BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Diabetes merupakan penyakit yang menimpa seseorang akibat terlalu tinggi kadar gula dalam darah melebihi batas normal. *Data International Diabetes federation* (IDF) menunjukkan jumlah penyandang diabetes didunia mencapai 463 juta, di negara Pasifik Barat termasuk Indonesia berjumlah 163 juta pada Mei tahun 2020, dan diperkirakan akan meningkat menjadi 212 juta pada tahun 2045. Di Indonesia sendiri penyakit diabetes pada Mei tahun 2020 sudah mencapai angka 10.6 juta [1]. Diabetes merupakan penyakit pembunuh terbesar ketiga di Indonesia dengan persentase sebesar 6,7 % setelah stroke (21,1%) dan penyakit jantung coroner (12,9%). Diabetes adalah penyakit yang disebabkan karena tingginya kadar gula dalam darah seseorang. Sampai sekarang belum ada obat atau tindakan medis yang bisa menyembuhkan penyakit ini. Satu-satunya cara yang dilakukan oleh penderita diabetes untuk menghindari resiko yang parah dari penyakit ini adalah mengontrol kadar gula darah di dalam tubuhnya.

Perkembangan pada masa sekarang, masyarakat semakin sadar akan bahaya dari penyakit diabetes sehingga mereka lebih mengupayakan untuk mengontrol kadar gula darah terutama pada orang yang positif mengidap diabetes. Hal ini dapat dilihat dari angka penjualan alat monitor gula darah yang ada dipasaran semakin meningkat. Akan tetapi alat monitor gula darah yang ada sampai saat ini terbilang masih konvensional yaitu menggunakan metode invasif. Metode invasif ini dilakukan dengan mengambil sampel darah dengan cara menusukkan jarum pada ujung jari atau bagian tubuh lainnya. Darah yang keluar dibasuhkan ke sensor alat meter gula darah untuk dibaca besar nilai kadar gulanya. Metode ini dirasa tidak nyaman karena akan memberikan trauma rasa sakit pada orang atau pasien, apa lagi jika diperlukan pengukuran yang frekuensinya sering. Untuk itu sangat diperlukan suatu metode untuk

UNIVERSITAS MERCU BUANA

mengukur gula darah secara non invasif, yaitu tanpa mengambil sampel darah uji dari tubuh manusia.

Sampai saat ini masih terus dilakukan penelitian mengenai metode pengukuran gula darah secara non invasif. Beberapa tahun terakhir beberapa kelompok peneliti mengembangkan metode non invasif dengan teknik spektroskopi infrared, tetapi hasilnya tidak seakurat invasif. Dengan melihat metode lain dibidang kesehatan, terdapat teknik deteksi dengan menggunakan gelombang mikro *ultra-wide band* (UWB). Teknik ini telah dipakai pada beberapa deteksi alat kesehatan dengan melakukan pengukuran terhadap parameter dielektrik dari *biolgy tissue* dalam mendiagnosa penyakit dan pencitraan [2]. Membedakan tipe sel biologi dengan frekuensi gelombang mikro dengan mengidentifikasi permitifitas relatif menggunakan sensor coplanar, mendeteksi dini sel kanker, mencitrakan struktur hati dan lain-lain [3,4,5]. Pada penelitian yang lain dilaporkan bahwa besar dielektrik berubah pada larutan dengan konsentrasi gula yang berbeda [6,7,8]. Sifat dielektrik pada jarungan tubuh manusia telah dikarakterisasi secara eksperimen atau penelitian pada rentang frekuensi 10Hz – 20GHz oleh Gabriel et al. Berikutnya model parametrik dikembangkan untuk menggambarkan variasi sifat dielektrik jaringan sebagai fungsi frekuensi. Spektrum eksperimental dari 10Hz hingga 100GHz dimodelkan dengan empat area dispersi yaitu model Debye dan model Cole-Cole [9]. Dengan menggunakan model Debye dan model Cole-Cole dapat diturunkan parameter dielektrik untuk jaringan manusia dengan variasi frekuensi yang lebar sehingga dapat digunakan untuk model dalam suatu simulasi [10]. Tingkat akurasi alat ukur kadar gula sesuai standard alat kesehatan adalah 15% [11]. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengukur konsentrasi gula darah dengan gelombang mikro sebagai deteksi dari variasi perubahan dielektrik karena perbedaan kadar glukosa dengan beberapa jenis struktur sensor gelombang mikro, metode pengukuran dan besaran yang berbeda. Peneliti [12], menggunakan struktur antenna spiral resonator untuk mengukur perubahan dielektrik dari medium kecil yang ditempatkan di atasnya,

