

# PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP UNTUK MENDEKTEKSI PERUBAHAN GULA DARAH SECARA NON-INOVASIF

Putri Indra Wahyuningsih<sup>1</sup>, Levy Olivia Nur<sup>2</sup>, Edwar<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Indonesia  
Jl. Telekomunikasi Terusan Buah Batu, Kec. Dayeuhkolot, Bandung, Jawa Barat 40257

<sup>1</sup>putripiw@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>levyolivia@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>edwar@telkomuniversity.ac.id

Diterima pada 28 Februari 2023; disetujui pada 13 April 2023; dan diterbitkan pada 18 April 2023.

---

## Abstrak

Pemantauan kadar glukosa dalam darah sering menggunakan metode invasif. Pengambilan sampel darah memerlukan tusukan jarum pada kulit yang digunakan untuk tes darah secara periodik dalam jangka waktu tertentu sebagai memantau kadar glukosa dalam darah. Metode ini menyebabkan rasa sakit, ketidaknyamanan, dan memiliki resiko iritasi/infeksi. Pengukuran akan dilakukan pada tiga konsentrasi glukosa yaitu *hypoglycemia*, *normal glucose*, dan *hyperglycemia*. Teknik ini didasarkan pada hubungan permitivitas, dan konduktivitas kulit yang terkait dengan kadar glukosa pada darah. Antena mikrostrip dengan pita sempit yang bekerja pada frekuensi 1,27 GHz. Dari hasil pengukuran pada antena yang diuji dapat bekerja pada frekuensi 1,27 GHz pada kondisi off-body dan on-body. Setelah melakukan simulasi antena dengan tiga konsentrasi glukosa didapatkan analisis yaitu semakin kecil nilai Return Loss dan VSWR maka konsentrasi glukosa dalam darah semakin besar.

**Kata Kunci:** *antena, mikrostrip, glukosa, blood glucose level (BGL), pita sempit.*

---

## Abstract

*Monitoring of glucose levels in the blood often using invasive methods. Blood sampling requires the puncture of a needle on the skin which is used for periodic blood tests over a period of time as a monitor for glucose levels in the blood. This method causes pain, discomfort, and has a risk of irritation/infection. Measurements will be made on three concentrations of glucose, namely hypoglycemia, normal glucose, and hyperglycemia. This technique is based on the relationship of permittivity, and the conductivity of the skin associated with glucose levels in the blood. A narrowband microstrip antenna that works at a frequency of 1,27 GHz. From the measurement results on the tested antenna, it can work at a frequency of 1,27 GHz in off-body and on-body conditions. After simulating the antenna with three glucose concentrations, an analysis was obtained, namely the smaller the Return Loss and VSWR values, the greater the concentration of glucose in the blood.*

**Keywords:** *antenna, microstrip, glucose, blood glucose level (BGL), narrowband.*

---

## 1. Pendahuluan

Glukosa atau yang biasa disebut gula darah yang terbentuk dari karbohidrat dalam makanan dan akan disimpan sebagai glikogen di hati dan otot rangka [1]. Manusia dalam memperoleh energi berasal dari glukosa yang berada disetiap jenis sel. Ada beberapa yang mempengaruhi tingkat glukosa yaitu faktor endogen dan eksogen. Faktor endogen seperti hormon insulin, glucagon, kortisol serta sistem reseptor di otot dan sel hati. Faktor eksogen seperti jenis atau jumlah makanan dan aktivitas fisik yang dilakukan [2].

Pada tahun 2021 Indonesia menempati posisi

kelima dari data *International Diabetes Federation* (IDF). Total penderita penyakit diabetes tipe 1 dan 2 sebanyak 537 juta orang dan diprediksi pada tahun 2030 meningkat 643 juta. Jika angka penderita terus meningkat maka akan memberikan efek yang besar karena diabetes juga dapat menyebabkan kematian. Indonesia melakukan upaya untuk menekan angka pengidap diabetes melalui pemberdayaan masyarakat. Faktor yang paling berpengaruh dalam mengendalikan glukosa dengan pemantauan secara kontan. Namun yang menjadi masalah dengan alat cek kadar glukosa darah yang ada adalah mereka menggunakan jarum untuk

menusuk jari untuk mengambil darah tetapi metode ini tidak nyaman digunakan.

