

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA HORN PIRAMIDA ULTRA WIDE BAND (UWB) UNTUK SOIL WATER CONTENT (SWC) DENGAN POLARADIASI UNIDIRECTIONAL

DESIGN AND REALIZATION OF ULTRA WIDE BAND (UWB) PYRAMID HORN ANTENNA FOR SOIL WATER CONTENT (SWC) WITH UNIDIRECTIONAL POLARADIATION

Reygi Aprizatama¹, Dharu Arseno², Harfan Hian Ryanu³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

¹malingkasarung@student.telkomuniversity.ac.id, ²darseno@telkomuniversity.ac.id,

³harfanhr@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Tanah merupakan media utama dalam sektor pertanian di Indonesia, tanah yang subur tentu akan menunjang hasil pertanian yang maksimal. Kandungan air dalam tanah atau *Soil Water Content (SWC)* merupakan banyaknya kadar air yang terdapat di dalam tanah. Kandungan air dalam tanah yang sulit diukur menjadi salah satu faktor kurang optimalnya bercocoktanam. Oleh sebab itu dibutuhkan metode yang efisien serta efektif. Salah satunya dengan penggunaan *Ground Penetrating Radar (GPR)*, GPR bekerja diatas permukaan tanah tanpa harus merusak elemen yang akan dideteksi. GPR memanfaatkan pantulan gelombang elektromagnetik yang berjalan pada frekuensi 10 MHz – 1 GHz yang dapat menembus suatu permukaan. Demi menunjang pengoprasian GPR dibutuhkan antena dengan spesifikasi memumpuni. Tugas Akhir ini membuat antena horn piramida berbahan dasar kuningan dengan tebal 0,8 mm. Pada bagian monopole juga menggunakan batang kuningan berdiameter 16 mm, tinggi 35 mm dan berada pada 40 mm dari ujung *waveguide*. Hasil pengukuran memperoleh *bandwidth* sebesar 775 MHz, *Return Loss* -16,892 dB, *VSWR* 1,331, gain sebesar 14,47 dBi dengan memiliki pola radiasi *unidirectional*, serta polarisasi elips. Hasil tersebut telah memenuhi spesifikasi UWB.

Kata Kunci : *Soil Water Content (SWC)*, *Ground Penetrating Radar (GPR)*, antena horn piramida.

Abstract

Soil is the main medium in the agricultural sector in Indonesia, fertile soil will certainly support maximum agricultural output. Soil water content (SWC) is the amount of water contained in the soil. The water content in the soil which is difficult to measure is one of the factors that are less than optimal for farming. Therefore, an efficient and effective method is needed. One of them is the use of Ground Penetrating Radar (GPR), GPR works above the ground without having to damage the elements to be detected. GPR utilizes reflected electromagnetic waves that travel at a frequency of 10 MHz – 1 GHz which can penetrate a surface. In order to support the operation of GPR, an antenna with qualified specifications is needed. This final project makes a pyramidal horn antenna made of brass with a thickness of 0.8 mm. The monopole also uses a brass rod with a diameter of 16 mm, a height of 35 mm and is located at 40 mm from the end of the waveguide. The measurement results obtained a bandwidth of 775 MHz, Return Loss -16,892 dB, VSWR 1,331, gain of 14,47 dBi with a unidirectional radiation pattern, and elliptical polarization. These results have met the UWB specifications.

Keywords: *Soil Water Content (SWC)*, *Ground Penetrating Radar (GPR)*, pyramid horn antenna.

1. Pendahuluan

Perkembangan zaman menyebabkan kemajuan dalam segala aspek, mulai dari bidang telekomunikasi, bidang kesehatan, bahkan dalam bidang pertanian. Indonesia dengan sumber daya alam yang melimpah dengan iklim tropis, menyebabkan Indonesia memiliki potensi pertanian yang unggul. Namun banyak hal yang dapat menjadi penghalang akan hasil pertanian tersebut, salah satunya kandungan air dalam tanah pertanian atau *Soil Water Content (SWC)*. Kandungan air dalam tanah yang sulit diukur menjadi salah satu permasalahan yang dihadapi oleh petani di Indonesia. Intensitas curah hujan yang kurang merata di Indonesia membuat proses bercocok tanam menjadi kurang optimal. Oleh sebab itu perlunya analisa yang baik mengenai media tanam adalah hal terpenting.

Banyak cara untuk menentukan kandungan air dalam tanah atau *Soil Water Content (SWC)* ini. Contohnya dengan metode analisis Gravimetri, metode analisis Gravimetri adalah suatu metode analisis yang

didasarkan pada pengukuran berat, yang melibatkan: pembentukan, isolasi dan pengukuran berat dari suatu endapan[11]. Namun metode analisis Gravimetri memakan waktu yang cukup lama karna memerlukan pengecekan di laboratorium. Gravimetri juga sulit untuk diterapkan pada bidang tanah yang luas, hal ini dianggap kurang praktis. Untuk itu perlunya suatu teknik yang lebih efisien, teknik lainnya yaitu dengan menggunakan *Ground Penetrating Radar* (GPR). GPR telah menunjukkan potensi yang cukup besar untuk aplikasi lapangan mengingat resolusi spasial yang tinggi, kedalaman deteksi yang dalam, efisiensi tinggi, dan pendekatan GPR non-invasif [3]. Nantinya data yang diperoleh dapat digunakan untuk mengambil keputusan dalam pengolahan pertanian.

Untuk mengimbangi GPR pada Tugas Akhir ini akan merancang dan merealisasikan antena *Ultra Wide Band* (UWB). UWB memiliki banyak keuntungan, seperti data rate yang tinggi, daya pancar rendah, dan rendah interferensi [1]. Jenis antena yang diimplementasikan dari UWB pada Tugas Akhir ini adalah antena *horn* piramida. Antena *horn* piramida dipilih karena memiliki kelebihan yaitu *gain* yang tinggi, *bandwidth* yang lebar, dan mudah untuk difabrikasi. Sedangkan kekurangannya yaitu, dari segi dimensi yang besar sehingga kurang *low profile* [2]. Untuk itulah dilakukan perancangan serta fabrikasi yang tepat agar memperoleh hasil yang optimal.

2. Dasar Teori

2.1 Soil Water Content (SWC)

Kadar air tanah adalah ukuran banyaknya air (volume atau massa) yang terkandung dalam suatu satuan volume atau massa tanah. Jika ukuran adalah volume air per satuan volume tanah, kadar air disebut 'volume basah'. Jika massa air per satuan massa tanah disebut 'massa basah'. Massa basah di tanah biasanya didefinisikan sebagai massa air per satuan massa tanah kering[10].

2.2 Ground Penetrating Radar (GPR)

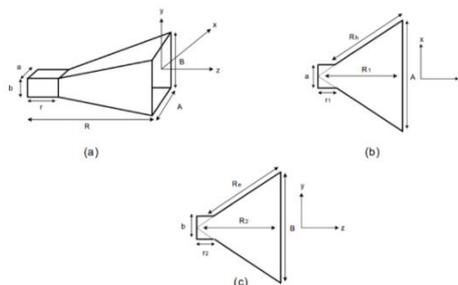
Ground Penetrating Radar disingkat GPR merupakan teknik geofisika non-destruktif yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk mendeteksi elemen yang berada di bawah permukaan tanah. GPR bekerja pada gelombang elektromagnetik ber-frekuensi tinggi sekitar 10 MHz -1 GHz [4]. Sehingga GPR dapat menembus ke dalam suatu media dan mengetahui elemen yang berada di balik media tersebut tanpa harus merusak atau mengebornya.

2.3 Antena Horn

Antena horn merupakan antena pandu gelombang, dimana waveguide diatur sehingga gelombang dalam bumbung (celah) menyebar menurut orde tertentu. Bentuk pandu gelombang ini yaitu rectangular dan circular, yang membedakan antara dua pandu gelombang tersebut terletak pada bentuk dan luas dari ujung dari pancaran pandu gelombang tersebut[6]. Antena horn sering digunakan pada komunikasi gelombang mikro karena mempunyai gain yang tinggi, VSWR yang rendah, lebar pita (*bandwidth*) yang relatif besar, dan kompatibel[6].

2.4 Antena Horn Piramida

Ilustrasi gambaran berikut mengenai antena horn piramida dari setiap dimensi. Dimana (a) merupakan bentuk geometris antena horn piramida, (b) Penampang melintang pada bidang H, dan (c) Penampang melintang pada bidang E antara lain[7] :



Gambar 1. Dimensi antena horn piramida

Untuk menentukan panjang penampang bidang E seperti gambar 1 bagian c, dapat dinyatakan dalam persamaan berikut[7]:

$$R_e = \lambda \sqrt{k} \quad (1)$$

Lalu untuk mengukur luas penampang gambar 1 bagian b, yaitu luas penampang H, dapat dinyatakan dalam persamaan berikut[7]:

$$R_h = (K \cdot \lambda^2) / R_e \quad (2)$$

Dengan :

$$\lambda = c/f \quad (3)$$

$$K = \left(\frac{10^{(G/10)}}{15,7497} \right)^2 \quad (4)$$

Serta untuk menentukan dimensi aperture antena, dimana mulut antena horn sisi A dan B diperoleh melalui persamaan[7]:

$$A = \sqrt{3R_h \lambda} \quad (5)$$

$$B = \sqrt{2R_e \lambda} \quad (6)$$

Maka panjang gelombang antena untuk bagaian bidang H (R_1) dan bidang E (R_2) dapat ditentukan dengan persamaan berikut[7]:

$$R_1 = R_h \left[1 + \left(\frac{a}{2A} \right) + \left(\frac{b}{2B} \right) \right] \quad (7)$$

$$R_2 = R_e \left[1 + \left(\frac{a}{2A} \right) + \left(\frac{b}{2B} \right) \right] \quad (8)$$

Karena nilai dari R_1 dan R_2 sama, maka untuk perhitungan selanjutnya hanya diperlukan nilai tunggal yaitu panjang antena horn (R)[7].

$$R = R_1 = R_2 \quad (9)$$

Sedangkan panjang pangkal antena horn piramida bidang H (F_1) dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$R_{xh} = \sqrt{R_h^2 - \left(\frac{A-a}{2} \right)^2} \quad (10)$$

$$R_{zh} = \sqrt{R_{xh}^2 - \left(\frac{B-b}{2} \right)^2} \quad (11)$$

$$F_1 = R_1 - R_{zh} \quad (12)$$

Dengan panjang pangkal antena horn piramida bidang E (F_2) dapat dicari menggunakan persamaan berikut:

$$R_{xe} = \sqrt{R_e^2 - \left(\frac{B-b}{2} \right)^2} \quad (13)$$

$$R_{ze} = \sqrt{R_{xe}^2 - \left(\frac{A-a}{2} \right)^2} \quad (14)$$

$$F_2 = R_2 - R_{ze} \quad (15)$$

Waveguide berfungsi sebagai memandu jalannya gelombang elektromagnetik yang kemudian akan di pancarkan atau akan diterima antena. Untuk penentuan waveguide dapat menggunakan persamaan berikut:

$$f_{c,mn} = \frac{c}{2} \times \sqrt{\left(\frac{m}{a} \right)^2 + \left(\frac{n}{b} \right)^2} \quad (16)$$

2.5 Parameter Antena

Parameter antena yang ditinjau dalam Tugas Akhir ini antara lain : *Returnloss*, *VSWR*, *bandwidth*, *gain*, polarisasi, dan polaradiasi. Untuk mengukur *gain* menggunakan *Free Space Lose* (FSL) dengan persamaan berikut:

$$FSL = 32.45 + 20 \log (D) + 20 \log (f) \quad (17)$$

Setelah mendapatkan nilai FSL maka *gain* dicari dengan persamaan:

$$GR_x = PT_x + GT_x + LT_x + LR_x - FSL - PR_x \quad (18)$$

Untuk menentukan nilai *bandwidth* dan *Fractional bandwidth* (FBW) dapat menggunakan persamaan berikut:

$$BW = f_2 - f_1 \quad (19)$$

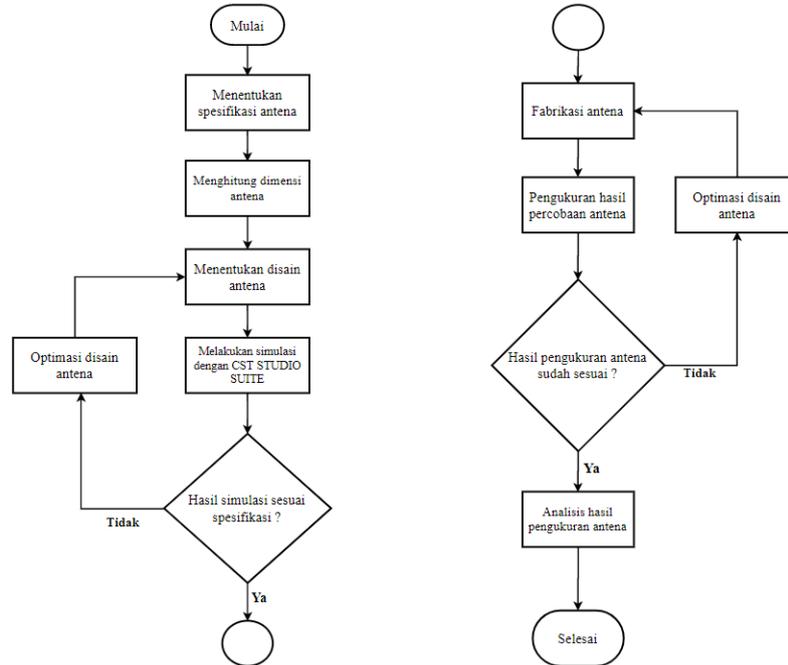
$$FBW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (20)$$

Untuk menentukan nilai polarisasi antena dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{E_{max}}{E_{min}} = \frac{\frac{\sqrt{P watt max} \times 377}{Ae}}{\frac{\sqrt{P watt min} \times 377}{Ae}} \tag{21}$$

3. Perancangan

3.1 Diagram Blok



Gambar 2 Diagram blok

3.2 Spesifikasi Antena

Berikut ini merupakan spesifikasi antena *horn* piramida yang akan dirancang:

- a. Desain Antena : *Horn* Piramid
- b. Sifat Antena : *Receiver* (Penerima)
- c. Frekuensi : 1-3 GHz
- d. *Bandwidth* : >500 MHz.
- e. Impedansi : 50 Ω
- f. *Return Loss* : ≤ -10 dB
- g. Gain : ≥ 10 dBi
- h. Pola Radiasi : Unidireksional
- i. Polarisasi : Linier
- j. Bahan : Kuningan
- k. Konektor : N-Female

Pemilihan bahan pembuat antena sangat penting karna dapat mempengaruhi kinerja antena. Dari data diatas dipilih bahan dasar kuningan yang memiliki spesifikasi berikut :

- a. Nama Bahan : Kuningan (CuZn40)
- b. Konduktivitas bahan (s/m × 10⁶) : 14,94 Ohm
- c. Ketebalan Bahan : 0,8mm

3.3 Perhitungan Disain Antena

Perhitungan disain awal antena menggunakan persamaan (1) sampai (16) didapati hasil sebagai berikut:

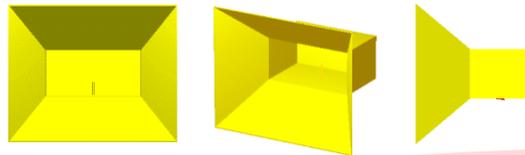
Tabel 1 Dimensi awal antena

No	Parameter	Dimensi	keterangan
1.	A	17,248 cm	Panjang mulut antena <i>horn</i> sisi A
2.	B	14,085 cm	Panjang mulut antena <i>horn</i> sisi B
3.	a	10 cm	Panjang <i>waveguide</i> sisi a

4.	b	5 cm	Panjang <i>waveguide</i> sisi b
5.	R	11,618 cm.	Panjang keseluruhan antenna <i>horn</i>
6.	F	6,22 cm	Panjang <i>waveguide</i>
7.	pm	3,125 cm	Panjang monopole
8.	t	F/2	Posisi letak monopole

3.4 Disain Awal Antena

Setelah merancang dimensi awal antenna, selanjutnya dimensi tersebut dijadikan nilai awalan pada simulasi menggunakan *software*. diperoleh gambar rancangan sebagai berikut :



Gambar 3 Disain awal antenna sebelum optimasi

3.5 Optimasi dan Realisasi Antena

Setelah dilakukan penentuan nilai awal antenna, namun antenna belum memenuhi spesifikasi ideal, akhirnya dilakukan optimasi antenna dengan ukuran sebagai berikut:

Tabel 2 Dimensi hasil optimasi

No	Parameter	Dimensi	keterangan
1.	A	30,22 cm	Panjang mulut antenna <i>horn</i> sisi A
2.	B	22,9 cm	Panjang mulut antenna <i>horn</i> sisi B
3.	a	14 cm	Panjang <i>waveguide</i> sisi a
4.	b	8 cm	Panjang <i>waveguide</i> sisi b
5.	R	19,62 cm.	Panjang keseluruhan antenna <i>horn</i>
6.	F	8 cm	Panjang <i>waveguide</i>
7.	pm	3,5 cm	Panjang monopole
8.	t	F/2	Posisi letak monopole

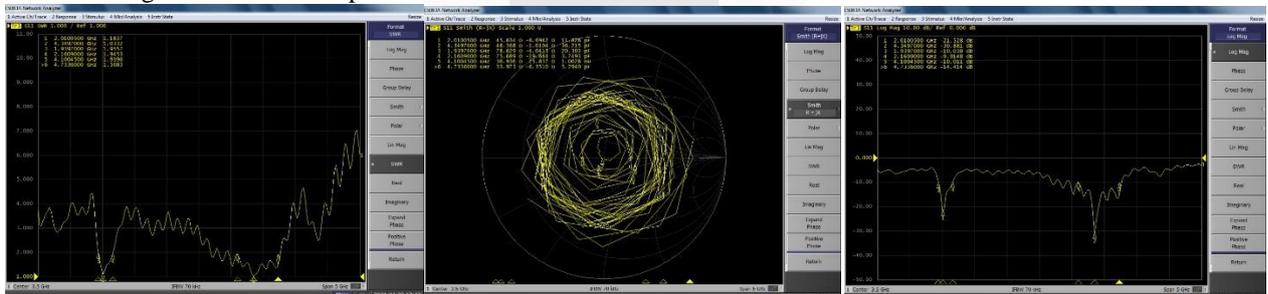


Gambar 4 Realisasi Antena

4. Analisa dan Pengukuran

4.1 Hasil Pengukuran VSWR, Impedansi, dan Return loss

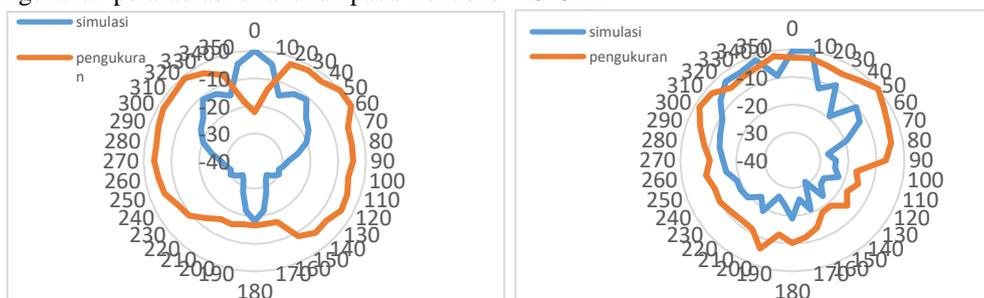
Pengukuran dilakukan pada frek 4.3 GHz



Gambar 5 VSWR, Impedansi, Returnloss

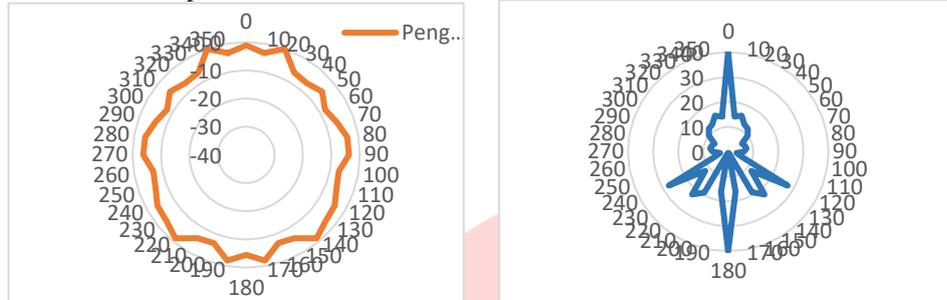
4.2 Hasil Pengukuran Polaradiasi

Pengukuran polaradiasi dilakukan pada frekuensi 4.3 GHz



4.3 Hasil Pengukuran Polarisasi

Pengukuran dilakukan pada frekuensi 4.3 GHz



Gambar 7 Pengukuran polarisasi dan simulasi polarisasi

4.4 Hasil Pengukuran Gain

Pengukuran gain dilakukan pada frekuensi 4.3 GHz

Tabel 3 Hasil Pengukuran Gain

Sampel Pengukuran	Daya Terima (dBm)
1	-45.75
2	-45.6
3	-45.45
4	-45.81
5	-45.9
6	-45.1
7	-45.87
8	-45.78
9	-45.2
10	-45.78
Rata-rata	-45.61554742

Dengan menggunakan persamaan (17) dan (18) nilai gain diperoleh sebagai berikut :

Tabel 4 Perbandingan gain

Gain (dBi)	
Simulasi (dBi)	Pengukuran (dBi)
12,85	14,47

4.5 Analisis Menyeluruh

Setelah melakukan simulasi antenna horn menggunakan software diperoleh hasil optimasi yang telah mendekati spesifikasi antenna yang diharapkan. Setelah simulasi dianggap baik, langkah selanjutnya yaitu proses realisasi antenna horn piramida dengan ukuran berdasarkan hasil simulasi. Antenna horn yang sudah terrealisasi masuk ke proses pengukuran dan menunjukkan perbedaan hasil dengan simulasi antenna. Rentang frekuensi saat simulasi yaitu 1-3 GHz dengan frekuensi tengah sebesar 1.8 GHz. Namun saat realisasi antenna dan proses pengukuran, pada rentang frekuensi tersebut tidak memenuhi spesifikasi antenna ideal. Rentang frekuensi antenna saat simulasi akhirnya diperlebar dari 1-3 GHz menjadi 1-5 GHz untuk melihat perbandingan serta analisis lebih lanjut. Perbedaan hasil antara simulasi dengan realisasi dapat dilihat dari table 4.6 berikut:

Tabel 5 perbandingan menyeluruh hasil simulasi dan pengukuran

Parameter	Spesifikasi Awal	Simulasi		Realisasi
		sebelum optimasi	setelah optimasi	
Rentang Frekuensi	1-3 GHz	1-3 GHz	1-5 GHz	1-5 GHz
Frekuensi Tengah	-	2.4 GHz	1.8 GHz	4.3 GHz
Return Loss	≤ -10	-1,072 dB	-39,229 dB	-16.892 dB
VSWR	≤ 2	16.173	1.0262	1.3313
Bandwidth	>500 MHz	-	2.002 GHz	0.775 GHz
Gain	≥ 10 dB	-	13,11 dBi	14.476 dBi
Polarisasi	Linier	-	Linier	Elips
Polaradiasi	Unidirectional	-	Unidirectional	Unidirectional

Perbedaan hasil simulasi dan pengukuran tersebut dipengaruhi dari beberapa faktor antara lain :

1. Kurang presisi saat pemotongan bagian antenna.
2. Pemasangan konektor yang kurang presisi.
3. Antara *waveguide* dengan bibir antenna horn pada simulasi tidak ada sambungan, sedangkan pada AUT terdapat timah berlebih ketika proses solder.
4. Lubang mur tambahan pada catuan *waveguide* sehingga timbul celah pada proses pemancaran pulsa.
5. Pemutaran sudut setiap 10° dilakukan secara manual, sehingga dapat mempengaruhi kepresisian arah.

5. Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan, simulasi, dan realisasi antenna *horn* piramida pada proyek akhir ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil realisasi antenna *horn* piramida berbeda dengan hasil simulasi meski memiliki desain dan ukuran yang sama.
2. Antena horn piramida hasil realisasi dapat bekerja optimal pada frekuensi 1-5 GHz dengan frekuensi kerja sebesar 4.3 GHz. Sedangkan pada hasil simulasi memiliki rentang frekuensi 1-5 GHz dengan frekuensi kerja sebesar 1.8 GHz.
3. Perolehan VSWR antenna horn piramida hasil realisasi pada frekuensi 4.3 GHz sebesar 1.3313. Sedangkan pada simulasi nilai VSWR pada frekuensi 1.8GHz bernilai 1.0262. Perolehan VSWR ini telah memenuhi kriteria antenna yang diharapkan yaitu $VSWR \leq 2$.
4. Perolehan nilai *return loss* pada antenna horn piramida hasil realisasi pada frekuensi 4.3 GHz sebesar -16.892 dB. Sedangkan saat simulasi nilai *return loss* pada frekuensi 1.8GHz bernilai -39.229 dB. Hasil *return loss* tersebut juga sudah memenuhi kriteria antenna yang diharapkan yaitu *return loss* ≤ 10 .
5. *Bandwidth* dari antenna horn piramida hasil optimasi sebesar 0.775 GHz. Sedangkan pada simulasi memperoleh nilai sebesar 2.002 GHz. Hasil *bandwidth* tersebut telah memenuhi kriteria antenna yang di harapkan yaitu *bandwidth* ≥ 500 MHz.
6. Polarisasi pada antenna horn piramida hasil realisasi adalah elips, sedangkan hasil simulasi bertipe linier. Polarisasi pada antenna horn piramida hasil realisasi dapat dikatakan belum memenuhi kriteria yang diharapkan yaitu linier. Hal tersebut terjadi karena beberapa faktor saat proses pengukuran.
7. Polaradiasi yang ditunjukkan antenna horn hasil realisasi adalah *unidirectional* dan saat simulasi juga menunjukkan hasil *unidirectional*. Hasil polarisasi tersebut sudah sesuai memenuhi yang diharapkan.
8. Gain pada antenna horn piramida hasil realisasi pada frekuensi 4.3 GHz bernilai 14.476 dBi, sedangkan pada simulasi pada frekuensi 1.8 GHz bernilai 13.11 dBi. Maka dari hasil tersebut nilai gain sudah memenuhi kriteria yang diharapkan.

