frac{(3.93187 + 0.3) \left( \frac{21.229}{1.67} + 0.264 \right)}{(3.93187 - 0.258) \left( \frac{21.229}{1.67} + 0.8 \right)}$$

$$\Delta L = 0.7303 \text{ mm}$$

Maka panjang L

$$L = \frac{c}{2 f r \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} - 2 \Delta L$$

$$L = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 4.3 \times 10^9 \sqrt{3.93187}} - 2 \times 0.7303$$

$$L = 16.0923 \text{ mm}$$

3) Hitung panjang dan lebar groundplane

$$\begin{aligned} W_g &= 6(h) + W \\ &= 6(1.6) + 21.229 \\ &= 30.829 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_g &= 6(h) + L \\ &= 6(1.6) + 16.092 \\ &= 27.192 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel III.4 Parameter perhitungan Antena

Parameter	Nilai
$\epsilon_r$	4,4
$f_0$	4300MHz
$h$	3.2 mm

1) Menghitung lebar patch

$$W = \frac{c}{2 f r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}$$

$$W = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 4.3 \times 10^9} \sqrt{\frac{2}{4.4 + 1}}$$

$$W = 0.021229 \text{ m}$$

$$W = 21.229 \text{ mm}$$

2) Menghitung panjang patch

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

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

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{4.4 + 1}{2} + \frac{4.4 - 1}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12(3.2)}{21.229}}} \right)$$

$$\epsilon_{\text{reff}} = 3.7143$$

Subtitusikan angka

$$\frac{\Delta L}{3.2} = 0.412 \frac{(3.7143 + 0.3) \left( \frac{21.229}{3.2} + 0.264 \right)}{(3.7143 - 0.258) \left( \frac{21.229}{3.2} + 0.8 \right)}$$

$$\Delta L = 1.42 \text{ mm}$$

Maka panjang L

$$L = \frac{c}{2 f_r \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} - 2\Delta L$$

$$L = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 4.3 \times 10^9 \sqrt{3.7143}} - 2 \times 1.42$$

$$L = 15.30 \text{ mm}$$

3) Hitung panjang dan lebar groundplane

$$\begin{aligned} W_g &= 6(h) + W \\ &= 6(3.2) + 21.229 \\ &= 40.429 \text{ mm} \\ L_g &= 6(h) + L \\ &= 6(3.2) + 15.30 \\ &= 34.50 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari perhitungan yang sudah dilakukan, maka didapatkan dimensi dari antenna konvensional pada frekuensi tengah 4300MHz seperti yang dapat dilihat pada tabel III.5

b. Perhitungan Antena Mikrostrip Artifisial

Perhitungan pada antenna mikrostrip artifisial mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Ika [1] dengan nilai penurunan resonansi sebesar 25.30% . Sehingga dapat diketahui nilai dari  $f_{r \text{ artifisial}}$  seperti persamaan (3.1)

1) Perhitungan  $f_{r \text{ artifisial}}$

$$f_{r \text{ artifisial}} = f_{r \text{ konvensional}} - (\% \text{ penurunan } f_{\text{resonansi}} \times f_{r \text{ konvensional}}) \quad (3.1)$$

$$f_{r \text{ artifisial}} = 4300 \times 10^6 - (25,30\% \times 4300 \times 10^6)$$

$$f_{r \text{ artifisial}} = 3136 \text{ MHz}$$

2) Permittivitas Relatif Baru

Setelah mendapatkan  $f_{r \text{ artifisial}}$  , maka dapat ditentukan permittivitas relatif artifisial yang dapat diketahui dari persamaan (3.2)

$$\frac{f_{r \text{ konvensional}}}{f_{r \text{ artifisial}}} = \frac{\sqrt{\epsilon_{r \text{ artifisial}}}}{\sqrt{\epsilon_{r \text{ konvensional}}}} \quad (3.2)$$

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

$$\epsilon_{r \text{ artifisial}} = 4,4 \times \frac{4300 \times 10^6}{3136 \times 10^6}$$

$$\epsilon_{r \text{ artifisial}} = 6.0331$$

Nilai frekuensi tengah dan permitivitas relatif artifisial dapat digunakan untuk menghitung dimensi panjang dan lebar pada dimensi *patch* dan *groundplane* sesuai dengan perhitungan matematis.

### 3) Menghitung lebar *patch* antenna artifisial

Lebar *patch* antenna dapat dilakukan dengan persamaan 2.1 dengan menggunakan nilai frekuensi tengah dan permitivitas relatif artifisial.

$$W = \frac{c}{2 f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}$$

$$W = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 4.3 \times 10^9} \sqrt{\frac{2}{6.0331 + 1}}$$

$$W = 0.01860 \text{ m}$$

$$W = 18.60 \text{ mm}$$

### 4) Menghitung panjang *patch* antenna artifisial

- Untuk  $h = 1.6 \text{ mm}$

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

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

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{6.0331 + 1}{2} + \frac{6.0331 - 1}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12(1.6)}{18.60}}} \right)$$

$$\epsilon_{\text{reff}} = 5.281$$

- Untuk  $h = 3.2 \text{ mm}$



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

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon r + 1}{2} + \frac{\epsilon r - 1}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{w}}} \right)$$