UNIVERSITAS MERCU BUANA

bekerja dengan *narrow band* 1,8% dengan frekuensi tengah 5 GHz mendapatkan pergeseran kecil frekuensi untuk tiap 1% perubahan dielektrik pada sinyal *return loss* S11. Peneliti [13] menggunakan *Open Split Ring Resonator (OSRR)* dan mengalirkan larutan glukosa-D dan air de-ionisasi yang dideteksi melalui pipa yang diletakkan di atas OSRR tersebut. Frekuensi kerja yang digunakan adalah 6,5 GHz. Penelitian ini masih pada tahap mengamati pergeseran frekuensi resonansi pada parameter S11 dan S21 terhadap perubahan dielektrik dan menyarankan untuk menambah *array* OSRR dan menggunakan darah sesungguhnya agar mendapatkan hasil yang lebih baik. Peneliti [14] menggunakan *Split Ring Resonator* (SRR) dengan frekuensi kerja 2,45 GHz, mendeteksi level kadar gula dengan pergeseran frekuensi resonansi. Peneliti [15] menerapkan sensor berbentuk *Meta Material Transmission Line* MTM TL untuk mendeteksi level gula darah lewat pergeseran fasa S21. Penelitian ini berfokus pada peningkatan sensitifitas dari sensor sebelumnya yaitu didapatkan 16 kali lebih sensitif. Sedangkan pada penelitian [16] melalui simulasi menggunakan *3D Full Wave EM Solver* menganalisa sensor dengan struktur *triple poles Complementary Split Ring Resonator* (CSRR) yang dilakukan pada frekuensi cm-band (1GHz - 6GHz), menghasilkan sensitifitas 9.16 mdB/(mg/dl). Pada penelitian [17], Patch Resonator disimulasikan dengan jaringan tubuh tiruan untuk menguji sensitifitas terhadap perubahan konsentrasi gula berdasarkan perubahan dielektrik pada darah. Dari metode yang digunakan dan merupakan poin penting yang menunjukkan penelitian tersebut menuju ke arah aktual adalah model material uji dan nilai dielektriknya menyerupai jaringan manusia sesungguhnya. Peneliti [13] dan [14] menggunakan benda uji pada sensor berupa tetes sampel sehingga masih invasif, peneliti [12] dan [17] menggunakan *tissue phantom* tapi masih homogen, [15] dan [16] menggunakan model *tissue phantom* 4 lapis dibuat mendekati jaringan sesungguhnya tetapi hanya sampai simulasi saja, tidak dilakukan ujicoba pabrikasi. Dari frekuensi yang pakai untuk sensornya, analisa pada frekuensi lebar dilakukan oleh peneliti [16], peneliti lainnya tidak menerangkannya. Dari hasil analisa,

UNIVERSITAS MERCU BUANA

penelitian [15], [16] dengan model *tissue* dibuat mendekati jaringan aslinya mencapai sensitifitas pergeseran frekuensi S11 17 kHz/mgdl^{-1} [15] dan perubahan level S21sebesar 9,16 mdB/mgdl^{-1} [16].

Terkait dengan beberapa penelitian yang sudah dilakukan di atas, sampai saat ini masalah sensitifitas dari pengindera masih menjadi bahasan utama dalam pemanfaatan karakteristik gelombang elektromagnetik untuk dapat mendeteksi perubahan kadar gula dalam darah. Sehubungan dengan sensitifitas, penggunaan frekuensi yang lebar pada spektrum frekuensi, metode pengujian yang mendekati aktual penggunaan serta variasi struktur dan bentuk sensor gelombang elektromagnetik perlu diteliti lebih lanjut. Dalam hal ini penulis melihat bahwa pada penelitian yang sudah dilakukan, interaksi sensor dan material uji terlihat hanya dilakukan pada satu sisi permukaan sensor saja. Hal ini terjadi karena desain sensor yang dibuat hanya memungkinkan satu sisi saja yang medan listriknya dapat berinteraksi dengan material uji.

Memperhatikan beberapa peneliti yaitu, memposisikan material uji sedemikian rupa sehingga terpapar maksimum dengan medan listrik [7]. Peneliti [16] mendapatkan hasil yang lebih baik ketika menambahkan *pole* (titik area medan listrik) dari 1 *pole* menjadi 3 *pole* karena interaksi medan listrik dan material uji bertambah. Hal ini memperlihatkan bahwa semakin luas dan tinggi intensitas medan listrik yang berinteraksi dengan material uji, maka akan semakin mempengaruhi perubahan gelombang elektromagnetik yang ada dan diharapkan terjadi peningkatan sensitifitas. Atas dasar ini, penulis mengajukan suatu desain sensor dengan struktur dua sisi *(double side)* sehingga terdapat dua sisi yang dapat menimbulkan medan listrik sehingga dapat di-interaksikan dengan dua buah material uji. Metode deteksi dua sisi ini diarahkan untuk meningkatkan area interaksi antara medan listrik yang keluar dari struktur dan material uji untuk mendapatkan sensitifitas yang tinggi. Dalam aktual pemakaian dua buah material uji tersebut berupa dua jari tangan yang ditempatkan di permukaan sisi sensor. Jari tangan yang merupakan material uji akan disimulasikan berupa *digital phantom tissue 4 layer* berupa lapisan kulit,

