

Perancangan dan Pengukuran Antena Mikrostrip Fleksibel untuk Pendeteksi Tumor Payudara

Rando Saputra^[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: rando.saputra3733@student.unri.ac.id

ABSTRACT

In this research, a flexible microstrip antenna using the Coplanar Waveguide feeding technique was applied for breast tumor detection. The antenna is designed and simulated using HFSS 15.0 simulation software and operates at frequency of 4-6 GHz with a wide bandwidth which is 3.5 GHz (5.5 GHz - 9 GHz). The flexible microstrip antenna using a flexible PET (polyethylene) substrate has a value of $\epsilon_r = 3$ and a thickness of 0.135 mm is printed with silver ink as a patch and ground material. The antenna was measured by simulation using breast phantom, and an additional 1 mm of tumor as a comparison of the measurement result. The return loss result from measurement using breast phantom with tumor are -29 dB at frequency of 4.9 GHz, and measurement for breast phantom without tumor are -31.5 dB at frequency of 4.5 GHz. For the bandwidth obtained, both of them get a width of 2 GHz (3.6 GHz - 5.6 GHz).

Keywords: Flexible Microstrip Antenna, Bandwidth, Coplanar Waveguide, Polyethylene

I. PENDAHULUAN

Salah satu elemen yang paling penting dalam sistem pencitraan gelombang mikro adalah antena. Antena berfungsi dalam mengirim dan menerima sinyal ke objek yang tersebar disekitarnya. Berbagai jenis antena *wideband* (WB) dan *ultrawideband* (UWB) untuk pencitraan gelombang mikro dalam mendeteksi tumor telah dikembangkan. Dalam teknologi pencitraan UWB yaitu penggunaan antena sebagai alat deteksi utama untuk mentransfer daya gelombang mikro dari pemancar ke permukaan payudara, daya pantulan dari payudara digunakan oleh antena sebagai parameter untuk menentukan keberadaan tumor (Amir, 2015).

Jenis antena mikrostrip dipilih dalam penelitian ini, selain bentuknya yang kecil antena jenis antena mikrostrip juga dapat dicetak pada dielektrik/substrat yang fleksibel. Antena mikrostrip dalam penelitian ini memiliki keuntungan dari segi fisik yang memiliki sifat fleksibel, berbeda dari antena mikrostrip pada umumnya yang cenderung memiliki sifat kaku, tebal dan berat juga.

Substrat yang bersifat fleksibel, seperti *polyethylene* (PET), *polyethylene naphthalate* (PEN) atau kapton polyimide direkomendasikan karena sifat listrik dan mekanik yang dimilikinya jika dibandingkan dengan media lainnya. Antena mikrostrip yang dicetak dengan teknik *coplanar waveguide* (CPW) lebih disukai dalam mendesain antena fleksibel karena posisi elemen *patch* dan *ground* dicetak pada sisi substrat yang sama, dan memudahkan serta mengurangi kerumitan saat proses pencetakan (Saeed, 2016).

Pada penelitian ini akan dirancang sebuah antena mikrostrip berbahan fleksibel dengan teknik pencatutan CPW (*Coplanar Waveguide*) dengan memiliki frekuensi kerja 4-6 GHz dengan *bandwidth* lebar dan akan dilakukan proses simulasi pengukuran perbandingan *breast phantom* dengan tumor dan *breast phantom* tanpa tumor.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Antena Mikrostrip Patch Persegi Panjang

Patch yang paling umum digunakan dalam perancangan antena adalah *patch*

berbentuk persegi panjang. Adapun perhitungan yang digunakan dalam melakukan perancangan antena mikrostrip berbentuk persegi panjang (Gusman, 2014):

Menentukan lebar *patch* (*w*):

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (1)$$

Untuk menentukan panjang *patch* (*l*) diperlukan parameter Δl yang merupakan pertambahan panjang dari *l* akibat adanya *fringing effect*. Pertambahan panjang dari *l* (Δl) tersebut dirumuskan dengan (Gusman, 2014):

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)} \quad (2)$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{h}{W} \right)}} \right) \quad (3)$$

