



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

**ANALISA PENGUKURAN KADAR GLUKOSA DARAH
NON-INVASIVE PADA SENSOR BERSTRUKTUR
CPW LOADED SQUARE RING RESONATOR WITH
INTERDIGITAL COUPLING CAPACITOR**

TESIS

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Oleh:

Catur Ratmoko

55417120029

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2020**



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

**ANALISA PENGUKURAN KADAR GLUKOSA DARAH
NON-INVASIVE PADA SENSOR BERSTRUKTUR
CPW LOADED SQUARE RING RESONATOR WITH
INTERDIGITAL COUPLING CAPACITOR**

TESIS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Program Pascasarjana Program Magister Teknik Elektro

MERCU BUANA

Oleh:

Catur Ratmoko

55417120029

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2020**

ABSTRAK

Pada penelitian ini menyajikan hasil dari sistem eksperimental yang digunakan dalam mendesain struktur sensor berbasis CPW dalam mendeteksi kadar glukosa darah manusia, menggunakan interaksi gelombang mikro dengan *finger digital tissue*. Sensor dengan gelombang mikro digunakan untuk pemantauan glukosa darah secara *non-invasif*. Desain sensor menggunakan struktur CPW yang dimuat secara simetris berbentuk *square ring resonator* dengan *interdigital coupling capacitor* pada sisi belakang media (grounded). Disimulasikan bersama beban berupa jaringan jari buatan menggunakan bahan dasar gelatin dimodelkan menjadi empat lapis, dimulai bagian kulit yang merupakan jaringan terluar, berikutnya adalah lemak, darah dan tulang dan masing-masing jaringan tersebut juga memiliki ketebalan tertentu, kulit (0.3mm), lemak (0.2 mm), darah (1.5mm) dan tulang (4mm). Pengukuran dilakukan secara simulasi menggunakan HFSS dan fabrikasi menggunakan VNA sebagai representasi fisik dari hasil rancangan dengan analisa optimasi parametrik. Untuk memverifikasi korelasi dan sensitifitas yang diharapkan, media dengan dielektrik berbeda dipasang pada permukaan *resonator sensor* dengan kadar glukosa darah 1 mg/dl, 72 mg/dl, 126 mg/dl, 162 mg/dl dan 216 mg/dl. Perubahan pergeseran faktor refleksi S_{11} diamati berdasarkan konstanta dielektrik kadar glukosa darah dengan naik turunnya level dB. Analisa data terhadap grafik antara variabel independen yaitu konsentrasi glukosa darah dan variabel dependen level S_{11} (dB) mempunyai nilai korelasi R^2 sebesar 0.97644. Didapat tingkat sensitifitas sensor pada faktor refleksi S_{11} dengan rata-rata simulasi HFSS mencapai $73.36 \text{ m dB/mgdl}^{-1}$ dan VNA mencapai $82.39 \text{ m dB/mgdl}^{-1}$. Hasilnya menarik untuk mengembangkan sistem penginderaan glukosa yang lebih optimal.

Kata Kunci: *Sensor; coplanar waveguide; resonator loaded ground structure; square ring resonator with interdigital coupling capacitor; non-invasive; measurement of blood glucose levels.*

ABSTRACT

This study presents the results of the experimental system used in designing the CPW-based sensor structure in detecting human blood glucose levels, using microwave interaction with digital finger tissue. Sensor with microwave is used for non-invasive monitoring of blood glucose. The sensor design uses a symmetrically loaded CPW structure in the form of a square ring resonator with an interdigital coupling capacitor on the back side of the media (grounded). Simulated together with the load in the form of artificial finger tissue using gelatin as a base material is modeled into four layers, starting with the skin which is the outermost tissue, then fat, blood and bone and each of these tissues also has a certain thickness, skin (0.3mm), fat (0.2 mm), blood (1.5mm) and bone (4mm). Measurements were carried out by simulation using HFSS and fabrication using VNA as a physical representation of the design results with parametric optimization analysis. To verify the correlation and expected sensitivity, media with different dielectrics was mounted on the surface of the sensor resonator with blood glucose levels of 1 mg/dl, 72 mg/dl, 126 mg/dl, 162 mg/dl and 216 mg/dl. Changes in the shift in the reflection factor S_{11} were observed based on the dielectric constant of blood glucose levels with increasing and decreasing (dB) levels. Analysis of the data on the graph between the independent variables, namely the concentration of blood glucose and the dependent variable level S_{11} (dB) has a correlation value of R^2 of 0.97644. The sensitivity level of the sensor on the reflection factor S_{11} with an average HFSS simulation reached 73.36 mdB/mgdl⁻¹ and VNA reached 82.39 mdB/mgdl⁻¹. The results are interesting to develop a more optimal glucose sensing system.

