

**PERANCANGAN DAN REALISASI
ANTENA PLANAR *ULTRA WIDEBAND*
PATCH BERBENTUK *TRIANGULAR*
UNTUK DETEKSI KANKER OTAK**

***(PLANAR ANTENNA DESIGN AND REALIZATION
ULTRA WIDEBAND PATCH TRIANGULAR SHAPES
FOR BRAIN CANCER DETECTION)***

TUGAS AKHIR

Disusun untuk memenuhi persyaratan mata kuliah Tugas Akhir
pada Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi
Disusun oleh:

Hania Silva Khairani

1101194077



FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO

UNIVERSITAS TELKOM

BANDUNG

2023

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
PERANCANGAN DAN REALISASI
ANTENA PLANAR *ULTRA WIDEBAND*
PATCH BERBENTUK *TRIANGULAR*
UNTUK DETEKSI KANKER OTAK

(*PLANAR ANTENNA DESIGN AND REALIZATION*
ULTRA WIDEBAND PATCH TRIANGULAR SHAPES
***FOR BRAIN CANCER DETECTION*)**

Telah disetujui dan disahkan sebagai Tugas Akhir

Program Studi Teknik Telekomunikasi

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

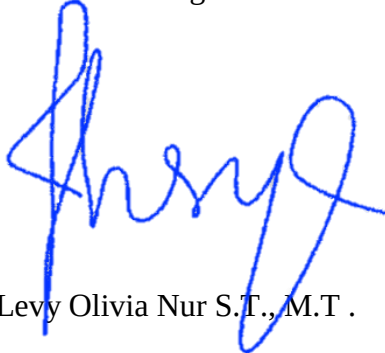
Oleh:

Hania Silva Khairani

1101194077

Bandung, 10 Februari 2023

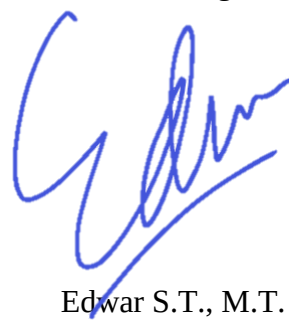
Pembimbing I



Dr. Levy Olivia Nur S.T., M.T.

NIP.1478003

Pembimbing II



Edwar S.T., M.T.

NIP.19880020

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Nama : Hania Silva Khairani

NIM : 1101194077

Alamat : JL. Belimbing Raya Blok B10 NO.23, Bogor, Jawa Barat

No.Telp/HP : 081385811041

Email : haniaskhairani@student.telkomuniversity.ac.id

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya orisinal saya sendiri,
dengan judul:

***PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA PLANAR
ULTRA WIDEBAND PATCH BERBENTUK TRIANGULAR
UNTUK DETEKSI KANKER OTAK***

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap kejujuran akademik atau etika keilmuan dalam karya ini atau bukti yang menunjukkan ketidak aslian dalam karya ini.

Bandung, 10 Februari 2023



Hania Silva Khairani

NIM. 1101194077

ABSTRAK

Kanker merupakan salah satu penyakit yang paling serius dan susah dideteksi keberadaannya secara dini. Penyakit kanker setiap tahunnya merenggut nyawa sekitar 10 juta orang. Salah satunya kanker otak yang masih menghantui dunia kesehatan menyebabkan tingkat kecacatan dan kematian mempengaruhi manusia dan memiliki angka kekambuhan yang tinggi. Dalam dunia medis, kanker otak dapat dideteksi dengan berbagai cara untuk mengetahui posisi tumor sesuai stadiumnya. Alat yang digunakan untuk mendeteksi kanker otak saat ini ialah *mamografi x-ray*, *ultrasound*, *computed tomography (CT) scan*, *magnetic resonance imaging (MRI) scan* dan biopsi. Namun, metode ini memiliki beberapa keterbatasan dalam mendiagnosis sel kanker dengan benar serta biaya yang relatif mahal.

Untuk mengatasi keterbatasan diatas, penelitian Tugas Akhir ini melakukan perancangan dan realisasi antenna planar *Ultra Wideband (UWB)* berbentuk *patch triangular* frekuensi 4-6 GHz yang digunakan untuk deteksi kanker otak secara dini. Antena mikrostrip dapat digunakan dalam mendeteksi kanker otak secara dini memiliki karakteristik yang menghasilkan medan elektromagnetik pada frekuensi yang dapat menembus jaringan tubuh manusia termasuk jaringan kepala manusia. Dengan menggunakan teknologi UWB, biaya relatif murah dan diagnosis lebih mudah. Penggunaan antenna mikrostrip ini memiliki bandwidth yang sempit, maka dari itu ditambahkannya metode *Defected Ground Structure (DGS)* untuk memperlebar bandwidth.

Hasil dari perancangan dan realisasi sebuah antenna planar *patch triangular* dengan frekuensi yang bekerja pada antenna ini yakni 5 GHz. Simulasi terhadap *phantom* jaringan kepala manusia tanpa kanker dan dengan kanker dapat di deteksi keberadaannya dilihat dari perubahan nilai *electric field* dan nilai *Return Loss*. *Return loss* pada jaringan tanpa kanker lebih tinggi dengan nilai *return loss* sebesar – 23,16 dB dibandingkan jaringan kepala kanker ukuran 20 mm terdeteksi dengan nilai *return loss* -27,88 dB, ukuran 30 mm nilai *return loss* -26.47 dB, dan ukuran 50 mm nilai *return loss* -29,91 dB.

Kata kunci: UWB, Antena Planar, kanker, parameter.

ABSTRACT

Cancer is one of the most serious diseases and difficult to detect early. Cancer annually kills around 10 million people. One of them is brain cancer which still haunts the world of health, causing the level of disability and death to affect humans and has a high recurrence rate. In the medical world, brain cancer can be detected in various ways to determine the position of the tumor according to its stage. The tools currently used to detect brain cancer are *x-ray mammography*, *ultrasound*, *computed tomography (CT) scans*, *magnetic resonance imaging (MRI) scans* and biopsies. However, this method has several limitations in diagnosing cancer cells correctly and is relatively expensive

To overcome the above limitations, this final project research designed and realized a planar ultra wideband (UWB) antenna in the form of a triangular patch with a frequency of 4-6 GHz which is used for early detection of brain cancer. Microstrip antennas can be used in the early detection of brain cancer. They have the characteristics of producing an electromagnetic field at a frequency that can penetrate human tissue, including human head tissue. By using UWB technology, the cost is relatively cheap and the diagnosis is easier. The use of this microstrip antenna has a narrow bandwidth, therefore the Defected Ground Structure (DGS) method is added to widen the bandwidth.

The results of the design and realization of a triangular planar patch antenna with a frequency that works on this antenna is 5 GHz. Simulation of human head tissue phantoms without cancer and with cancer can be detected by the changes in the value of the electric field and the value of Return Loss. Return loss in tissue without cancer is higher with a return loss value of -23.16 dB compared to cancerous head tissue with a size of 20 mm detected with a return loss value of -27.88 dB, a size of 30 mm returns loss value of -26.47 dB, and a size of 50 mm return loss value -29.91 dB.

Keywords: UWB, Planar antennas, cancer, parameter.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT tuhan yang melimpahkan nikmat dan karunia-Nya. Tanpa pertolongan-Nya tentunya tidak akan sanggup untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan selesai tepat waktu. Shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang kita nanti-nantikan syafa'atnya di akhirat nanti. Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Perancangan dan Realisasi Antena Planar *Ultra Wideband Patch* Berbentuk *Triangular* untuk Deteksi Kanker”.

Disusun nya tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada program studi Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kata sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk penyempurnaan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir menjadi ilmu yang bermanfaat untuk kedepannya, serta bermanfaat untuk orang-orang sekitar.

Bandung, 27 Januari 2023

Hania Silva Khairani

UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari berbagai dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Maka dari itu dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan ucapan rasa terima kasih dengan setulus-tulusnya dan hormat setinggi-tingginya kepada:

1. Allah SWT, atas limpah karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu.
2. Orang tua tercinta, Almarhum Bapak Rudi Saeful Mahfud (Bapak) dan Ibu Anita (ibu) yang selalu memberikan kasih sayang, doa, nasehat, dukungan moril dan materil, serta atas kesabaran yang luar biasa dalam setiap langkah hidup penulis.
3. Kakak tersayang, Muhammad Rezky Ichwan (Aa Eky) yang selalu memberikan nasehat, dan dukungan nya dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Keluarga besar penulis yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Ibu Dr. Levy Olivia Nur S.T.,M.T selaku pembimbing satu dan juga Bapak Edwar S.T.,M.T selaku pembimbing dua yang telah memberikan bimbingan, ilmu yang sangat bermanfaat, arahan, serta saran kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Sahabat-sahabat tersayang sejak dari SMP, Zahra Nurmeina, Rayi Restu Imani, dan Nurul Furqani yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis, dan memberikan dorongan semangat untuk penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
7. Sahabat-sahabat tersayang sejak dari SMA, Putri Azka, Windri Febiyanti, Fiona Syfa, Devina, dan Andro yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis, selalu ada di kala sedih maupun senang, dan memberikan dorongan semangat untuk penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
8. Teman-teman kelas TT4306 terutama Amanda Nurul, Dewi Diah, dan Syachivani Riski yang telah membantu dan menemani penulis selama awal perkuliahan sampai saat ini.
9. Teman-teman satu bimbingan terutama Amanda Nurul, Imas Maesaroh, Putri Indra, Vionalisa, Kenita Tri Cahyani, serta Muhammad Fadhil yang

telah membantu, dan menjadi teman diskusi penulis selama pengerjaan Tugas Akhir.

10. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu namun sudah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metode Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Fisiologi Kepala Manusia	6
2.1.1 Anatomi Kepala Manusia.....	6
2.1.2 Kanker Otak	7
2.2 <i>Ultra Wideband</i> (UWB).....	7
2.3 Antena	8
2.4 Antena Mikrostrip	8
2.5 Antena Planar	9
2.6 Parameter Antena	10
2.6.1 Bandwidth	10
2.6.2 Gain	11
2.6.3 VSWR (<i>Voltage Standing Wave Ratio</i>)	11
2.6.4 <i>Return Loss</i>	11
2.6.5 Pola Radiasi.....	12
2.7 Perhitungan Dimensi Antena Planar Patch Triangular	12
2.7.1 Dimensi Patch <i>Triangular</i>	12
2.7.2 Dimensi <i>Ground plane Patch Triangular</i>	13

