

Realisasi Antena Mikrostrip Untuk Mendeteksi Tumor Payudara

1st Naufal Ikbar
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
Naufalkbrr@student.
telkomuniversity.ac.id

2nd Heroe Wijanto
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
Heroe@telkomuniversity.ac.id

3rd Levy Olivia Nur
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
Levyolivia@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penyakit tumor terjadi karena sel-sel jaringan tubuh yang berubah menjadi ganas dan berkembang lebih cepat dibandingkan sel-sel normal lainnya. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi tumor, seperti MRI, USG, dan *Mammograph*. Antena *wearable* memiliki desain yang simpel, ringan, dan relatif lebih murah. Pada Jurnal ini, antena mikrostrip berbahan FR-4 dibuat untuk mendeteksi tumor payudara pada frekuensi 5,8 GHz. Antena ini menggunakan pencatutan mikrostrip *feedline* dengan *inset feed*, *slotted patch* dan penambahan *Defected Ground Structure* (DGS) pada *groundplane* untuk mendapatkan *bandwidth* yang lebih luas. Deteksi tumor payudara dilakukan dengan menggunakan pemodelan payudara atau *breast phantom*. Antena pendeteksi akan digunakan pada *breast phantom* yang telah dibuat dan mengamati perubahan S_{11} Parameter yang terjadi seiring semakin besarnya tumor yang dideteksi.

Antena yang dirancang memiliki dimensi 21,5 mm x 40,5 mm dan menggunakan perangkat lunak simulasi 3D elektromagnetik. Antena ini direalisasikan menggunakan bahan FR-4 berdasarkan hasil simulasi, antena memiliki nilai S_{11} Parameter sebesar -40,16 dB dan nilai VSWR sebesar 1.1 pada frekuensi 5800 MHz, S_{11} Parameter -11,59 dB pada frekuensi 5725 MHz dan S_{11} Parameter -15,25 dB pada frekuensi 5875 MHz, sedangkan hasil pada realisasi antena memiliki nilai S_{11} Parameter -25,19 dB pada frekuensi 5850 MHz dan nilai VSWR 1.12, S_{11} Parameter -6,88 dB pada frekuensi 5725 MHz dan -21,05 dB pada frekuensi 5875 MHz. Antena dapat mendeteksi tumor melalui perbedaan bahan tumor terdapat pada *breast phantom* yang memengaruhi perubahan nilai S_{11} Parameter. Berdasarkan pengukuran, jika ukuran tumor semakin besar, maka nilai S_{11} Parameter yang didapat semakin kecil diakibatkan semakin banyak gelombang elektromagnetik yang kembali ke antena.

Kata kunci— Breast phantom, Inset Feed, Slotted Patch, Defected Ground Structure.

I. PENDAHULUAN

Tumor payudara adalah pertumbuhan jaringan payudara yang tidak normal dan tidak terkoordinasi dengan pertumbuhan jaringan sehat, dan ditandai dengan pertumbuhan yang berlebihan, infiltratif, destruktif, serta mampu menyebar ke bagian tubuh lainnya. Tumor payudara menyebabkan banyak kematian pada wanita, dan pada tahun 2020 diestimasi lebih dari 576.300 kasus baru di Eropa[1] dan sekitar 287.500 di Amerika Serikat pada tahun 2022[2]. Menurut Data Global tumor Observatory 2020 dari WHO, tumor payudara merupakan jenis tumor yang paling banyak terjadi di Indonesia, dengan 65.858 kasus atau 30% dari total 213.546 kasus Tumor yang terjadi pada wanita[3].

Tumor dapat disebabkan oleh faktor genetik, lingkungan, serta gaya hidup yang tidak sehat, terdapat 2 jenis tumor yaitu tumor ganas dan tumor jinak[4]. Pengetahuan mengenai tumor payudara masih terbatas. Oleh karena itu, sangat penting untuk meningkatkan kesadaran dan kepedulian terhadap deteksi dini tumor payudara guna mencegah atau mengobati tumor sebelum terlambat. Selain melakukan Pemeriksaan Payudara Sendiri (SADARI), terdapat beberapa metode deteksi dini tumor payudara seperti USG, MRI, dan Mamografi. Namun, metode tersebut biasanya hanya tersedia di rumah sakit besar dan memiliki biaya yang cukup mahal.

