

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP *ULTRA WIDEBAND* (UWB) PADA FREKUENSI 500-3000 MHZ UNTUK RADAR PENEMBUS DINDING

DESIGN AND REALIZATION OF ULTRA WIDEBAND MICROSTRIP ANTENNA AT FREQUENZY 500-3000 MHZ FOR THROUGH WALL RADAR

Yudha Tarigan¹, Heroe Wijanto², Yuyu Wahyu³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bandung

¹yudhatarigan@students.telkomuniversity.ac.id, ²heroew@telkomuniversity.ac.id,
³yuyuwahyuas@ppet.lipi.go.id

Abstrak

Perkembangan di bidang teknologi salah satunya antena UWB sekarang ini memegang peranan penting sebagai aplikasi yang banyak digunakan untuk sarana komunikasi seperti sistem pendeteksi radar dan radio^[1]. UWB dapat diterapkan di lingkungan *indoor* dengan sangat baik karena keuntungan dari UWB adalah kecepatan transmisi data yang sangat tinggi dengan daya *transmit* yang sangat rendah. Proses pengerjaan yang dilakukan adalah merancang design antena mikrostrip UWB dengan menentukan patch wire bowtie dan menggunakan bahan substrat Epoxy FR-4 dengan nilai ($\epsilon_r = 4,3$ dan $h=1,6$ mm). Prototype kemudian diukur, dihitung dan dibandingkan dengan hasil simulasi^[5]. Dalam penelitian ini, dirancang dan disimulasikan antena mikrostrip UWB dengan patch wire bowtie untuk aplikasi radar penembus dinding yang bekerja pada frekuensi 500- 3000 MHz dengan pola radiasi *omnidirectional*; $gain \geq 3dBi$; polarisasi *linear*; $return\ loss \leq -10$ dB; dan $VSWR \leq 2.0$.

Kata kunci : Mikrostrip, Ultra Wideband, Radar Penembus Dinding.

Abstract

Development in technology one of which is ultra wideband (UWB) antenna, today play an important role as an application that widely used for communication means such a radio and detection radar system^[1]. Ultra wideband (UWB) good applied at indoor environment because high radiation transmission with low transmitt power is required especially for UWB. The execution done with designing a microstrip UWB antenna to determine patch wire bowtie and use Epoxy FR-4 as substrate material with values ($\epsilon_r = 4,3$ dan $h=1,6$ mm). Next, prototype are measured, calculated, and compared with the simulation results^[5]. In this research, microstrip UWB antenna with patch wire bowtie for through wall radar applications that can be used at frequency 500-3000 MHz with omnidirectional radiation pattern; $gain \geq 3$ dBi; linear polarization; $return\ loss \leq -10$ dB and $VSWR \leq 2.0$ are designed and simulated.

Keywords: Microstrip, Ultra Wideband, Through-wall radar

1. Pendahuluan

Keberadaan suatu objek di balik dinding dapat dilakukan menggunakan suatu alat pencitra gelombang elektromagnetik yang disebut radar penembus dinding (*TWR/through-wall radar*). Dengan radar penembus dinding manusia dapat memprediksi lokasi (yaitu, jarak dan sudut) dari objek yang berada di balik dinding. UWB (*Ultra WideBand*) adalah sistem komunikasi jarak pendek yang mempunyai *bandwidth* yang sangat lebar. Salah satu standar internasional terhadap kinerja antena dengan *bandwidth* lebar ditentukan oleh *Federal Communications Commission* (FCC). Lembaga ini menetapkan bahwa Antena Ultra wideband harus memiliki *bandwidth* minimal 20% dari frekuensi tengah atau minimal memiliki *bandwidth* 500 MHz.^[4]

Pada jurnal dirancang antena *ultra wideband* (UWB) berbasis mikrostrip. Tujuan dari perancangan ini adalah untuk mendapatkan desain antena mikrostrip yang bekerja pada frekuensi 500-3000 MHz dengan $gain < 2,15$ dBi serta pola radiasi *directional*, menggunakan bahan substrat FR-4, memiliki *bandwidth* 2500 GHz dan polarisasi vertikal. Sistem radar yang digunakan pada tugas akhir kali ini yaitu FMCW yang memancarkan gelombang *microwave* secara kontinu (*continuous wave*).