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (4)$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (5)$$

Keterangan variabel rumus:

- W* = lebar *patch*
- c* = kecepatan cahaya di ruang bebas (3×10^8 m/s)
- f_o* = frekuensi kerja dari antena
- ϵ_r = konstanta dielektrik dari bahan substrat
- h* = merupakan tinggi substrat
- ϵ_{reff} = konstanta dielektrik efektif
- L* = panjang *patch*
- Δl = pertambahan panjang dari *L*
- L_{eff}* = panjang *patch* efektif

2.2 Substrat Fleksibel

Substrate/substrat merupakan bahan dielektrik yang berfungsi untuk membatasi

elemen peradiasi (*patch*) dengan elemen *ground plane*. Bagian ini memiliki nilai konstanta dielektrik (ϵ_r), faktor dispersi, dan ketebalan (*h*) tertentu. Ketiga nilai tersebut mempengaruhi frekuensi kerja, *bandwidth* dan juga efisiensi dari antena yang akan dibuat ketebalan (*h*) substrat jauh lebih besar dari pada ketebalan konduktor metal peradiasi (*patch*). Semakin tebal substrat, maka *bandwidth* akan semakin meningkat, tetapi berpengaruh terhadap timbulnya gelombang permukaan (*surface wave*). *Surface wave* mempengaruhi daya yang dipancarkan untuk memancarkan gelombang elektromagnetik ke arah yang diinginkan. Untuk substrat komersial yang tersedia umumnya memiliki dua data ukuran properti fisik, yaitu konstanta dielektrik atau *permittivity* (ϵ_r) dan *loss tangent* ($\tan \delta$) (Wibowo, 2017).

Substrat yang bersifat fleksibel dipilih dalam penelitian ini, alasannya karena substrat yang memiliki bahan fleksibel lebih tepat digunakan dalam pengaplikasian antena yang wearable. Substrat berbahan fleksibel selain memiliki sifat yang tidak kaku substrat ini juga memiliki harga yang cenderung lebih murah dan lebih mudah saat proses antena difabrikasi.

Flexible Substrate Antenna (FSA) memainkan peran penting dalam integrasi dan pengemasan perangkat komunikasi nirkabel dan jaringan sensor. Antena dirancang sedemikian rupa sehingga frekuensi puncak resonansi tetap tidak terpengaruh setelah ditekuk, direntangkan, atau dipelintir, saat ini sedang ditanamkan ke dalam bahan-bahan seperti kain tekstil, perban, stiker, dan layar yang bisa ditekuk. FSA dengan cepat muncul sebagai pilihan populer untuk identifikasi frekuensi radio (RFID), gadget komunikasi nirkabel multisistem, sistem komputer yang dapat dipakai, dan pakaian pintar dan memacu aplikasi baru dalam penginderaan nirkabel seperti pemantauan konstruksi sipil, pengawasan perawatan kesehatan, atau integrasi dalam sistem pencarian dan penyelamatan satelit (Fernandez, 2012).

2.3 Teknik Pencatu

Teknik pencatutan pada antena mikrostrip merupakan salah satu hal penting yang akan mempengaruhi proses perencanaan, dan teknik pencatutan antena juga akan mempengaruhi impedansi *input* dan karakteristik antena. Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan pada teknik pencatutan antena mikrostrip rektangular, yaitu secara langsung menggunakan teknik *probe coaxial* atau dengan menggunakan teknik *microstrip line*. Pada perancangan antena mikrostrip yang dilakukan menggunakan teknik *microstrip line* (Yuniati, 2015).

Nilai dari impedansi karakteristik dari pencatutan mikrostrip ditentukan oleh lebar saluran pencatu (W) dan tinggi substrat (h). Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung lebar saluran mikrostrip diberikan oleh persamaan (6) dan (7) di bawah ini (Yuniati, 2015).

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (6)$$

ϵ_r adalah konstanta dielektrik relatif, dan:

$$B = \frac{60\epsilon_r^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (7)$$

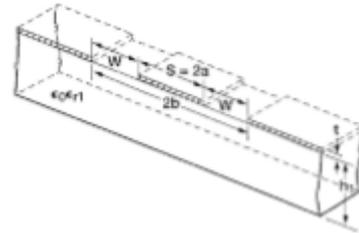
Keterangan variabel rumus:

- W = lebar saluran pencatu
- ϵ_r = konstanta dielektrik
- h = merupakan tinggi substrat
- B = merupakan sebuah penyederhanaan dari perhitungan

2.4 Coplanar Waveguide (CPW)

Coplanar waveguide biasa disingkat menjadi CPW merupakan salah satu bagian dari teknik pencatu *transmission line* pada antena mikrostrip yang dapat mengalirkan arus listrik. Ciri dari *coplanar waveguide* yaitu terdiri atas satu konduktor yang berfungsi sebagai media aliran arus listrik menuju *patch* dan diikuti dengan dua buah konduktor lainnya sebagai ground yang satu sama lain memiliki jarak

Skematik CPW dapat dilihat pada Gambar 1. Untuk mencari nilai skematik CPW menggunakan persamaan (Ruswanditya, 2017).



Gambar 1. Skematik CPW

Impedansi CPW dapat dihitung dengan mengikuti persamaan-persamaan berikut (Ruswanditya, 2017):

$$k = \frac{a}{b} \quad (8)$$

Variabel a merupakan lebar dari *transmission line*, variable b merupakan lebar dari *transmission line* ditambah *gap* dari kedua sisi *transmission line*. Ada perhitungan k , yakni *filling factor* untuk mengukur presentasi medan listrik yang melewati bahan dielektrik dengan meninjau nilai a dan nilai b . Setelah mendapatkan nilai k , kemudian cari k' , kl , kl' dengan rumus (Ruswanditya, 2017):

$$k' = \sqrt{1 - k^2} \quad (9)$$

$$kl = \frac{\tanh\left(\frac{\pi a}{4h}\right)}{\tanh\left(\frac{\pi b}{4h}\right)} \quad (10)$$

$$kl' = \sqrt{1 - kl^2} \quad (11)$$

Setelah dihitung parameter-parameter diatas, maka nilai ϵ_{eff} dan Z_0 didapat dengan persamaan berikut (Ruswanditya, 2017):

$$\epsilon_{eff} = \frac{1 + \epsilon_r \frac{K(k')K(kl)}{K(k)K(kl')}}{1 + \frac{K(k')K(kl)}{K(k)K(kl')}} \quad (12)$$

$$Z_0 = \frac{60\pi}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \frac{1}{\frac{K(k)K(kl)}{K(k')K(kl')}} \quad (13)$$

Perhitungan panjang CPW dapat menggunakan persamaan berikut (Ruswanditya, 2017):

$$L_f = 0.573\lambda_g \quad (14)$$

Keterangan variabel rumus:

- a = lebar dari *transmission line*

- b = lebar dari *transmission line* ditambah *gap*
- k = *filling factor*
- ϵ_{eff} = permitivitas efektif
- Z_0 = impedansi
- L_f = panjang CPW
- g = nilai *gap*
- k', kl, kl' = merupakan sebuah penyederhanaan dari perhitungan

2.4 Ultra-Wideband (UWB)

Ultra-Wideband yang berarti memiliki *bandwidth* yang sangat lebar. Sistem UWB bekerja pada *bandwidth* yang memiliki lebar lebih dari 500 MHz dan untuk aplikasi penerapan UWB memungkinkan pengguna dapat melihat secara x-ray pada benda padat, bawah tanah, dan menembus dinding (Taylor, 2016).

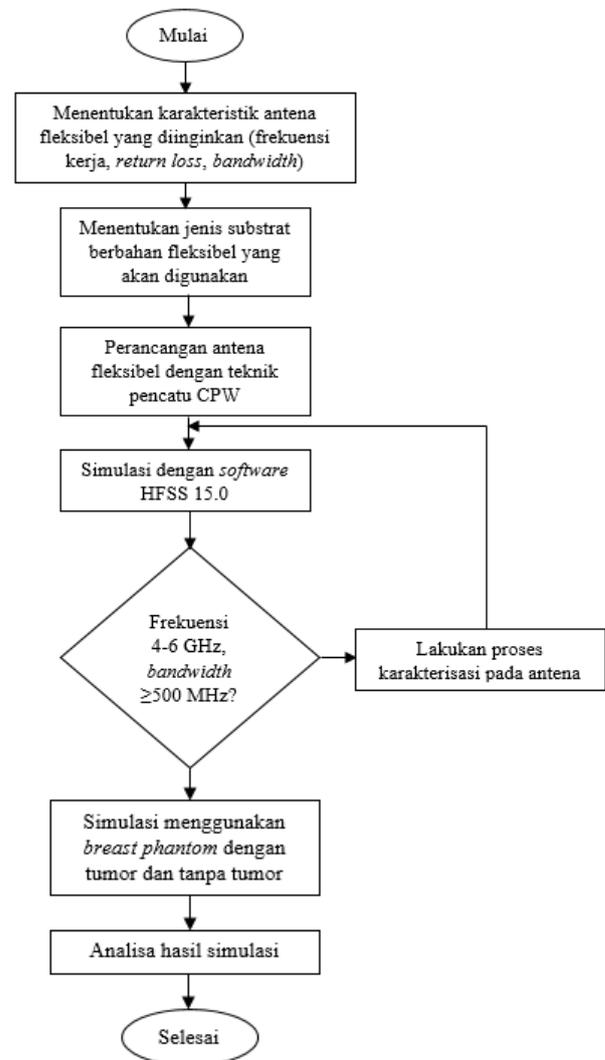
Teknologi UWB memiliki banyak aplikasi potensial dalam komunikasi jarak pendek seperti untuk keperluan medis. Selain itu, karena resolusi tinggi dan kemampuan penetrasi yang baik, UWB sering dianggap sebagai teknologi potensial untuk pencitraan. Dengan demikian manfaat dari sistem UWB dalam kesehatan terbukti dalam domain komunikasi dan domain radar. Pada domain komunikasi untuk kesehatan membutuhkan teknologi UWB karena domain komunikasi kesehatan memiliki rentang frekuensi dari 3,1 – 10,6 GHz. Pada domain radar UWB telah diadopsi pencitraan untuk pemantauan medis dari tanda-tanda vital tubuh manusia dengan mengukur parameter fisiologis seperti pola pernapasan, detak jantung, suhu, dan tekanan darah (Ghosh, 2016).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Perancangan dan Pengukuran

Dalam perancangan dan pengukuran antenna diperlukan diagram alir yang berisi tahapan tahapan yang bertujuan untuk membantu efisiensi kerja dalam proses

perancangan dan pengerjaan. Gambar 2 merupakan diagram alir dalam perancangan antenna dan pengukuran antenna secara umum pada penelitian ini.



Gambar 2. Diagram Alir Perancangan dan Pengukuran Antena

3.2 Menentukan Karakteristik Antena

Tahap awal dari perancangan antenna adalah menentukan karakteristik antenna yang diharapkan, yaitu memiliki frekuensi kerja, *bandwidth*, *return loss*. Adapun parameter antenna untuk pendeteksian tumor pada payudara dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah.

Tabel 1. Patameter Antena yang Diinginkan

Parameter	Karakterisasi Antena
Frekuensi Kerja	4-6 GHz
<i>Return Loss</i>	< -10 dB
<i>Bandwidth</i>	≥ 500 MHz

3.3 Menentukan Jenis Substrat yang Digunakan

Jenis substrat yang digunakan pada penelitian ini adalah yang memiliki bahan bersifat fleksibel, yaitu PET (polyethylene) yang memiliki ketebalan sebesar 0,135 mm dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 2 dibawah.

Tabel 2. Spesifikasi Substrat yang Digunakan

Jenis Substrat	PET (polyethylene)
Konstanta Dielektrik Relatif (ϵ_r)	3
<i>Dielectric Loss Tangent</i> ($\tan \delta$)	0,001
Ketebalan Substrat (h)	0,135 mm

Adapun dipilihnya bahan substrat PET (polyethylene) karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan bahan substrat lain, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kelebihan Substrat PET (polyethylene)

PET (polyethylene)
Memiliki bahan yang bersifat fleksibel
Harga yang relatif lebih murah
Mudah dalam proses fabrikasi

3.4 Perancangan Antena Mikrostrip Fleksibel

Pada penelitian ini akan dirancang sebuah antena mikrostrip fleksibel dengan frekuensi kerja 6 GHz. Pada perancangan awal dari dimensi antena digunakan rumus yang telah

dijelaskan pada bagian II, yaitu menggunakan persamaan (1) hingga (5). Perhitungan dimensi *patch* persegi panjang terdiri atas panjang (l) dan lebar (w).

$$W = \frac{(3 \cdot 10^8)}{2 * 6 * 10^9 \sqrt{\frac{3+1}{2}}} = 17,6 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{3+1}{2} + \frac{3-1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1+12 \cdot \frac{0.135}{17.6}}} \right] = 2,87$$

$$\Delta l = 0.412 * 0.135 \frac{(2.87+0.3) \left(\frac{17.6}{0.135} + 0.264 \right)}{(2.87 - 0.258) \left(\frac{17.6}{0.135} + 0.8 \right)} = 0,067 \text{ mm}$$

$$L_{eff} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 * 6 * 10^9 \sqrt{2.87}} = 14,7 \text{ mm}$$

$$L = 14,7 - (2 * 0,067) = 14,5 \text{ mm}$$

Setelah melakukan perhitungan secara teori untuk mendapatkan ukuran *patch* antena, maka didapat ukuran panjang dan lebar masing-masing 14,5 mm dan 17,6 mm.

Nilai satuan pencatu pada antena mikrostrip fleksibel ini memiliki impedansi sebesar 50 Ω , untuk mendapatkan nilai impedansi sebesar 50 Ω maka dilakukan perhitungan secara teori dengan menggunakan persamaan (6) dan (7).

$$B = \frac{60 \times 3,14^2}{50 \times \sqrt{3}} = 6,83$$

$$W = \frac{2 \times 0,135}{3,14} \left(\frac{6,83 - 1 - \ln(2 \times 6,83) - 1}{\ln(6,83 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{3}} + \frac{3-1}{2 \times 3} \right) = 0,84 \text{ mm}$$

3.5 Karakterisasi Antena Mikrostrip

Karakterisasi antena dilakukan dengan mengubah dimensi atau ukuran pada beberapa parameter antena yang bertujuan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan karakteristik antena yang diinginkan. Pada penelitian ini dilakukan perancangan antena mikrostrip fleksibel menggunakan teknik pencatuan CPW (*coplanar waveguide*) dengan *ground* dan *patch* berada pada sisi yang sama.

Proses karakterisasi pada penelitian ini merubah bagian dimensi *patch*, dan dimensi saluran pencatu.

3.6 Simulasi Antena Mikrostrip

Simulasi antena mikrostrip fleksibel dilakukan melalui beberapa tahapan seperti tahapan perancangan manual antena dan dilanjutkan dengan tahapan simulasi antena dengan menggunakan simulator *ANSYS HFSS*.

Simulasi antena mikrostrip menggunakan *breast phantom* merupakan pengujian kepada antena untuk melihat percobaan hasil uji kepada *breast phantom* dengan tumor sebesar 1 mm dan tanpa tumor. Hasil dari pengujian akan dianalisa untuk melihat perubahan grafik parameter S_{11} pada antena yang diuji terhadap *breast phantom* dengan tumor dan *breast phantom* tanpa tumor. Adapun parameter dari *breast phantom* yang diuji pada simulasi dapat dilihat pada Tabel 4.

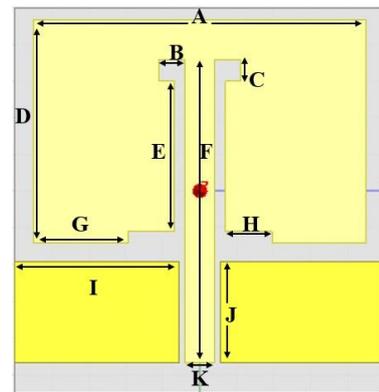
Tabel 4. Parameter Lapisan *Breast Phantom* (Bahrami, 2015)

Lapisan	Ketebalan (mm)	Jari-jari Dalam (mm)	Jari-jari Luar (mm)	Kepadatan masa (Kg/m ³)
Kulit	2	68	70	1010
Lemak	8	60	68	928
Kelenjar	120	0	60	1035
Otot	8	0	0	1040

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Karakterisasi Antena Fleksibel

Gambar 3 merupakan geometri hasil dari proses karakterisasi antena mikrostrip fleksibel untuk pendeteksi tumor pada payudara.



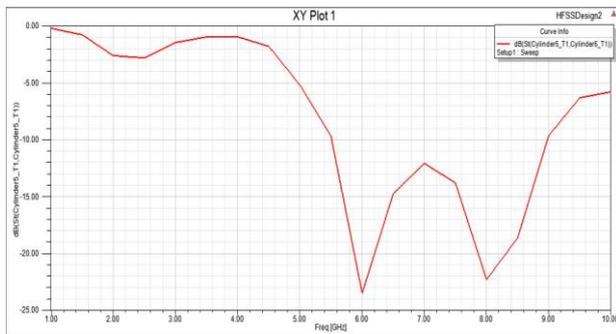
Gambar 3. Geometri Karakterisasi Antena Mikrostrip Fleksibel

Setelah dilakukan optimasi dengan cara mengganti/merubah nilai beberapa dimensi saluran pencatu dan dimensi *patch* antena yaitu lebar saluran pencatu, lebar *patch*, dan panjang *patch* didapatkan nilai dimensi antena yang ideal berdasarkan hasil simulasi seperti terlihat pada Tabel 5. Tabel 5 merupakan dimensi rancangan akhir antena fleksibel untuk pendeteksian tumor pada payudara dengan elemen tunggal.

Tabel 5. Dimensi Rancangan Akhir Antena Fleksibel

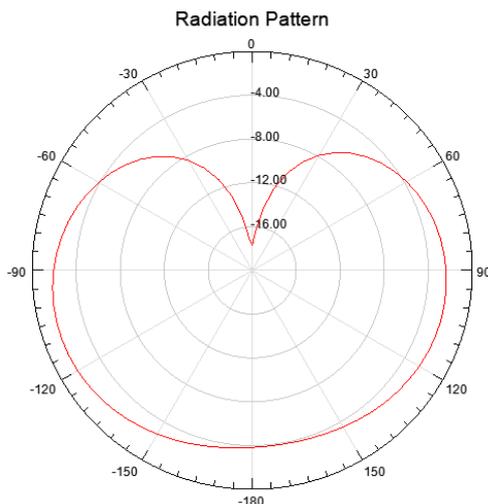
Parameter	Ukuran (mm)
Panjang <i>substrat</i>	20
Lebar <i>substrat</i>	20
Panjang <i>patch</i> (D)	12,2
Lebar <i>patch</i> (A)	18
Panjang pencatu (F)	16,5
Lebar pencatu (K)	1,6
Lebar <i>ground</i> (I)	8,9
Panjang <i>ground</i> (J)	5,5
B	1,4
C	1,15
E	8,2
G	5,1
H	2,5

4.2 Hasil Simulasi Antena Fleksibel



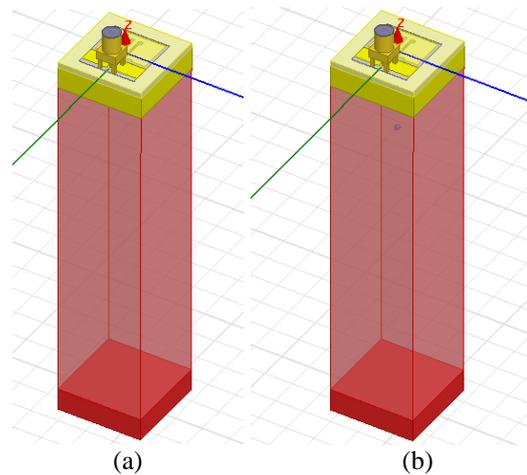
Gambar 4. Hasil Simulasi *return loss* Antena Mikrostrip

Gambar 4 menunjukkan hasil simulasi antena mikrostrip fleksibel dengan nilai *return loss* yang didapat sebesar -23,5 dB dan *bandwidth* yang diperoleh sebesar 3 GHz (5,5 GHz – 9 GHz) pada frekuensi kerja 6 GHz.



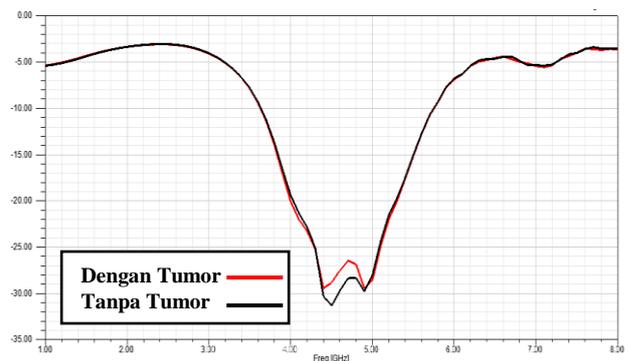
Gambar 5. Hasil Pola Radiasi Pengukuran Antena Mikrostrip Fleksibel

Gambar 5 merupakan hasil pola radiasi dari pengukuran simulasi antena mikrostrip fleksibel, dengan menghasilkan pola radiasi berbentuk *omni-direction* yang mendominasi area bawah dari antena, dimana area ini adalah arah ukur dari pantulan gelombang antena yang bersentuhan dengan payudara dan diharapkan dapat menjangkau area yang lebih luas disekitaran antena.



Gambar 6. Proses Simulasi Antena Fleksibel Dengan *Breast Phantom* (a) Tanpa Tumor, (b) Dengan Tumor

Pada Gambar 6, dapat dilihat proses simulasi antena menggunakan *breast phantom* dengan tumor seukuran 1 mm dan tanpa tumor.



Gambar 7. Hasil Simulasi *Return Loss* Antena Mikrostrip Fleksibel Pengukuran dengan *Breast Phantom*

Dapat dilihat dari Gambar 7 merupakan nilai *return loss* dari hasil simulasi S_{11} pada antena mikrostrip fleksibel yang diuji simulasi bersama *breast phantom* dengan tumor dan tanpa tumor. Terlihat bahwa hasil yang ditunjukkan dari pengujian antena pada *breast phantom* yang menggunakan tumor dan tidak menggunakan tumor memiliki perbedaan cukup jelas dari nilai *return loss*. *Return loss* yang didapat dari pengujian *breast phantom* menggunakan tumor sebesar -29 dB pada frekuensi 4,9 GHz, dan pengujian *breast phantom* tanpa tumor sebesar -31,5 dB pada

frekuensi 4,5 GHz. Untuk lebar *bandwidth* yang didapat sama-sama mendapatkan rentang dari 3,6 GHz s/d 5,6 GHz dengan nilai lebar sebesar 2 GHz.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengukuran antena mikrostrip fleksibel untuk pendeteksi tumor pada payudara maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Antena mikrostrip fleksibel untuk pendeteksi tumor payudara dirancang menggunakan teknik CPW agar memudahkan pemasangan *port* SMA pada antena dan juga untuk mendapatkan hasil *bandwidth* yang lebar.
2. Hasil uji antena secara simulasi menggunakan *breast phantom* dengan adanya tumor dan tanpa tumor bertujuan untuk melihat pengaruh antena terhadap efek tumor, dan didapatkan hasil dari uji tersebut nilai *return loss* pada antena menunjukkan perbedaan yang cukup untuk dapat mengetahui efek dari simulasi *breast phantom* dengan adanya tumor dan tanpa tumor. Untuk hasil simulasi dengan tumor sebesar 1 mm antena menghasilkan nilai *return loss* sebesar -29 dB, dan untuk hasil simulasi tanpa tumor antena menghasilkan nilai *return loss* sebesar -31,5 dB.
3. Dari hasil pengukuran dapat dilihat adanya perbedaan yang cukup jelas dari nilai *return loss*. Dimana hasil pengukuran dengan adanya tumor memiliki nilai lebih tinggi dibanding dengan hasil pengukuran tanpa adanya tumor. Hal ini dikarenakan efek gelombang pantul dari antena lebih dekat atau lebih cepat dipantulkan kembali, karena adanya pengaruh dari benda asing (tumor).
4. Hasil dari pola radiasi berbentuk *omni-direction* yang mencakup sebagian besar

area pada bawah antena. Dengan hasil ini diharapkan antena dapat menjangkau area yang lebih besar karena bentuk pola radiasinya.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini yang ingin disampaikan dari hasil pengujian pengukuran antena mikrostrip fleksibel untuk pendeteksi tumor pada payudara adalah:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan karakterisasi antena mikrostrip dengan lebih bervariasi sehingga didapatkan hasil yang lebih baik lagi seperti penggunaan substrat yang bersifat fleksibel dengan jenis yang berbeda dan tingkat fleksibilitas yang berbeda.
2. Melakukan analisa perbandingan substrat fleksibel PET dengan substrat fleksibel jenis lain untuk melihat perbedaan pengaruh atau efisiensi dari pengukuran untuk pendeteksi tumor pada payudara.
3. Dapat dilakukan fabrikasi terhadap antena yang dirancang dan diukur langsung menggunakan *breast phantom* yang nyata, atau bahkan pengujian langsung dengan payudara.

DAFTAR PUSTAKA

- Amir, A., Palantei, E., Areni, I. S., & Achmad, A. (2015, August). Movement effect on electrical properties of UWB microwave antenna during breast tumor diagnostic scanning. In *2015 IEEE Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile (APWiMob)* (pp. 188-191). IEEE.
- Bahrami, H., Porter, E., Santorelli, A., Gosselin, B., Popovich, M., & Rusch, L. (2015). Flexible sixteen antenna array for microwave breast cancer detection. *the breast*, 5(8), 9.
- Fernández-Prades, Carles, et al. "Flexible substrate antennas." *International Journal of Antennas and Propagation* (2012).

- Ghosh, D., & Sahu, P. K. (2016, September). UWB in healthcare. In *2016 International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA)* (pp. 679-682). IEEE.
- Gusman, R. A. 2014. Simulasi Antena Mikrostrip Patch Persegi Panjang Planar Array 6 Elemen dengan Pencatuan Aperture Coupled untuk Aplikasi CPE WiMax Pada Frekuensi 3,3-3,4 GHz. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Indonesia.
- Ruswanditya, A. S., Wijanto, H., & Wahyu, Y. (2017). Perancangan Antena Mikrostrip Planar Monopole dengan Pencatuan Coplanar Waveguide untuk Antena ESM. *Prosiding SENIATI*, 3(1), 2-1.
- Saeed, S. M., Balanis, C. A., & Birtcher, C. R. (2016). Inkjet-printed flexible reconfigurable antenna for conformal WLAN/WiMAX wireless devices. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 15, 1979-1982.
- Taylor, J. D. (Ed.). (2016). *Advanced Ultrawideband Radar: Signals, Targets, and Applications*. CRC press.
- Wibowo R. P. 2017. Perancangan Dan Pembuatan Antena Array Dengan Beamwidth $\leq 5^\circ$ Pada Frekuensi S-Band Dengan Menggunakan Elemen Microstrip Bow-Tie. Tugas Akhir. Fakultas Teknologi ElektroInstitut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Yuniati, M. 2015. Design dan Realisasi Antena Mikrostrip Rektangular 2 Array untuk Aplikasi WiFi. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom, Indonesia.