

Non-Invasive Wristwatch Microstrip Antenna Sebagai Pengukur Kadar Gula Dalam Darah Pada ISM (Industrial, Science, and Medical) band

Wahid Nova Nugraha¹⁾, Yusnita Rahayu²⁾, Teguh Praludi³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro S1, ²⁾Dosen Teknik Elektro, ³⁾Sivitas Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi BRIN

Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. H.R Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru Panam,
Pekanbaru, Riau 28293

E-mail : wahid.nova1160@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Diabetes mellitus affects millions of people worldwide. At present, the technology used by people with diabetes for determining blood glucose concentration is an invasive method that requires a blood sample and is thus painful. Bloodless and painless technology to monitor blood glycaemic levels could improve the lives of diabetes patients. This paper presents the design of a Mikrostrip antenna which can be used for non-invasive blood glucose monitoring. The antenna works well at frequency of 2.46 GHz. This frequency shift can be used to observe the change in blood's concentration, which will be used to estimate the concentration of glucose in the blood.

Keywords: Mikrostrip Antenna, Return Loss, Non Invasive Method, Glucose Monitoring, ISM Band

I. PENDAHULUAN

Diabetes Mellitus merupakan penyakit yang menjadi masalah kesehatan utama di masyarakat saat ini dan merupakan penyakit yang umum di seluruh dunia. Diabetes adalah masalah yang berkembang pesat yang mempengaruhi banyak orang di dunia. Jumlah penderita diabetes meningkat dari 108 juta pada tahun 1980 menjadi 422 juta pada tahun 2014. Prevalensi global diabetes pada orang dewasa di atas 18 tahun telah meningkat dari 4,7% pada tahun 1980 menjadi 8,5% pada tahun 2014 (WHO Global Report, 2014). Menurut Kementerian Kesehatan RI pada tahun 2013, diperkirakan jumlah absolut penderita diabetes adalah 12.191.694 (KEMENKES RI, 2014) dan jumlah ini cenderung meningkat. Diabetes tipe 1 (sebelumnya dikenal sebagai insulin-dependent) ditandai dengan produksi insulin yang kurang dan membutuhkan pemberian insulin setiap hari. Diabetes tipe 2 (sebelumnya disebut *non-insulin-dependent*)

terjadi akibat penggunaan insulin yang tidak efektif oleh tubuh.

Diagnosis dini dapat dicapai melalui pengujian gula darah yang relatif murah. Pengobatan diabetes melibatkan diet dan aktivitas fisik, bersama dengan menurunkan glukosa darah dan tingkat faktor risiko lain yang diketahui yang merusak pembuluh darah. Pemantauan glukosa darah dalam berbagai metode baik metode invasif maupun non-invasif. Metode invasif yang biasa digunakan adalah proses penusukan jari. Metode ini mengiritasi kulit dan proses pengambilan sampel yang menyakitkan. Metode non-invasif memberikan metode alternatif untuk invasif. Metode non-invasif yang paling populer adalah analisis kimia cairan interstisial, pernapasan, fluoresensi, spektroskopi okular, dan transmisi RF. Metode tersebut menjelaskan bagaimana

diabetes dapat dipantau dengan menggunakan antena non-invasif yang digunakan pada jari dan menghasilkan nilai apakah orang tersebut menderita diabetes atau tidak.

Omkar(2018) memberikan penjelasan lengkap tentang antena yang dapat digunakan memantau glukosa dalam darah secara non-invasif,tentang pengukuran kadar gula darah menggunakan cst, dan cara membuat phantom sedemikian rupa untuk membuktikan kebenaran antena pengukur kadar gula darah.Penulis membuat desain serupa namun telah membuat perbedaan desain pada phantom dimana desain kami dibuat menggunakan penampang susunan jari sesuai dengan anatomi tubuh sehingga sesuai dengan bentuk antena dimana terdapat kulit, lemak, darah, dan tulang yang digunakan sebagai antena untuk menguji kebenarannya. Komponen dielektrik yang umum digunakan dalam perancangan antena mikrostrip seperti polimer, kertas dan plastik merupakan bahan yang dapat digunakan sebagai substrat antena karena strukturnya yang . diproduksi dalam lembaran dan gulungan dengan ketersediaan global yang ideal untuk digunakan dalam aplikasi medis dan otomotif dan kompatibel dengan proses fabrikasi sirkuit konvensional. Antena akan berkinerja baik pada frekuensi 2.4 GHz.

