

ANTENA PLANAR *ULTRA WIDEBAND* BERBENTUK *PATCH* SEGIENAM DENGAN *DEFECTED GROUND STRUCTURE* UNTUK DETEKSI KANKER OTAK

ULTRA WIDEBAND IN THE SHAPE OF A HEXAGON PATCH PLANAR ANTENNA WITH DEFECTED GROUND STRUCTURE FOR BRAIN CANCER DETECTION

Muhammad Iqbal Siregar¹, Levy Olivia Nur², Nachwan Mufti Adriansyah³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹iqbalmuhammadsiregar@student.telkomuniversity.ac.id,

²levyolivia@telkomuniversity.ac.id, ³nachwanma@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Kanker adalah kondisi di mana tumbuhnya tumor ganas yang cenderung tumbuh lebih cepat dan menyebar ke bagian tubuh lain. Metode yang digunakan untuk mendeteksi kanker telah tersedia pada saat ini, seperti sinar-X, mamografi, teknik MRI dan *ultrasound*. Namun, metode tersebut memerlukan biaya yang cukup mahal. Antena planar dapat menjadi pilihan yang menarik dan menjanjikan karena memiliki banyak kelebihan seperti biaya rendah dan lebih aman. *Federal Communications Commission* (FCC) menetapkan frekuensi untuk kepentingan *medical imaging system* yaitu *Ultra Wideband* (UWB) pada rentang 3,1 hingga 10,6 GHz. Oleh karena itu, diperlukan antena yang dapat mendukung sistem UWB dalam aplikasi *medical imaging*.

Tugas Akhir ini melakukan perancangan dan realisasi antena planar UWB dengan *Defected Ground Structure* (DGS) untuk mendeteksi kanker otak. Antena bekerja pada rentang frekuensi 4,45 - 10,6 GHz.

Tugas Akhir ini menghasilkan *bandwidth* sebesar 7,5 GHz, pola radiasi *unidirectional*, *return loss* -24,41 dB dan VSWR 1,12 berdasarkan hasil simulasi, sedangkan hasil pengukuran menghasilkan *bandwidth* 6,15 GHz, pola radiasi *unidirectional*, *return loss* -23,87 dB dan VSWR 1,13. Hasil simulasi antena yang dirancang dapat mendeteksi keberadaan kanker yang ditandai dengan adanya perubahan nilai *electric field* dan nilai *return loss* pada pemodelan jaringan kepala dengan kanker dan tanpa kanker.

Kata kunci : *ultra wideband*, antena planar, deteksi kanker otak.

Abstract

Cancer is a condition in which the growth of malignant tumors tend to grow faster and spread to other parts of the body. Methods used to detect cancer are available today, such as X-rays, mammography, MRI techniques and ultrasounds. However, this method requires quite expensive costs. Planar antenna can be an attractive and promising choice because it has many advantages such as lower cost and safer. The Federal Communications Commission (FCC) sets the frequency for the benefit of the medical imaging system, namely Ultra Wideband (UWB) in the range of 3.1 to 10.6 GHz. Therefore, an antenna is needed that can support the UWB system in medical imaging applications.

This Final Project designs and realizes the UWB planar antennas with Defected Ground Structure (DGS) to detect brain cancer. The antenna works in the frequency range of 3.1-10.6 GHz.

This Final Project produces bandwidth of 7.5 GHz, unidirectional radiation pattern, return loss -24.41 dB, and VSWR 1.12 based on simulation result, while the measurement result produce a bandwidth of 6.15 GHz, unidirectional radiation pattern, return loss -23.87 dB, and VSWR 1.13. The results of antenna simulation designed can be detect the presence of cancer that is marked by changes in the value of electric fields and the value of return loss in modeling head tissue with cancer and without cancer.

Keywords: *ultra wideband*, planar antenna, brain cancer detection.

