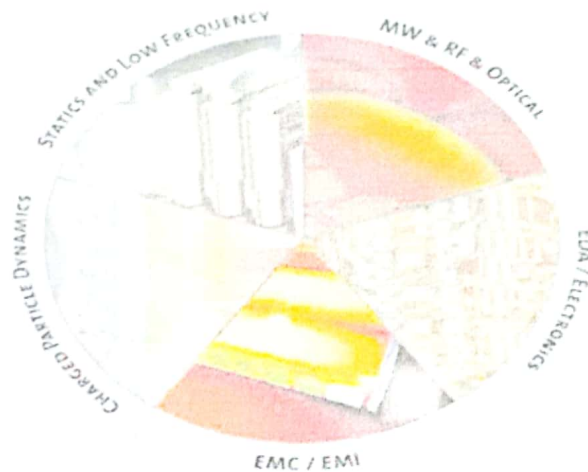


BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 ALAT DAN BAHAN YANG DIGUNAKAN

Pada penelitian yang dilakukan ini digunakan beberapa alat dan beberapa software yang digunakan dalam membantu penelitian seperti :

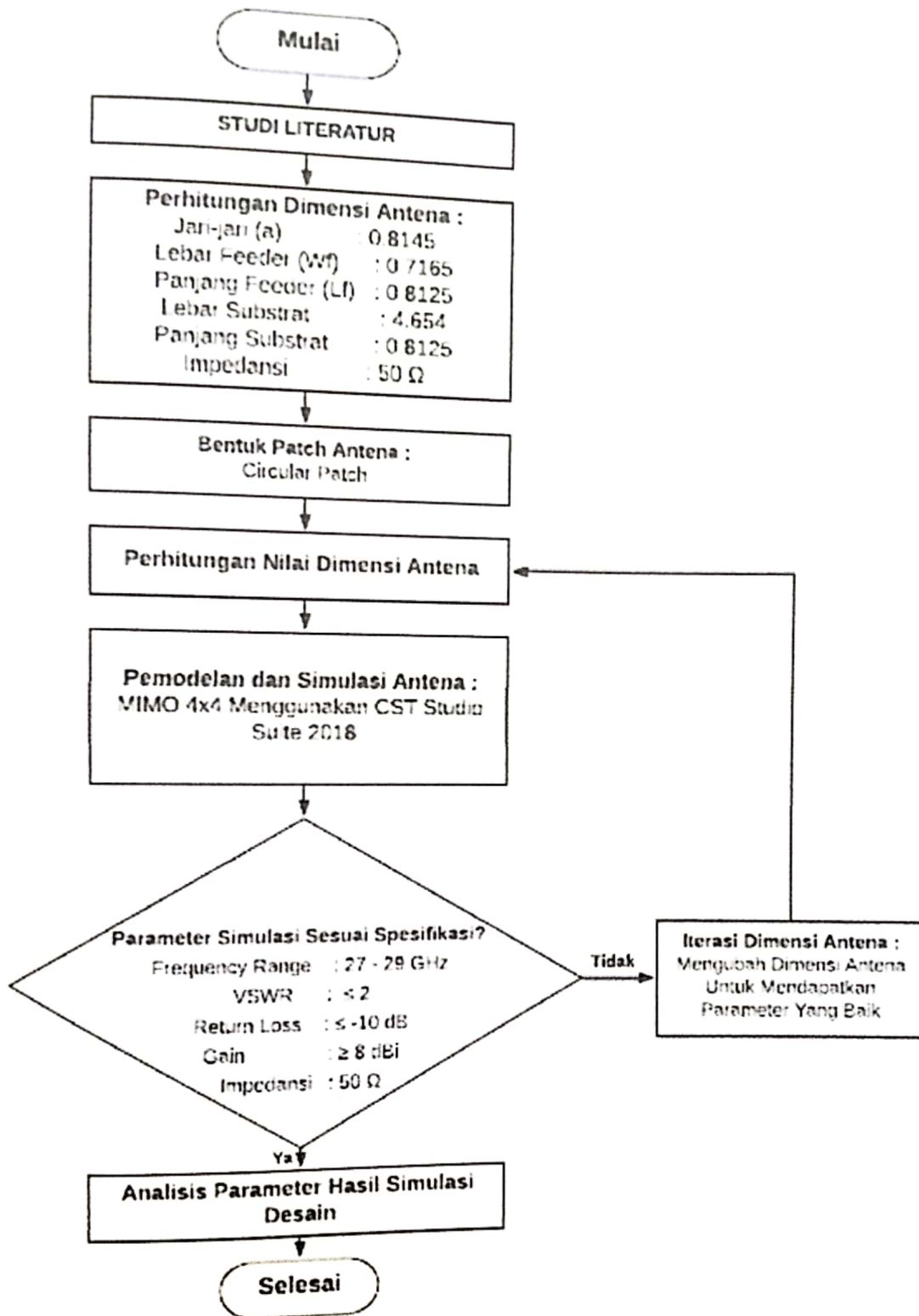
1. *CST Studio Suite 2018* merupakan salah satu *software* simulator pembuatan atau perancangan antenna yang menggunakan metode komputasi *Finite Element Method* (FEM) yang dapat melakukan pengamatan keseluruhan diskritasi seluruh volume dari perancangan model antenna. *CST Studio Suite 2018* merupakan perangkat lunak yang berfungsi untuk melakukan perancangan dan mensimulasikan dan melakukan optimalisasi sistem elektromagnetik. Produk CST memiliki 3 pilar utama yaitu *accuracy*, *speed*, dan *usability*.