Perancangan antena silinder diawali dengan proses perhitungan dimensi antena teoritis, kemudian proses perancangan menggunakan CST Studio Suite dan pengujian menggunakan blood phantom untuk menghasilkan pergeseran frekuensi. Pergeseran frekuensi ini terjadi karena perubahan kadar darah pada phantom untuk memperkirakan konsentrasi glukosa dalam darah. Hasil akhir dari penelitian ini adalah prototipe antena silinder, validasi alat ukur dengan membandingkannya dengan alat ukur darah pada alat kesehatan yang umum digunakan. Jika terdapat kesalahan keluaran yang signifikan, maka akan dilakukan

pengujian atau fabrikasi ulang prototipe sesuai dengan kesalahan yang terjadi.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Antena Mikrostrip

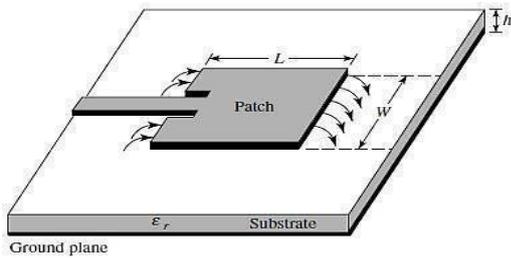
Antena patch mikrostrip pertama diperkenalkan oleh G.A. Deschamps pada tahun 1950 dan perkembangan teknologi ini baru muncul pada tahun 1970 ketika Robert E Munson dan beberapa peneliti lainnya mengembangkannya sebagai low loss substrat. Antena ini banyak digunakan pada frekuensi gelombang mikro dan sering dikenal dengan nama antena patch mikrostrip (Mehta, 2015).

Antena patch mikrostrip merupakan antena yang memiliki masa ringan, mudah fabrikasi, dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan dan ukuran yang kecil dibandingkan dengan antena jenis lain. Karena sifat yang dimilikinya, antena patch mikrostrip sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini sehingga dapat diintegrasikan dengan peralatan telekomunikasi. Akan tetapi antena patch mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu bandwidth yang sempit, gain yang kecil, serta efisiensi yang rendah (Lee, 2012).

Antena patch mikrostrip pada umumnya terdiri dari sepasang lapisan konduktor paralel yang dipisahkan suatu medium dielektrik atau dikenal dengan nama substrat. Lapisan konduktor atas atau patch mikrostrip berfungsi sebagai sumber radiasi dimana energi elektromagnetik menelusuri tepian dari sisi patch ke dalam substrat. Lapisan konduktor bawah berfungsi sebagai bidang ground, mengembalikan energi kembali melalui substrat menuju udara bebas seperti terlihat pada Gambar 1.

Bentuk patch yang paling umum digunakan dalam perancangan antena adalah patch dengan bentuk persegi panjang. Adapun perhitungan yang digunakan dalam

melakukan perancangan antenna mikrostrip dengan bentuk persegi panjang adalah (Gusman, 2014):



Gambar 1. Antena Mikrostrip

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

Untuk menentukan panjang peradiasi (l) maka diperlukan parameter Δl yang merupakan pertambahan panjang dari l akibat adanya fringing effect. Pertambahan panjang dari l (Δl) tersebut dirumuskan dalam (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:

C = kecepatan cahaya pada ruang bebas (3x10⁸ m/s)

Fo = frekuensi kerja dari antenna

Er = konstanta dielektrik substrat

H = merupakan tinggi substrat

Ereff = konstanta dielektrik efektif

L = panjang patch

Δl = pertambahan panjang dari L

L_{eff} = panjang patch efektif

2.2 Parameter Antena Mikrostrip

Parameter antenna merupakan kemampuan kinerja antenna yang pada penelitian ini yaitu *return loss*, *bandwidth*, *VSWR*, *gain*, dan pola radiasi.

1. Return Loss

Return loss adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. Return loss dapat terjadi karena adanya diskontinuitas di antara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena). Antena yang baik memiliki nilai return loss ≤ -10 dB dimana nilai gelombang yang direfleksikan lebih kecil dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan saluran transmisi, sehingga saluran transmisi telah matching dengan antenna. Pada rangkaian gelombang mikro yang memiliki diskontinuitas (*mismatched*), besarnya return loss bervariasi tergantung pada frekuensi yang dirumuskan dalam:

$$\text{Return loss} = 20 \log_{10} |\Gamma| \quad (6)$$

2. Bandwidth

Bandwidth didefinisikan sebagai rentang frekuensi kerja dari suatu antenna. Nilai *bandwidth* dapat diketahui apabila nilai frekuensi bawah dan frekuensi atas sudah diketahui. Frekuensi bawah (fb) adalah nilai frekuensi awal dari frekuensi kerja antenna,

sedangkan frekuensi atas (f_a) merupakan nilai frekuensi akhir dari frekuensi kerja antenna.

