

Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip Circular Pada Frekuensi 5,8 Ghz Untuk Mendeteksi Kepadatan Tulang

1st M Imas Maesharoh
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

imasmaesharoh@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Levy Olivia Nur
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

levyolivia@telkomuniversity.ac.id

3rd Edwar
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

edwarm@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Osteoporosis yaitu keadaan atau penyakit tulang yang mengalami kerapuhan sehingga mudah retak atau patah. Alat yang digunakan untuk menghitung densitas tulang menggunakan ultrasound pada daerah tumit dianggap kurang akurat, untuk mendiagnosis. Berdasarkan isu dari masalah diatas, maka pendeteksi osteoporosis berupa antena mikrostrip patch circular dengan frekuensi Industrial, Scientific, and Medical (ISM) bekerja pada 5,8 GHZ dengan antena yang akan diuji coba pada tulang sapi sebagai pengganti tubuh manusia dengan menggunakan metode teknik pencatu mikrostrip feedline dengan analisa yang membandingkan spesifikasi dari Return Loss, bandwidth, gain, VSWR, dan pola radiasi awal hasil dari perancangan simulasi dengan realisasi dari spesifikasi yang diinginkan. Hasil pengujian antena secara langsung pada frekuensi kerja 5,8 GHz dengan Return Loss -33,93 dB, VSWR nilai 1,05 dengan bandwidth 269 MHz dan pola radiasi unidirectional.

Kata kunci— Osteoporosis, Antena Mikrostrip, Narrowband, Frekuensi.

I. PENDAHULUAN

Osteoporosis yaitu keadaan atau penyakit tulang yang mengalami kerapuhan sehingga mudah retak atau patah. [1]. Perbandingan 1:3 wanita dan 1:4 Pria mengalami Osteoporosis dengan usia 50 tahun mengalami patah tulang bahkan diperkirakan pada tahun 2050 ada 6,3 juta terdapat patah tulang panggul setiap tahunnya dengan setengah datanya dari Asia [2].

Adapun gejala saat mengalami Osteoporosis adalah densitas (kepadatan) tulang menurun yang di akibatkan dari berkurangnya kadar protein tulang, semakin tipis dan rapuh serta mudah terkena *frak* (patah tulang) [2]. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) telah menetapkan seseorang yang memiliki risiko Osteoporosis dengan kepadatan mineral tulang atau *areal bone mineral density* (aBMD, g/cm²) relatif pada setiap orang yang muda maupun lanjut usia, yang akan di ukur dengan *Dual-energi X-ray Absorptiometry* (DXA). Adapun kekurangan menggunakan DXA yaitu, pada dosis yang dipancarkan radiasi pengion hingga 0,86 mrem, Pengaruh jaringan lunak yang diukur dapat mengakibatkan kesalahan pada pengukuran, pengukuran kepadatan mineral tulang terpengaruh oleh variasi dari tulang yang diukur, serta

tulang kortikola dan tulang trabekular yang tidak dapat dipisah [4].

Maka pada penelitian yang telah ada dilakukan perancangan alat pendeteksi Osteoporosis dengan berupa antena mikrostrip *Two dual antiphase patch* dengan frekuensi *bandwidth* yang digunakan pita sempit dengan rentang frekuensi yang bekerja di 820-920MHz [4]. Dalam Tugas Akhir (TA) ini melanjutkan penelitian dari pendeteksi Osteoporosis menggunakan antena mikrostrip *patch circular* dengan Frekuensi Industrial, Scientific, and Medical (ISM) bekerja pada 5,8 GHz, dengan antena yang akan diuji coba pada tulang sapi sebagai pengganti lengan manusia.

II. KAJIAN TEORI

A. Tulang

Tulang adalah bagian dari tubuh yang menyongsong tubuh hingga tubuh dapat tegak, tempat melekatnya jaringan otot yang menyebabkan terjadinya pembuluh darah dapat bekerja, tempat syaraf serta sumsum tulang yang menjadi pelindung dari jaringan lunak, dan tulang juga merupakan bagian tubuh yang dapat digunakan untuk membawa barang. Maka dapat disimpulkan bahwa tulang merupakan organ tubuh yang berfungsi untuk beraktivitas. Komposisi tulang matriks yang memiliki kaya akan mineral (70%) atau dapat disebut *bone* (tulang matang) dan bahan-bahan organik (30%) yang dibagi menjadi dua yaitu : sel (2%) adalah sel *osteoblas*, sel *osteocyte*, dan sel *osteoclast*, serta *osteoid* (98%) tulang yang kurang mineral (tulang muda) [5].

B. Osteoporosis

Osteoporosis ialah kondisi dimana kesehatan membuat tulang menjadi rapuh serta lebih rentan patah. Kondisi ini diakibatkan karena menurunnya massa tulang yang dikarenakan kurangnya mineral tulang dan matriks tulang serta kerusakan mikro jaringan arsitektur tulang. Osteoporosis sendiri merupakan masalah kesehatan yang serius, karena bisa menyebabkan terjadinya patah tulang dan komplikasi lainnya[6].

C. Antena

Antena adalah sebuah alat telekomunikasi yang difungsikan untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik lalu meradiasikannya sehingga dapat digunakan sebagai pemancar, dan sebaliknya antena juga dapat menerima sinyal elektromagnetik sehingga mengubah sinyal listrik sebagai penerima[9].

D. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip memiliki mekanisme yang kuat bila ditempatkan pada permukaan kaku, selaras pada permukaan *planar* maupun *nonplanar*, polarisasinya cukup sederhana serta murah untuk digunakan fabrikasi pada teknologi *printed-circuit*, antena mikrostrip merupakan antena dengan profil rendah, dan cukup fleksibel pada impedansi, polarisasi, pola radiasi dan frekuensi resonansi. Keunggulan lainnya antena ini juga dapat diletakkan pada mobil, telepon genggam, rudal, permukaan pada pesawat terbang yang performansi pada ketinggian dan juga pada pesawat ruang angkasa [10].

E. Circular Patch

Penelitian kali ini akan menggunakan circular patch, dikarenakan banyak keunggulan yang banyak didapatkan di antaranya lebih memudahkan untuk dirancang dari pada *rectangular patch* dari segi pola radiasi, frekuensi kerja, dan nilai impedansi [11].

a. Perhitungan jari-jari circular patch [12]

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.1)$$

$$a = \frac{F}{\sqrt{1 + \frac{2h}{\pi F \epsilon_r} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right]}} \quad (2.2)$$

$$r = a \sqrt{1 + \frac{2h}{\pi F \epsilon_r} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right]} \quad (2.3)$$

Dengan F adalah panjang jari-jari (mm), f_r adalah frekuensi kerja antena (Hz), ϵ_r adalah konstanta dielektrik substrat, a adalah radius lingkaran, h tebal substrat (cm), dan r adalah jari-jari patch (cm).

b. Panjang L_g dan lebar W_g dari groundplane

$$L_g = 6h + L \quad (2.4)$$

$$W_g = 6h + W \quad (2.5)$$

F. Metode Pencatu Antena Mikrostrip Line

Adapun metode pencatu pada antena yang paling populer yaitu proximity coupled, coaxial probe, microstrip line, dan aperture coupling. Maka metode untuk merancang antena pada penelitian ini digunakan microstrip line [12].

$$\lambda_o = \frac{c}{f_o} \quad (2.6)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_o}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (2.7)$$

$$L_f = \frac{1}{4} \times \lambda_g \quad (2.8)$$

Dimana : λ_o : Panjang gelombang udara

λ_g : Panjang gelombang substrat

ϵ_{reff} : Konstanta bahan dielektrik

L_f : Panjang feed

Sedangkan, menghasilkan nilai W_f lebar feed (mm), bersama dengan B Besar impedansi Z_o besaran dari impedansi antena (Ω) Dengan rumus [11]:

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

$$L_f = \lambda_g \cdot h \quad (2.10)$$

Maka :

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \times \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \times \left[\ln(B - 1) + 0.39 \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2.11)$$

G. Narrowband

Narrowband merupakan teknologi komunikasi yang menggunakan *bandwidth* yang terbatas untuk mengirim sebuah data. Keunggulan *narrowband* sendiri adalah kemampuan untuk mengirimkan data dari jarak yang jauh dengan kegunaan minimal, karena sinyal *narrowband* kurang rentan terhadap interferensi dari sumber lain. Selain itu *narrowband* juga *narrowband* lebih hemat daya dibandingkan jenis komunikasi lain [14].

H. Industrial, Scientific, and Medical (ISM)

Industrial, Scientific, and Medical (ISM) adalah rentang frekuensi radio yang ditetapkan oleh pemerintah untuk digunakan secara bebas tanpa perlu izin khusus. Frekuensi ISM digunakan untuk keperluan komunikasi nirkabel pada industri, ilmu pengetahuan dan bidang medis. Rentang frekuensi ISM bervariasi di setiap negara, namun rentang frekuensi yang umum digunakan diantaranya 902-928 MHz, 2,4-2,4835 GHz, dan 5,725-5,875 GHz [15].

I. SAR

Specific Absorption Ratio (SAR) merupakan energi yang terserap oleh tubuh dengan terpaparnya radiasi oleh elektromagnet. Penyerapan yang terjadi oleh radiasi gelombang ini berbahaya untuk kesehatan tubuh manusia. Maka pada perhitungan *Specific Absorption Ratio (SAR)* yang diakibatkan oleh *Wearable* antena diberikan nilai batas aman 1,6 W/Kg [16].

Adapun rumus untuk menghitung *specific Absorption Ratio* :

$$SAR = \frac{\alpha |E|}{\rho} \quad (2.19)$$

Keterangan :

α : Konduktifitas Elektrik Bahan

E : Nilai Magnitude Vektor Medan Listrik

ρ : Massa Jenis dari Jaringan

SAR : *Specific Absorption Rate (W/Kg)*

J. Gelombang Radio

Metode untuk menghitung terkait kepadatan tulang dengan cara menggunakan gelombang radio. Antena ini dapat di gunakan pada jaringan tubuh nirkabel, sensor tubuh yang akan di tanam pada bagian tubuh tertentu dan pencitraan nirkabel [17].

K. Body Phantom

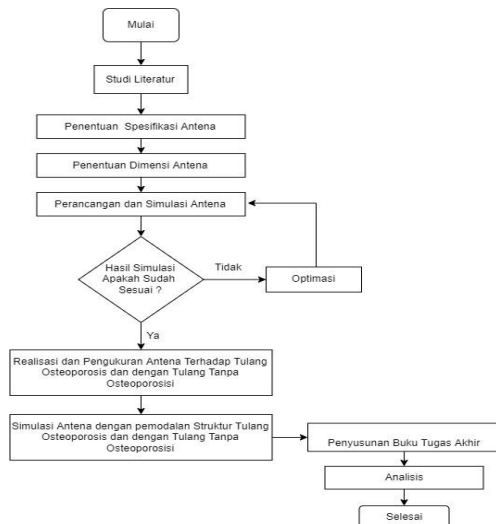
Pemodelan *body phantom* ini di tujuan untuk pengamatan antena saat berada di atas permukaan tubuh manusia. Maka *body phantom* ditambahkan agar rancangan antena sebagai objek pengujian dapat bekerja dapat dianalisis kerjanya. Adapun pemodelan dari *body phantom* yang akan ditambahkan, sebagai berikut:

TABEL 2. 1
Karakteristik *body phantom* [18].

Jaringa penyusun	Konduktifitas (s/m)	permitivitas
Kulit	13,1	0,09
Lemak	5,5	0,04
Otot	57,1	0,97
Tulag kortikal	13,1	0,09

III. METODE

A. Desain Antena



GAMBAR 3.1
Tahap Pengerjaan Tugas Akhir

Gambar 3.1 menunjukkan Tahapan pertama yaitu studi literatur, yaitu mencari sumber informasi untuk menunjang penelitian serta untuk mempelajari materi terkait antena mikrostrip dan pengetahuan terkait tulang yang terkena osteoporosis atau tulang tanpa osteoporosis. Tahapan kedua ialah menentukan spesifikasi antena yang diinginkan adapun spesifikasi yang di tinjau seperti Frekuensi kerja, *VSWR*, *return loss*, *Bandwidth*, pola radiasi dan *gain*. Tahap ketiga ialah menentukan dimensi antena berupa panjang dan lebar *patch*, panjang dan lebar *groundplane*, panjang dan lebar pencatu.

