

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ANTENNA WIDEBAND E-SHAPED PADA FREKUENSI 1.8GHZ- 2.4 GHZ

Evyta Angelya¹, Bambang Setia Nugroho², Yuyu Wahyu³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Saat ini kebutuhan pasar telekomunikasi mengarah pada penyaluran informasi dalam kapasitas yang besar, sehingga dibutuhkan perangkat komunikasi yang dapat bekerja dengan bandwidth yang lebar atau wideband.

Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antena yang berbentuk papan tipis dan mampu bekerja pada frekuensi yang tinggi. Kelemahan dari antena ini salah satunya adalah cakupan bandwidth yang sempit. Banyak cara yang telah dilakukan untuk mengatasi hal ini, diantaranya adalah dengan menggunakan elemen parasitik, menambah ketebalan substrate, memperkecil konstanta dielektrik, atau dengan melakukan modifikasi patch seperti antena U-shaped, V-shaped, S-shaped dan juga E-shaped.

Antena E- Shaped adalah antena mikrostrip persegi panjang yang memodifikasi bentuk radiator patch antena untuk memperlebar Bandwidth sehingga berkarakteristik wideband. Hasil yang dicapai dalam pada Tugas Akhir ini adalah telah berhasil dirancang serta direalisasikan antena wideband mikrostrip persegi panjang termodifikasi yang membentuk huruf E dan bekerja pada frekuensi 1.792 - 2.416 GHz dengan $VSWR \leq 1.8$. Kemudian untuk pola radiasi antena adalah mendekati Unidirectional dengan penguatan yang mampu dicapai antena ini 8.65 dBi.

Kata Kunci : Wideband, Antena Mikrostrip persegi panjang, E-shaped

Abstract

Currently, the telecommunication market needs aim to the distribution of information in large capacity which requires broadband networks with reliable system performance. Therefore, an antenna which has the ability for the whole various needs of these different communications is needed.

Microstrip antenna is a type of antenna in the form of a thin board and able to work at high frequencies. One of the weaknesses of this antenna is narrow scope bandwidth. There are many ways have been made to overcome this problem, such as by using parasitic elements, adding the thickness of substrate, decreasing the dielectric constant, or by modifying the patch such as U-shaped antenna, V-shaped, S-shaped, or E-shaped antenna.

E-shaped antenna is a rectangular microstrip antenna which is modifying the shape of radiator patch for widening the bandwidth. Prototype that has been made in accordance with the design and simulation and the result is to have successfully designed and implemented antenna wideband modified form letter E and works in the range frequency of 1.77GHz- 2.44 with $VSWR \leq 1.8$. Other specification for the antenna radiation pattern is desired unidirectional and gain of 8.65 dBi can be achieved.

Keywords : Wideband, Rectangular Microstrip Antennas, E-Shaped

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini kebutuhan pasar telekomunikasi mengarah pada penyaluran informasi dalam kapasitas yang besar karena teknologi telekomunikasi tidak hanya terbatas pada layanan *voice* saja, tetapi juga sudah memasuki layanan data berupa gambar dan video. Oleh karena itu untuk mendukung teknologi tersebut dibutuhkan antenna sebagai media peradiasi dengan kapasitas lebar (*bandwidth* lebar).

Microstrip antenna adalah salah satu jenis antenna yang banyak digunakan pada saat ini karena memiliki massa ringan, mudah untuk difabrikasi, dan sifatnya yang konformal sehingga dapat diintegrasikan dengan peralatan telekomunikasi lain yang berukuran kecil, akan tetapi antenna mikrostrip memiliki kekurangan salah satunya adalah *bandwidth* yang sempit. Banyak cara yang telah dilakukan untuk mengatasi hal ini, diantaranya adalah dengan menggunakan elemen parasitik, menambah ketebalan *substrate* atau memperkecil konstanta dielektrik, atau dengan melakukan modifikasi *patch* seperti antenna *U-shaped*, *V-shaped*, *S-shaped* dan juga *E-shaped*.

Antena *E-shaped* adalah antenna mikrostrip persegi panjang yang memodifikasi radiator *patch* untuk meningkatkan *bandwidth*. Jika dibandingkan dengan antenna modifikasi *patch* lainnya, antenna *E-shaped* memiliki *bandwidth* yang paling lebar hingga mencapai 30% *bandwidth* serta lebih mudah direalisasikan [9]. Oleh karena itu dalam tugas akhir ini dirancang, disimulasikan serta direalisasikan antenna *E-shaped* yang mampu beroperasi pada frekuensi 1.8- 2.4 GHz dengan alasan bahwa pada rentang frekuensi tersebut banyak mencakup teknologi wireless di Indonesia.

Table 1.1 Spektrum frekuensi dengan Range 1.8 GHz-2.4 GHz

Teknologi	Frekuensi
EDGE	1710 MHz- 1880 MHz
HSDPA	1850 MHz – 1990MHz
UMTS	1920 MHz – 2170 MHz
WiMAX 2.3 GHz	2300 MHz – 2390 MHz
WLAN 2.4 GHz	2400 MHz – 2483.5 MHz

1.2 Permasalahan

1.2.1 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dari Tugas Akhir ini adalah mendapatkan antenna mikrostrip dengan *bandwidth* yang lebar dengan cara memodifikasi radiator *patch* dari antenna mikrostrip sehingga kelemahan dari antenna mikrostrip yang umumnya memiliki *bandwidth* yang sempit dapat diatasi.

