

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA *ULTRA WIDEBAND* DENGAN *DEFECTED GROUND STRUCTURE* UNTUK MENDETEKSI TUMOR PARU***DESIGN AND REALIZATION ULTRA WIDEBAND ANTENNA WITH DEFECTED GROUND STRUCTURE FOR LUNG TUMOUR DETECTION*****Rizky Putra Pratama¹, Levy Olivia Nur², Bambang Setia Nugroho³**^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom¹rizkypuhtra@student.telkomuniversity.ac.id,²levyolivia@telkomuniversity.ac.id, ³bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id**Abstrak**

Tumor paru adalah penyakit yang disebabkan oleh penyebaran sel kanker dari bagian tubuh lain, agar dapat dipantau penyebarannya diperlukan pendeteksian tumor paru sejak dini. Pendeteksian tumor dilakukan melalui *medical imaging* dengan aplikasi *Microwave Medical Imaging* (MMI) dengan menggunakan teknologi *Ultra WideBand* (UWB). Penggunaan teknologi UWB sangat dibutuhkan, karena memiliki karakteristik *bandwidth* yang lebar serta pulsa yang sempit memberikan hasil deteksi dengan resolusi tinggi. Lembaga *Federal Communications Commission* (FCC) telah menetapkan teknologi UWB pada rentang frekuensi 3,1 – 10 GHz untuk keperluan MMI.

Penelitian ini merancang dan realisasi antenna mikrostrip planar UWB yang dapat digunakan untuk mendeteksi tumor paru. Antena dirancang dengan simulasi menggunakan *software* 3D. Kemudian direalisasikan dengan bahan FR-4 Epoxy yang memiliki konstanta dielektrik sebesar 4,4 dengan ketebalan 1,6 mm sebagai substrat, dan tembaga sebagai *patch* dan *groundplane*. Dari simulasi yang dihasilkan, antena bekerja pada frekuensi 3,1 – 10,6 GHz dengan *bandwidth* 7,5 GHz, dan memiliki pola radiasi *unidirectional*. Hasil dari pengukuran, antena bekerja pada frekuensi 4,4 – 7,5 GHz dengan *bandwidth* 3,1 GHz, dan pola radiasi *unidirectional*. Antena dapat membedakan jaringan sehat dan jaringan yang terdapat tumor dari perubahan nilai *e-field* dan *return loss* yang didapat berdasarkan simulasi.

Kata kunci: Tumor, *Microwave Medical Imaging*, *Return Loss*, *Ultra WideBand*.**Abstract**

Lung tumor were diseases caused by the spread of cancer cells from other body part, that can be monitored their distribution necessary detection lung tumors early. Tumor detection is done through medical imaging with Microwave Medical Imaging (MMI) applications using Ultra WideBand (UWB) technology. The use of UWB technology is very much needed, because it has the characteristics of wide bandwidth and narrow pulses to provide high resolution detection results. Federal Communications Commission (FCC) agency has regulated UWB technology in the frequency range 3.1 - 10 GHz for MMI purposes.

*This research designed and realizes a UWB microstrip planar antenna that can be used to detect lung tumors. The antenna is designed by simulation using 3D software. Then realized with FR-4 Epoxy material which has a dielectric constant of 4,4 with a thickness of 1,6 mm as a substrate, and copper as a patch and groundplane. Result from simulation, the antenna works at a frequency of 3,1 – 10,6 GHz with a 7,5 GHz bandwidth, and unidirectional radiation pattern. As a result of measurements, the antenna works at a frequency of 4,4 – 7,5 GHz with a 3,1 GHz bandwidth, and unidirectional radiation patterns. The antenna can distinguish healthy tissue and tissue contained by tumors by knowing changes in *e-field* values and *return loss* obtained from simulations. The antenna can distinguish healthy tissue and tissue contained by tumors from changes in *e-field* values and *return loss* obtained based on simulations.*

Keywords: Tumour, *Microwave Medical Imaging*, *Return Loss*, *Ultra WideBand*.