Tahap keempat ialah melakukan simulasi serta perancangan antena menggunakan *software*, tetapi apabila tahap ini tidak dapat memenuhi spesifikasi antena yang diharapkan maka akan dilakukan optimasi hingga mendapatkan dimensi antena yang diharapkan. Bila tahap keempat telah berhasil maka dilakukannya tahap berikutnya. Tahap kelima yaitu perancangan antena yang sudah sesuai dengan spesifikasi sehingga saat disimulasikan pada tulang yang terkena osteoporosis atau tulang tanpa osteoporosis biasa disebut *phantom* model, sehingga antena dapat melakukan di fabrikasi serta pengukuran terhadap *phantom* model.

Lalu pada tahap keenam parameter dari antena yang telah dihitung seperti Frekuensi kerja, *VSWR*, *return loss*, *Bandwidth*, pola radiasi dan *gain* hasilnya akan dianalisis dan dibandingkan dengan hasil dari simulasi. Tahap terakhir melakukan penyusunan buku tugas akhir dari data yang telah dihasilkan.

B. Diagram Sistem

Cara kerja yang dilakukan alat ini adalah dengan pengukuran padatulang sapi, dilakukan meletakkan tulang yang nantinya terdapatnya antena yang terletak pada bagian dalam. Antena tersebut adalah antena penerima dan pemancar dengan konsep pemancar serta penerima diletakkan pada sisi kanan dan kiri tulang sapi. Dengan konsep luas pada besaran daya yang terpancar oleh antena akan menyebar melewati tulang sapi lalu menuju sumsum tulang dan akhirnya di terima antena. Sehingga pemancar bergerak dan berhenti bila pancaran telah didapatkan. Lalu melakukan pengukuran terkait parameter antena. Namun pada penelitian tugas akhir ini memiliki batasan hanya membuat antena terkait data belum masuk pada ranah lebih lanjut karena memerlukan pembelajaran bidang khusus.

C. Penentuan Spesifikasi Antena

1. Spesifikasi Antena

Antena mikrostrip yang diinginkan untuk mendeteksi osteoporosis ini akan dirancang dengan bahan tembaga pada bagian *patch* serta *groundplane*, sedangkan pada substratnya akan dipakai bahan FR-4. Maka spesifikasi antena yang ingin dirancang dan karakteristiknya bahannya sebagai berikut:

TABEL 3. 1
Spesifikasi Antena Mikrostrip

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi Kerja	5,8 GHz
<i>Gain</i>	≥ 3 dBi
<i>VSWR</i>	≤ 2
<i>Return Loss</i>	≤ -10 dB
<i>Bandwidth</i>	≥ 100 MHz
Pola Radiasi	<i>Unidireksional</i>

2. Karakteristik Bahan

Pada penelitian ini jenis substrat yang diinginkan pada perancangan antena adalah :

TABEL 3. 2
Karakteristik Bahan Antena

Karakteristik	Spesifikasi
<i>Permeabilitas relative</i> (μ_r)	1 mm
<i>Permittivitas relative</i> (ϵ_r)	4,3 mm
Ketebalan (h)	1,6 mm

D. Teknik Pencatu

Teknik pencatutan yang akan di penelitian ini merupakan teknik pencatutan *feed-line*, karena teknik pencatu ini lebih mudah direalisasikan serta lebih desheranakan. Teknik mikrostrip *feed-line* adalah pencatu dengan cara menghubungkan secara langsung pencatu dengan port, maka memudahkan proses fabrikasi.

E. Perancangan Dimensi Antena

1. Jari-jari *patch*

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{5,8 \sqrt{4,3}}$$

$$F = 0,731 \text{ mm}$$

$$a = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{2h}{\pi F \epsilon_r} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right]}}$$

$$a = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{2(1,6)}{\pi(0,731)(4,3)} \left[\ln \left(\frac{\pi(0,731)}{2(1,6)} \right) + 1,7726 \right]}}$$

$$a = 0,602 \text{ mm}$$

$$r = a \sqrt{1 + \frac{2h}{\pi F \epsilon_r} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right]}$$

$$r = 0,602 \sqrt{1 + \frac{2(1,6)}{\pi(0,731)(4,3)} \left[\ln \left(\frac{\pi(0,731)}{2(1,6)} \right) + 1,7726 \right]}$$

$$r = 0,729 = 7,3 \text{ mm}$$

2. panjang L_g dan lebar W_g dari groundplane

$$L_g = 6h + L$$

$$L_g = 21,061 \text{ mm}$$

$$W_g = 6h + W$$

$$W_g = 24,2 \text{ mm}$$

3. Panjang *feed* (L_f)

$$\lambda_o = \frac{c}{f_o} = \frac{3 \times 10^8}{5,8 \times 10^8} = 51 \text{ mm}$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_o}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} = \frac{51}{\sqrt{4,3}} = 24,31 \text{ mm}$$

$$L_f = \frac{1}{4} \times \lambda_g = \frac{1}{4} \times 24,31 = 6,1 \text{ mm}$$

4. Lebar *feed*

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_o \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{60\pi^2}{50 \sqrt{4,3}} = 5,6405 \text{ mm}$$

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \times \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \times \left[\ln(B - 1) + 0,39 \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\}$$

$$W_f = \frac{2(1,6)}{\pi} \times \left\{ 5,6405 - 1 - \ln(2 \times 5,6405 - 1) + \frac{4,3 - 1}{2(4,3)} \times \left[\ln(5,6405 - 1) + 0,39 \frac{0,61}{4,3} \right] \right\}$$

$$W_f = 3,057 \text{ mm}$$

Parameter antenna dari dimensi antenna yang sebelum di lakukan optimasi.

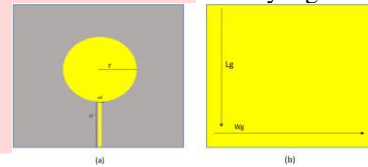
TABEL 3.3
Nilai Dari Dimensi Antena Sebelum Optimasi

Keterangan	Parameter	Hasil (mm)
Tebal Substrat	H	1,6 mm
Tebal konduktor	T	0,035 mm
Jari – jari <i>feed</i>	R	7,29 mm
Panjang <i>Feedline</i>	Lf	6,1 mm

Lebar <i>Feedline</i>	Wf	3,057 mm
Panjang <i>Groundplane</i>	Lg	21,532 mm
Lebar <i>Groundplane</i>	Wg	24,2 mm

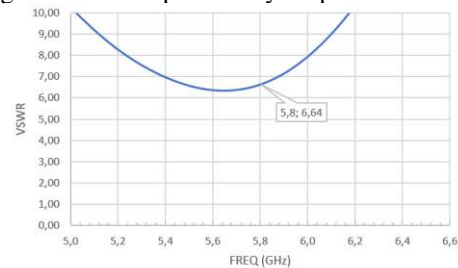
5. Perancangan Dan Simulasi

Setelah melakukan perancangan pada dimensi awal yang dapat dilihat dari hasil Tabel 3.3 diatas. Sehingga, dilakukan simulasi pada pada perancangan untuk mengetahui apakah dimensi antenna bisa bekerja dengan baik atau harus melakukan optimasi terlebih dahulu, berikut ini adalah perancangan dari desain antenna awal yang di dapat.