Dari penelitian terdahulu antenna mikrostrip *E-shaped* mampu meningkatkan *bandwidth* dengan memodifikasi *patch*. Penelitian yang pertama menggunakan *patch* triangular didapatkan *bandwidth* 340 MHz (1440-1780) MHz). Kemudian perkembangan selanjutnya dilakukan modifikasi *patch* rektanguler dan didapatkan performansi lebih baik yaitu sekitar 408 MHz (1440-1848) MHz. Sedangkan untuk modifikasi *patch* yang terakhir adalah bentuk *circular* yang mampu mencapai *bandwidth* 642 MHz (1482-2124) MHz. Permasalahannya adalah Bagaimana memodifikasi Antena mikrostrip dengan menggunakan udara sebagai substrat sehingga Antena dapat bekerja pada frekuensi 1.8 GHz-2.4 GHz.

1.2.2 Batasan Masalah

Pada Tugas Akhir ini terdapat beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Jenis antenna yang disimulasikan adalah antenna mikrostrip *rectangular* termodifikasi membentuk huruf E.
2. Simulasi menggunakan software ansoft *HFSS* versi 10
3. Menggunakan teknik pencatuan Probe coaxial.
4. Fokus Perancangan antenna *E-shape* adalah mendapatkan antenna *wideband* yang optimal untuk diimplementasikan.
5. Jenis bahan yang digunakan untuk antenna adalah Kuningan
6. Spesifikasi antenna yang akan dirancang adalah sebagai berikut
 - Frekuensi Kerja : 1800-2400 MHz
 - Gain : ≥ 6 dBi
 - VSWR : ≤ 1.8
 - Impedansi : 50 Ω konektor SMA
 - Pola radiasi : Direksional

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah merancang dan merealisasikan antena mikrostrip yang memiliki karakteristik *wideband* dengan rentang frekuensi antara 1.8 GHz-2.4 GHz yang mampu mencakup beberapa teknologi yang berada pada rentang frekuensi tersebut.

1.4 Metodologi Penulisan

Pengerjaan tugas akhir ini menggunakan metodologi

1. Studi Literatur

Pencarian dan pengumpulan literatur – literatur yang berkaitan dengan masalah – masalah yang ada pada tugas akhir ini, baik berupa artikel, jurnal, buku referensi, internet, dan sumber – sumber lain yang berhubungan dengan masalah pada tugas akhir ini.

2. Simulasi

Merupakan proses mensimulasikan model antena dengan software *HFSS 10*.

3. Perancangan dan Realisasi antena.

Membuat perancangan terhadap antena berdasarkan parameter – parameter yang dibutuhkan. Berdasarkan perancangan yang ada, kemudian merealisasikan rancangan tersebut sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan

4. Pengukuran dan Analisis

Bertujuan menganalisis data yang diperoleh dari simulasi dan realisasi untuk membandingkan hasil pengukuran simulasi dengan pengukuran dilapangan.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab, yaitu:

Bab I. Pendahuluan

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang pembuatan Tugas Akhir, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, dan metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II. Landasan Teori

Bab ini membahas tentang mengenai uraian dasar- dasar teori antena yang berkaitan dengan antena yang dirancang.

Bab III. Desain dan Simulasi Antena

Pada bab ini disajikan bagaimana proses simulasi dari modifikasi antena mikrostrip persegi panjang membentuk E-shape, modifikasi posisi *probe feed* serta membuat hasil simulasi yang optimal untuk direalisasikan.

Bab IV. Pengukuran dan Analisa

Bab ini berisi tentang pengukuran antena serta analisis berdasarkan perbandingan hasil yang didapat dengan *prototype* yang dibuat dengan simulasi berdasarkan *software* dengan hasil pengukuran,

Bab V. Kesimpulan dan Saran

Bab ini membahas kesimpulan-kesimpulan serta saran yang dapat ditarik dari keseluruhan Tugas Akhir ini dan kemungkinan pengembangan topik yang bersangkutan.

BAB III

DESAIN DAN SIMULASI ANTENA

3.1 Pendahuluan

Dalam Perancangan suatu antena diperlukan suatu penentuan spesifikasi antena terlebih dahulu, kemudian dirancang bangun suatu antena sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan tersebut.

Dalam proses pembuatan Antena sesuai dengan spesifikasi antena diatas, maka dibuat terlebih dahulu suatu perancangan yang optimal untuk diimplementasikan. Adapun beberapa tahap yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Penentuan spesifikasi antena
2. Pemilihan Substrate
3. Desain Antena Mikrostrip E- Shaped
4. Perhitungan dimensi patch
5. Simulasi dengan menggunakan software pendukung Ansoft HFSS 10
6. Pembuatan antena