2.8	Teknik Pencatutan	14
2.9	<i>Spesific Absorption Rate (SAR)</i>	14
2.10	S- Paramater	14
BAB III MODEL SISTEM DAN PERANCANGAN.....		16
3.1	Desain Sistem.....	16
3.2	Diagram Alir	16
3.3	Spesifikasi Antena.....	18
3.4	Perancangan Antena Planar Patch <i>Triangular</i>	19
3.4.1	Perhitungan Dimensi Patch <i>Triangular</i>	19
3.4.2	Perhitungan dimensi saluran pencatu	19
3.4.3	Perhitungan Dimensi <i>Ground Plane</i>	20
3.5	Perancangan dan Hasil Perhitungan Antena Planar Patch <i>Triangular</i>	20
3.6	Perancangan Awal pada Antena.....	20
3.7	Simulasi Antena Terhadap Pemodelan Jaringan Kepala Manusia	25
3.8	<i>Analisis Spesific Absorption Rate (SAR)</i>	29
BAB IV REALISASI DAN PENGUKURAN		30
4.1	Realisasi Antena.....	30
4.2	Pengukuran Antena	30
4.3	Analisis Pengukuran Antena	31
4.3.1	Pengukuran <i>Return Loss</i>	32
4.3.2	Hasil Pengukuran VSWR.....	32
4.3.3	Hasil Pengukuran Gain.....	33
4.3.4	Pengukuran Pola Radiasi.....	33
4.4	Analisis Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran Pada Antena	33
4.5	Hasil Akhir Perbandingan Simulasi dan Pengukuran	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		37
5.1	Kesimpulan	37
5.2	Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA		39
LAMPIRAN.....		42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Anatomi Kepala Manusia	6
Gambar 2.2	Antena Mikrostrip [19]	8
Gambar 2.3	Jenis-jenis bentuk Antena Mikrostrip [19]	9
Gambar 2.4	Bagian Utama Antena Planar [20]	10
Gambar 2.5	Proses S-Parameter pada port 1 dan port 2	15
Gambar 3.1	Desain Sistem Penelitian	16
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian	17
Gambar 3.3	Dimensi Antena	21
Gambar 3.4	(a) Tampak Depan dan (b) Tampak Belakang dari Antena	21
Gambar 3.5	Grafik <i>Return Loss</i> Antena Sebelum dioptimasi	21
Gambar 3.6	Grafik VSWR Antena sebelum optimasi	22
Gambar 3.7	Grafik <i>Gain</i> pada Frekuensi 4-6 GHz	22
Gambar 3.8	Dimensi Antena Optimasi (a) tampak depan dan (b) tampak belakang	23
Gambar 3.9	Grafik <i>Return Loss</i> Antena Optimasi	24
Gambar 3.10	Grafik VSWR Antena Optimasi	24
Gambar 3.11	Grafik <i>Gain</i> Antena Optimasi	24
Gambar 3.12	Desain <i>Phantom</i> Jaringan Kepala dengan Jarak 20 mm	26
Gambar 3.13	Pengaruh Jarak Antena pada <i>phantom</i>	26
Gambar 3.14	<i>Phantom</i> Jaringan Kepala dengan Kanker	27
Gambar 3.15	Grafik <i>Return Loss Phantom</i> Kepala dengan Kanker	27
Gambar 3.16	Grafik <i>Return Loss Phantom</i> Kepala	28
Gambar 4.1	Realisasi Antena Planar <i>Patch Triangular</i> : (a) tampak depan, (b) tampak belakang	30
Gambar 4.2	Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i>	32
Gambar 4.3	Hasil Pengukuran VSWR	32
Gambar 4.4	Hasil Pengukuran Pola Radiasi (a) Azimuth (b) Elevasi	33
Gambar 4.5	Hasil Perbandingan <i>Return Loss</i>	34
Gambar 4.6	Hasil Perbandingan VSWR	34
Gambar 4.7	Pola Radiasi Simulasi	35
Gambar 4.8	Pola Radiasi Pengukuran	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan Nilai Konstanta Dielektrik dan Konduktifitas Elektrik	6
Tabel 2.2	Jenis-jenis Bahan Dielektrik.....	9
Tabel 3.1	Spesifikasi Antena.....	18
Tabel 3.2	Spesifikasi Substrat	18
Tabel 3.3	Perhitungan Nilai Parameter Awal pada Antena.....	20
Tabel 3.4	Ukuran Dimensi Antena Optimasi	23
Tabel 3.5	Data Hasil Perancangan Antena Awal dan Antena Optimasi	25
Tabel 3.6	Perbandingan Nilai <i>e-field</i> phantom Tanpa Kanker dan Phantom dengan Kanker	28
Tabel 3.7	Nilai <i>Return Loss Phantom</i> Jaringan Kepala Kanker dan Tanpa Kanker	29
Tabel 3.8	Nilai SAR pada <i>Phantom</i> Jaringan Kepala Kanker dan Tanpa Kanker	29
Tabel 4.1	Hasil akhir perbandingan.....	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kanker merupakan salah satu penyakit yang paling serius dan susah dideteksi keberadaannya secara dini. Penyakit kanker setiap tahunnya merenggut nyawa sekitar 10 juta orang dan bahkan hampir 70 persen angka kematian akibat penyakit kanker ini terjadi pada negara berkembang atau *Low Middle Income Countries* (LMICs). Selain itu berdasarkan data pada tahun 2040, diperkirakan akan ada sekitar 16,3 juta kematian akibat penyakit kanker di dunia [1]. Salah satunya penyakit kanker otak yang merupakan jenis kanker paling berbahaya. Kanker otak juga tidak bisa disadari secara dini sehingga kanker tersebut berkembang secara cepat dan berujung menyebabkan kematian.

Dalam dunia medis, kanker otak dapat dideteksi dengan berbagai cara untuk mengetahui posisi tumor sesuai stadiumnya. Metode yang digunakan untuk mendeteksi kanker telah tersedia pada saat ini, *mamografi x-ray*, *ultrasound*, *Computed Tomography* (CT) *scan*, *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) *scan* dan biopsi digunakan dalam mendeteksi tumor pada stadium awal. Metode ini memiliki beberapa keterbatasan dalam mendiagnosis sel kanker dengan benar serta biaya relatif mahal [2].

Seiring berkembangnya zaman, ada cara lain untuk mengatasi keterbatasan tersebut dengan dikembangkan nya penerapan teknik pencitraan antena mikrostrip *Ultra Wideband* (UWB) yang bertujuan untuk aplikasi medis. Antena mikrostrip dapat digunakan dalam mendeteksi kanker otak secara dini memiliki karakteristik yang menghasilkan medan elektromagnetik pada frekuensi yang dapat menembus jaringan tubuh manusia termasuk jaringan kepala manusia. Teknologi UWB ini juga berperan sangat penting untuk mendeteksi struktur dalam tubuh manusia yang terjadi kerusakan di dalam tubuh manusia seperti kanker. Untuk mendeteksi kanker otak menggunakan teknologi UWB ini karena biaya relatif murah, dan metode diagnosis lebih mudah, selain itu teknologi UWB menggunakan serangkaian pulsa elektrik yang sangat singkat yang mengakibatkan bandwidth transmisi memiliki pita yang sangat lebar. Sesuai dengan *Federal Communications Commission* (FCC)

menetapkan penggunaan *Ultra Wideband* (UWB) untuk *medical imaging* sistem frekuensi dengan spektrum dari 3,1 GHz sampai 10,6 GHz [3].

Pada penelitian sebelumnya, menjelaskan mengenai antenna mikrostrip *rectangular* slot dan tanpa slot untuk deteksi kanker otak menggunakan frekuensi ISM band (2,4-2,4835GHz) dengan bahan *substrate FR-4*. Hasil yang didapatkan ketika simulasi ialah bahwa kepala yang memiliki tumor di otak *Return Loss* -34,61 GHz lebih tinggi dibandingkan dengan tidak ada tumor, serta nilai SAR 0,0505W/kg untuk jaringan 1 gr yang lebih tinggi dibanding tidak ada tumor [2]. Penelitian lainnya, menjelaskan mengenai antenna mikrostrip berbentuk pentagon linear array untuk deteksi tumor otak rentang frekuensi 3-5 GHz. Hasil yang didapatkan antenna di modifikasi menjadi dua dan empat elemen array memberikan direktivitas yang tinggi untuk jaringan kepala manusia, nilai yang dihasilkan untuk tumor otak yakni *Return Loss* -7,48 dB dan -4,3 dB mengalami perubahan besar dibandingkan dengan tanpa tumor [6].

Oleh karena itu, Tugas Akhir ini akan merancang dan merealisasikan antenna planar *Ultra WideBand* dengan *patch* berbentuk *triangular* yang bekerja pada frekuensi 5 GHz dengan rentang frekuensi 4-6 GHz. Perancangan dan simulasi dilakukan dengan menggunakan *software CST Studio* kemudian dilakukan analisis terhadap struktur jaringan kepala dengan kanker dan tanpa kanker.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas pada Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bagaimana perancangan antenna planar *Ultra Wideband patch triangular* dengan material substrat *Rogers Duroid 5880* pada frekuensi kerja 5 GHz?
2. Bagaimana pengaruh kanker otak terhadap parameter *return loss* dan *electric field* pada kinerja antenna?
3. Bagaimana antenna planar *Ultra Wideband patch triangular* dapat dijadikan sebagai alat pendeteksi kanker otak?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dan Manfaat dari Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Merancang dan merealisasikan antena planar dengan patch berbentuk *triangular* untuk deteksi kanker otak pada frekuensi kerja 5 GHz
2. Mengetahui hasil simulasi perancangan terhadap struktur jaringan kepala dengan kanker dan tanpa kanker.
3. Membandingkan dan menganalisis parameter antenna dengan struktur jaringan kepala dengan kanker dan tanpa kanker.
4. Mempermudah untuk deteksi kanker otak secara dini tanpa perlu mengeluarkan biaya yang mahal.
5. Dapat menganalisis kanker otak dengan efisien dan cepat sehingga bisa menangani upaya pencegahan kanker otak.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Penelitian ini hanya membahas deteksi keberadaan kanker otak, namun tidak membahas secara lebih mendalam mengenai kanker otak dan keberadaan lokasi kanker pada jaringan kepala.
2. Penelitian ini menggunakan antena planar berbentuk patch *triangular* lalu mensimulasikannya dengan *software*.
3. Penelitian ini hanya menggunakan pemodelan struktur jaringan kepala.
4. Penelitian ini hanya membahas hasil parameter yaitu *Return Loss*, SAR, Bandwidth, Gain, VSWR serta Pola Radiasi
5. Penelitian ini tidak membahas lebih dalam mengenai *E-Field*.
6. Penelitian ini tidak membahas lebih dalam mengenai *mamografi x-ray*, *ultrasound*, *computed tomography (CT) scan*, dan *magnetic resonance imaging (MRI)*.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan untuk penelitian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Studi Literatur

Mengumpulkan teori-teori yang relevan terhadap permasalahan pada Tugas-

Akhir ini. Dapat dicari melalui beberapa referensi yaitu buku, jurnal, serta artikel yang relevan.

2. Penentuan Spesifikasi

Dalam Tugas Akhir ini diperlukan penentuan spesifikasi antenna yang akan dibuat terutama spesifikasi antenna UWB yang sudah dirancang untuk deteksi kanker otak.

3. Perancangan dan simulasi

Proses perancangan dan simulasi pada Tugas Akhir ini dilakukan dengan menggunakan *software*. Tujuan nya untuk mempermudah proses perhitungan.

4. Realisasi

Setelah mengetahui spesifikasi antenna lalu dirancang menggunakan *software*, kemudian antenna tersebut direalisasikan menggunakan jasa pencetakan yang sudah berpengalaman di bidang tersebut.

5. Pengukuran dan Analisis

Mengukur parameter antenna yang sudah disimulasikan, lalu menganalisisnya dengan cara membandingkan hasil-hasil dari parameter tersebut.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang disusun pada tugas akhir ini berdasarkan lima bab yaitu:

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan

2. BAB II KONSEP DASAR

Pada bab ini merupakan konsep dasar yang berisi konsep dan teori-teori mendasari penelitian yang dilakukan penulis

3. BAB III MODEL DAN SISTEM PERANCANGAN

Pada bab ini memaparkan dan menjelaskan proses perancangan serta pemodelan dari antenna planar yang dilakukan penulis

4. BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Pada bab ini menjelaskan hasil realisasi, dan pengukuran antenna yang dilakukan. Menganalisis perbedaan hasil pengukuran dan simulasi antenna.

Parameter yang diukur yaitu *Return Loss*, VSWR, bandwidth, pola radiasi, dan gain

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menarik kesimpulan dari seluruh proses perancangan serta saran yang dapat membantu dan mengembangkan penelitian ini yang akan datang

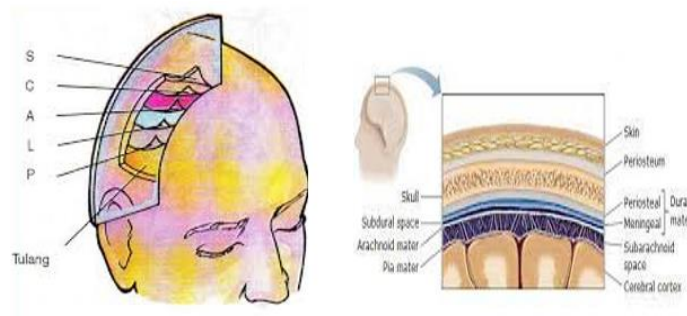
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fisiologi Kepala Manusia

2.1.1 Anatomi Kepala Manusia

Kepala Manusia memiliki lapisan kulit kepala yang terdiri dari tulang tengkorak beserta 5 lapisan lainnya yang di sebut *SCALP*. Bagian *SCALP* diantaranya (1) *Skin* atau kulit, (2) *Connective tissue* atau jaringan subkutis, (3) *Aponeurosis galea*, (4) *Loose areolar tissue* atau jaringan ikat longgar, (5) *Pericranium*, serta bagian utamanya adalah *Brain* atau otak [4].



Gambar 2.1 Anatomi Kepala Manusia

(Sumber : www.yayanakhyar.wordpress.com)

Pada pemodelan dari Gambar 2.1 Anatomi Kepala Manusia dibedakan berdasarkan perbedaan nilai konstanta dielektrik dan konduktifitas elektrik dari tiap jaringan kepala manusia. Dapat dilihat pada Tabel 2.1 merupakan perbedaan nilai konstanta dielektrik dan konduktivitas elektrik dari tiap jaringan kepala manusia [5].

Tabel 2.1 Perbedaan Nilai Konstanta Dielektrik dan Konduktifitas Elektrik

No.	Jaringan	Konstanta Dielektrik (F/m)	Konduktifitas Elektrik (S/m)	Ketebalan (mm)
1	Kulit	45	0,73	1
2	Lemak	5,54	0,04	1
3	Tulang tengkorak	5,6	0,03	5
4	Otak	43,22	1,29	60

2.1.2 Kanker Otak

Kanker otak merupakan kanker yang terjadi pada sel-sel di jaringan otak mengalami pertumbuhan secara abnormal, tidak terkendali menyebabkan membentuk sebuah massa (tumor). Pertumbuhan sel-sel abnormal di jaringan otak atau tumor di otak dapat bersifat jinak atau ganas. Kanker otak yang bersifat ganas sel-sel abnormal bisa tumbuh dan menyebar secara cepat dapat menyebabkan kematian. Sedangkan kanker otak yang bersifat jinak sel-sel abnormal nya tumbuh dan menyebar sangat lambat sehingga tidak berbahaya. Oleh karena itu, terdapat beberapa kategori dalam pengklasifikasian tumor otak [6], diantaranya:

1. T1, diameter tumor berukuran kurang dari 3 cm
2. T2, diameter tumor berukuran lebih dari 3 cm
3. T3a, diameter tumor berukuran lebih dari 3 cm dengan perluasan ke aqueductus Sylvii dan foramen Luschka
4. T3b, diameter tumor berukuran lebih dari 3 cm dengan perluasan tegas ke batang otak
5. T4b, diameter tumor berukuran lebih dari 3 cm dengan perluasan melewati *aqueductus Sylvii dan e inferior* melewati *foramen Magnum* dengan ukuran tumor perlu diamati sejak < 10 mm. Pemodelan tumor pada jaringan kepala dengan nilai konstanta dielektrik 55 F/m dan konduktivitas elektrik 7 S/m [7].