GAMBAR 3.1

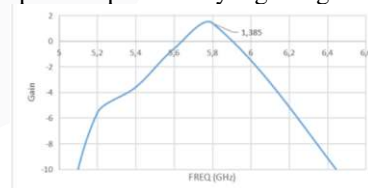
Desain Antena awal (a) Tampak Depan, (b) Tampak Belakang Setelah melakukan perancangan antenna awal dari hasil perhitungan maka di dapat hasilnya seperti berikut.



GAMBAR 3.2

Grafik VSWR Antena Sebelum Optimasi

Dari hasil simulasi awal ini dengan menggunakan parameter yang telah dihitung, hasil yang didapat cukup jauh dari spesifikasi yang diharapkan. Dapat dilihat nilai VSWR pada frekuensi 5,8 masih sebesar 6,63 dan nilai *gain* sebesar 1.385. Maka dapat disimpulkan untuk melakukan optimasi hingga mendapatkan spesifikasi yang diinginkan.

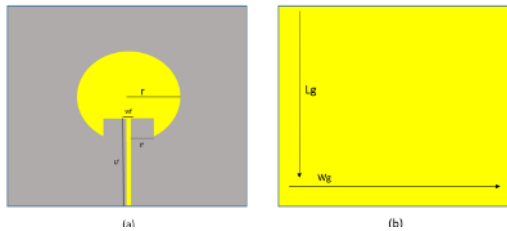


GAMBAR 3.3

Gain Antena sebelum Optimasi

6. Hasil Optimasi Antena Akhir

Tahapan ini merupakan tahapan akhir untuk antenna memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Karena nilai dari spesifikasi antenna masih memiliki ke tidak cocokkan, sehingga peluhnya di lakukan optimasi untuk akhir. Pada percobaan yang dilakukan penambahan *insertfeedline* pada *patch* antenna pada bagian kiri dan kanan sehingga perubahan beberapa parameter yang dapat di lihat dari Gambar 3.7 dan Tabel 3.5 .



GAMBAR 3. 4

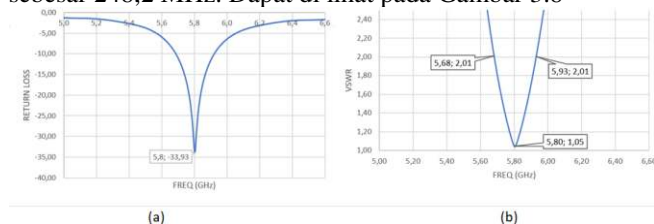
Desain Antena (a) Tampak Depan, (b) Tampak Belakang

Penambahan *Insertfeed* bertujuan untuk agar antena dapat bekerja dengan baik serta memenuhi spesifikasi yang diinginkan, sehingga dapat mengoptimalkan cara kerja antena. Tabel di bawah merupakan dimensi akhir yang didapat dengan kinerja antena sesuai dengan spesifikasi.

TABEL 3. 4
Nilai Dari Dimensi Antena Optimas Akhir

Keterangan	Parameter	Hasil (mm)
Tebal Substrat	H	1,6 mm
Tebal konduktor	T	0,035 mm
Jari – jari <i>feed</i>	R	7,7 mm
Panjang <i>Feedline</i>	Lf	13.7622 mm
Lebar <i>Feedline</i>	Wf	1,3 mm
Panjang <i>Groundplane</i>	Lg	35 mm
Lebar <i>Groundplane</i>	Wg	35 mm
Lebar <i>insertfeed</i>	X0	3,2 mm
Panjang <i>insertfeed</i>	Y0	4,9 mm

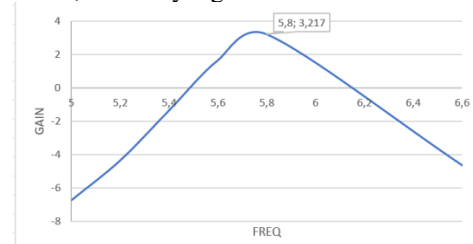
Pada hasil simulasi optimasi yang di dapat nilai *Return Loss* ≤ -10 dB dengan nilai yang di dapat -33,93 dB sudah sesuai karena sudah berada VSWR pada frekuensi 5,8 GHz sudah berada pada ≤ 2 yaitu sebesar 1,04, dengan *bandwidth* sebesar 248,2 MHz. Dapat di lihat pada Gambar 3.8



GAMBAR 3. 5

Grafik (a) *Return Loss* (b) VSWR dan bandwidth Antena Optimasi Akhir

Nilai *gain* pada frekuensi 5,8 GHz pada simulasi akhir ini telah memenuhi spesifikasi antena yang diinginkan dengan nilai sebesar 3,217 dB yang berarti sudah ≥ 3 dB.



GAMBAR 3. 6

Gain Antena Optimasi Akhir

Hasil polarisasi pada frekuensi 5,8 GHz menyatakan bahwa pola radiasi elevasi serta azimuth merupakan pola radiasi *unidirectional*, karena pancarannya fokus terhadap satu arah dan garis berwarna biru merupakan lebar sudut antena yang menunjukkan *beamwidth*. Dapat dilihat pada Gambar 3.



GAMBAR 3. 7

Simulasi pola radiasi Azimuth serta Elevasi

Maka kesimpulan dari optimasi akhir antena ini telah memenuhi spesifikasi yang telah diinginkan.

F. Simulasi Phatom da Nilai Pecific Aborption Rate (SAR)

Simulasi pada SAR software CST ditambahkan agar mengetahui apakah antena mikrostrip ini aman digunakan pada tubuh. Maka pada perancangan antena ini ditambahkan *phantom* agar dapat menganalisis terkait nilai SAR. Nilai maksimal SAR sendiri adalah 1,6 W/KG.

