	<p>KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL UNIVERSITAS BRAWIJAYA <b>FAKULTAS TEKNIK</b> <b>JURUSAN TEKNIK ELEKTRO</b> Jalan MT Haryono 167 Telp &amp; Fax. (0341) 554 166 Malang-65145</p>	<p><b>KODE PJ-01</b></p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------

**PENGESAHAN**  
**PUBLIKASI HASIL PENELITIAN SKRIPSI**  
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**NAMA** : Silvi Aisiyah Dita Permata  
**NIM** : 0910631005 – 63  
**PROGRAM STUDI** : Teknik Telekomunikasi  
**JUDUL SKRIPSI** : Perancangan dan Pembuatan Antena Mikrostrip *Rugby Ball* Dengan Slot Lingkaran Pada Frekuensi *Ultra Wideband* (UWB)

**TELAH DI-REVIEW DAN DISETUJUI ISINYA OLEH :**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Rudy Yuwono, ST., M.Sc**  
**NIP. 19710615 199802 1 003**

**Ir. Erfan Achmad Dahlan, MT**  
**NIP. 19530704 198203 1 003**

**Perancangan dan Pembuatan Antena Mikrostrip *Rugby Ball* Dengan Slot  
Lingkaran Pada Frekuensi *Ultra Wideband* (UWB)**

**PUBLIKASI JURNAL SKRIPSI**



Disusun Oleh :

**SILVI AISIYAH DITA PERMATA**

**NIM. 0910631005 - 63**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2014**

# Perancangan Dan Pembuatan Antena Mikrostrip *Rugby Ball* Dengan Slot Lingkaran Pada Frekuensi *Ultra Wideband* (UWB)

Silvi Aisiyah Dita P, Rudy Yuwono, ST.,MSc, Erfan Achmad Dahlan,Ir, MT  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia  
E-mail : silvi.dita26@gmail.com

**Abstrak** – Penelitian ini membahas tentang perancangan antena mikrostrip *rugby ball* dengan slot lingkaran sehingga dapat bekerja pada frekuensi *ultra wideband* (UWB). Konsep UWB yang ditemukan dalam perancangan antena, ditujukan agar satu antena dengan *bandwidth* yang lebar dapat diaplikasikan pada banyak sistem komunikasi dengan alokasi frekuensi yang berbeda tiap aplikasinya. Antena mikrostrip ini dirancang dengan menggunakan *insed feed line* sebagai metode pencatuannya. Dimensi antena mikrostrip diperoleh melalui perhitungan dan optimasi serta dilakukan simulasi. Fabrikasi antena mikrostrip ini menggunakan bahan *Epoxy Fiberglass* – FR4 dengan konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ )= 4,5. Hasil pengukuran antena mikrostrip *rugby ball* dengan slot lingkaran menunjukkan bahwa antena tersebut dapat bekerja pada frekuensi 1500 – 2700 MHz dengan *bandwidth* sebesar 1200 MHz dan *bandwidth* fraksional sebesar 57,14%. Nilai *gain* tertinggi terletak pada frekuensi 2,5 GHz sebesar 6,15 dBi. Memiliki polarisasi elips dengan jenis pola radiasi *bidirectional*.

**Kata Kunci:** Antena, Ultra Wideband, Rugby Ball

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi pada saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. Hal ini dapat dilihat dari semakin meningkatnya kebutuhan untuk memperoleh informasi, baik informasi dalam bentuk suara, data, gambar, maupun video, dengan peralatan komunikasi yang dapat digunakan dimana saja dan kapan saja. Kemajuan teknologi yang paling berkembang saat ini adalah komunikasi nirkabel yang dapat mendukung terselenggaranya sistem telekomunikasi secara global. Salah satu permasalahan mendasar dalam teknologi nirkabel yang saat ini masih dicari jalan keluarnya adalah kebutuhan akan *bandwidth* yang lebar dengan kecepatan data yang tinggi. Solusi untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan mengaplikasikan teknologi *ultra wideband* (UWB). UWB adalah sistem komunikasi jarak pendek yang mempunyai *bandwidth* lebar. Agar suatu sistem dapat dikategorikan sebagai komunikasi *ultra wideband* maka harus memenuhi syarat utama yaitu lebar *bandwidth* lebih besar dari 500 MHz, atau *bandwidth* fraksional lebih besar dari 20%. Nilai *bandwidth* fraksional diperoleh dari persamaan (1) [1]:

$$\text{Bandwidth Fraksional} = \left| \frac{2(f_h - f_l)}{f_h + f_l} \right| \times 100\% \quad (1)$$

dengan :

$f_h$  = frekuensi tertinggi (Hz)

$f_l$  = frekuensi terendah (Hz)

Konsep UWB yang ditemukan dalam perancangan antena, ditujukan agar satu antena dengan *bandwidth* yang lebar dapat diaplikasikan pada banyak sistem komunikasi dengan alokasi frekuensi yang berbeda tiap aplikasinya. Untuk menunjang kebutuhan tersebut diperlukan antena yang memiliki keunggulan terutama pada rancangan antenanya salah satunya dengan menggunakan antena mikrostrip.

Antena mikrostrip yang diterapkan pada penulisan ini adalah antena mikrostrip *single patch* dengan dimensi elemen peradiasi berbentuk *rugby ball* dengan slot lingkaran pada *ground plane* untuk mendapatkan performansi antena sehingga dapat bekerja pada frekuensi *ultra wideband* (UWB) serta menganalisis pengaruh bentuk slot lingkaran pada *ground plane* terhadap performansi antena. Analisis dengan program simulator akan dilakukan sebelum melakukan fabrikasi dan pengukuran kinerja antena. Perancangan dan pembuatan antena mikrostrip dengan slot lingkaran ini menggunakan substrat FR4 dengan frekuensi kerja yang direncanakan adalah 1500 – 2700 MHz.

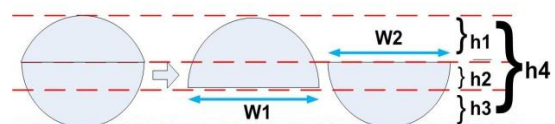
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan antena yang terdiri dari *patch* logam (konduktor) yang diletakkan pada bidang tanah (*ground plane*) yang terdapat substrat dielektrik diantaranya [1].

### 2.2 Perencanaan Dimensi Antena

Dalam penelitian ini, *patch* yang digunakan adalah *rugby ball*. *Rugby ball* terbentuk dari dua buah setengah lingkaran yang memiliki diameter yang berbeda. Untuk lingkaran kecil bagian bawah memiliki diameter 135 mm ( $r = 67.5$  mm) dan untuk lingkaran yang lebih besar memiliki diameter 144 mm ( $r = 72$  mm). Sehingga perbandingannya adalah 47.5 : 24.5 : 43. Dimensi *rugby ball* sendiri dirancang berdasarkan perbandingan dasar dimensi asli antena *rugby ball*.



Gambar 1. struktur dasar antena *rugby ball*

Sumber: Perancangan

Dengan mengacu kepada gambar diatas dan berdasarkan ukuran dari struktur dasar antenna *rugby ball*, bentuk *rugby ball* dapat dimodifikasi sesuai ukuran yang diinginkan berdasarkan perbandingan seperti pada persamaan di bawah ini [6]:

$$\frac{h_1}{47.5} = \frac{h_2}{24.5} = \frac{h_3}{43} = \frac{h_4}{115} = \frac{W_1}{144} = \frac{W_2}{135} \quad (2)$$

Dengan demikian, apabila nilai salah satu besaran sudah ditentukan, nilai besaran yang lain dapat diketahui dengan menggunakan metode perbandingan.