UNIVERSITAS MERCU BUANA

lemak darah dan tulang yang masing-masing lapisan jaringan tersebut menggunakan model Cole-Cole yaitu model parametrik dari sifat dielektrik jaringan sebagai fungsi frekuensi. Metode ini akan diujikan pada *circle ring resonator* yang dimodifikasi dari bentuk standard nya menjadi dua sisi dan dua ring kembar dengan dua port pada pita frekuensi centimeter (CM Band) 1 GHz – 6 GHz. Struktur *circle ring* dipilih untuk mengoptimalkan deteksi karena bentuk geometri ring memungkinkan lebih merata dan simetris ketika berinteraksi dengan material uji. Struktur *ring* juga tidak membentuk sudut yang tajam sehingga distribusi medan listrik yang keluar dari struktur *ring* yang melengkung relatif rata dan luas. Desain sensor tersebut dibuat dan selanjutnya dilakukan analisa parametrik dengan bantuan software HFSS untuk menganalisa sensitifitas yang dihasilkan dan akan dilakukan perbandingan dengan hasil dari bentuk standardnya, berikutnya juga akan dilakukan pabrikasi desain sensor dan dilakukan pengukuran. Dengan penelitian ini diharapkan dapat membuktikan asumsi dasar di atas dan memberikan pengetahuan lebih mendalam tentang pemanfaatan gelombang elektromagnetik sebagai sistem untuk mendeteksi konsentrasi gula darah secara non invasif.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas terdapat identifikasi permasalahan yaitu dengan semakin banyak penderita diabetes maka ada suatu keperluan untuk memperoleh metode pengukuran konsentrasi glukosa darah secara non-invasif untuk menghindari rasa sakit yang ditimbulkan oleh metode konvensional sekarang. Metode non-invasif yang dikembangkan salah satunya adalah dengan memanfaatkan fenomena interaksi gelombang mikro dengan materi. Penelitian yang sudah pernah dilakukan dengan memanfaatkan interaksi gelombang elektromagnetik ini menggunakan beberapa metode terkait dengan bentuk struktur sensor, analisa pemilihan frekuensi dan material uji dalam simulasi dan pengukuran. Material uji yang menyerupai objek yang akan di sensor dalam penelitian sangat penting agar hasil yang didapatkan lebih aktual.

UNIVERSITAS MERCU BUANA

Dari hasil penelitian yang menggunakan model material uji yang menyerupai jaringan yang akan disensor didapatkan sensitifitas 17 kHz/mgdl^{-1} dari pergeseran frekuensi S11 dan 9,16 mdB/mgdl^{-1} dari level S21. Masalah sensitifitas merupakan masalah utama dalam sistem pendeteksian terlihat bahwa sensitifitas yang dihasilkan penelitian di atas perlu ditingkatkan agar mendapatkan hasil yang lebih baik. dan diharapkan sensitifitas ini dapat ditingkatkan. Dari teknik pendeteksian interaksi sensor dan benda uji hanya memakai satu sisi sensor, sehingga diperlukan analisa untuk mengetahui penambahan area interaksi dalam penelitian ini dicoba menjadi dua sisi sehingga diperlukan modifikasi variasi bentuk sensor dan analisa lebih lanjut agar didapatkan peningkatan sensitifitas suatu parameter gelombang elektromagnetik untuk merepresentasikan kadar gula dalam darah serta struktur yang diharapkan dapat dengan mudah diimplementasikan dalam sistem alat ukur sehingga dapat memudahkan pengguna mengukur kadar gula darahnya.

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh modifikasi sensor struktur ring resonator dari satu sisi menjadi dua dan dari satu material uji menjadi dua material uji terhadap sensitifitas pada parameter gelombang elektro magnetik yaitu faktor refleksi S11 dan faktor transmisi S21 jika kadar gula darah pada material uji berubah. Dilakukan analisa parametrik pada rentang frekuensi 1 GHz – 6 GHz sehingga dimensi struktur sensor juga akan bervariasi dan berpengaruh pada area serta intensitas medan listrik yang ber-interaksi dengan material uji. Material uji dibuat berupa model yang menyerupai dan mendekati aktual agar didapatkan hasil yang lebih baik dan mendekati implementasi di lapangan.