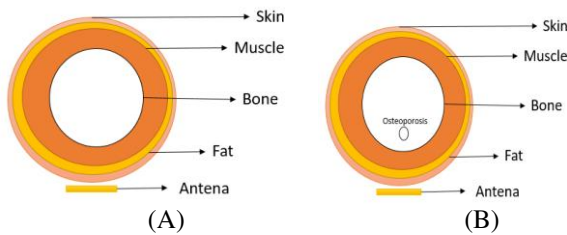
Pada perancangan antena yang telah dioptimasi akan ditambahkan *phantom* untuk menganalisis apakah nilai SAR sesuai dengan ketetapannya pada bagian *patch*. Lapisan *phantom* yang digunakan merupakan bagian lengan yang terdiri dari kulit, lemak, otot serta tulang. Ketebalan lapisan *phantom* dapat dilihat pada Tabel 3.6.

TABEL 3. 5

Ketebalan lapisan *Phantom* Lengan

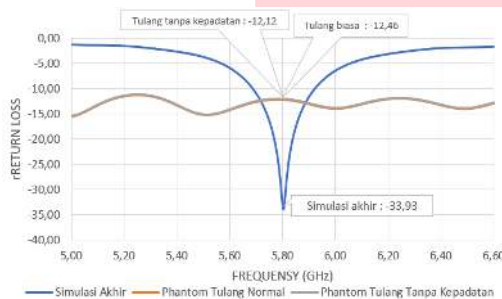
Lapisan Jaringan	Ketebalan (mm)
Kulit	1,5
Lemak	3,5
Otot	3,5
Tulang	5,5

Pada penelitian ini dipilih dua pemodelan tulang untuk sampel dari penelitian yaitu dengan tulang normal dan tulang tanpa kepadatan. Simulasi pemodelan tulang ini dapat di lihat pada Gambar 3.11. Pada simulasi, pengukuran di lakukan dengan tulang yang menempel pada antena.

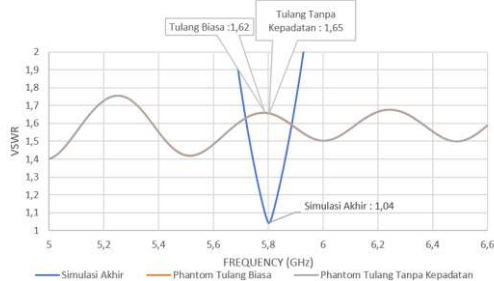


Gambar 3. 8 Tampilan Antena optimasi ditambah *Phantom*
(A) Tulang Padat (B) Tulang Tanpa Kepadatan

Pada simulasi dilakukan dengan pengukuran *phantom* yang diletakan pada depan *patch* antena. Pada simulasi ini memperhatikan nilai *VSWR* dan *Return loss* pada frekuensi 5,8 GHz. Hasil yang dihasilkan dalam percobaan *phantom* dapat dianalisis dari berbagai perbedaan nilai pada *return loss* dengan mengalami kenalkian pada nilai *return loss* dan *VSWR* saat simulasi. Tulang tanpa kepadatan ditambahkan suatu objek yang di deteksikan pada antena sehingga dapat mempegaruhi koefisien pantul pada antena sehingga nilai *return loss* menjadi naik.



GAMBAR 3. 9
Return Loss



GAMBAR 3. 10
VSWR

Simulasi pertama adalah tulang biasa dengan hasil *return loss* – 12,46 dB pada frekuensi 5,8 GHz.. Sedangkan tulang tanpa kepadatan memiliki nilai *return loss* -12,12 dB. Perubahan *return loss* ini karena material yang ditambahkan osteoporosis yang terdeteksi oleh sistem, menyebabkan nilai pantulan tidak sama. Hasil bisa di lihat pada tabel yang diperoleh.

TABEL 3. 6
Nilai *Return Loss* dan *VSWR*

Simulasi	Return Loss (dB)	VSWR (dBi)
Tanpa <i>Phantom</i>	-33,93	1,04
<i>Phantom</i> Tulang Biasa	-12,46	1,62
<i>Phantom</i> Tulang Tanpa Kepadatan	-12,12	1,65

Perubahan nilai *return loss* dan *VSWR* ini di sebabkan oleh material yang ditambahkan, menyebabkan nilai pantul nilai pantul yang dikembalikan pada antena tidak sama.

Sedangkan Nilai SAR sendiri merupakan ukuran dari tingkat energi yang diserap oleh tubuh saat terpapar oleh frekuensi radio medan elektromagnetik, Sehingga diartikan sebagai daya per massa dari jaringan dengan satuan W/KG (Watt per Kilogram). Nilai *Specific Absorption Rate* (SAR) yang menjadi acuan untuk memastikan nilai radiasi yang akan diberikan antena apakah sudah aman untuk tubuh manusia. Standar internasional sendiri menetapkan nilai SAR sebesar 1,6 W/Kg. Tabel 3.9 Hasil simulasi SAR yang di dapat

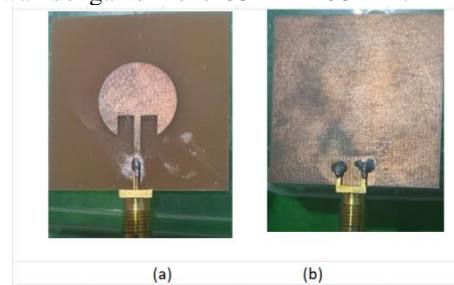
TABEL 3. 7
Nilai SAR

Simulasi <i>Phantom</i>	Nilai SAR (W/Kg0)
Tulang Biasa	1,33
Tulang Tanpa Kepadatan	1,34

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Realisasi Antena

Realisasi antena dilakukan setelah perancangan serta simulasi antena. Realisasi atau fabrikasi antena ini menggunakan bahan substrat FR-4 dengan *groundplane* serta *patch* menggunakan *Copper* yang dapat di lihat pada Gambar 4.1 dibawah dengan dimensi 35 mm x 35 mm.



GAMBAR 4. 1

Realisasi antena (a) tampak depan dan (b) tampak belakang

B. Alat Ukur Antena

1. Ruang Chamber

Ruang *Chamber* adalah ruangan yang memiliki peredam untuk penyerapan terhadap gelombang suara dan gelombang elektromagnetik. Ruangan *chamber* memiliki sebuah material yang berasal dari busa bertujuan untuk penyerapan daya gelombang yang tinggi.

2. Vector Network Analyzer (VNA)

Vector Network Analyzer (VNA) adalah alat yang kegunaannya untuk mengukur nilai dari *Returnloss* serta *VSWR* pada antena yang telah direalisasikan. Adapun keluaran yang dihasilkan oleh VNA merupakan sebuah grafik. VNA yang digunakan memiliki frekuensi kerja dari 300 KHz- 8 GHz.

3. Antena Horn

Antenna horn adalah alat yang kegunaannya untuk menangkap gelombang elektromagnetik serta memancarkannya. *Antenna horn* digunakan untuk mengukur pola radiasi yang memiliki dua pola radiasi elevasi serta pola radiasi azimuth.

4. Signal Generator dan Spectrum Analyzer (SA)

Keduanya sama-sama memiliki kegunaan untuk mengukur polarisasi, pola radiasi dan *gain*. Namun

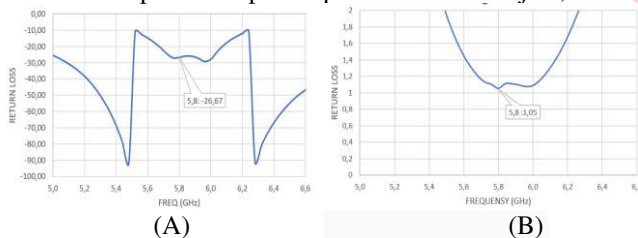
perbedaannya signal generator memiliki kegunaan untuk memberikan daya dan frekuensi sesuai dengan frekuensi kerja antenna yang diukur dengan membangkitkan sinyal pada antenna pemancar. Sedangkan *spectrum analyzer* (SA) memiliki kegunaannya hanya untuk mengukur level dari daya terima.

C. Pengukuran Return Loss dan Bandwidth

1. Pengukuran VSWR, Return Loss dan Bandwidth Pada Kondisi Biasa

Pada hasil pengukuran biasa (Tanpa Tulang) *Return Loss*, VSWR dan Bandwidth kondisi biasa yang dapat dilihat Gambar 4.1 dibawah. Hasil dari S_{11} atau *Return Loss* di peroleh -26,67 VSWR di peroleh sebesar 1,05 serta dapat bekerja baik pada frekuensi 5,8 GHz dan memiliki bandwidth sebesar 269 Mhz. Hasil tersebut bisa digunakan dikarenakan sesuai dengan spesifikasi yang di harapkan yaitu pada VSWR ≤ 2 serta *bandwidth* ≥ 100 MHz.

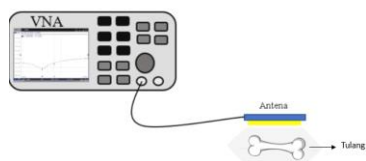
Walaupun, hasil berbeda dengan simulasi optimasi namun antenna tersebut sudah memenuhi dan dapat bekerja dengan baik pada frekuensi 5,8 GHz. Dari hasil pengukuran yang di dapat antenna memiliki kualitas dan mampu memberikan performa optimal pada frekuensi kerja 5,8 GHz.



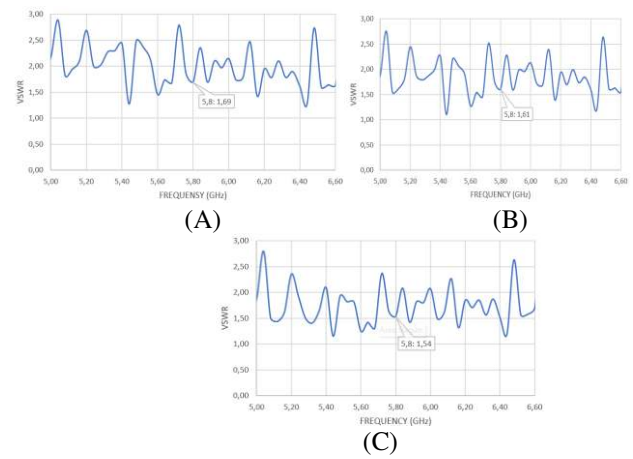
GAMBAR 4.2
(A) Return Loss (B) VSWR

2. Pengukuran Return Loss, VSWR, dan Bandwidth Pada Kondisi di Tulang

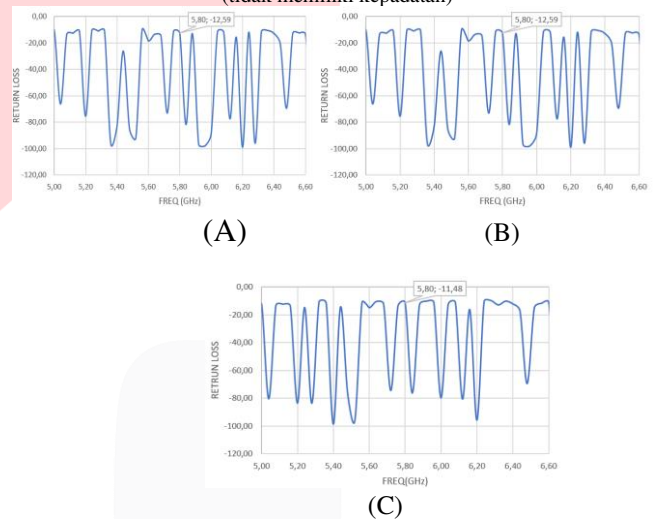
Pengukuran Return Loss, VSWR dan bandwidth pada kondisi di tulang memiliki tiga tahap kondisi yang pertama tulang pertama memiliki karakteristik sedang, tulang kedua memiliki karakteristik besar serta tulang ketiga memiliki karakteristik tulang kopong.



GAMBAR 4.3
Ilustrasi pengukuran menggunakan Tulang



GAMBAR 4.4
VSWR (A) Tulang Biasa, (B) Tulang Besar, dan (C) Tulang tanpa sumsum (tidak memiliki kepadatan)



GAMBAR 4.5
Return Loss (A) Tulang Biasa, (B) Tulang Besar, dan (C) Tulang kopong (tidak memiliki kepadatan)

TABEL 4.1
Hasil Pengukuran Kondisi di Tulang

Kondisi Tulang	VSWR	Return Loss (dB)	Bandwidth
Tulang Biasa	1,69	-11,77	334 MHz
Tulang Besar	1,61	-12,59	288 MHz
Tulang Kopong	1,53	-11,48	282 MHz

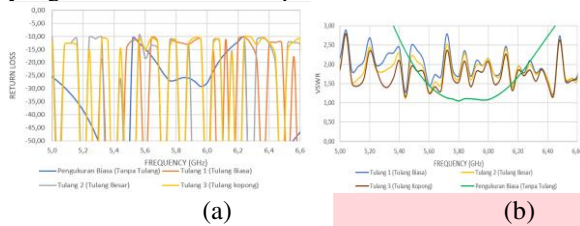
Pada grafik Gambar 4.4 merupakan hasil dari pengukuran antenna kondisi ditulang memiliki pendapatan VSWR ≤ 2 dengan bandwidth ≥ 100 MHz. Kesimpulannya adalah Antena dapat bekerja dengan bagus pada kondisi keduanya kondisi biasa ataupun kondisi ditulang. Tulang kopong memiliki sifat dielektrik yang rendah dibanding tulang padat. Mengakibatkan peningkatan nilai *bandwidth* dan menurunnya nilai VSWR sehingga antenna bekerja lebih baik pada kondisi tersebut.

Pada grafik di *Return Loss* di atas yang di ukur sebanyak tiga kali dengan kondisi tulang berbeda tulang satu dan dua merupakan tulang normal dan tulang tiga tulang tulang kopong (tidak memiliki kepadatan). Nilai *Return Loss* yang

di dapat pada pengukuran dengan frekuensi 5,8 GHz pada tulang biasa -11,77 dB dan tulang besar -12,59dB dengan kondisi tulang biasa, sedangkan pada tulang kopong memiliki *Return Loss* dengan nilai -11,48 dB. Hal ini bisa terjadi karena tulang biasa dan tulang besar memiliki kepadatan tinggi dibanding tulang kopong. Tulang kopong tidak memiliki kepadatan, karena memiliki sifat dielektrik yang berbeda mempengaruhi nilai *Return Loss* saat perhitungan.

3. Perbandingan Pengukuran VSWR, Return Loss dan Bandwidth Pada Kondisi Biasa dan di Tulang

Pengukuran antenna pada tulang dapat di lihat dari nilai VSWR dan bandwidth saat ditulang. Bandwidth di tulang melebar yang diakibatkan oleh sifat serta karakteristik tulang yang membuat spesifikasi antenna berubah.



GAMBAR 4.6
Perbandingan (a) *Return Loss* (b) VSWR

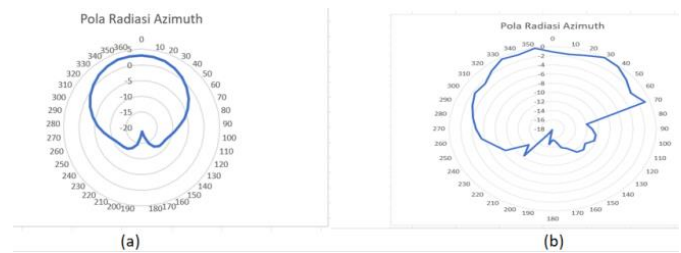
Grafik Gambar 4.6 di atas merupakan *Return Loss* dan VSWR yang dihasilkan dari pengukuran antenna dengan kondisi biasa dan kondisi pada tulang. Pengukuran antenna pada frekuensi kerja 5,8 GHz dengan kondisi biasa dan pada kondisi tulang menghasilkan nilai *Return Loss* dan VSWR yang berbeda. Pada kondisi biasa, antenna memiliki nilai *Return Loss* sebesar -26,67 dB dan VSWR sebesar 1,05 dengan bandwidth 269 MHz. Namun, pada kondisi tulang, terdapat tiga kondisi yang berbeda yaitu tulang biasa, tulang besar, dan tulang kopong.

Dalam kondisi tulang, nilai *Return Loss* dan VSWR pada antenna mengalami perubahan. Tulang biasa memiliki nilai *Return Loss* sebesar -11,77 dB dan VSWR sebesar 1,69 dengan bandwidth 334 MHz. Tulang besar memiliki nilai *Return Loss* sebesar -12,56 dB dan VSWR sebesar 1,61 dengan bandwidth 288 MHz. Sedangkan pada tulang kopong, nilai *Return Loss* sebesar -11,48 dB dan VSWR sebesar 1,53 dengan bandwidth 282 MHz. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada nilai *Return Loss* dan VSWR antara kondisi biasa dan kondisi tulang.

Tulang kopong memiliki nilai *Return Loss* dan VSWR yang lebih rendah dibandingkan dengan tulang biasa dan tulang besar. Hal ini dapat dijelaskan dengan adanya pengaruh dari kepadatan tulang dan struktur dalam tulang itu sendiri. Kepadatan tulang dan struktur dalam tulang dapat mempengaruhi propagasi sinyal dan mengurangi kerugian pada antenna. Oleh karena itu, tulang biasa dan tulang besar dengan kepadatan dan struktur yang lebih optimal memberikan hasil yang lebih baik dalam pengukuran antenna.

D. Pengukuran Polaradiasi

Tugas akhir ini dilakukan juga pengukuran *gain* dan pola radiasi yang dilakukan dengan menggunakan *Signal Generator*, *Antenna Horn*, *Spectrum Analyzer*, *Ruang Chamber*, dan PC.



GAMBAR 4.7

Pola Radiasi Azimuth (a) biasa (b) pengukuran



GAMBAR 4.8

Pola Radiasi Elevasi (a) biasa (b) pengukuran

Pada Gambar 4.7 merupakan hasil pengukuran pola radiasi bidang azimuth pada frekuensi kerja 5,8 GHz sedangkan pada Gambar 4.8 pola radiasi bidang elevasi. Kedua hasil merupakan jenis pola radiasi *unidirectional* yang berarti hanya memfokuskan pada satu pancaran saja. Kedua hasil memiliki perbedaan tetapi tidak memiliki banyak perbedaan, faktor adanya perbedaan tersebut dikarenakan pengukuran yang tidak sesuai dengan standar, terjadinya kesalahan pada pengukuran manual dll.

E. Pengukuran Gain

Perbandingan *gain* pada frekuensi kerja 5,8 GHz :

TABEL 4.2
Perbandingan *gain*

Simulasi	Pengukuran
3,217 dBi	2,64 dBi

Hasil pengukuran nilai *gain* yang di bandingkan dengan nilai *gain* dari simulasi dan nilai *gain* dari pengukuran memiliki hasil pengukuran yang berbeda. Pada hasil simulasi *gain* pada frekuensi kerja sebesar 3,217 dBi sedangkan hasil pengukuran *gain* pada frekuensi kerja sebesar 2,64 dBi.

V. KESIMPULAN

Dalam proses perancangan antenna mikrostrip patch circular untuk deteksi kepadatan tulang, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil. Pertama, antenna ini bekerja dengan baik pada frekuensi 5,8 GHz dalam kondisi biasa maupun pada tulang, karena hasil simulasi dan pengukuran sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Kedua, perbedaan antara hasil simulasi dan pengukuran tidak terlalu signifikan dan dapat dianggap wajar karena faktor fabrikasi dan kondisi ruangan yang kurang kondusif. Ketiga, antenna dapat bekerja dengan aman pada tubuh manusia dengan nilai SAR yang diperoleh berada pada level yang aman. Keempat, nilai *Return Loss* antenna berbeda-beda tergantung pada kondisi kepadatan tulang. Tulang kopong memiliki nilai *Return Loss* yang lebih baik dibanding tulang lainnya, sehingga kepadatan tulang dapat mempengaruhi nilai *Return Loss*. Kelima, pengukuran langsung pada tulang menunjukkan perbedaan VSWR pada tulang yang padat dan tidak padat, dimana tulang yang padat memiliki VSWR yang lebih tinggi. Keenam, bandwidth pada simulasi tulang juga berbeda-beda tergantung pada kondisi

kepadatan tulang, dimana tulang biasa dan tulang besar memiliki nilai bandwidth yang lebih lebar dibandingkan tulang kopong. Dengan demikian, kesimpulan dari seluruh proses perancangan antenna ini menunjukkan bahwa antenna mikrostrip patch circular dengan frekuensi 5,8 GHz dan menggunakan bahan substrat FR-4 dapat digunakan dengan baik untuk deteksi kepadatan tulang pada tubuh manusia. Namun, perlu dipertimbangkan kondisi kepadatan tulang yang akan diuji untuk memastikan antenna berfungsi secara optimal.

REFERENSI

- 1] Syafira, Ira. dkk. 2020. Analisis Faktor yang Mempengaruhi Osteoporosis pada ibu Menopause di Puskesmas Sabat Kabupaten Langka. *Jurnal Jumanantik* Vol. 5 No. 1 Des 2019-Mei 2020
- [2] Limbong, Elsa Adlina dan Fariani Syahrul. 2015. Rasio Risik Osteoporosis Menurut Indeks Masa Tubuh, Paritas, dan konsumsi Kafein. *Jurnal Berkala Epidemiologi*, Vol. 3 No. 2 Mei 2015: 194-204.
- [3] Laporan *Asia Pasific Regional Audit: Epidemiology, Costs and Burden of Osteoporosis*. 2013
- [4] Adams W. Johnathan, Student Member, IEE, dkk. (2021). Application of a Neural Network Classifier to Radiofrequency-Based Osteopenia/Osteoporosis . *JTEHM-00040-2021*, 1-7.
- [5] Y. Syam el al., "Fraktur Akiba Osteoporosis," *Jurnal e-Clinic (eCI)*, Volume 2, Nomor 2, Juli 2014
- [6] National Osteoporosis Foundation and International Osteoporosis Foundation in Osteoporosis International, "Prevention and management of osteoporosis", 2018
- [7] Kawiyaana, I. K. (2009). *OSTEOPOROSIS PATOGENESIS DIAGNOSIS DAN PENANGANAN*. Denpasar: J Peny Dalam, Volume 10 Nomor 2 Mei 2009.
- [8] Seri Pendidikan – Perhimpunan Reumatologi Indonesia (IRA), Osteoporosis.pdf. Jakarta, 2016
- [9] Elferida Hutajulu, dkk. (2021). PENERAPAN LOGIKA FUZZY UNTUK PENGENDALIAN POSISI ARAH PENERIMAAN ANTENA. Sumatera Utara, Indonesia: 2 Desember
- [10] C. A. Balanis, "Antenna theory," vol. 4, No. 1. 2016
- [11] C. A. Balanis, "Antenna Theory third edition analysis and design," *John wiley sons inc*, pp. 811-842, 2005
- [12] V. R. Lakshmi, "PARAMETERIC STUDY OF A NOVEL STACKED PATCH ANTENNA," vol. 1, No. August, pp 197-201, 2009
- [13] Y. Christiyono, L. Santoso, da B. Setiawn, "PERANCANGAN ANTENA 5/8 λ BERPOLARISASI CIRCULAR PADA BAND VHF (20-300MHZ)," *Transimisi*, vol. 11, no. 1, pp. 53-59, 2009, doi: 10.1277/transmisis.11.1.53-59
- [14] J. Gao, X. Lun, and Y. Ren, "Narrowband Iot: A Celluler Technology for Iot Applications" *IEEE Communications Magazine*, vol.56, no.12, pp 26-33, 2018
- [15] Federal Communications Commission. (2019). Industrial, Scientific, and Medical (ISM) Radio Bands. Diakses pada 10 Februari 2023, dari <https://www.fcc.gov/general/industrial-scientific-and-medical-ism-radio-bands>
- [16] G. Mu and P. Ren, "A compact Dual-Band Metasurface-Based Antenna for Wearable Medical Body-Area Network Devices," *Journal of Electrical and Computer Engineering*, Agustus 2020
- M. Alkhodari, A.Zakaria, and N.Qaddoumi, "Monitoring Bone Density Using Microwave Tomography of human Legs: A Numerical Feaibility study," pp.1-3, 2021.
- [17] M. Alkhodari, A.Zakaria, and N.Qaddoumi, "Monitoring Bone Density Using Microwave Tomography of human Legs: A Numerical Feasibility study," pp.1-3, 2021.
- [18] Nasution, N. O. (2021). *Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Circular Patch 5,8 GHz untuk Downlink Ddata ADS-B*. Bandung: Universitas Telkom, S1 Teknik Telekomunikas.
- [19] D. R. Sandeep, N. Prabakaran, B. T. P. Madhav and D. L. rEDDY, "SAR Analysis of Jute Substrate based Tri-band Antenna for Wearable Applications,," February 2021.