Penelitian mengusulkan sensor gelombang mikro pandu gelombang dan sensor berbasis antena *microstrip patch* untuk perangkat pemantauan glukosa darah non-invasif [3]. Pada penelitian menggunakan *Microstrip Line* (MLIN) untuk pemantauan glukosa secara non-invasif tetapi solusi ini tidak memberikan sensitivitas yang cukup karena mengandalkan bidang MLIN yang mengarahkan kedalaman penetrasi yang dangkal [4]. Eksperimen dengan model jaringan manusia buatan dibuat untuk empat konsentrasi glukosa darah yang berbeda dan diuji dengan dua sensor fabrikasi: resonator cincin mikrostrip pada 2,4 GHz dan komplementer melingkar spiral resonator (CCSR) pada 2,0 GHz dengan hasil pengukuran menunjukkan sensitivitas parameter S resonator terhadap perubahan sifat dielektrik kadar glukosa darah yang sesuai [5]. Variasi glukosa darah menyebabkan perubahan permitivitas darah karena pergeseran respons frekuensi sensor gelombang mikro [6]. Perubahan respons frekuensi dengan menyetel jari manusia di bidang dekat sensor berbasis gelombang mikro. Pergeseran frekuensi tergantung pada sifat dielektrik glukosa darah dan pergeseran frekuensi dapat digunakan untuk konduktivitas darah, permitivitas dan *blood glucose levels* (BGL).

Maka perlu metode baru agar memeriksa *blood glucose levels* (BGL) dengan non-invasif. Antena mikrostrip pita sempit yang beresonansi pada frekuensi 1,27 GHz digunakan sebagai sensor gelombang mikro. Jika lengan manusia yang mengandung nilai spesifik BGL ditempatkan pada bagian pancaran dari antena patch mikrostrip pita sempit, struktur sensor gelombang mikro, maka bidang dekat struktur antena patch yang memancar ini akan berinteraksi dengan jari/lengan manusia dan mengakibatkan perubahan karakteristik kelistrikan antena. Maka dari itu, pada pembuatan penelitian ini penulis akan merancang antena mikrostrip yang dapat mendeteksi kadar gula darah secara non-invasif dengan frekuensi kerja pada 1,27 GHz.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Gula darah

Glukosa darah adalah kadar glukosa serum yang diatur secara ketat dalam tubuh, atau konsentrasi dalam gula darah [7]. Glukosa yang mengalir dalam darah merupakan sumber energi utama bagi sel-sel tubuh. Glukosa menjadi bahan bakar utama untuk sebagian besar jaringan. Akan ada peningkatan *Blood Sugar Levels* (BGL) setelah makan yang bersumber karbohidrat dan berkurang di pagi hari saat bangun tidur. Kadar Gula darah diklasifikasikan menjadi tiga yaitu *normal glucose*, *hypoglycemia*, dan *hyperglycemia*. Kadar gula darah normal dapat berubah ubah tergantung kondisi tubuh dan tidak dapat ditentukan dengan angka baku. Pada kondisi

sebelum makan berkisar antara 70-120 mg/dL. Pada kondisi 1jam setelah makan berkisar <160 mg/dL dan 2 jam setelah makan sekitar <140 mg/dL. Dalam kondisi puasa selama delapan jam kadar gula darah sekitar <100 mg/dL. Tingkat *hypoglycemia* adalah kondisi kadar gula darah dibawah tingkat normal. Biasanya pada penurunan gula darah kurang dari 60 mg/dL. Tingkat *hyperglycemia* adalah kondisi kadar gula melebihi 200 mg/dL atau 11 mmol/L. Jika BGL jatuh dari kisaran normal menyebabkan hipoglikemia dan hiperglikemia, maka kerusakan permanen pada organ vital [8].

### 2.2 Deteksi Gula Darah secara Non-invasif

Metode pengukuran kadar glukosa yang umum digunakan saat ini adalah dengan mengambil sampel darah dari pasien dan menganalisisnya di laboratorium. Pengukuran kadar glukosa dalam darah secara konvensional melalui tes darah yang memerlukan tusukan jarum pada kulit untuk mengambil sampel darah. Tes darah ini dilakukan secara periodik dalam jangka waktu tertentu untuk memantau kadar glukosa dalam darah, dan dapat menyebabkan rasa sakit dan ketidaknyamanan pada pasien. Selain itu, pengukuran kadar glukosa dalam darah secara konvensional juga memerlukan biaya yang tinggi, serta memerlukan waktu dan tenaga. Metode ini bersifat invasif dan dapat menyebabkan rasa sakit, iritasi kulit, dan risiko infeksi. Selain itu, teknik ini tidak dapat memberikan informasi secara terus-menerus tentang kadar glukosa dalam darah, yang penting bagi orang dengan diabetes untuk mengelola kondisinya dengan lebih efektif

### 2.3 Deteksi Gula Darah dengan Antena

Antena untuk pemantauan glukosa dapat digunakan dalam sistem pemantauan glukosa non-invasif untuk memonitor kadar glukosa dalam darah. Antena ini biasanya terpasang di sensor yang ditempatkan pada permukaan kulit pengguna. Antena tersebut dapat dirancang menggunakan berbagai jenis antena, termasuk antena patch, antena mikrostrip, antena slot, dan antena monopole. Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam perancangan antena untuk aplikasi pemantauan glukosa meliputi efisiensi antena, kekakuan struktur, stabilitas sinyal, dan minimisasi interferensi elektromagnetik. Pemantauan glukosa non-invasif sedang menjadi fokus pengembangan dalam industri medis, dan antena merupakan salah satu elemen penting dalam perancangan sistem pemantauan glukosa non-invasif yang akurat dan andal.

