

## DAFTAR ISTILAH

AUT	: Antena yang diuji
<i>Bandwidth</i>	: Lebar pita frekuensi antena yang dibatasi oleh VSWR tertentu
<i>Gain</i>	: Perbandingan intensitas daya ke arah tertentu dengan intensitas daya isotropis
<i>Return Loss</i>	: Parameter perbandingan daya yang dipantulkan terhadap daya yang masuk ke port
VSWR	: Perbandingan tegangan gelombang berdiri maksimum dengan tegangan gelombang berdiri minimum

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Ultra Wideband* (UWB) adalah teknologi nirkabel yang mempunyai bandwidth sangat lebar untuk komunikasi jarak dekat. Salah satu standar internasional terhadap kinerja antenna dengan *bandwidth* lebar ditentukan oleh *Europe Telecommunications Standards Institute* (ETSI). Lembaga ini menetapkan bahwa antenna UWB memiliki *bandwidth* minimal 20% dari frekuensi tengah dengan alokasi rentang frekuensi dari 3.1 GHz – 9 GHz [2]. Teknologi UWB merupakan salah satu solusi yang menjanjikan untuk komunikasi nirkabel kecepatan tinggi pada jarak pendek, oleh karena itu penelitian tentang UWB mendapat perhatian besar dari kalangan akademisi maupun industri untuk menghasilkan sebuah antenna yang memiliki *bandwidth* lebar dengan ukuran yang kecil.

Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antenna yang berbentuk papan tipis dan mampu bekerja pada frekuensi yang tinggi, dimana antenna ini memiliki beberapa keunggulan. Diantaranya rancangan antenna yang tipis, kecil, dan proses produksi yang cukup mudah, tetapi antenna mikrostrip juga memiliki kekurangan yaitu *bandwidth* yang sempit [1]. Banyak cara untuk mengatasi hal ini diantaranya adalah dengan menambah ketebalan *substrate*, menambah *slot* pada *patch*, dan melakukan modifikasi bentuk *groundplane*.

Beberapa penelitian tentang cara untuk meningkatkan *bandwidth*, antara lain dijelaskan pada [3], [5], [8], [9], [11], [12]. Pada penelitian [3] dirancang antenna mikrostrip *rectangular* dengan bentuk *groundplane* dimodifikasi menjadi *sawtooth*. Pada penelitian [5] dibahas tentang antenna *ultra wideband* dengan *patch* dan *groundplane* berbentuk piramid yang memiliki frekuensi kerja mulai 2.6 GHz – 17.7 GHz. Pada penelitian [8] dirancang antenna fraktal pada iterasi ke – 1 dengan tinggi *groundplane*  $L/4$  yang memiliki frekuensi kerja 4 GHz – 6.5 GHz. Pada penelitian [9] dibahas tentang antenna *ultra wideband* yang bekerja pada rentang frekuensi 3.5 GHz – 10.9 GHz. Pada penelitian [12] dirancang antenna untuk aplikasi *ultra wideband* yang memiliki frekuensi kerja 3.5 GHz – 10.6 GHz.

Pada penelitian [11] antenna *ultra wideband* dibuat dengan *patch* fraktal Koch pada iterasi ke 2 dengan mengkombinasikan bentuk setengah lingkaran dengan persegi panjang.

Pada Proyek Akhir ini, dirancang antenna dengan *patch* fraktal Koch pada iterasi – 1 dengan *groundplane* berbentuk piramid yang dapat beroperasi pada frekuensi 3.5 GHz – 9 GHz.

## 1.2 Tujuan

Adapun Tujuan dari Proyek Akhir ini, sebagai berikut:

1. Dapat merancang antenna mikrostrip fraktal Koch untuk aplikasi *ultra wideband* pada frekuensi kerja 3.5 GHz – 9 GHz.
2. Dapat mensimulasikan perancangan menggunakan *software* simulasi Ansoft Hfss 15.0 untuk melihat parameter yang dihasilkan.
3. Dapat merealisasikan antenna mikrostrip fraktal Koch iterasi 1.
4. Dapat menguji hasil perancangan untuk melihat parameter yang ada.