Gambar 3. 1 Fasilitas Layanan pada *CST Studio Suite 2018*.

2. *Microsoft Office Excel*, aplikasi ini digunakan dalam membantu pembuatan hasil data dan pembuatan grafik analisis dalam penelitian yang dilakukan. Dengan memasukkan semua hasil pencatatan dan data simulasi dari aplikasi simulasi *CST Studio Suite*, aplikasi ini akan mempermudah dalam proses analisa yang dilakukan, sehingga proses kalkulasi dapat dengan mudah dilakukan.
3. Spesifikasi laptop/PC yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah Intel (R) core i3 dengan minimal RAM 4 GB.

3.2 ALUR PENELITIAN



Gambar 3. 2 Flowchart Alur Pengerjaan Antena.

Pada proses menjalankan penelitian ini, terdapat alur penelitian yang digunakan yang ditampilkan pada gambar 3.2 berupa alur sistem kerja penelitian atau *flowchart*. Flowchart yang telah dibuat, maka dapat diketahui bagaimana proses awal penelitian hingga bagaimana mendapatkan hasil akhir tujuan penelitian dilakukan.

Pada tahap pertama penelitian, untuk dapat memahami objek penelitian dibutuhkan beberapa tinjauan pustaka terlebih dahulu, sehingga pemahaman konsep dasar sudah dipahami. Beberapa sumber referensi dalam penelitian menjadi acuan terhadap penelitian yang dilakukan mengenai pengaruh perubahan bentuk desain *patch* antenna terhadap kinerja antenna dilihat dari parameter uji antenna.

Melalui hasil tinjauan pustaka diketahui spesifikasi dasar antenna yang harus dimiliki seperti rentang frekuensi kerja 27 GHz – 29 GHz, nilai VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) ≤ 2 , nilai return loss ≤ -10 dB, nilai gain ≥ 8 dBi dan nilai impedansi masukan 50Ω yaitu $Z_{in} = 50 + j0$ Ohm. Adapun langkah selanjutnya yaitu menetapkan bentuk jenis patch antenna yang akan diteliti ataupun digunakan antenna yaitu bentuk *circular patch*. Rancangan awal desain antenna dibuat berdasarkan perhitungan dimensi. Kemudian setelah dilakukan perhitungan maka proses selanjutnya yaitu dengan membuat simulasi bentuk *patch* antenna *circular* dengan bantuan aplikasi simulasi yaitu *CST Studio Suite 2018*.

