



UNIVERSITAS INDONESIA

**ELECTRONIC PROPERTIES MODELING OF FINGER SKIN
FOR NON-INVASIVE BLOOD GLUCOSE SENSOR DESIGN**

THESIS

YOHANES CALVINUS

0706723276

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
PASCASARJANA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA**

DEPOK

2009



UNIVERSITAS INDONESIA

**ELECTRONIC PROPERTIES MODELING OF FINGER SKIN
FOR NON-INVASIVE BLOOD GLUCOSE SENSOR DESIGN**

THESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat kelulusan Sarjana Magister

YOHANES CALVINUS

0706723276

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
PASCASARJANA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA**

DEPOK

2009

HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS

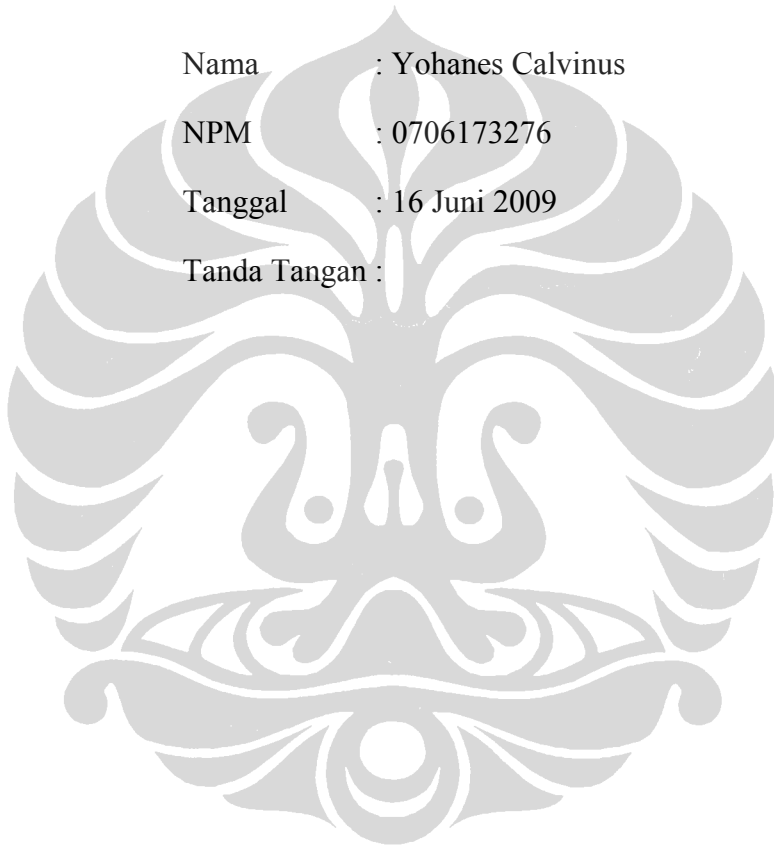
Thesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Yohanes Calvinus

NPM : 0706173276

Tanggal : 16 Juni 2009

Tanda Tangan :



HALAMAN PENGESAHAN

Thesis ini diajukan oleh

Nama : Yohanes Calvinus
NPM : 0706173276
Program Studi : Magister
Judul Seminar : Electronic Properties Modeling of Finger Skin For
Non Invasive Blood Glucose Sensor Design

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana Magister Teknik pada Program Studi Magister Fakultas Teknik Elektro , Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Djoko Hartanto, M.Sc (.....)

Penguji : Prof. Dr. Ir. Nji Raden Poespawati (.....)

Penguji : Dr. Ir. Purnomo Sidi Priambodo, M.Sc (.....)

Penguji : Arief Udhiarto, ST, MT (.....)

Ditetapkan di :

Tanggal :

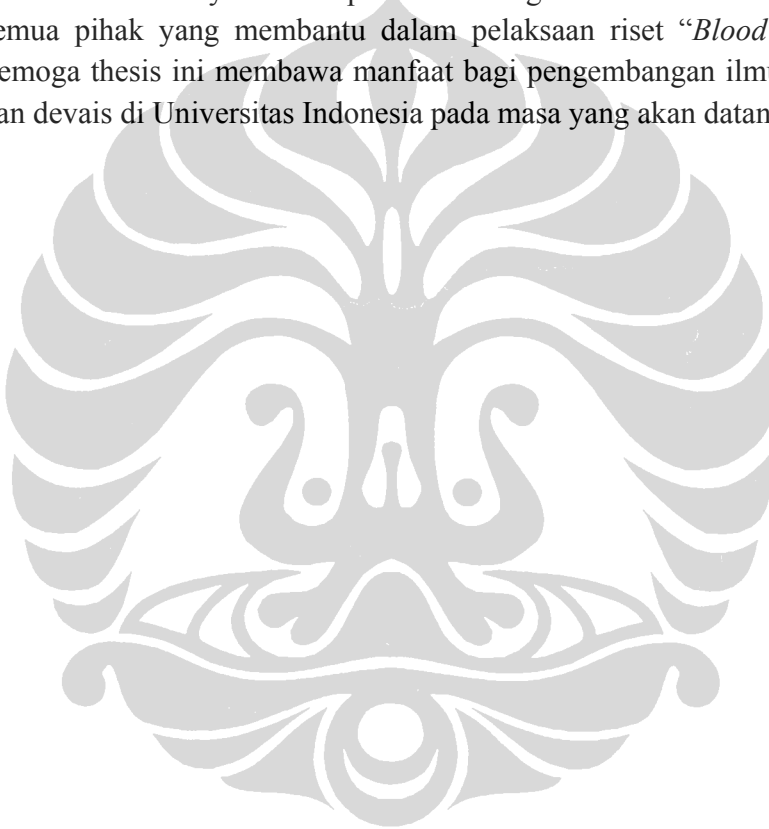
UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan thesis ini. Penulisan thesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Magister di bidang Teknik Elektro. Saya sadar bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak, sejak awal masa perkuliahan hingga selesainya thesis ini banyak sekali halangan dan rintangan dalam menyelesaikan thesis ini. Seiring dengan terselesaikannya thesis ini, saya mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

- (1) Almarhum Ir. Drs. Soegianto, MT yang memberikan ilmu, data-data riset dan kepercayaannya kepada saya untuk tergabung dan bekerjasama dalam riset “*Blood Glucose Sensor*” yang dibuatnya selama beliau hidup;
- (2) Prof. Dr. Ir. Djoko Hartanto, M.Sc selaku pembimbing utama yang telah menentukan dan menyetujui thesis dengan judul *Electronic Properties Modeling of Finger Skin For Non Invasive Blood Glucose Sensor Design* sebagai bagian dari riset pada *Sensor Device Research Group &* yang membantu dalam konsep dan ide serta mendorong semangat untuk menyelesaikan tahap demi tahap dalam riset “*Blood Glucose Sensor*” hingga terlaksananya penulisan thesis ini;
- (3) Ir. Djamhari Sirat, M.Sc, Ph.D selaku pembimbing akademik dan yang membantu memberikan dukungan ide-ide dan konsep pemikiran ;
- (4) Prof. Rondang R. Soegianto Siagian, Ph.D yang membantu dalam bidang kedokteran dan analisa tubuh manusia serta membantu dalam studi literatur dalam riset “*Blood Glucose Sensor*” serta memberi semangat dalam proses riset ini ;
- (5) Dr. Ir. Purnomo S. Priambodo, M.Sc yang bersedia membantu untuk berdiskusi dan mengizinkan laboratorium elektronika Departemen Teknik Elektro Universitas Indonesia digunakan sebagai tempat riset serta ide dan bantuannya dalam moral dan riil ;

- (6) Dr. Ir. Agus Santoso Tamsir, MT yang membantu memberi inspirasi perkembangan alat-alat sensor.
- (7) Ir. Baskoro Abie, MT yang membantu pada awal riset dalam memberi semangat dan ide-ide yang berguna selama proses riset "*Blood Glucose Sensor*" ini;
- (8) Lukman, ST yang membantu dalam memberikan ide-ide untuk menyempurnakan hasil riset ini.

Akhir kata saya berharap Tuhan Yang Maha Esa membalas segala kebaikan semua pihak yang membantu dalam pelaksanaan riset "*Blood Glucose Sensor*" ini. Semoga thesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu dalam bidang sensor dan devais di Universitas Indonesia pada masa yang akan datang.



Depok, 16 Juni 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
THESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia , saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yohanes Calvinus
NPM : 0706173276
Program Studi : Magister
Departemen : Teknik
Fakultas : Elektro
Jenis Karya : Thesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-Exclusive Royalty Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

ELECTRONIC PROPERTIES MODELING OF FINGER SKIN FOR NON
INVASIVE BLOOD GLUCOSE SENSOR DESIGN

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia /formatkan , mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan seminar saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : 16 Juni 2009
Yang menyatakan

(Yohanes Calvinus)

ABSTRAK

Nama : Yohanes Calvinus
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : *Electronic Properties Modeling Of Finger Skin For Non-Invasive Blood Glucose Sensor Design*

Penyakit diabetes atau yang dikenal dengan kencing manis merupakan suatu penyakit yang tidak tampak dari tubuh secara fisik. Penyakit ini disebabkan menumpuknya kadar glukosa atau gula darah dalam tubuh, sehingga terjadi dapat menyebabkan tersumbatnya aliran darah dalam tubuh. Bagian tubuh terluar yang memiliki banyak pembuluh darah, yaitu bagian dermis pada kulit. Dalam pengukuran kadar glukosa darah secara *invasive* dengan menggunakan *thin needle*, darah yang diambil didapat dari bagian dermis kulit. Bagian dari kulit yang sederhana, yaitu pada bagian ujung jari.

Pada riset ini dilakukan studi literatur, membuat model rangkaian ekuivalen, dan mensimulasikan model dengan menggunakan program Matlab. Dari hasil simulasi akan dibahas karakteristik ujung jari dengan menggunakan pemodelan ujung jari menjadi suatu elektronik ekuivalen yang dapat memberikan gambaran perubahan frekuensi dan nilai permittivitas glukosa, jika diukur berdasarkan perubahan pada bagian dermis atau pada bagian darah. Dibuat 2 buah pemodelan rangkaian listrik ekuivalen dengan karakteristik ujung jari, dimana pemodelan karakteristik ujung jari ini dimodelkan ke dalam bentuk RC model yang nilai ukurnya merupakan admittansi dari model tersebut. Dengan menggunakan beberapa data konduktivitas pada jaringan kulit, model tersebut disimulasikan ke dalam program MATLAB dimana bentuk grafik karakteristik dari pemodelan akan dianalisa. Karakteristik glukosa berada pada pemodelan rangkaian *capacitive*. Dari kedua pemodelan ini tampak pada model 1 lebih mirip dengan model yang dibuat oleh Harman-Boehm [23]. Pada model 1 terjadi *relaxation* pada frekuensi kurang lebih 22KHz dengan menggunakan data properties pada frekuensi 1 MHz. Titik *relaxation* permittivitas dapat dibaca pada model 1, yaitu sebesar 25 & 0.75, sehingga model 1 tampak lebih baik memberikan gambaran perubahan unsur glukosa dibandingkan dengan model 2.

Diharapkan pemodelan dari *elektronic properties* pada *fingertip* ini dapat menambah kontribusi ilmiah untuk *non-invasive blood glucose sensor* yang lebih akurat.

Kata kunci :

Blood glucose, glukosa darah, alat monitoring, *non-invasive blood glucose sensor*, permittivitas glukosa darah, *glucose capacitance*, *fingertip*

ABSTRACT

Name : Yohanes Calvinus
Study Program : Electrical Engineering
Title : Electronic Properties Modeling of Finger Skin For
Non Invasive Blood Glucose Sensor Design

Diabetes or one disease is known with diabetes mellitus which is a disease that don't looks from body physically. This disease is reverential piles it glucose or blood sugar rate in body where can cause to jam its streaming blood in body. A part body most extern that has a lot of vein which is part dermis at skin tissue. In blood glucose invasive methode by use of thin needle, blood that taken of a part dermis tissue. Part of skin that a simply tissue is on fingertip part.

On this research will work for literatur study, model plant of equivalent circuit and simulate it by Program of Matlab. Through fingertip characteristic by use of fingertip model becomes an equivalent's of electronic circuit that can give frequency range & permittivity point of glucose if its measured bases changing on dermis's part or blood's part . So in this work for 2 models which is equivalent with characteristic of fingertip. Fingertips characteristic model and was model it into RC form appreciative model its value constitutes admittance of that model. By use a few data of conductivity on skin tissue, that model will be simulated into MATLAB where forms characteristic graph of model will be analyse. Glucose characteristic were a model of capacitive. Model 1 were more similar with Harman-Boehm model's to measure glucose which is for equivalent at ear tissue [23]. At 22KHz of frequency, model 1 gives relaxation of admittance that properties which used are a properties at 1MHz. Relaxation point of Permittivity were made by model 1 that can be read at 25 & 0.75 which proof that model 1 more clear to observe than model 2.

Expected by modelling of electronic properties on fingertip this can add scientific contribution for non-invasive blood glucose sensor one that accurate more.

Keyword :

Blood glucose, glukosa darah, alat monitoring, non-invasive blood glucose sensor, permittivitas glukosa darah, glucose capacitance, fingertip

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| UCAPAN TERIMA KASIH..... | iv |
| HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI THESIS | vi |
| ABSTRAK | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR LAMPIRAN | xii |
| DAFTAR ISTILAH | xiii |
| 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Permasalahan | 1 |
| 1.2 Permasalahan Penelitian | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Metode Penelitian | 3 |
| 2. DASAR TEORI | 4 |
| 2.1 Dasar Rangkaian Listrik | 4 |
| 2.2 Impedansi dan Admittansi | 5 |
| 2.3 Dielectric Relaxation | 7 |
| 2.4 Konduktivitas dan Permittivitas | 8 |
| 2.5 Glukosa Darah | 10 |
| 2.6 Skin Properties | 13 |
| 3. KONSEP MODEL | 15 |
| 3.1 MODEL 1 | 21 |
| 3.2 MODEL 2 | 23 |
| 4. ANALISA DAN PERHITUNGAN | 25 |
| 4.1 Analisa Hasil Perubahan <i>Admittance</i> | 28 |
| 4.2 Analisa Hasil Perubahan <i>Permittivity & Conductivity</i> | 29 |
| 4.3 Ringkasan Hasil Analisa | 31 |
| 4.4 Analisa Analogi Biological & Electrical | 31 |
| 5. KESIMPULAN | 34 |
| DAFTAR REFERENSI | 35 |
| LAMPIRAN | 37 |

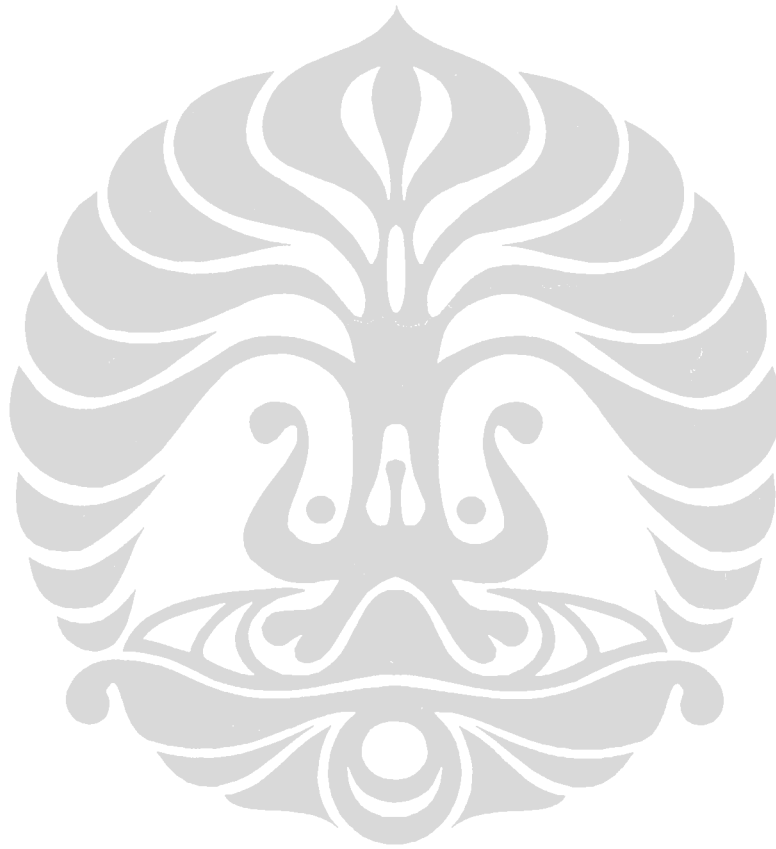
DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|---|----|
| Tabel 1.1. | Tabel Perkiraan Jumlah Penderita Diabetes menurut Badan WHO [25] | 1 |
| Tabel 2.1 | Thevenin & Norton [5]..... | 5 |
| Tabel 2.2 | Tabel Parameter [7] | 8 |
| Tabel 2.3 | Tabel Rumus Dasar | 9 |
| Tabel 2.4 | Data ketebalan Jaringan Kulit dan Resistance [3] | 14 |
| Tabel 3.1 | Data Konduktivitas Jaringan Kulit | 21 |
| Tabel 4.1 | Tabel Hasil Studi Literatur terhadap Glukosa | 25 |
| Tabel 4.2 | Tabel ukuran <i>constant length</i> | 26 |
| Tabel 4.3 | Perincian Data yang Dipergunakan [7] | 26 |
| Tabel 4.4 | Parameter Karakteristik Glukosa [3] | 27 |
| Tabel 4.5 | Tabel Hasil Simulasi terhadap Resonansi Perubahan Admittansi | 29 |
| Tabel 4.6 | Panjang Rata-rata Frekuensi berdasarkan admittansi | 29 |
| Tabel 4.7 | Tabel Hasil Simulasi terhadap Resonansi Perubahan Permittivitas & Konduktivitas | 30 |
| Tabel 4.8 | Panjang Rata-rata Frekuensi berdasarkan admittansi | 31 |
| Tabel 4.9 | Tabel Point Maksimum | 31 |

DAFTAR GAMBAR

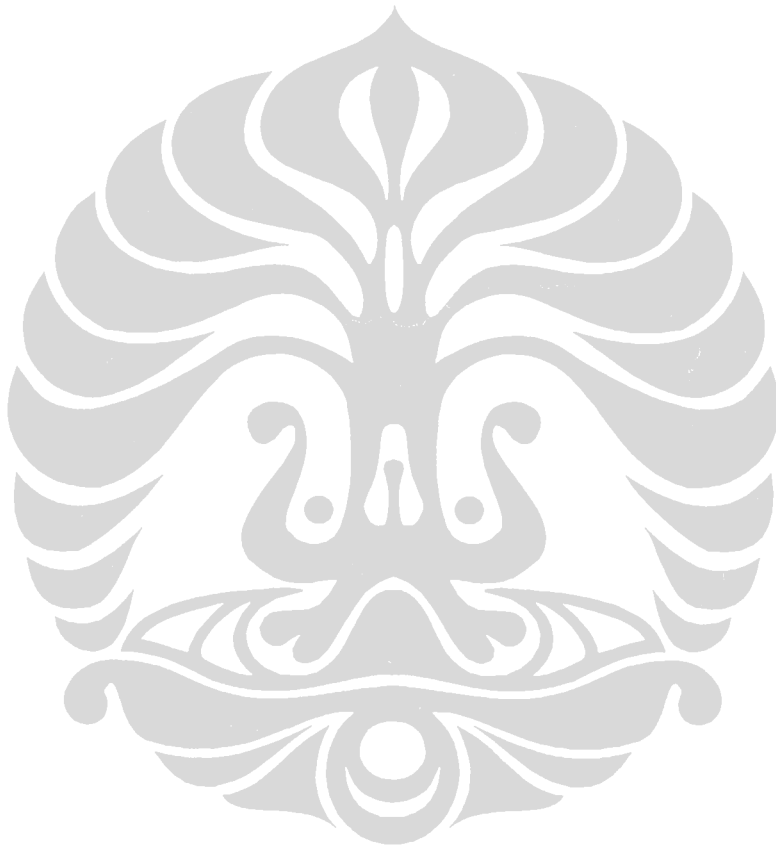
| | | |
|------------|--|----|
| Gambar 1.1 | Gluowatch [2] | 2 |
| Gambar 2.1 | (a). Rangkaian KVL [4] | |
| | (b). Rangkaian KCL [4] | 4 |
| Gambar 2.2 | (a). Impedansi [6] | |
| | (b). Rangkaian Impedansi pada AC sources [6] | 6 |
| Gambar 2.3 | Capacitor Model [6] | 7 |
| Gambar 2.4 | Molekul Atom Glukosa[8] | 10 |
| Gambar 2.5 | Sistem Proses Pembentukan Glukosa dalam Darah [8] | 11 |
| Gambar 2.6 | Karakteristik β dispersion [7]..... | 12 |
| Gambar 2.7 | Karakteristik Glukosa sebanding dengan Impedansi [12] ... | 13 |
| Gambar 2.8 | Jaringan pada Kulit [6] | 14 |
| Gambar 3.1 | Rangkaian Ekuivalen Tubuh Manusia Secara Makro BIA metode [15] | 15 |
| Gambar 3.2 | (a).Elektronik Ekuivalen Jaringan Secara Mikro BIA metode [16] | |
| | (b). Elektronik Ekuivalen untuk 1 buah cell [7] | 16 |
| Gambar 3.3 | Pemodelan Rangkaian Elektronik untuk Pengukuran Glukosa pada telinga | 17 |
| Gambar 3.4 | Finger devais model | 17 |
| Gambar 3.5 | (a). Maxwell-Wagner Model untuk 2 Lapisan berbeda [7]. | |
| | (b). Layer pada Kulit Jari | 18 |
| Gambar 3.6 | 2R-1C Model [7] | 20 |
| Gambar 3.7 | Rangkaian Ekuivalen Model 1 | 22 |
| Gambar 3.8 | (a). Rangkaian Impedansi Norton Ekuivalen Model 1 yang lebih sederhana | |
| | (b). Rangkaian Impedansi Thevenin Ekuivalen Model 1 yang lebih sederhana | 22 |
| Gambar 3.9 | Sistem Network Admittansi & Impedansi Model 1 | 23 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 3.10 | Rangkaian Ekuivalen Model 2 | 24 |
| Gambar 3.11 | Alur Penyederhanaan Rangkaian pada Model 2..... | 24 |
| Gambar 4.1 | Batas ukuran sample pada jari (k)..... | 25 |
| Gambar 4.2 | Parameter Ukur | 27 |
| Gambar 4.3 | Karakteristik Permittivitas Glukosa menurut A.Caduff | 28 |
| Gambar 4.4 | Frequency Spectrum [20] | 32 |
| Gambar 4.5 | Biologi Analogi Model to Graph | 32 |



DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|-------------|------------------------------------|----|
| Lampiran 1. | Program Matlab Model 1..... | 37 |
| Lampiran 2. | Program Matlab Model 2..... | 49 |
| Lampiran 3. | Gambar Karakteristik Model 1..... | 63 |
| Lampiran 4. | Gambar Karakteristik Model 2 | 67 |



DAFTAR ISTILAH

ISTILAH BIDANG ILMU ELEKTRO

1. Iontophoresis

Metode non invasive substansi konsentrasi tingkat tinggi dengan menggunakan muatan listrik yang kecil dimana media rambatnya mengandung muatan listrik.

2. Electrophoresis

Dikenal dengan electrokinetic fenomena, pergerakan partikel pada suatu daerah medan listrik.

3. Bioimpedance Field

Impedansi yang terjadi pada jaringan hidup yang diakibatkan adanya medan listrik atau muatan listrik.

4. Impedance

Suatu element yang didefinisikan ke dalam suatu frekuensi dimana terjadi antara hubungan relasi antara tegangan dan kuat arus.

5. Voltage

Suatu beda tegangan yang dapat menimbulkan energi potensial listrik.

6. Current

Suatu kuat arus yang mengalir pada beda potensial tertentu menimbulkan suatu aliran muatan listrik dari positif menuju negatif pada rangkaian tertutup.

7. Resistance

Suatu hambatan yang bersifat menghambat aliran arus listrik.

8. Capacitance

Suatu media yang dapat menyimpan energi listrik dengan fenomena electric field.

9. Dielectric

Suatu bahan yang mengandung substrat tertentu dimana bahan ini merupakan bahan isolator.

10. Permittivity

Suatu nilai konstanta substrat bahan baik isolator maupun conductor

11. Frequency

Suatu besaran banyaknya gelombang per satuan waktu (Hertz).

12. Transducer

Suatu media untuk mengubah bentuk suatu bentuk energi ke dalam energi lainnya. Misalkan energi listrik diubah menjadi energi suara yaitu transducer speaker.

13. Sensors

Alat ukur suatu energi atau perubahan energi pada lingkungan sekitarnya.

14. Circuit

Rangkaian Listrik.

15. Test Fixture

Metode rangkaian alat ukur untuk melakukan pengukuran. Misal : jembatan wheatstone sebagai alat ukur.

16. Device Under Test (DUT)

Media atau alat yang akan menjadi alat test / riset.

17. Resonance

Vibrasi yang menyebabkan amplitudo bertambah/berubah dikarenakan phase gelombang yang sama.

18. Dielectric Dispersion

Kondisi *delay / lag* di dalam suatu bahan dielectric.

ISTILAH BIDANG ILMU KEDOKTERAN

1. Glucose

Gula darah di dalam darah yang memiliki unsur kimia ikatan karbon $C_6H_{12}O_6$. Gula darah ini merupakan salah satu sumber energi manusia untuk melakukan aktifitas.

2. Insulin

Suatu hormon yang dapat mengkatalisasi dan mengontrol banyaknya kadar gula darah dalam tubuh.

3. Invasive

Suatu metode pengukuran dengan metode fisik dimana media yang diperlukan untuk diukur akan diambil dalam rupa sampel untuk kemudian diukur.

4. Non-Invasive

Suatu metode pengukuran tanpa berhubungan dengan pengambilan sampel secara fisik. Metode ini dilakukan tanpa melukai apapun secara fisik.

5. Cell

Suatu bentuk terkecil dalam tubuh yang hidup dan dapat dikarakterkan sebagai muatan listrik.

6. Skin

Jaringan kulit yang terdiri atas 3 lapisan yaitu *Epidermis*, *Dermis*, *Hypodermis*(subkutan).