Penelitian ini memperluas dan mengembangkan penelitian sebelumnya tentang deteksi tumor jinak pada payudara menggunakan antena mikrostrip dengan bahan FR-4 berketebalan 2 mm dan permitivitas 4,3 pada frekuensi kerja ISM 5,8 GHz. Penggunaan bahan FR-4 dipilih karena memiliki permitivitas yang cukup tinggi sehingga dimensi antena dapat dikecilkan dan harga produksinya sangat terjangkau dan dengan menggunakan 3 metode pendukung yaitu *inset feed*, *slotted*, *defected ground structure*. Tujuan penelitian ini adalah untuk memeriksa perubahan nilai S_{11} Parameter yang disebabkan oleh tumor pada *breast phantom* pada frekuensi ISM 5,8 GHz.

Penelitian ini mencakup simulasi dan pengukuran dengan memperhatikan perubahan S_{11} Parameter antena menggunakan *breast phantom* dengan tumor dan tanpa tumor. Terdapat tiga ukuran tumor yang berbeda dengan jarak yang sama, dan informasi tumor diperoleh melalui S_{11} *subtracted*, yaitu hasil pengurangan S_{11} Parameter antara *breast phantom* dengan tumor dan *breast phantom* tanpa tumor. Saat simulasi antena dirancang untuk sesuai dengan frekuensi ISM pada saat simulasi menggunakan *breast phantom*, sehingga hasil saat pengukuran menggunakan *breast phantom* hasil S_{11} Parameter tidak bergeser jauh dan sesuai dengan ketentuan frekuensi ISM.

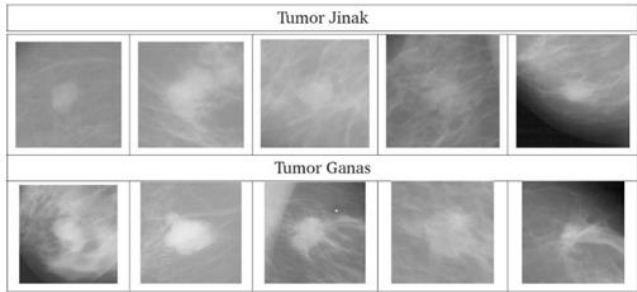
II. KAJIAN TEORI

A. Tumor Payudara

Organ payudara terletak di atas otot dada dan terdiri dari kelenjar susu, saluran susu, dan jaringan ikat. Kelenjar susu terdiri dari lobus dan ductus, di mana susu diproduksi dan disalurkan menuju puting susu. Payudara juga memiliki pembuluh darah dan pembuluh limfatik yang berfungsi membawa nutrisi dan membuang limbah dari payudara. Kelenjar getah bening juga terdapat di payudara dan ketiak,

berfungsi sebagai sistem pertahanan tubuh terhadap infeksi dan tumor. Sebagian besar bagian payudara selain kelenjar susu adalah jaringan lemak[8]. Tumor payudara memiliki 2 jenis, terdapat tumor jinak dan tumor ganas (Tumor).

Berdasarkan penelitian [4] tumor jinak dan tumor ganas dapat dibedakan berdasarkan massa, bentuk, dan kepadatan dari tumor tersebut. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 1.



GAMBAR 1
(Massa Tumor Jinak dan Tumor Ganas)

B. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip umumnya digunakan untuk komunikasi seluler dan terdiri dari tiga komponen yaitu patch, substrat, dan ground plane. Seperti yang terlihat pada Gambar 2, antena ini terdiri dari sebuah kepingan logam yang tipis yang ditempatkan pada bagian kecil dari panjang gelombang.[10]

Patch sebagai lapisan teratas dari antena mikrostrip, yang berperan sebagai bagian yang meradiasikan gelombang elektromagnetik ke ruang bebas. Sedangkan substrat adalah lapisan kedua pada struktur antena mikrostrip yang bertugas untuk menyalurkan gelombang listrik untuk dipancarkan dan sebaliknya. Nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) yang terdapat pada substrat mempengaruhi kinerja antena mikrostrip. Terakhir, ground plane berfungsi sebagai reflektor pada antena mikrostrip, yang memantulkan gelombang elektromagnetik ke arah patch dan mengoptimalkan pola radiasi antena.



GAMBAR 2
(Struktur Antena Mikrostrip)

C. Defected Ground Structure

Defected Groundplane Structure (DGS) merupakan pola pengukiran pada *groundplan* yang dapat meningkatkan *bandwidth* dengan rentang frekuensi yang lebih luas dan mendukung aplikasi IoT. *Groundplan* pada mikrostrip didesain secara spesifik untuk meningkatkan kinerjanya. [12]

D. Slotted Patch

Slotted adalah satu metode untuk membuat antena memiliki *bandwidth* lebar dengan menambahkan *slot* pada *patch* antena, dengan menambahkan *slot* maka nilai resonansi akan berubah dan *bandwidth* akan melebar karena faktor kualitas Q menurun.[9]

Penambahan *bandwidth* yang lebih lebar terjadi karena faktor kualitas Q dari resonansi *patch* dikurangi, disebabkan oleh energi yang tersimpan di bawah *patch* yang sedikit dan radiasi yang lebih tinggi. Dalam antena *slot* mikrostrip, terjadi kopling induktif antara saluran masukan dan *slot*.

Semakin besar efek kopling yang terjadi, semakin rendah faktor kualitas (Q) rangkaian, yang akan meningkatkan rentang frekuensi yang dapat diterima *bandwidth* [14]. Berikut (1) yang menghubungkan faktor kualitas (Q) dengan rentang *bandwidth*.

$$\text{Bandwidth} = \frac{1}{Q\sqrt{2}} \quad (1)$$

E. Frekuensi Aplikasi Industri, Ilmiah, dan Medis (ISM).

Rentang operasi perangkat yang dirancang untuk keperluan ilmiah, industri, medis, dan sejenisnya dikenal sebagai frekuensi ISM. Alokasi frekuensi yang dapat digunakan dalam frekuensi ISM adalah 2450 (2400 – 2450) MHz dan 5800 (5725 – 5875) MHz[17].

F. Breast Mimicking Phantom

Dalam melakukan simulasi jaringan payudara, diperlukan sebuah model *phantom* yang merepresentasikan bagian payudara. *Phantom* tersebut harus didesain agar sesuai dengan bentuk dan karakteristik bagian payudara manusia, baik dari segi fisik seperti ketebalan kulit, besar tumor, maupun karakteristik khusus seperti nilai permitivitas, dan permeabilitas, sehingga hasil simulasi yang diperoleh dapat mencerminkan hasil pengukuran antena secara akurat. Untuk membentuk model *phantom* pada payudara digunakan *electrical properties* seperti yang tertera pada referensi.[19]. Berikutnya, nilai-nilai yang tertera pada Tabel 1 akan disimulasikan ke dalam *software* CST 2016.

TABEL 1
(5GHz Electrical Properties Phantom)

Jenis Jaringan	Permittivity ϵ_r	Conductivity σ (S/m)
Skin	30.54	2.74
Fat	7.49	0.42
Tumor	59.33	5.30

III. METODE

A. Diagram Alir

Tahap awal melibatkan persiapan alat deteksi tumor payudara dan melakukan pengujian dengan menggunakan *breast phantom*. Tahap kedua adalah pendeteksian, dimana *breast phantom* dengan dan tanpa tumor digunakan untuk mengetahui apakah terdapat keberadaan tumor payudara.

Tahap ketiga melibatkan pengukuran performansi antena. Selanjutnya, tahap keempat adalah melakukan pengecekan apakah pengukuran berhasil. Jika pengukuran berhasil, maka dilakukan pengumpulan hasil data pengukuran, namun jika tidak berhasil maka pengukuran harus diulang.

Pada tahap terakhir, dilakukan pengumpulan data yang diperlukan untuk kemudian dianalisis dan dibandingkan hasilnya antara nilai S_{11} Parameter pada *breast phantom* tanpa tumor dan *breast phantom* dengan tumor. Setelah data terkumpul, tahap selanjutnya adalah analisis data untuk memperoleh kesimpulan atau mengetahui apakah tumor

dapat terdeteksi dengan melihat perubahan S_{11} Parameter yang terjadi.

B. Spesifikasi Antena

Antena mikrostrip deteksi berbahan FR-4 sebagai *substrat* dan bahan tembaga untuk bagian *patch*, *feed* dan *groundplane* yang dirancang dengan spesifikasi pada Tabel 2.

TABEL 2
(Spesifikasi Antena)

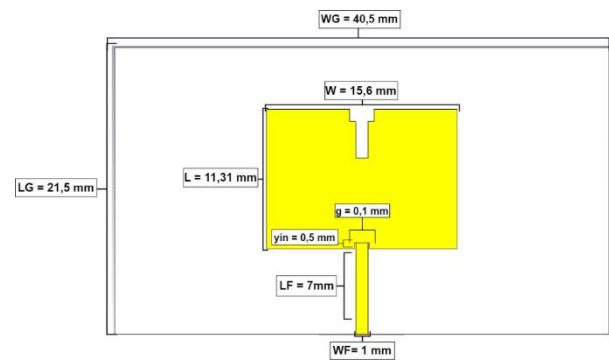
Parameter Antena	Spesifikasi Antena
Frekuensi kerja	5,8 GHz
Impedansi	50 Ω
VSWR	≤ 2
Pola radiasi	<i>Unidirectional</i>
S_{11} Parameter	≤ -10 db
Gain	3 dBi
Bandwidth	150 MHz
10g SAR	<1,6 W/kg

C. Desain dan Dimensi Antena

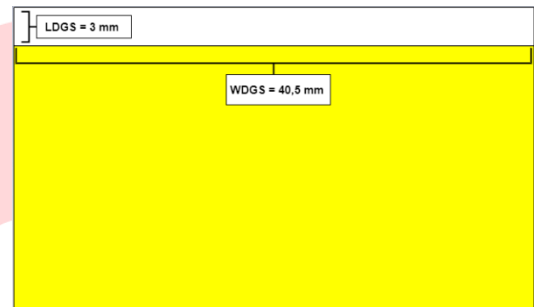
Hasil dimensi antena setelah dilakukan optimasi dan menambahkan 3 metode pendukung agar membantu mencapai spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 3. Berdasarkan hasil simulasi antena memiliki spesifikasi dengan nilai S_{11} Parameter -40.16 dB pada 5816 MHz, -11.29 dB pada 5725 MHz, dan -15.25 dB pada 5875 MHz. Dengan *bandwidth* sebesar 228 MHz, *gain* sebesar 4.05 dB dan memiliki pola radiasi *unidirectional*

TABEL 3
(Dimensi Antena)

Parameter	Penjelasan	Nilai(mm)
t	Tebal Konduktor	0,035
h	Tebal Substrat	1,6
W	Lebar Patch	15,6
L	Panjang Patch	11,31
Wg	Lebar Substrat	40,5
Lg	Panjang Substrat	21,5
Wf	Lebar Catuan 50 Ohm	1
Lf	Panjang Catuan 50 Ohm	7
Y_0	<i>Inset distance</i>	0,5
g	<i>Inset gap</i>	0,1



(a)



(b)

GAMBAR 3

(Desain antena, (a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang)

D. Desain dan Dimensi *Breast Mimicking Phantom*

Dalam penelitian ini, digunakan model jaringan payudara dengan geometri yang tercantum dalam Tabel 4[20]. Penelitian ini memilih tiga ukuran tumor sebagai sampel penelitian, yaitu 10 mm, 30 mm, 50 mm dengan kedalaman tumor sedalam 20 mm. Desain simulasi *breast phantom* yang digunakan terdiri dari desain tanpa tumor dan desain dengan tumor, seperti yang terlihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

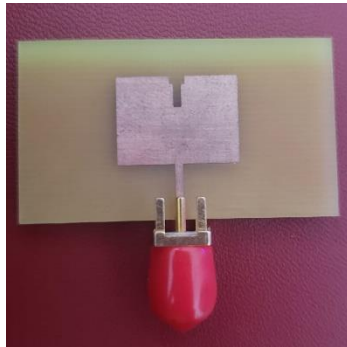
TABEL 4
(Geometri dan *Breast Phantom Properties*)

Jenis Jaringan	Permittivity ϵ_r	Conductivity σ (S/m)	Geometri (mm ²)
Kulit	30.54	2.74	96 x 2 x 96
Lemak	7.49	0.42	96 x 96 x 96
Tumor	59.33	5.30	10,30,50

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Realisasi Antena

Setelah melakukan perancangan desain dan simulasi antenna, selanjutnya antenna akan difabrikasi. Antena deteksi Tumor difabrikasi menggunakan bahan *substrat FR-4 double layer*, sedangkan untuk bagian *groundplane* dan patch menggunakan *copper* yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 (a) untuk tampak depan dan (b) untuk tampak belakang, antenna memiliki dimensi 40,5 x 21,5 mm



(a)



(b)

GAMBAR 4

Realisasi Antena (a) Tampak Depan, (b) Tampak Belakang

B. Realisasi Breast Phantom Dan Tumor

Setelah melakukan perancangan desain *breast phantom* dan tumor, selanjutnya akan melakukan pembuatan *breast phantom* dan tumor phantom. Untuk bahan dan cara pembuatan dapat dilihat pada langkah-langkah dibawah ini [19].

1. Skin

Bahan yang diperlukan untuk membuat bagian *skin* pada *breast phantom* ialah, *coconut oil*, *agar*, *glass beads*, *deionized water*, *detergent*, *formalin solution*. Semua bahan akan dicampurkan dan dipanaskan pada suhu 80°C, setelah mencapai suhu tersebut lalu masukan ke cetakan yang berukuran 96x96x2 mm, dan biarkan dingin dengan suhu ruangan.

2. Fat

Bahan yang diperlukan untuk membuat bagian *fat* pada *breast phantom* ialah, *canola oil*, *agar*, *glass beads*, *deionized water*, *detergent*. Semua bahan akan dicampurkan dan dipanaskan pada suhu 80°C, setelah mencapai suhu tersebut lalu masukan ke cetakan yang berukuran 96x96x96 mm, dan biarkan dingin dengan suhu ruangan.

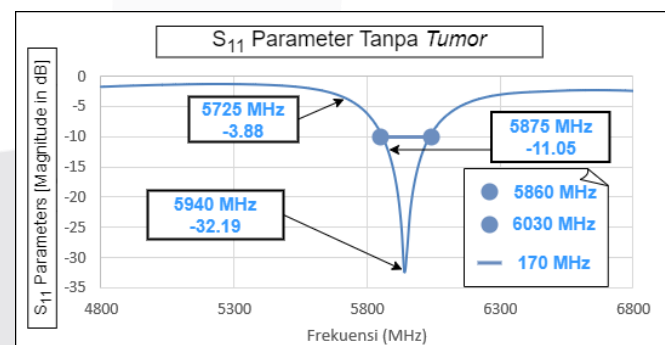
3. Tumor

Bahan yang diperlukan untuk membuat bagian tumor pada *breast phantom* ialah, *PVP powder*, *agar*, *glass beads*, *deionized water*. Semua bahan akan dicampurkan dan dipanaskan pada suhu 80°C, setelah mencapai suhu tersebut lalu masukan ke cetakan yang berukuran 10, 30 50 mm, dan biarkan dingin dengan suhu ruangan.

C. Pengukuran dan Analisis

Pengukuran yang selanjutnya dilakukan antenna deteksi menggunakan *breast phantom* tanpa tumor dan dengan tumor, pengukuran dilakukan di Laboratorium Antena Universitas Telkom. *Breast phantom* dibuat berdasarkan referensi yang didapat yaitu terbuat dari material tepung, butiran kaca, agar, formalin, air yang telah diionisasi, dan minyak[19]. Saat antenna mendeteksi *breast phantom*, antenna yang dipakai adalah antenna tanpa menggunakan kabel, dengan alasan karena agar mengurangi efek rugi – rugi yang disebabkan oleh kabel dan konektor dan ini juga menyebabkan grafik pengukuran lebih *smooth* dan tidak terdapat *ripple*. Pengukuran *breast phantom* saat dengan tumor dengan cara mengganti tumor mulai dari 10 mm, 20 mm dan 30 mm.

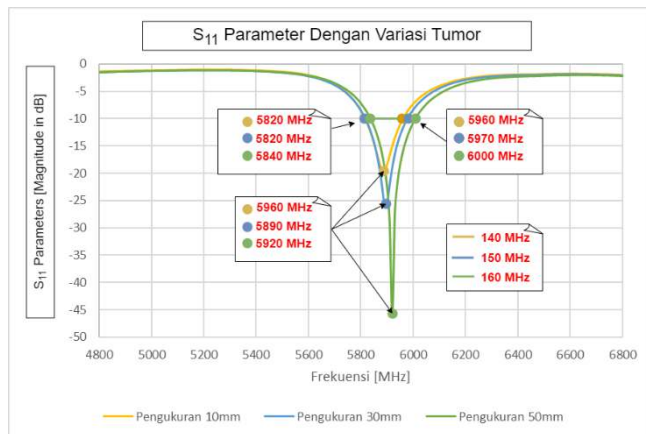
Hasil S_{11} Parameter pengukuran antenna menggunakan *breast phantom* tanpa tumor yaitu sebesar -32 19 dB pada frekuensi 5940 MHz dengan bandwidth 170 MHz, dapat dilihat pada Gambar 4.7. Pengukuran selanjutnya antenna mendeteksi *breast phantom* dengan tumor dengan 3 jenis besar tumor yang berbeda yaitu 10, 30, 50 mm. Hasil S_{11} Parameter pengukuran antenna menggunakan *breast phantom* dengan tumor ukuran 10 mm sebesar -19,54 dB pada frekuensi 5960 MHz dengan bandwidth 140 MHz, tumor ukuran 30 mm sebesar -25,7 dB pada frekuensi 5890 MHz bandwidth 150 MHz, tumor ukuran 50 mm sebesar -45,96 dB pada frekuensi 5920 MHz bandwidth 160 MHz, lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.



GAMBAR 5

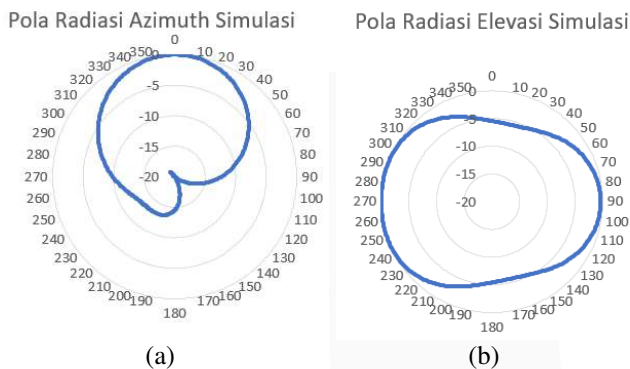
S_{11} Parameter *Breast phantom* Tanpa Tumor

Nilai S_{11} Parameter yang diperoleh menggunakan *breast phantom* tanpa tumor bernilai lebih kecil dari nilai S_{11} Parameter saat menggunakan *breast phantom* dengan tumor dan juga terjadi pergeseran frekuensi. Kenaikan nilai S_{11} Parameter saat menggunakan *breast phantom* dengan tumor disebabkan oleh adanya objek yang terdeteksi oleh antenna sehingga memerangui koefisien pantul ke antenna. Pada Gambar 6, semakin besar tumor maka semakin kecil S_{11} Parameter yang didapatkan dikarenakan semakin banyak daya yang kembali ke antenna deteksi.

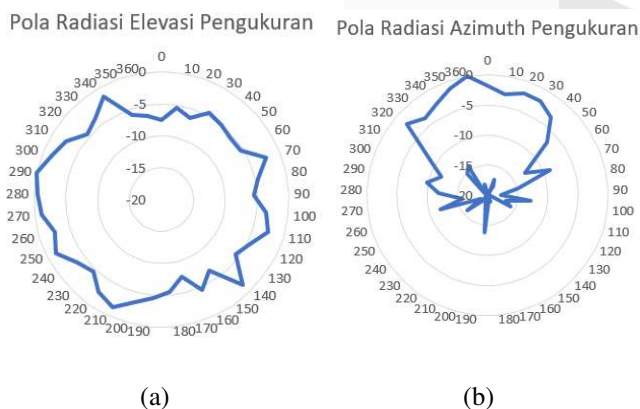


GAMBAR 6
S₁₁ Parameter Breast Phantom Dengan Tumor

Setelah melakukan pengambilan data pengukuran dari antenna, diperoleh data – data nilai S₁₁ Parameter, dan arah pola radiasi saat antenna tanpa *breast phantom* dan dengan *breast phantom*. Perbandingan pola radiasi arah azimuth saat simulasi (a) dan pengukuran (b) dapat dilihat pada Gambar 7 sedangkan untuk pola radiasi arah elevasi saat simulasi (a) dan pengukuran (b) dapat dilihat pada Gambar 8.



GAMBAR 7
Pola Radiasi Azimuth
(a) Simulasi (b) Pengukuran



GAMBAR 8
Pola Radiasi Elevasi
(a) Simulasi (b) Pengukuran

Hasil pola radiasi saat pengukuran dan simulasi menunjukkan bahwa antenna memiliki pola radiasi *unidirectional* karena memiliki 1 arah *beamwidth* walaupun tidak memiliki bentuk yang sama persis, perbedaan ini disebabkan oleh rugi – rugi saat pengukuran.

V. KESIMPULAN

Setelah melalui serangkaian pengerjaan, Tugas Akhir ini mencakup dimensi desain antenna, metode penunjang, serta hasil simulasi dan pengukuran. Kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

Antena pendeteksi tumor payudara telah disimulasikan menggunakan *software* elektromagnetik 3D (CST 2016) dan direalisasikan dengan menggunakan bahan substrat FR-4 *double layer* dan *patch* berbahan *copper* dengan dimensi antenna sebesar 40,5 x 21,5 mm. Selama simulasi, antenna ini memenuhi spesifikasi yang ditargetkan, yakni memiliki nilai S₁₁ Parameter sebesar -40,16 dB dan VSWR sebesar 1,10.

Pengukuran antenna setelah difabrikasi menunjukkan nilai S₁₁ Parameter sebesar -25,19 dB dan VSWR sebesar 1,19. Selain itu, penggunaan metode *defected ground structure* (DGS), *inset feed*, dan *slotted patch* pada antenna terbukti dapat membantu dalam melebarkan *bandwidth* dan meningkatkan gain.

Hasil menunjukkan bahwa antenna ini dapat mendeteksi keberadaan tumor melalui perubahan nilai S₁₁ Parameter pada *breast phantom* tanpa tumor dan dengan tumor. Semakin kecil nilai S₁₁ Parameter, semakin besar tumor yang dideteksi, dan sebaliknya. Hal ini disebabkan oleh semakin banyak daya yang kembali ke antenna akibat massa tumor yang semakin besar.

REFERENSI

- [1] “Breast Tumor Facts.” <https://www.europadonna.org/breast-Tumor/>, [Feb. 15, 2023]
- [2] “Breast Tumor Facts & Stats.” <https://www.nationalbreastTumor.org/breast-Tumor-facts/>, [Mar. 15, 2023]
- [3] A. I. Sutnick and S. Gunawan, “Tumor in Indonesia,” *JAMA J. Am. Med. Assoc.*, vol. 247, no. 22, pp. 3087–3088, 1982, doi: 10.1001/jama.247.22.3087.
- [4] L. M. Wisudawati, “Klasifikasi Tumor Jinak Dan Tumor Ganas Pada Citra Mammogram Menggunakan Gray Level Co-Occurrence Matrix (GlcM) Dan Support Vector Machine (Svm),” *J. Ilm. Inform. Komput.*, vol. 26, no. 2, pp. 176–186, 2021, doi: 10.35760/ik.2021.v26i2.4897.
- [5] G. H. Arrahmah, B. S. Nugroho, L. O. Nur, F. T. Elektro, and U. Telkom, “Perancangan Dan Realisasi Wearable Antena Untuk Mendeteksi Tumor Payudara Design and Realitation of Wearable Antena for Breast Tumor Detection,” *e-Proceeding Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 4587–4593, 2019.
- [6] P. Angelia, L. Olivia Nur, and B. Setia Nugroho, “Antena Mikrostrip Wearable Dengan Defected Ground Structure Untuk Deteksi Tumor Payudara,” pp. 0–6, 2020.
- [7] SAVITRI, Astrid; ALINA, L.; UTAMI, E. D. R. Kupas Tuntas Tumor Payudara, Leher Rahim dan

- Rahim. Yogyakarta: Pustaka Baru PressSusilawati, D.(2013). *Hubungan Dukungan Keluarga dengan Tingkat Kecemasan Penderita Tumor Serviks Paliatif di RSUP dr. Sardjito Yogyakarta. Jurnal Keperawatan Diponegoro*, 2015, 4.2: 87-99.
- [8] N. B. C. Foundation, "Breast Anatomy and How Tumor Starts." <https://www.nationalbreastTumor.org/>. [Apr. 3, 2023]
- [9] C. A. Balanis, "ANTENNA THEORY ANALYSIS AND DESIGN," in *Proceedings of the IEEE*, 3rd ed., vol. 4, Canada, 2016.
- [10] W. L. Stutzman and W. A. Davis, "Antenna Theory," in *Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering*, Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 1999.
- [11] Y. Wulandari, "Perancangan dan Pembuatan Antena Patch segiempat untuk meningkatkan Bandwith dengan Metode Defected Ground Structure (DGS)," vol. 2, pp. 6–21, 2015.
- [12] A. K. Arya, M. V. Kartikeyan, and A. Patnaik, "Defected ground structure in the perspective of microstrip antennas: A review," *Frequenz*, vol. 64, no. 5–6, pp. 79–84, 2010, doi: 10.1515/FREQ.2010.64.5-6.79.
- [13] R. Er-Rebyiy, J. Zbitou, A. Tajmouati, M. Latrach, A. Errkik, and L. El Abdellaoui, "A new design of a miniature microstrip patch antenna using Defected Ground Structure DGS," *2017 Int. Conf. Wirel. Technol. Embed. Intell. Syst. WITS 2017*, 2017, doi: 10.1109/WITS.2017.7934598.
- [14] M. Arsyad, "DESAIN DAN ANALISIS EFEK SLOTED-PATCH PADA ANTENA MIKROSTRIP MIMO 4x4 DAN 8x8 UNTUK MENINGKATKAN BANDWIDTH PADA FREKUENSI KERJA 28 GHz," no. 5880, pp. 1–8, 2017.
- [15] L. L. K. Singh, B. Gupta, and P. P. Sarkar, "T-slot Broadband Rectangular Patch Antenna," *Int. J. Electron. Electr. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 43–47, 2011.
- [16] David Seabury, "Update On SAR Standards And The Basic Requierments For SAR Assessments," *ETS-Lindgren Article*, Amerika Selatan, 2005.
- [17] ITU-R, "Impact of industrial , scientific and medical (ISM) equipment on radiocommunication services SM Series," vol. 2180, 2010.
- [18] M. Zahrah, H. Wijayanto, and B. setia Nugroho, "PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA TEKSTIL BODY CENTRIC UNTUK KOMUNIKASI WBANs," vol. 2, no. 1, pp. 313–322, 2015.
- [19] S. Li, E. Fear, and L. Curiel, "Breast tissue mimicking phantoms for combined ultrasound and microwave imaging," *Phys. Med. Biol.*, vol. 66, no. 24, pp. 3–6, 2021, doi: 10.1088/1361-6560/ac3d18.
- [20] NAHALINGAM, Kirthika; SHARMA, Satish K. An investigation on microwave breast Tumor detection by ultra-widebandwidth (UWB) microstrip slot antennas. In: *2011 IEEE International symposium on antennas and propagation (APSURSI)*. IEEE, 2011. p. 3385-3388.