Rancangan yang dibuat haruslah memiliki frekuensi yang sesuai dengan yang diinginkan dan sudah sesuai dengan spesifikasi dasar antenna aplikasi 5G yang digunakan. Jika frekuensi belum sesuai maka dapat dilakukan proses *iterasi* dimensi antenna dengan menggunakan persamaan pergeseran frekuensi yaitu dengan membagi hasil frekuensi yang didapatkan dari simulasi saat itu dengan frekuensi yang dikehendaki kemudian dikalikan dengan variabel dimensi utama yang digunakan, yaitu lebar sisi dari *patch* antenna. Namun apabila frekuensi sudah sesuai akan tetapi nilai parameter *return loss*, VSWR, impedansi, *gain*, dan *bandwidth* belum memenuhi spesifikasi, maka dapat dilakukan proses iterasi VSWR dan impedansi dengan metode *parsweep* dengan skala konstan terhadap variabel dimensi lebar *stripline* dan panjang *stripline* sehingga apabila proses *iterasi* sudah dilakukan dan didapatkan hasil yang sesuai maka proses terakhir adalah proses pengambilan data dan pengujian data parameter yang dihasilkan. Hasil parameter

simulasi yang akan diuji antara lain meliputi nilai *return loss*, *VSWR*, *Impedance*, *Bandwidth*, *Gain*, *Polarisasi*, *Pola Radiasi*, *Directivity* yang dapat berupa data perhitungan.

3.3 STANDAR SPESIFIKASI ANTENA

Pada tahapan selanjutnya adalah menetapkan spesifikasi antenna yang akan di buat. Adapun beberapa spesifikasi rancangan antenna yaitu ditunjukkan pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Perencanaan Antena

Parameter	Spesifikasi
Rentang Frekuensi	27 GHz - 29 GHz
Frekuensi Kerja	28 GHz
Impedansi	50 Ω
VSWR	≤ 2
Gain	≥ 8 dBi
Bandwidth	≥ 100 MHz
Return loss	≤ -10 dB
Pola Radiasi	Omnidirectional
Polarisasi	Linier

Tabel 3.1 merupakan spesifikasi yang akan digunakan sebagai acuan dalam merancang sebuah antenna mimo yang bekerja pada aplikasi antenna 5G, di mana bekerja pada rentang frekuensi kerja 27 GHz – 29 GHz di sisi penerima dengan skenario bentuk *patch* antenna yaitu bentuk *circular patch*.

Dalam melakukan perancangan antenna mikrostrip ini, terdapat spesifikasi bahan lapisan struktur dielektrik pembentuk antenna, untuk karakteristik bahan yang digunakan pada perancangan antenna meliputi beberapa material. Untuk material

patch dan *ground plane* terbuat dari tembaga (*copper*) dengan spesifikasi diantara lain yaitu :

1. Bahan : Rogers RO3210
2. Konstanta Dielektrik (ϵ_r) : 10,8
3. Loss Tangent : 0,0027
4. Ketebalan Substrat Dielektrik : 0,64 mm
5. Ketebalan *copper* : 0,035 mm

3.4 PERHITUNGAN PARAMETER ANTENA BERDASARKAN TEORI

Pada penelitian ini terdapat beberapa parameter yang digunakan untuk menjadi acuan, apakah antenna sudah sesuai dengan standar spesifikasi atau tidak. Beberapa parameter yang biasa menjadi acuan apakah antenna yang dirancang sudah sesuai dengan spesifikasi atau tidak adalah *Return Loss* dan VSWR. Parameter tersebut secara teoritis memiliki perhitungan yang dapat diuraikan adalah sebagai berikut :