2.2 Ultra Wideband (UWB)

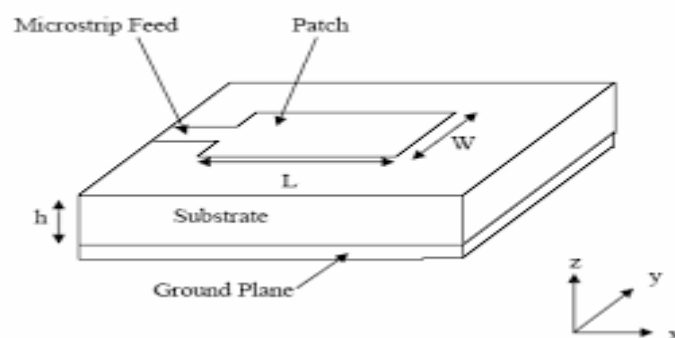
Ultra Wideband (UWB) adalah suatu sistem komunikasi yang memiliki jarak pendek dan bandwidth yang relatif lebar. Pengaplikasian UWB saat ini salah satunya digunakan untuk *medical engineering* dengan menggunakan *impulse* radio sebagai teknik modulasinya. Sesuai dengan *Federal Communications Commission* (FCC) menetapkan penggunaan *Ultra Wideband* (UWB) untuk *medical imaging system* frekuensi dengan spektrum dari 3,1 GHz sampai 10,6 GHz [8] dan bandwidth yang relatif lebar yang melebihi 500 MHz atau memiliki setidaknya 20% dari frekuensi tengah [9]. Aplikasi UWB untuk *medical engineering* memiliki beberapa kelebihan yaitu memiliki cakupan bandwidth yang lebar, memiliki data rate yang tinggi, konsumsi energi yang rendah, serta radiasi elektromagnetik yang rendah [10].

2.3 Antena

Antena adalah perangkat yang digunakan untuk mengirim atau menerima gelombang elektromagnetik (EM) dari media kabel ke udara atau sebaliknya dari udara ke media kabel [9]. Antena juga biasanya terbuat dari logam (dalam bentuk batang atau kawat) agar dapat memancarkan dan menerima gelombang radio. Antena bekerja dengan memancarkan gelombang EM dalam arah radial yang terkoordinasi [11]. Menurut pancaran radiasinya tipe antenna terbagi menjadi dua tipe yaitu *directional* dan *omnidirectional*. Banyak sekali jenis-jenis antena lainnya yang dapat digunakan seperti Antena Parabola, Antena Grid, Antena Yagi-Uda, Antena Omnidirectional, dan Antena Mikrostrip.

2.4 Antena Mikrostrip

Antena Mikrostrip merupakan konduktor logam yang menempel diatas groundplane yang terdiri dari bahan dielektrik [12]. Antena mikrostrip juga antena yang mempunyai masa yang ringan dan mudah difabrikasi, serta ukurannya kecil dibandingkan dengan antena-antena yang lainnya. Antena mikrostrip mempunyai struktur-struktur antena diantaranya *patch*, *feedline*, *substrate*, dan *ground plane* yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Antena Mikrostrip [19]

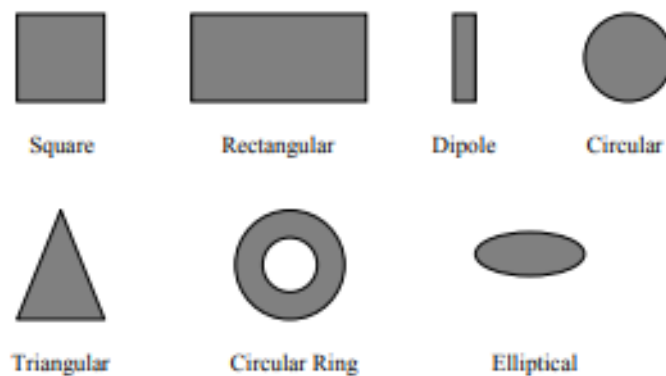
Pada substrat terdapat bahan dielektrik yang memisahkan antara *patch* dan *ground plane*. Dapat digolongkan berdasarkan nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) dan *loss tangent* (δ). Parameter antena sangat berpengaruh pada karakteristik substrat

diantaranya frekuensi kerja [12]. Dapat dilihat pada Tabel 2.2 nilai konstanta dielektrik serta *loss tangent* dari jenis-jenis bahan dielektrik [13].

Tabel 2.2 Jenis-jenis Bahan Dielektrik

Jenis Bahan (Material)	Konstanta Dielektrik
Alumina	9,8
Ferrite	9 - 16
Epoxy FR 4	4,4
RT/Duroid 5880	2,2 – 10,8
Polistirena	2,4 – 2,7
Teflon	2,1
Silicon	11,9

Dalam teknik pencatutan terbagi menjadi 2 yaitu pencatutan langsung (*excited directly*) dan pencatutan tidak langsung (*excited indirectly*). Untuk jenis teknik pencatutan langsung yaitu *microstrip-line feed* dan *coaxial-line feed*. Sedangkan untuk jenis teknik pencatutan secara tidak langsung yaitu *aperture coupled*, *coplanar waveguide*, *electromagnetically coupled*. Selain itu adapun jenis-jenis bentuk antenna microstrip dapat dilihat pada Gambar 2.3.

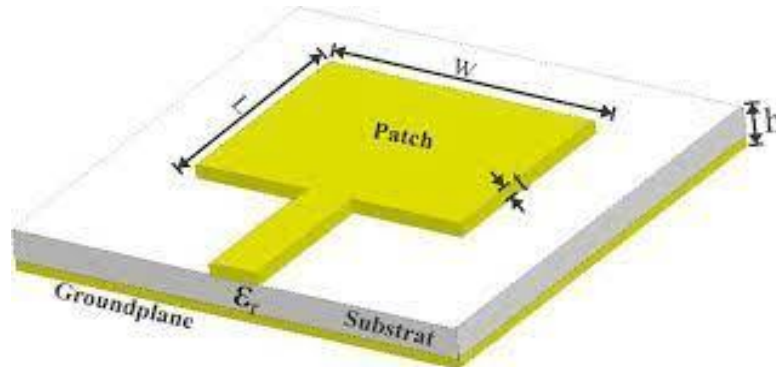


Gambar 2.3 Jenis-jenis bentuk Antena Mikrostrip [19]

2.5 Antena Planar

Antena planar merupakan salah satu jenis antenna yang mampu bekerja pada frekuensi tinggi yang memiliki ukuran kecil dan tipis serta biaya produksinya rendah. Antena planar memiliki karakteristik yang lebih sederhana dan bandwidth

yang cukup lebar. Antena planar terdiri dari 3 bagian yaitu *ground plane*, *substrate*, dan *patch*.



Gambar 2.4 Bagian Utama Antena Planar [20]

2.6 Parameter Antena

Untuk merancang dan membuat sebuah antena, dibutuhkan beberapa parameter untuk mengetahui hasil perancangan sesuai/tidaknya dengan realisasi antena yang dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Berikut merupakan parameter-parameter pada antena.

2.6.1 Bandwidth

Bandwidth merupakan rentang frekuensi kerja dari suatu antena [14]. Bandwidth juga didefinisikan sebagai rentang frekuensi kerja dari batas atas dan batas bawah pada frekuensi yang digunakan oleh antena dalam pemancarnya. Berikut adalah rumus untuk mengukur bandwidth pada antena:

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (2.1)$$

$$BW = f_2 - f_1 \quad (2.2)$$

Keterangan:

f_1 : Frekuensi terendah

f_2 : Frekuensi tertinggi

f_c : Frekuensi Kerja

Pada rumus 2.1 juga merupakan perhitungan untuk *fractional* bandwidth. *Fractional* bandwidth dinyatakan dalam persentase dan dihitung dengan membagi

bandwidth dari antenna dengan frekuensi tengah dari sinyal yang dipancarkan atau diterima.

2.6.2 Gain

Gain atau penguatan merupakan perbandingan antara intensitas radiasi maksimum terhadap intensitas radiasi maksimum suatu antenna referensi dengan daya yang masuk pada dua antenna yakni sama.

2.6.3 VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

VSWR diartikan sebagai perbandingan (*ratio*) antara tegangan maksimum dan tegangan minimum yang terjadi pada saluran yang tidak sesuai (*match*). Berikut adalah rumus VSWR pada antenna:

$$VSWR = \frac{|V|_{maks}}{|V|_{min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2.3)$$

Keterangan:

Γ : Koefisien Pantul

2.6.4 Return Loss

Return Loss merupakan besaran daya pantul yang disebabkan tidak *match* nya beban dengan *transmission line* atau suatu rugi-rugi saat terjadi transfer daya yang dikarenakan sebagian daya dipantulkan kembali oleh beban. Besarnya *Return Loss* juga tergantung dari faktor refleksinya. Berikut adalah rumus *Return Loss* pada antenna:

$$RL = 20\log|\Gamma| \quad (2.4)$$

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{VSWR-1}{VSWR+1} \quad (2.5)$$

Keterangan:

RL : *Return Loss*

Γ : Koefisien Pantul

2.6.5 Pola Radiasi

Pola Radiasi merupakan pola radiasi fungsi yang matematis atau gambaran secara grafis dari karakteristik radiasi sebuah antena yang berfungsi sebagai koordinat ruang. Pada pola radiasi dapat diukur atau dihitung dari medan jauh dan digambarkan kembali sebagai koordinat arah.

2.7 Perhitungan Dimensi Antena Planar Patch Triangular

Dalam antena mikrostrip mempunyai berbagai macam bentuk *patch*, salah satunya dalam tugas akhir ini menggunakan antena mikrostrip *patch triangular*. Bentuk *patch triangular* ini memiliki keunggulan dibandingkan dengan bentuk segi empat, yaitu luas yang dibutuhkan oleh bentuk *triangular* menghasilkan karakteristik radiasi yang sama lebih kecil dibandingkan luas yang dibutuhkan oleh bentuk segi empat yang dimana sangat menguntungkan di dalam realisasi antena. Untuk merancang desain antena *patch triangular* dibutuhkan parameter, yaitu *patch*, saluran pencatu, serta *ground plane*. Parameter yang dibutuhkan tersebut dilihat berdasarkan spesifikasi antena mikrostrip yang akan digunakan diantaranya nilai frekuensi, tebal substrat, serta nilai kecepatan cahaya ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$). Berikut merupakan rumus-rumus yang digunakan untuk merancang desain antena mikrostrip *patch triangular*:

2.7.1 Dimensi Patch Triangular

Untuk mendesain awal antena ini mula-mula dapat diperoleh dari persamaan:

$$fr = \frac{2c}{3a\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.6)$$

$$a = \frac{2c}{3fr\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.7)$$

Karena adanya efek medan *fringing* (sisi tepi) antara patch dengan *ground plane*, maka efek ini dapat dihitung terhadap *effective relative permittivity*. Sehingga digunakan nilai *eff* dari persamaan:

$$a_{eff} = a + \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.8)$$

Keterangan:

fr : Frekuensi resonansi (GHz)

c : Kecepatan cahaya ($3 \times 10^8 m/s$)

a : Panjang sisi segitiga

a_{eff} : Panjang sisi efektif (mm)

h : ketebalan substrat (mm)

Untuk menghitung dimensi lebar saluran mikrostrip ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$B = \frac{60 \pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.9)$$

$$W_f = \frac{2(h)}{\pi} (B - 1 - \ln(2(B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2(\epsilon_r)} \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r})) \quad (2.10)$$

Keterangan:

W_f : Lebar konduktor

B : Besar impedansi saluran (Ω)

Z_0 : Besar impedansi antenna (50Ω)

Untuk menghitung panjang saluran mikrostrip ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (2.11)$$

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (2.12)$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{(\epsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\epsilon_r - 1)}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12 \times h}{W}}} \right) \quad (2.13)$$

$$l_f = \frac{1}{4} \lambda_d \quad (2.14)$$

2.7.2 Dimensi *Ground plane Patch Triangular*

$$W_g = 6h + a_{eff} \quad (2.15)$$

$$l_g = 6h + a_{eff} \quad (2.16)$$

Keterangan:

l_g : Panjang *ground plane* (mm)

h : Tinggi substrat (mm)

W_g : Lebar *ground plane* (mm)

a_{eff} : Panjang sisi efektif (mm)

2.8 Teknik Pencatutan

Teknik pencatutan digunakan untuk menghasilkan radiasi melalui kontak langsung atau tidak langsung. Metode yang paling mudah dibuat yaitu menghubungkan strip konduktor pada patch yang dianggap sebagai patch tambahan. Pada teknik penactuan terdapat 4 macam teknik pencatutan yaitu *microstrip line*, *coaxial probe*, *proximity coupling*, dan *aperture coupling* [15]. Pada penelitian ini menggunakan teknik pencatutan mikrostrip *feed line*.