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{6.0331+1}{2} + \frac{6.0331-1}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12(3.2)}{18.60}}} \right)$$

$$\epsilon_{\text{reff}} = 4.954$$

Subtitusikan angka

- Untuk h=1.6 mm

$$\frac{\Delta L}{1.6} = 0.412 \frac{(5.281+0.3)\left(\frac{18.60}{1.6}+0.264\right)}{(5.281-0.258)\left(\frac{18.60}{1.6}+0.8\right)}$$

$$\Delta L = 0.70$$

- Untuk h=3.2 mm

$$\frac{\Delta L}{3.2} = 0.412 \frac{(4.954+0.3)\left(\frac{18.60}{3.2}+0.264\right)}{(4.954-0.258)\left(\frac{18.60}{3.2}+0.8\right)}$$

$$\Delta L = 1.355$$

Maka panjang L

- Untuk h=1.6 mm

$$L = \frac{c}{2 \text{ fr } \sqrt{5.281}} - 2\Delta L$$

$$L = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 4.3 \times 10^9 \sqrt{5.281}} - 2 \times 0.70$$

$$L = 13.778 \text{ mm}$$

- Untuk h=3.2 mm

$$L = \frac{c}{2 \text{ fr } \sqrt{4.954}} - 2\Delta L$$

$$L = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 4.3 \times 10^9 \sqrt{4.954}} - 2 \times 1.355$$

$$L = 12.961 \text{ mm}$$

5) Hitung panjang dan lebar groundplane

- Untuk  $h=1.6$  mm

$$\begin{aligned} W_g &= 6(h) + W \\ &= 6(1.6) + 18.60 \\ &= 28.2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_g &= 6(h) + L \\ &= 6(1.6) + 13.778 \\ &= 23.778 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk  $h=3.2$  mm

$$\begin{aligned} W_g &= 6(h) + W \\ &= 6(3.2) + 18.60 \\ &= 37.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_g &= 6(h) + L \\ &= 6(3.2) + 12.961 \\ &= 32.161 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel III.5 Dimensi antenna konvensional sesuai persamaan matematis

<b>h</b>	<b>L</b>	<b>W</b>	<b>L<sub>g</sub></b>	<b>W<sub>g</sub></b>
<b>1.6 mm</b>	16.09 mm	21.229 mm	27.192 mm	30.829 mm
<b>3.2 mm</b>	15.30 mm	21.229 mm	34.50 mm	40.429 mm

Tabel III.6 Dimensi antenna artifisial sesuai persamaan matematis

<b>h</b>	<b>L</b>	<b>W</b>	<b>L<sub>g</sub></b>	<b>W<sub>g</sub></b>
<b>1.6 mm</b>	13.778 mm	18.60 mm	23.778 mm	28.2 mm
<b>3.2 mm</b>	12.961 mm	18.60 mm	32.161 mm	37.8 mm

Hasil perhitungan yang telah didapatkan merupakan acuan untuk melakukan simulasi dan dioptimasi untuk mendapatkan nilai-nilai parameter antenna yang telah ditentukan.

### III.1.4 Penentuan Jumlah dan Jarak antar Kawat Konduktor

Pada antenna artifisial dengan mode  $TM_{01}$  dan  $TM_{12}$ , material dielektrik akan disisipkan kawat konduktor untuk memperbesar material dielektrik FR4-Epoksi. Penentuan jumlah dan jarak antar kawat konduktor ditentukan melalui beberapa persamaan yang hasilnya akan ditampilkan pada tabel III.7 dan digunakan untuk menentukan koordinat kawat konduktor pada material dielektrik yang digunakan.

Tabel III.7 Jumlah dan Jarak antar Kawat Konduktor

Radius	Keliling lingkaran	Jumlah Konduktor	Jarak antar konduktor	Sudut <sub>1</sub>	x	y
2,3	14,45	6	1,30	60,00	0,50	0,87
4,6	28,90	12	1,41	30,00	0,87	0,50
6,9	43,35	18	1,41	20,00	0,94	0,34
9,2	57,81	25	1,30	14,40	0,97	0,25

Informasi yang ditunjukkan pada tabel III.7 dihitung melalui koordinat x dan y dengan persamaan-persamaan berikut:

Radius = jarak titik pusat ke bidang paling luar dari *patch*

$$\text{Keliling lingkaran} = 2\pi r \quad (3.3)$$

$$\text{Jumlah konduktor} = \frac{\text{keliling lingkaran}}{\text{radius}} \quad (3.4)$$

$$\text{Jarak antar konduktor} = \left( \frac{\text{keliling lingkaran}}{\text{jumlah konduktor}} \right) - 1 \quad (3.5)$$

$$\text{Sudut}_1 = \frac{360}{\text{jumlah konduktor}} \quad (3.6)$$

$$x = \cos(\text{radians}(\text{sudut})) \quad (3.7)$$

$$y = \sin(\text{radians}(\text{sudut})) \quad (3.8)$$

Untuk menentukan koordinat penempatan kawat konduktor, dapat dihitung melalui persamaan :

$$Sudut_2 = Nomor\ konduktor \times sudut_1 \quad (3.9)$$

$$x = \cos(radians(sudut_1)) \times radius \quad (3.10)$$

$$y = \sin(radians(sudut_1)) \times radius \quad (3.11)$$

Penentuan jumlah dan jarak kawat konduktor dapat dilakukan untuk gelombang mode  $TM_{01}$  dan  $TM_{12}$  dengan membuat pola lingkaran yang selanjutnya disesuaikan dengan mode gelombang yang dipilih.