a. *Return Loss*

Return loss merupakan kondisi ketika beban tidak sesuai (*missmatch*) menyebabkan tidak semua daya yang berasal dari sumber dirubah. *Return loss* pada masukan input (*input return loss*) mengindikasikan terjadinya *mismatch* antara impedansi masukan yang digunakan yaitu $Z_{in} = 50 + j0$ Ohm. Berdasarkan kajian pustaka yang sudah dilakukan diketahui bahwa nilai *return loss* yang dapat diterima adalah ≤ -10 dB. Maka dari itu dengan mengetahui standar *return loss* dapat diketahui nilai koefisien refleksi tegangan $|\Gamma|$ dengan menggunakan persamaan 2.5. nilai *return loss* akan mempengaruhi nilai dari VSWR yang dihasilkan. Berikut merupakan perhitungan koefisien refleksi tegangan $|\Gamma|$ pada *return loss* sebesar -10 dB :

$$\text{Return loss (dB)} = 20 \log |\Gamma|$$

$$-10 \text{ dB} = 20 \log |\Gamma|$$

$$|\Gamma| = 10^{\frac{-10}{20}}$$

$$|\Gamma| = 0,316$$

Jadi berdasarkan nilai *return loss* -10 dB dapat dihasilkan nilai koefisien refleksi tegangan $|\Gamma|$ sebesar 0,316.

b. VSWR
 VSWR merupakan perbandingan *standing wave* pada saat tegangan maksimum dan minimum akibat adanya pantulan gelombang yang disebabkan oleh tidak *matching*-nya impedansi input antena dengan saluran *feeder*. Jika gelombang dapat melewati jaringan dengan sempurna sehingga tidak ada yang dipantulkan balik menuju sumbernya maka nilai VSWR nya adalah 1. Nilai ini adalah nilai ideal dan tidak terjadi pada prakteknya. Saat semua gelombang dipantulkan balik maka nilai VSWR nya adalah tak berhingga. Nilai VSWR yang masih dapat diterima atau standarisasi VSWR yaitu ≤ 2 sehingga dapat dikatakan bahwa antena yang dibuat pada frekuensi kerja memiliki VSWR yang baik, atau perbandingan *standing wave* nya memiliki nilai yang normal [10]. Untuk mendapatkan nilai VSWR maka terlebih dahulu melakukan perhitungan koefisien refleksi tegangan yang dapat dihasilkan dari rumus *return loss* dengan menggunakan persamaan 2.5. berikut uraian perhitungan proses mendapatkan nilai dari VSWR yang dimiliki antena jika diketahui koefisien refleksi tegangan $|\Gamma|$ pada *return loss* -10 dB sebesar 0,316 :

$$\text{VSWR} = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{1 + |\Gamma(Z)|}{1 - |\Gamma(Z)|}$$

$$\text{VSWR} = \frac{1 + |0,316|}{1 - |0,316|}$$

$$\text{VSWR} = \frac{1,316}{0,684}$$

$$\text{VSWR} = 1,92 = 2$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa standar VSWR maksimum yang dimiliki adalah $1,92 = 2$. Jika nilai VSWR dari rancangan yang dihasilkan memiliki nilai > 2 maka dalam rancangan antena dapat dikatakan gagal dan harus mengulang proses perhitungan dimensi atau iterasi dan perancangan antenanya.

c. Bandwidth

Pada penelitian yang dilakukan ini dapat diketahui bahwa spesifikasi antena yang akan dirancang memiliki *bandwidth* dapat dihitung jika diketahui rentang

frekuensi 5G yang akan digunakan dalam penelitian yaitu pada rentang frekuensi 27 GHz – 29 GHz dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} BW &= F_h - F_l \\ &= 29 \text{ GHz} - 27 \text{ GHz} \\ &= 2 \text{ GHz} = 2000 \text{ MHz} \end{aligned}$$

$$BW = \frac{29 \text{ GHz} - 27 \text{ GHz}}{28 \text{ GHz}} \times 100 \%$$

$$BW = 7.14 \%$$

3.5 MENENTUKAN KARAKTERISTIK ANTENA

Perancangan antena mikrostrip dapat bekerja pada frekuensi 27 GHz hingga 29 GHz. Dengan demikian, frekuensi tengah yang dimiliki pada rentang yang ditetapkan dapat ditentukan dengan persamaan 3.1

$$F_C = \frac{F_H + F_L}{2} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$F_C = \frac{29 \text{ GHz} + 27 \text{ GHz}}{2} = 28 \text{ GHz}$$