1. Pendahuluan

Kanker adalah salah satu penyakit yang menyebabkan kematian bagi jutaan orang di seluruh dunia. Kanker dapat menyerang berbagai sistem tubuh dan salah satunya yaitu dapat menyerang otak yang merupakan sistem kendali tubuh. Kanker otak adalah kondisi di mana tumbuhnya tumor ganas pada daerah vital di otak yang cenderung tumbuh lebih cepat dan menyebar ke bagian tubuh lain [1].

Metode yang digunakan untuk mendeteksi kanker telah tersedia pada saat ini, seperti sinar-X, mamografi, teknik MRI dan *ultrasound*. Metode ini memiliki beberapa keterbatasan dalam mendiagnosis sel kanker dengan benar serta biaya relatif mahal [2]. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, dikembangkan teknologi *Ultra Wideband* (UWB) untuk keperluan medis. Teknologi UWB berperan sangat penting untuk keperluan deteksi karena dengan *bandwidth* yang lebar maka karakteristik pulsa UWB yang sempit akan mendukung resolusi yang tinggi. *Federal Communications Commission* (FCC) menetapkan frekuensi untuk kepentingan *medical imaging system* yaitu *Ultra Wideband* (UWB) pada rentang 3,1 hingga 10,6 GHz [3].

Pada penelitian sebelumnya [2] menjelaskan mengenai UWB *Slotted Circular Disc Monopole* antenna untuk deteksi kanker otak pada rentang frekuensi 3,2-10,6 GHz dengan bahan *substrate* FR-4. Penelitian lainnya [4] menjelaskan mengenai desain perancangan antenna dengan *patch* yang dapat dipakai untuk deteksi kanker otak yang beroperasi pada frekuensi 2,4-2,4835 GHz dengan bahan *substrate* FR-4.

Tugas Akhir ini melakukan perancangan antenna planar UWB dengan *Defected Ground Structure* (DGS) untuk mendeteksi kanker otak. Antena dirancang dengan *patch* berbentuk segienam (*hexagonal*) dengan bahan *substrate* FR-4 yang memiliki ketebalan (h) = 1,6 mm dan konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,4 mm yang bekerja pada frekuensi 3,1-10,6 GHz. Perancangan dan simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* dan dilakukan analisis terhadap struktur jaringan kepala dengan kanker dan tanpa kanker. Kemudian antenna direalisasi setelah sesuai spesifikasi dan dilakukan pengukuran

2. Dasar Teori

2.1 Ultra Wideband

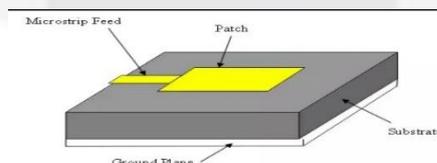
UWB merupakan sebuah teknologi radio yang memiliki durasi sinyal yang sangat pendek (umumnya dalam nano sekon) sehingga sinyal yang ditransmisikan berada dalam orde gigahertz. Seiring dengan perkembangan teknologi, pengaplikasian UWB dalam berbagai aspek kehidupan juga mulai berkembang. Aplikasi UWB tidak hanya digunakan untuk kepentingan militer namun digunakan juga untuk *wireless communication*, radar dan *medical engineering*. Dalam bidang *medical engineering*, UWB menggunakan *impulse* radio sebagai teknik modulasinya. Dengan durasi sinyal yang sangat pendek, sinyal UWB membutuhkan rentang frekuensi yang cukup lebar namun dengan daya yang rendah. Sinyal yang dikategorikan sebagai UWB memiliki *bandwidth* sinyal lebih besar dari 500 MHz [6].

Kelebihan aplikasi UWB untuk *medical engineering* adalah sebagai berikut [7]:

1. Memiliki *data rate* yang tinggi.
2. Memiliki tingkat presisi yang tinggi.
3. Memiliki radiasi elektromagnetik yang rendah.
4. Konsumsi energi yang rendah.