## 1.3 Manfaat

Adapun Manfaat dari Proyek Akhir ini, sebagai berikut:

1. Memahami pengaruh bentuk *groundplane* dalam meningkatkan bandwidth
2. Dengan mengetahui bentuk *groundplane*, maka dapat diharapkan menjadi solusi untuk membuat antenna dengan *bandwidth* yang lebar.
3. Menjadi referensi yang melengkapi penelitian antenna *ultra wideband* lainnya.

## 1.4 Rumusan Masalah

Adapun Rumusan dari Proyek Akhir ini, sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang antenna mikrostrip fraktal Koch untuk aplikasi *ultra wideband* pada frekuensi 3.5 GHz – 9 GHz?
2. Bagaimana cara mengumpulkan data parameter antenna fraktal Koch dengan menggunakan *software* Ansoft Hfss 15.0?
3. Bagaimana cara menguji hasil perancangan antenna dengan menggunakan simulator perancangan untuk melihat parameter – parameter antenna?

## 1.5 Batasan Masalah

Dalam Proyek Akhir ini, dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Perancangan dan realisasi antenna mikrostrip.

2. Fokus utama adalah mengamati parameter *return loss*, *VSWR*, dan *bandwidth*.
3. *Patch* yang digunakan fraktal Koch.
4. Perancangan *patch* fraktal Koch dilakukan pada iterasi ke 1.
5. *Bandwidth* antena  $\geq 88\%$ .
6. Simulator yang digunakan Ansoft Hfss 15.0
7. Jenis *substrate* yang digunakan adalah epoxy FR 4.

## 1.6 Metodologi

Metodologi pada penelitian ini, sebagai berikut:

### 1. Studi Literatur

Mengumpulkan, mempelajari, dan memahami teori – teori yang dibutuhkan dalam pembuatan proyek akhir ini dari buku – buku referensi, artikel, jurnal, dan sumber lain yang terkait.

### 2. Perancangan dan Simulasi

Antena yang akan dirancang berdasarkan teori yang didapat dari studi literatur dengan melakukan simulasi menggunakan *software* Ansoft Hfss 15.0.

### 3. Analisis Hasil Simulasi

Menganalisis parameter – parameter antena yang di uji cobakan melalui simulasi.

### 4. Realisasi

Realisasi prototipe dari desain paling optimal untuk aplikasi UWB berdasarkan hasil simulasi Ansoft Hfss 15.0.

### 5. Pengukuran

Melakukan pengukuran dan membandingkan hasil pengukuran dengan simulasi yang sudah dilakukan.

### 6. Analisis Hasil Pengukuran

Membuat beberapa ringkasan dari hasil pengukuran langsung beserta analisis yang telah dilakukan dalam penelitian.

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Proyek Akhir ini dibagi dalam beberapa topik bahasan yang disusun secara sistematis sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini membahas latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan.

### **BAB II DASAR TEORI**

Bab ini berisi tentang konsep dan teori – teori dasar antena yang berkaitan dengan antena yang dirancang.

### **BAB III DESAIN DAN SIMULASI ANTENA**

Bab ini menjelaskan proses perancangan dan simulasi menggunakan software Ansoft Hfss 15.0 hingga proses pembuatan antena mikrostrip fraktal Koch dengan modifikasi groundplane.

### **BAB IV PENGUKURAN DAN ANALISA HASIL PENGUKURAN**

Bab ini berisikan analisis perbandingan antara hasil simulasi yang didapat dengan hasil pengukuran antena setelah direalisasikan.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini membahas tentang kesimpulan yang diperoleh dari Proyek Akhir ini, serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Antena

Antena adalah transformator antara gelombang terbimbing dengan gelombang ruang bebas atau sebaliknya. Antena berfungsi sebagai pemancar atau penerima gelombang elektromagnetik. Antena memiliki berbagai macam bentuk, seperti antena helix, antena horn, antena dipol, antena mikrostrip, dll [1].

Antena memiliki beberapa parameter penting yang digunakan sebagai tolak ukur dari performansi antena itu sendiri. Secara umum parameter antena terbagi menjadi 2, yaitu parameter medan dekat dan parameter medan jauh. Dalam Proyek Akhir ini, parameter yang menjadi fokus utama dalam pengujian antena adalah VSWR, *return loss*, *bandwidth*, *gain*, dan pola radiasi.