Keywords: *Sensor; coplanar waveguide; resonator loaded ground structure; square ring resonator with interdigital coupling capacitor; non-invasive; measurement of blood glucose levels.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT karena limpahan rahmat serta karunia-Nya penulis dapat berkesempatan menyelesaikan penyusunan Tesis dengan judul “ANALISA PENGUKURAN KADAR GLUKOSA DARAH NON-INVASIVE PADA SENSOR BERSTRUKTUR CPW LOADED SQUARE RING RESONATOR WITH INTERDIGITAL COUPLING CAPACITOR”.

Penulisan Tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan kelulusan dan memperoleh gelar Magister (S-2) pada Pascasarjana Program Studi Magister Teknik Elektro di Universitas Mercu Buana. Penulis menyadari bahwa penyusunan Tesis ini terlaksana dengan adanya bantuan, bimbingan, serta doa dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ing. Mudrik Alaydrus, sebagai Dosen Pembimbing sekaligus Direktur Pasca Sarjana Program Studi Magister Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk melakukan proses bimbingan, memberikan dukungan moril, doa, inspirasi, pikiran dan arahan yang sangat berarti bagi penulis sehingga terselesaikannya penulisan Tesis ini tepat waktu.
2. Bapak Prof. Dr. Andi Andriansyah, M. Eng, sebagai Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, atas segala arahan yang telah diberikan.
3. Ibu Dr. Umaisaroh, S.ST, sebagai dosen penguji, atas segala saran dan masukan yang membangun.
4. Dosen Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Mercu Buana yang memberikan tugas-tugas sebagai dan petunjuk yang sangat berarti bagi penulis selama pra-proses penyusunan Tesis.

5. Seluruh civitas Universitas Mercu Buana terkhusus Pak Miyono dan juga rekan-rekan mahasiswa Program Studi Magister Teknik Elektro angkatan 22 yang telah memberikan banyak masukan dan dukungan moril sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini tepat waktu.
6. Bapak Dr. Abdul Rachman, MM dan Ibu Diah Zakiah, MT selaku atasan sekaligus mentor yang telah memberikan kesempatan dan dorongan penuh untuk penulis sehingga tercapainya tesis ini tepat pada waktunya.
7. Segenap Keluarga, Istri Tercinta Sri Nursiti serta anak-anak terkasih Ananda Aisha Hamda Sakhia dan Ananda M. Farel Alfarizi yang telah mengorbankan waktunya dan memberikan banyak dukungan langkah demi langkah kepada penulis.
8. Ibunda tersayang Suwatini, Kakanda Eka Ratnawati dan Ratrianto, terima kasih telah memberikan semangat hingga Tesis ini dapat terselesaikan.

Akhir kata penulis menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak atas segala dukungan dan bantuannya, semoga Allah SWT memberikan limpahan pahala-Nya. Penulis menyadari bahwa Tesis yang ditulis ini masih jauh dari kata sempurna, baik dari sisi teknik penyusunan maupun materi yang disajikan, mengingat keterbatasan kemampuan dan pengalaman yang penulis miliki. Untuk itu penulis sangat berharap kritik dan saran melalui email yang bersifat membangun dari semua pihak demi tercapainya penulisan yang lebih baik. Terima kasih penulis ucapkan kepada pembaca, semoga Tesis ini dapat memberikan manfaat bagi yang membaca dan demi berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi di kemudian hari.