### 2.4 Antena Telemedis

Antena telemedis merupakan antena yang digunakan untuk aplikasi telemedis, seperti *Wireless Body Network* (WBAN) digunakan untuk antena khusus yang disesuaikan dengan tubuh manusia dan memiliki

**Tabel 1. Karakteristik Body Phantom pada Frekuensi 1,27 GHz [12].**

Lapisan	Permitivitas ( $\epsilon_r$ )	Konduktivitas (S/m)
Kulit	40	1,08
Lemak	11,20	1,72
Darah	60,40	0,14
Otot	54,30	0,99
Vena	38	1
Tulang	44,1	0,83

karakteristik yang berbeda. Antena telemedis yang mudah dipasang pada atau dekat dengan tubuh manusia untuk mengetahui data sensor. Antena telemedis harus memiliki level radiasi yang rendah untuk menghindari gangguan atau efek buruk pada pasien, dan memenuhi persyaratan keselamatan radiasi. Antena telemedis harus dapat bekerja dengan efisien dan menghindar dari interferensi dengan lingkungan sekitarnya untuk menjamin integritas data medis yang akan dikirim.

**2.5 SAR**

*Specific Absorption Ratio* (SAR) adalah ukuran tingkat dari sebuah energi frekuensi radio (RF) yang diserap oleh tubuh pada saat terpapar radiasi dari EM. Biasanya SAR dinyatakan dalam satuan watt per kilogram (W/kg). SAR dapat diukur dengan menggunakan phantom tubuh manusia yang telah diukur properti dielektriknya dan diuji menggunakan perangkat nirkabel dan energi yang diserap oleh *phantom*. Pada perhitungan SAR ini diakibatkan wearable antena. Nilai batas aman sebesar 1,6 W/kg yang telah ditetapkan lembaga internasional [9]. Pada ketentuan Perlindungan Radiasi Non-ionis (ICNIRP) diperbolehkan 2 W/kg untuk bagian tubuh yang terpapar pada waktu singkat. Standar internasional ANSI/IEEE 1 g SAR adalah masa yang akan diuji pada tubuh [10].

**2.6 Phantom**

*Phantom* merupakan pemodelan yang menirukan kondisi sesuai dengan tubuh manusia atau hewan yang memiliki konsentrasi zat yang konstan dan mudah di deteksi. *Phantom* digunakan untuk model standar pengujian dan pengevaluasian sistem atau peralatan medis. *Phantom* juga digunakan untuk memastikan bahwa peralatan medis atau sistem mampu bekerja dengan tepat dan akurat. Maka pemodelan tubuh dalam perancangan antena sangat penting karena tubuh manusia memiliki pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik antena yang dirancang [10]. *Phantom* pada perancangan antena dapat digunakan untuk memodifikasi polarisasi sinyal dan mengurangi interferansi antar [11].

**Tabel 2. Spesifikasi Antena**

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi kerja	1,27 GHz
VSWR	$\leq 2$
Return Loss	$\leq -10$ dB
Gain	$\geq 3$ dBi
Bandwidth	<150MHz
Pola Radiasi	Unidirectional
SAR	$\leq 1,6$ W/kg

**Tabel 3. Karakteristik Bahan**

Komponen	Bahan	Permitivitas Relatif	Ketebalan (mm)
Substrat	FR-4 Epoxy	4,3	1,6
Groundplane dan Patch	cooper	2,33	0,035

**3. Metode Penelitian**

**3.1 Desain dan Spesifikasi Antena**

Pada penelitian ini perlu menentukan spesifikasi antena yang akan dibuat agar antena mampu bekerja dengan baik. Dalam perancangan antena telemedis yang perlu diperhatikan adalah nilai SAR agar gelombang yang akan dipancarkan tidak membahayakan tubuh. Berikut adalah spesifikasi antena:

Dalam pemilihan bahan antena sangat penting untuk memenuhi karakteristik antena. Antena diperlukan komponen substrat karena dalam antena substart dapat mempengaruhi perubahan bandwidth yang dihasilkan. Pada komponen groundplane dan patch menjadi bagian yang penting dari desain antena telemedis yang menggunakan bahan tembaga/cooper. Cooper memiliki konduktivitas yang sangat baik, karena dapat meminimalkan defisit daya dan meningkatkan efisiensi antena. Berikut bahan penyusun komponen antena:

**3.2 Perhitungan Dimensi Antena**

Dalam menentukan dimensi komponen patch pada antena sangat erat kaitannya dengan frekuensi kerja dan permitivitas relative. Berikut adalah perhitungan dari nilai Panjang dan lebar dari antena microstrip:

1. Menentukan lebar patch ( $W_p$ ) berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned}
 W_p &= \frac{c}{fr\sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2}}} \\
 &= \frac{3 \times 10^8}{2 \times 1.36 \times 10^9 \times \sqrt{\frac{4.3+1}{2}}} = \frac{3}{44.27839} \\
 &= 0.06775 m = 67.75 cm
 \end{aligned}$$

**Tabel 4. Dimensi Awal antenna *rectangular***

Parameter	Unit (mm)
Panjang Patch (Lp)	50,4094
Lebar Patch (Wp)	67,75
Panjang Ground (Lg)	60,0095
Lebar Ground (Wg)	77,35
Lebar feedline (Wf)	2
Panjang Feedline (Lf)	15,45
Ketebalan Substrat (h)	1,6

2. Menentukan  $\epsilon_r$  efektif

$$\begin{aligned} \epsilon_{eff} &= \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left[ \frac{h}{W} \right]}} \right) \\ &= \frac{4.3 + 1}{2} + \frac{4.3 - 1}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left[ \frac{1.6}{67.75} \right]}} \right) \\ &= 4.5192 \end{aligned}$$

3. Menentukan panjang patch sebenarnya (Lp)

$$\begin{aligned} L_p &= \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 0.824h \left[ \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left( \frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left( \frac{W}{h} + 0.8 \right)} \right] \\ &= 50.4094 \end{aligned}$$

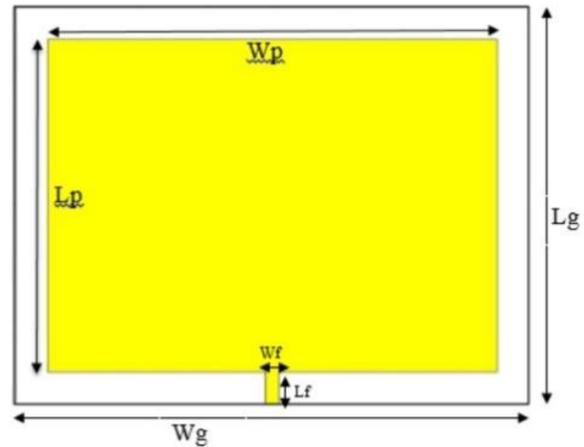
4. Menentukan panjang dan lebar groundplane

$$\begin{aligned} W_g &= 6h + W \\ &= 6 \times 1.6 + 67.75 = 77.35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_g &= 6h + L \\ &= 6 \times 1.6 + 50.4095 = 60.0095 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai dari masing masing parameter kemudian dirancang antenna mikrostrip rectangular awal, bentuk gambar dapat dilihat pada Gambar 1.

Setelah melakukan perhitungan dimensi awal maka selanjutnya melakukan perancangan di *software* simulasi dengan patch rectangular. Pada simulasi ini bertujuan untuk mengetahui kinerja awal antenna yang akan mempengaruhi keputusan jika spesifikasi yang diinginkan terpenuhi. Hasil simulasi desain awal antenna didapatkan *return loss* sebesar -1,5, VSWR sebesar 11,606, dan gain sebesar 0,1679. Hasil simulasi menunjukkan antenna belum bekerja dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Sehingga perlu melakukan optimasi agar mendapatkan hasil yang diinginkan. Langkah awal optimasi yaitu dengan menambah dan mengurangi dimensi antenna yang sudah di desain yaitu parameter Wp, Lp, Wg, dan Lg. Namun hasil dari mengubah dimensi masih tidak sesuai dengan spesifikasi



**Gambar 1. Desain awal antenna**

**Tabel 5. Dimensi Pengukuran Antena Sebelum dan Setelah Dioptimasi**

Parameter	Antena Sebelum Optimasi (mm)	Antena Sesudah Optimasi (mm)
Panjang Patch (Lp)	50,4094	55,66
Lebar Patch (Wp)	67,75	132
Panjang Ground (Lg)	60,0095	110
Lebar Ground (Wg)	77,35	150
Lebar feedline (Wf)	2	2
Panjang Feedline (Lf)	15,45	4
Ketebalan Substrat (h)	1,6	1,6
Ketebalan Copper (t)	0,035	0,035
Lebar inset feed (Xo)	-	35
Panjang inset feed (Yo)	-	3

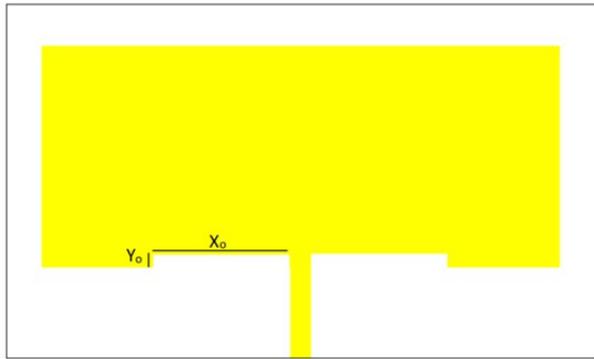
antenna. Maka langkah selanjutnya dengan cara menambahkan metode pada antenna seperti *inset feed* seperti di Gambar 2 dengan dimensi pada Tabel 5.