2.9 Spesific Absorption Rate (SAR)

SAR merupakan suatu ukuran dari jumlah energi elektromagnetik yang diserap oleh jaringan tubuh [5]. Perhitungan SAR dengan cara mengukur medan listrik pada jaringan yang distimulaskan di sekitar perangkat. Berikut rumus yang digunakan untuk perhitungan SAR:

$$SAR = \frac{\sigma |E|^2}{\rho} \quad (2.17)$$

Keterangan:

σ : Konduktifitas elektrik bahan

$|E|$: Nilai magnitude vector medan listrik

ρ : Massa jenis dari jaringan

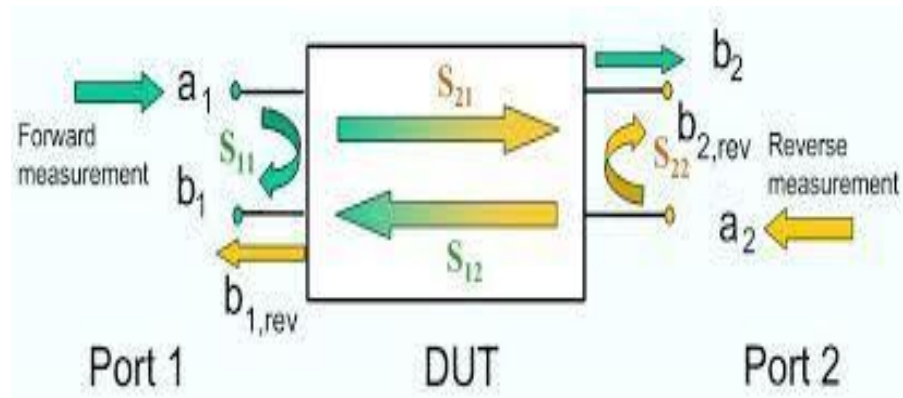
SAR : Spesific Absorption Rate (W/Kg)

Berdasarkan standar IEEE Std C95.1-2005, dalam 1 gram massa jaringan tubuh manusia, nilai SAR yang diperbolehkan sebesar $1,6 \text{ } W/Kg$

2.10 S- Paramater

S-Parameter menggambarkan hubungan input-output antara port atau terminal dalam sistem kelistrikan. S_{11} selalu berhubungan dengan parameter antenna yang mewakili seberapa banyak daya yang dipantulkan dari antenna. S_{11} berhubungan langsung dengan VSWR dan *Return Loss*. Pada Gambar 2.5 Parameter S_{11}

merupakan perbandingan antara gelombang yang dipantulkan balik dengan gelombang yang dikirimkan pada port 1.



Gambar 2.5 Proses S-Parameter pada port 1 dan port 2

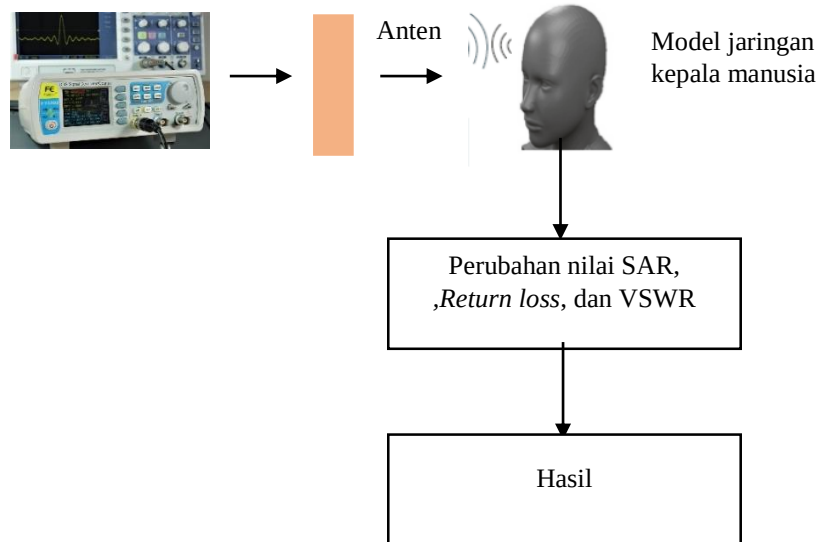
(Sumber : www.av.it.pt.com)

BAB III

MODEL SISTEM DAN PERANCANGAN

3.1 Desain Sistem

Berikut diagram sistem pada tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 3.1



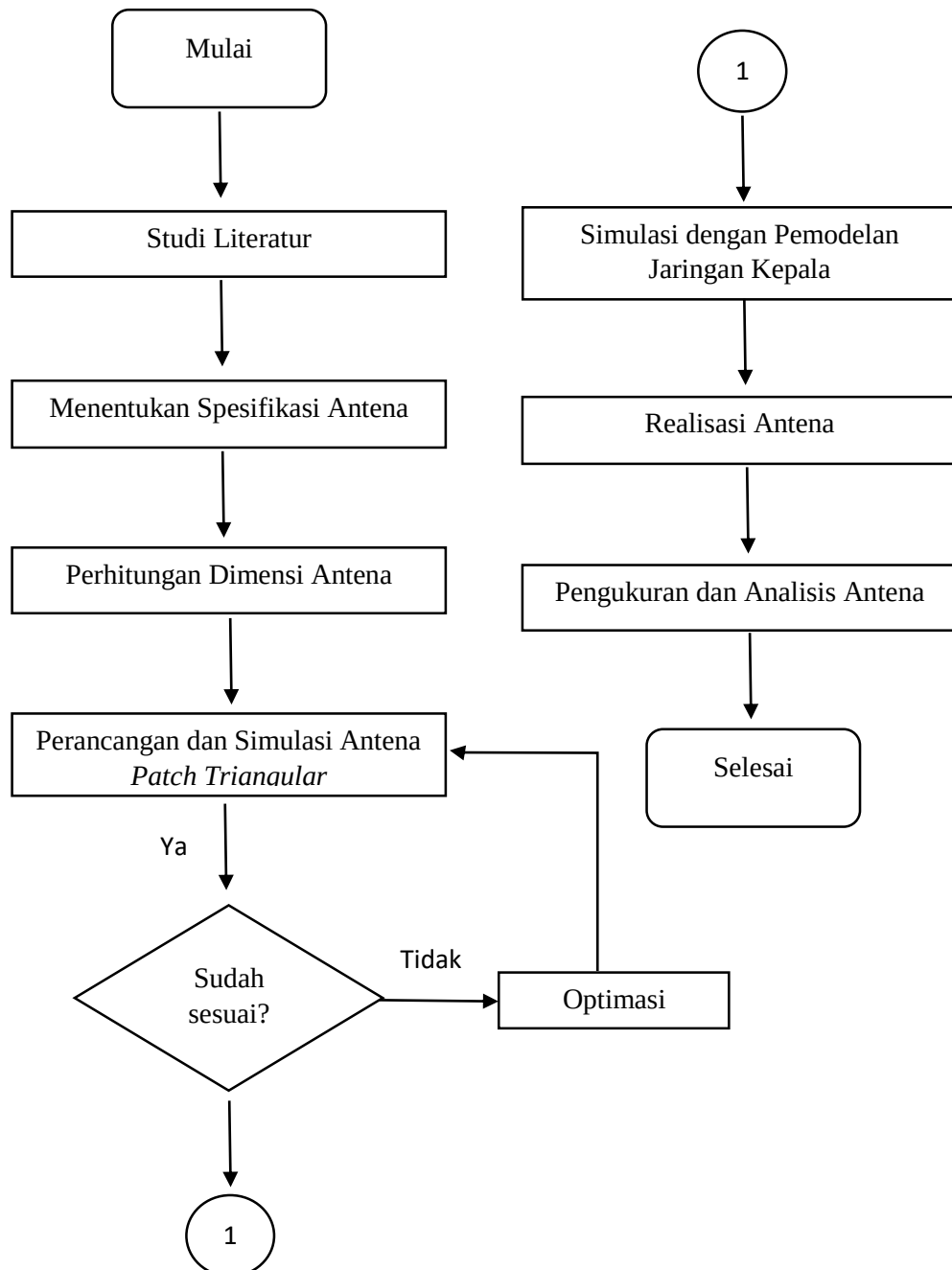
Gambar 3.1 Desain Sistem Penelitian

Gambar 3.1 merupakan desain sistem yang akan dilakukan pada tugas akhir. Dijelaskan bahwa proses pertama adalah *signal generator*. *Signal generator* ini berfungsi untuk membangkitkan sinyal dan memberikan input pada antena. Setelah itu, antena akan mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik yang selanjutnya akan diradiasikan ke model jaringan kepala manusia. Berikutnya dilakukan analisis pada jaringan kepala manusia dengan kanker dan tanpa kanker terhadap perubahan nilai SAR, *Return Loss*, dan VSWR serta yang terakhir mendapatkan hasil dari analisis tersebut terhadap perubahan nilai pada jaringan kepala manusia dengan kanker dan tanpa kanker.

3.2 Diagram Alir

Dalam penelitian ini membutuhkan beberapa tahapan yang harus dilakukan agar pelaksanaan penelitian ini bisa lebih jelas dan terstruktur. Penelitian ini akan

merancang sebuah Antena Planar Berbentuk *Patch Triangular*, berikut dapat dilihat pada gambar diagram alir penelitian ini:



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

Pada tahap pertama dalam penelitian ini yang harus dilakukan ialah studi literatur guna untuk mengumpulkan data pustaka lalu mengolahnya sebagai bahan penelitian yang akan diambil. Selanjutnya jika sudah mencari studi literatur maka

tahapan berikut ialah menentukan spesifikasi antenna. Spesifikasi antenna yang digunakan dalam penelitian ini adalah frekuensi kerja pada antenna, bandwidth, VSWR, pola radiasi, SAR serta *Return Loss*. Spesifikasi antenna pada penelitian ini menggunakan antenna planar dengan bentuk *triangular patch* yang bekerja pada frekuensi 5 GHz. Setelah itu, melakukan perhitungan dimensi, perancangan, serta simulasi antenna pada *software*.

Jika sudah sesuai dengan optimasi maka bisa dilanjutkan dengan simulasi pemodelan jaringan kepala pada aplikasi *software*, lalu dilakukan pengukuran dan hasil nilai analisis antenna yang sudah didapat. Pada hasil analisis, nilai yang akan dianalisis ialah nilai SAR, *Return Loss*, dan VSWR pada jaringan kepala yang terdeteksi kanker, dan tanpa kanker. Pada tahapan terakhir, dilakukan perbandingan hasil analisis antenna yang terdeteksi kanker dan tanpa kanker pada pemodelan jaringan kepala manusia.

3.3 Spesifikasi Antena

Perancangan antenna pada Tugas Akhir dirancang dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3.1 Spesifikasi Antena

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi	5 GHz
VSWR	≤ 2
Bandwidth	≥ 500 MHz
<i>Return Loss</i>	≤ -10 dB
Gain	≥ 3 dB
Jenis Antena	Antena Planar

Kemudian untuk spesifikasi substrat sebagai berikut:

Tabel 3.2 Spesifikasi Substrat *Roger Duroid-5880*

Spesifikasi substrat	Nilai
Konstanta dielektrik relative (ϵ_r)	2,2
Ketebalan Substrat (h)	1,58 mm

3.4 Perancangan Antena Planar Patch *Triangular*

Sebelum merancang antena terlebih dahulu kita melakukan perhitungan menggunakan rumus yang terdapat pada konsep dasar teori. Berikut adalah hasil dan perhitungan antena planar *patch* berbentuk *triangular*.