1.4. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian tesis ini adalah memberikan pengetahuan tentang pengaruh penambahan area interaksi material uji pada

UNIVERSITAS MERCU BUANA

permukaan sensor dengan memodifikasi sensor *ring resonator* terhadap bentuk standardnya terhadap peningkatan sensitifitas pada sistem deteksi gula darah. Pengetahuan ini dapat dijadikan referensi dalam membuat rancang bangun sensor yang serupa tetapi dengan struktur yang berbeda. Pada tahap selanjutnya diharapkan akan didapat rancang bangun bentuk sensor yang sensitifitasnya memenuhi standard alat ukur yang dapat digunakan dilapangan. Bentuk serta ukuran sensor yang dibuat pada penelitian ini juga diarahkan untuk mendeteksi kadar gula dengan model jari, sehingga penelitian ini juga dapat dijadikan riset dasar untuk membuat alat pengindera portable yang bisa dipasangkan atau disentuhkan kepada penderita diabetes atau pre-diabetes untuk bisa mengukur kadar gula yang ada di dalam tubuhnya secara real time.

1.5. Batasan Masalah

Dalam thesis ini dilakukan pembatasan pembahasan pada hal-hal berikut :

1. Struktur sensor yang ujikan dalam penelitian ini adalah struktur *ring resonator* mikrostrip dan parameter yang akan dilihat adalah perubahan sinyal faktor refleksi S11 dan sinyal faktor transmisi S21.
2. Penelitian akan dilakukan pada rentang frekuensi 1 GHz – 6 GHz (CM Band) dan dilakukan modifikasi ukuran sensor pada rentang frekuensi tersebut.
3. Metode analisa yang digunakan adalah analisa parametrik dengan bantuan simulasi pada software HFSS v13.
4. Fabrikasi akan dilakukan pada hasil rancangan simulasi sebagai representasi fisik dan dilakukan pengukuran.
5. Menguji sensor untuk menganalisa sensitifitas dan kelinieran dengan model material uji berupa jaringan terdiri dari 4 lapis yaitu kulit, lemak, darah dan tulang dengan pendekatan Cole-cole yaitu model parametrik dari sifat dielektrik jaringan sebagai fungsi frekuensi dengan rentang perubahan kadar gula 0 mg/dl – 600 mg/dl.

UNIVERSITAS MERCU BUANA

1.6. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian tesis ini adalah :

1. Studi pustaka

   Dalam studi pustaka ini penulis mengumpulkan informasi yang dibutuhkan dan melakukan kajian dari referensi-referensi yang berhubungan dengan penelitian yang sedang dilakukan.

2. Studi laboratorium

   Studi laboratorium dilakukan penulis untuk menganalisa hasil sensitifitas dan kelinieran dari sensor mikrostrip hasil fabrikasi yang diujicobakan terhadap model material uji dengan alat ukur VNA apakah sesuai dengan hasil simulasi atau tidak.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada thesis ini secara keseluruhan terdiri dari 5 bagian, dengan masing-masing bagian akan dijelaskan sebagai berikut :

BAB I . PENDAHULUAN

Pendahuluan berisi tentang latar belakang, identifikasi masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian serta sistematika penulisan.

UNIVERSITAS MERCU BUANA

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Membahas teori yang berkaitan dengan fenomena interaksi gelombang elektromagnetik dengan materi secara umum dan dengan kadar gula dalam darah secara khusus, teori model Cole-cole, teori yang berkaitan dengan rancang bangun sensor mikrostrip, serta membahas jurnal yang memfungsikan struktur *ring resonator* mikrostrip sebagai sensor kadar gula darah.

BAB III. METODOLOGI PERANCANGAN SENSOR

Pada bab ini menjelaskan tentang perancangan sensor ring resonator dasar dan modifikasinya dan metode pemilihan bentuk sensor yang sensitif melalui studi

parametrik dengan melakukan simulasi terhadap variasi bentuk sensor ring resonator yang dibuat dengan perangkat lunak *High Frequency Structure Simulation* HFSS v.13.

BAB IV. HASIL PENGUKURAN DAN ANALISA AKHIR

Pada bab ini memaparkan hasil pengukuran fisik sensor terhadap material uji berupa model jari yang terdiri dari 4 lapis jaringan kulit, lemak, darah dan tulang dengan VNA.

BAB V. PENUTUP

Merupakan kesimpulan berdasarkan pembahasan yang telah dibahas pada bab I, II, III dan IV.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA