

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ANTENA PLANAR UWB DENGAN SLOT DAN PATCH SINGKULAR

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF UWB PLANAR ANTENNA WITH SLOTS AND CIRCULAR PATCHES

Muhammad Naufal Darma Putra¹, Dharu Arseno², Aloysius Adya Pramudita³
^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹naufalyilmaz@telkomuniversity.ac.id, ²darseno@telkomuniversity.co.id,
³pramuditaadya@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Ultra Wideband (UWB) adalah teknologi yang menggunakan frekuensi yang sangat lebar dengan rentang frekuensi antara 3,1 – 10,6 GHz menurut *Federal Communication Commission (FCC)* di tahun 2002, UWB sanggup menyalurkan data dengan kecepatan 480 Mbps. Dalam teknologi UWB, tidak dibutuhkan modulasi dalam sistem telekomunikasi, antena yang dibutuhkan harus memiliki *bandwidth* yang lebar karena semakin besar pulsa maka *bandwidth* semakin kecil, dan sebaliknya semakin sempit pulsa maka *bandwidth* semakin besar.

Tugas akhir ini akan membahas mengenai perancangan dan implementasi antena planar dengan kriteria *Ultra Wideband* dengan metode *slot* berbentuk lingkaran. Untuk mengetahui cara kerja antena tersebut, maka dilakukan simulasi terlebih dahulu dengan menggunakan *software*. Antena planar yang dirancang nantinya dengan komponen *patch* lingkaran yang bertujuan untuk mengetahui nilai impedansi *matching*, *slot* lingkaran untuk mengetahui frekuensi rendahnya, dan *gap* untuk mengetahui *bandwidth* secara keseluruhan. Setelah semuanya dibuat, lalu dilakukan penggabungan komponen antara *patch* dan *slot* lingkarannya.

Hasil yang didapat dari pengukuran tersebut adalah dengan nilai *return loss* setelah dilakukannya pengukuran adalah -11,333 dB. Nilai *VSWR* pada saat frekuensi di 8 GHz adalah 1,747 dan nilai di *gain* sebesar 1,932 dB dengan *bandwidth* dari frekuensi 7,6 – 12,4 GHz sebesar 4,8 GHz.

Kata kunci : *Ultra Wideband (UWB), Antena Planar, Antena Slot, bandwidth.*

ABSTRACT

Ultra Wideband (UWB) is a technology that uses a very wide frequency with a frequency range between 3.1 - 10.6 GHz according to the *Federal Communication Commission (FCC)* in 2002, UWB is able to transmit data at 480 Mbps. In UWB technology, there is no need for modulation in telecommunication systems, the antenna needed must have a wide bandwidth because the greater the pulse, the smaller the bandwidth, and conversely the narrower the pulses the greater the bandwidth.

This final project will discuss the design and implementation of planar antennas with the *Ultra Wideband* criteria with a circular shaped slot method. To find out how the antenna works, the simulation is done first using software. Planar antenna designed later with circular patch components that aim to find out the value of impedance matching, circular slot to know the low frequency, and the gap to know the overall bandwidth. After everything is created, then do the merge component between the circular patch and slot.

The results obtained from these measurements are the *return loss* value after the measurement is -11,333 dB. The *VSWR* value at the frequency of 8 GHz is 1.747 and the gain is 1.932 dB with bandwidth from 7.6 to 12.4 GHz at 4.8 GHz.

Keywords: *Ultra Wideband (UWB), Planar Antenna, Slot Antenna, bandwidth*

1. Pendahuluan

Antena adalah sebuah *transducer* yang dapat mengkonversi kendali energi elektromagnetik dalam saluran transmisi ke pancaran energi elektromagnetik di ruang bebas. Antena juga dapat

dilihat sebagai trafo impedansi, sambungan antara masukan atau impedansi linier, dan impedansi di ruang bebas [1].

Ultra Wideband (UWB) adalah teknologi yang menggunakan frekuensi yang sangat lebar (antara 3,1 GHz – 10,6 GHz) menurut *Federal Communication Commission* (FCC) di tahun 2002, UWB sanggup menyalurkan data dengan kecepatan 480 Mbps. UWB juga dapat beroperasi dengan kecepatan 100 kali lebih cepat dibandingkan *bluetooth* dan diperkirakan akan menggantikan perangkat Wi-Fi [2]. Dalam teknologi UWB, tidak dibutuhkan suatu modulasi dalam sistem telekomunikasi, sebab sinyal informasi yang dipancarkan oleh teknologi UWB berupa pulsa – pulsa yang memiliki perioda yang sempit yaitu dibawah perhitungan sehingga antena yang dibutuhkan harus memiliki *bandwidth* yang lebar. Karena semakin besar pulsa yang dipancarkan maka *bandwidth* yang akan dibutuhkan semakin kecil, dan sebaliknya semakin sempit pulsa yang dipancarkan maka *bandwidth* yang akan dibutuhkan semakin besar [2].

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini berfokus kepada perancangan dan implementasi pada antena planar dengan metode *slot* berbentuk sirkular rujukan dari referensi [3] yang digunakan dengan menggunakan bahan FR – 4 sebagai substrat, memiliki pola radiasi unidireksional karena hanya memancar hanya di satu arah, dan dalam desain tersebut diameter untuk radius *slot* berfungsi untuk mengetahui di frekuensi rendah, sedangkan diameter untuk radius *patch* berfungsi untuk mengetahui di frekuensi tinggi dengan aplikasi yang terdapat pada antena UWB. Dengan menggunakan antena planar dengan metode *slot* berbentuk sirkular berbahan dasar FR – 4, diharapkan dapat mengatasi masalah dalam peningkatan *bandwidth* dan memperluas penerapan dan aplikasi pada antena UWB.

2. Konsep Dasar/Material dan Metodologi/Perancangan

2.1 Ultra Wideband (UWB)

Ultra Wideband (UWB) adalah teknologi yang dengan *range* operasi frekuensi *bandwidth* yang sangat lebar dengan versi FCC yaitu 3.1 - 10.6 GHz, sehingga UWB dapat menyalurkan data dengan kecepatan 480 Mbps [2]. Sistem UWB mengirim daya yang sangat rendah dan dapat mengurangi ambang batas transmisi. Dalam komunikasi UWB, antena merupakan filter pembentuk pulsa yang signifikan, setiap distorsi dari sinyal di dalam domain frekuensi (penyaringan) menyebabkan distorsi berbentuk pulsa yang ditransmisikan, dengan demikian dapat meningkatkan kompleksitas mekanisme deteksi pada penerima. Antena UWB membutuhkan pusat fasa dan (*Voltage Standing Wave Ratio*) atau VSWR agar seluruhnya konstan di operasi *bandwidth*. Antena UWB dapat ditentukan oleh daftar karakteristik berikut [4]:

- *beam-width, sidelobes*;
- stabilitas polarisasi yang dipengaruhi oleh frekuensi;
- *gain* konstan yang dipengaruhi oleh frekuensi;
- nilai tertinggi dari impuls yang diradiasi dengan efisiensi yang tinggi;
- ketahanan terhadap sinyal *bandwidth*;
- rendahnya dispersi impuls dalam domain waktu;
- rendahnya *ringing* dalam domain waktu;
- penundaan grup konstan dalam frekuensi domain;
- radiasi impuls dengan arah yang independen; dan
- fase yang stabil di tengah frekuensi.

Definisi umum dari UWB pada antena dinyatakan dalam *bandwidth* yang relatif dengan syarat antena tersebut dikategorikan sebagai UWB yaitu memiliki *bandwidth* sekitar -10 dB lebih besar dari 500 MHz atau memiliki *fractional bandwidth* (Bf) lebih besar 20% dari frekuensi carrier [5], [6].

$$Bf = 2 \frac{(f_H - f_L)}{(f_H + f_L)} > 0.2 \quad (1)$$

2.2 Antena

Antena adalah sebuah transduser yang dapat mengkonversi kendali energi elektromagnetik dalam saluran transmisi ke pancaran energi elektromagnetik di ruang bebas. Antena juga dapat dilihat sebagai trafo impedansi, sambungan antara masukan atau impedansi linier, dan impedansi di ruang bebas. Pengembangan dari antena mikrostrip yang pada awalnya antena tersebut memiliki sifat dan karakteristik yang sangat sederhana dan *bandwidth* yang cukup lebar. Secara umum antena dibagi menjadi 3 bagian, yaitu: *patch* yang berfungsi sebagai meradiasikan gelombang

elektromagnetik, *groundplane* yang berfungsi sebagai reflektor, dan substrat yang merupakan bidang antara *patch* dan *groundplane* mempunyai peranan penting dalam proses pemancaran pada gelombang. Hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan substrat antara lain permitivitas, kelenturan dan kekuatan bahan, faktor disipasi, dan daya absorpsi air. Bahan yang biasa digunakan pada substrat adalah *polytetrafluorethylene* (PTFE) dan *epoxy* (FR4). Parameter yang biasa digunakan dalam pembuatan antenna adalah *return loss*, *VSWR*, *gain*, pola radiasi, *axial ratio*, dan *beamwidth* [7].

2.2.1 Antena Planar

Antena planar adalah salah satu jenis antenna yang memiliki keuntungan yang signifikan (ukuran kecil, *low profile* dan mudah dipadukan menjadi planar sirkuit *microwave*, serta biaya produksi yang rendah di sesi manufaktur), tetapi ketika digunakan dalam aplikasi UWB, hal ini diperlukan untuk mengatasi kekurangan tersebut, terutama meliputi sempitnya impedansi *bandwidth*, kemurnian polarisasi yang rendah, dan efisiensi radiasi yang rendah. Untuk meningkatkan *bandwidth* dapat dicapai dengan berbagai teknik, fitur utama dari antenna *broadband* adalah minimal variasi parameter listrik dalam waktu lebar pita frekuensi relatif. Ketika merancang sebuah antenna, penekanan diletakkan pada stabilitas di impedansi masukan yang dimana rasio gelombang berdiri tidak boleh melebihi 2 [8].

2.3 Antena Slot

Antena *Slot* biasanya digunakan pada rentang frekuensi antara 300 MHz – 24 GHz. Antena tersebut sangat terkenal karena dapat dipotong dari permukaan apapun yang akan dipasang dan memiliki pola radiasi seperti omnidireksional (mirip dengan antenna kawat linier). Polarisasi dari antenna *slot* adalah linier, ukuran slot, bentuk dan apa yang ada di belakangnya (rongga) menawarkan variabel desain yang dapat digunakan untuk menyesuaikan kinerja tersebut [9].

Perumusan dan persamaan dari antenna *slot* adalah:

- Panjang *patch* (L_p)

$$L_p = \frac{c}{2f_o\sqrt{\epsilon_{eff}}} - 0.824h \left[\frac{(\epsilon_{eff}+0.3)\left(\frac{W_f}{h}+0.264\right)}{(\epsilon_{eff}-0.258)\left(\frac{W_f}{h}+0.8\right)} \right], \quad (2)$$

- Lebar *patch*

$$W_p = \frac{c}{2f_o\sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2}}}, \quad (3)$$

- Panjang *feed*

$$L_f = \frac{1}{2}L_g, \quad (4)$$

- Lebar *feed*

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\}, \quad (5)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_o\sqrt{\epsilon_r}}, \quad (6)$$

- Panjang *groundplane*

$$L_g = (6h) + L_p, \quad (7)$$

- Lebar *groundplane*

$$W_g = (6h) + W_p, \quad (8)$$

- Konstanta dielektrik relatif

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[\frac{1}{1+12\left(\frac{h}{W_p}\right)} \right], \quad (9)$$

Dimana L_p dan W_p adalah panjang dan lebar dari *patch*, L_f dan W_f adalah panjang dan lebar dari *feed*, L_g dan W_g adalah panjang dan lebar dari *groundplane*, ϵ_{eff} adalah konstanta dielektrik relatif, f_o adalah frekuensi operasi, h yaitu tebal substrat, c yaitu kecepatan cahaya, ϵ_r adalah konstanta dielektrik, dan t adalah tinggi substrat.

2.2.2 Antena Slot Sirkular

Antena *slot* berbentuk sirkular melingkar dengan tanah kecil. Panjang bidang tanah yang merupakan *patch* dari persegi panjang dengan lingkaran diukir ke pusatnya, ditemukan memiliki pengaruh yang besar pada pencocokan impedansi antena. Dengan studi tentang distribusi bidang tanah, ditemukan bahwa saat ini didistribusikan terutama di sepanjang pinggiran bagian dalam [10]. Untuk menentukan dimensi awal dari *slot* lingkaran, digunakanlah rumus frekuensi resonansi untuk antena *slot* sirkular [11]:

$$r = \frac{F}{\left(1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \frac{\pi F}{2h} + 1.7726 \right] \right)^{\frac{1}{2}}} \tag{12}$$

Dimana F dapat dicari dengan persamaan:

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \tag{13}$$

2.4 Bandwidth Antena

Bandwidth pada antena merupakan daerah atau *range* frekuensi dimana antena tersebut bekerja dengan baik dan tergantung dari beberapa karakteristik dan berada sesuai pada standar yang diterapkan. Biasanya standar yang diterapkan tersebut menggunakan standar nilai di VSWR [8].

Penerapannya, *bandwidth* bisa dilakukan dengan 2 cara [8]:

1. *Bandwith* yang sempit (*narrowband*)

Dapat dinyatakan dalam bentuk persen, lalu *bandwidth* dihitung perbandingannya antara frekuensi *upper* dikurang dengan frekuensi *lower* dengan frekuensi *center*.

$$BW = \frac{f_U - f_L}{f_C} \times 100\% \tag{14}$$

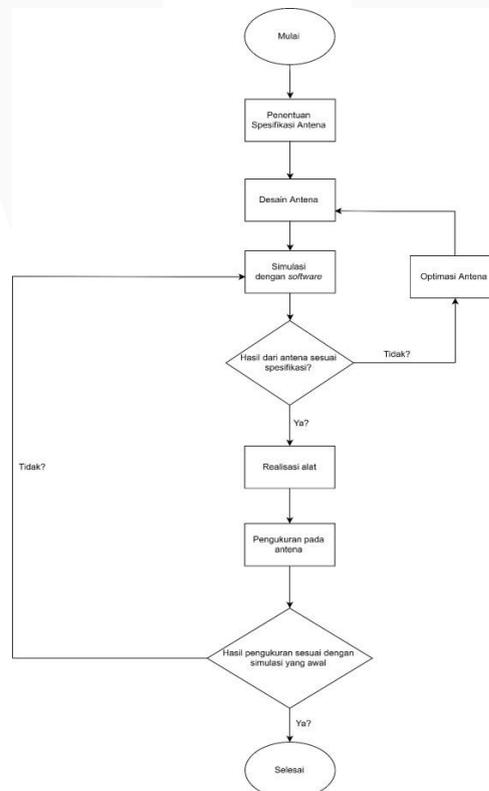
2. *Bandwidth* yang lebar (*wideband*)

Dapat dinyatakan dengan perbandingan antara frekuensi *upper* dengan frekuensi *lower*.

$$BW = f_U : f_L \tag{15}$$

2.4 Tahap Perancangan

Tahapan perancangan, simulasi, sampai analisis dijelaskan secara singkat dalam *flowchart* berikut.



Gambar 1 Diagram alir perancangan.

3. Pembahasan

3.1 Spesifikasi Antena

Dalam melakukan perbandingan pada antena *slot* langkah awal adalah melakukan perhitungan fisik untuk menentukan spesifikasi antena yang diharapkan. Parameter dan spesifikasi dari antena yang diasumsikan tersebut dapat dilihat di tabel 1.

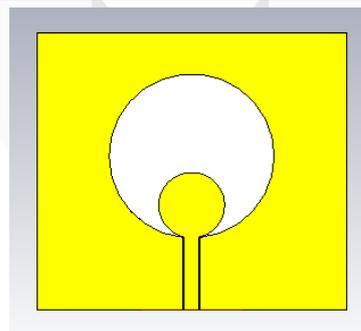
Tabel 1 Parameter dan spesifikasi perancangan antena.

Frekuensi kerja	3 – 10 GHz
Substrat	FR4 (<i>epoxy</i>)
Konstanta Dielektrik Relatif (ϵ_r)	4,6
Bentuk <i>patch</i>	Sirkular
Polarisasi	Linear
VSWR	≤ 2
<i>Bandwidth</i>	≥ 500 MHz
<i>Gain</i>	$> 4,5$ dBi
Pola radiasi	Unidireksional

3.2 Perancangan Antena

Tabel 2 Dimensi Akhir Antena.

No	Nama	Simbol	Ukuran (mm)
1	Panjang <i>patch</i>	L	75
2	Lebar <i>patch</i>	W	67,5
3	Jarak <i>slot</i> ke <i>feed</i>	s	0,254
4	<i>Gap</i>	g	0,25
5	Panjang catuan	W_f	9
6	Panjang catuan dalam	W_{f2}	3,5
7	Radius <i>slot</i>	r_1	20
8	Radius <i>patch</i>	r_2	8
9	Tebal konduktor	t	0,035
10	Tebal substrat	h	1,6



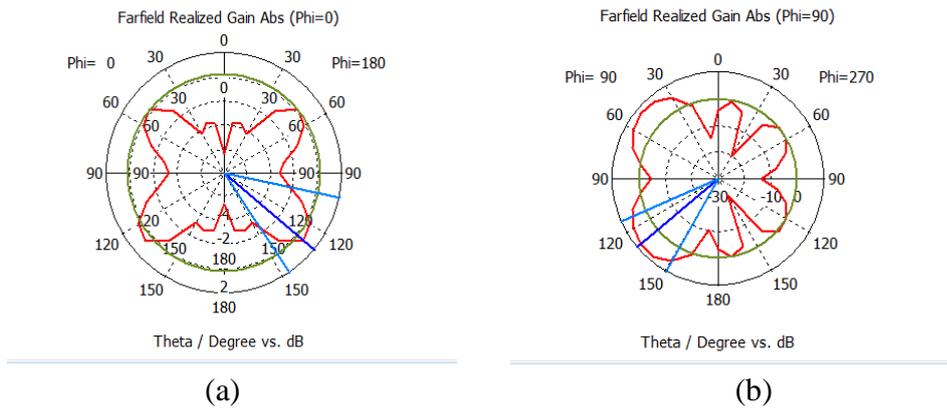
Gambar 2 Simulasi antena *slot* sirkular

3.3 Hasil Simulasi

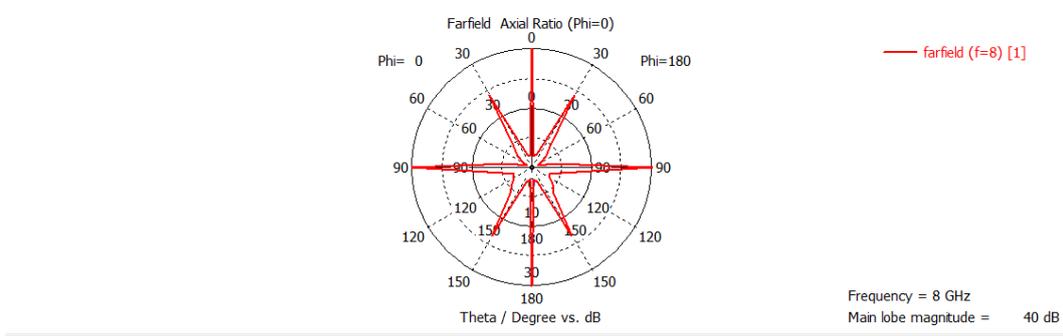
Dari tabel perancangan antena tersebut, dilakukan simulasi dengan dimensi yang sudah di optimasi, maka didapatkan hasil dengan nilai parameter sebagai berikut:

Tabel 3 Hasil Simulasi.

No	Parameter	Hasil
1	<i>Return loss</i>	-22,986067 dB
2	VSWR	1,1526514
3	<i>Gain</i>	8,137 dB



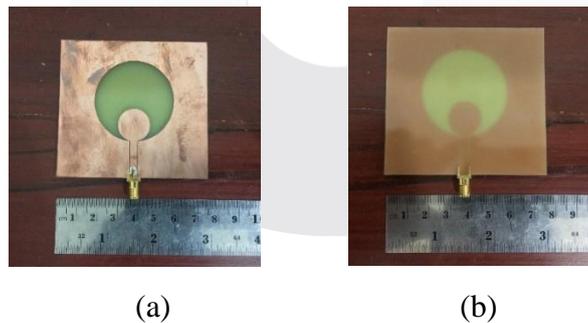
Gambar 3 Pola radiasi setelah dioptimasi; (a) azimuth, (b) elevasi.



Gambar 4 Polarisasi antenna setelah dioptimasi.

3.4 Realisasi Antena

Simulasi terdiri dari beberapa tahap, dimulai dari desain awal sesuai hasil perhitungan. Jika hasil simulasi dari perhitungan awal tidak memenuhi spesifikasi yang diharapkan, maka akan dilakukan optimasi. Antena slot sirkular dengan bahan FR – 4 (epoxy) yang telah dirancang dan disimulasikan dengan menggunakan software dan kemudian diimplementasikan ke pengukuran.



Gambar 5 Realisasi antenna slot sirkular: (a) Tampak depan, (b) Tampak belakang.

4. Pengukuran dan Analisis

Setelah dilakukan realisasi antenna dari hasil optimasi akhir antenna, maka dilakukan pengukuran dengan tujuan untuk membandingkan hasil parameter antenna saat simulasi dan fabrikasi. Parameter antenna yang diukur diantaranya yaitu return loss dan VSWR, serta gain dan pola radiasi. Pengukuran semua parameter tersebut (return loss, VSWR, gain, dan pola radiasi) Pada pengukuran ini menggunakan alat VNA dengan frekuensi pengukuran 1 – 13 GHz. Berikut ini adalah tabel hasil pengukuran yang telah dilakukan meliputi parameter return loss, VSWR, gain, dan pola radiasi:

Tabel 4 Hasil Pengukuran

No	Parameter	Simulasi	Optimasi	Realisasi
1	<i>Return loss</i> (dB)	-2,46697511	-22,986067	-11,333
2	VSWR	7,0812376	1,1526514	1,747
3	<i>Gain</i> (dB)	-1,950	8,137	1,932
4	Pola radiasi	Unidireksional	Unidireksional	Undireksional
5	Polarisasi	<i>Linear</i>	<i>Elips</i>	<i>Elips</i>

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari tugas akhir yang berjudul “Perancangan dan Implementasi Antena Planar UWB dengan *Slot* dan *Patch* Sirkular” adalah sebagai berikut :

1. Pada pengukuran antena realisasi, tercantum bahwa frekuensi kerja antena realisasi bergeser menjadi 8,02 GHz. Hal tersebut memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap perbandingan antara antena simulasi dan realisasi.
2. Nilai *return loss* pada antena simulasi di frekuensi 8 GHz adalah -22,986067 dB, namun pada antena realisasi mengalami perubahan pada frekuensi kerja sehingga nilai *return loss* pada antena realisasi menjadi -11,333dB.
3. Nilai VSWR yang dihasilkan dari pengukuran berbeda dengan simulasi. Pada antena simulasi dengan di frekuensi 8 GHz nilai VSWR adalah 1,1526514 dan pada antena realisasi nilai VSWR adalah 1,747.
4. Nilai *Bandwidth* yang diperoleh pada antena realisasi dari frekuensi 7,6 – 12,4 GHz sebesar 4,8 GHz.
5. Nilai *gain* yang dihasilkan berbeda pada simulasi dan realisasi. Pada frekuensi 8 GHz simulasi sebesar 8,137 dB dan dari pengukuran sebesar 1,932 dB, nilai gain terpaut hingga 6,205 dB.
6. Pola radiasi yang diperoleh dari pengukuran dengan simulasi tidak jauh berbeda, pada antena realisasi memiliki pola yang memiliki pancaran maksimum terfokus di sudut 130°. Jenis pola radiasi dari antena simulasi dan realisasi adalah unidireksional.
7. Polarisasi yang dihasilkan pada antena pengukuran memiliki nilai yang berbeda dengan antena simulasi. Pada antena simulasi didapatkan jenis polarisasi antena adalah berbentuk *linear* sementara pada antena simulasi adalah berbentuk *elips*.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan performansi antena *slot* sirkular yang lebih bagus, ada beberapa hal yang dapat dijadikan saran sebagai pengembangan tugas akhir berikutnya, yaitu:

1. Menggunakan bahan substrat yang lainnya supaya mendapatkan hasil yang cukup sesuai dengan spesifikasi, serta mengganti antara komponen *slot* nya maupun *patch* agar dapat melihat perubahan tersebut.
2. Faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran, yaitu ketebalan tembaga, terjadinya korosi pada *patch*, solderan dan perbedaan nilai karakteristik bahan dan juga fabrikasi dimensi antena yang kurang presisi.
3. Jika penelitian yang berikutnya ingin mengembangkan ide dari penulis dianjurkan untuk menghindari menggunakan bahan substrat yang sama, dikarenakan dimensi yang terlalu besar sehingga menelan biaya yang dibutuhkan untuk melakukan fabrikasi atau perancangan yang cukup mahal.

Daftar Pustaka

- [1] M. Alaydrus, *Antena Prinsip & Aplikasi*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2011.
- [2] F. Nekoogar, *Introduction to Ultra-Wideband Communications*, Upper Saddle River: Pearson Education, 2005.
- [3] T. A. Denidni and M. A. Habib, "Broadband printed CPW-fed slot antenna," *Electronics Letters*, vol. XLII, no. 3, pp. 135-136, 2006.
- [4] G. Adamiuk, T. Zwick and W. Wiesbeck, "UWB Antennas for Communication Systems," *Proceedings of the IEEE*, vol. C, no. 7, pp. 2308-2321, 2012.
- [5] W. Wiesbeck, G. Adamiuk and C. Sturm, "Basic Properties and Design Principles of UWB Antennas," *Proceedings of the IEEE*, vol. XCVII, no. 2, pp. 374-385, 2009.
- [6] M. J. Copps and K. J. Martin, *UWB First Report and Order*, Washington D.C.: FCC Rules and Regulation, 2002.
- [7] G. Kumar and K. P. Ray, *Broadband Microstrip Antennas*, London: Artech House, 2003.
- [8] Z. N. Chen and M. Y. W. Chia, *Broadband Planar Antennas: Design and Applications*, Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2006.
- [9] phpBB, "Slot Antennas," *Antenna Theory*, [Online]. Available: <http://www.antenna-theory.com/antennas/aperture/slot.php>. [Accessed 5 Oktober 2018].
- [10] M. Chen and J. Wang, "Compact CPW-fed Circular Slot Antenna for," in *8th International Symposium on Antennas, Propagation and EM Theory*, Kunming, 2008.
- [11] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design* 4th edition, New York: John Wiley & Sons, INC, 2016.
- [12] K. Y. Yazdandoost and R. Kohno, "Ultra Wideband Antenna," *IEEE Radio Communications*, vol. XLII, no. 6, pp. 529-532, 2004.