

PERANCANGAN FLEKSIBEL ANTENA DENGAN SUBSTRAT *POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET)* UNTUK PENDETEKSIAN TUMOR PADA PAYUDARA

Rosdiansyah^[1], Yusnita Rahayu^[1], Yuyu Wahyu^[2]

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Riau^[1]

Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, 28293^[1]

Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia^[2]

Komplek LIPI Gedung 20 Lantai 4, Jl Sangkuriang, Bandung 40135, Indonesia^[2]

Email: rosdiansyah5668@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Cancer is one of the leading causes of death worldwide. Early detection is the best solution for cancer treatment. The UWB microwave imaging technology is one of the most promising technologies in the field of medical diagnosis, because it is non-ionizing and low cost. One of the most important elements in a microwave imaging system is an antenna. Recently, the flexible electronic is used as substrate for microstrip antenna. This paper will proposed the design of flexible antenna for breast tumor detection. The proposed antenna is designed using Polyethylene Terephthalate (PET) as substrate and silver as patch. The simulation result shows flexible antenna is work at 5.8 GHz frequency with -25.27 dB value of return loss, 1.115 value of VSWR, 3.37 GHz bandwidth, 58.1% GHz impedance bandwidth and 2.68 dBi Gain. By using a flexible substrate, the antenna can follow the structure of the breast and can be placed in the breast for better breast tumor detection.

Keywords: Breast tumor detection, Flexible Antenna, Polyethylene Terephthalate (PET), Ultrawideband (UWB)

I. PENDAHULUAN

Penyakit kanker merupakan salah satu penyebab kematian utama diseluruh dunia (Faisal, 2017). Kanker adalah pertumbuhan yang tidak normal dari sel-sel jaringan tubuh yang berubah menjadi ganas. Sel-sel tersebut dapat tumbuh lebih lanjut serta menyebar ke bagian tubuh lainnya serta menyebabkan kematian. Berdasarkan *The International Agency for Research on Cancer (IARC)* penderita kanker diseluruh dunia diperkirakan akan meningkat sebesar 18,1 juta kasus baru dan 9,6 juta meninggal akibat kanker pada tahun 2018. Solusi terbaik untuk penyakit kanker adalah dengan mengetahui lebih awal mengenai gejala-gejala kanker sehingga dapat ditentukan langkah selanjutnya untuk menghambat perkembangan sel kanker lebih lanjut.

Teknologi Ultrawideband (UWB) merupakan teknologi yang menggunakan sistem pencitraan gelombang mikro. Teknologi UWB diprakarsai oleh The Federal Communications Commission (FCC) pada tahun 2002. FCC mendefinisikan UWB sebagai sinyal dengan bandwidth lebih dari 500 MHz pada rentang frekuensi 3,1 hingga 10,6 GHz. Kemunculan UWB menjadi standart IEEE 802.15.3a yang bertujuan menyediakan spesifikasi teknologi dengan biaya rendah, konsumsi daya rendah, serta kemampuan transmisi yang tinggi (Aiello, 2003).

UWB adalah teknologi baru yang memiliki potensi aplikasi dibidang kedokteran diagnostik. Teknologi pencitraan gelombang mikro UWB adalah salah satu teknologi yang paling menjanjikan di bidang diagnosis medis, karena tidak memiliki sifat pengion (Non-Ionizing) dan biaya yang murah (Alsharif, 2018). Teknologi UWB memiliki panjang gelombang yang lebih tinggi (dibandingkan Mammografi sinar x) untuk mendapatkan informasi letak tumor, serta tingkat akurasi dan keamanan yang lebih baik (Kahwaji, 2016).

Salah satu elemen yang paling penting dalam sistem pencitraan gelombang mikro adalah antenna. Antena berfungsi dalam mengirim dan menerima sinyal ke objek yang tersebar disekitarnya. Salah satu bahan dasar dalam pembuatan antenna adalah substrat. Substrat merupakan suatu elemen yang berfungsi sebagai bahan dielektrik dari antenna mikrostrip yang membatasi elemen peradiasi dengan elemen ground. Elemen ini memiliki jenis yang bervariasi yang dapat digolongkan berdasarkan nilai konstanta dielektrik (ϵ_r), dan ketebalannya (h). Belakangan ini, meningkatnya perhatian dari akademisi dan industri untuk meneliti mengenai keunggulan dari elektronik fleksibel, dimana dianggap mampu memenuhi kebutuhan dalam perakitan serta karena sangat berguna karena efisien, handal, ringan, bentuknya

dapat mengikuti permukaan (*wearable*). Sekarang, teknologi ini ditanam pada beberapa bahan lainnya seperti tekstil, stiker, *jeans*, *polyethylene terephthalate (PET)* dan *kapton polyimide* (Ridha, 2014). Dimana fleksibel elektronik yang sudah mulai digunakan sebagai substrat untuk sebuah desain antena (Ridha, 2014). Diantara beberapa substrat fleksibel yang digunakan untuk antena mikrostrip, salah satu jenis substrat yang paling umum digunakan yaitu *polyethylene terephthalate (PET)*, dimana substrat PET sudah digunakan di beberapa penelitian sebelumnya seperti pada penelitian yang dilakukan oleh (Paracha, 2018) dan (Matyas, 2017).

Pada penelitian ini, dilakukan perancangan dan simulasi fleksibel antena dengan substrat *polyethylene terephthalate (PET)* pada frekuensi 5.8 GHz yang digunakan untuk pendeteksian tumor pada payudara, dimana dengan menggunakan substrat yang fleksibel, hal ini dapat memberikan keuntungan yaitu antena dapat mengikuti struktur dari payudara dan dapat ditempatkan di payudara untuk memudahkan pendeteksian tumor pada payudara.

II. LANDASAN TEORI

2.1. Antena Mikrostrip Patch Persegi Panjang

Antena mikrostrip merupakan jenis antena yang memiliki bentuk board yang terdiri dari 3 lapisan, yaitu *patch* sebagai elemen peradiasi gelombang elektromagnetik, substrat yang merupakan bahan dielektrik dan *ground*. Bentuk dari antena mikrostrip bermacam-macam disesuaikan dengan penggunaan antena, bentuk *patch* persegi merupakan model yang jamak digunakan dikarenakan proses perancangannya yang mudah dibandingkan dengan model *patch* lainnya. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menentukan dimensi antena mikrostrip *patch* persegi panjang. Menentukan lebar *patch* (w) (Sidauruk, 2015):

$$W = \frac{c}{2f_r \sqrt{\frac{(\epsilon_r + 1)}{2}}}$$

Keterangan

c = Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

f_r = Frekuensi kerja antena

ϵ_r = Konstanta dielektrik substrat

Sedangkan untuk menentukan panjang (*patch*) (L) diperlukan parameter ΔL yang

merupakan pertambahan panjang dari L . Pertambahan panjang dari L (ΔL) tersebut dirumuskan dengan (Sidauruk, 2015):

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)}$$

Dimana h merupakan tinggi substrat, maka konstanta dielektrik efektif (ϵ_{reff}) yang dirumuskan sebagai (Sidauruk, 2015):

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{h}{W} \right)}} \right)$$

Dengan demikian panjang *patch* (L) diberikan oleh (Gusma, 2014):

$$L = L_{eff} - 2\Delta L$$

Dimana L_{eff} merupakan panjang *patch* efektif yang dapat dirumuskan dengan :

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}}$$

2.2. Teknik Pencatutan Mikrostrip

Teknik pencatutan pada sebuah antena mikrostrip adalah teknik yang digunakan untuk mentransmisikan energi elektromagnetik ke antena mikrostrip. Teknik pencatutan yang digunakan pada antena mikrostrip merupakan salah satu hal penting yang akan berpengaruh dalam sebuah perancangan antena mikrostrip. Terdapat beberapa teknik pencatutan antena mikrostrip, yaitu *Electromagnetically Coupled (EMC)*, *Microstrip Line*, *Coaxial Probe* dan *Coplanar Waveguide*. Setiap teknik pencatutan memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing (Istiqamah, 2012). Pada penelitian ini akan menggunakan teknik pencatutan *Coplanar Waveguide* karena teknik ini yang paling sesuai untuk diaplikasikan pada fleksibel antena, karena teknik pencatutan *Coplanar Waveguide* memungkinkan setiap bagian dari antena berada pada satu sisi substrat yang sama.

2.3 Antena Ultrawideband

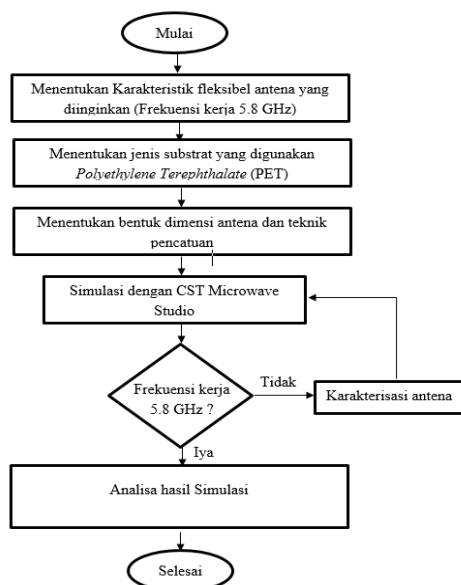
Ultrawideband adalah aplikasi yang menggunakan spektrum frekuensi yang sangat lebar dengan tujuan mendapatkan kecepatan transfer data (datarate) yang tinggi. Sinyal yang memiliki sifat ultrawideband juga digunakan untuk pemosisian (positioning) yang sangat akurat. Karena band frekuensi yang digunakan oleh aplikasi UWB ini sedianya telah terpakai untuk aplikasi-aplikasi lainnya ditahun 2002. Badan regulasi

telekomunikasi Amerika (Federal Communication Commision/FCC) mengeluarkan rekomendasi penggunaan frekuensi 3.1 GHz sampai 10.6 GHz untuk aplikasi UWB, terutama yang terkait dengan pancaran maksimal yang diizinkan. FCC mengklasifikasikan antenna *ultrawideband* memiliki lebar pita lebih besar dari 500 MHz (Sumanta, 2014).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diaram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian berisi tahapan-tahapan yang bertujuan untuk membantu dalam menyelesaikan penelitian. Tahapan dimulai dengan membuat diagram alir perancangan fleksibel antenna. Perancangan dimulai dengan menentukan frekuensi kerja yang ingin dicapai serta jenis substrat yang digunakan yaitu substrat *Polyethylene Terephthalate*. Kemudian menentukan bentuk dimensi antenna dan teknik pencatutan yang digunakan, Setelah itu dilakukan simulasi dan karakterisasi hingga memperoleh hasil parameter yang baik sesuai yang diinginkan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3.2. Menentukan Karakteristik Antena

Adapun tahapan awal dari perancangan antenna adalah menentukan karakteristik antenna yang diharapkan, yaitu frekuensi kerja antenna, impedance bandwidth, return loss, VSWR, dan gain. Adapun parameter antenna yang diinginkan seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter Antena yang Diinginkan

Parameter	Karakterisasi Antena
Frekuensi Kerja	5.8 GHz
<i>Return Loss</i>	< -10 dB
<i>Bandwidth</i>	> 500 MHz
VSWR	≤ 2
<i>Gain</i>	≤ 10 dBi

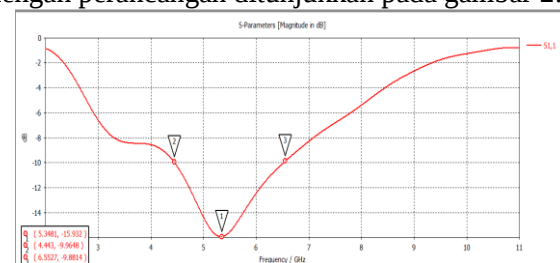
Pemilihan Frekuensi kerja 5.8 GHz didasarkan karena frekuensi kerja 5.8 GHz termasuk ke dalam *Industrial, Scientific, and Medical (ISM) Band* (Dhengale, 2015) dan dengan bandwidth >500 MHz membuat antenna juga termasuk ke dalam antenna *ultrawideband*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan perhitungan dan perancangan fleksibel antenna dengan ukuran sesuai perhitungan, tahap selanjutnya yaitu dilakukannya karakterisasi dan simulasi hasil rancang akhir fleksibel antenna untuk pendeteksian tumor pada payudara.

4.1 Perancangan Antena Mikrostrip Elemen Tunggal

Perancangan fleksibel antenna mikrostrip dengan model *patch* persegi panjang serta ground plane yang berada pada sisi kiri dan kanan saluran pencatu. Teknik pencatutan yang digunakan yaitu dengan pencatutan *coplanar waveguide*, penggunaan pencatutan ini untuk memudahkan dalam proses perancangan antenna mikrostrip. Hasil simulasi fleksibel antenna dengan ukuran sesuai dengan perancangan ditunjukkan pada gambar 2.



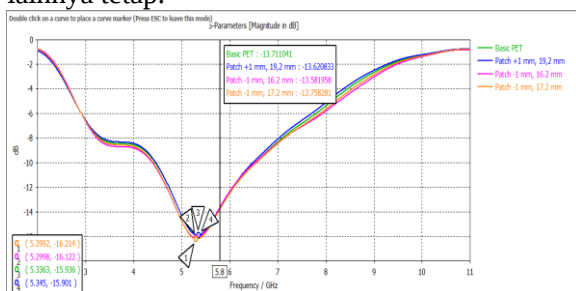
Gambar 2. *Return Loss* fleksibel antenna sesuai dimensi perhitungan

Dari gambar 2 menunjukkan bahwa hasil simulasi telah menunjukkan nilai *return loss* yang baik yaitu -15.93 dB pada frekuensi 5.34 GH, Namun frekuensi yang diinginkan masih belum terpenuhi, karena antenna yang dirancang adalah antenna yang bekerja pada frekuensi 5.8 GHz. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses pengkarakterisasian antenna, baik pada dimensi saluran pencatu, dimensi *patch* maupun dimensi

ground untuk mendapatkan rancangan yang optimal.

a. Hasil Karakterisasi Lebar Patch

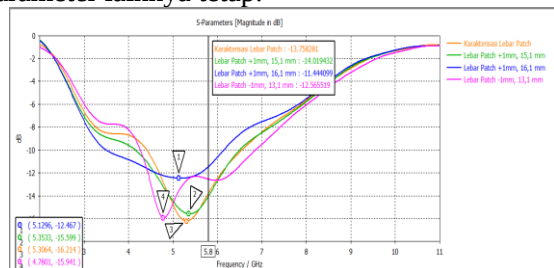
Karakterisasi lebar *patch* bertujuan untuk mendapatkan frekuensi kerja antenna yang diinginkan dan nilai *return loss* yang lebih baik. Gambar 3 memperlihatkan karakterisasi dari rancangan antenna elemen tunggal dengan mengubah hanya lebar *patch*, variasi lebar *patch* yang dibuat adalah mulai dari 16.2 mm hingga 19.2 mm dengan kenaikan 1 mm sedangkan parameter lainnya tetap.



Gambar 3. *Return Loss* Karakterisasi Lebar *Patch*
Gambar 3 Menunjukkan bahwa frekuensi kerja dan nilai *return loss* terbaik diperoleh pada lebar *patch* 17.2 mm dan memiliki frekuensi tengah di 5.3 GHz dengan *return loss* dengan nilai sebesar -16.20 dB. Namun, dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa karakterisasi lebar *patch* mempengaruhi nilai *return loss* dari antenna. Oleh karena itu, akan dilakukan karakterisasi pada dimensi panjang *patch* untuk mendapatkan parameter yang diinginkan dari antenna tersebut.

b. Hasil Karakterisasi Panjang Patch

Karakterisasi panjang *patch* bertujuan untuk mendapatkan grafik yang memiliki nilai *return loss* paling rendah. Gambar 4 memperlihatkan karakterisasi dari rancangan antenna elemen tunggal dengan mengubah hanya lebar *patch* sedangkan parameter lainnya tetap.

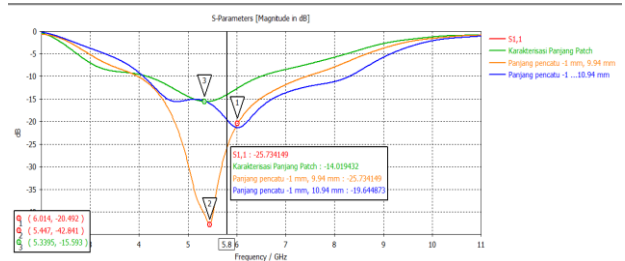


Gambar 4. *Return Loss* Karakterisasi Panjang *Patch*

Gambar 4 menunjukkan perubahan panjang *patch* berpengaruh pada nilai *return loss* dan frekuensi kerja dari antenna, hasil simulasi juga menunjukkan penambahan dan pengurangan dimensi panjang *patch* membuat nilai *return loss* dan frekuensi kerja antenna mengarah ke nilai yang lebih buruk, sehingga hasil karakterisasi *patch* antenna tetap dengan dimensi 14.1 mm dengan nilai *return loss* -16.21 pada frekuensi 5.3 GHz.

c. Hasil Karakterisasi Panjang Pencatu

Gambar 5 memperlihatkan sebuah pengkarakterisasian dari rancangan antenna dengan mengubah hanya panjang pencatu, sedangkan parameter lainnya tetap. Variasi panjang *patch* yang dibuat adalah mulai 11.94 mm hingga 9.94 mm dengan perubahan -1 mm. Dari Gambar 4 tersebut dapat diamati bahwa dengan mengubah panjang pencatu, maka terdapat perubahan signifikan pada frekuensi kerja antenna dan nilai *return loss* dari antenna



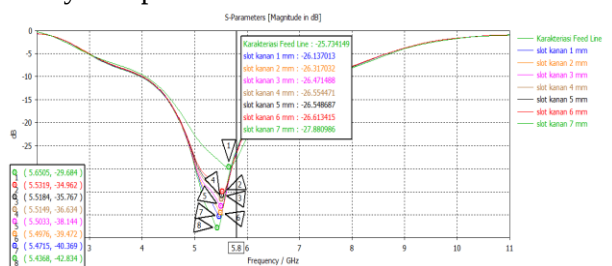
Gambar 5. *Return Loss* Karakterisasi Panjang Pencatu

Berdasarkan data hasil simulasi, diketahui bahwa nilai *return loss* terbaik diperoleh pada panjang Pencatu 9.94 mm dan memiliki frekuensi tengah di 5.44 GHz dengan *return loss* sebesar -42.841 dB. Dengan demikian, karakterisasi pada simulasi kali ini sudah mendapatkan nilai *return loss* yang baik dan mendekati frekuensi yang diinginkan. Sehingga karakterisasi selanjutnya adalah untuk mendapatkan antenna dengan frekuensi kerja 5.8 GHz.

d. Hasil Karakterisasi Patch Penambahan Slot

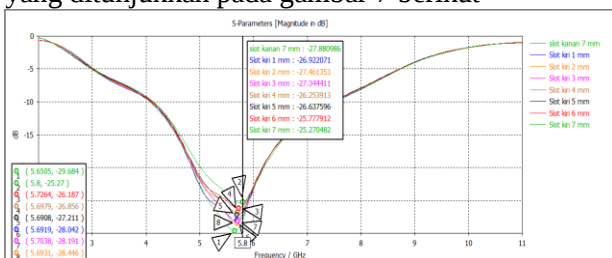
Karakterisasi Penambahan Slot pada *patch* bertujuan untuk mendapatkan frekuensi kerja antenna yang diinginkan yaitu 5.8 GHz. Penambahan slot pada *patch* antenna akan dilakukan pada 2 bagian *patch* yaitu pada bagian kanan atas *patch* dan kiri atas *patch*. Gambar 6 memperlihatkan karakterisasi dari rancangan antenna elemen tunggal dengan menambah slot pada

Patch bagian kanan atas sedangkan parameter lainnya tetap.



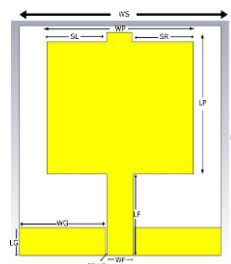
Gambar 6. Return Loss Karakterisasi Patch Penambahan Slot bagian kanan

Gambar 6 menunjukkan bahwa frekuensi kerja yang mendekati 5.8 GHz adalah pada penambahan slot bagian kanan atas dengan panjang 7 mm, yang memiliki frekuensi kerja 5.65 GHz dengan return loss sebesar -29.684 dB. Hasil tersebut telah mendekati frekuensi kerja yang diinginkan, untuk mendapatkan frekuensi kerja yang tepat pada 5.8 GHz maka dilakukan penambahan slot pada bagian kiri atas patch antenna yang ditunjukkan pada gambar 7 berikut



Gambar 7. Return Loss Karakterisasi Patch Penambahan Slot bagian Kiri Atas

Gambar 7 menunjukkan pada penambahan slot patch 7 mm bagian kiri atas didapatkan antenna dengan frekuensi kerja 5.8 GHz dengan nilai Return Loss -25.27 dB. Dengan demikian, dari hasil simulasi ini dapat disimpulkan bahwa karakterisasi patch penambahan slot mempengaruhi frekuensi kerja dan besar nilai return loss antenna dan telah mendapatkan antenna dengan frekuensi kerja 5.8 GHz. Hasil akhir dari desain fleksibel antenna dengan substrat PET ditunjukkan pada gambar 8



Gambar 8. Desain fleksibel antenna mikrostrip

Tabel 2. Dimensi Rancangan Akhir Fleksibel Antena

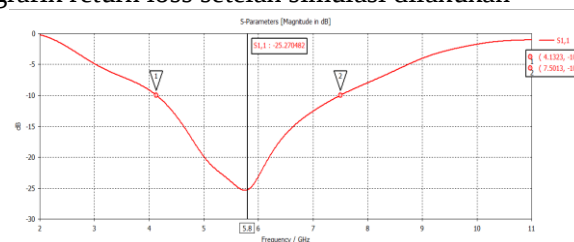
Parameter	Dimensi (mm)
Lebar Substrat (WS)	23,65
Panjang substrat (LS)	25
Lebar Patch (WP)	17,2
Panjang Patch (LP)	14,1
Lebar Pencatu (WF)	3,03
Panjang Pencatu (LF)	9,94
Lebar Ground (WG)	10,11
Panjang Ground (LG)	3
Slot CPW (CPWS)	0,2
Slot Kiri (SL)	7
Slot kanan (SR)	7

4.2 Hasil simulasi Antena Elemen Tunggal

Desain fleksibel antenna mikrostrip disimulasikan menggunakan software CST Microwave Studio. Setelah antenna disimulasikan dan melewati karakterisasi serta optimalisasi akan menghasilkan beberapa nilai parameter, seperti return loss, VSWR, bandwidth, dan gain seperti berikut.

4.2.1 Return Loss

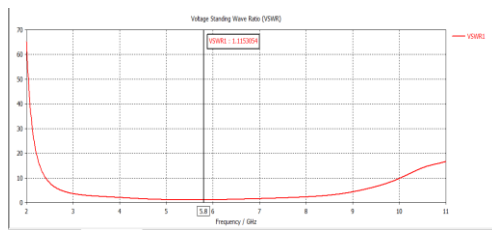
Nilai return loss yang didapatkan setelah simulasi dan karakterisasi adalah return loss - 25.27 dB pada frekuensi 5.8 GHz. Berdasarkan hasil simulasi, antenna mikrostrip menghasilkan parameter return loss sesuai dengan yang diinginkan yaitu < -10 dB. Gambar 9 merupakan grafik return loss setelah simulasi dilakukan



Gambar 9. Grafik return loss fleksibel antenna elemen tunggal

4.2.2 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Nilai VSWR yang didapatkan setelah simulasi dan karakterisasi adalah nilai VSWR yang diperoleh pada frekuensi 5.8 GHz adalah sebesar 1.115. Berdasarkan teori bahwa pada perancangan antenna dapat bekerja apabila nilai $VSWR \leq 2$. Gambar 10 merupakan grafik VSWR setelah dilakukan simulasi.



Gambar 10. Grafik VSWR fleksibel antenna elemen tunggal

4.2.3 Bandwidth

Adapun *bandwidth* yang dicapai pada nilai $VSWR \leq 2$ frekuensi 5.8 GHz adalah :

$$Bandwidth = 7.5 - 4.13 = 3.37 \text{ GHz}$$

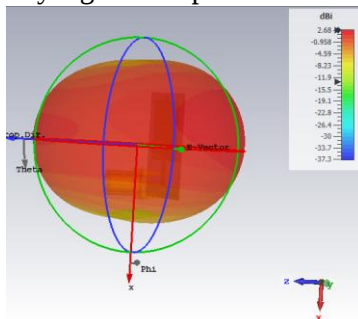
$$Impedansi \text{ Bandwidth} = \frac{7.5 - 4.13}{5.8} \times 100 \%$$

$$Bandwidth = 58.1 \% (3.37 \text{ GHz})$$

Perhitungan nilai *bandwidth* yang dihasilkan pada perancangan elemen tunggal fleksibel antenna mikrostrip adalah sebesar 3.37 GHz atau nilai impedansi *bandwidth* sebesar 58.1%. Hal ini telah memenuhi standar *bandwidth* dari antenna *Ultra Wideband* dengan minimal memiliki *bandwidth* selebar ≥ 500 MHz (Sumanta, 2014).

4.2.4 Gain

Nilai gain yang didapatkan dari hasil simulasi perancangan antenna mikrostrip elemen tunggal adalah sebesar 2.68 dBi pada frekuensi 5.8 GHz, seperti yang terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Gain fleksibel antenna

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang diperoleh dari hasil perancangan dan simulasi fleksibel antenna, diantaranya sebagai berikut :

1. Penelitian ini menunjukkan untuk mendapatkan antenna dengan frekuensi yang

diinginkan maka perlu dilakukan karakterisasi, yaitu dengan mengubah ukuran dari antenna mikrostrip hingga mendapatkan hasil yang mendeteksi frekuensi kerja yang diinginkan

2. Pada penelitian ini menunjukkan hasil yang optimal sesuai dengan parameter Fleksibel antenna yang ditargetkan yaitu dihasilkan return loss dan VSWR yang baik yaitu-25.27 dB dan 1.115 pada frekuensi 5.8 GHz. Dengan *bandwidth* sebesar 3.37 GHz impedansi *bandwidth* 58.1% dan 2.68 dBi Gain
3. Dengan menggunakan substrat yang fleksibel, hal ini dapat memberikan keuntungan yaitu antenna dapat mengikuti struktur dari payudara dan dapat ditempatkan di payudara untuk memudahkan pendeteksian tumor pada payudara.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian berikutnya adalah :

1. Melakukan fabrikasi fleksibel antenna dengan substrat PET dan melakukan pengukuran dengan *Vector Network Analyzer (VNA)*.
2. Melakukan Pengujian fleksibel antenna yang telah difabrikasi terhadap pemodelan payudara dengan tumor.

DAFTAR PUSTAKA

- Aiello, G. R., & Rogerson, G. D. (2003). Ultra-wideband wireless systems. *IEEE microwave magazine*, 4(2), 36-47.
- Alsharif, F., & Kurnaz, C. (2018, July). Wearable Microstrip Patch Ultra Wide Band Antenna for Breast Cancer Detection. In *2018 41st International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)* (pp. 1-5). IEEE.
- Dhengale, B. B., & Karia, D. C. (2015, January). A 5.8 GHz ISM band Microstrip antenna for RFID applications. In *2015 International Conference on Nascent Technologies in the Engineering Field (ICNTE)* (pp. 1-4). IEEE.
- Faisal, M. M. A., Uddin, M. J., Ullah, M. W., Kamrul, M. I., Haque, K. M., & Rahman, E. (2017, November). Comparative analysis of

- different types of breast cancer cell detection antennas. In *Inventive Computing and Informatics (ICICI), International Conference on* (pp. 927-930). IEEE.
- Gusma, R. A. 2014. Simulasi Antena Mikrostrip Patch Persegi Panjang *Plannar Array* 6 Elemen dengan Pencatuan *Aperture Coupled* untuk Aplikasi CP E WiMax Pada Frekuensi 3,3-3,4 GHz. Skripsi. Fakultas Teknik, Universitas Riau: Pekanbaru
- Istiqamah, NA. (2012). Desain Dan Implementasi Patch Antenna Dengan Pencatuan L-Shaped Probe Untuk Aplikasi Wlan. Bandung (ID) : Politeknik Bandung
- Kahwaji, A., Arshad, H., Sahran, S., Garba, A. G., & Hussain, R. I. (2016, March). Hexagonal microstrip antenna simulation for breast cancer detection. In *Industrial Informatics and Computer Systems (CIICS), 2016 International Conference on* (pp. 1-4). IEEE.
- Matyas, J., Slobodian, P., Munster, L., Olejník, R., & Urbánek, P. (2017). Microstrip antenna from silver nanoparticles printed on a flexible polymer substrate. *Materials Today: Proceedings*, 4(4), 5030-5038.
- Paracha, K. N., Rahim, S. K. A., Chattha, H. T., Aljaafreh, S. S., & Lo, Y. C. (2018). Low-cost printed flexible antenna by using an office printer for conformal applications. *International Journal of Antennas and Propagation*, 2018.
- Ridha, R., Zulkifli, F.Y., Basari., Rahardjo, E.K., (2014). *Desain Antena Dengan Bahan Polymide Untuk Penerima Pada Aplikasi Gps*. Depok (ID) : Universitas Indonesia
- Sidauruk H. F, Rambe A. H. 2014. Analisa Penentuan Ukuran Slot Pada Karakteristik Antena Mikrostrip Patch Segiempat Dengan Pencatu *Aperture Coupled*. Konsentrasi Teknik Telekomunikasi, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Vol. 10 No. 27: Medan
- Sumanta, S. (2014). Analisa Bentuk Patch Pada Antena Mikrostrip Untuk Teknologi Ultra Wideband Rentang Frekuensi 3.1-10.6 Ghz. Bandung (ID) : Universitas Telkom