Jakarta, 26 Januari 2021



(Catur Ratnoko)

PENGESAHAN TESIS

Judul : Analisa Pengukuran Kadar Glukosa Darah Non-Invasive Pada Sensor Berstruktur CPW Loaded Square Ring Resonator with Interdigital Coupling Capacitor

Nama : Catur Ratnoko

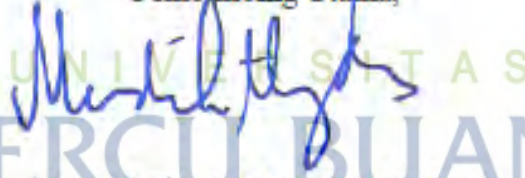
NIM : 55417120029

Program Studi : Pascasarjana Program Magister Teknik Elektro

Tanggal : 26 Januari 2021

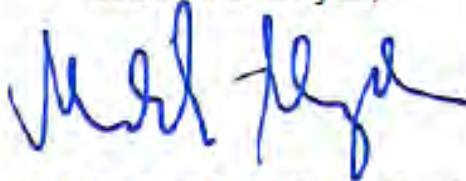
Mengesahkan:

Pembimbing Utama,



(Prof. Dr. Ing. Mudrik Alaydrus)

Direktur Pascasarjana,



(Prof. Dr. Ing. Mudrik Alaydrus)

Ketua Program Studi,



(Prof. Dr. Andi Adriansyah, M. Eng)

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa seluruh tulisan dan pernyataan dalam Tesis ini:

Nama : Catur Ratmoko
N I M : 55417120029
Judul : Analisa Pengukuran Kadar Glukosa Darah Non-Invasive Pada Sensor Berstruktur CPW Loaded Square Ring Resonator with Interdigital Coupling Capacitor
Program : Magister Teknik Elektro
Kosentrasi : Teknologi dan Gelombang Mikro

Merupakan hasil studi pustaka, penelitian analisa perancangan dan pengujian sensor, adalah karya saya sendiri dengan bimbingan Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.

Tesis ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar magister pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data, dan hasil pengolahannya yang digunakan, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

Jakarta, 26 Januari 2021



(Catur Ratmoko)

PERNYATAAN *SIMILARITY CHECK*

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh:

Nama : Catur Ratmoko
NIM : 55417120029
Program Studi : Pascasarjana Program Magister Teknik Elektro

Menyatakan bahwa karya tulis saya dengan judul “Analisa Pengukuran Kadar Glukosa Darah Non-Invasive Pada Sensor Berstruktur CPW Loaded Square Ring Resonator with Interdigital Coupling Capacitor” telah dicek tingkat *similarity* dengan sistem Turnitin pada tanggal 23 Januari 2021, diperoleh nilai persentase sebesar 1%.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 23 Januari 2021

Administrator Turnitin



Arie Pangudi, A.Md

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	iv
PENGESAHAN TESIS	vi
PERNYATAAN KEASLIAN	vii
PERNYATAAN <i>SIMILARITY CHECK</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Batasan Masalah.....	7
1.4. Tujuan Penelitian.....	8
1.5. Manfaat Penelitian.....	8
1.6. Metodologi Penelitian	9
1.7. Sistematika Penulisan.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Studi Jurnal.....	11
2.1.1. The dielectric properties of biological tissues: Parametric models for the dielectric spectrum of tissues	11
2.1.2. Glucose-Dependent Dielectric Properties of Blood Plasma.....	14
2.1.3. Design of a Microwave Sensor for Non-Invasive Determination of Blood Glucose concentration	19

2.1.4. Broad-Band Tissue Mimicking Phantoms and a Patch Resonator for Evaluating Non-Invasive Monitoring of Blood Glucose Levels	25
2.1.5. Measuring the Dielectric Constant of Paper Using a Parallel Plate Capacitor	29
2.2. Grounded Coplanar Waveguide	30
2.2.1. Struktur Grounded Coplanar Waveguide	30
2.2.2. Pendekatan Quasi TEM.....	31
2.2.3. Permittivitas Relatif Efektif dan Impedansi Karakteristik	32
2.3. Coplanar waveguide with Modification	34
2.3.1. Teknik Resonator Loaded	34
2.3.2. Guided Wavelength, Phase Speed and Electrical Length	37
2.3.3. Penghitungan W/h	38
2.3.4. Struktur Loaded Square Ring Resonator	38
2.3.5. Struktur Square Resonator with Interdigital Capacitor	40
2.3.6. Struktur Coupling Square Resonator Loaded.....	41

BAB III METODOLOGI PERANCANGAN SENSOR

3.1. Pendahuluan.....	42
3.2. Diagram Alir Perancangan Sensor	44
3.3. Perancangan Sensor dengan Struktur Coplanar Waveguide Loaded Square Ring Resonator with Interdigital Coupling Capacitor.....	45
3.4. Perancangan Model Material Uji.....	47
3.5. Perancangan Besaran Dielektrik Dengan Model Cole-Cole	49
3.6. Perancangan Pengukuran Hasil Fabrikasi Sensor	52
3.7. Perlengkapan yang Digunakan	54

BAB IV HASIL PENGUKURAN DAN ANALISA AKHIR

4.1. Analisa Rancangan Sensor Coplanar Waveguide dengan	
---	--

Modifikasi Loaded Square Ring Resonator with Interdigital Coupling Capacitor (Tahap-1).....	55
4.2. Optimasi Rancangan Sensor Coplanar Waveguide dengan Modifikasi Loaded Square Ring Resonator with Interdigital Coupling Capacitor.....	58
4.3. Analisa dan Optimasi Sensitifitas Sensor dengan Digital Tissue Pada Rentang Frekuensi CM Band 1 GHz – 6 GHz (Tahap-2).....	63
4.4. Hasil Simulasi dan Analisa Parametrik Sensor CPW Loaded Square Ring Resonator with Interdigital Coupling Capacitor dengan Digital Tissue	65
4.5. Fabrikasi Sensor CPW loaded Square Ring Resonator with Interdigital Coupling Capacitor	69
4.6. Fabrikasi Pemodelan Jaringan Tiruan sebagai Representasi Potongan Jari Menggunakan Gelatin.....	70
4.7. Pengukuran Hasil Fabrikasi Sensor CPW loaded Square Ring Resonator with Interdigital Coupling Capacitor dengan VNA	74
4.7.1. Pengukuran Sensor Tanpa Jaringan Tiruan.....	74
4.7.2. Pengukuran Sensor Dengan Jaringan Tiruan	76
4.8. Analisis Hasil Pengukuran Sensor CPW loaded Square Ring Resonator with Interdigital Coupling Capacitor dengan HFSS vs VNA.....	79
4.9. Laporan Hasil Pengukuran Sensor CPW loaded Square Ring Resonator with Interdigital Coupling Capacitor dengan HFSS vs VNA.....	80
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	81
5.2. Saran	82
 DAFTAR PUSTAKA	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Permitifitas dan konduktifitas jaringan (tissue): prediksi model (kurva garis dan titik-titik), data percobaan pada 37 ⁰ C (garis abu-abu dan kurva titik) dan data dari literatur (segitiga dan lingkaran) pada darah	13
Gambar 2.2.	Sampel dan Set-up: a) Sampel plasma darah, b) Set-up pengukuran	16
Gambar 2.3.	Pengukuran, a) Dielektrik konstan b) Konduktifitas dari 500 MHz-20 GHz untuk beberapa variasi level glukosa.....	17
Gambar 2.4.	Pencocokan, a) Dielektrik konstan b) Konduktifitas dari pengukuran dan fitting model pada 3 kadar glukosa	17
Gambar 2.5.	Relatif dielektrik konstan pada jaringan tertentu dari 10Hz–100GHz, dibuat dari (persamaan 2.6)	20
Gambar 2.6.	Lapisan simulasi beban sensor.....	22
Gambar 2.7.	Model Debye orde-2 dari darah dan modifikasi darah untuk pengujian sensor	23
Gambar 2.8.	Microstrip Ring Resonator dimodelkan dalam CST Microwave Studio.....	23
Gambar 2.9.	Hasil respon Microstrip Ring Resonator	24
Gambar 2.10.	Single-Spiral Microstrip Ring Resonator dimodelkan dalam CST Microwave Studio.....	24
Gambar 2.11.	Hasil respon Single-Spiral Microstrip Ring Resonator	25
Gambar 2.12.	Set-up pengukuran dielektrik dengan <i>Agilent high temperature dielectric probe</i>	28

Gambar 2.13. Pengukuran Kapasitansi, a) Pelat parallel kapasitor dengan kertas sebagai dielektrik b) Rangkaian equivalen kapasitor.....	30
Gambar 2.14. Struktur saluran transmisi <i>Grounded Coplanar Waveguide</i>	31
Gambar 2.15. Garis medan listrik dan medan magnet <i>Coplanar Waveguide</i> .	32
Gambar 2.16. Topologi dari saluran transmisi CPW yang dimuat dengan <i>Pairs of Split Ring Resonators</i> (SRR) dan <i>Shunt Strip</i>	34
Gambar 2.17. CPW dimuat dengan SRR tunggal: (a) bidang simetri selaras dan (b) bidang simetri yang tidak selaras. Garis silang dan titik berdiri untuk arah medan magnet, yang dihasilkan oleh CPW sejajar dengan poros SRR	35
Gambar 2.18. Resonator listrik-LC (ELC) berbentuk persegi panjang. Dinding listrik dan magnet pada resonansi dasar, serta sketsa distribusi muatan dan arus.	36
Gambar 2.19. CPW yang dimuat secara simetris dengan resonator ELC dibentuk pada sisi belakang media	36
Gambar 2.20. Struktur Resonator Ring (a) kotak (b) lingkaran	39
Gambar 2.21. Tata letak loop terbuka (a) lingkaran (b) persegi/ kotak (c) dengan efek kelengkungan dan (d) resonator cincin loop terbuka berbentuk-U	40
Gambar 2.22. Bentuk Konfigurasi Interdigital Capacitors Sensor (IDCS)	40
Gambar 2.23. Hasil Pengukuran dan hubungan linieritas sensor kapasitansi terhadap konsentrasi NaCl (molar).....	41
Gambar 2.24. Filter bandpass mode ganda konvensional dengan resonator loop persegi diumpankan oleh sepasang garis feed orthogonal (Coupled)	41

Gambar 3.1.	Diagram alir perencanaan sensor kadar glukosa	44
Gambar 3.2.	a) <i>Coplanar Waveguide Standard</i> , b) Modifikasi <i>Loaded Square Resonator with Interdigital Coupling Capacitor</i>	47
Gambar 3.3.	a) Ukuran panjang dan lebar model jaringan, b) Ketebalan lapisan jaringan	48
Gambar 3.4.	Nilai besaran dielektrik untuk berbagai kadar glukosa pada 1GHz -6 GHz a) Dielektrik konstan, b) Konduktifitas c) Dielektrik Loss.	50
Gambar 3.5.	Nilai besaran dielektrik untuk jaringan kulit (skin), lemak (fat) dan tulang (bone) pada frekuensi 1GHz -6 GHz; a) Dielektrik konstan b) Konduktifitas c) Dielektrik Loss	52
Gambar 3.6.	Rencana implementasi sensor dengan menggunakan dua buah jari untuk mendeteksi kadar glukosa secara <i>non-invasive</i>	53
Gambar 3.7.	Rangkaian pengujian sensor pada <i>Vector Network Analyzer</i> ...	53
Gambar 4.1.	Simulasi Square Ring Resonator bentuk standar dari hasil perhitungan di HFSS.....	56
Gambar 4.2.	Faktor Refleksi S11 dan Faktor Transmisi S21 Simulasi (Hasil Perhitungan Awal)	56
Gambar 4.3.	Faktor Refleksi S11 dan Faktor Transmisi S21 Simulasi (Hasil Optimasi).....	57
Gambar 4.4.	Medan Listrik (magnitude E) pada SRR Standard	58
Gambar 4.5.	Simulasi <i>Square Ring Resonator</i> dengan <i>Interdigital Coupling Capacitor</i> di HFSS	59

Gambar 4.6. Simulasi Optimasi SRR-IDCC menentukan lebar elektroda interdigital kapasitor yang paling optimal di HFSS	60
Gambar 4.7. Spesifikasi parameter struktur SRR-IDCC	60
Gambar 4.8. Faktor Refleksi S11 dan Transmisi S21 SRR-IDCC lebar elektroda interdigital kapasitor 0.3 mm	61
Gambar 4.9. Medan Listrik (magnitude E) SRR-IDCC Pada Frek 2.8 GHz.	62
Gambar 4.10. Grafik hubungan linieritas dan sensitifitas Sensor terhadap Kadar Glukosa Darah pada frekuensi 2.8 GHz	65
Gambar 4.11. Grafik linieritas sensor CPW <i>loaded</i> SRR <i>with</i> IDCC pada frekuensi 2.8 GHz	67
Gambar 4.12. Distribusi medan listrik pada sensor CPW <i>loaded</i> SRR-IDCC pada frekuensi 2.8 GHz	67
Gambar 4.13. Grafik perubahan faktor transmisi S11 terhadap perubahan konsentrasi glukosa darah.....	67
Gambar 4.14. Hasil Fabrikasi PCB FR4 Sensor CPW <i>loaded</i> SRR <i>with</i> IDCC yang telah di cetak/ etching	69
Gambar 4.15. PCB FR4 Sensor CPW <i>loaded</i> SRR <i>with</i> IDCC yang telah terpasang konektor SMA Female	69
Gambar 4.16. Pembuatan dan pemodelan gelatin sebagai jaringan jari tiruan	71
Gambar 4.17. Perlengkapan Alat Potong Gel: (a) Plong, (b) Pisau dan Meja Pengukur, (c) Wadah dan Pengunci, (d) Pondasi Alat Potong.	72
Gambar 4.18. Pemasangan Alat Potong Gel	73

Gambar 4.19. Susunan perakitan dan pengujian pemotongan gel sebagai representasi jaringan jari tiruan	73
Gambar 4.20. Instalasi pengukuran Sensor CPW menggunakan VNA	74
Gambar 4.21. Grafik hasil simulasi HFSS Faktor Refleksi S11	75
Gambar 4.22. Grafik hasil pengukuran VNA Faktor Refleksi S11.....	75
Gambar 4.23. Grafik hasil pengukuran pada Display VNA (M1 = 2.828 GHz ; -52.827 dB).....	75
Gambar 4.24. Grafik komparasi hasil pengukuran faktor refleksi (HFSS vs VNA)	76
Gambar 4.25. Rangkaian pengukuran sensor dan material uji pada VNA Hasil tersebut di lakukan perbandingan antara hasil yangdidapat	77
Gambar 4.26. Hasil Uji Sensitifitas Sensor dengan beban/ material pada Frekuensi 2.8 GHz (HFSS).....	77
Gambar 4.27. Hasil Uji Sensitifitas Sensor dengan beban/ material pada Frekuensi 2.8 GHz (VNA).....	78
Gambar 4.28. Hasil Komparasi Uji Sensitifitas Sensor dengan beban/ material pada Frekuensi 2.8 GHz (HFSS vs VNA).....	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Parameter (persamaan 2.4) digunakan untuk memprediksi besaran dielektrik pada gambar 2.1.	14
Tabel 2.2. Parameter untuk single-pole Cole-Cole pada frekuensi 500 MHz-20 GHz untuk 8 konsentrasi glukosa yang berbeda.	18
Tabel 2.3. Koefisien kuadratik untuk mencocokkan glukosa dan Cole-Cole parameter.	18
Tabel 2.4. Parameter Cole-Cole model untuk beberapa jaringan.....	21
Tabel 2.5. Perbandingan hasil sensor pada tesis ini	23
Tabel 2.6. Komposisi bahan untuk pita frekuensi lebar (0.3 – 20 GHz) jaringan tiruan (tissue mimicking phantom).....	27
Tabel 2.7. Material jaringan darah tiruan dengan indeks glucose	28
Tabel 3.1. Modifikasi <i>Ground Plane Coplanar Waveguide</i>	46
Tabel 3.2. Parameter Cole-Cole untuk jaringan kulit, lemak dan darah.....	51
Tabel 4.1. Spesifikasi parameter desain SRR-IDCC.....	61
Tabel 4.2. Hasil simulasi untuk menganalisa sensitifitas kadar glukosa pada tiap frekuensi Tahap I (1 GHz - 6 GHz).....	63
Tabel 4.3. Hasil simulasi untuk menganalisa sensitifitas kadar glukosa pada frekuensi tahap II (2.5 GHz-3.0 GHz).....	64
Tabel 4.4. Hasil Analisa Sensitifitas Sensor dengan Jaringan Jari Digital (Digital Tissue Phantom) pada Frekuensi 2.8 GHz.....	69
Tabel 4.5. Komposisi bahan untuk pembuatan jaringan tiruan	70

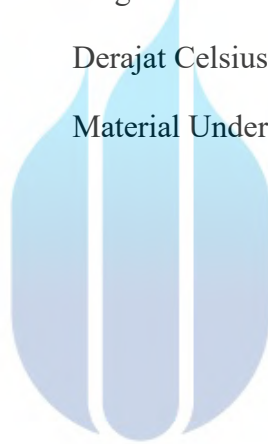
Tabel 4.6. Material jaringan darah tiruan dengan indeks glucose	71
Tabel 4.7. Hasil Uji Sensitifitas Sensor dengan beban/ material pada Frekuensi 2.8 GHz (HFSS)	77
Tabel 4.8. Hasil Uji Sensitifitas Sensor dengan beban/ material pada Frekuensi 2.8 GHz (VNA)	78



DAFTAR SINGKATAN

DM	Diabetes Mellitus
WHO	<i>World Health Organization</i>
Risikesdas	Riset Kesehatan Dasar
IR	<i>Infrared</i>
UWB	<i>Ultra Wide Band</i>
CPW	Coplanar Waveguide
SRR	<i>Square Ring Resonator</i>
IDCC	<i>Interdigital Coupling Capacitor</i>
GHz	<i>Giga Hertz (satuan frekuensi 10^9 Hertz)</i>
CST	<i>Computer Simulation Technology</i>
HFSS	<i>High Frequency Structure Simulator</i>
ELC	<i>Electric Field Coupled</i>
dB	decibel
mdB	mili decibel
mg/dl	miligram per desiliter
ml	mililiter
VNA	<i>Vector Network Analyzer</i>
RL	<i>Resonator Loaded</i>
MAML	<i>Microwave Applied Metrology Lab</i>
F/m	Farad per meter
ISM	<i>Instrumentation Science and Medical</i>

NaCl	Natrium Clorida
TEM	<i>Transverse Electromagnetic</i>
MW	<i>Micro Wave</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
T-1	Tahap 1
T-2	Tahap 2
mm	milimeter
Magnitude E	Magnitude Electromagnetic
°C	Derajat Celsius
MUT	Material Under Test



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Hasil simulasi untuk menganalisa sensitifitas kadar glukosa pada tiap frekuensi Tahap I (1 GHz - 6 GHz) 87
- Lampiran 2. Hasil simulasi untuk menganalisa sensitifitas kadar glukosa pada tiap frekuensi Tahap II (2.5 GHz – 3.0 GHz) 88
- Lampiran 3. Tabel korelasi kelinieran sensitifitas sensor dengan variabel level glukosa darah 80 – 500 mg/dl terhadap perubahan (dB) level S_{11} 90
- Lampiran 4. Tabel uji sensitifitas sensor dengan frekuensi sweep 1 – 6 GHz pada rentang frekuensi darah normal 90 – 100 mg/dl 91