1. Pendahuluan

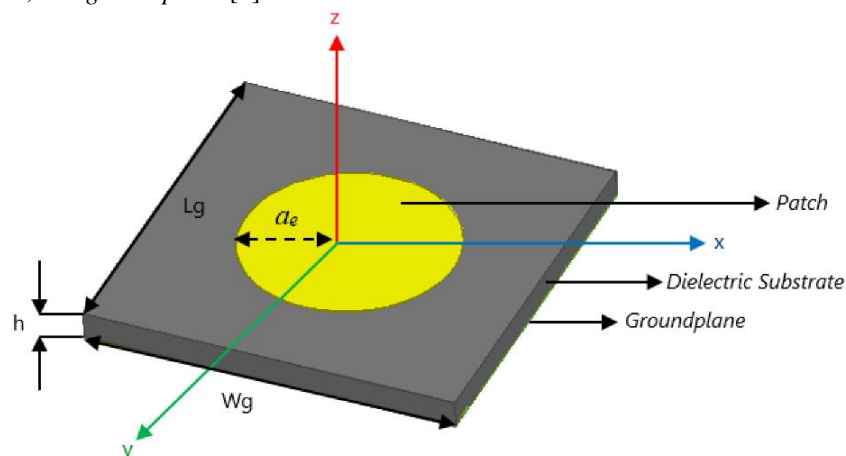
Tumor paru-paru bagi sebagian masyarakat Indonesia merupakan penyakit yang mematikan karena dianggap langkah awal sebelum kanker paru-paru. Deteksi sejak dini perlu dilakukan berkala untuk mengamati tumor. Pendeteksian tumor melalui pendekatan gelombang pulsa UWB sangat dibutuhkan karena memiliki karakteristik *bandwidth* yang lebar serta lebar pulsa yang sempit dapat memberikan hasil deteksi yang memiliki resolusi tinggi [1]. FCC menetapkan rentang frekuensi 3,1 sampai 10,6 GHz [2]. Penelitian sebelumnya [1] antenna yang digunakan adalah antenna mikrostrip dirancang secara *directional* dapat lebih efektif, karena pola radiasi yang dihasilkan lebih terarah jika dibandingkan dengan *non-directional*. Penelitian lainnya [3] menjelaskan bahwa bentuk *patch circular* dapat menghasilkan *bandwidth* yang lebar. Struktur jaringan paru-paru dan tumor juga dipaparkan dengan pemodelan pada penelitian [1].

Oleh sebab itu, dalam penelitian ini dilakukan perancangan dan realisasi antenna mikrostrip UWB *directional* yang bekerja pada frekuensi dari 3,1 GHz - 10,6 GHz untuk mendeteksi tumor paru dengan bentuk *patch* modifikasi *circular*, menggunakan FR-4 Epoxy sebagai substrat dengan konstanta dielektrik 4,4 dan ketebalan 1,6 mm, serta penggunaan *Defected Ground Structure* (DGS) untuk penambahan lebar *bandwidth*.

2. Dasar Teori

2.1. Antena

Antena merupakan perangkat yang dapat memancarkan gelombang elektromagnetik dengan merubah gelombang terbimbing dari saluran transmisi menjadi gelombang berdiri untuk dapat diradiasikan ke ruang bebas [5]. Penelitian ini menggunakan antenna mikrostrip planar yang terdiri dari *patch*, substrat, dan *groundplane* [6].



Gambar 1 Antena

2.2. UWB

Dalam penggunaan UWB untuk *medical imaging system*, FCC menetapkan rentang frekuensi 3,1 sampai 10,6 GHz. UWB adalah gelombang elektromagnetik yang memiliki *Fractional Bandwidth* lebih dari 20% seperti persamaan berikut [2]:

$$FBW = \frac{\Delta f}{f_c} = \frac{f_h - f_l}{f_c} \quad (1)$$

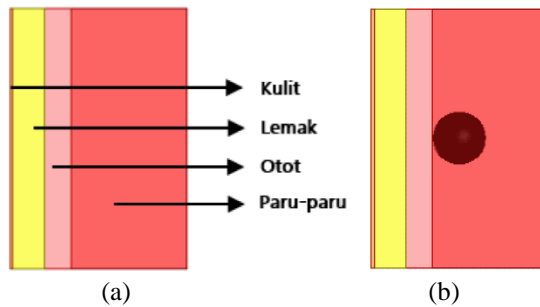
dimana (Δf) adalah rentang frekuensi kerja, sedangkan (f_h) merupakan frekuensi tinggi, dan (f_l) adalah frekuensi rendah serta (f_c) adalah frekuensi tengah.

2.3. Phantom Paru-paru dan Tumor

Struktur paru-paru terdiri dari paru-paru, pleura, otot, lemak, dan kulit. Berbagai tumor jinak dan ganas dapat timbul di paru-paru [4]. *Phantom* adalah pemodelan dari jaringan paru-paru dan tumor yang disimulasikan dengan antenna, seperti pada Gambar 2. Setiap lapisan pada struktur paru-paru memiliki ketebalan, konstanta dielektrik, dan konduktifitas yang berbeda seperti pada Tabel 1 [1] [7].

Tabel 1 Perbedaan Struktur Jaringan Paru-paru

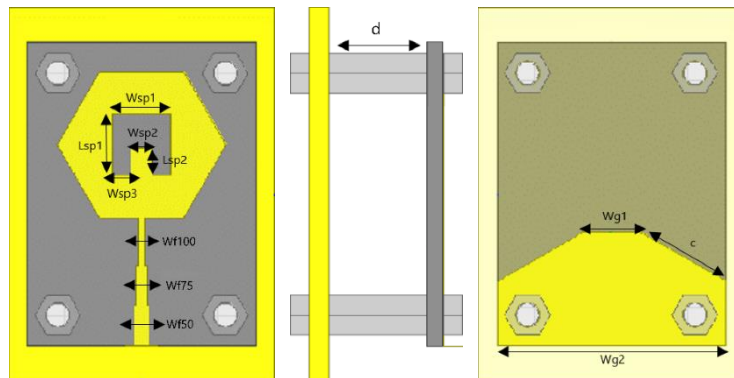
| Jaringan | Ketebalan (mm) | Konstanta Dielektrik (F/m) | Konduktifitas (S/m) |
|-----------|----------------|----------------------------|---------------------|
| Paru-paru | 133 | 17,9 | 2,58 |
| Otot | 10 | 47,1 | 6,27 |
| Lemak | 10,95 | 95 | 1,04 |
| Kulit | 0,5 | 45 | 0,73 |
| Tumor | 5, 15 dan 25 | 55 | 7 |



Gambar 2 Struktur *Phantom*, (a) *phantom* paru-paru sehat, (b) *phantom* paru-paru tumor

3. Perancangan Antena

3.1. Desain Antena



Gambar 3. Desain Antena

Gambar 3 merupakan desain antenna setelah optimasi akhir dengan tambahan reflektor yang menggunakan bahan tembaga berdimensi 49 ×35 mm dengan ketebalan 2 mm. Penyangga antara antenna dengan reflektor menggunakan *spacer* dengan material *polyamide* dengan panjang 10 mm. Selain itu, terdapat dimensi antenna setelah optimasi akhir secara lengkap terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2 Dimensi Antena Setelah Optimasi

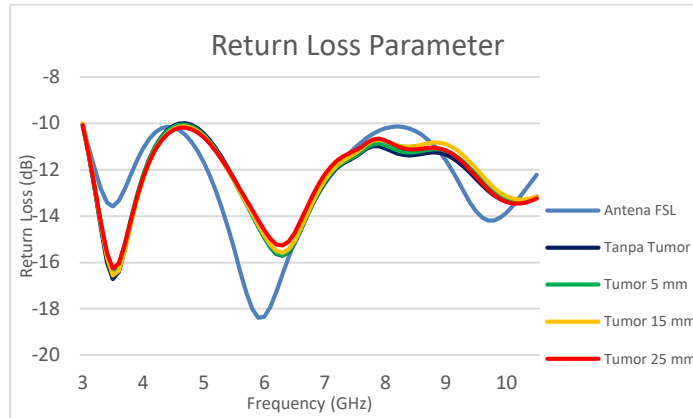
| Parameter | Nilai (mm) | Keterangan |
|-----------|------------|--------------------------------------|
| a_e | 8,5 | Jari-jari <i>patch</i> |
| Lg | 15 | Panjang <i>groundplane</i> |
| Wg1 | 7,48 | Lebar <i>groundplane</i> atas |
| Wg2 | 30 | Lebar <i>groundplane</i> bawah |
| c | 13,05 | Sisi miring <i>groundplane</i> |
| Lf100 | 19 | Panjang <i>feedline</i> 100 Ω |
| Wf100 | 0,8 | Lebar <i>feedline</i> 100 Ω |
| Lf75 | 7,5 | Panjang <i>feedline</i> 75 Ω |
| Wf75 | 1,4 | Lebar <i>feedline</i> 75 Ω |
| Lf50 | 4 | Panjang <i>feedline</i> 50 Ω |
| Wf50 | 2 | Lebar <i>feedline</i> 50 Ω |
| Wsp1 | 7,5 | Lebar <i>slotted patch</i> atas |
| Wsp2 | 3 | Lebar <i>slotted patch</i> tengah |
| Wsp3 | 2,25 | Lebar <i>slotted patch</i> bawah |
| Lsp1 | 8 | Panjang <i>slotted patch</i> atas |
| Lsp2 | 3,5 | Panjang <i>slotted patch</i> bawah |
| d | 10 | Jarak antenna pada reflektor |
| h | 1,6 | Tebal <i>dielectric substrate</i> |
| t | 0,035 | Tebal <i>conductor</i> |

3.2. Kinerja Antena Terhadap *Phantom*

Perbandingan kinerja antena dengan *phantom* untuk mendeteksi seperti pada penelitian [8] yaitu dengan melihat perbedaan hasil nilai *e-field* dan *return loss*. Ukuran tumor yang akan dideteksi mengacu pada [7] yang diminiaturisasi menjadi $5 \times 5 \times 5 \text{ mm}^3$, $15 \times 15 \times 15 \text{ mm}^3$, dan $25 \times 25 \times 25 \text{ mm}^3$. Hasil simulasi perbedaan kinerja *return loss* antena ketika diradiasikan dengan *phantom* paru-paru sehat dan paru-paru dengan tumor, menunjukkan bahwa *return loss* cenderung lebih meningkat seperti pada Gambar 4 dan memiliki respon *e-field* yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 3. Dilihat dari Tabel 3, menunjukkan bahwa nilai *e-field* lebih rendah pada jaringan paru-paru sehat jika dibandingkan dengan jaringan paru-paru yang terinfeksi tumor. Selain itu, untuk mengetahui frekuensi informasi mengenai tumor dan jaringan lainnya dapat diketahui pada frekuensi 3,1 – 4 GHz, sedangkan untuk informasi mengenai jaringan lainnya pada frekuensi 9 – 10,6 GHz.

Tabel 3 Respon *Electric Field* Paru-paru Sehat dan Paru-paru dengan Tumor

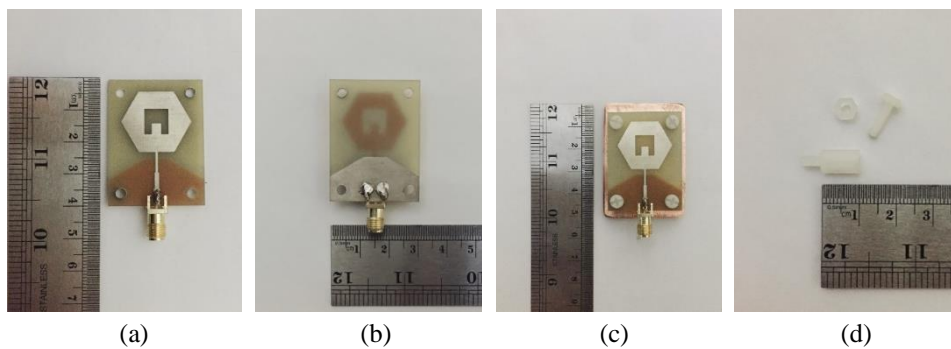
| No | Paru-paru Sehat (V/m) | Ukuran Tumor (mm) | Paru-paru Tumor (V/m) |
|----|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1 | 10751 | $5 \times 5 \times 5$ | 13215 |
| 2 | 10751 | $15 \times 15 \times 15$ | 14366 |
| 3 | 10751 | $25 \times 25 \times 25$ | 14571 |



Gambar 4 Grafik Return Loss Antena Terhadap Phantom Paru-paru dengan Tumor

3.3. Realisasi Antena

Realisasi antena dilakukan oleh jasa percetakan Printed Circuit Board (PCB) setelah disimulasikan dengan optimasi terbaik. Kemudian antena diberi konektor SMA sebagai port pencatu, dan penambahan tembaga sebagai reflektor serta spacer seperti pada Gambar 5.



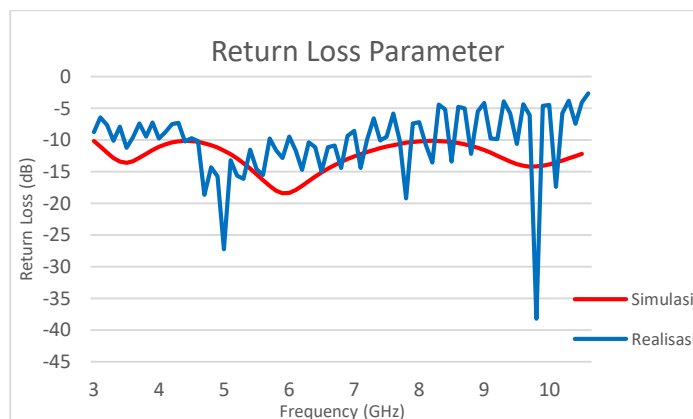
Gambar 5 Realisasi Antena, (a) Tampak Atas, (b) Tampak Belakang, (c) Antena dengan Reflektor, (d) Spacer

4. Pengukuran dan Analisis

Parameter yang diukur meliputi return loss, bandwidth, gain, dan pola radiasi. Proses pengukuran dilakukan di PT. Radar Telekomunikasi Indonesia, Bandung.

4.1. Pengukuran Return Loss

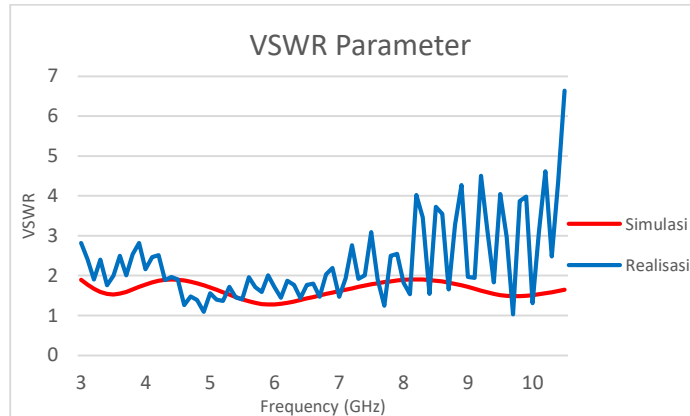
Hasil pengukuran yang didapat berdasarkan Gambar 6 dapat diketahui bahwa antena realisasi memiliki nilai return loss yang lebih menurun, namun bandwidth yang didapat lebih menyempit.



Gambar 6 Grafik nilai return loss simulasi dan realisasi

4.2. Pengukuran VSWR

Parameter VSWR antenna saat simulasi dan pengukuran terdapat perubahan nilai seperti pada Gambar 7, Hasil pengukuran antenna setelah fabrikasi berdasarkan rentang VSWR ≤ 2 terdapat pada frekuensi 4,4 – 7,5 GHz dengan *bandwidth* sebesar 3,1 GHz, namun sudah mencapai spesifikasi yang ditentukan, yaitu *bandwidth* > 500 MHz.



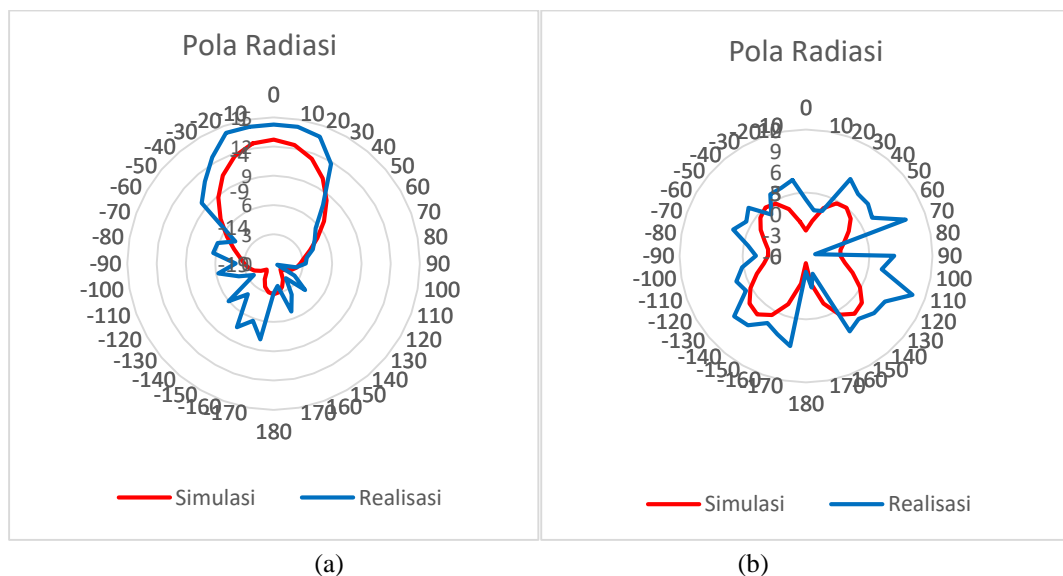
Gambar 7 Grafik nilai VSWR simulasi dan realisasi

4.3 Pengukuran Gain

Hasil pengukuran pada frekuensi 6,85 GHz didapatkan *gain* sebesar 2,68 dBi, sedangkan *gain* yang dihasilkan saat simulasi sebesar 5,16 dBi. Perbedaan hasil pengukuran dengan simulasi disebabkan karena faktor fabrikasi, pemasangan konektor dengan antenna menggunakan solder yang kurang presisi, dan gangguan di sekitar lingkungan saat pengukuran.

4.4 Pengukuran Pola Radiasi

Hasil pengukuran pola radiasi didapatkan dengan cara mengarahkan antenna realisasi terhadap antenna referensi, kemudian antenna realisasi diputar dengan interval 10 derajat pada arah azimuth dan elevasi. Hasil perbandingan pola radiasi saat simulasi dan pengukuran terdapat pada Gambar 8.

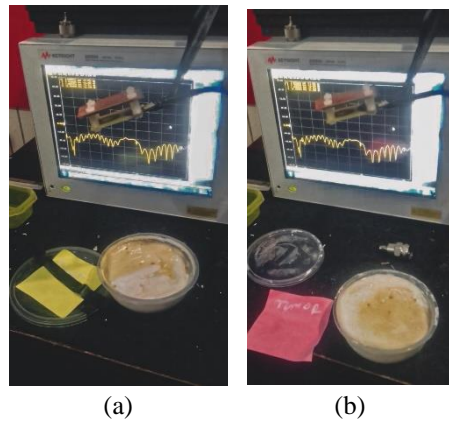


Gambar 8 Pola Radiasi Hasil Simulasi dan Pengukuran, (a) Azimuth, (b) Elevasi

4.5 Pengukuran dengan Phantom

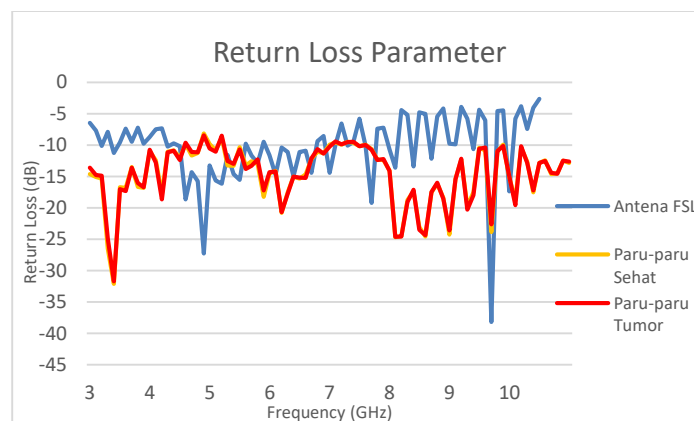
Proses pengukuran antenna dengan *phantom* jaringan paru-paru dilakukan dengan cara mengarahkan radiasi antenna terhadap *phantom* untuk melihat perbedaan nilai parameter antenna. Terdapat dua *phantom* yang akan digunakan sebagai objek pengukuran, yaitu *phantom* paru-paru sehat dan *phantom* paru-paru terinfeksi tumor. Penelitian [9] menunjukkan bahwa pembuatan *phantom*

menggunakan bahan seperti air distilasi, tepung tapioka, gelatin, cairan detergen tanpa pewangi, sedangkan untuk lapisan paru-paru menggunakan spons pencuci piring mengacu pada penelitian [10]. Selanjutnya bahan yang digunakan sebagai tumor berdasarkan penelitian [11] yaitu gelatin yang dilarutkan dengan air distilasi, *ethanol*, dan NaCl. *Phantom* realisasi memiliki dimensi silinder dengan diameter 100 mm² dan tinggi 60 mm², sedangkan dimensi tumor sebesar 25 mm³.



Gambar 4.6 Proses Pengukuran Antena, (a) Paru-paru Sehat, dan (b) Paru-paru Tumor

Dalam melakukan pengukuran, antena didekatkan dengan *phantom* dengan jarak 30 mm, karena antena memiliki nilai *return loss* yang baik ketika dilakukan simulasi. Pada Gambar 4.7 dapat dilihat hasil pengukuran nilai *return loss* antena dengan *phantom* saat realisasi menggunakan jarak 30 mm.



Gambar 4.7 Grafik nilai *return loss*

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian perancangan dan realisasi antena UWB untuk mendeteksi tumor paru dengan DGS sebagai berikut:

1. Penggunaan metode DGS dan *slotted patch* dapat melebarkan *bandwidth*, namun menurunkan *gain*, serta mempengaruhi pola radiasi yang dihasilkan.
2. Selain penambahan reflektor, modifikasi DGS dengan memotong menyerupai gunung juga dapat meningkatkan *gain*, serta pola radiasi yang dihasilkan lebih terarah.
3. Jarak deteksi yang aman digunakan pada penelitian ini adalah 30 mm dengan nilai SAR sebesar 0,37 W/Kg, sesuai dengan nilai SAR kurang dari 1,6 W/Kg.
4. Hasil pengukuran antena realisasi memiliki *bandwidth* yang cenderung lebih sempit yaitu sebesar 3,1 GHz pada rentang 4,4 – 7,5 GHz, berbeda dengan simulasi yaitu sebesar 7,5 GHz dengan rentang 3,1 – 10,6 GHz. Akan tetapi antena realisasi sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan, yaitu *bandwidth* > 500 MHz.

5. Frekuensi mengenai informasi tumor dapat diketahui pada rentang frekuensi 3 - 4 GHz, sedangkan frekuensi 9 - 10,6 GHz menyatakan informasi jaringan lainnya. Namun *return loss subtracted* saat simulasi dan realisasi memiliki perbedaan nilai maksimum yang disebabkan terdapat perbedaan nilai konduktifitas serta dielektrik pada material yang digunakan saat simulasi dan realisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Ameer, D. Awan, S. Bashir, and A. Waheed, "Use of Directional UWB Antenna for Lung Tumour Detection," *2019 2nd International Conference Advancements in Computational Science, ICACS 2019*, pp. 1–5, 2019.
- [2] Federal Communications Commission, *FIRST REPORT AND ORDER*, Washington DC: FCC, 2002.
- [3] M. M. Khan, A. K. M. M. Alam, and R. H. Ashique, "A Comparative Study of Rectangular and Circular Microstrip Fed Patch Antenna at 2.45 GHz," *International Journal of Science Engineering Research*, vol. 5, no. 10, pp. 1028–1032, 2014.
- [4] Robbins and Cotran, *Pocket Companion to Robbins & Cotran Pathologic Basis of Disease*, 7th ed. Singapore: Elsevier, 2006.
- [5] M. Wyville, S. (Shichang) Gao, and L. Boccia, *Space Antenna Handbook*, 1st, ed. Chichester: A John Wiley & Sons, 2012.
- [6] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, 3rd ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2005.
- [7] P. Z. Widyatama, "PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP ULTRA WIDEBAND UNTUK DETEKSI KANKER OTAK," Universitas Telkom, Bandung, 2019.
- [8] R. Raihan, M. S. Alam Bhuiyan, R. R. Hasan, T. Chowdhury, and R. Farhin, "A Wearable Microstrip Patch Antenna for Detecting Brain Cancer," *2017 IEEE 2nd International Conference on Signal and Image Processing, ICSIP 2017*, vol. 2017-Janua, pp. 432–436, 2017.
- [9] B. Mohammed, A. Abbosh, B. Henin, and P. Sharpe, "Head Phantom for Testing Microwave Systems for Head Imaging," *2012 Cairo International Biomedical Engineering Conference, CIBEC 2012*, pp. 191–193, 2012.
- [10] O. J. Babarinde, M. F. Jamilos, P. J. Soh, D. M. M.-P. Schreurs, "Microwave Imaging Technique for Lung Tumour Detection," pp. 100–103, 2016.
- [11] R. Ortega-Palacios, L. Leija, A. Vera, and M. F. J. Cepeda, "Measurement of breast - tumor phantom dielectric properties for microwave breast cancer treatment evaluation," *2010 7th International Conference on Electrical Engineering Computing Science and Automatic Control., CCE 2010*, pp. 216–219, 2010.