2. Teknologi Ultra Wideband (UWB)

Sejauh ini teknologi *ultra wideband* (UWB) telah banyak di implementasikan dalam berbagai bidang dan aplikasi, seperti sistem komunikasi nirkabel, sistem anti tabrakan pada kendaraan bermotor, penentuan lokasi objek di dalam ruangan, dan sebagainya^[2]. Berdasarkan rekomendasi *Federal Communication Commission* (FCC), perangkat elektronik digolongkan teknologi UWB jika memiliki *bandwidth* 10 dB lebih dari 500 MHz,

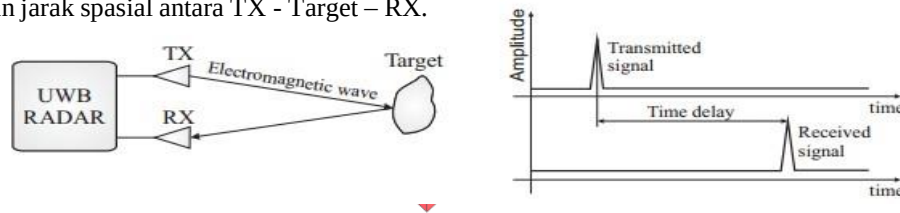
$$BW_{dB} > 500 \text{ MHz} \quad (1)$$

Atau memiliki fractional bandwidth,

$$FBW = \frac{f_h - f_l}{f_c} > 0,2 \quad (2)$$

Dimana f_l dan f_h merupakan frekuensi terendah dan tertinggi pada level -10 dB dari level tertingginya^[6].

Prinsip dasar dari radar UWB ditunjukkan pada Gambar.1. Radar UWB menghasilkan dan mengirimkan pulsa pendek melalui antena transmisi TX. Sinyal menyebar di lingkungan. Ketika bertemu sasaran, bagian dari energi elektromagnetik tercermin dari objek dan dipantulkan kembali oleh antena RX. Waktu tunda antara sinyal dikirim dan diterima merupakan jarak spasial antara TX - Target - RX.



Gambar.1 Prinsip dasar dari radar UWB

Paling penting sinyal UWB dapat di transmisikan tanpa operator, mengirim sinyal membutuhkan daya yg lebih kecil, hal ini untuk meningkatkan keakuratan data dan identifikasi objek, mengurangi efek radar karena gangguan pasif (contohnya: hujan, kabut, dll).

3. Through Wall Propagation

Antena merupakan bagian yang penting dalam suatu sistem komunikasi yang digunakan untuk mentransfer gelombang elektromagnetik yang terbimbing menjadi gelombang yang diradiasikan dalam medium yang bebas untuk dipancarkan ke antena penerima. Antena adalah perangkat yang sangat bergantung dengan frekuensi. Setiap antena dirancang untuk kebutuhan frekuensi tertentu^[3].

Gelombang radar TWR harus mampu menembus berbagai jenis dinding (beton, beton betulang, batu bata, papan kayu, plasterboard, dll). Karakteristik perambatan gelombang melalui dinding, memiliki banyak perbedaan dari satu jenis dinding dengan yang lain dan sistem radar harus mampu mengatasi. Selain itu, pemilihan bandwidth frekuensi juga harus memperhitungkan keperluan ketelitian gambar atau resolusi jarak yang diinginkan dari sistem.

Karakteristik elektromagnetik dinding dapat diukur secara eksperimental dalam sebuah sistem dalam domain waktu maupun dalam domain frekuensi. A. Muqailabel dkk. Melakukan pengukuran untuk beberapa jenis material yang dikelompokkan dalam dua kategori :

1. Struktur uniform yang meliputi *drywall, wooden door, structure wood, plywood* dan *glass*.
2. Struktur non-uniform yang meliputi *brick, concrete block* dan *office partition*.

4 Antena Mikrostrip Wire Bowtie

Karena kita ingin mentransmisikan pulsa dengan efisiensi tinggi (amplitudo gelombang yang dikirim setinggi mungkin), maka ditentukan jarak antara *feedpoint* dengan resistor pertama sehingga radiasi dari resistor pertama dan dari *feedpoint* saling menguatkan pada arah *broadside* antena. Diketahui bahwa hal ini dapat dicapai dengan membuat panjang patch (l) sekitar $\lambda/4$, dimana λ merupakan panjang gelombang dalam substrat pada frekuensi tengah. Secara matematis dapat dituliskan,

$$l = \frac{c}{4f_c \sqrt{\epsilon_r}} \quad (3)$$

Dimana f_c merupakan frekuensi tengah, dan c merupakan cepat rambat gelombang dalam substrat. Pada kasus *printed antenna* diatas substrat dielektrik nilai ϵ_r berbanding terbalik dengan permitivitas relatif dari bahan substrat. Jika permitivitas relatif substrat ϵ_r dan cepat rambat gelombang di udara bebas adalah c , maka c_{sub} dapat dicari dengan persamaan,

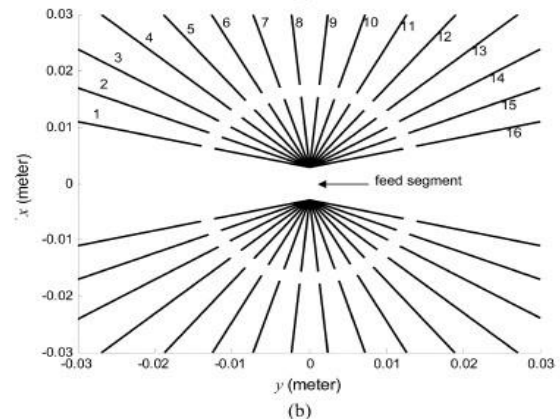
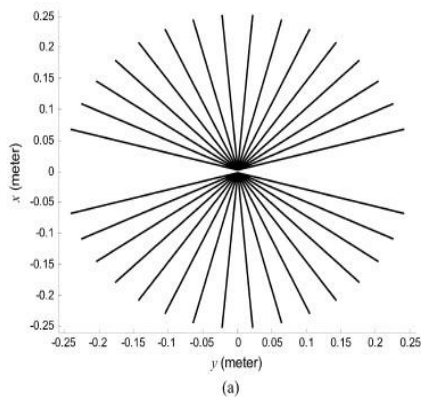
$$c_{sub} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (4)$$

Dengan mensubstitusi persamaan 2.6 dengan 2.7, maka didapat panjang patch (l) yaitu :

$$l = \frac{c}{4f_c \sqrt{\epsilon_r}} \quad (5)$$

Dimana c adalah kecepatan cahaya 3×10^8 , f_c adalah frekuensi pusat dan ϵ_r (permitivitas relatif substrat) yang digunakan (dalam hal ini pencetakan antena dicetak).

Dalam penelitian ini, antenna dirancang untuk menunjukkan input impedansi sekitar 100 ohm di spektrum untuk mencocokkan antenna semi-kaku (TSR) 100-Ohm digunakan sebagai sistem feed antenna. Sebuah sistem feed dengan jalur TSR telah diperkenalkan untuk memberi feed antenna yang seimbang tanpa balun^[1].



Gambar.2 (a) Geometri antenna wire bowtie,

(b) geometri antenna dengan feed segment

5. Perancangan dan Simulasi

5.1 Spesifikasi Antena

Antena yang diinginkan adalah sebagai berikut:

A.	Frekuensi kerja	: 500-3000 Mhz
B.	VSWR	: ≤ 2
C.	Gain	: ≥ 3 dBi
D.	Pola radiasi	: <i>Omnidirectional</i>
E.	Bandwidth	: 2500 Mhz
F.	Polarisasi	: <i>linear</i>
G.	Impedansi	: 150 Ω
H.	Return loss	: ≤ -10 dB

5.2 Geometri Antena Wire Bowtie

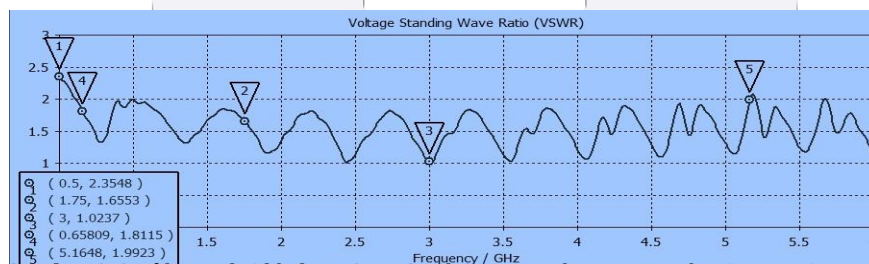
Dalam penelitian tugas akhir ini, antenna TWR yang diusulkan yaitu antenna wire bowtie. Penggunaan wire bowtie adalah karena kesederhanaannya dan mempunyai bandwidth yang cukup lebar. bentuk antenna mikrostrip dipole $\lambda/4$ sehingga di sesuaikan dengan impedansi 150 Ω .

$$l = \frac{3 \times 10^8}{f \times 4} \times 10^6$$

Maka didapat nilai l sekitar 20 mm. Sudut flare yang digunakan adalah 70° dengan angular tiap lengan wire 10° untuk mendapatkan impedansi input sebesar 100 Ω .

6 HASIL SIMULASI

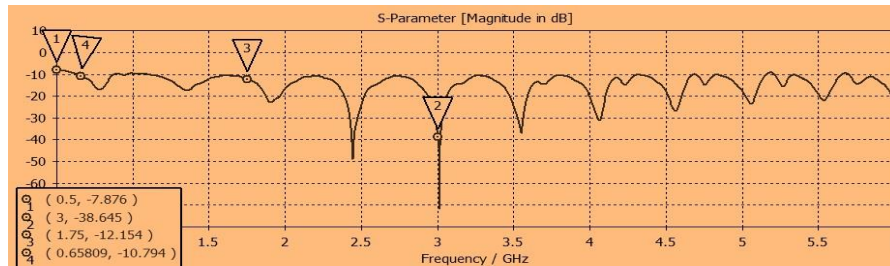
6.1 Bandwidth dan VSWR



Gambar.3 Grafik Bandwidth dan VSWR Awal Antena Mikrostrip Patch Wire Bowtie Hasil Akhir Optimasi

Dari gambar.3, hasil simulasi menunjukkan grafik VSWR pada frekuensi 500-6000 MHz, pada simulasi rentang frekuensi 634-5614 MHz memiliki nilai VSWR ≤ 2 . Oleh karena itu, antenna mikrostrip wire bowtie yang dirancang pada frekuensi 500-3000 MHz hanya bekerja pada frekuensi 658-3000 MHz

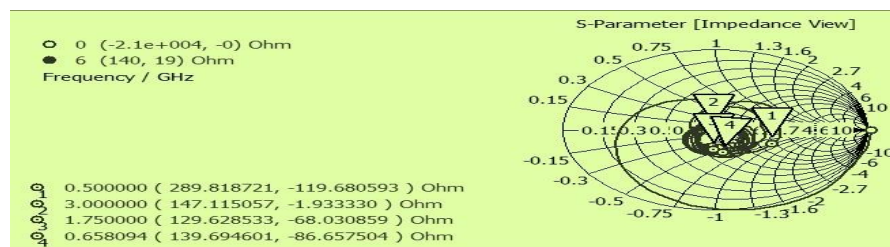
6.2 Return Loss



Pada gambar.4 Grafik Simulasi *Return Loss* Antena Mikrostrip

Dari gambar.4, UWB patch *wire bowtie* pada rentang 500-300 MHz yang memenuhi standar spesifikasi Ultra Wideband dengan *return loss* dibawah nilai -10 dB namun pada simulasi antena *wire bowtie* yang memenuhi standar bekerja pada frekuensi 658-3000 MHz.

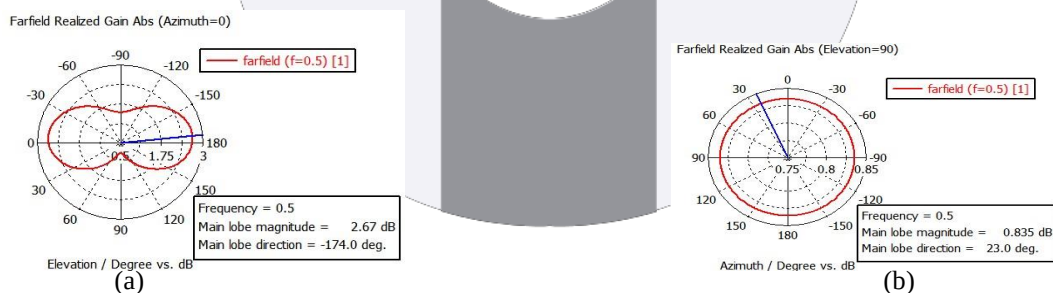
Impedansi



Pada gambar.5 Grafik Simulasi Impedansi Antena Mikrostrip

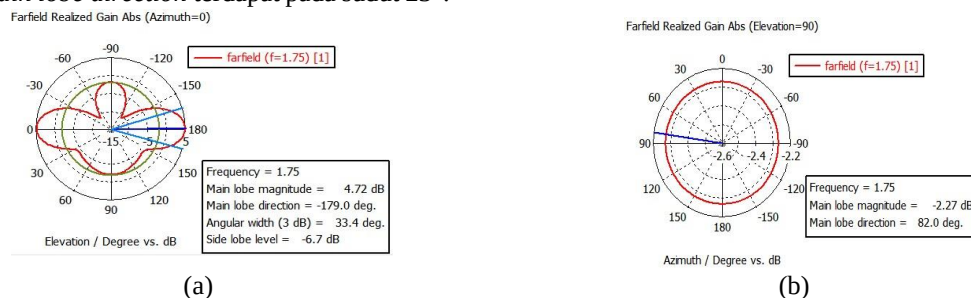
Grafik simulasi impedansi antena diambil di 4 titik frekuensi, yaitu frekuensi terendah 500 MHz, frekuensi kerja terendah antena 658 MHz, frekuensi tengah 1750 MHz dan frekuensi atas 3000 MHz. Dan masing-masing antena ini memiliki impedansi sebesar (289,818-j119,680), (139,694-86,657), (147,115-j1,933) dan (129,628-j68,030).

6.3 Pola Radiasi



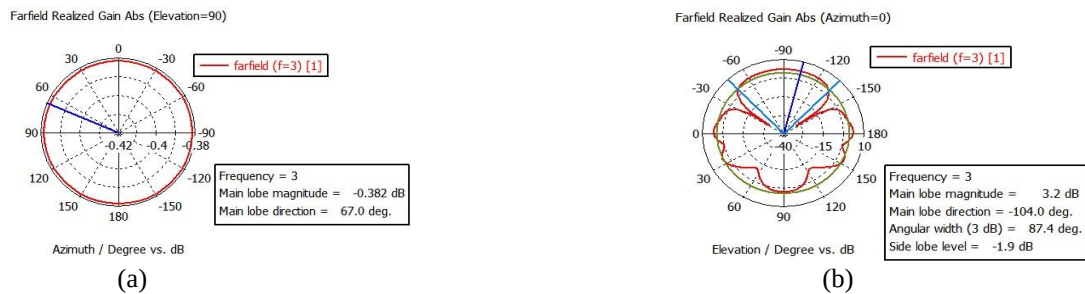
Gambar.6 (a) pola radiasi azimuth (b) pola radiasi elevasi pada frekuensi 500 MHz

Pada Gambar.6(a) menunjukkan pola radiasi dalam bidang azimuth ($\phi=0^\circ$) dengan *main lobe direction* terdapat pada sudut -174° . Sedangkan pada Gambar.6(b) menunjukkan pola radiasi dalam bidang elevasi ($\phi=90^\circ$) dengan *main lobe direction* terdapat pada sudut 23° .



Gambar.7 (a) pola radiasi azimuth (b) pola radiasi elevasi pada frekuensi 1750 MHz

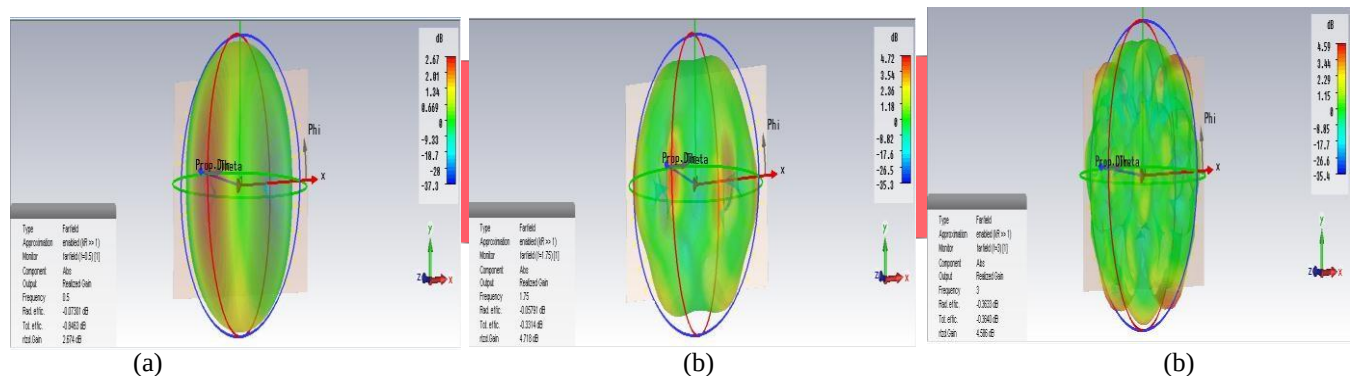
Pada gambar.7(a) menunjukkan pola radiasi dalam bidang azimuth ($\phi=0^\circ$) dengan *main lobe direction* terdapat pada sudut -179° dan HPBW sebesar 33.4° . Sedangkan pada gambar.7(b) menunjukkan pola radiasi dalam bidang elevasi ($\phi=90^\circ$) dengan *main lobe direction* terdapat pada sudut 82° .



Gambar.8 (a) pola radiasi azimuth (b) pola radiasi elevasi pada frekuensi 3000 MHz

Pada gambar.8(a) menunjukkan pola radiasi dalam bidang azimuth ($\phi=0^\circ$) dengan *main lobe direction* terdapat pada sudut -104° dan HPBW sebesar $87,4^\circ$. Sedangkan pada gambar.8(b) menunjukkan pola radiasi dalam bidang elevasi ($\phi=90^\circ$) dengan *main lobe direction* terdapat pada sudut 67° .

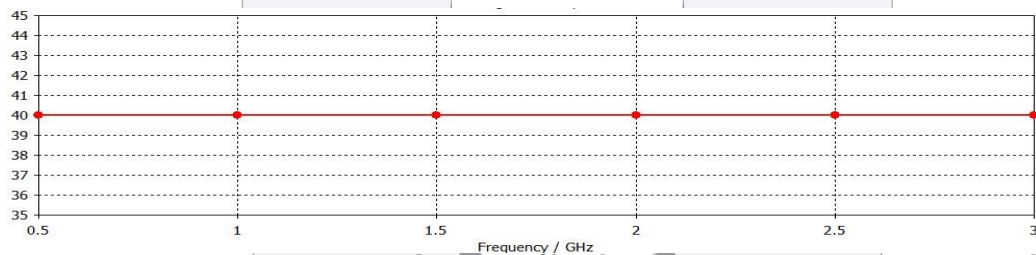
6.4 Gain



Gambar.9 Gain Antena Pada Frekuensi (a)500, (b)1750, (c)3000 MHz

Pada gambar.9 didapat hasil simulasi memiliki pola radiasi *omnidirectional* serta nilai gain masing-masing sebesar (a)2,67 dB,(b) 4,73 dB,(c) 4,59 dB.

6.5 Polarisasi



Gambar.10 Grafik Polarisasi Antena Wire Bowtie 500-3000 Mhz

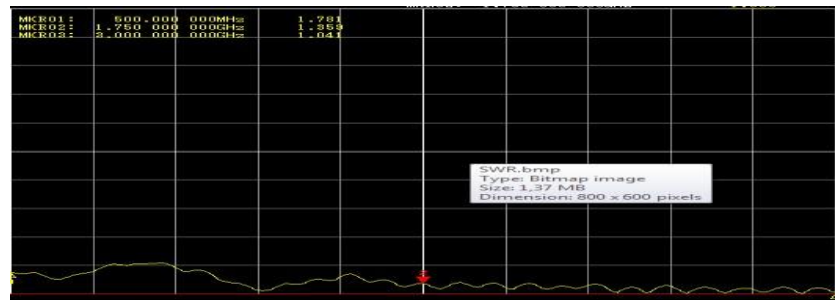
Pada gambar.10, didapat hasil simulasi rentang frekuensi 500-3000 dapat dilihat nilai *axial ratio* pada antena mikrostrip *patch wire bowtie* berada pada nilai 40 dB. Nilai *axial ratio* tersebut menunjukkan bahwa antena memiliki polarisasi linier vertikal.

Tabel.1 Perbandingan Spesifikasi dengan Simulasi

Parameter	Spesifikasi	Simulasi
Frekuensi Kerja (MHz)	500-3000	623-3000
Frekuensi Tengah (MHz)	1750	1750
VSWR	≤ 2	1.9613, 1.6553, 1.0237
Bandwidth (MHz)	2500	2377
Return Loss (dB)	≤ -10	-7,876, -38,645, -12,154
Impedansi (Ω)	150	(139,694-j86,657), (129,628 - j68,030), (147,115 - j1,933),
Gain (dBi)	≥ 3	2,67, 4,72, 4,59
Polarisasi	Linear	Linear
Pola radiasi	omnidirectional	omnidirectional

7 Hasil Pengukuran

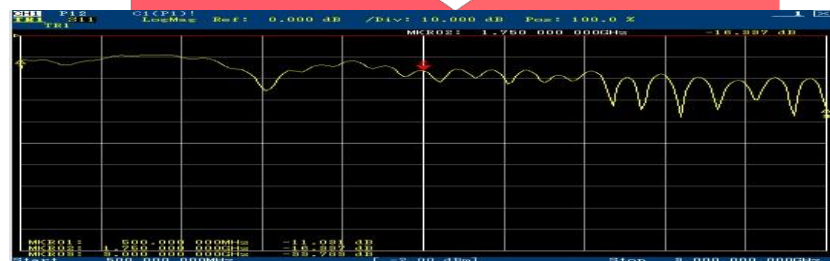
7.1 Bandwidth dan VSWR



Gambar.11 Hasil Pengukuran Bandwidth dan VSWR

Pada hasil pengukuran VSWR frekuensi 500, 1750, 3000 MHz bernilai (1,781, 1,359, 1,041), dapat diketahui bahwa hasil pengukuran VSWR lebih baik daripada hasil simulasi dan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

7.2 Return loss



Gambar.12 Hasil Pengukuran Return loss

Pada hasil pengukuran Return Loss frekuensi 500, 1750, 3000 MHz bernilai (-11,091dB, -16,337dB, -33,783 dB), dapat diketahui bahwa hasil pengukuran Return Loss lebih baik daripada hasil simulasi dan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

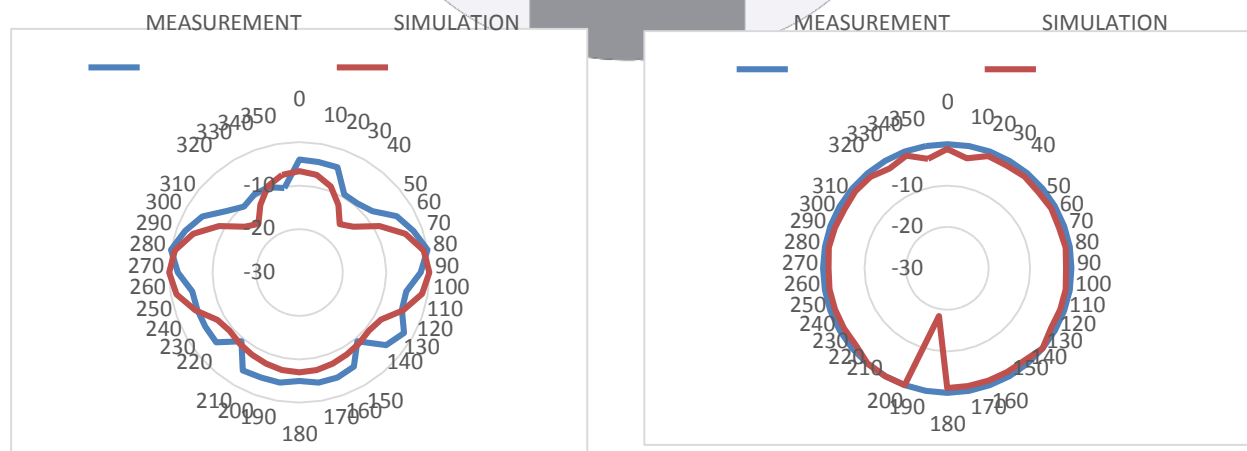
7.3 Impedansi



Gambar.13 Hasil Pengukuran Impedansi

Pada hasil pengukuran Impedansi frekuensi 500, 1750, 3000 MHz bernilai ($43,108 + j26,280 \Omega$, $40,294 - j9,884 \Omega$, $50,784 + j1,906 \Omega$).

7.4 Pola Radiasi



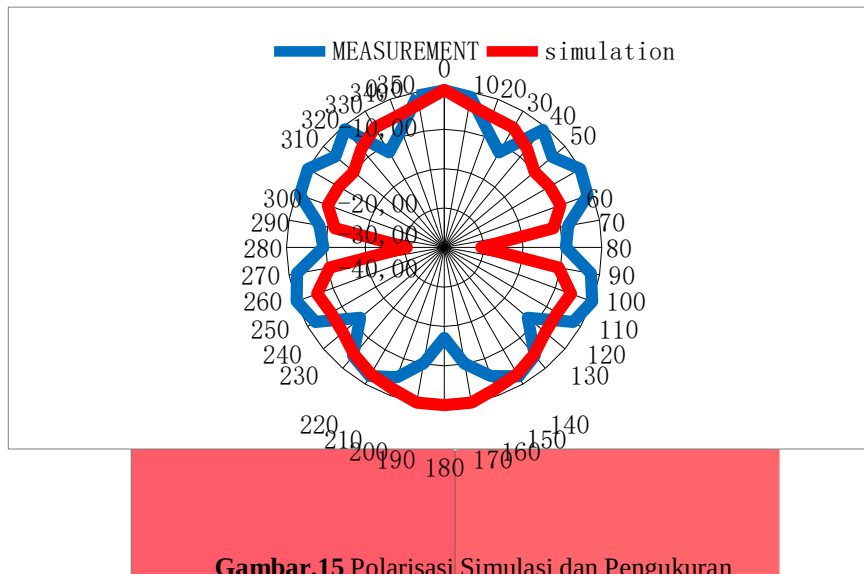
(a)

(b)

Gambar.14 (a) Pola Azimut (b) Pola Elevasi Hasil Simulasi dan Pengukuran

Dari hasil pengukuran dan simulasi dapat dilihat bahwa pola radiasi baik secara azimut dan elevasi yaitu memiliki pola radiasi *omnidirectional*, dimana hal tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi antenna.