Dilihat dari Tabel 6 menunjukkan bahwa hasil simulasi setelah di optimasi mendapatkan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, hal itu disebabkan penambahan metode *inset feed* dengan variabel Xo dan Yo. Penambahan *inset feed* dapat menyebabkan pergeseran frekuensi, sehingga perlu penyesuaian dari dimensi patchnya agar mendapatkan frekuensi kerja yang tetap dan Tabel 6 merupakan hasil terbaik dari proses. *Inset feed* dapat meningkatkan performa antenna sehingga dapat memenuhi spesifikasi yang diinginkan karena adanya perubahan jalur arus pada *patch* dan dengan menggunakan *inset feed* dapat mengurangi dimensi *patch*.

### 3.3 Simulasi dengan Phantom

Dilakukan simulasi pengukuran kinerja antenna pada perancangan antenna hasil perhitungan dengan dilakukan pengukuran kinerja antenna hasil simulasi dalam kondisi *on-body phantom* dan *off-body phantom*.

Dari table diatas menunjukkan hasil perbandingan simulasi dengan spesifikasi antenna dimana antenna



Gambar 2. Desain Antena Setelah di Optimasi

Tabel 6. Perbandingan Hasil Simulasi

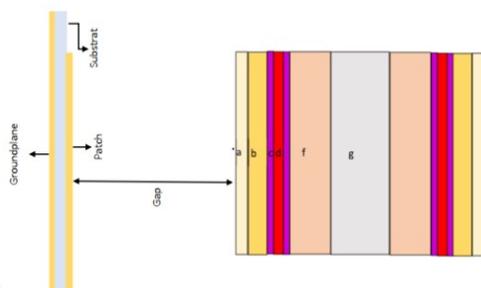
Parameter	Sebelum di Optimasi	Sesudah di Optimasi
Return Loss	-1,500	-40,392
VSWR	11,606	1,077
Gain	0,1679	3,055

tersebut dapat bekerja pada kondisi *off-body* maupun *on-body*. Pada kondisi *on-body* menggunakan *phantom* dengan jarak 50 mm dari patch antena didapatkan hasil *return loss* sebesar -41,316, VSWR 1,138, Gain 3,153, dan bandwidthnya sebesar 42,5. Sedangkan pada kondisi *off-body* tanpa menggunakan *phantom* menghasilkan *return loss* sebesar -40,392, VSWR 1,138, Gain 3,06, dan *bandwidth* sebesar 42,8. Kedua kondisi memiliki hasil simulasi yang memenuhi spesifikasi sehingga antena ini dapat direalisasikan.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1 Realisasi Antena

Setelah melakukan perancangan dan simulasi yang sudah sesuai dengan spesifikasi. Maka antena difabrikasi yang terbuat bahan FR-4 sebagai substrat sedangkan bahan *copper* sebagai *patch* dan *groundplane* dengan dimensi 11 cm x 15 cm. Antena *rectangular* dengan frekuensi kerja 1,27 GHz yang memiliki potensi untuk melakukan deteksi gula dalam darah.



Gambar 3. Antena dengan *Phantom* Tampak Samping

Tabel 7. Dimensi *Phantom*

Lapisan	Keterangan	Ketebalan (mm)
Kulit	a	1
Lemak	b	12
Darah	d	2,5
Otot	e	25
Vena	c	0,5
Tulang	f	40

Tabel 8. Perbandingan Spesifikasi Antena

Keterangan	Spesifikasi	Simulasi	
		Off-Body	On-Body
Return Loss (dB)	$\leq -10$ dB	-40,392	-41,316
VSWR	$\leq 2$	1,138	1,138
Gain (dBi)	$\geq 3$ dBi	3,06	3,153
Bandwidth (MHz)	$< 150$ MHz	42,8	42,5

##### 4.2 Hasil Pengukuran S1

Pengukuran *return loss* dilakukan dua kali yaitu pengukuran pada kondisi *off body phantom* dan kondisi *on body* yang didekatkan dengan tangan. Dengan demikian, dilakukan perbandingan *return loss* dan VSWR antena simulasi dan antena fabrikasi untuk kondisi *off body* dan *on body* seperti pada Gambar 5 & 6.