Dimensi minimum *ground plane* yang dibutuhkan oleh antenna mikrostrip diberikan melalui persamaan [4]:

$$L_g = 6h + 2R \quad (3)$$

$$W_g = 6h + \frac{\pi}{2}R \quad (4)$$

- $h$  = ketebalan substrat (mm)  
 $R$  = jari-jari *circular patch* (mm)  
 $L_g$  = panjang minimum *ground plane* (mm)  
 $W_g$  = lebar minimum *ground plane* (mm)

Untuk menentukan radius slot lingkaran ( $a$ ), terlebih dahulu harus ditentukan fungsi logaritmik  $F$ , yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (5)$$

- $F$  = fungsi logaritmik ( $F$ ) dari elemen peradiasi  
 $f_r$  = frekuensi kerja pada antenna (Hz)  
 $\epsilon_r$  = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

Maka radius elemen peradiasi lingkaran ( $a$ ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [1]:

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[ \ln\left(\frac{\pi F}{2h}\right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}} \quad (6)$$

- $a$  = dimensi radius slot lingkaran (m)  
 $h$  = ketebalan substrat (m)  
 $\epsilon_r$  = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)  
 $F$  = fungsi logaritmik ( $F$ ) dari elemen peradiasi

Bentuk desain yang melengkapi antenna mikrostrip berupa saluran transmisi, saluran penyesuaian impedansi, jarak antar elemen peradiasi, panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip mengacu pada sumber [1][3].

Spesifikasi substrat dan bahan konduktor yang digunakan dalam perancangan antenna mikrostrip adalah sebagai berikut :

- Bahan dielektrik : *Epoxy Fiberglass – FR 4*  
 Konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) = 4,5  
 Ketebalan dielektrik ( $h$ ) = 1,6 mm  
 Loss tangent ( $\tan \delta$ ) = 0.018
- Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga:  
 Ketebalan bahan konduktor ( $t$ ) = 0,0001 m

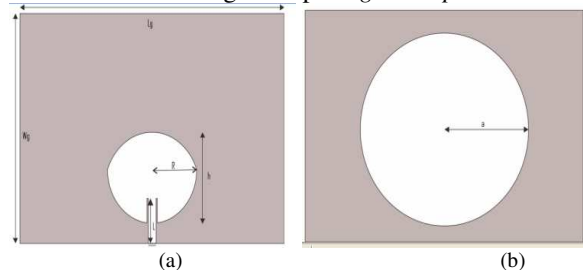
Konduktifitas tembaga ( $\sigma$ ) =  $5,80 \times 10^7 \text{ mho m}^{-1}$

Impedansi karakteristik saluran =  $50 \Omega$

### 2.3 Perancangan Dimensi Elemen Peradiasi

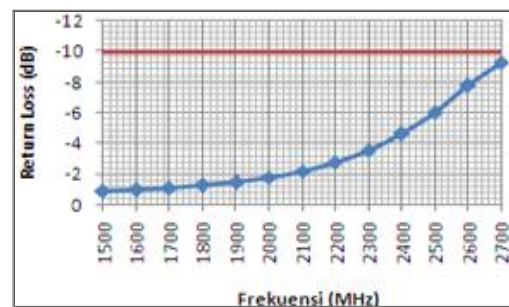
Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi maka terlebih dahulu harus menentukan frekuensi kerja yang direncanakan, beroperasi pada frekuensi gelombang mikro yaitu 2,1 GHz, kemudian dihitung besarnya radius patch elemen peradiasi antenna mikrostrip dengan persamaan (2) beserta spesifikasi bahan mikrostrip diperoleh ; untuk  $f = 2,1 \text{ GHz}$ ; nilai fungsi logaritmik  $F = 1,975$  dan radius slot = 19,75 mm. Lebar saluran transmisi mikrostrip ( $W$ ) untuk impedansi  $50 \Omega$  yaitu 2,75 mm, panjang ( $L$ ) saluran transformer adalah  $0,25 \lambda_d$ , dimana nilai  $\lambda_d$  Untuk frekuensi 2,1 GHz adalah  $0,0675 \text{ m}$  dan  $L = 0,25 \lambda_d = 16,8 \text{ mm}$ . Dimensi panjang minimal *ground plane* ( $L_g$ ) = 45,6 mm dan lebar minimum *ground plane* ( $W_g$ ) = 37,86 mm.