2.2 Antena Planar

Antena planar adalah salah satu jenis antenna yang mampu bekerja pada frekuensi tinggi dan memiliki ukuran yang kecil dan tipis serta biaya produksi rendah. Antena planar merupakan suatu pengembangan dari antenna mikrostrip dimana pada dasarnya antenna planar memiliki karakteristik fisik yang lebih sederhana dan *bandwidth* yang cukup lebar. Antena planar terdiri dari 3 bagian utama seperti terlihat pada Gambar 1 yaitu *ground plane*, *substrate*, dan *patch*.



Gambar 1 Struktur antenna planar.

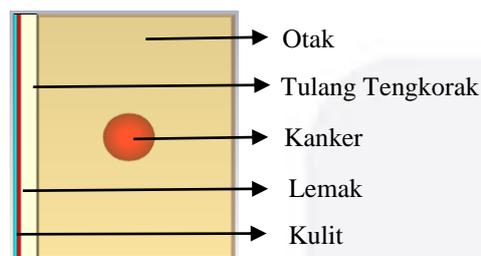
2.3 Kanker Otak dan *Phantom* Kepala

Kanker otak adalah pertumbuhan sel tidak normal (tumor) pada otak yang bersifat ganas. Berdasarkan keganasannya, tumor otak dapat bersifat jinak atau ganas. Tumor jinak adalah tumor yang berkembang secara lambat. Sedangkan tumor ganas atau kanker otak cenderung tumbuh lebih cepat dan menyebar ke bagian tubuh lain, serta tumor yang berada pada daerah vital di otak.

Kepala manusia merupakan bagian tubuh paling atas. Kepala manusia terdiri dari daerah utama, yaitu *cerebrum*, *cerebellum* dan batang otak. Pemodelan jaringan kepala manusia (*phantom*) seperti terlihat pada Gambar 2 dibedakan berdasarkan perbedaan nilai konstanta dielektrik dan konduktivitas elektrik dari tiap jaringan. Perbedaan nilai konstanta dielektrik dan konduktivitas dari tiap jaringan kepala manusia dapat dilihat pada Tabel 1 [5][9].

Tabel 1 Perbedaan nilai konstanta dielektrik dan konduktivitas.

No	Jaringan	Konstanta Dielektrik (F/m)	Konduktivitas (S/m)	Ketebalan (mm)
1	Kulit	45	0,73	1
2	Lemak	5,54	0,04	1
3	Tulang tengkorak	5,6	0,03	5
4	Otak	43,22	1,29	60
5	Kanker	55	7	2, 4, 6, 8



Gambar 2 Pemodelan jaringan kepala manusia dengan kanker

2.4 *Defected Ground Structure*

DGS adalah suatu cara menekan gelombang permukaan dengan cara menghilangkan (*etch*) sebagian bidang *ground* pada *substrate*.

2.5 *Specific Absorption Rate*

SAR merupakan suatu ukuran dari jumlah energi elektromagnetik yang diserap oleh jaringan tubuh. SAR dapat dihitung dengan mengukur medan listrik pada jaringan yang distimulasi di sekitar perangkat. Berdasarkan standar IEEE Std C95.1-2005, dalam 1 gram massa jaringan tubuh manusia, besar nilai SAR yang diperbolehkan adalah 1,6 W/Kg [8].

3. Perancangan Sistem

3.1 Penentuan Spesifikasi Antena

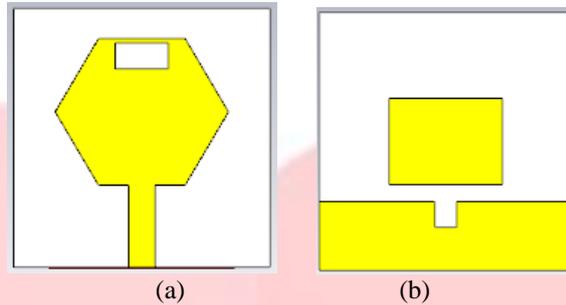
Spesifikasi antena yang akan dirancang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Spesifikasi antena.

No.	Spesifikasi	Parameter
1	Frekuensi Kerja	3,1 – 10,6 GHz
2	Frekuensi Tengah	6,85 GHz
3	<i>Bandwidth</i>	> 500 MHz
4	<i>Return Loss</i>	≤ -10 dB
5	VSWR	≤ 2
6	Pola Radiasi	<i>Unidirectional</i>

3.2 Penentuan Dimensi Antena

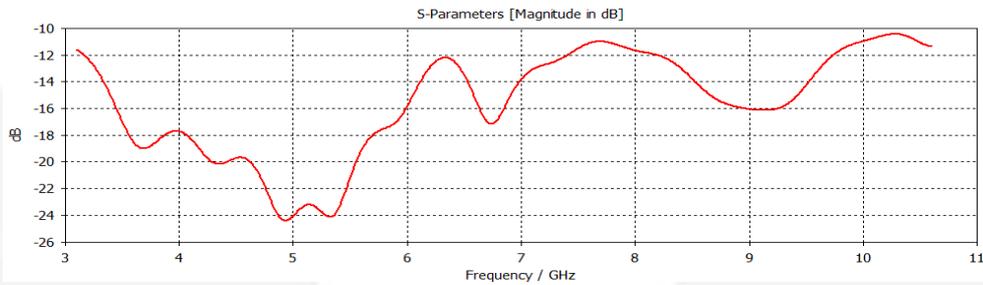
Hasil desain antena planar UWB untuk deteksi kanker otak dapat dilihat pada Gambar 3.



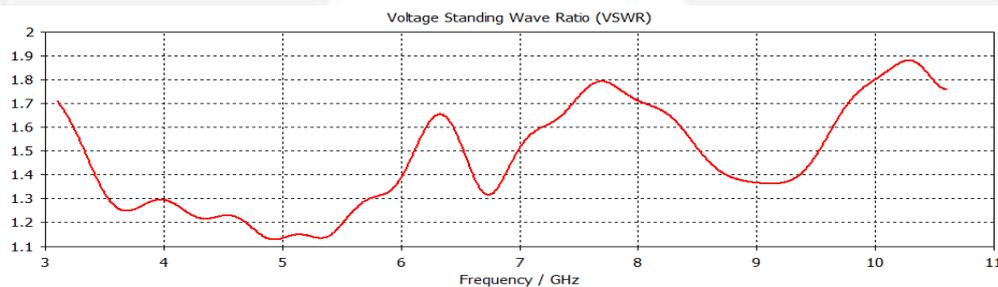
Gambar 3 Desain akhir antena, (a) tampak depan (b) tampak belakang.

3.3 Hasil Simulasi Antena

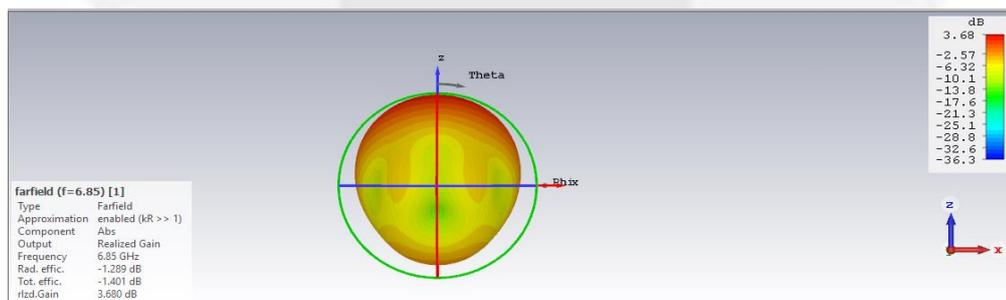
Hasil simulasi antena yang diperoleh yaitu *return loss* -24,41 dB dan *bandwidth* 7,5 GHz yang dihitung dari selisih antara frekuensi atas yaitu 10,6 GHz dengan frekuensi bawah 3,1 GHz yang dapat dilihat pada Gambar 4, *VSWR* 1,12 yang dapat dilihat pada Gambar 5, dan *gain* sebesar 3,68 dBi yang dapat dilihat pada Gambar 6, serta memiliki pola radiasi *unidirectional* pada frekuensi 6,85 GHz yang dapat dilihat pada Gambar 7.



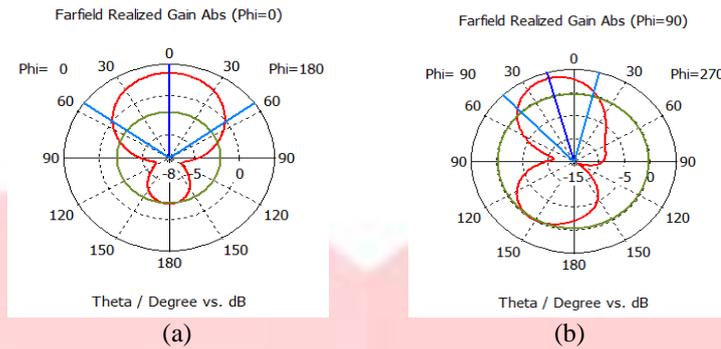
Gambar 4 Return loss dan bandwidth.



Gambar 5 VSWR.



Gambar 6 Gain.



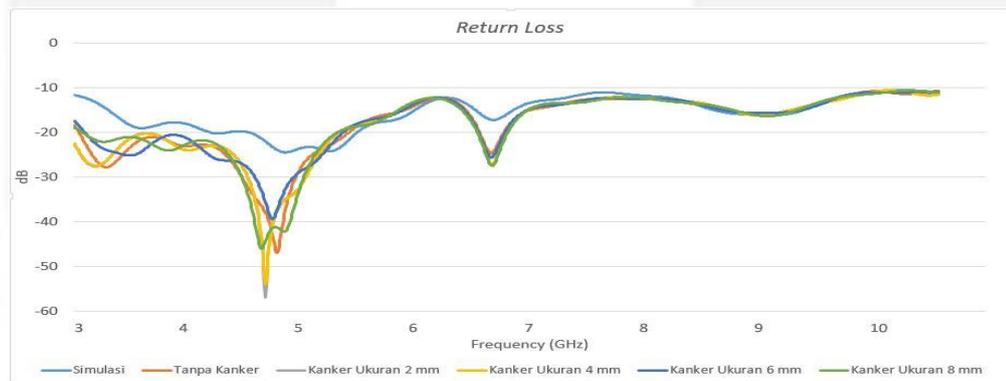
Gambar 7 Pola radiasi, (a) azimuth (b) elevasi.

3.4 Simulasi dengan Menggunakan Phantom

Setelah antenna memiliki nilai parameter yang memenuhi spesifikasi, kemudian dilakukan simulasi pada saat antenna dihadapkan dengan phantom jaringan kepala tanpa kanker dan dengan kanker. Pengukuran menggunakan phantom kepala dengan kanker dilakukan dengan empat ukuran kanker yaitu, 2 mm, 4 mm, 6 mm, dan 8 mm yang diletakkan sedalam 20 mm. Penelitian ini juga membandingkan nilai return loss dan nilai electric field yang didapatkan ketika kanker berubah ukuran [5][9]. Hasil return loss simulasi dengan kanker yang berubah ukuran dapat dilihat pada Gambar 8. Nilai electric field yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan nilai electric field antara phantom tanpa kanker dan phantom dengan kanker.

Ukuran Kanker (mm ³)	Phantom tanpa Kanker (V/m)	Phantom dengan Kanker (V/m)
2	15291	17357
4	15291	17368
6	15291	19299
8	15291	19451



Gambar 8 Hasil return loss dengan phantom tanpa kanker dan dengan kanker.

Berdasarkan nilai e-field yang didapatkan pada Tabel 4, terlihat bahwa jaringan kepala tanpa kanker memiliki nilai e-field yang lebih rendah dibandingkan jaringan kepala dengan kanker. Gambar 7 menunjukkan informasi kanker diprediksi terlihat pada rentang frekuensi 3,1–6,85 GHz, sedangkan informasi kulit dan jaringan yang lain pada frekuensi 7–10,6 GHz. Pada saat ada kanker, return loss terlihat lebih meningkat dibandingkan ketika tanpa kanker.

3.5 Analisis Specific Absorption Rate (SAR)

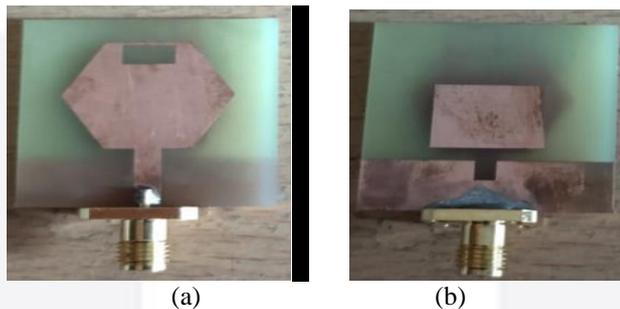
Pada penelitian ini juga dilihat nilai SAR yang diperoleh berdasarkan simulasi dengan phantom yang dapat dilihat pada Tabel 4. Dapat dilihat bahwa ketika daya referensi yang digunakan 0,626 W nilai SAR yang didapatkan adalah 1,6 W/Kg, nilai tersebut merupakan daya maksimum yang dapat digunakan agar masih aman terhadap tubuh [8].

Tabel 4 Perbandingan daya terhadap nilai SAR.

Daya (W)	SAR (W/Kg)
0,5	1,28
0,6	1,53
0,61	1,56
0,62	1,58
0,626	1,6
0,63	1,61
1	2,55
1,5	3,83

3.6 Realisasi Antena

Setelah melakukan perancangan desain dan simulasi antena dengan spesifikasi yang diinginkan, selanjutnya antena tersebut direalisasi atau difabrikasi. Antena direalisasi dengan menggunakan bahan substrat FR-4, *ground plane* dan *patch* menggunakan *copper*. Hasil dari antena yang telah dirancang dapat dilihat pada Gambar 9.

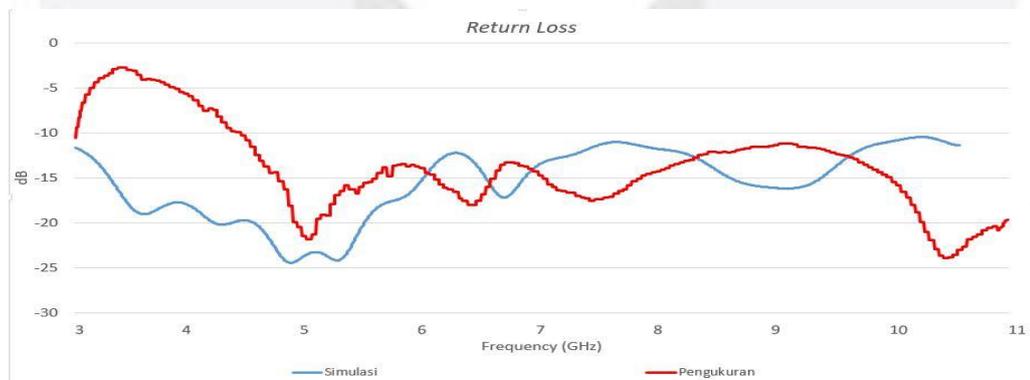


Gambar 9 Realisasi antena, (a) tampak depan (b) tampak belakang.