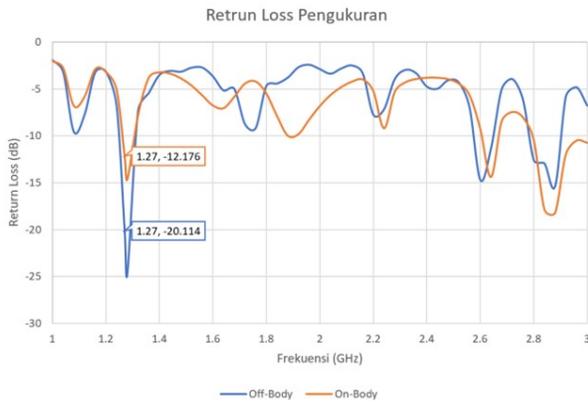
Pada Gambar 5 menunjukkan grafik *return loss* dengan frekuensi kerja 1,27 GHz dari hasil pengukuran kondisi *off-body* dihasilkan -20,114 dB dan hasil pengukuran kondisi *on-body* dihasilkan sebesar -12,176 dB. Pada Gambar 6 menunjukkan grafik VSWR dari proses simulasi dan pengukuran. Pada proses *off-body* mendapatkan 1,52 sedangkan proses *on-body* mendapatkan 1,652. Hasil dari *return loss* dan VSWR ada perbedaan yang menjadi penyebabnya adalah keterbatasan alat dan *human error*. Pada kondisi *off-body* menghasilkan nilai bandwidth sebesar 90 MHz, sedangkan kondisi *on-body* sebesar 120 MHz. Adapun perbedaan hasil dari pengukuran dengan simulasi dikarenakan fabrikasi antena dan faktor lainnya.

##### 4.3 Hasil Pengukuran Gain

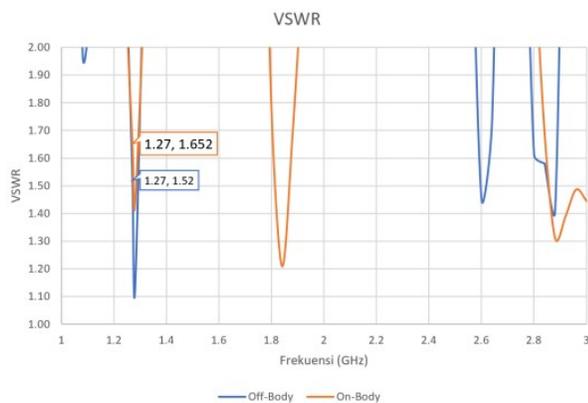
Gain yang dihasilkan setelah melakukan pengukuran selanjutnya dibandingkan dengan gain yang dihasilkan pada simulasi. Nilai gain hasil pengukuran berbeda dengan gain simulasi dengan gain pengukuran



Gambar 4. Antena Fabrikasi



Gambar 5. Perbandingan Return Loss



Gambar 6. Perbandingan VSWR

sebesar 1,516 dBi dBi, sedangkan gain hasil simulasi sebesar 3,06 dBi.

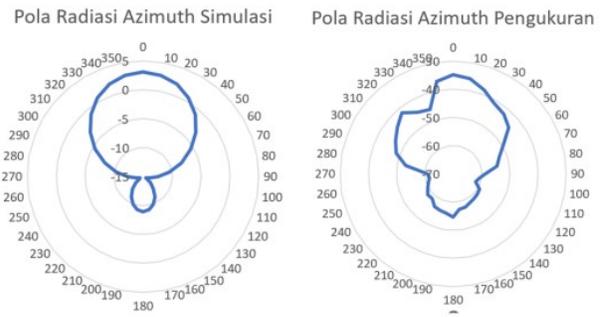
4.4 Hasil Pengukuran Pola Radiasi

Berdasarkan pada Gambar 7, terlihat bahwa pola radiasi yang didapat merupakan jenis pola radiasi unidirectional dengan pancaran yang berfokus pada satu arah saja.

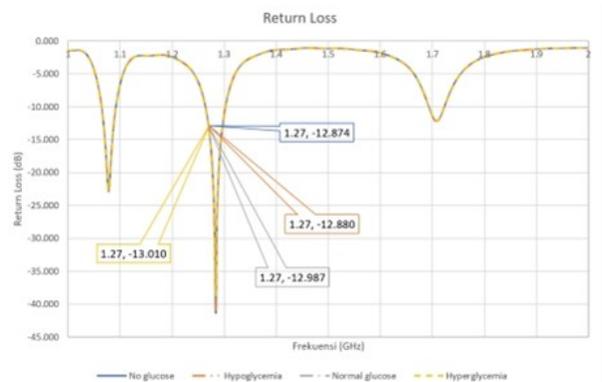
4.5 Simulasi Antena dengan Pemodelan Glukosa

Simulasi antenna dengan pemodelan glukosa dilakukan dengan menganalisis perbedaan parameter *return loss*, VSWR, dan gain untuk mengetahui keberadaan glukosa. Pada pemodelan glukosa ini dibagi menjadi tiga yaitu *hypoglycemia*, *normal glucose*, dan *hyperglycemia*. Berikut nilai parameter elektrik dari pemodelan glukosa.