3. VSWR

VSWR adalah perbandingan amplitudo tegangan antara gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V|_{\max}$) dan minimum ($|V|_{\min}$). Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan (V_o^+) dan tegangan yang direfleksikan (V_o^-). Secara khusus, VSWR dapat dinyatakan dengan persamaan (Volakis, 2007) :

$$VSWR = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{(1+|\Gamma|)}{(1-|\Gamma|)} \quad (7)$$

4. Gain

Gain mempunyai satuan decibel (dB), sedangkan satuan gain dengan antenna sumber isotropik adalah decibel isotropic (dBi). Gain antenna berhubungan erat dengan direktivitas antenna dan faktor efisiensi antenna. Namun pada kenyataannya, sangat jarang gain suatu antenna dihitung berdasarkan tingkat direktivitas dan faktor efisiensinya dikarenakan kesulitan mendapatkan nilai direktivitas suatu antenna. Gain antenna dapat dihitung dengan menggunakan antenna lain sebagai antenna yang standar dan memiliki gain yang standar. Gain antenna diukur dengan membandingkan daya yang diterima antara antenna standar dan daya antenna yang akan diukur dari antenna pemancar yang sama dan dengan daya yang sama. Pengukuran gain dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Purnama, 2017) :

$$G_t = \frac{P_t}{P_s} \times G_s \quad (8)$$

Pada satuan desibel dapat dituliskan menjadi (Perangin-angin, 2021) :

$$G_t(\text{dB}) = P_t(\text{dBm}) - P_s(\text{dBm}) + G_s(\text{dB}) \quad (9)$$

Dimana :

G_t = Gain Antena

P_t = Daya antenna yang diukur

P_s = Daya yang diterima antenna standar

G_s = Gain standar

2.3 Industrial, Scientific and Medical (ISM) band

Industrial, Scientific, and Medical (ISM) Bands didefinisikan oleh ITU *Telecommunication Standardization Sector* (ITU-T) dalam S5.138 dan S5.150 tentang regulasi radio di Amerika Serikat. Adalah lembaga FCC yang memerintahkan penggunaan ISM Bands di seluruh wilayah US. Band 2.4 GHz didefinisikan dalam rentang 2.4000 GHz sampai 2.4835 GHz dengan lebar pita 83.5 MHz..

2.4 Standarisasi ITU

Untuk antenna dengan pita frekuensi ISM menggunakan Standar Regulasi *International Telecommunication Union* (ITU) sebagai acuan nilai parameter yang digunakan pada penelitian ini. Adapun nilai-nilai parameter antenna Mikrostrip pada pita frekuensi ISM dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Parameter antenna

Parameter Antena	Nilai Parameter
Frekuensi Kerja	2.46 GHz
<i>Return Loss</i>	≤ -10 dB
Gain	4.91 dBi
VSWR	≤ 2
<i>Bandwidth</i>	83.5 MHz

2.5 Wood sebagai Substrat

Penggunaan *Wood* atau kayu sebagai substrat karena karakteristik nya yang dapat digunakan sebagai bahan yang dipilih harus memenuhi standar sebagai substrat antenna, untuk kebutuhan medis yang memiliki persyaratan non-toksik, non-alergi dan non-stimulasi bila digunakan pada tubuh manusia. Biaya pembelian yang cukup murah juga menjadi alasan lain digunakannya *wood* sebagai substrat

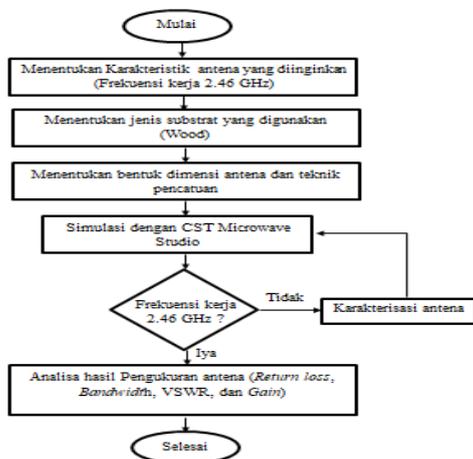
Tabel 2. Data sheet *Wood Substrat*

Parameter	Nilai P
Material Set	<i>Wood</i>
Type	Normal
Dispersive eps	2 (fit)
Mu	1
Rho	500 [kg/m ³]
Thermal cond	0.2 [W/K/m]
Heat capacity	2 [kJ/K/kg]
Diffusivity	2e-007 [m ² /s]

III. METODE PENELITIAN

Dalam Penelitian ini akan dirancang antenna Mikrostrip non Invasif yang bekerja pada frekuensi 2.46 Ghz. Bahan substrat yang digunakan adalah *Wood* dengan ketebalan substrat 0.9 mm.

Dalam merancang antenna Mikrostrip diperlukan tahapan-tahapan yang sistematis untuk membantu dalam proses perancangan. Gambar 2 merupakan gambar diagram alir dari perancangan antenna Mikrostrip.



Gambar 2. Flowchart Alur Penelitian

Gambar 2 menunjukkan diagram alir dari perancangan dan simulasi antenna Mikrostrip. Perancangan dimulai dengan menentukan karakteristik antenna dan dilanjutkan dengan penentuan jenis substrat yang akan digunakan. Pada penelitian ini jenis substrat yang digunakan adalah *Wood*.

Desain dan simulasi antenna ini menggunakan CST Studio Suite. Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, maka simulasi dilakukan dalam beberapa tahapan karakterisasi, yaitu karakterisasi *patch*, dan karakterisasi *Ground*.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

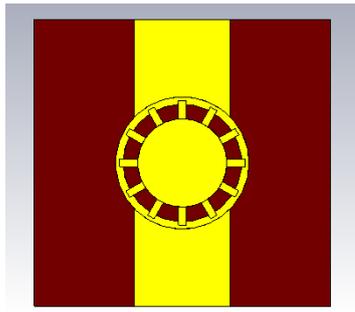
Optimasi antenna dilakukan untuk mendapatkan antenna Mikrostrip yang diinginkan sesuai standarisasi ITU. Optimasi antenna dilakukan dengan mengubah dimensi antenna yang diuraikan berikut ini.

1. Dimensi Awal

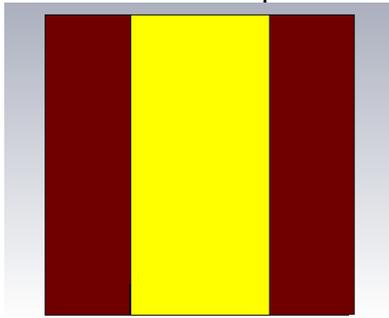
Dimensi awal antenna didapat setelah melakukan perhitungan dimensi secara teori. Parameter dimensi awal antenna dapat dilihat pada Tabel 3 dan desain awal antenna dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 3. Parameter dimensi antenna

Parameter	Dimensi (mm)
Lebar Substrat (WS)	36
Panjang substrat (LS)	39
Lebar <i>Patch</i> Rectangular besar (WPRB)	13
Panjang <i>Patch</i> Rectangular besar (LPRB)	39
Lebar Ground (WG)	18
Panjang Ground (LG)	39
Diameter Circle Patch Luar (OCP)	9
Diameter Circle Patch Dalam (ICP)	6
Panjang Patch Rectangular Kecil (LPRS)	17
Lebar Patch Rectangular Kecil (WPRS)	1

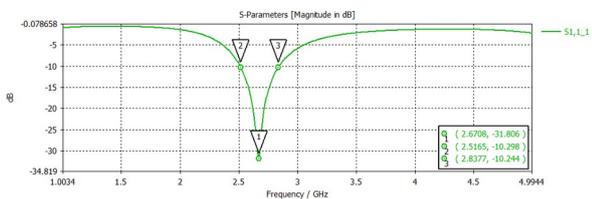


Gambar 3. Geometri patch antenna



Gambar 4. Geometri Ground antenna

Hasil simulasi desain awal antenna dengan substrat *Wood* menggunakan pencatutan Mikrostrip linedapat dilihat pada gambar 5.