3.4.1 Perhitungan Dimensi Patch *Triangular*

Ukuran sisi segitiga (a) didapatkan dari persamaan (3.1) dan (3.2)

$$a = \frac{2c}{3fr\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{2 \times 3 \times 10^8}{3 \times 5 \times 10^9 \sqrt{2,2}} = 26,96 \text{ mm} \quad (3.1)$$

$$a_{eff} = a + \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} = 26,96 + \frac{1,58}{\sqrt{2,2}} = 28,025 \text{ mm} \quad (3.2)$$

3.4.2 Perhitungan dimensi saluran pencatu

Teknik pencatuan yang digunakan pada tugas akhir ini adalah mikrostrip *feed line*. Sehingga untuk menghitung lebar saluran pencatu menggunakan persamaan (3.3) dan (3.4) sebagai berikut:

$$B = \frac{60 \pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{60 \pi^2}{50 \sqrt{2,2}} = 7,984 \text{ mm} \quad (3.3)$$

$$W_f = \frac{2(1,58)}{\pi} (7,984 - 1 - \ln(2(7,984 - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2(2,2)} \ln(7,984 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{2,2}))$$

$$W_f = 4,866 \text{ mm} \quad (3.4)$$

untuk menghitung panjang saluran pencatu menggunakan persamaan (3.5), (3.6) dan (3.7) sebagai berikut:

$$\lambda_0 = \frac{c}{fr} = \frac{3 \times 10^8}{5 \times 10^9} = 60 \text{ mm} \quad (3.5)$$

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} = \frac{60}{\sqrt{2,37}} = 25,31 \text{ mm} \quad (3.6)$$

$$l_f = \frac{1}{4} \lambda_d = \frac{1}{4} 25,31 = 6,3275 \text{ mm} \quad (3.7)$$

3.4.3 Perhitungan Dimensi *Ground Plane*

Untuk menghitung lebar dan panjang *ground plane* menggunakan persamaan (3.8) dan (3.9) sebagai berikut

$$W_g = 6h + a_{eff} = 6(1,58) + 28,025 = 37,506 \text{ mm} \quad (3.8)$$

$$l_g = 6h + a_{eff} = 6(1,58) + 28,025 = 37,506 \text{ mm} \quad (3.9)$$

3.5 Perancangan dan Hasil Perhitungan Antena Planar *Patch Triangular*

Dapat dilihat pada Tabel 3.3 diperoleh hasil perhitungan nilai parameter antena. Berikut adalah hasil perhitungan nilai parameter awal pada antena planar *patch triangular*:

Tabel 3.3 Perhitungan Nilai Parameter Awal pada Antena

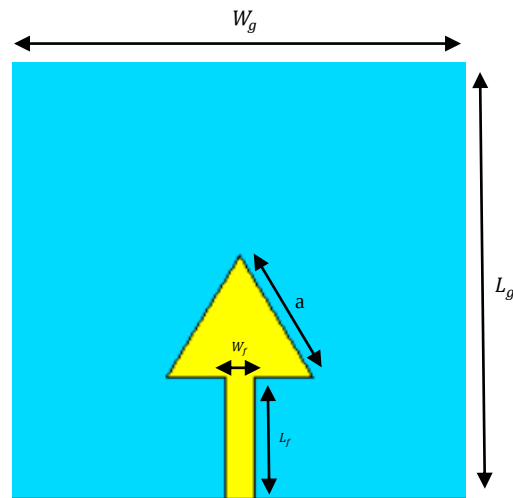
Keterangan	Nilai	Parameter
Ketebalan Substrat	1,58	h
Panjang sisi segitiga efektif	28,025	a_{eff}
Alas segitiga	26,96	a
Lebar saluran pencatu	4,886	W_f
Panjang saluran pencatu	6,3275	l_f
Lebar Ground plane dan Substrat	37,506	W_g
Panjang Ground plane dan Substrat	37,506	L_g

Pada Tabel 3.3 terlihat bahwa nilai parameter antena patch triangular memiliki panjang segitiga efektif (a_{eff}) yang merupakan panjang sisi segitiga yang paling banyak memiliki energi elektromagnetik yang dipancarkan dan diterima oleh antena. Sedangkan untuk nilai parameter alas segitiga (a) panjang sisi segitiga yang membentuk dasar antena berfungsi sebagai pembatas sinyal elektromagnetik yang dipancarkan dan diterima oleh antena.

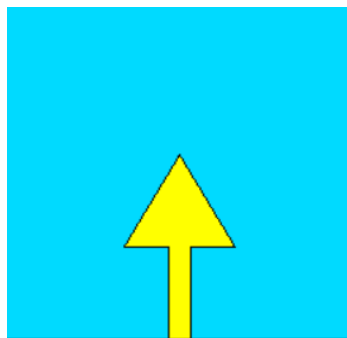
3.6 Perancangan Awal pada Antena

Dari hasil perhitungan awal dapat dilihat pada Tabel 3.3 setelah itu perancangan menggunakan *software* dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan 3.5 yang

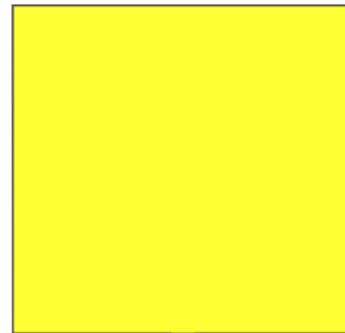
berbentuk *patch triangular*. Berikut merupakan gambar dan hasil simulasi antenna yang terdiri dari grafik *Return Loss*, VSWR, serta gain.



Gambar 3.3 Dimensi Antena

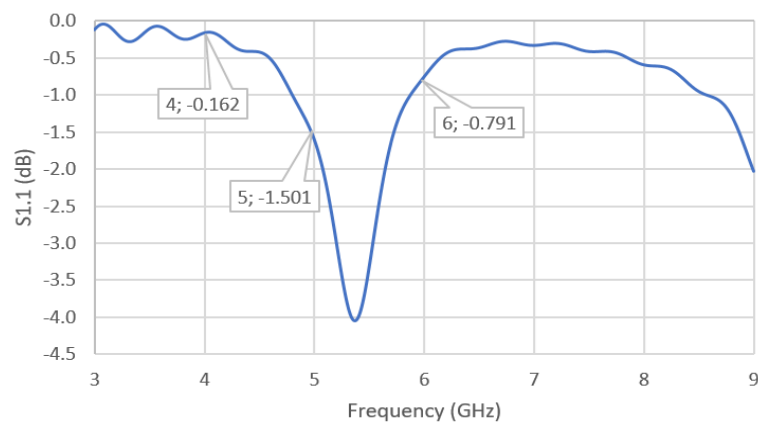


(a)

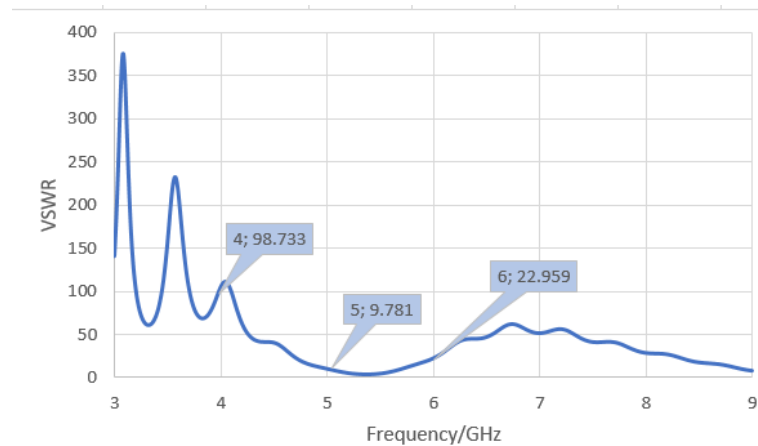


(b)

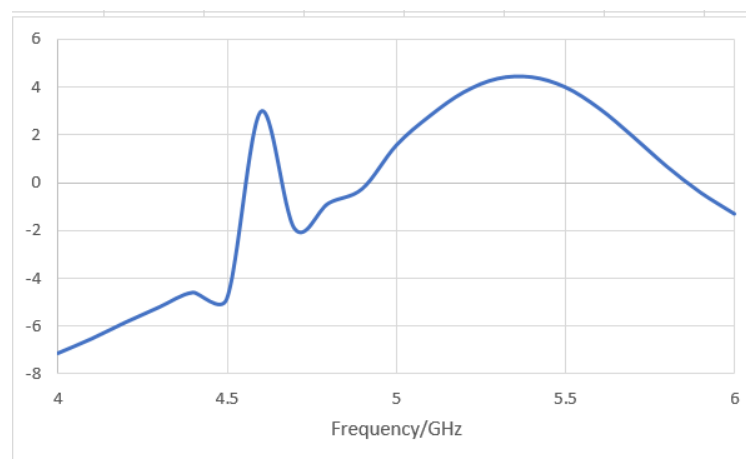
Gambar 3.4 (a) Tampak Depan dan (b) Tampak Belakang dari Antena



Gambar 3.5 Grafik *Return Loss* Antena Sebelum dioptimasi



Gambar 3.6 Grafik VSWR Antena sebelum optimasi



Gambar 3.7 Grafik *Gain* pada Frekuensi 4-6 GHz

Pola radiasi pada frekuensi 5 GHz yaitu *unidirectional*, dan mendapatkan gain sebesar 1,535 dBi serta gambar grafik 3.5, 3.6, dan 3.7 terlihat bahwa nilai *Return Loss*, VSWR, bandwidth, serta gain belum memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Maka harus dilakukan proses optimasi antenna agar memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Berikut merupakan optimasi yang dilakukan.

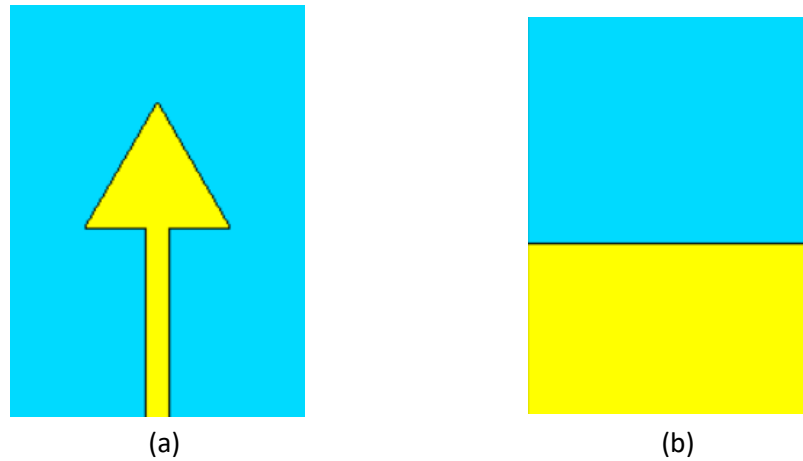
1. Optimasi pada antenna

Proses optimasi ini dilakukan dengan penambahan metode DGS pada bagian *ground plane*, serta merubah ukuran *patch*, dan *feedline* untuk mencapai spesifikasi yang diinginkan.

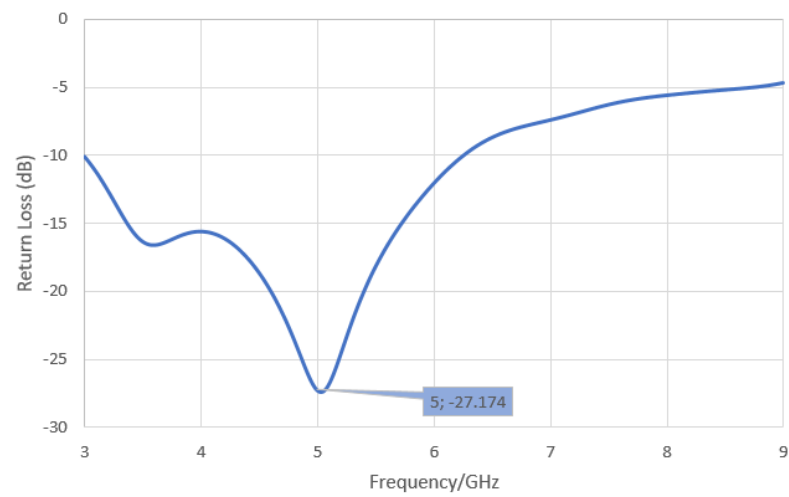
Tabel 3.4 Ukuran Dimensi Antena Optimasi

Dimensi Antena	Nilai sebelum Optimasi (mm)	Nilai sesudah Optimasi (mm)
Patch (a)	26,96	27,99
Lebar <i>Feed</i> (W_f)	4,886	4,199
Panjang <i>Feed</i> (L_f)	6,3275	38,955
Lebar <i>ground plane</i> (W_g)	37,506	49,998
Panjang <i>ground plane</i> (L_g)	37,506	69,998

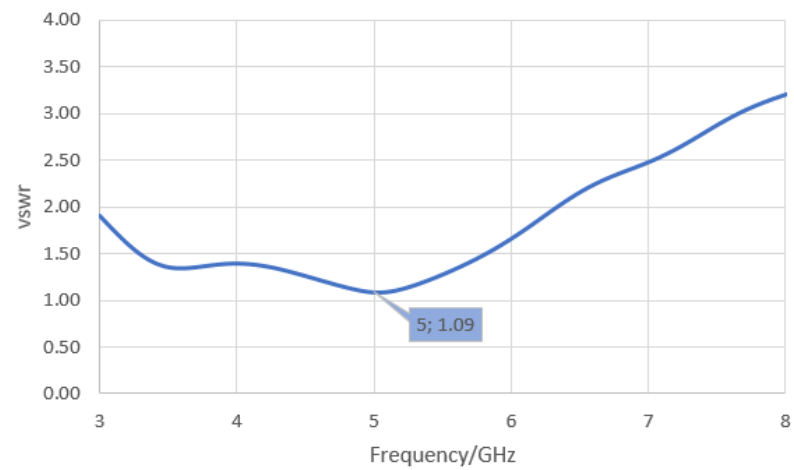
Berikut merupakan gambar dimensi antena, serta gambar grafik *Return Loss*, *VSWR*, dan *gain*.

**Gambar 3.8** Dimensi Antena Optimasi (a) tampak depan dan (b) tampak belakang

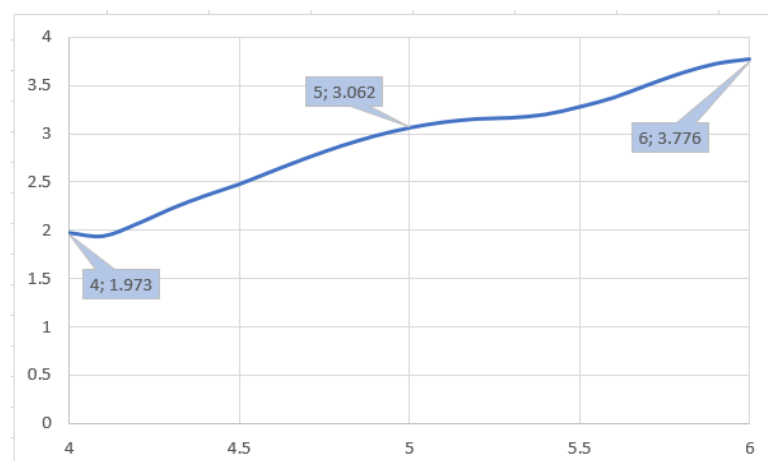
Dapat dilihat pada Tabel 3.4 pertama diubah terlebih dahulu dimensi *patch* pada antena. Hasil yang didapatkan selama proses optimasi adalah semakin besar nilai dimensi *patch* maka bandwidth yang dihasilkan akan semakin lebar. Tak hanya dilihat dari dimensi *patch* untuk memperlebar bandwidth, namun dengan cara memperbesar *feed line* serta lebar dan panjang *ground plane* juga sangat berpengaruh dalam memperlebar bandwidth serta dapat mencapai spesifikasi yang diinginkan.



Gambar 3.9 Grafik *Return Loss* Antena Optimasi



Gambar 3.10 Grafik VSWR Antena Optimasi



Gambar 3.11 Grafik *Gain* Antena Optimasi

Gambar 3.8 merupakan dimensi antenna yang sudah di optimasi dengan penambahan metode DGS yang menyebabkan bandwidth menjadi lebar dapat dilihat pada Gambar 3.9 nilai bandwidth sebesar 3,25 GHz. Selain itu, perubahan nilai dimensi antenna juga mempengaruhi lebarnya bandwidth seperti perubahan ukuran dimensi antenna pada tabel 3.4. Pola radiasi yang dihasilkan pada Gambar 3.11 di frekuensi 5 GHz yakni *bidirectional* serta nilai gain mengalami peningkatan, untuk gain frekuensi 5 GHz sebesar 3,062 dBi.

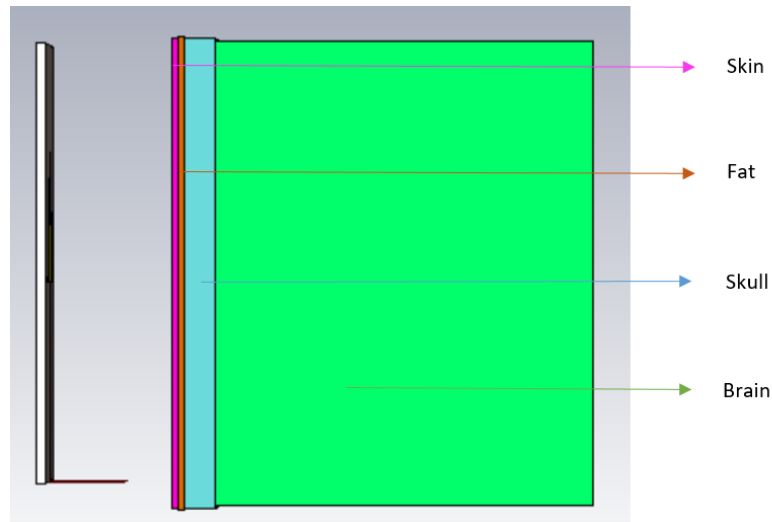
Tabel 3.5 Data Hasil Perancangan Antena Awal dan Antena Optimasi

Parameter	Desain Awal	Optimasi
Frekuensi (GHz)	5	5
Bandwidth (GHz)	-	3,25
Gain	1,535	3,062
Pola radiasi	<i>Unidirectional</i>	<i>Bidirectional</i>

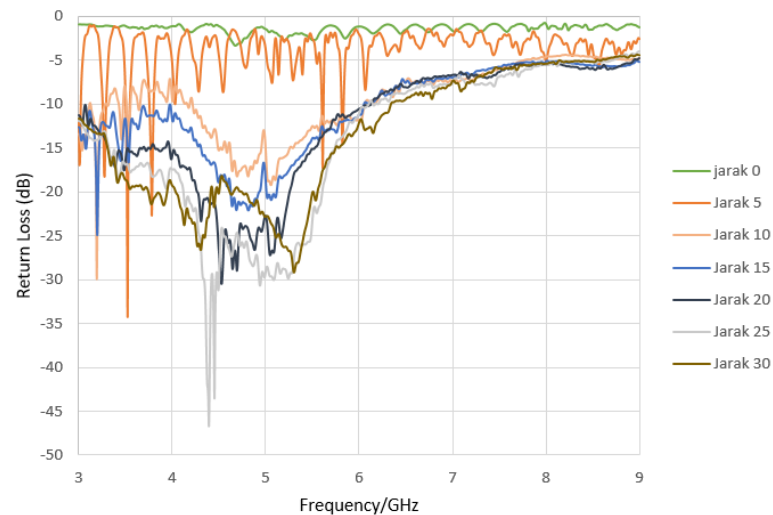
Setelah hasil optimasi didapatkan sesuai spesifikasi yang diinginkan seperti pada Tabel 3.5, maka selanjutnya dilakukan simulasi pada *phantom* atau pemodelan jaringan kepala dengan pemodelan jaringan kepala sehat atau tidak ada nya kanker dan jaringan kepala tidak sehat/mempunyai kanker.

3.7 Simulasi Antena Terhadap Pemodelan Jaringan Kepala Manusia

Setelah antenna sudah mencapai spesifikasi yang diinginkan, selanjutnya dilakukan simulasi pada saat antenna dihadapkan dengan *phantom* jaringan kepala tanpa kanker dan kanker. Dapat dilihat pada Gambar 3.12 merupakan *phantom* jaringan kepala yang terdiri dari 4 lapisan (kulit atau *skin*, lemak atau *fat*, tulang tengkorak atau *skull*, dan otak atau *brain*). Dapat dilihat juga pada Gambar 3.13 merupakan grafik nilai *Return Loss* pengaruh jarak antenna terhadap *phantom*. Didapatkan hasil bahwa nilai *Return Loss* mengalami pergeseran dan dapat dilihat pada jarak 0-5 bandwidth menyempit. Maka dari itu jarak yang digunakan untuk mengukur *phantom* adalah dengan jarak 20 mm.



Gambar 3.12 Desain *Phantom* Jaringan Kepala dengan Jarak 20 mm

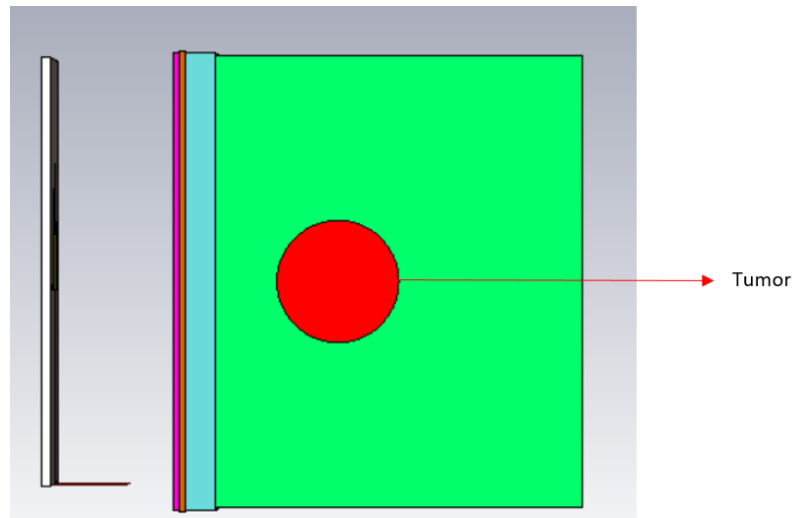


Gambar 3.13 Pengaruh Jarak Antena pada *phantom*

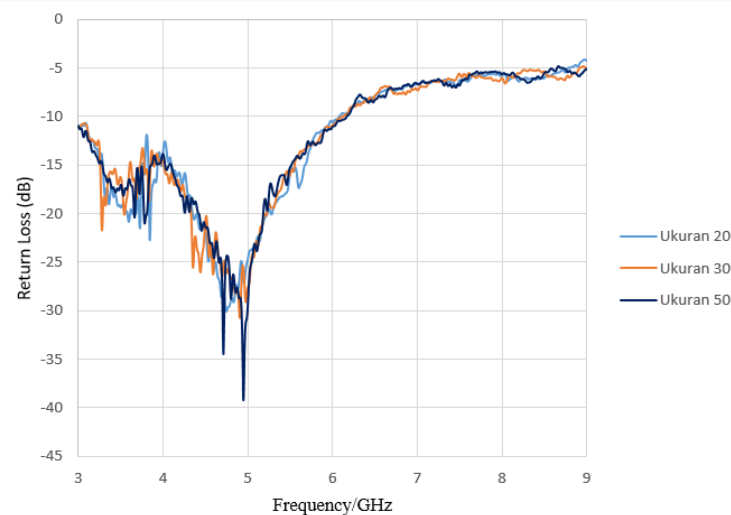
Pada Gambar 3.13 terlihat pada grafik bahwa nilai *Return Loss* mengalami perubahan, tak hanya itu bandwidth yang dihasilkan pada frekuensi tertentu terjadi penyempitan. Antena saat dalam keadaan tanpa *phantom* kinerjanya hanya dipengaruhi oleh udara ruang bebas. Sedangkan, saat antena dihadapkan *phantom* dapat mempengaruhi banyak faktor seperti nilai konduktifitas dan dielektrik dari *phantom* itu sendiri yang akan mempengaruhi kinerja antena.

Penelitian ini juga membandingkan nilai *Return Loss* dan nilai *e-field* yang didapatkan jika ukuran kanker berubah. Pengukuran ini menggunakan *phantom* kepala dengan ukuran kanker yang berbeda sesuai pengelompokan jenis tumor.

Tumor jinak mempunyai besar 10 sampai 20 mm sedangkan untuk tumor ganas >20 mm. Oleh karena itu pengukuran ini menggunakan ukuran 20,30, dan 50 mm.



Gambar 3.14 *Phantom Jaringan Kepala dengan Kanker*



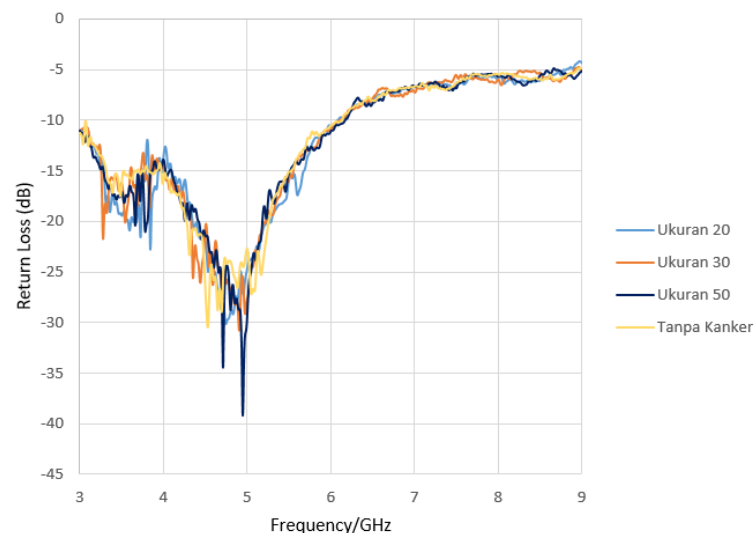
Gambar 3.15 Grafik *Return Loss Phantom Kepala dengan Kanker*

Perubahan *Return Loss* ini disebabkan dengan adanya material yang ditambahkan seperti kanker yang terdeteksi sehingga nilai yang dipantulkan ke antenna tidak sama. Dari simulasi pemodelan jaringan kepala yang sehat dan jaringan kepala yang terkena kanker didapatkan nilai *Return Loss* dan nilai *e-field*. Seperti Tabel 3.6 dibawah ini merupakan perbedaan nilai *e-field* yang dihasilkan ketika antenna berhadapan dengan *phantom* tanpa kanker dan kanker.

Tabel 3.6 Perbandingan Nilai *e-field phantom* Tanpa Kanker dan *Phantom* dengan Kanker

Ukuran Kanker (mm)	Phantom tanpa Kanker (V/m)	Phantom dengan Kanker (V/m)
20	23,630	25,765
30	23,630	25,772
50	23,630	25,786

Berdasarkan nilai *e-field* yang didapat pada Tabel 3.6 terlihat bahwa nilai *e-field* pada *phantom* tanpa kanker itu lebih rendah dibandingkan *phantom* dengan kanker dan untuk perbandingan nilai *Return Loss phantom* tanpa kanker dan dengan kanker dapat dilihat pada Gambar 3.16. Pada saat ada kanker, *Return Loss* cenderung lebih meningkat dibandingkan dengan tanpa kanker.