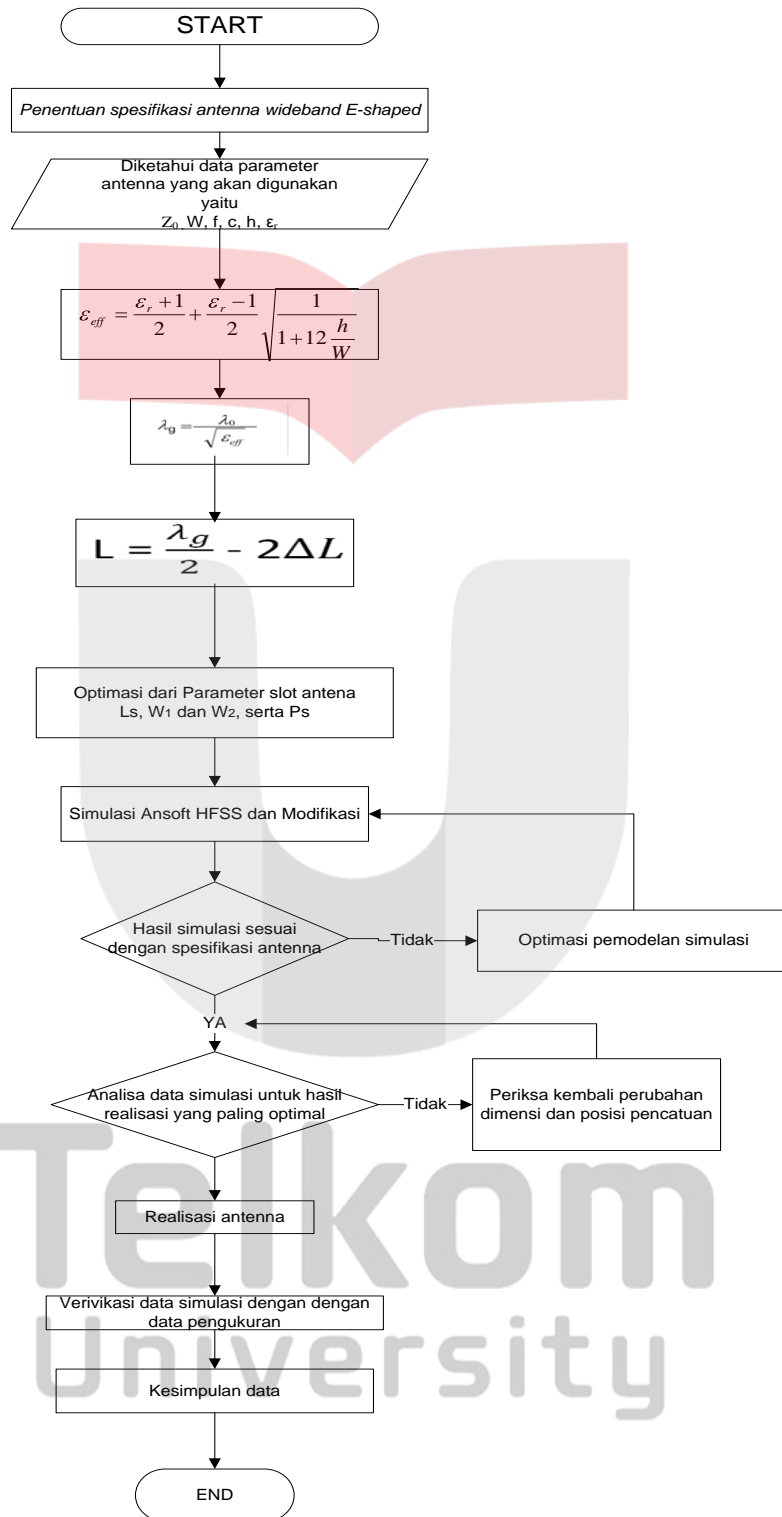
3.2 Penentuan Spesifikasi Antena

Untuk merancang suatu antena yang sesuai dengan karakteristik yang diinginkan diperlukan spesifikasi yang tepat, maka spesifikasi dari antena mikrostrip *E-Shape* yang diinginkan adalah sebagai berikut :

Daerah frekuensi kerja	:	1800 – 2400 MHz
Gain	:	≥ 6 dBi
<i>Bandwidth</i> frekuensi	:	≥ 600 MHz
VSWR	:	≤ 1.8
Impedansi saluran	:	50 Ω
Pola Radiasi	:	Direksional

3.3 Desain antena mikrostrip E-shape

Pengerjaan tugas akhir ini dilakukan dengan mengikuti langkah- langkah pada diagram alir dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram alir perancangan, analisa dan realisasi

3.4 Pemilihan Substrat

Antena mikrostrip merupakan antena *patch* yang diletakkan diatas substrat yang memiliki parameter tertentu. Oleh karena itu, perencanaan antena mikrostrip sangat dipengaruhi oleh parameter substrat tersebut. Parameter-parameter yang harus dipertimbangkan dalam perancangan antena mikrostrip diantaranya sebagai berikut:

a. Ketebalan Dielektrik (h)

Ketebalan dielektrik atau ketinggian substrat akan mempengaruhi *bandwidth*, faktor kualitas, dan efisiensi antena. Antena mikrostrip dengan substrat yang semakin tebal, akan memiliki *bandwidth* yang semakin lebar, tetapi faktor kualitas dan efisiensi semakin rendah.

a. Permittivitas Substrat (ϵ_r)

Permittivitas substrat akan mempengaruhi dimensi, *bandwidth*, faktor kualitas, dan efisiensi antena mikrostrip. Semakin besar harga permittivitas, maka akan semakin kecil dimensi antena yang dihasilkan, demikian sebaliknya. Permittivitas substrat yang besar akan menghasilkan *bandwidth* yang lebih sempit, efisiensi yang kecil serta faktor kualitas yang besar.