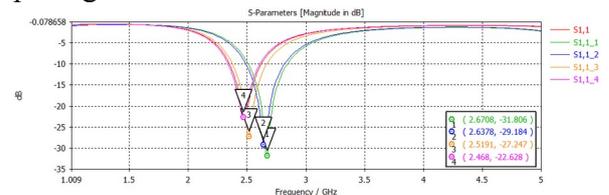
Gambar 5. Return Loss Rancangan Awal Antena

Gambar 5 menunjukkan bahwa hasil simulasi telah menunjukkan nilai return loss yang baik yaitu -31.086 dB pada frekuensi 2.67 GHz. Bandwidth dari antenna juga sudah menunjukkan nilai yang baik yaitu 321 Mhz namun antenna belum termasuk kategori sebagai antenna ISM karena rentang frekuensi ISM ada pada 2.4 hingga 2.4835 Ghz ,Hasil yang diinginkan masih belum terpenuhi, karena antenna yang dirancang adalah antenna yang bekerja pada frekuensi 2.46 GHz. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses optimisasi atau karakterisasi antenna, karakterisasi dan

optimisasi akan dilakukan dengan mengubah dimensi dari patch,dan Ground

2. Optimisasi dimensi Antena

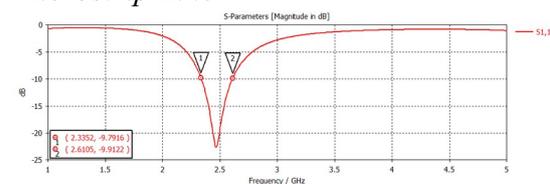
Untuk mendapatkan hasil simulasi return loss dengan nilai terbaik, maka dilakukan karakterisasi pada panjang patch. Karakterisasi dilakukan dengan mengubah dimensi dari panjang patch sementara parameter lainnya tetap. Hasil simulasi karakterisasi pada lebar patch ditunjukkan pada gambar 6



Gambar 6. Return Loss Hasil Karakterisasi dimensi Patch

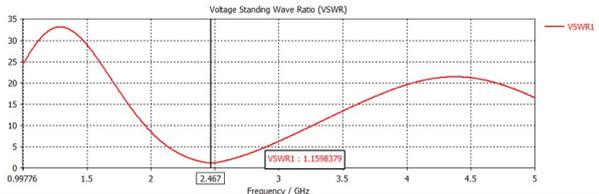
Gambar 6 menunjukkan beberapa grafik *return loss* dari hasil karakterisasi panjang *patch* Antena Mikrostrip. Panjang *patch* awal adalah 39.20 mm. Variasi Panjang *patch* yang dibuat adalah dimulai dari 39.20 mm sampai 37.20 mm dengan perubahan 1 mm dan setiap parameter antenna yang lain dalam kondisi tetap. Hasil simulasi menunjukkan bahwa perubahan panjang *patch* berpengaruh pada nilai *return loss* dan frekuensi kerja dari antenna, hasil simulasi juga menunjukkan pengurangan dimensi panjang *patch* membuat nilai return loss dan frekuensi kerja antenna mengarah kearah lebih baik.

Gambar berikut ini menunjukkan hasil simulasi *return loss* dari Antena Mikrostrip menggunakan *Wood* dengan pencatutan *Microstrip Line*



Gambar 8. Hasil Simulasi *Return Loss* Antena Mikrostrip

Dari gambar 8 dapat dilihat bahwa, nilai *return loss* yang didapatkan pada frekuensi 2.46 GHz adalah -22.48 dB. Sedangkan untuk hasil simulasi VSWR dari Antena Mikrostrip menggunakan *Wood* dengan pencatuan *Mikrostrip Line* ditunjukkan pada gambar 9.

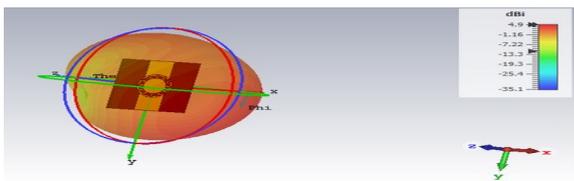


Gambar 9 Hasil Simulasi VSWR Antena Mikrostrip

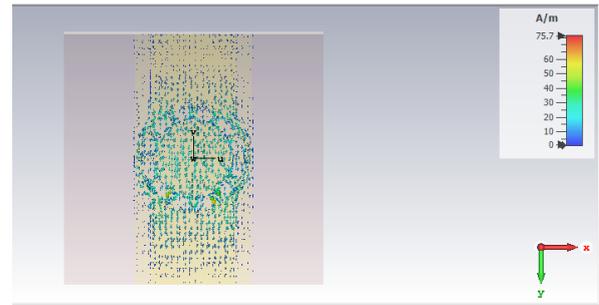
Dari gambar 9 dapat dilihat bahwa nilai VSWR pada frekuensi 2.46GHz adalah 1.159. Gambar 8 juga menunjukkan bahwa *bandwidth* antenna adalah berada pada rentang frekuensi dari 2.33-2.61 GHz. Nilai *bandwidth* yang dicapai pada nilai $VSWR \leq 2$ atau $return Loss \leq -10$ dB pada frekuensi 2.4GHz adalah :

$$Bandwidth = 2.61 - 2.33 = 280 \text{ MHz}$$

Perhitungan nilai *bandwidth* yang dihasilkan pada perancangan elemen tunggal antenna mikrostrip dengan substrat *Wood* adalah sebesar 280 MHz. Hal ini menunjukkan bahwa antenna yang dirancang memenuhi standard antenna ISM Band, dimana standard antenna ISM adalah antenna yang memiliki $bandwidth \geq 83.5$ MHz. Nilai *gain* Antena Mikrostrip yang diperoleh dari hasil simulasi setelah proses karakterisasi adalah sebesar 4.9 dBi pada frekuensi 2.46 GHz ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Hasil Simulasi Gain Antena Mikrostrip



Gambar 11. Hasil Simulasi Gain Antena Mikrostrip

Gambar 11 memperlihatkan arus yang mengalir pada antenna, dimana sebagian besar mengalir di area saluran pencatu. Pengurangan *lebar patch* pada antenna membantu arus untuk mengalir ke hampir seluruh bagian *patch* antenna. Gambar 11 menunjukkan nilai arus maksimal yang mengalir sebesar 75.7 A/m yang berada pada area saluran pencatu, sementara nilai arus pada rentang 25.3 – 29 A/m berada disebagian ground. Dengan demikian pengurangan *lebar patch* pada antenna membantu arus untuk dapat terdistribusi dengan baik, sehingga berpengaruh terhadap pergeseran frekuensi maupun *bandwidth* pada antenna.

Tabel 4. Perbandingan pada penelitian terdahulu

Jurnal Referensi	frekuensi
<i>Design of Microstrip Sensor for Non invasive Blood Glucose Monitoring</i>	2.4 Ghz
<i>Portable and Non-invasive Blood Glucose Monitoring over a Prolonged Period using Whispering Gallery Modes at 2.4 GHz</i>	2.4 Ghz
<i>A Stacked Patch MIMO Antenna With Circular Polarization for non-invasive Blood Glucose Sensing Application</i>	8.2 GHz
<i>Microwave-based Non-invasive Blood Glucose Levels</i>	4.98 - 11.75 GHz

Jurnal Referensi	frekuensi
<i>Evaluation of the Sensitivity of Antenna at Millimeter Waves using Patch Antennas for Non-invasive Glucose Sensing Antennas</i>	60 GHz

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Antena Mikrostrip pada aplikasi biomedis ini dirancang pada pita frekuensi ISM (*Industrial Medical Science*) band dibuat dengan Substrat *Wood* pada frekuensi 2.46 Ghz
2. Hasil simulasi menunjukkan bahwa antena telah bekerja sesuai standar regulasi *International Telecommunication Union* ITU.
3. Dari hasil simulasi didapat spesifikasi antena sebagai berikut: antena berbentuk Mikrostrip yang merupakan antena yang membuat lebih baik dari penelitian sebelumnya dengan frekuensi kerja yang sesuai dengan standar frekuensi ISM sebesar 2.46 GHz. VSWR pada frekuensi 2.4GHz adalah 1.115, yang sudah memenuhi standar $VSWR \leq 2$ atau dianggap baik pada antena Mikrostrip; *bandwidth* sebesar 280 MHz yang telah memenuhi standar 83.5 MHz.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini, diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan analisa data sesuai dengan perkembangan teknologi termutakhir dengan hasil yang lebih baik dari penelitian sebelumnya

VI. DAFTAR PUSTAKA

AC Durgun, MS Reese, CA Balanis, CR Birtcher, DR Allee, dan S. Venugopal, "Antena dasi kupu-kupu ," pada 2010

Propag Antena IEEE. Masyarakat Internasional Sympos.(APSURSI), Juli 2010, pl

Affendi Muhammad Farhan bin Yunos and Other (2018); Simulasi Sensor Antena Patch RF untuk Aplikasi Biologi makalah Konferensi Internasional ke-7 2018 tentang Teknik Komputer dan Komunikasi (ICCCE).