Gambar 3.16 Grafik *Return Loss Phantom* Kepala Tanpa Kanker dan dengan Kanker

Dapat dilihat pada Tabel 3.7 merupakan nilai *return loss phantom* dengan jaringan kepala kanker dan tanpa kanker. *Phantom* dengan jaringan kepala tanpa kanker terdeteksi dengan nilai *return loss* sebesar -23,16 dB sedangkan untuk *phantom* dengan jaringan kepala kanker ukuran 20 mm terdeteksi dengan nilai *return loss* -27,88 dB, ukuran 30 mm nilai *return loss* -26,47 dB, dan ukuran 50 mm nilai *return loss* -29,91 dB. Ukuran kanker 30 mm nilai *return loss* lebih kecil dibandingkan dengan ukuran kanker 20 mm dikarenakan perbedaan karakteristik

ukuran tumor yang digunakan pada saat simulasi. Selain itu, ukuran tumor lebih kecil dapat menyebabkan sinyal elektromagnetik yang lebih kuat antara tumor dan antenna sehingga dapat menghasilkan perbedaan dalam nilai *return loss* serta nilai *return loss* jaringan kepala tanpa kanker lebih tinggi dibandingkan jaringan kepala kanker karena lebih sedikit daya yang dipantulkan.

Tabel 3.7 Nilai *Return Loss Phantom* Jaringan Kepala Kanker dan Tanpa Kanker

Ukuran (mm)	Return Loss (dB)
20	-27,88
30	-26,47
50	-29,91
Tanpa Kanker	-23,16

3.8 Analisis *Specific Absorption Rate* (SAR)

Pada penelitian ini juga dilihat nilai SAR pada Tabel 3.7 yang diperoleh dari simulasi *phantom* dengan referensi daya 0,5 W yang dimana nilai SAR ini masih aman untuk jaringan tubuh manusia.

Tabel 3.8 Nilai SAR pada *Phantom* Jaringan Kepala Kanker dan Tanpa Kanker

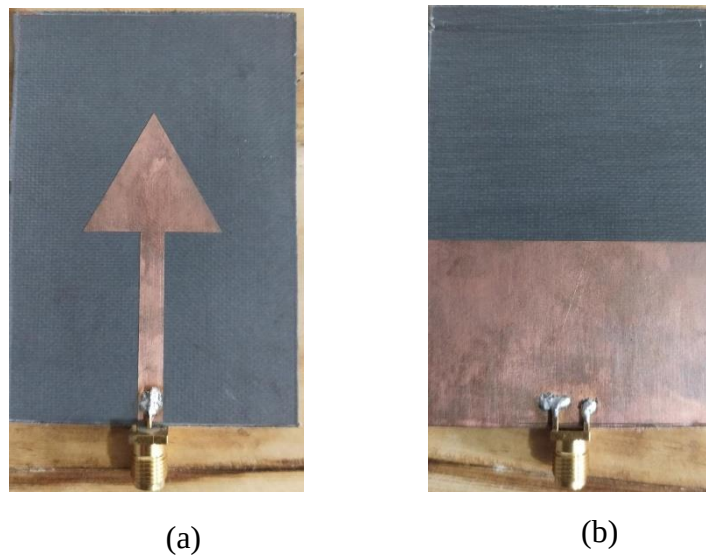
Ukuran (mm)	SAR (W/Kg)
20	0,03592
30	0,0364
50	1,25
Tanpa Kanker	0,37

BAB IV

REALISASI DAN PENGUKURAN

4.1 Realisasi Antena

Setelah melakukan perancangan desain dan simulasi antena dengan spesifikasi yang diinginkan, selanjutnya antena tersebut direalisasikan atau difabrikasi. Antena direalisasikan dengan menggunakan bahan *substrate RT Rogers Duriod 5880*, *ground plane*, dan *patch* menggunakan *copper*. Hasil antena yang sudah direalisasikan dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Realisasi Antena Planar *Patch Triangular*: (a) tampak depan, (b) tampak belakang

4.2 Pengukuran Antena

Antena yang telah direalisasikan akan dilihat nilai parameternya yaitu *Return Loss*, *VSWR*, *bandwidth*, *gain*, serta pola radiasi. Pengukuran dilakukan di Chamber Universitas Telkom. Berikut alat-alat yang digunakan untuk pengukuran antenna:

1. *Vector Network Analyzer (VNA)*

Vector Network Analyzer merupakan alat ukur untuk yang menampilkan hasil nilai parameter antena seperti *Return Loss* dan *VSWR*. Hasil yang ditampilkan secara grafik oleh VNA. Untuk pengukuran ini menggunakan VNA-T5280 dan dapat beroperasi pada frekuensi 300 kHz sampai 8 GHz

2. *Spectrum Analyzer*

Spectrum Analyzer berfungsi untuk mengukur parameter luar antenna seperti gain dan pola radiasi. *Spectrum Analyzer* yang digunakan itu *Signal Hound* s/n 03000379 yang beroperasi pada frekuensi 100 kHz sampai 12,4 GHz

3. *Signal Generator*

Signal Generator berfungsi untuk membangkitkan sinyal pada saat pengukuran gain, pola radiasi, polarisasi dengan cara membangkitkan sinyal pada antenna pemancar. Pada pengukuran ini menggunakan *signal generator* *RF Explorer* yang beroperasi pada frekuensi 24 MHz sampai 6 GHz.

4. Antena Referensi

Antena referensi berfungsi sebagai acuan antenna yang diukur pada saat pengukuran gain, pola radiasi, serta polarisasi. Antena referensi yang digunakan adalah antenna horn.

4.3 Analisis Pengukuran Antena

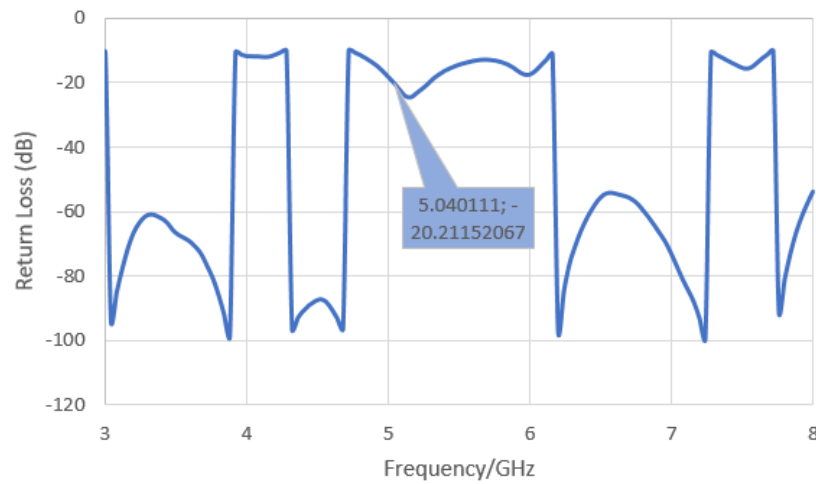
Untuk pengukuran *Return Loss* dan VSWR menggunakan medan dekat, sedangkan untuk pengukuran gain dan pola radiasi menggunakan medan jauh. Untuk pengukuran yang dilakukan secara medan jauh itu kedua antenna dipisahkan dengan jarak.

$$R = \frac{2D^2}{\lambda} \quad (4.1)$$

Yang dimana, R merupakan jarak minimal, D merupakan dimensi terbesar antenna, dan λ merupakan panjang gelombang. Dimensi terbesar antenna yaitu menggunakan antenna horn, dengan $D = 27$ cm, panjang gelombang frekuensi 5GHz yaitu $\lambda = 0,06$ m. Untuk itu nilai R nya adalah 2,43 m

4.3.1 Pengukuran *Return Loss*

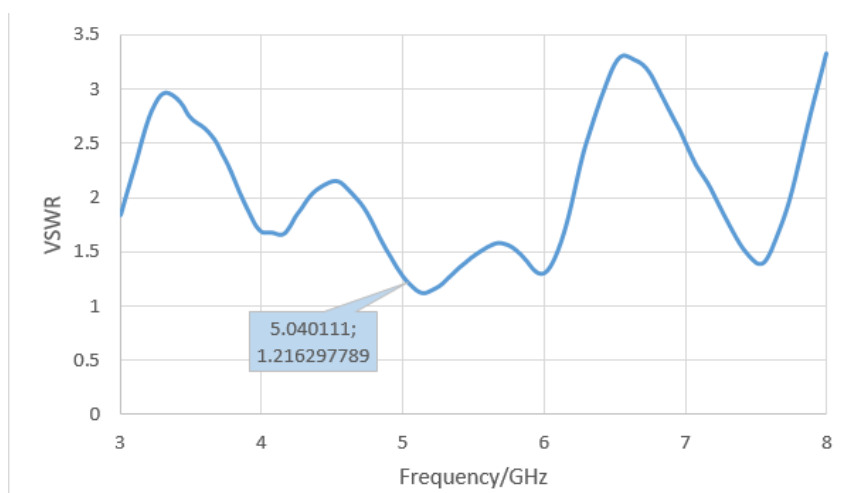
Berikut merupakan hasil pengukuran *Return Loss* yang didapatkan selama pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hasil Pengukuran *Return Loss*

4.3.2 Hasil Pengukuran VSWR

Berikut merupakan hasil pengukuran *Return Loss* yang didapatkan selama pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Hasil Pengukuran VSWR

4.3.3 Hasil Pengukuran Gain

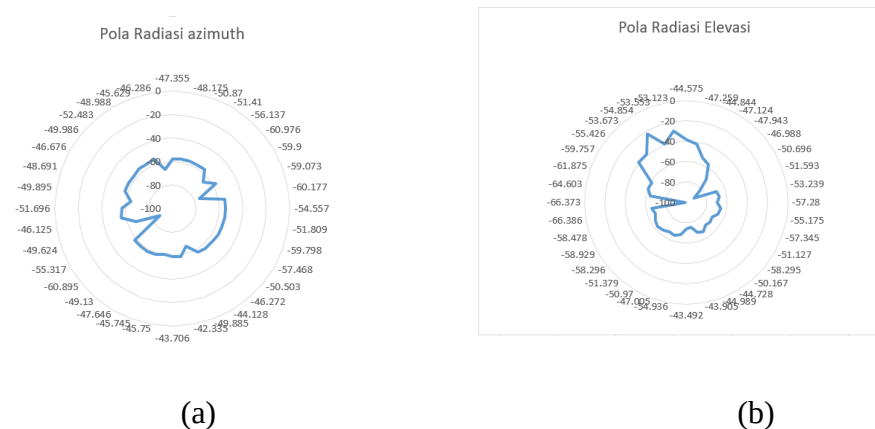
Untuk pengukuran gain dapat dilakukan dengan cara mengambil rata-rata S_{21} daya terima dari 10 sampel. Berikut merupakan rumus menghitung gain.

$$G_{rx} = S_{21} + L_{all} - G_{Tx} \quad (4.2)$$

Didapatkan nilai gain antenna pada pengukuran yaitu sebesar 2,18 dBi

4.3.4 Pengukuran Pola Radiasi

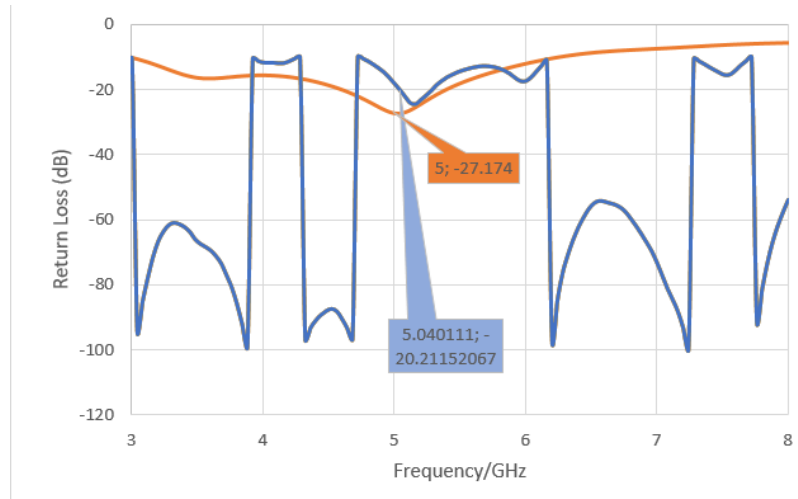
Pengukuran pola radiasi dilakukan dengan menggunakan antenna referensi dan *Vector Network Analyzer* (VNA). Untuk pengukuran Pola Radiasi ini dilakukan dengan cara memutar antenna realisasi dengan arah sudut $0^\circ - 350^\circ$ secara *horizontal*. Dapat dilihat pada Gambar 4.4 untuk hasil pengukuran pola radiasi *azimuth* pada pengukuran merupakan *bidirectional* dan pola radiasi juga merupakan *bidirectional*