Untuk meningkatkan performansi dan *bandwidth* antenna maka dalam perancangan antenna mikrostrip ini ditambahkan slot lingkaran pada *ground plane*.



Gambar 2. Bentuk Geometri Antena Mikrostrip *rugby ball* dengan slot lingkaran (sebelum Optimasi)  
 (a) tampak depan (b) tampak belakang  
 Sumber: Perencanaan

Setelah disimulasi, antenna mikrostrip menunjukkan hasil sebagai berikut



Grafik 1. Grafik RL terhadap frekuensi (sebelum dioptimasi)

Hasil simulasi menunjukkan bahwa hasil simulasi tidak memenuhi kriteria yang diinginkan sebab tidak ada frekuensi yang berada pada rentang  $\text{Return Loss} \leq -10 \text{ dB}$ . Hasil simulasi menunjukkan antenna belum memenuhi syarat perencanaan antenna, yaitu bekerja pada rentang frekuensi 1500 – 2700 MHz, sehingga masih perlu dilakukan optimasi untuk mendapatkan hasil yang memuaskan.

### 2.4 Optimasi antenna mikrostrip

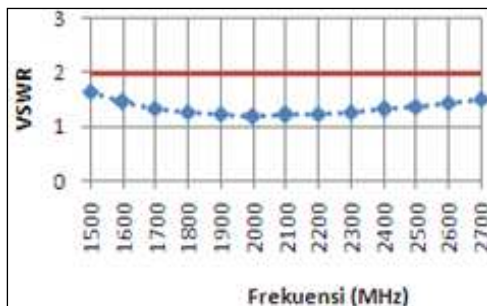
Hasil simulasi pada grafik 1, menunjukkan bahwa hasil simulasi tidak memenuhi kriteria yang diinginkan sehingga masih perlu dilakukan optimasi untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Optimasi dilakukan dengan mengubah-ubah jari-jari *patch*, panjang saluran transmisi, dimensi slot lingkaran dan *ground plane*. Hasil akhir geometri dan dimensi elemen peradiasi, saluran transmisi, slot lingkaran setelah optimasi ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 1  
Tabel Dimensi Antena Setelah Optimasi

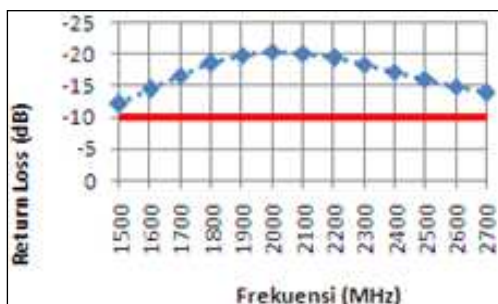
Variabel	Dimensi (mm)
<b>R</b>	<b>16,875</b>
<b>h</b>	<b>28,75</b>
<b>L</b>	<b>14</b>
<b>Lg</b>	<b>100</b>
<b>Wg</b>	<b>72</b>
<b>h2</b>	<b>6,125</b>
<b>a</b>	<b>30</b>

Sumber: perancangan

Hasil simulasi antena *rugby ball* dengan slot lingkaran yang telah dioptimasi pada *ground plane* adalah sebagai berikut.

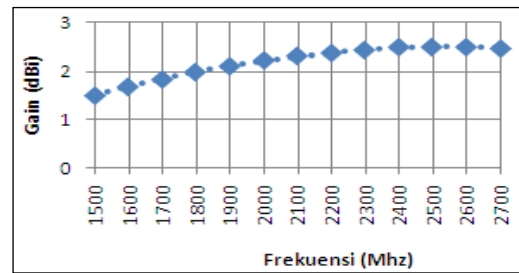


Grafik 2. Nilai VSWR terhadap frekuensi pada antena (setelah dioptimasi)



Grafik 3. Nilai Return Loss terhadap frekuensi pada antena (setelah dioptimasi)

Berdasarkan frekuensi yang memiliki VSWR lebih kecil dari 2 dan return loss dibawah -10 dB pada hasil simulasi diatas, didapatkan bahwa antena dapat bekerja pada frekuensi 1500 – 2700 MHz. Hal ini berarti antena telah memenuhi syarat awal perancangan.



Grafik 4. Nilai *gain* terhadap frekuensi pada antena (setelah optimasi)

Hasil simulasi diatas menunjukkan antena mikrostrip *rugby ball* dengan slot lingkaran memiliki nilai *gain* yang cukup bagus dikarenakan nilai gainnya bernilai positif dengan rata-rata *gain* sebesar 2,18 dBi.

## 2.5 Perbandingan Antena Mikrostrip *Rugby Ball* dengan Slot Lingkaran Terhadap Antena Mikrostrip Tanpa Slot

Tabel 2  
Tabel Variasi betuk slot

Jenis slot	Band - width (MHz )	Band- width frak- sional	Gain maksimum (dBi)	Pola- risasi	Pola radiasi
<b>Tanpa slot</b>	0	0	2,39	elips	<i>Directi onal</i>
<b>Dengan slot lingkaran</b>	1500- 2700	57,14	2,5	elips	<i>Bidirec tional</i>

Sumber: hasil simulasi

Tabel diatas menunjukkan penggunaan slot menghasilkan *bandwidth* dan *gain* yang berbeda. Total *bandwidth* dan *bandwidth* fraksional terbesar dihasilkan oleh antena mikrostrip *rugby ball* dengan slot lingkaran. *Gain* terbesar dihasilkan oleh antena mikrostrip *rugby ball* dengan slot lingkaran, meskipun selisih *gain* diantara slot lingkaran dan tanpa *slot* tidak terlalu jauh. Sedangkan penggunaan slot ternyata tidak mempengaruhi jenis polarisasi yang dihasilkan antena karena semua antena menghasilkan polarisasi yang sama yaitu polarisasi elips.

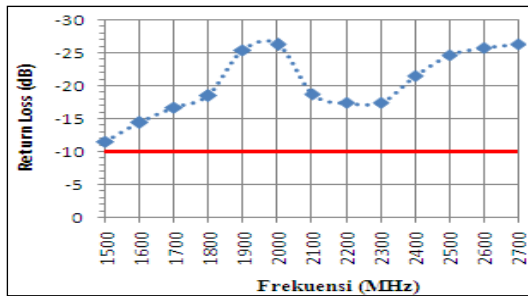
Hal ini membuktikan bahwa penggunaan slot, terutama slot lingkaran dapat meningkatkan *bandwidth* antena mikrostrip dengan signifikan sehingga antena mikrostrip dapat bekerja pada frekuensi *ultra wideband*. Lebih lanjut, slot lingkaran terbukti paling efektif jika digunakan sebagai antena *ultra wideband* sebab dengan dimensi yang sama *bandwidth* yang dihasilkan slot lingkaran jauh lebih besar dibandingkan *bandwidth* yang dihasilkan antena tanpa slot serta dapat menghasilkan *gain* yang cukup bagus.

## III. ANALISIS HASIL PENGUJIAN

### 3.1 Pengujian Parameter Antena Mikrostrip *Rugby Ball* dengan Slot Lingkaran

Berdasarkan hasil pengukuran, antena mikrostrip *rugby ball* dengan slot lingkaran memiliki *bandwidth* sebesar 1200 MHz.

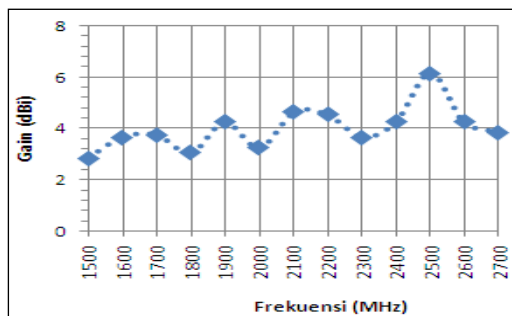




Grafik 5. Nilai *Return Loss* terhadap frekuensi  
Sumber: Hasil pengujian

Dalam grafik 5, terlihat bahwa rentang frekuensi dengan nilai *return loss*  $\leq -10$  dB terdapat pada rentang frekuensi 1500 – 2700 MHz dengan *bandwidth* fraksionalnya sebesar 57,14%.

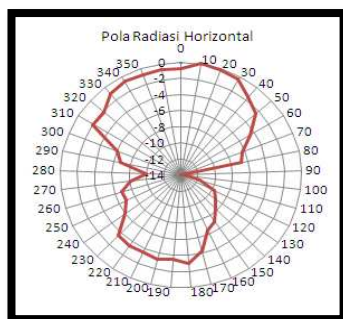
Hasil pengujian *gain* antenna mikrostrip *rugby ball* dengan slot lingkaran pada rentang frekuensi 1500 – 2700 MHz ditunjukkan dalam grafik 6.



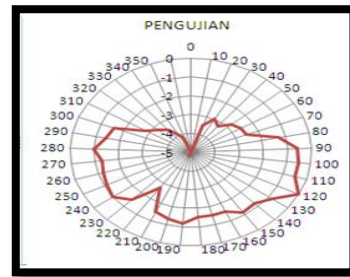
Grafik 6. Nilai *gain* terhadap frekuensi.  
Sumber: Hasil pengujian

Hasil pengukuran *gain* diatas menunjukkan antenna memiliki nilai *gain* yang cukup bagus dengan rata-rata sebesar 4,01 dBi. *Gain* terbesar yaitu 6,15 dBi pada frekuensi 2500 MHz sehingga polarisasi dan pola radiasi akan ditentukan berdasarkan jenis polarisasi dan pola radiasi pada frekuensi ini.

Pola radiasi yang diuji yaitu pola radiasi horizontal dan pola radiasi vertikal pada frekuensi 2500 MHz. Pola radiasi antenna mikrostrip dapat dilihat dalam gambar berikut ini.



Gambar 3. Diagram Polar Pola Radiasi Horizontal Antena Hasil Pengujian. Sumber: Pengujian



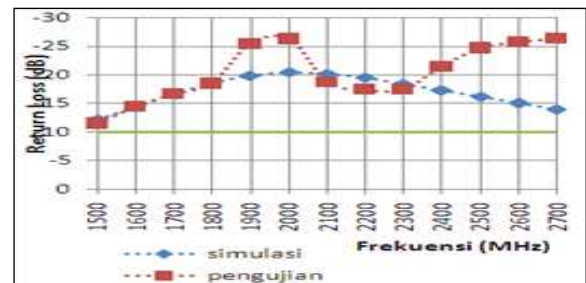
Gambar 4. Diagram Polar Pola Radiasi Vertikal Antena Hasil Pengujian  
Sumber: Pengujian

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian, dapat digambarkan bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan dalam bentuk diagram polar. Gambar di atas merupakan diagram polar pola radiasi antenna uji pada frekuensi 2500 MHz. Berdasarkan bentuk pola radiasi yang terlukis dapat diketahui bahwa bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan adalah *bidirectional*. Hal ini berarti bahwa antenna memiliki intensitas radiasi maksimum pada dua arah.

Jenis polarisasi hasil simulasi dapat dilihat dari nilai *axial ratio* (AR) antenna pada frekuensi 2500 MHz yaitu 25,41 dB yang berarti antenna memiliki jenis polarisasi elips karena nilai *axial ratio* berada pada rentang  $0 \leq AR \leq \infty$  dB.

### 3.2 Analisis Perbandingan Parameter Antena Hasil Simulasi dan Hasil Pengujian

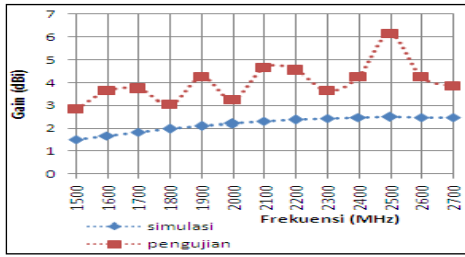
Berikut ini adalah grafik perbandingan nilai *return loss* hasil simulasi dan pengujian :



Grafik 7. Grafik *Return Loss* Antena Hasil Simulasi dan Pengujian  
Sumber : Hasil Simulasi dan Pengujian

Grafik di atas menunjukkan perbandingan antara *return loss* hasil simulasi dan pengukuran. Terdapat perbedaan nilai *return loss* yang diperoleh dari hasil simulasi dan pengukuran. Meskipun begitu, hasil simulasi dan pengukuran menunjukkan rentang frekuensi 1500 – 2700 MHz berada pada *return loss*  $\leq -10$  dB sehingga dapat dikatakan bahwa antenna dapat bekerja dengan baik pada rentang frekuensi tersebut.

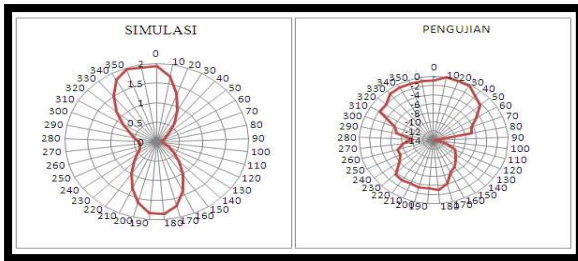
Dengan demikian, antenna mikrostrip *rugby ball* dengan slot lingkaran pada *ground plane* terbukti dapat bekerja pada frekuensi yang direncanakan dan telah memenuhi syarat antenna *ultra wideband* karena telah memiliki *bandwidth* fraksional lebih dari 0,2.



Grafik 8. Grafik Gain Antena Hasil Simulasi dan Pengujian

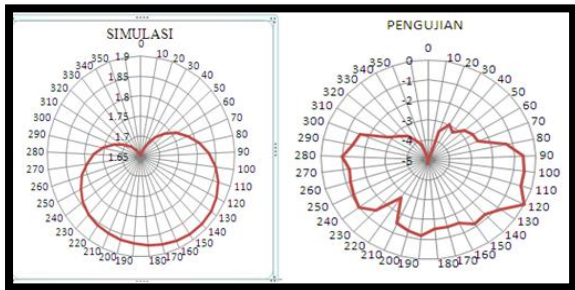
Sumber : Hasil Simulasi dan Pengujian

Nilai *Gain* hasil pengukuran dan simulasi menunjukkan perbedaan. Nilai *Gain* hasil pengukuran cenderung memiliki *Gain* yang lebih tinggi daripada hasil simulasi. Tetapi, hasil simulasi dan pengukuran memiliki frekuensi dengan nilai *Gain* maksimum yang sama yaitu pada frekuensi 2500 MHz. Berikut ini adalah perbandingan pola radiasi antenna hasil simulasi dan pengujian :



Gambar 5. Perbandingan Pola Radiasi Horizontal Hasil Simulasi dan Pengujian

Sumber : Simulasi dan Pengujian



Gambar 6. Perbandingan Pola Radiasi Vertikal Hasil Simulasi dan Pengujian

Sumber : Simulasi dan Pengujian

Diagram polar di atas menunjukkan bahwa bentuk pola radiasi antenna hasil simulasi dan pola radiasi tidak sama persis, pola radiasi pada simulasi, menunjukkan antenna memiliki pola radiasi *bidirectional*, sedangkan pada pengujian, antenna memiliki pola radiasi *bidirectional*.

Berdasarkan data hasil pengukuran polarisasi yang dikonversi ke bentuk diagram polar, dapat diketahui bentuk polarisasi antenna yang diuji. Diagram polar hasil pengujian menunjukkan bahwa antenna memiliki polarisasi elips. Sedangkan hasil simulasi antenna menunjukkan pada frekuensi 2500 MHz, diperoleh nilai *axial ratio* hasil simulasi sebesar 25,41 dB yang menandakan bahwa polarisasi antenna hasil simulasi berbentuk elips. Berdasarkan hasil simulasi dan pengujian diperoleh bahwa antenna memiliki polarisasi elips dengan nilai *axial*

*ratio* yang berada pada rentang  $0 \leq AR \leq \infty$  dB.

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, pengukuran, serta analisis parameter-parameter antenna mikrostrip *rugby ball* dengan slot *lingkaran*, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perancangan dan pembuatan, antenna mikrostrip *rugby ball* dengan slot lingkaran, yang terbuat dari bahan FR-4 dengan nilai konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) = 4.5, pada frekuensi 1500 – 2700 MHz, diperoleh dimensi elemen peradiasi antenna adalah sebagai berikut :

Variabel	Dimensi (mm)
<b>R</b>	16,875
<b>h</b>	28,75
<b>L</b>	14
<b>Lg</b>	100
<b>Wg</b>	72
<b>h2</b>	6,125
<b>a</b>	30

2. Hasil simulasi perancangan dan pengukuran antenna mikrostrip *rugby ball* dengan slot lingkaran pada frekuensi 1500-2700 MHz ditabelkan sebagai berikut:

Parameter Antena		Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
<b>Bandwidth</b>	Rentang Frekuensi (MHz)	1500 - 2700	1500 - 2700
	Total <i>Bandwidth</i> (MHz)	1200	1200
	<i>Bandwidth</i> Fraksional (%)	57,14	57,14
<b>Gain</b>	Frekuensi dengan <i>Gain</i> Maksimum (MHz)	2500	2500
	Nilai <i>Gain</i> (dB)	2,5	6,15
<b>Polarisasi</b>		Elips	Elips
<b>Pola Radiasi</b>	Jenis Pola Radiasi	Bidireksional	Bidireksional

3. Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa ketika slot lingkaran diaplikasikan pada antenna mikrostrip *rugby ball*, antenna memenuhi syarat *FCC* untuk bekerja pada teknologi *ultra wideband*.

### 4.2 Saran

1. Karena keterbatasan alat, pengukuran hanya dapat dilakukan hingga frekuensi maksimal 2700 MHz. Oleh karena itu, dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melakukan pengukuran antenna mikrostrip *rugby ball* dengan slot lingkaran pada frekuensi yang lebih tinggi sehingga dapat diketahui frekuensi kerja antenna yang lebih akurat
2. Dapat dilakukan optimasi lebih lanjut dengan kombinasi konfigurasi-konfigurasi lain agar didapatkan hasil yang lebih akurat dan optimal.

## DAFTAR REFERENSI

- [1] Balanis, Constantine A. 1982. *Antena Theory: Analysis and Design, 2nd Edition*. John Wiley and Sons, Inc.,
- [2] G. Breed. 2005. *A summary of FCC rules for ultra wideband communications*, High Freq. Electron., vol. 4, no. 1, pp.42 -44
- [3] Kraus, John Daniel. 1988. *Antennas*. New York : McGraw-Hill International.
- [4] Nakar, Punit S. 2004. *Design of a Compact Microstrip Patch Antena for use in Nirkabel/Cellular Devices*. Thesis, The Florida State University.
- [5] Stutzman, Warren L. and G. A. Thiele. 1981. *Antenna Theory and Design*. John Willey and Son, Inc. New York.
- [6] Yuwono, Rudy. 2005. *A NoveRugby ball Antenna for Ultra Wide Band Communication*. Jurnal Teknik FT Unibraw.ed. Agustus 2005