Pada tugas akhir ini digunakan bahan Kuningan dengan ketebalan kuningan adalah 0.5 mm. Pemilihan kuningan didasarkan pada nilai konduktifitasnya yang cukup tinggi karena konduktor yang baik adalah yang memiliki nilai konduktifitas yang tinggi ($\sigma = 1.57 \times 10^7$) sehingga *skindepth* nya akan bernilai kecil ($\delta = 0.127/\sqrt{f}$) dan energi yang ditransmisikan melalui konduktor akan efektif. Alasan lainnya karena harganya yang murah dan banyak tersedia di pasaran

Bahan substrat dielektrik yang digunakan adalah udara, dimana substrat terintegrasi dengan *patch* dan *groundplane* maka dimensi dari substrat adalah mengikuti nilai dari dimensi keseluruhan antena. Alasan memilih substrat udara adalah karena mudah memilih ketebalannya untuk mencapai lebar *bandwidth* yang diinginkan.

3.5 Perhitungan Dimensi Antena

Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui seberapa besar dimensi antena yang akan disimulasikan kemudian setelah itu dilakukan realisasi antena. Perhitungan antena mencakup dua bagian, yaitu dimensi *patch* dan juga dimensi *groundplane*.

Patch berfungsi sebagai sebagai komponen yang meradiasikan gelombang elektromagnetik ke ruang bebas. Pada tugas akhir ini dipilih bentuk *patch rectangular*, berikut adalah perhitungannya.

Menghitung Lebar mikrostrip pada patch berdasarkan persamaan [2.2]

$$W = \frac{c}{2f} \sqrt{\frac{2}{1+\epsilon_r}} = \frac{3 \times 10^{11} \text{ mm/s}}{2 \times 2100 \text{ MHz}} \sqrt{\frac{2}{1+1}} = 71.42 \text{ mm} \approx 72 \text{ mm}$$

Menghitung panjang mikrostrip pada patch dari persamaan [2.4] dan [2.5]

Untuk $\frac{W}{h} \geq 1$ maka $\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \sqrt{\frac{1}{1 + 12 \frac{h}{W}}} \rightarrow \epsilon_{eff} \text{ udara} = 1$

$$\Delta L = 0.412 (15 \times 10^{-3}) \frac{(1+0.3) (\frac{72}{15} + 0.264)}{(1-0.258) (\frac{72}{15} + 0.8)} \rightarrow \Delta L = 9.792 \text{ mm}$$

ΔL adalah besarnya medan limpahan gelombang elektromagnetik dari patch.

$$L = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta L \rightarrow L = \frac{3 \times 10^{11}}{2(1800 \times 10^6) \sqrt{1}} - 2(9.792) \rightarrow L = 52.416 \text{ mm} \approx 53 \text{ mm.}$$

Setelah dimensi dari *patch rectangular* didapatkan selanjutnya adalah menentukan dimensi dari celah pada ujung tepi antena yang berperan penting dalam hal mengontrol lebar frekuensi dari antena yang akan didapat. Ada beberapa parameter yang harus diperhatikan untuk mendapatkan spesifikasi antena yang diinginkan yaitu panjang celah (L_s), lebar celah (W_1 dan W_2) dan juga letak titik pencatutan antena. Persamaan untuk menentukan besar dimensi celah tidak ada yang pasti sehingga harus dilakukan dengan metoda *trial and error* sehingga didapatkan nilai yang paling optimum sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

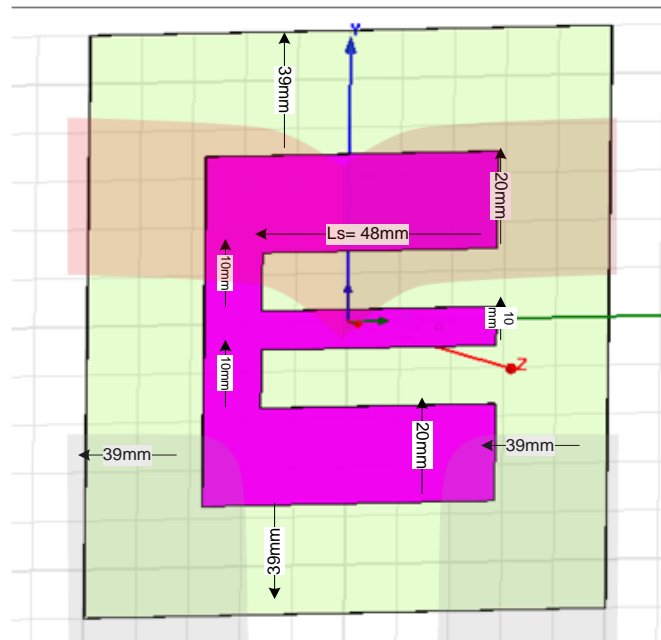
3.6 Simulasi Antenna

Perancangan menggunakan software Ansoft HFSS 10 dengan data-data yang telah diperoleh dari hasil perhitungan selanjutnya diaplikasikan untuk mendapatkan antena mikrostrip *E-shape* yang mendekati spesifikasi rancangan awal. Seperti terlihat pada gambar dibawah ini, sistem pencatutan antena ini menggunakan *single probe feed* yang menghubungkan *patch* konduktor melalui sebuah lubang pada *groundplane* dan *shorting pin* yang menghubungkan patch konduktor dengan *groundplane*.

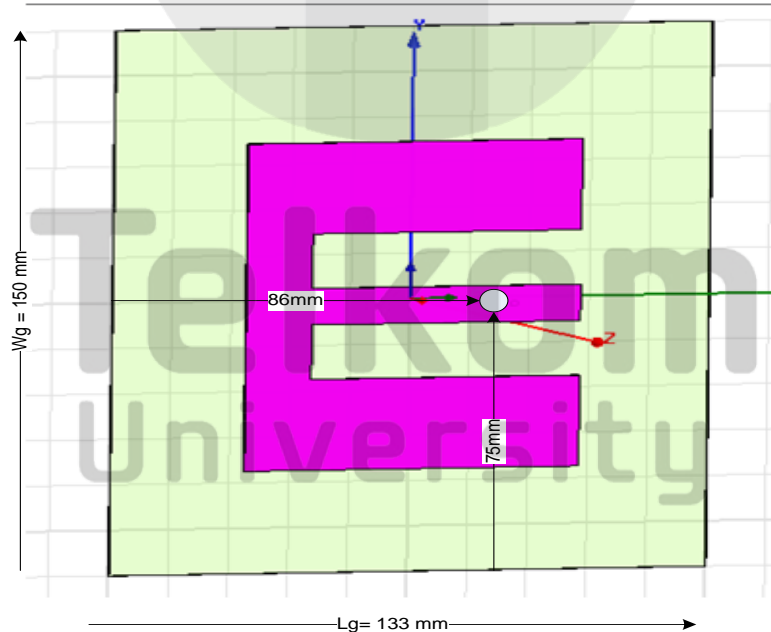
a) Pemodelan dan Simulasi Menggunakan HFSS 10

Solution Type yang digunakan untuk mensimulasikan antenna ini adalah *Driven Modal*.

Berikut ini gambar hasil pemodelan menggunakan HFSS 10 :



Gambar 3.2 Bentuk dimensi simulasi antenna E-shape



Gambar 3.3 Posisi pencatuan antenna

Dalam melakukan simulasi digunakan beberapa jenis *boundary* diantaranya adalah *perfect E boundary* untuk *patch* antenna. Selain itu Jenis *boundary* lainnya adalah *radiation*

boundary, berupa boks yang melingkupi seluruh objek yang digunakan sebagai batas dimana perhitungan parameter antenna pada medan jauh dilakukan. Sedangkan *Excitation* yang digunakan adalah *waveport* yang digambarkan dengan sebuah lingkaran dengan letak dari lingkaran tersebut berada di ujung bawah pada *probe feed coaxial* dengan terminal *line* menuju *inner probe* dengan menggunakan referensi impedansi 50Ω .

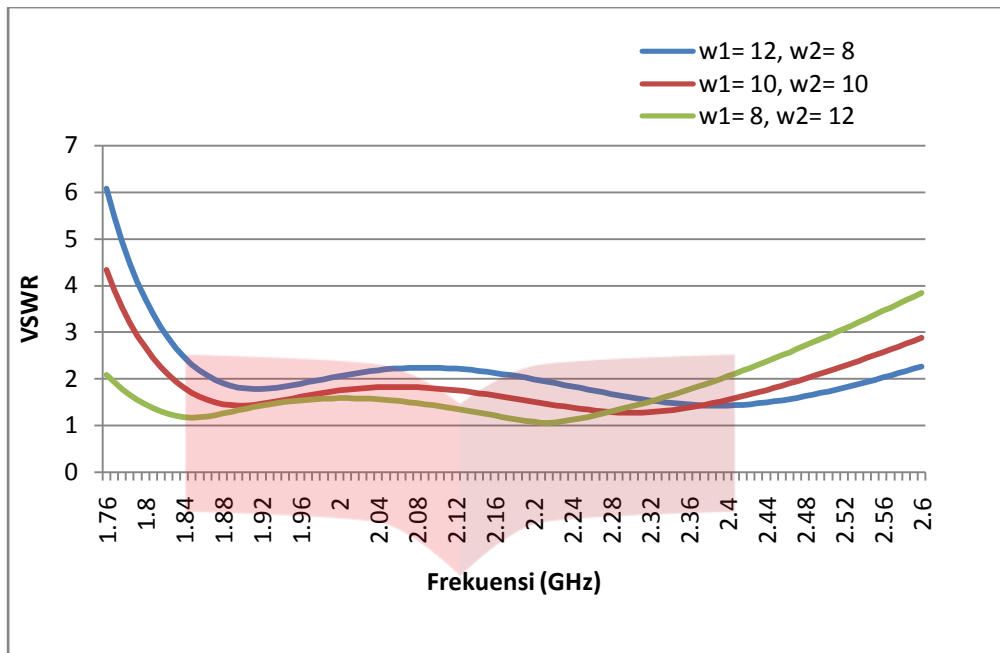
b) Dimensi dan Parameter antenna E-shape

Pada simulasi antenna *E-shaped* untuk mendapatkan antenna dengan sifat *wideband* maka sangat ditentukan oleh beberapa parameter penyusun dari antenna tersebut, yaitu panjang slot (L_s), lebar slot (W_1 dan W_2), dan letak titik pencatutan $P(X_0, Y_0)$. Sedangkan tinggi inner probe dengan *ground plane* berpengaruh juga pada penyepadanan impedansi dari antenna yang dirancang. Berikut akan ditampilkan beberapa hasil simulasi yang telah dilakukan guna mendapatkan hasil yang paling maksimal yang paling mendekati spesifikasi yang telah ditetapkan diawal.