##### 2.1.1. VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

VSWR didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum dengan tegangan gelombang berdiri minimum [1]. Gelombang berdiri terjadi apabila impedansi saluran catuan dengan impedansi antena tidak sesuai. Adapun persamaan VSWR adalah sebagai berikut :

$$VSWR = \frac{v_{max}}{v_{min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2.1)$$

Keterangan:

$V_{max}$  = tegangan maksimum

$V_{min}$  = tegangan minimum

$|\Gamma|$  = koefisien pantul

##### 2.1.2. *Return Loss*

*Return Loss* adalah suatu parameter yang digunakan untuk mengetahui seberapa daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan [1].

$$RL = 20 \log |\Gamma| \quad (2.2)$$

Keterangan:

$|\Gamma|$  = koefisien pantul

### 2.1.3. *Bandwidth*

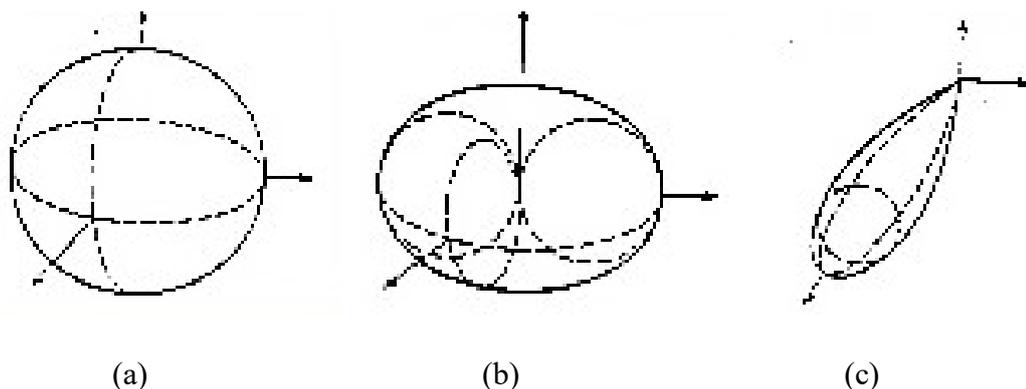
*Bandwidth* atau lebar pita adalah rentang frekuensi kerja suatu antenna yang dibatasi oleh suatu nilai VSWR atau *return loss* yang telah ditentukan [1].

### 2.1.4. *Gain*

*Gain* didefinisikan sebagai perbandingan intensitas daya ke arah tertentu dengan intensitas daya isotropis [1]. *Gain* berhubungan erat dengan direktivitas, dimana direktivitas hanya memperhitungkan keterarahan radiasi antenna sedangkan gain melihat efisiensi dari antenna tersebut.

### 2.1.5. Pola Radiasi

Pola radiasi didefinisikan sebagai pernyataan grafis yang menggambarkan sifat radiasi suatu antenna. Pola radiasi terbagi menjadi 3 jenis, yaitu: isotropis, *omnidirectional*, *directional*. Pola isotropis merupakan pola radiasi dimana daya memancar ke segala arah secara merata. Pola radiasi omnidireksional memancar ke segala arah. Sedangkan direksional memancarkan daya ke satu arah tertentu [1].

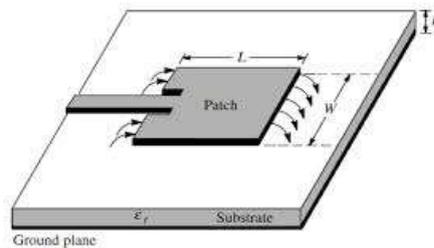


Gambar 2. 1 Jenis Pola Radiasi

(a) Isotropis (b) Omnidireksional (c) Direksional[1]

## 2.2 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah suatu antena yang terbuat dari konduktor yang menempel pada suatu dielektrik dan pada bagian bawahnya ada *groundplane*, atau pada umumnya dicetak pada PCB (*Printed Circuit Board*). Antena mikrostrip memiliki beberapa keunggulan diantaranya bentuk yang tipis, kecil, dan mudah untuk dipabrikasi. Namun antena mikrostrip memiliki karakteristik *bandwidth* yang sempit [1].



Gambar 2. 2 Struktur Dasar Antena Mikrostrip [1]

Dari gambar diatas, antena mikrostrip terdiri dari 3 bagian, antara lain [1]:

- Conducting patch*, merupakan lapisan bagian paling atas pada antena yang terbuat dari bahan konduktor. Fungsi lapisan ini yang disebut juga *patch*, adalah untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara.
- Substrate dielektrik*, merupakan lapisan bagian tengah dari antena yang terbuat dari bahan dielektrik. Fungsi dari lapisan dielektrik ini adalah untuk menyalurkan gelombang elektromagnetik dari catuan menuju *patch*.
- Groundplane*, merupakan lapisan paling bawah dari antena mikrostrip yang biasanya terbuat dari bahan konduktor. Fungsi dari lapisan ini adalah sebagai reflektor sinyal yang tidak diinginkan.

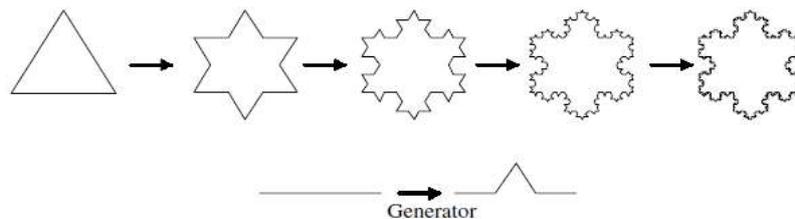
## 2.3 Antena Fraktal

Istilah *fractal*, yang secara bahasa berarti patah (*brocken*) merupakan suatu geometri yang tersusun dari pengulangan – pengulangan dari struktur dasar geometri tersebut dengan berbagai skala. Antena frakal adalah suatu jenis antena yang memiliki bentuk geometri berulang dimana bentuk tersebut tersusun dari bentuk geometri yang sama, hanya saja dalam ukuran skala yang berbeda – beda, disebut sebagai *self-similarity* [10]. Selain bentuk geometri, rancangan tersebut dapat juga berupa pola – pola yang selalu berulang. Antena

fraktal memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah bentuk lebih kecil dibanding *patch* biasa, impedansi input baik, performa stabil dalam rentang frekuensi tinggi. Namun antena fraktal memiliki kekurangan salah satunya adalah desain dan pabrikan rumit untuk setiap penambahan iterasi [11].

## 2.4 Antena Fraktal Koch

Antena fraktal Koch merupakan salah satu jenis antena berbentuk kurva segitiga yang dengan penambahan segitiga – segitiga pada sisi presisi dengan ukuran kecil sesuai dengan sifat fraktal [11]. Dalam merancang antena mikrostrip fraktal Koch terlebih dahulu kita menentukan ukuran iterasi ke 0, sebagai bentuk dasar untuk membuat ke iterasi selanjutnya dan sebagai batasan maksimal ukuran geometri *patch* fraktal. *Patch* fraktal iterasi ke 0 biasa disebut juga sebagai *patch initiator*. Pada gambar 2.2 merupakan salah satu jenis fraktal Koch dari iterasi ke – 0 sampai ke – 4.



Gambar 2.3 Bentuk Antena Fraktal Koch [1]

Untuk mendapatkan ukuran *patch* fraktal Koch ( $l_p$ ), dapat dicari dengan persamaan berikut [4]:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.3)$$

Keterangan:

$\lambda$  = panjang gelombang

$c$  = kecepatan cahaya

$f$  = frekuensi tengah

$$l_o = \frac{\lambda}{4} \quad (2.4)$$

$$lp = lo \left(\frac{4}{3}\right)^n \quad (2.5)$$

Keterangan:

$lp$  = panjang *patch* iterasi 0

$lo$  = panjang awal

$n$  = iterasi ke - n



Gambar 2.4 Patch Fraktal Koch iterasi 0 [1]

Sementara untuk panjang dan lebar substrat maupun *groundplane* perlu diketahui lebar *patch* ( $w$ ) dan panjang *patch* ( $l$ ), yang kemudian dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [6]:

$$Wg = 6. h + W \quad (2.6)$$

Keterangan:

$Wg$  = lebar *groundplane*

$h$  = ketebalan substrat

$W$  = lebar *patch*

$$Lg = 6. h + L \quad (2.7)$$

Keterangan:

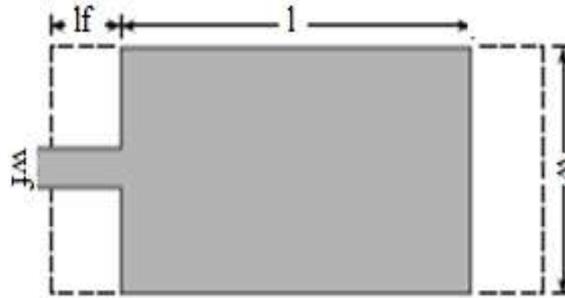
$Lg$  = panjang *groundplane*

$h$  = ketebalan substrat

$L$  = panjang *patch*

## 2.5 Teknik Pencatuan

Secara umum antenna dapat dicatu menggunakan 2 metode, yaitu metode kontak dan non kontak. Dalam Proyek Akhir ini metode yang digunakan adalah metode kontak, *Microstrip Line* [6]. Pada teknik pencatuan ini, saluran terhubung langsung ke tepi patch seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.5 *Microstrip Line*

Dalam menentukan panjang dan lebar dari *microstrip line*, diperlukan konstanta dielektrik dari substrat yang digunakan ( $\epsilon_r$ ) dan tebal dari bahan substrat yang digunakan ( $h$ ). Untuk mengetahui nilai konstanta dielektrik efektif ( $\epsilon_e$ ), panjang pencatu ( $l_f$ ), lebar pencatu ( $w_f$ ) dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\epsilon_e = \frac{(\epsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\epsilon_r - 1)}{2} \times \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left( \frac{h}{w_f} \right)}} \right] \quad (2.8)$$

Keterangan:

$\epsilon_e$  = konstanta dielektrik efektif antenna

$\epsilon_r$  = konstanta dielektrik substrat

$h$  = ketebalan substrat

$w_f$  = lebar pencatu

$$\lambda_g = \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_e}} \quad (2.9)$$

Keterangan:

$\lambda$  = panjang gelombang

$\epsilon e$  = konstanta dielektrik efektif antena

$$lf = \frac{1}{4} \lambda g \quad (2.10)$$

Keterangan:

$lf$  = panjang pencatu

$$wf = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon r - 1}{2\epsilon} \left[ \ln(B-1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon r} \right] \right\} \quad (2.11)$$

Keterangan:

$wf$  = lebar pencatu

$\epsilon r$  = konstanta dielektrik efektif antena

Dimana:

$$B = \frac{60\pi^2}{z_0 \sqrt{\epsilon r}} \quad (2.12)$$

Keterangan:

$z_0$  = impedansi antena

$\epsilon r$  = konstanta dielektrik efektif antena

## 2.6 Ultra Wideband

Bermula dari teori Shannon – Hartley mengenai kapasitas kanal yang meningkat secara linier terhadap *bandwidth*, dikembangkanlah teknologi *ultra wideband* yang sebelumnya dikenal sebagai “*pulse radio*” []. *Ultra Wideband* (UWB) adalah teknologi nirkabel yang memiliki daya yang rendah untuk komunikasi jarak dekat dengan *bandwidth* yang sangat lebar. *Ultra Wideband* secara teknis didefinisikan sebagai teknologi radio yang memiliki *bandwidth* fraksional 20% dari frekuensi tengah. *Bandwidth* fraksional merupakan faktor yang digunakan untuk mengklasifikasikan sinyal ke dalam kelompok *narrowband*, *wideband*, atau *ultra wideband* [7].

$$Bf = \frac{BW}{fc} \times 100\% = \frac{(fh-fl)}{\frac{(fh+fl)}{2}} \times 100\% \quad (2.13)$$

Keterangan:

$Bf$  = *bandwidth* fraksional

$Bw$  = *bandwidth*

$fc$  = frekuensi tengah

$fh$  = frekuensi atas

$fl$  = frekuensi bawah

Pada 2006, *European Telecommunication Standards Institute* (ETSI) menetapkan spektrum 3.1 GHz – 9 GHz untuk digunakan aplikasi *ultra wideband* dengan maksimum daya yang diijinkan sebesar -40 dBm. Teknologi *ultra wideband* dapat dimanfaatkan sebagai sistem komunikasi jarak pendek, sistem radar kendaraan bermotor, dan sistem pencitraan [2].

Beberapa keuntungan dari teknologi *ultra wideband*, yaitu [7]:

1. Data rate yang tinggi
2. Lebih tahan terhadap *multipath* propagasi
3. Keamanan transmisi lebih terjamin

## BAB III

### DESAIN DAN SIMULASI ANTENA

#### 3.1 Pendahuluan

Pada Proyek Akhir ini, dirancang antenna fraktal Koch iterasi 1 dan bentuk groundplane yang dimodifikasi untuk meningkatkan *bandwidth* antenna tersebut. Antenna dirancang untuk aplikasi *ultra wideband* pada rentang frekuensi 3.5 GHz – 9 GHz. Dalam perancangannya, akan digunakan *software* simulasi Ansoft Hfss 15.0.

Adapun tahapan perancangan antenna diawali dengan menentukan spesifikasi dan menentukan bahan. Kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai dimensi antenna yang kemudian didesain dan disimulasikan menggunakan *software* yang digunakan. Apabila hasil simulasi masih belum memenuhi dengan parameter yang diinginkan, maka dilakukan optimasi pada antenna, untuk kemudian disimulasikan kembali. Adapun parameter yang akan diujikan adalah frekuensi kerja, *bandwidth*, VSWR, *return loss*, *gain*, dan pola Radiasi.

#### 3.2 Tahapan Perancangan

Proses perancangan antenna mikrostrip fraktal Koch iterasi 1 ini dilakukan dengan metode eksperimental, tahapan pembuatannya adalah sebagai berikut:

1. Penentuan spesifikasi

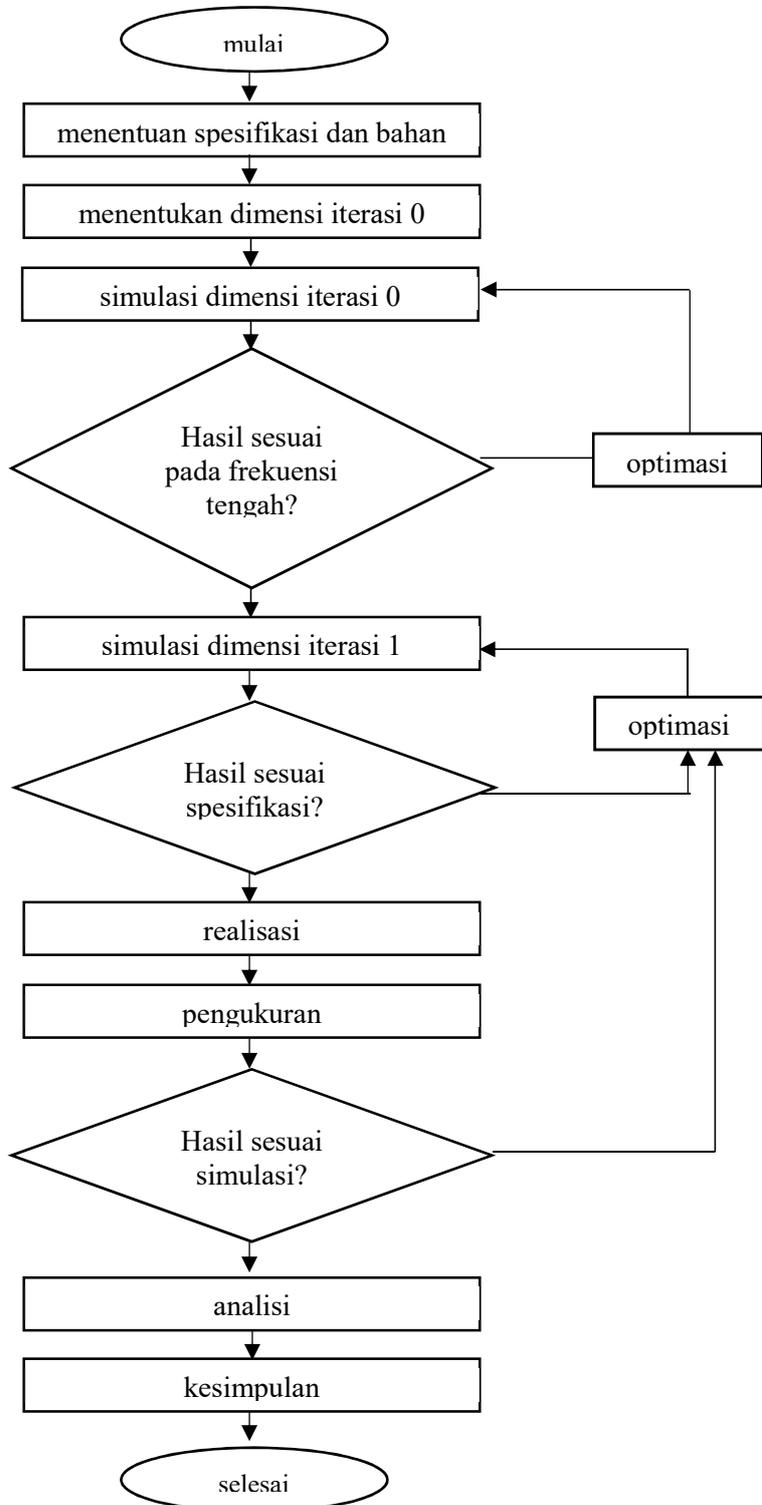
Tahapan pertama dalam merancang suatu antenna adalah dengan menentukan spesifikasi kerja antenna tersebut, seperti rentang frekuensi kerja, bahan yang digunakan.