7.5 Polarisasi



Gambar.15 Polarisasi Simulasi dan Pengukuran

Gambar.15 menunjukkan polarisasi yang diperoleh pada saat melakukan pengukuran dan hasil simulasi. Dari hasil pengukuran didapat perhitungan rasio kuat medan elektrik dapat diketahui bahwa *Antena Under Test* (AUT) berpolarisasi elips karena polarisasi elips *axial ratio*-nya adalah $1 \leq AR \leq \infty$. *axial ratio* untuk polarisasi sirkular sama dengan 1 dan *axial ratio* untuk polarisasi linier sama dengan ∞ , hasil ini tidak sesuai dengan perancangan *axial ratio* simulasi 40 dB.

7.6 Gain



Tabel.2 Hasil pengukuran Prx

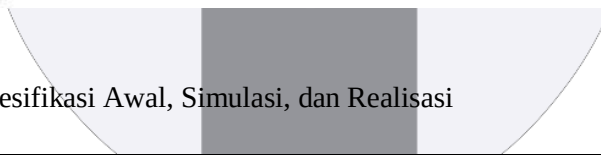
No	Prx (dBm)
1	-46,07
2	-46,3
3	-46,55
Rata-Rata	-46,31

$$Prx = Ptx - Lft + Gtx - (92,45 \text{ dB} + 20\log f_{(\text{GHz})} + 20\log d_{(\text{km})}) + Grx - lfr$$

Dengan menggunakan persamaan friss didapat nilai gain antenna:

$$-46,31 = 0 - 6,26 + 12 - 49,775 + Grx - 6,55$$

$$Grx = 4,265 \text{ dBi}$$



Tabel.3 Perbandingan Spesifikasi Awal, Simulasi, dan Realisasi

Parameter	Spesifikasi	Simulasi	Realisasi
Frekuensi Kerja (MHz)	500-3000	658-3000	500-3000
Frekuensi Tengah (MHz)	1750	1750	1750
VSWR	≤ 2	1.6553	1.359
Bandwidth (MHz)	2500	2342	2500
Return Loss (dB)	≤ -10	-38,645	-16.337
Impedansi (Ω)	100	147,115 - j1,933	40,294 - j9,884
Gain (dBi)	≥ 3	4,72	4,265
Polarisasi	Linear	Linear	Ellips
Pola radiasi	Omnidirectional	Omnidirectional	Omnidirectional

8. Kesimpulan dan Saran

Antena UWB mikrostrip *patch wire bowtie* dapat direalisasikan dalam aplikasi TWR pada rentang frekuensi (500-3000) MHz bahkan bisa digunakan pada aplikasi kognitif radio. Ketepatan dan ketelitian pabrikan serta proses pengukuran antenna sangat mempengaruhi karakteristik antenna yang menyebabkan perbedaan antar hasil simulasi dengan hasil simulasi pengukuran. Spesifikasi antenna mikrostrip *patch wire bowtie* yang dirancang sudah sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan untuk TWR, yaitu pada simulasi memiliki *bandwidth* 2342 MHz dan dapat bekerja pada rentang frekuensi 658-3000 MHz. Pengukuran sebaiknya dilakukan di suatu ruangan yang benar-benar memenuhi syarat pengukuran seperti ruangan *anechoic chamber*. Pencetakan dimensi antenna harus sesuai dengan

dimensi simulasi agar hasil yang di dapat sesuai dengan karakteristik antenna yang dirancang. Untuk pengamatan berikutnya, dapat dicoba dengan menggunakan bentuk *patch* yang lain, misalnya antenna vivaldi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ponto, Aldino. (2014). "PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP *ULTRAWIDEBAND (UWB)* BERBENTUK *DUAL ELIPS* UNTUK RADAR TEMBUS TEMBOK". Tugas Akhir pada Universitas Telkom, 2014.
- [2] Hercuardi. A.Y., dkk. 2014. "Radar Penembus Dinding UWB-FMCW 500-3000 MHz", Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi, vol. 14, no. 1, hal. 1-7, 2014.
- [3] N. Maaref, P. Millot, P.Christian, P. Odile. 2009. "*FMCW Ultra-Wideband Radar For Through-The-Wall Detection of Human Beings*," In *IEEE Research Gate*, November 2009, pp. 1–6.
- [4] Aulia, Siska., dkk. 2013. "Analisis Pengolahan Sinyal Radar *Frequency Modulated Continuous Wave* untuk Deteksi Target", Jurnal Nasional Teknik Elektro, Vol. 2, No.2, September 2013.
- [5] Muqaibel A., dkk. 2005. "*Ultrawideband through-the-wall propagation*," In *IEEE Proc.-Microw. Antennas Propag.*, Vol. 152, No. 6, December 2005.
- [6] Krauss, John D. 1998. "*Antennas*". United States: McGraw-Hill Book Company.