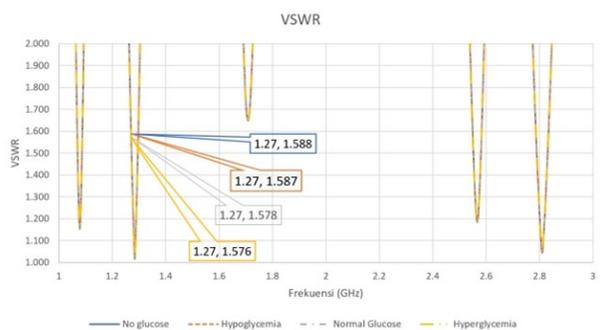
Dari Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai *return loss* antenna tiap klasifikasinya berbeda. Pada *hypoglycemia* nilai *return loss* sebesar -12,88 dB, *normal glucose* sebesar -12,987 dB, dan pada *hyperglycemia* nilainya sebesar -13,010 dB. Hal ini menunjukkan semakin banyak kadar glukosa dalam darah maka nilai *return loss* semakin kecil.



Gambar 7. Perbandingan Pola Radiasi Simulasi dan Pengukuran



Gambar 8. Perbandingan Nilai Return Loss Glukosa



Gambar 9. Perbandingan Nilai VSWR Glukosa

**Tabel 9. Spesifikasi konsentrasi glukosa/BGL [13]**

Keterangan	Permitivitas Relatif (F/m)	Konduktivitas (S/m)
<i>Hypoglycemia</i>	63	1,5
<i>Normal Glucosa</i>	58	3,5
<i>Hyperglycemia</i>	40	3,5

Dari Gambar 9 menunjukkan bahwa nilai VSWR antenna tiap klasifikasinya berbeda. Pada *hypoglycemia* nilai VSWR sebesar 1,587, *normal glucose* sebesar 1,578 dan pada *hyperglycemia* nilainya sebesar 1,576. Hal ini menunjukkan semakin banyak kadar glukosa dalam darah maka nilai VSWR semakin kecil.

Dalam grafik Gambar 8 dan Gambar 9 tidak menunjukkan pergeseran frekuensi dari setiap konsentrasi glukosa. Seharusnya sifat dielektrik tubuh dapat mempengaruhi frekuensi kerja antenna. Ketika antenna ditempatkan dekat dengan tubuh manusia, medan elektromagnetik yang dihasilkan oleh antenna akan mempengaruhi sifat dielektrik tubuh dan sebaliknya terutama di frekuensi di atas 1 GHz, di mana gelombang elektromagnetik mulai menembus ke dalam tubuh. Dalam penelitian ini efektivitas antenna menurun ketika ditambahkan *phantom* sehingga sensitivitasnya terhadap glukosa juga menurun. BGL dengan pergeseran frekuensi resonansi saling berhubungan sesuai dari sifat dielektrik yang diamati [14]. Jika BGL meningkat akan terjadi pergeseran frekuensi menurun. Maka dari itu antenna ini belum dapat bekerja secara maksimal untuk mendeteksi glukosa pada darah. Sehingga perlu adanya pembandingan hasil simulasi, hasil pengukuran, dan alat pendeteksi glukosa lainnya agar dapat melihat antenna dapat mampu bekerja atau tidaknya dan melakukan pengujian langsung terhadap kadar/konsentrasi glukosa dalam darah. Selain itu, perlu adanya peningkatan gain agar efektivitas antenna juga meningkat sehingga tingkat sensitivitas antenna makin tinggi.

## 5. Kesimpulan

Antena *rectangular* dengan *inset feed* memiliki performansi yang baik dan dapat bekerja dalam kondisi *off-body* dan *on-body* dengan tangan manusia yang dijadikan sebagai objek penelitian. Pada simulasi menggunakan *software* simulasi 3D menghitung dengan keadaan antenna dengan *phantom* dan tanpa *phantom*. Antena dengan *phantom* yang terdiri dari kulit, lemak, otot, darah, dan tulang. Dari beberapa lapisan tersebut memiliki nilai permitivitas dan konduktivitas yang berbeda-beda. Hasil simulasi antenna dengan *phantom* didapatkan nilai SAR yang diperoleh sebesar 1,267 W/kg dengan jarak minimum 50 mm yang menyatakan antenna yang bekerja baik dan aman untuk tubuh. Sehingga jarak 50 mm antara antenna dengan tubuh ini menjadi acuan untuk melakukan pengukuran kondisi *on-body*. Pada hasil simulasi terhadap konsentrasi

glukosa yaitu *hypoglycemia*, *normal glucose*, dan *hyperglycemia* menunjukkan bahwa nilai *return loss* dan VSWR semakin kecil jika konsentrasi glukosa semakin besar. Sehingga antenna ini dapat belum mampu bekerja secara maksimal untuk mendeteksi glukosa pada darah. Karena sensitivitas antenna terhadap glukosa dalam darah belum dikatakan bagus dikarenakan tidak ada pergeseran frekuensi yang terpengaruh oleh permitivitas dan konduktivitasnya (sifat dielektrik).

## Daftar Pustaka

- [1] R. A. Siregar, A. R. Amahorseja, A. Adriani, and J. Andriana, "Pemeriksaan kadar glukosa darah sewaktu, kadar asam urat dan kadar kolesterol pada masyarakat di desa eretan wetan kabupaten indramayu periode february 2020," *JURNAL Comunita Servizio*, vol. 2, no. 1, pp. 291–300, 2020.
- [2] A. L. Putra, P. M. Wowor, and H. I. S. Wungouw, "Gambaran kadar gula darah sewaktu pada mahasiswa angkatan 2015 fakultas kedokteran universitas sam ratulangi manado," *eBiomedik*, vol. 3, no. 3, pp. 834–838, 2015.
- [3] M. Sameer and P. Agarwal, "Coplanar waveguide microwave sensor for label-free real-time glucose detection," *RADIOENGINEERING*, vol. 28, no. 2, pp. 491–495, 2019.
- [4] S. Y. Huang, Omarkar, Y. Yoshida, A. J. G. Inda, C. X. Xavier, W. C. Mu, Y. S. Meng, and W. Yu, "Microstrip line-based glucose sensor for noninvasive continuous monitoring using the main field for sensing and multivariable crosschecking," *IEEE Sensors Journal*, vol. 19, no. 2, pp. 535–547, 2019.
- [5] S. Raj, N. Kishore, G. Upadhyay, S. Tripathi, and V. S. Tripathi, "A novel design of csrr loaded truncated patch antenna for non-invasive blood glucose monitoring system," in *2018 IEEE MTT-S International Microwave and RF Conference (IMaRC)*, 2018, pp. 1–4.
- [6] Z. Xiao, X. Tan, X. Chen, S. Chen, Z. Zhang, H. Zhang, J. Wang, Y. Huang, P. Zhang, L. Zheng, and H. Min, "An implantable rfid sensor tag toward continuous glucose monitoring," *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol. 19, no. 3, pp. 910–919, 2015.
- [7] V. V. Deshmukh and S. S. Chorage, "Non invasive determination of blood glucose level using narrowband microwave sensor," *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 2021.

- [8] N. F. Fahmi, N. Firdaus, and N. Putri, "Pengaruh waktu penundaan terhadap kadar glukosa darah sewaktu dengan metode poct pada mahasiswa," *NURSING UPDATE: Jurnal Ilmiah Ilmu Keperawatan*, vol. 11, no. 2, pp. 1–11, 2020.
- [9] S. K. Kamepally, B. P. Kumar, and C. S. Paidimarry, "FDTD estimation for accurate specific absorption rate in a tumor," in *2013 Annual International Conference on Emerging Research Areas and 2013 International Conference on Microelectronics, Communications and Renewable Energy*, 2013, pp. 1–5.
- [10] C. I. D. Anggitaratna, B. S. Nugroho, and L. O. Nur, "Perancangan dan analisis antena mikrostrip berbasis metamaterial pada frekuensi 3.5 ghz untuk aplikasi 5g," *eProceedings of Engineering*, vol. 8, no. 1, 2021.
- [11] H. H. Ryanu, R. S. M. Purba, Fardan, L. O. Nur, and B. S. Nugroho, "Design and realization of wearable ultrawideband antenna triangular patch for health applications with defected ground structure methods," *Journal of Measurements, Electronics, Communications*, vol. 9, no. 1, pp. 2–5, 2017.
- [12] A. Bakkali, C. Mounie, and L. Buisson, "First microwave tomography approach towards a truly non-invasive, pain-free, and wearable blood glucose monitoring device," *Progress In Electromagnetics Research M*, vol. 102, pp. 193–206, 2021.
- [13] Y. M. Daeli, L. O. Nur, and R. Anwar, "Performance of sewed textile antenna for biomedical application at ism band," in *7th International Conference on Space Science and Communication (IconSpace)*, 2020.
- [14] V. V. Deshmukh and S. S. Chorage, "Microstrip antennas used for noninvasive determination of blood glucose level," in *2020 4th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)*, 2020, pp. 720–725.