

ANTENA MIKROSTRIP PATCH TRIANGULAR DENGAN METODE IMPULS RADIO ULTRA WIDE-BAND UNTUK SISTEM WIRELESS BODY NETWORKS (WBANs) PADA KAPSUL ENDOSKOPI

TRIANGULAR PATCH MICROSTRIP ANTENNA USING IMPULS RADIO ULTRA WIDE-BAND METHOD FOR WIRELESS BODY NETWORKS SYSTEMS (WBANs) ON ENDOSCOPIC CAPSULES

^{1st} Robby Irhamni

Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

rirhamni@student.telkomuniversity.ac.id

^{2nd} Dr. Bambang Setia Nugroho, S.T.,
M.T

Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id

^{3rd} Dr. Levy Olivia Nur, ST., MT.

Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

levyolivia@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Teknologi *Wireless Body Area Network* atau

yang biasa disingkat WBAN merupakan suatu teknologi yang merupakan pengembangan dari konsep PAN. Kapsul endoskopi merupakan salah satu teknologi WBAN, memiliki kemampuan untuk merekam gambar di saluran pencernaan manusia, terutama di dalam usus kecil, sehingga dokter dapat lebih mudah mendiagnosa penyakit pencernaan. Kapsul endoskopi memiliki komponen pendukung seperti LED, baterai, kamera, dan antena. Antena merupakan unsur yang sangat penting dalam kapsul endoskopi. Antena harus dapat mentransmisikan data dengan kecepatan dan kualitas gambar yang baik agar dokter dapat dengan tepat menentukan kondisi saluran pencernaan pasien. Untuk mendapatkan kecepatan dan hasil gambar yang baik, antena yang disisipkan di dalam kapsul endoskopi beroperasi dalam frekuensi ultra wideband dan ukurannya pun lebih kecil sehingga dapat dimasukkan kedalam kapsul.

Setelah melakukan pengerjaan simulasi dan pengukuran, didapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi. Dari hasil simulasi yang dilakukan didapatkan hasil simulasi pada kondisi biasa VSWR 1.08, return loss -28.16 dB, gain 1.97 dBi. Hasil simulasi pada kondisi kapsul VSWR 1.455, returnloss -14.57 dB, gain 1.87. Hasil simulasi kondisi phantom VSWR 1.2, return loss -18.46 dB, gain -35 dBi. Setelah melakukan simulasi dilakukan realisasi antena dan pengukuran antena. Hasil pengukuran antena kondisi biasa VSWR 1.47, return loss -14 dB. Hasil pengukuran antena kondisi kapsul VSWR 1.57, return loss -13 dB. Hasil pengukuran antena kondisi phantom VSWR 1.2, return loss -22.7 dB. Berdasarkan hasil simulasi dan pengukuran antena dapat bekerja dengan baik pada frekuensi 5 GHz.

Kata Kunci: Antena Mikrostrip, *Wireless Capsule Endoscopy*, *Ultra Wideband*.

I. PENDAHULUAN

Pada era telekomunikasi yang terus berkembang secara cepat, untuk memenuhi segala aspek kehidupan manusia pada saat ini, maka perkembangan teknologi *wireless* atau nirkabel juga menunjukkan peran yang sangat penting dalam dunia kesehatan. Hal ini, dapat ditunjukkan dengan perkembangan teknologi WPANs, WBANs, BSNs.

Perkembangan teknologi *wireless* memiliki beberapa kegunaan dalam aspek kesehatan, salah satunya untuk mendeteksi penyakit yang ada di dalam tubuh manusia. Dimana, teknologi tersebut sangat membantu manusia dalam mendiagnosis penyakit tanpa bantuan mesin atau alat. Teknologi ini biasa dikenal dengan *Wireless Body Area Network* (WBAN) yang artinya sistem jaringan *wireless* pada tubuh manusia. Berdasarkan standarisasi WBAN terbaru IEEE 802.15.6 memiliki tujuan untuk komunikasi nirkabel berdaya rendah, dengan jangkauan komunikasi nirkabel yang sangat andal dalam area tubuh manusia. WBAN juga dapat mengurangi biaya layanan kesehatan dengan menghilangkan kebutuhan untuk memantau pasien di rumah sakit.

Yang menjadi salah satu fokus WBAN yaitu dapat memberikan kenyamanan bagi pengguna saat menggunakan aplikasi dengan interferensi yang kecil serta transmisi dengan daya rendah serta kompleksitas yang rendah. Salah satu teknologi *in-body communication* pada WBAN adalah Kapsul Endoskopi, yaitu kapsul berisi kamera yang mampu merekam atau memotret kondisi di usus halus manusia. Mengingat endoskopi tradisional masih menggunakan kamera dan kabel dirasa kurang efisien dalam mendiagnosis penyakit di saluran pencernaan manusia secara keseluruhan dan kurang nyaman digunakan karena menimbulkan rasa sakit terhadap pasien, maka kapsul endoskopi merupakan pilihan yang baik. Dalam kapsul endoskopi terdapat beberapa elemen yaitu. Kamera LED, baterai dan antena untuk mentransmisikan hasil yang didapat saat perekaman di dalam tubuh manusia [1].

Pada jurnal ini, akan dilakukan perancangan dan simulasi antena mikrostrip dengan frekuensi UWB. Antena mikrostrip dirancang dengan menggunakan substrat plastik bertujuan untuk memaksimalkan fungsi dari antena tersebut.

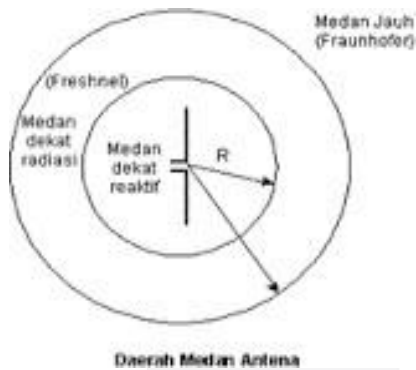
II. KAJIAN TEORI

Bab ini berisi tentang definisi dan konsep dasar dari metode-metode yang penulis gunakan untuk merancang tugas akhir ini.

a. Antena

Antena dapat diartikan sebagai konverter karena mampu merubah arus bolak-balik (AC) menjadi gelombang elektromagnetik dan dapat mengirimkan serta menerima gelombang tersebut [2]. Parameter antena dasar seperti *gain*, pola radiasi, polarisasi, dan direktivitas harus diperhatikan agar antena dapat diterima dengan baik oleh penerima atau *receiver*.