Gambar 4.4 Hasil Pengukuran Pola Radiasi (a) Azimuth (b) Elevasi

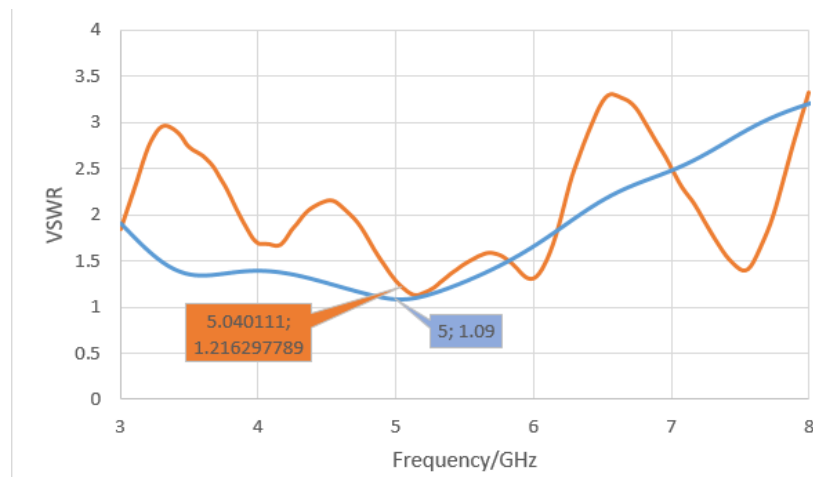
4.4 Analisis Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran Pada Antena

Dari simulasi dan pengukuran antenna diperoleh data-data seperti nilai *Return Loss*, *VSWR*, gain, dan pola radiasi. Perbandingan nilai *Return Loss* dan *VSWR* dari hasil simulasi dan pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6



Gambar 4.5 Hasil Perbandingan *Return Loss*

Terlihat pada Gambar 4.5 pada hasil simulasi didapatkan *Return Loss* sebesar 27,174 dB sedangkan hasil pengukuran didapatkan nilai *Return Loss* sebesar -20,21 dB. Nilai bandwidth yang dihasilkan dari pengukuran antenna menjadi lebih menyempit dibandingkan dengan hasil simulasi. Hal ini disebabkan dari pabrikan antenna, alat yang digunakan, serta kesalahan-kesalahan kecil ketika pengukuran.



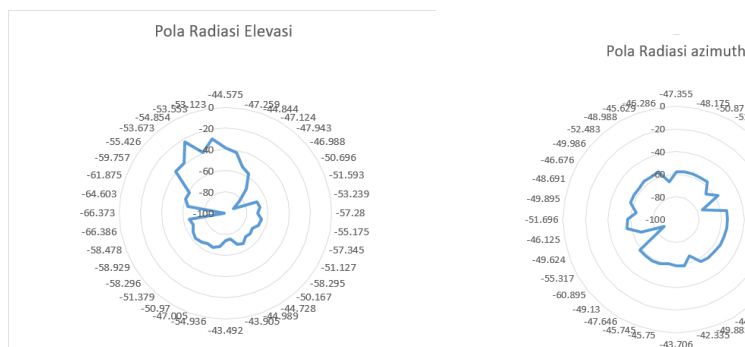
Gambar 4.6 Hasil Perbandingan VSWR

Terlihat pada Gambar 4.6 pada hasil simulasi didapatkan nilai VSWR sebesar 1.089 sedangkan hasil pengukuran didapatkan nilai VSWR sebesar 1,216. Nilai

VSWR pengukuran berbeda dengan hasil simulasi. Hal ini bisa disebabkan dari alat yang digunakan dan *human eror*.



Gambar 4.7 Pola Radiasi Simulasi



Gambar 4.8 Pola Radiasi Pengukuran

Berdasarkan Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 perbandingan pola radiasi arah *azimuth* dan arah elevasi dari hasil simulasi yang harus dinormalisasikan terlebih dahulu, yakni didapatkan pola radiasi antenna adalah *bidirectional*. Sementara untuk bentuk pola radiasi dari hasil pengukuran tidak sama persis dikarenakan pengaruh keadaan pada saat pengukuran yang dapat mengganggu daya kirim antenna serta *human eror*.

4.5 Hasil Akhir Perbandingan Simulasi dan Pengukuran

Perbandingan hasil nilai simulasi dan pengukuran dapat dilihat Tabel 4.1 Berikut merupakan hasil akhir simulasi dan pengukuran.

Tabel 4.1 Hasil akhir perbandingan

Parameter	Simulasi		
	Desain Awal	Desain Optimasi	Pengukuran
Frekuensi (GHz)	5	5	5
<i>Return Loss</i> (dB)	-1,59	-27,174	-20,2115
VSWR	10,89	1,089	1,216
Bandwidth (GHz)	-	3,25	1,56
Gain (dBi)	1,535	3,062	2,18
Polaradiasi	<i>Unidirectional</i>	<i>Bidirectional</i>	<i>Bidirectional</i>

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari Tugas Akhir ini yang telah melewati proses perhitungan, perancangan simulasi, dan realisasi antenna planar *Ultra Wideband patch triangular* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Antena yang dirancang antenna planar *Ultra Wideband patch triangular* saat simulasi telah memenuhi spesifikasi yang telah dibuat. Antena bekerja pada frekuensi 5 GHz, serta mempunyai nilai *Return Loss* -27,174 dB, VSWR 1,089, gain 3,062 dBi, dan *bandwidth* sebesar 3,25 GHz
2. Antena yang telah difabrikasi memiliki spesifikasi nilai *Return Loss* -20,211 dB, VSWR 1,216, gain 2,18 dBi, dan *bandwidth* sebesar 1,56 GHz
3. Penggunaan metode DGS pada antenna sangat berpengaruh untuk pelebaran *bandwidth* antenna
4. Dari hasil simulasi, antenna mampu deteksi jaringan kepala dengan kanker dan tanpa kanker ditandai oleh perubahan nilai *electric field* dan *Return Loss*. Nilai *electric field* jaringan kepala dengan kanker lebih besar dibandingkan jaringan kepala tanpa kanker, serta nilai *return loss* jaringan kepala tanpa kanker lebih besar dibandingkan jaringan kepala dengan kanker.
5. Dalam penelitian ini menggunakan daya referensi sebesar 0,5 W yang aman terhadap jaringan tubuh manusia.

5.2 Saran

Berikut beberapa saran penulis untuk penelitian selanjutnya agar lebih baik lagi, diantaranya:

1. Menggunakan bentuk *patch* lainnya agar dapat memenuhi spesifikasi yang lebih baik
2. Menggunakan metode, dan bahan antenna yang berbeda agar memiliki spesifikasi yang lebih baik
3. Melakukan realisasi dan pengukuran dengan menggunakan *phantom* yang lebih mirip dengan jaringan kepala manusia

4. Melakukan penelitian dengan merealisasi *phantom* kepala manusia secara *real*
5. Merancang antena yang dapat mendeteksi, dan mengetahui letak kedalaman kanker serta jumlah kanker yang terdeteksi secara langsung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. A. Saleeb, R. M. Helmy, N. F. F. Areed, M. Marey, W. M. Abdulkawi, and A. S. Elkorany, "A technique for the early detection of brain cancer using circularly polarized reconfigurable antenna array," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 133786–133794, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3115707.
- [2] M. J. Dishali, K. M. Kumar, and S. M. Mustafa Nawaz, "Design of Microstrip Patch Antenna for Brain Cancer Detection," *ICTACT Journal on Microelectronics*, vol. 5, no. 1, pp. 731–737, 2019, doi: 10.21917/ijme.2019.0128.
- [3] P. Bhardwaj and R. K. Badhai, "Compact wideband folded strip monopole antenna for brain stroke detection," *Int J Microw Wirel Technol*, vol. 13, no. 9, pp. 937–946, Nov. 2021, doi: 10.1017/S1759078720001579.
- [4] S. A. Kadir Al-Nahiun, F. Mahbub, R. Islam, S. B. Akash, R. R. Hasan, and M. A. Rahman, "Performance Analysis of Microstrip Patch Antenna for the Diagnosis of Brain Cancer Tumor Using the Fifth-Generation Frequency Band," in *2021 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS)*, Apr. 2021, pp. 1–6. doi: 10.1109/IEMTRONICS52119.2021.9422503.
- [5] M. Aminudin Jamlos, W. A. Mustafa, W. Khairunizam, I. Zunaidi, Z. M. Razlan, and A. B. Shahrman, "Tumor Detection via Specific Absorption Rate Technique Using Ultra-Wideband Antenna," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Jun. 2019, vol. 557, no. 1, pp. 1–11. doi: 10.1088/1757-899X/557/1/012024.
- [6] J. Dishali and M. Kumar, "Analysis of Microstrip Patch Antennas for Detecting Brain Cancer," *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, vol. 1, no. 11, pp. 607–610, Nov. 2018.
- [7] Y. Li, W. Li, Q. Ye, and R. Mittra, "A survey of planar ultra-wideband antenna designs and their applications," *Forum for Electromagnetic Research Methods and Application Technologies (FERMAT)*, vol. 1, pp. 1–16, 2014, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/303933670>
- [8] X. Ling, "Ultra-Wideband Antenna and Design," in *Ultra Wideband - Current Status and Future Trends*, InTech, 2012. doi: 10.5772/47805.
- [9] S. Sinha, T. S. R. Niloy, R. R. Hasan, M. A. Rahman, and S. Rahman, "A wearable microstrip patch antenna for detecting brain tumor," in *Proceedings of International Conference on Computation, Automation and Knowledge Management, ICCAKM 2020*, Jan. 2020, pp. 85–89. doi: 10.1109/ICCAKM46823.2020.9051494.

- [10] D. Sharmila, R. Sharmila, and J. Rangarajan, "UWB Antenna for Brain Stroke and Brain Tumor Detection," *International Journal of Research Publication and Reviews Journal*, vol. 3, no. 4, pp. 871–875, Apr. 2022, [Online]. Available: www.ijrpr.com
- [11] S. Alam and K. A. Santoso, "Antena Mikrostrip Segitiga dengan Parasitic untuk Aplikasi Wireless Fidelity," *Journal Kajian Teknik Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 25–37, 2017, doi: <https://doi.org/10.52447/jkte.v2i1.550>.
- [12] H. H. Ryanu, D. P. Setiawan, and Edwar, "Desain Antena Mikrostrip UWB dengan Peningkatan Lebar Pita dan Karakteristik Triple Notch Band," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, vol. 10, no. 3, pp. 249–256, 2021, doi: <https://doi.org/10.34820/FK2/UFOF3>.
- [13] F. Kabir and Y. Rahayu, "Perancangan Antena Array Ultra Wideband Menggunakan Metode Defected Ground Structure (DGS) Berbentuk Bee Comb Untuk Pendeteksian Tumor Pada Otak," *Jom FTEKNIK*, vol. 6, pp. 1–9, 2019.
- [14] M. Iqbal Siregar, L. Olivia Nur, and N. Mufti Adriansyah, "Antena Planar Ultra Wideband Berbentuk Patch Segienam dengan Defected Ground Structure untuk Deteksi Kanker Otak," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 7, no. 3, pp. 8943–8950, Dec. 2020.
- [15] R. Samuel Marojahan Purba, L. Olivia Nur, and H. Hian Ryanu, "Antena Wearable Patch Triangular Ultra Wideband Untuk Aplikasi Kesehatan," in *Seminar Nasional Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung (SENTER 2021)*, Jan. 2022, pp. 286–294.
- [16] S. Abhijit Vishwasrao and N. D. Pergad, "New Generation of Mri System Using UWB Patch Antenna," *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, vol. 4, no. 10, pp. 570–575, Oct. 2022, doi: [10.56726/irjmets30553](https://doi.org/10.56726/irjmets30553).
- [17] A. Ashyap *et al.*, "Planar Monopole UWB Antenna for Microwave Medical Image System," in *Proceedings of 2nd International Multi-Disciplinary Conference Theme: Integrated Sciences and Technologies*, Jan. 2022. doi: [10.4108/eai.7-9-2021.2314952](https://doi.org/10.4108/eai.7-9-2021.2314952).
- [18] M. Ahasan Ibna Aziz, M. Rana, M. Islam, and R. Inum, "Effective Modeling of GBC Based Ultra-Wideband Patch Antenna for Brain Tumor Detection," in *2018 International Conference on Computer, Communication, Chemical, Material and Electronic Engineering (IC4ME2)*, Sep. 2018, pp. 1–4. doi: [10.1109/IC4ME2.2018.8465492](https://doi.org/10.1109/IC4ME2.2018.8465492).
- [19] P. S. Nakar, "Design of a Compact Microstrip Patch Antenna for Use in Wireless/Cellular Device," pp. 32–37, 2004.

- [20] F. Wahyu Ardianto, S. Renaldy, F. Fathir Lanang, T. Yunita, “Desain Antena Mikrostrip Rectangular Patch Array 1x2 dengan U-Slot Frekuensi 28 GHz,” *Elkomika*, vol. 7, No. 1, pp 43-59, Jan. 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.26760/elkomika.v7il.43>

Lampiran