4. Pengukuran dan Analisis

4.1 Pengukuran *Return Loss*

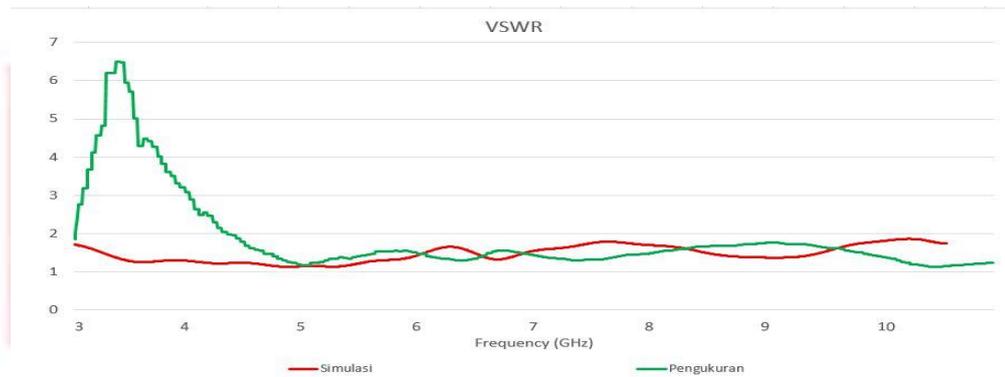
Pada Tugas Akhir ini dilakukan pengukuran *return loss*. Hasil pengukuran *return loss* yang didapatkan berbeda dengan hasil simulasi. Hasil perbandingan *return loss* simulasi dan pengukuran antena dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Perbandingan *return loss* simulasi dan pengukuran.

4.2 Pengukuran VSWR

Pada Tugas Akhir ini dilakukan pengukuran VSWR. Hasil perbandingan simulais dan pengukuran VSWR dapat dilihat pada Gambar 11.



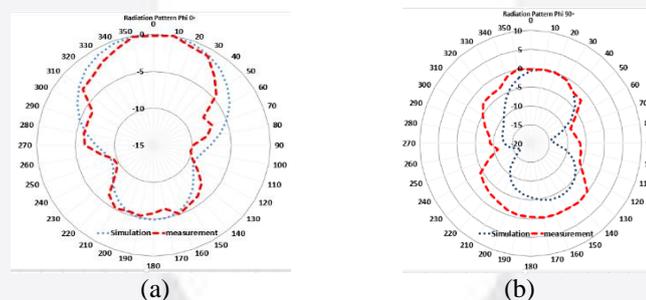
Gambar 11 Perbandingan VSWR simulasi dan pengukuran.

4.3 Pengukuran Gain

Pengukuran *gain* pada Tugas Akhir ini menggunakan metode *link budget*. Hasil pengukuran *gain* dilakukan dengan mengambil rata-rata dari 10 sampel daya terima antenna, didapatkan *gain* sebesar 3,095 dBi.

4.4 Pengukuran Pola Radiasi

Pengukuran pola radiasi dilakukan secara *azimuth* dan elevasi, dilakukan dengan menempatkan *antenna under test* (AUT) sebagai antenna penerima. Kemudian antenna diputar pada sudut *azimuth* dan elevasi dengan kelipatan 10 derajat. Pola radiasi dari hasil simulasi dan pengukuran dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Perbandingan pola radiasi (a) *azimuth* (b) elevasi.

4.5 Analisis Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran Antena

Setelah melakukan simulasi dan pengukuran antenna, diperoleh data-data seperti *return loss*, VSWR, *gain* dan pola radiasi. Perbandingan nilai *return loss* dan VSWR hasil simulasi dan pengukuran antenna dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11. Terlihat pada Gambar 10 dan Gambar 11, *bandwidth* yang dihasilkan dari pengukuran antenna menjadi lebih menyempit. Hal ini disebabkan oleh bahan *substrate* yang digunakan pada saat fabrikasi memiliki *datasheet* yang berbeda dengan *datasheet* simulasi dan kesalahan kecil yang terjadi pada saat melakukan perancangan pada *software* simulasi. Perbandingan pola radiasi arah *azimuth* dan arah elevasi hasil simulasi dan pengukuran antenna dapat dilihat pada Gambar 12. Untuk membandingkan pola radiasi hasil simulasi dengan pengukuran, terlebih dahulu dinormalisasi. Hasil pola radiasi dari simulasi dan pengukuran antenna adalah *unidirectional* yang dilihat berdasarkan arah *azimuth*. Bentuk pola radiasi hasil pengukuran tidak sama persis dengan hasil simulasi disebabkan *loss* pada kabel yang digunakan dan pengaruh dari keadaan ruangan pada saat pengukuran yang dapat mengganggu daya kirim antenna.