Ahmed, Aisyah, Masood Ur-Rehman, dan Qammer Hussain Abbasi. "Desain antena implan miniatur untuk pemantauan glukosa darah." Simposium Masyarakat Elektromagnetik Komputasi Internasional Terapan (ACES) 2018 IEEE, 2018.

bin Yunos, Muhammad Farhan Affendi, Anis Nurashikin Nordin, and Sheroz Khan. "Simulasi Sensor Antena Patch RF untuk Aplikasi Biologis." Konferensi Internasional ke-7 2018 tentang Teknik Komputer dan Komunikasi (ICCCE). IEEE, 2018..

Buxi, Dilpreet, Jean-Michel Redouté, dan Mehmet Rasit Yuce. "Estimasi tekanan darah menggunakan waktu transit pulsa dari bioimpedansi dan radar gelombang kontinu." *Transaksi IEEE pada Teknik Biomedis* 64.4 (2016): 917-927.

Cordero, Camille J., dkk. "Mengukur kadar glukosa darah menggunakan parameter S11." *TENCON 2017-2017 IEEE Wilayah 10 Konferensi*. IEEE, 2017.

DE Anagnostou, AA Gheethan, AK Amert, dan KW Whites, "Antena cetak tulis langsung pada substrat organik berbasis kertas untuk tampilan dan aplikasi WLAN," *J. Display Technol.*, vol. 6, tidak. 11, hlm. 558–564, November 2010.

J. So, J. Thelen, A. Qusba, GJ Hayes, G. Lazzi, dan MD Dickey, "Antena fluidic yang dapat dideformasi secara reversibel dan dapat disetel secara mekanis," *Adv. Matras Fungsional*, vol. 19, tidak. 22, hlm. 3632–3637, Oktober 2009.

Kavitha, G., dan Senthil Kumar. "Antena sebagai sensor untuk mengukur diabetes mellitus dari pankreas dengan metode Non-Invasif." *Konferensi Internasional*

1st 2019 tentang Inovasi dalam Teknologi Informasi dan Komunikasi (ICIICT). IEEE, 2019.

Kementerian Kesehatan RI, 'Situasi dan Analisis Diabetes', 2014.

P. Salonen, J. Kim, dan Y. Rahmat-Samii, "Dual-band E-berbentuk patch antena tekstil dpt dipakai," di IEEE Antena Propag. Soc. Sim., 2004, jilid. 1, hlm. 466–469.

P. Salonen, J. Kim, dan Y. Rahmat-Samii, "Dual-band E-berbentuk patch antena tekstil dpt dipakai," di IEEE Antena Propag. Soc. Sim., 2004, jilid. 1, hlm. 466–469

- Raj, Saurabh, dkk. "Antena MIMO Tambalan Bertumpuk Dengan Polarisasi Melingkar untuk Aplikasi Penginderaan Glukosa Darah non-invasif." Konferensi Internasional Bagian IEEE Uttar Pradesh ke-5 2018 tentang Teknik Elektro, Elektronika dan Komputer (UPCON). IEEE, 2018.
- Sen, Kushal, dan Sneh Anand. "Desain sensor mikrostrip untuk pemantauan glukosa darah non invasif." Konferensi Internasional 2017 tentang Emerging Trends & Innovation in ICT (ICEI). IEEE, 2017.
- Shao, Jinjin, dkk. "Sensor spiral miniatur baru untuk pemantauan glukosa darah non-invasif." Konferensi Eropa ke-10 tentang Antena dan Propagasi (EuCAP) 2016 ke-10. IEEE, 2016.
- Who.int,'Diabetes',2014.[Online].Tersedia:<http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>. [Diakses: 28- Nov-2019].
- Xiao, Xia, dan Qinwei Li. "Pengukuran konsentrasi glukosa darah noninvasif dengan spektrum gelombang mikro UWB." Antena IEEE dan Surat Propagasi Nirkabel 16 (2016): 1040-1043.
- Yu, Wenwei, dan Shao Ying Huang. "Jalur Mikrostrip Berpola Berbentuk T untuk Penginderaan Glukosa Kontinu Noninvasif." IEEE Microwave dan Komponen Nirkabel Surat 28.10 (2018): 942-944