Pertama-tama dilakukan *set* parameter L_s , W_1 dan W_2 sebagai variabel. Kemudian melakukan variasi dari ketiga parameter tersebut sedemikian didapatkan hasil dengan lebar *bandwidth* paling optimum dengan spesifikasi, Karena sulit untuk memvariasikan ketiga parameter sekaligus, maka penulis mencoba menetapkan satu variable dahulu sebagai nilai tetap dengan tujuan untuk mempermudah dalam simulasi. Berikut adalah proses optimasi yang dilakukan sehingga akhirnya didapat nilai dimensi yang paling optimum.

1. Optimasi nilai W_1 dan W_2

Untuk mempermudah optimasi maka nilai dari panjang celah (L_s) dibuat sebagai parameter tetap. Untuk gambar grafik dibawah ini dipilih nilai L_s adalah 45 mm Berikut akan ditampilkan beberapa *trade off* yang paling mendekati spesifikasi antenna yang telah dilakukan sehingga mendapatkan perbandingan nilai antara W_1 dan W_2 yang paling maksimum yang ditujukan pada grafik dibawah ini.



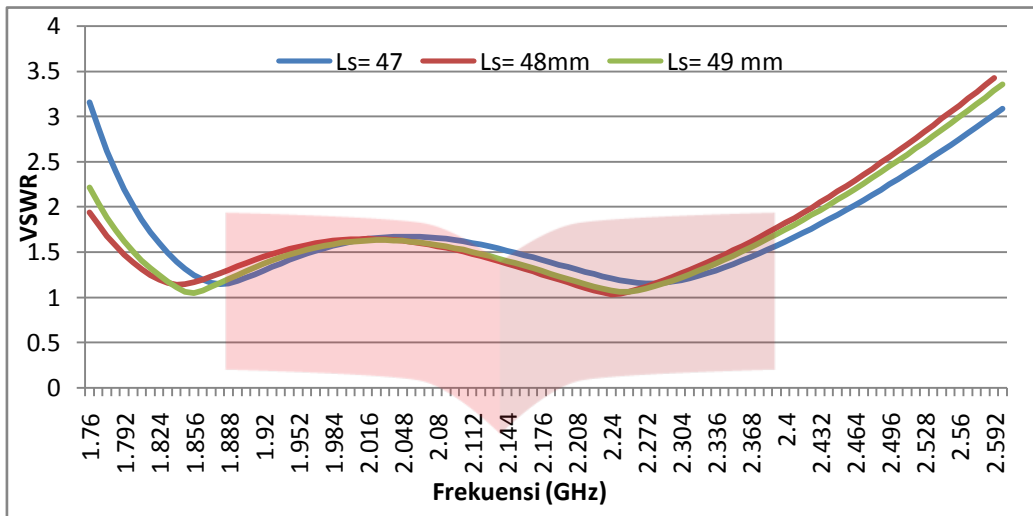
Gambar 3.4 Grafik Perbandingan W_1 dan W_2 ketika nilai $L_s= 45$ mm, $P_s=(75,75)$

Dari beberapa percobaan simulasi dapat ditarik kesimpulan mengenai perbandingan W_1 dan W_2 , bahwa jika nilai $W_1 > W_2$ maka frekuensi resonansi lower nya akan semakin tinggi VSWR nya sehingga yang didapatkan bukanlah antenna *wideband* tapi cenderung antenna *dual band*. Sebaliknya jika nilai $W_1 < W_2$ maka frekuensi resonansi lowernya akan semakin mengecil sehingga bandwidth yang didapat tidak bisa optimal. Karena hasil dari optimasi lebar celah belum maksimal ditinjau dari lebar *bandwidth* nya maka perlu dilakukan optimasi paramater celah selanjutnya yaitu dengan mengoptimalkan nilai dari panjang celah (L_s) dengan menetapkan nilai $W_1 = 10$ mm dan $W_2 = 10$ mm.

2. Optimasi nilai L_s

Untuk mencari nilai perbandingan nilai L_s dilakukan dengan menetapkan nilai W_1 dan W_2 yang paling optimum dari percobaan sebelumnya yaitu pada saat $W_1 = 10$ mm, $W_2 = 10$ mm dan didapatkan nilai L_s terbaik antara 47 mm, 48 mm dan 49 mm. Berbeda dengan hasil optimasi pada W_1 dan W_2 yang hasil dari optimasi nya memiliki pola tetap, pada L_s tidak ditemukan pola yang tetap. Sehingga cukup sulit untuk diprediksi. Namun jika nilai L_s sangat rendah ($L_s \ll \lambda$) maka frekuensi *lower* nya akan semakin tinggi nilai VSWR nya sehingga yang didapatkan bukanlah antenna *wideband* tapi cenderung antenna *dual band*. Sedangkan jika nilai L_s sangat besar ($L_s \gg \lambda$) maka frekuensi *upper* nya akan semakin bergeser menjadi lebih rendah sehingga daerah cakupan *bandwidth* akan berkurang. Dari

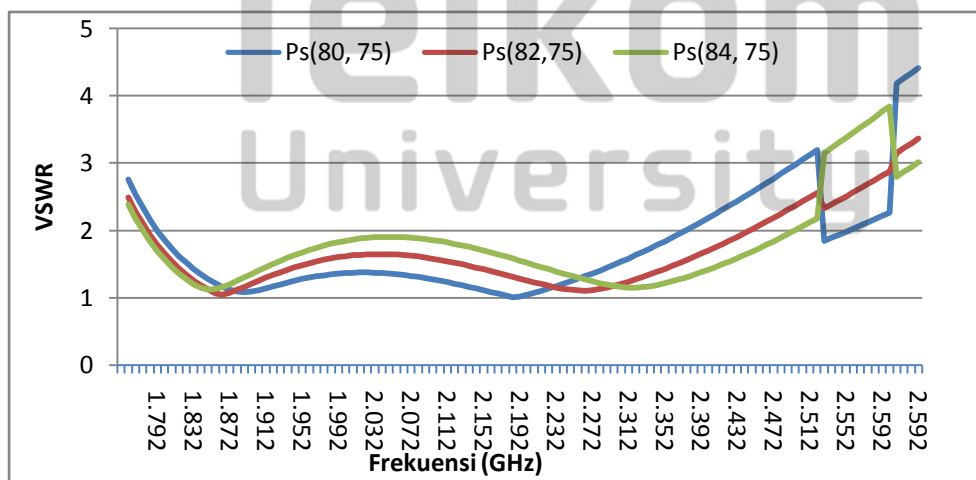
simulasi perbandingan L_s yang telah dilakukan hasil paling maksimum adalah ketika nilai L_s adalah 48 mm.



Gambar 3.5 Grafik perbandingan L_s untuk $W_1=10$ mm, $W_2=10$ mm $P_s = (75,75)$

3. Optimasi posisi pencatuan dan tinggi substrat (h)

Pencatuan antenna yang digunakan pada tugas akhir ini adalah probe coaxial. Pada teknik tidak dibutuhkan penyepadanan impedansi namun sulit untuk menentukan titik pencatuan yang paling tepat. Pada penelitian kali ini, digunakan metoda *trial and error* untuk menentukan titik catu yang paling tepat sehingga didapatkan hasil sesuai spesifikasi awal dan didapatkan titik pencatuan yang paling optimum pada titik $P_s (82,75)$ mm. Tinggi substrat pada antenna juga mempengaruhi dalam perolehan lebar pita pada hasil akhir. Semakin tinggi nilai h maka akan semakin sulit menentukan titik penyepadannya. Dari percobaan simulasi yang telah dilakukan didapatkan nilai h yang paling optimal pada 1.3 cm.



Gambar 3.6 Grafik perbandingan titik catuan pada $W_1=10$ mm, $W_2=10$ mm $L_s=48$ mm

Untuk dimensi dari *ground plane* bergantung pada ketinggian substrat (h) dan juga pada ukuran terbesar ditiap panjang (L) dan lebar (W) *patch* yang diperoleh dari persamaan berikut:

$$W_g = 6h + W \quad [3.1]$$

$$L_g = 6h + L \quad [3.2]$$

Ketinggian substrat yang paling optimal adalah pada 13mm, sehingga nilai dari W_g berdasar formula diatas adalah 150 mm dan nilai L_g adalah 133 mm.

3.7 Hasil Optimasi Antena E-shaped

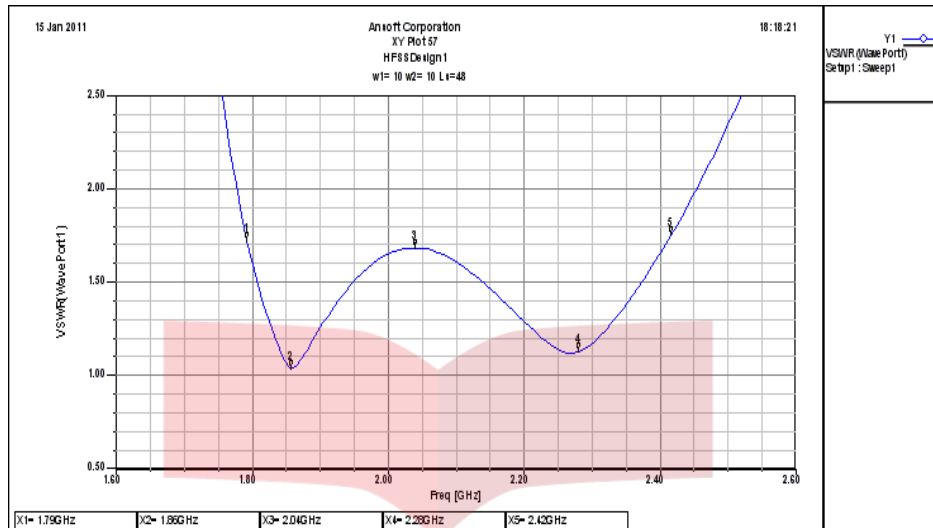
Setelah melakukan optimasi dimensi antena antara panjang slot (L_s), tinggi substrat (h), letak titik pencatuan P_s (x,y), dan lebar slot (W_1 dan W_2), maka didapatkan dimensi dari antena adalah

- $L_s = 48 \text{ mm}$
- $h = 13 \text{ mm}$
- $P_s = (82, 75)$
- $W_1 = 10 \text{ mm}$ dan $W_2 = 10 \text{ mm}$

Hasil parameter-parameter yang diperoleh dari hasil pengukuran secara simulasi, diantaranya adalah:

- a. $VSWR < 1.8$

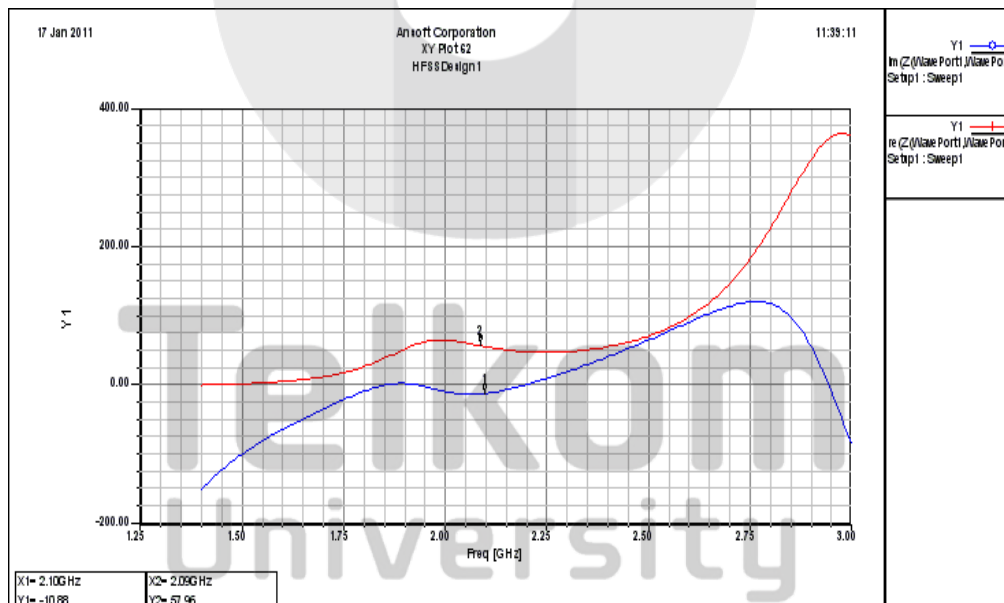
Dari gambar dibawah ini, terlihat bahwa bandwidth yang dihasilkan pada simulasi software adalah antena bekerja pada frekuensi (1.792 – 2.416) GHz sesuai dengan spesifikasi awal yang telah ditetapkan sebelumnya.



Gambar 3. 7 Hasil Simulasi grafik VSWR terhadap frekuensi

b. Impedansi

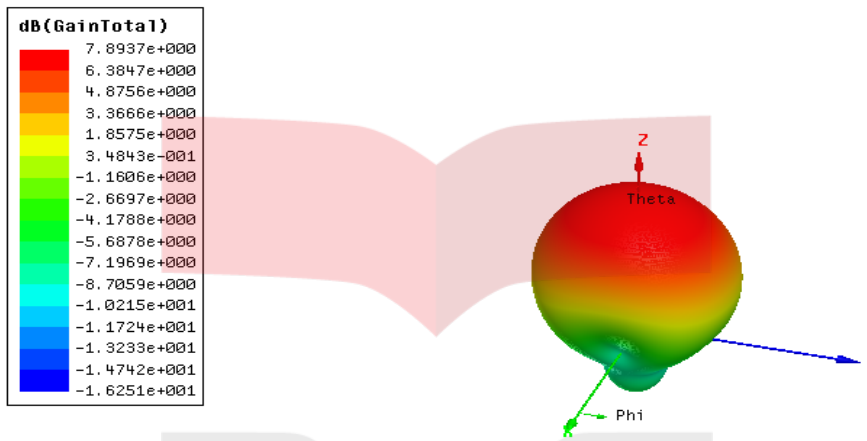
Setelah dilakukan proses simulasi maka akan diperoleh hasil impedansi seperti yang terdapat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.8 Impedansi Antena Hasil Simulasi

c. Gain

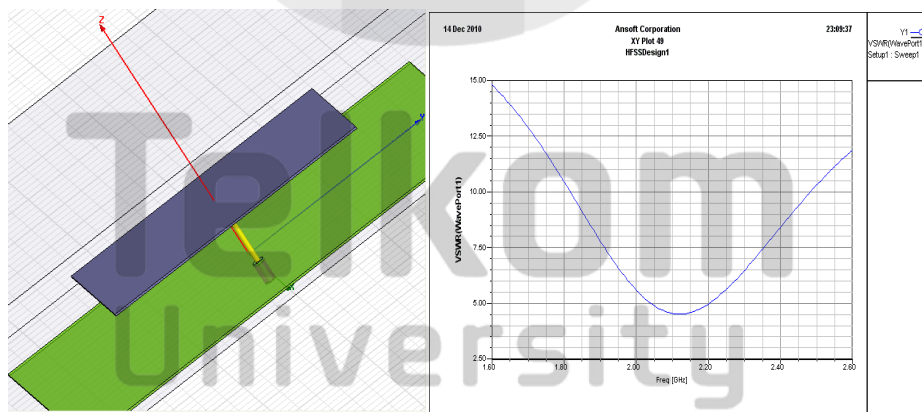
Dari hasil simulasi didapatkan nilai dari *gain* antenna adalah 7.89 dBi. Hasil simulasi ini memenuhi spesifikasi awal yang diinginkan.



Gamabr 3.9 Gain antenna hasil simulasi

d. Perbandingan antenna E-shaped dengan antenna *rectangular* biasa

Jika dilakukan perbandingan antara antenna *E-shaped* dengan antenna rektanguler biasa dengan dimensi dan titik pencatuan yang sama, maka akan didapatkan hasil simulasi yang berbeda jauh seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



(a)

(b)

Gambar 3.10 Simulasi antenna rektanguler (a) simulasi antenna (b) VSWR