Daerah elektromagnetik antena meliputi bidang reaktif, bidang radiasi jauh, dan bidang radiasi dekat. Wilayah radiasi medan dekat terletak pada $\lambda/2\pi < r < 2D^2/\lambda$, dimana D adalah dimensi terbesar antena. Wilayah radiasi dekat sering disebut wilayah *Fraunhofer*. Daerah medan reaksi ini mencakup jarak $0 < r < \lambda/2\pi$, dimana λ adalah panjang gelombang antena, pada wilayah ini adalah ruang yang mengelilingi antena.



Gambar 1 Daerah Medan Elektromagnetik Antena [3]

b. Antena Mikrostrip

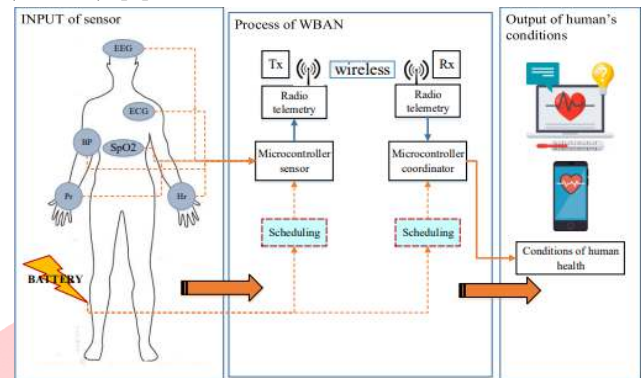
Merupakan jenis antena yang berbentuk pelat tipis dan dapat beroperasi di frekuensi kerja yang sangat tinggi. Antena mikrostrip dibuat menggunakan substrat dengan struktur substrat tiga lapis. Lapisan tersebut ialah [2].

- 1) *Trace* atau yang biasa disebut dengan *patch*, membentuk lapisan atas substrat, yang biasanya terdiri dari konduktor.
- 2) *Dielektrik*. Bagian tengah substrat, lapisan ini menggunakan bahan dielektrik. Dielektrik dengan ketebalan h memiliki permitivitas relatif (ϵ_r) berkisar antara 2,2 hingga 10. Konstanta dielektrik dijaga tetap rendah untuk meningkatkan medan luapan yang berguna dalam radiasi.
- 3) *Groundplane*. Lapisan terbawah dari substrat dinamakan *groundplane* dan memiliki bentuk yang cukup sederhana seperti lingkaran, persegi panjang, segitiga, atau bentuk lainnya yang memiliki fungsi sebagai reflektor untuk memantulkan partikel sinyal yang tidak terpakai.

c. Healthcare Monitoring

Dunia kesehatan saat ini memiliki terobosan terbaru yaitu sistem pemantauan yang digunakan untuk mengidentifikasi kondisi seseorang, dan data yang dihasilkan dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas hidup

manusia. Hal ini dapat dicapai dengan jaringan yang terdiri dari sensor cerdas, berdaya rendah, ringan, mikro dan nano-teknologi, yang dapat ditempatkan pada tubuh maupun ditanamkan dalam tubuh manusia, jaringan seperti ini biasanya disebut sebagai *Wireless Body Area Network (WBAN)*. [4]



Gambar 2 Healthcare Monitoring [5]

d. Wireless Body Networks (WBANs)

WBANs adalah jaringan sensor dengan sumber daya terbatas yang dapat menangkap informasi fisiologis tubuh dan mengirimkannya secara nirkabel ke pusat pengolahan data, memberikan jalan menuju ke sistem e-kesehatan masa depan. WBANs menggantikan peralatan perawatan kesehatan yang rumit dan berkabel untuk melakukan pemantauan terus-menerus terhadap informasi penting tanpa membatasi gerakan pengguna.

Adapun jenis komunikasi WBANs dapat dikategorikan menjadi tiga diantaranya [6]:

- 1) *Off-Body Communication* adalah metode untuk berkomunikasi melalui radio dengan jaringan yang tidak berada di atas tubuh melalui antena di atas tubuh.
- 2) *On-Body Communication* adalah metode berkomunikasi melalui radio yang terjadi antara jaringan tubuh bagian atas.
- 3) *In-Body Communication* adalah metode berkomunikasi melalui radio yang terjadi antara suatu jaringan di atas tubuh dan di dalam tubuh.

e. Kapsul Endoskopi

Endoskopi adalah prosedur untuk melihat, mendeteksi, dan mendiagnosis organ dalam secara detail menggunakan alat yang disebut endoskop. Salah satu fungsi utama dari kapsul endoskopi ini adalah untuk mengidentifikasi area di usus kecil yang tidak dapat dilihat oleh metode endoskopi lainnya, seperti kolonoskopi atau *esofagogastroduodenoskopi (EGD)*.

Prinsip kerja kapsul endoskopi ini adalah kapsul berjalan karena gerak peristaltik normal usus, mirip dengan meremas tangan. Lampu otomatis menyala begitu kemasan kapsul dibuka. Saat kapsul bergerak menuju lambung, melalui gelombang radio, gambar yang terekam dikirim ke sebuah *chip* perekam yang disimpan di pinggang pasien. Kapsul endoskopi bekerja menggunakan antena, seperti antena spiral atau antena mikrostrip. Antena tersebut harus dapat mengirimkan data dalam jumlah besar dan dengan kecepatan yang cepat serta menghasilkan gambar dengan kualitas yang baik.

f. Ultra Wide Band (UWB)

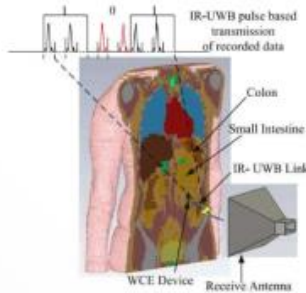
Ultra Wide Band merupakan salah satu teknologi radio yang mengirimkan sinyal dalam rentang *gigahertz* karena memiliki durasi sinyal yang sangat singkat atau jumlah bit pulsa yang sangat sedikit, biasanya diukur dalam nanodetik. Syarat suatu sinyal dapat diklasifikasikan sebagai UWB adalah

memiliki bandwidth -10 dB yang di atas 500 MHz dan atau memiliki *fractional bandwidth* (BF) di atas 20% [7]. UWB mempunyai beberapa keunggulan yang membuatnya menarik perhatian dalam bidang medis, antara lain [8], [9]:

- 1) Memiliki *bandwidth* yang lebar
- 2) Memberikan kecepatan data yang tinggi
- 3) Konsumsi energi rendah
- 4) Dapat memberikan gambar yang beresolusi tinggi

g. Impuls Radio Ultra Wideband (IR-UWB)

Impuls Radio Ultra Wideband (IR-UWB) merupakan sebuah metode yang bisa digunakan untuk mendapatkan *bandwidth* yang lebar.

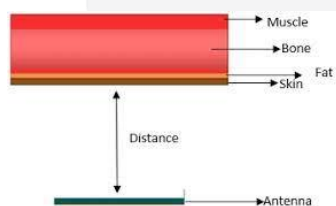


Gambar 3 Komunikasi IR-UWB untuk Kapsul Endoskopi [10]

Pada gambar 3, IR-UWB menggunakan pulsa-pulsa durasi pendek untuk ditransmisikan. Menurut IEEE 802.15.6 setiap channel IR-UWB memiliki *bandwidth* sebesar 499 MHz yang dimana membuat UWB memiliki kapasitas sebesar 15 kanal sepanjang 3.1 – 10.6 GHz. Hal ini membuat IR-UWB menjadi pilihan yang sangat cocok untuk digunakan dalam sistem kapsul endoskopi.

h. Phantom

Phantom merupakan model tubuh manusia yang digunakan untuk melakukan simulasi antenna. *Phantom* memiliki karakteristik permitivitas (ϵ), *permeabilitas* (μ) dan konduktivitas sesuai bagian tubuh tempat antenna diletakkan.



Gambar 4 Phantom

III. METODE

Perancangan dan pembuatan antenna mikrostrip menggunakan perangkat lunak simulasi yang memungkinkan perancangan dan analisis semua jenis sistem antenna. Desain perangkat lunak ini hampir sama dengan aslinya, sehingga memudahkan pembuatan antenna. Langkah pertama adalah membuat desain antenna sesuai dengan perhitungan untuk memperoleh acuan desain antenna yang diperoleh melalui perhitungan teoritis. Kemudian dilanjutkan dengan produksi berdasarkan hasil simulasi, dan terakhir melakukan analisis perbandingan antara simulasi dan hasil produksi. Spesifikasi rancangan antenna adalah sebagai berikut:

- a. Spesifikasi antenna yang diinginkan:
 - 1) Bahan substrat: *Polycarbonate*
 - 2) Metode: *Ultra Wide-Band*
 - 3) Frekuensi kerja: 5000 MHz
 - 4) VSWR: ≤ 2

- 5) *Return loss*: < -10
- 6) *Gain*: > -30 dBi
- 7) Polarisasi: *Linear*
- 8) Pola Radiasi: Omnidireksional
- b. Menggunakan jenis *microstrip*
- c. Menggunakan *software* simulasi untuk perancangan simulasinya.

Tabel 1 Karakteristik Bahan Antena

Karakteristik Bahan	Jenis Bahan	
	<i>Copper</i>	<i>Polycarbonate</i>
Ketebalan Bahan	0.035 mm	4 – 10 mm
Konstanta Dielektrik (ϵ_r)	1	2.9

Bahan yang digunakan dalam membuat *groundplane*, *patch* dan *feedline* adalah tembaga (*copper*), sedangkan substrat yang digunakan adalah bahan dielektri *Polycarbonate*.

Model perancangan antenna sesuai dengan perhitungan dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut:

- Panjang sisi *triangular* (a)
Panjang sisi *patch triangular* dapat ditentukan dengan perhitungan menggunakan persamaan (1), maka:

$$a = \frac{2 \times 3 \times 10^8}{3 \times 5 \times 10^9 \sqrt{2.9}} = 0,0235 \text{ m} = 23,5 \text{ mm}$$

- Tinggi *triangular*
Tinggi dari *patch triangular* dapat ditentukan dengan perhitungan menggunakan persamaan (2), maka:

$$\text{Tinggi} = 0,5 \times 23,5 \text{ mm} \times \sqrt{3} = 20,35 \text{ mm}$$

- Lebar *ground plane* dan substrat
Lebar *ground plane* dan substrat dari *patch triangular* dapat ditentukan menggunakan persamaan (3), maka:

$$W_g = 6 \times 0,5 + 23,5 = 24,7 \text{ mm}$$

- Panjang *ground plane* dan substrat
Panjang *ground plane* dan substrat dari *patch triangular* dapat ditentukan dengan perhitungan menggunakan persamaan (4), maka:

$$L_g = 6 \times 0,5 + 20,35 = 21,55 \text{ mm}$$

- Lebar *feed*
Lebar *feed* dapat ditentukan dengan perhitungan menggunakan persamaan (5), maka:

$$B = \frac{60\pi^2}{50\sqrt{2.9}} = 6,95$$

$$W_f = \frac{2 \times 0,5}{\pi} \left\{ 6,95 - 1 - \ln(2(6,95) - 1) + \left[\frac{2,9 - 1}{2 \times 2,9} \right] \times \left[\ln(6,95 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{2,9} \right] \right\}$$

$$= 0,68 \text{ mm}$$

- Panjang *feed*
Panjang *feed* dapat ditentukan dengan perhitungan menggunakan persamaan (6), maka:

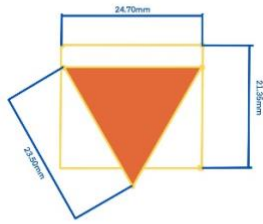
$$\text{Dimana } \lambda_0 = \frac{3 \times 10^8}{5 \times 10^9} = 0,06 \text{ m} = 60 \text{ mm}$$

$$\lambda_g = \frac{60}{\sqrt{2,9}} = 35,23$$

Jadi, panjang *feed*

$$l_f = \frac{35,23}{4} = 8,8075 \text{ mm}$$

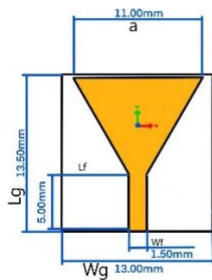
Maka desain antenna sesuai dengan perhitungan adalah sebagai berikut.



Gambar 5 Dimensi Antena Sesuai dengan Perhitungan

Setelah melakukan perhitungan kemudian dilakukan perancangan antenna pada *software* untuk mengetahui antenna memiliki parameter yang sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditentukan.

Desain antenna mikrostrip *patch triangular* untuk kapsul endoskopi sebagai langkah awal untuk perancangan antenna.



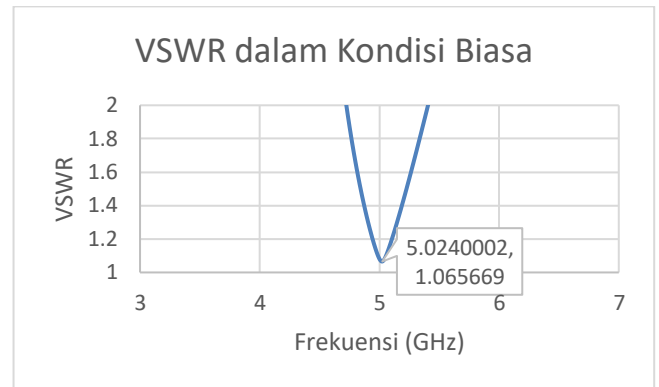
Gambar 6 Dimensi Antena

Tabel 2 Dimensi Antena

No	Nama	Simbol	Ukuran (mm)
1	Panjang Sisi	a	11
2	Lebar <i>Ground plane</i> dan Substrat	Wg	13
3	Panjang <i>Ground plane</i> dan Substrat	Lg	13.5
4	Jarak antar Ground	z	0.6
5	Lebar <i>Feed</i>	Wf	1.5
6	Panjang <i>Feed</i>	Lf	5

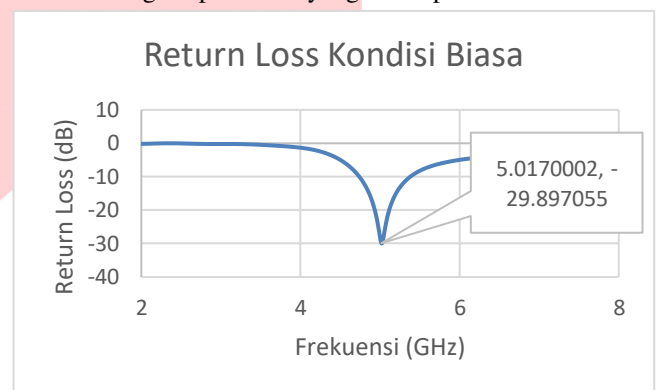
A. HASIL SIMULASI

Setelah melakukan perhitungan parameter, maka dilakukan perancangan antenna pada *software* desain antenna yang dilakukan pengujian pada frekuensi 5000 MHz. Setelah melakukan simulasi didapatkan hasil sebagai berikut:



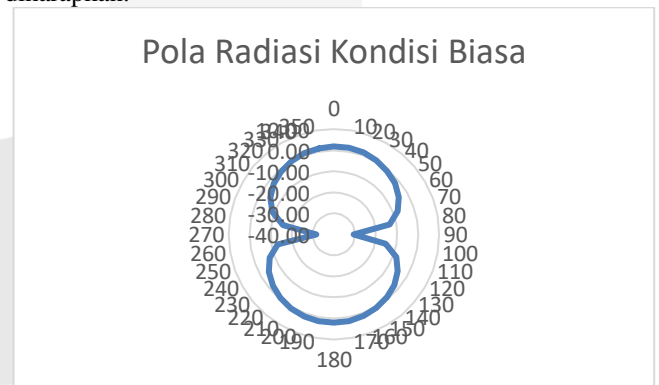
Gambar 7 Hasil Simulasi VSWR Kondisi Biasa

Hasil di atas merupakan nilai VSWR simulasi antenna optimal dengan nilai VSWR 1,0814 pada frekuensi 5000 MHZ. Hasil Simulasi dengan spesifikasi yang diharapkan.



Gambar 8 Hasil Simulasi *Return Loss* Kondisi Biasa

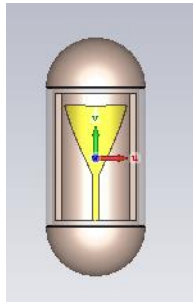
Gambar diatas merupakan grafik parameter *Return Loss* dengan nilai -28.168 dB pada frekuensi kerja 5000 MHz. Dari gambar diatas didapatkan nilai *Bandwidth* sebesar 640.7 MHz. hasil yang didapatkan sesuai dnegan spesifikasi yang diharapkan.



Gambar 9 Hasil Simulasi *Gain* dan Pola Radiasi

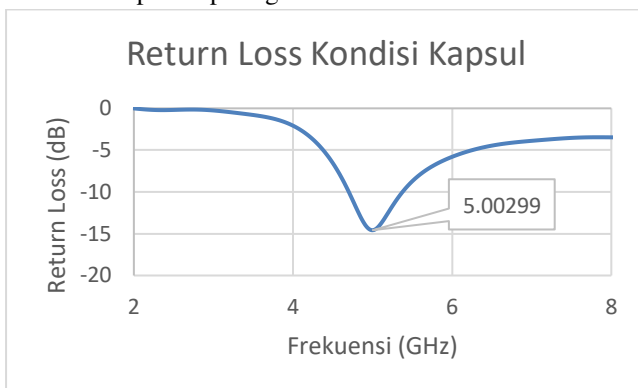
Gambar diatas merupakan hasil simulasi *gain* dan pola radiasi. Didapatkan parameter *gain* 1.97 dBi pada frekuensi 5000 MHz. Berdasarkan grafik diatas pola radiasi antenna tanpa menggunakan kapsul pola radiasi bidireksional.

1. Antena dengan Kapsul



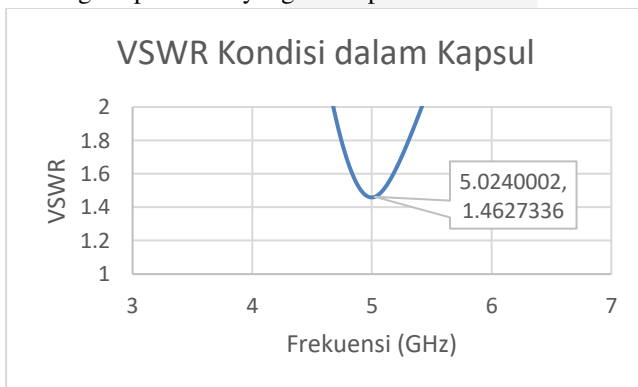
Gambar 10 Antena dalam Kapsul

Setelah antena memiliki nilai parameter yang sudah ditentukan, maka dilakukan simulasi saat antena berada di dalam kapsul seperti gambar di atas.



Gambar 11 Hasil Simulasi *Return Loss*

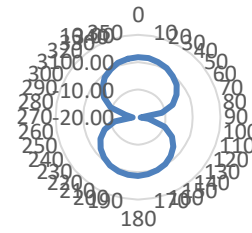
Gambar di atas merupakan hasil simulasi antena dengan menggunakan kapsul. Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat parameter *Return Loss* dengan nilai -14,57 dB pada frekuensi kerja 5000 MHz. Hasil yang didapatkan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.



Gambar 12 Hasil Simulasi VSWR

Gambar di atas merupakan Nilai VSWR simulasi antena menggunakan kapsul dengan nilai VSWR 1,4591 pada frekuensi 5000 MHz. Hasil simulasi sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.

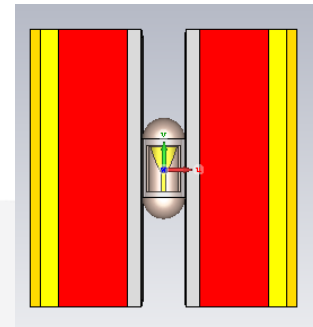
Pola Radiasi Kondisi dengan Kapsul



Gambar 13 Hasil Simulasi *Gain* dan Pola Radiasi

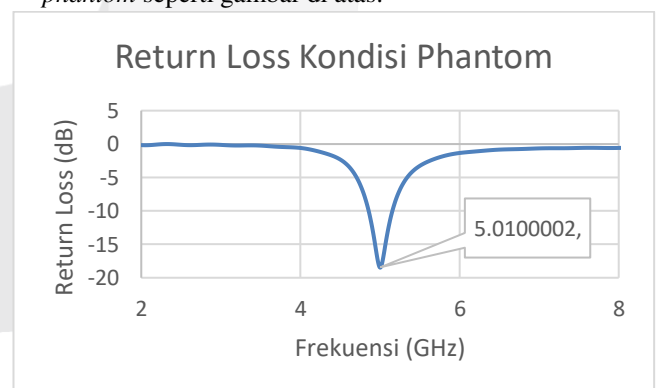
Gambar di atas merupakan hasil simulasi *gain* serta pola radiasi antena dengan kapsul. Didapatkan parameter *gain* 1,87 dBi pada frekuensi 5000 MHz. Berdasarkan grafik di atas pola radiasi antena tanpa menggunakan kapsul pola radiasi bidireksional.

2. Antena dengan Menggunakan Kapsul dan *Phantom*



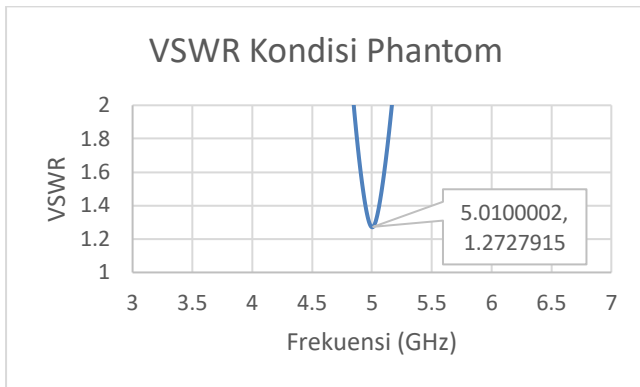
Gambar 14 Antena dalam Kapsul dengan *Phantom*

Setelah antena memiliki nilai parameter yang sudah memenuhi spesifikasi yang sudah ditentukan, maka dilakukan simulasi saat antena berada di dalam kapsul dan *phantom* seperti gambar di atas.



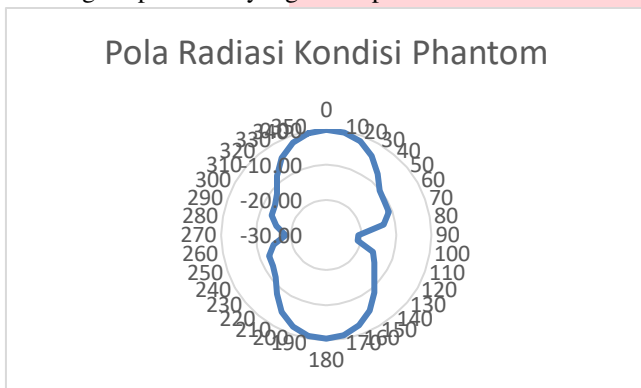
Gambar 15 Hasil Simulasi *Return Loss* Kondisi *Phantom*

Gambar di atas merupakan antena dalam kapsul menggunakan *phantom*. *Return Loss* dengan nilai -18,47 dB pada frekuensi kerja 5000 Mhz. Dari gambar di atas didapatkan nilai *Bandwith* sebesar 298,2 MHz. Hasil yang dicapai sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.



Gambar 16 Hasil Simulasi VSWR Antena Menggunakan Phantom

Gambar di atas merupakan nilai VSWR simulasi antena dalam kapsul menggunakan *phantom* dengan nilai VSWR 1,2711 pada frekuensi 5000 MHz. Hasil simulasi sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.



Gambar 17 Hasil Simulasi Gain dan Pola Radiasi Phantom

Gambar di atas merupakan hasil simulasi pola radiasi antena di dalam kapsul dan diuji dengan *phantom*. Berdasarkan grafik di atas pola radiasi antena tanpa menggunakan kapsul pola radiasi bidireksional. Berdasarkan grafik di atas didapatkan nilai *gain* -35,47 dBi, hasil yang didapatkan belum sesuai spesifikasi, hal tersebut disebabkan akibat tebal dari *phantom* yang menghalangi pancaran antena.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. PENGUKURAN DAN ANALISIS

Pengukuran ini dilakukan untuk membandingkan antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran pada antena.

1. Pabrikasi Antena

Berikut hasil pabrikasi dari antena mikrostrip *triangular patch* sesuai dengan hasil optimasi antena:



Gambar 18 Realisasi Antena

2. Syarat Melakukan Pengukuran

Parameter VSWR antena serta bandwidth diukur menggunakan jarak radiasi medan dekat menggunakan *Virtual Network Analyzer*, sedangkan untuk parameter antena pola radiasi dan *gain* menggunakan *signal hound* dengan melakukan pengukuran jarak radiasi medan jauh terlebih dahulu sebagai jarak minimal pengukuran antena. Untuk mendapatkan hasil jarak radiasi medan jauh menggunakan persamaan sebagai berikut:

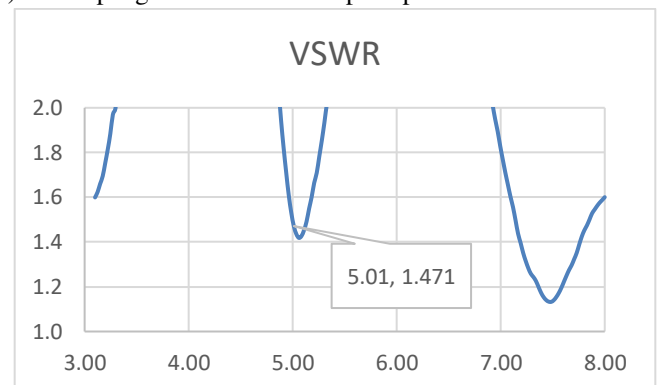
$$R > \frac{2D^2}{\lambda}$$

Dimana konstanta R adalah jarak medan jauh, D adalah dimensi terbesar dari antena, dan λ adalah panjang dari gelombang. Hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan pengukuran adalah kestabilan frekuensi, daya antena, arah antena, keadaan lingkungan, dan keakuratan alat yang dipergunakan.

3. Pengukuran VSWR

Pengukuran VSWR dilakukan di medan dekat menggunakan alat ukur *Virtual Network Analyzer*. Antena dihubungkan dengan menggunakan kabel *sma* ke *Virtual Network Analyzer*, kemudian melakukan pengukuran pada frekuensi 5000 MHz.

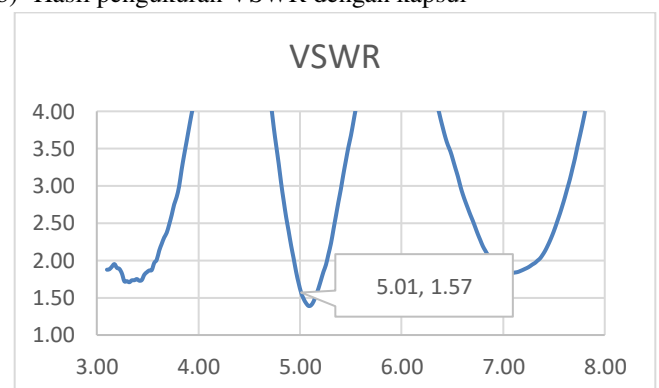
a) Hasil pengukuran VSWR tanpa kapsul



Gambar 19 Hasil Pengukuran VSWR Tanpa Kapsul

Dari grafik VSWR pada gambar terlihat hasil pengukuran pada frekuensi 5000 MHz. Didapatkan nilai VSWR 1.471 di frekuensi 5.01. Dibandingkan hasil simulasi dengan pengukuran didapatkan nilai yang berbeda hal itu dikarenakan antena merupakan antena homemade, bahan yang digunakan terdapat perbedaan nilai permitivitas bahan. Namun antena masih sesuai spesifikasi yang dibutuhkan.

b) Hasil pengukuran VSWR dengan kapsul

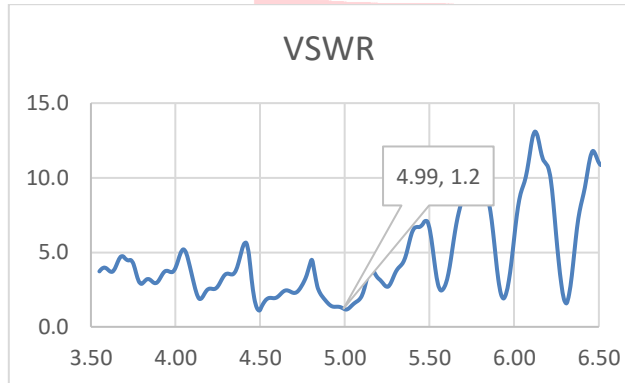


Gambar 20 Hasil Pengukuran VSWR dengan Kapsul

Kapsul

Dari grafik VSWR pada gambar terlihat hasil pengukuran pada frekuensi 5000 MHz. Didapatkan nilai VSWR 1.57 di frekuensi 5.01. Dibandingkan hasil simulasi dengan pengukuran didapatkan nilai yang berbeda hal itu dikarenakan antenna merupakan antenna *homemade*, bahan yang digunakan terdapat perbedaan nilai permitivitas bahan. Terjadi perubahan nilai VSWR ketika menggunakan kapsul, yaitu kenaikan nilai VSWR, hal itu dikarenakan adanya tambahan bahan kapsul dan kondisi kapsul ruang tertutup. Hasil yang didapatkan masih sesuai dengan spesifikasi.

Dari grafik *Return Loss* pada gambar terlihat hasil pengukuran pada frekuensi 5000 MHz. Didapatkan nilai *Return Loss* di frekuensi 5.01 GHz. Dibandingkan hasil simulasi dengan pengukuran didapatkan nilai yang berbeda hal itu dikarenakan antenna merupakan antenna *homemade*, bahan yang digunakan terdapat perbedaan nilai permitivitas bahan. Hasil yang didapatkan masih sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan.

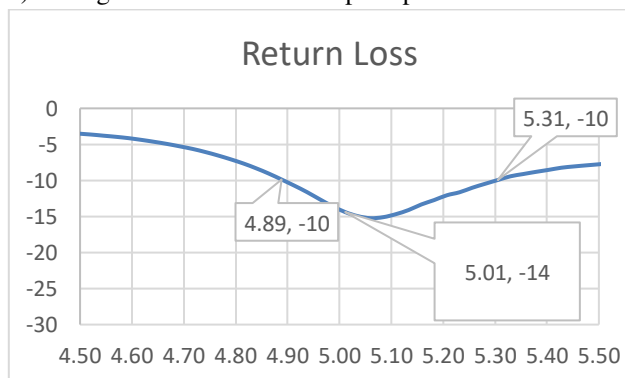
c) Hasil pengukuran VSWR Kapsul dengan *Phantom*

Gambar 21 Hasil Pengukuran VSWR dengan *Phantom*

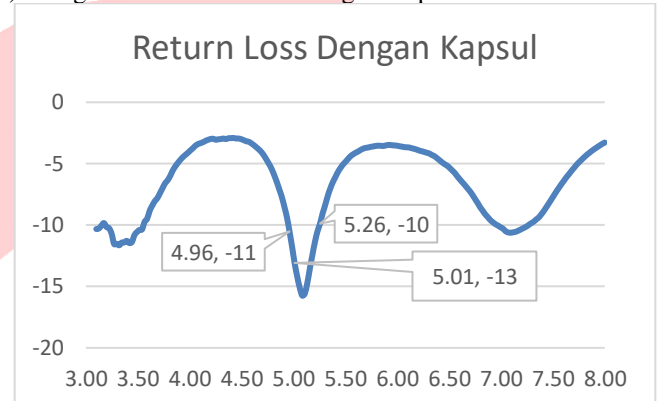
Dari grafik VSWR pada gambar terlihat hasil pengukuran pada frekuensi 5000 MHz. Didapatkan nilai VSWR 1.2 di frekuensi 4.99 GHz. Dibandingkan hasil simulasi dengan pengukuran didapatkan nilai yang berbeda hal itu dikarenakan antenna merupakan antenna *homemade*, bahan yang digunakan terdapat perbedaan nilai permitivitas bahan. Pada pengukuran ini digunakan phantom berupa daging binatang babi dikarenakan strukturnya mirip dengan manusia. Terjadi perubahan nilai VSWR ketika menggunakan kapsul dan *Phantom*, yaitu penurunan nilai VSWR, hal itu dikarenakan adanya tambahan bahan kapsul dan kondisi kapsul ruang tertutup. Hasil yang didapatkan masih sesuai dengan spesifikasi.

4. Pengukuran *Return Loss*

Pengukuran *Return Loss* dilakukan di medan dekat menggunakan alat ukur *Virtual Network Analyzer*. Antena dihubungkan menggunakan kabel *sma* ke *Virtual Network Analyzer*, kemudian melakukan pengukuran pada frekuensi 5000 MHz.

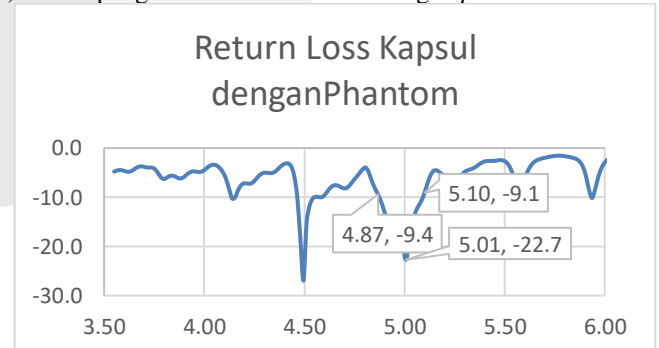
a) Pengukuran *return loss* tanpa kapsul

Gambar 22 Hasil Pengukuran *Return Loss* Tanpa

b) Pengukuran *Return Loss* dengan Kapsul

Gambar 23 Hasil Pengukuran *Return Loss* dengan Kapsul

Dari grafik *Return Loss* pada gambar terlihat hasil pengukuran pada frekuensi 5000 MHz. Didapatkan nilai *Return Loss* -13 dB di frekuensi 5.01 GHz. Dibandingkan hasil simulasi dengan pengukuran didapatkan nilai yang berbeda hal itu dikarenakan antenna merupakan antenna *homemade*, bahan yang digunakan terdapat perbedaan nilai permitivitas bahan. Terjadi perubahan nilai *Return Loss* ketika menggunakan kapsul, yaitu kenaikan nilai *Return Loss*, hal itu dikarenakan adanya tambahan bahan kapsul dan kondisi kapsul ruang tertutup. Hasil yang didapatkan masih sesuai dengan spesifikasi.

c) Hasil pengukuran *return loss* dengan *phantom*

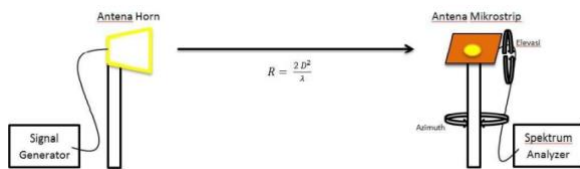
Gambar 24 Hasil Pengukuran *Return Loss* dengan *Phantom*

Dari grafik *Return Loss* pada gambar terlihat hasil pengukuran pada frekuensi 5000 MHz. Didapatkan nilai *Return Loss* -22.7 di frekuensi 5.01 GHz. Dibandingkan hasil simulasi dengan pengukuran didapatkan nilai yang berbeda hal itu dikarenakan antenna merupakan antenna *homemade*, bahan yang digunakan terdapat perbedaan nilai permitivitas bahan. Pada pengukuran ini digunakan *phantom* berupa daging binatang babi dikarenakan

strukturnya mirip dengan manusia. Terjadi perubahan nilai *Return Loss* ketika menggunakan kapsul dan Phantom, yaitu penurunan nilai *Return Loss*, hal itu dikarenakan adanya tambahan bahan kapsul dan kondisi kapsul ruang tertutup. Hasil yang didapatkan masih sesuai dengan spesifikasi.

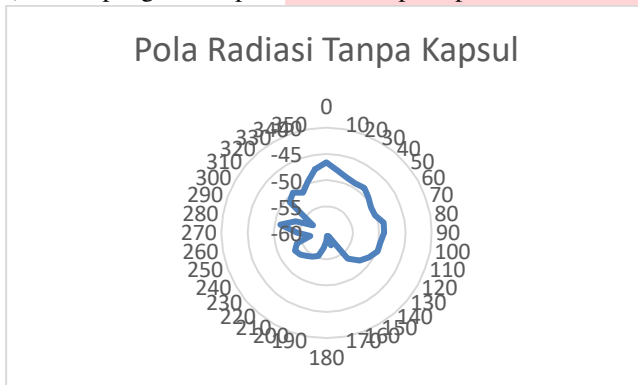
5. Pengukuran Pola Radiasi

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran pola radiasi dengan jarak medan jauh secara *azimuth* dan elevasi dengan memutar *masting* antenna dengan kelpiatan 10°. Skema pengukuran pola radiasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 25 Skema Pengukuran Pola Radiasi

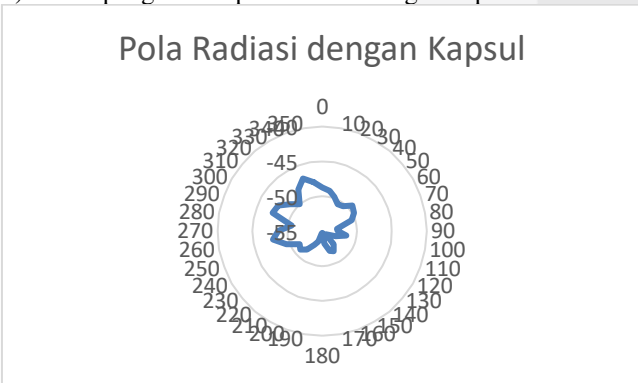
a) Hasil pengukuran pola radiasi tanpa kapsul



Gambar 26 Hasil Pengukuran Pola Radiasi tanpa Kapsul

Pada gambar merupakan hasil pengukuran pola radiasi pada bidang *azimuth* di frekuensi kerja 5000 MHz dengan daya maksimum berada pada sudut 0° dan daya minimum berada pada sudut 170°. Pada hasil pengukuran didapatkan pola radiasi unidireksional dengan beberapa *back lobe*. Hasil yang didapatkan tidak teratur dikarenakan beberapa faktor seperti kabel yang digunakan, tidak dilakukan pada ruangan standar dan adanya *noise* dari luar antenna.

b) Hasil pengukuran pola radiasi dengan kapsul

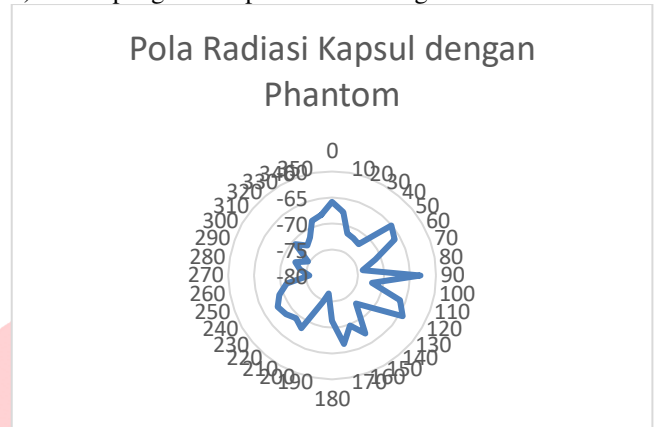


Gambar 27 Hasil Pengukuran Pola Radiasi dengan Kapsul

Pada gambar merupakan hasil pengukuran pola radiasi pada bidang *azimuth* di frekuensi kerja 5000 MHz dengan daya maksimum berada pada sudut 340° dan daya minimum berada pada sudut 180°. Pada hasil pengukuran

didapatkan pola radiasi unidireksional dengan beberapa *back lobe*. Hasil yang didapatkan tidak teratur dikarenakan beberapa faktor seperti kabel yang digunakan, tidak dilakukan pada ruangan standar dan adanya *noise* dari luar antenna.

c) Hasil pengukuran pola radiasi dengan Phantom



Gambar 28 Hasil Pengukuran Pola Radiasi dengan Phantom

Pada gambar merupakan hasil pengukuran pola radiasi pada bidang *azimuth* di frekuensi kerja 5000 MHz dengan daya maksimum berada pada sudut 90° dan daya minimum berada pada sudut 190°. Pada hasil pengukuran didapatkan pola radiasi unidireksional dengan beberapa *back lobe*. Hasil yang didapatkan tidak teratur dikarenakan beberapa faktor seperti kabel yang digunakan, tidak dilakukan pada ruangan standar dan adanya *noise* dari luar antenna.

6. Perbandingan spesifikasi antenna simulasi dan fabrikasi

Berikut ini merupakan perbandingan parameter antenna dari hasil simulasi dengan hasil fabrikasi antenna.

Tabel 3 Parameter Antena Hasil Simulasi

Parameter	Spesifikasi	Simulasi		
		Tanpa Kapsul	Dengan Kapsul	Dengan Kapsul & Phantom
VSWR	≤ 2	1,081410	1,459119	1,271143
<i>Return Loss</i>	< -10	-28,1682 dB	-14,5770 dB	-18,4609 dB
<i>Gain</i>	≥ 30 dBi	1,97 dBi	1,87	-35,47 dBi
Pola Radiasi	Omnidireksional	Bidireksional	Bidireksional	Bidireksional

Tabel 4 Parameter Antena Hasil Fabrikasi

Parameter	Spesifikasi	Simulasi		
		Tanpa Kapsul	Dengan Kapsul	Dengan Kapsul & Phantom
VSWR	≤ 2	1,471	1,57	1,2
<i>Return Loss</i>	< -10	-14 dB	-13 dB	-22,7 dB
Pola Radiasi	Omnidireksional	Unidireksional	Unidireksional	Unidireksional

Merujuk pada Tabel 3 dan Tabel 4, terdapat perbedaan hasil dari parameter antenna simulasi dengan parameter antenna fabrikasi. Hasil parameter pada simulasi lebih baik dibandingkan dengan hasil parameter pada fabrikasi. Dilihat dari hasil pada parameter antenna simulasi dan fabrikasi seperti VSWR dan *return loss* sudah memenuhi spesifikasi. Tetapi untuk parameter polaradiasi belum

memenuhi spesifikasi, karena keterbatasan pada saat fabrikasi antenna.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari semua langkah desain, analisis dan simulasi yang dilakukan pada *software* yang menggunakan *patch triangular* serta menggunakan bahan *textile* sebagai substrat, khususnya *polycarbonate* untuk aplikasi dalam bidang kesehatan adalah sebagai berikut:

- a. Antena mikrostrip *wearable triangular patch* yang dapat digunakan untuk aplikasi kesehatan yang telah dirancang dan diimplementasikan telah memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan.
- b. Antena mikrostrip *wearable triangular patch* yang telah direalisasikan didapatkan hasil pada kondisi biasa didapatkan nilai VSWR 1.47 dan nilai *return loss* -14 dB, hasil pada kondisi dalam kapsul didapatkan nilai VSWR 1.57 dan nilai *return loss* -13 dB, hasil pada kondisi *phantom* didapatkan nilai VSWR 1.2 dan nilai *return loss* -22.7 dB. Antena pada semua kondisi bekerja dengan baik.
- c. Perbedaan antara hasil simulasi dan pengukuran, disebabkan oleh pembuatan antena secara manual dan pengukuran dilakukan dengan manual, menyebabkan gangguan yang mempengaruhi pengukuran.
- d. Secara keseluruhan, hasil dari parameter antena sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan untuk aplikasi kesehatan pada frekuensi 5 GHz. Antena ini dapat langsung diimplementasikan pada alat-alat aplikasi kesehatan pada bidang telemedis.

REFERENSI

- [1] Achmadrizal, "KAPSUL ENDOSCOPY" 18 March 2011. [Online]. Available: <http://achmadrizal.staff.telkomuniversity.ac.id/kapsul=endoscopy/>. [Accessed 8 Desember 2021]
- [2] C. A. Balanis, *Antena Theory Analisis and Design* 3rd Edition. United Science, Wiley Inter Science, 2005.
- [3] H. D. B. Islam, R. D. S. Harjono, and I. G. A. A. M. Oka, "Rancangan Receiver Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) Menggunakan RTL-SDR R820T2 Guna Meningkatkan Pelayanan Navigasi Penerbangan di Bandar Udara Internasional Lombok."
- [4] D. S. and A. J. S. Movassaghi, M. Abolhasan, J. Lipman, "Wireless Body Area Networks: A Survey," vol. 16, no. 3, pp. 1658–1686, 2014, [Online]. Available: <http://bikewalkkc.org/wp-content/uploads/2017/06/KC-B-cycle-Equity-Report.pdf>.
- [5] R. A. Putra and I. Wahidah, "ANALISIS PERFORMANSI PENJADWALAN DINAMIS PADA WIRELESS BODY AREA NETWORK (WBAN)."
- [6] N Puji, H. Wijanto, and B. S. Nugroho, "PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA BODY CENTRIC UNTUK KOMUNIKASI WBANs PADA RANGE FREKUENSI (3.1-10.6) GHz," pp. 1–9, 2014.
- [7] "UB first report and order, FCC rules and regulations," vol. 7435, no. 98, 2003.
- [8] G. Pn and L. Wang, "Swallowable Wireless Capsule Endoscopy: Progress and Technical Challenges," p. 9, 2012.
- [9] Y. ao *et al.*, "Low-power ultrawideband wireless telemetry transceiver for medical sensor applications," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 58, no. 3 PART 2, pp. 768–772, 2011, doi: 10.1109/TBME.2010.2097262.
- [10] K. M. S. Thotahewa, J. M. Redoute, and M. R. Yuce, "Propagation, Power Absorption, and Temperature Analysis of UWB Wireless Capsule Endoscopy Devices Operating in the Human Body," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 63, no. 11, pp. 3823–3833, 2015, doi: 10.1109/TMTT.2015.2482492.
- [11] M. KAFFA, "UWB ANTENNA OPTIMIZATION USING LINEAR REGRESSION FOR WIRELESS CAPSULE ENDOSCOPY APPLICATION IN WBAN."