Referensi

- [1] Mukhidin, T. Haryadi, R. Baskara, T. Suartini, "Perancangan Antena Fraktual Ultra Wideband," ELECTRANS, VOL.13, NO.1, MARET 2014, 43-48.
- [2] M. Ichsan, "Rancang Bangun Antena Horn Menggunakan Teknik Penambahan Batang Metal yang Bekerja pada Frekuensi 2,8-3,1 GHz," Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, 2012.

- [3] X. Liu, J. Chen, X. Cui, Q. Liu, X. Cao and X. Chen, "*Measurement of Soil Water Content using Ground Penetrating Radar: a Riview of Current Methodes,*" Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, 2017.
- [4] N. Jufri, Lantu, M. A. Massinai, "*Aplikasi Metode Ground Penetrating Radar (GPR) untuk Identifikasi Seam Batu Bara,*" Fakultas MIPA, Universitas Hasanudin, 2017.
- [5] W. A. Fitriana, "*Antena Horn Piramida untuk Electronic Support Measure pada Frekuensi L-Band,*" Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, 2018.
- [6] N. I. Maharani, "*Antena Susunan Horn Conical Rectangular Waveguide pada Frekuensi 2,3-2,4Ghz untuk Komunikasi S-Band Tel-U Sat1,*" Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, 2017.
- [7] T. Prapto, "*Optimasi Perancangan Antena Horn Piramida dengan Menggunakan Algoritma Genetik,*" Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- [8] D. John Kraus and J. Ronald Marhefka. "*Antennas For All Applications*". 3rd ed. McGraw-Hill. 2002
- [9] S. M. Sharif, I. D. Abdalla, "*An Empirical Equation for Predicing Fractional Bandwidth of Pifa Antenna,*" Jurnal IEEE, 2018.
- [10] P. Voroney, "*Soils for Horse Pasture Management,*" Horse Pasture Management, 2019
- [11] S. Widianoro "*Kimia Analitik,*" Universitas Lampung, 2009.
- [12] H. G. Sibarani, "*Perancangan dan Simulasi Antena Rolled Dipole Array untuk GPR dengan Footprint yang Dapat Berubah Menggunakan Metode FDTD,*" Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, 2010.
- [13] J. Lynch, P. Maeschner, Z. Rengel, "*Effect of Internal and External Factor on Root Growth and Development,*" Chapter 13, The University of Adelaide, Australia.
- [14] Elfarabi, A. Widodo, F. Syaifudin, "*Pengolahan data Ground Penetrating Radar (GPR) dengan Menggunakan Software MATGPR R-3.5,*" Jurnal Teknis ITS Vol. 6, Fakultas Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2017.
- [15] Y. Li, W. Li, Q. Ye, "*A Surfey of Planar Ultra-Wideband Antenna Design and Their Application,*" Electromagnetic Communication Laboratory, The Pennsylvania State University, USA.
- [16] R. A. Faturrachman, "*Antena Mikrostrip Dual Band-Notch pada Frekuensi 3,5 GHz dan 5,5 GHz untuk Aplikasi Ultra Wide Band,*" Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, 2019.