Perbedaan nilai hasil simulasi dan pengukuran antenna dapat dilihat pada Tabel 5. Berikut ini adalah tabel perbandingan hasil simulasi dengan pengukuran antenna.

Tabel 5 Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran antenna.

Parameter	Spesifikasi	Kinerja Antena		
		Desain Awal	Desain Akhir	Pengukuran
Frekuensi (GHz)	6,85	6,85	6,85	6,85
Gain (dBi)	> 1	-1,82	3,68	3,095
Bandwidth (GHz)	> 0,5	-	7,5	6,15
Pola Radiasi	<i>unidirectional</i>			

5. Kesimpulan

Setelah melewati proses perhitungan, perancangan simulasi, dan realisasi antenna planar UWB. Kesimpulan yang dapat diambil dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Antena yang dirancang saat simulasi telah memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Antena bekerja pada frekuensi 3,1–10,6 GHz, mempunyai nilai VSWR 1,12, *gain* 3,68 dBi, dan *bandwidth* 7,5 GHz.
2. Antena yang telah difabrikasi memiliki spesifikasi nilai VSWR 1,13, *gain* 3.095 dBi, dan *bandwidth* 6,15 GHz.
3. Penggunaan metode DGS dan *slotted patch* sangat berpengaruh untuk memperlebar *bandwidth* dari antenna.
4. Saat simulasi, antenna mampu mendeteksi keberadaan kanker yang ditandai dengan perubahan nilai *electric field* dan *return loss* pada pemodelan jaringan kepala tanpa kanker dan dengan kanker. Nilai *electric field* tanpa kanker lebih kecil dibandingkan nilai *electric field* dengan kanker. Nilai *return loss* mengalami perubahan ketika kanker berubah ukuran.
5. Daya referensi maksimum yang boleh digunakan dan aman terhadap tubuh adalah 0,626 W.

Daftar Pustaka:

- [1] Komite Penanggulangan Kanker Nasional, Tumor Otak, Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2017.
- [2] J.Vijayalakshmi, G.Murugesan, "UWB Slotted Circular Disc Monopole Antenna with Inverted U Shaped Defected Ground Plane for Brain Cancer Detection," *Journal of Advances in Chemistry*, Vol 12, No. 22, 2016.
- [3] Federal Communications Commission, FIRST REPORT AND ORDER, Washington DC: FCC, 2002.
- [4] R. Raihan, M. S. A. Bhuiyan, R. R. Hasan, T. Chowdhury, R. Farhi, "A Wearable Microstrip Patch Antenna for Detecting Brain Cancer," IEEE 2nd International Conference on Signal and Image Processing, Singapore, 2017.
- [5] R. Inum, M. M. Rana, K. N. Shushama and M. A. Quader, "EBG Based Microstrip Patch Antenna for Brain Tumor Detection via Scattering Parameters in Microwave Imaging System," Hindawi International Journal of Biomedical Imaging, Vol. 2018, 2018.
- [6] The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., "IEEE Standard for Ultrawideband Radar Definition," New York, 2007.
- [7] E. Cianca and B. Gupta, "FM-UWB for Communications and Radar in Medical Applications," *Wireless Pers Commun*, Rome, 2009.
- [8] IEEE International Committee on Electromagnetic Safety (SCC39), "IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz," New York, 2005.
- [9] P. Z. Widyatama, B. S. Nugroho and L. V. Nur, "Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip Ultra Wideband Untuk Deteksi Kanker Otak," The IEEE Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile 2019, November 5-7, Bali, 2019.