2. Perancangan dengan *software* simulasi Ansoft Hfss 15.0

Tahap selanjutnya antenna didesain menggunakan *software* simulasi Ansoft Hfss 15.0 dengan menggunakan ukuran dimensi yang didapat melalui perhitungan. Kemudian dilakukan simulasi untuk melihat parameter – parameter yang ada apakah telah sesuai dengan spesifikasi yang dirancang. Apabila ada parameter yang belum terpenuhi, maka dilakukan optimasi dengan mengubah bentuk *patch*, saluran transmisi, atau bentuk *groundplane*.

### 3. Pabrikasi

Tahap terakhir yaitu Pabrikasi, Pabrikasi dilakukan untuk merealisasikan dari desain yang ada pada *software* ke dalam bentuk antenna aslinya. Dari tahapan utama diatas, ada beberapa tahapan pendukung dan juga dibuat *flowchart* sebagai berikut:



Gambar 3. 1 *Flowchart* Tahapan Penelitian

### 3.3 Spesifikasi Antena

Langkah awal dalam merancang antena adalah menentukan spesifikasi antena. Adapun spesifikasi awal untuk antena aplikasi *ultra wideband* adalah pada Tabel 3.1. berikut [2] [9][11][12]:

Tabel 3.1 Spesifikasi Antena

Frekuensi Kerja	3.5 GHz – 9 GHz
Frekuensi Tengah	6.25 GHz
<i>Bandwidth</i>	$\geq 88\%$
Impedansi	50 $\Omega$
VSWR	$\leq 2$
<i>Return Loss</i>	$\leq -10$ dB
<i>Gain</i>	$\geq 2$ dB
Pola Radiasi	Omnidireksional
Polarisasi	Linier

### 3.4 Pemilihan Bahan

Adapun beberapa parameter penting dalam pemilihan substrat yang akan digunakan yaitu ketebalan dan dielektrik substrat. Jenis substrat yang digunakan termasuk saat satu yang dapat mempengaruhi performansi antena. Untuk medium substrat dengan konstanta dielektrik kecil, sering digunakan dalam perancangan untuk mendapatkan bandwidth yang lebar, akan tetapi dengan konsekuensi antena yang didapat akan menjadi lebih besar. Pada Proyek Akhir ini dipilih jenis substrat FR-4, yang memiliki konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) = 4.4 dan ketebalan ( $h$ ) = 1.6 mm [6]. Pemilihan jenis substrat tersebut karena ketersediaan bahan yang ada pada tempat pabrikan sehingga mempermudah untuk dilakukan pencetakan antena. Adapun untuk *patch* dan *groundplane* menggunakan material *cooper* dengan ketebalan ( $t$ ) = 0.035 mm.