- Dengan : F_C : Frekuensi *Center*
 F_H : Frekuensi *High*
 F_L : Frekuensi *Low*

Dari hasil perhitungan pada persamaan 3.1 didapatkan frekuensi tengah atau frekuensi resonansi yaitu 28 GHz, frekuensi ini akan menjadi nilai parameter frekuensi dalam menentukan parameter-parameter lainnya seperti dimensi *patch* peradiasi. Pada rentang frekuensi kerja tersebut diharapkan antena memiliki nilai parameter sesuai dengan spesifikasi awal yang telah ditentukan sebelumnya.

3.6 PERHITUNGAN DIMENSI ANTENA

Antena mikrostrip memiliki 3 struktur lapisan utama yaitu lapisan *patch*, *substrate* dan *groundplane* yang memiliki perhitungan dimensi yang berbeda-beda. Dalam skripsi ini akan menampilkan perhitungan masing-masing dimensi lapisan

dan ditampilkan juga bagaimana menghitung dimensi dari bentuk *patch* circular, berikut ini merupakan hasil perhitungan dimensi pada antena yang akan diteliti :

3.6.1 Dimensi Patch Circular

Patch dalam antena mikrostrip merupakan salah satu bagian penting yang berfungsi sebagai elemen peradiasi atau dapat dikatakan sebagai komponen yang meradiasikan gelombang elektromagnetik ke ruang bebas. Dalam tugas akhir ini adapun bentuk *patch* yang digunakan yaitu berbentuk *circular* (lingkaran). Dengan memasukkan nilai $F_c = 28$ GHz, $\epsilon_r = 10,8$, $h = 0,64$ mm pada persamaan dibawah ini maka akan didapat nilai lebar jari-jari patch. Berikut ini dari persamaannya 2.1 dan 2.2 :

$$\begin{aligned} F &= \frac{8.794 \times 10^9}{F_c \sqrt{\epsilon_r}} \\ &= \frac{8.794 \times 10^9}{28 \times 10^9 \sqrt{10.8}} \\ &= 0.095568892 \text{ cm} \\ &= 0.9556 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dengan F : Fungsi logaritmik

Dari hasil fungsi logaritmik, dapat dilakukan perhitungan dimensi jari-jari *patch* :

$$\begin{aligned} a &= \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1.7726 \right] \right\}^{1/2}} \\ &= \frac{0,9556}{\left\{1 + \frac{2 \times (0.64 \times 10^{-3})}{\pi 10.8 \times 0,9556} \left[\ln \left(\frac{\pi \times 0,9556}{2 \times (0.64 \times 10^{-3})} \right) + 1.7726 \right] \right\}^{1/2}} \\ &= 0.8145 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, terdapat nilai dimensi jari-jari *patch* yang akan digunakan yaitu 0.8145 mm.

3.6.2 Dimensi Lebar dan Panjang Saluran Pencatu

Pada perancangan, saluran pencatu yang digunakan adalah mikrostrip *line* atau *stripline*. Saluran pencatu yang diharapkan pada perancangan ini adalah mendekati nilai impedansi masukan yaitu 50 Ω . Untuk mendapatkan nilai

impedansi tersebut dilakukan perhitungan lebar dari saluran pencatu menggunakan persamaan 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, dan 2.7 dengan nilai $Z_0 = 50\Omega$ dan $\epsilon_r = 10.8$.

$$B = \frac{60(\pi)^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{60(3,14)^2}{50\sqrt{10.8}} = 3.6002$$

Setelah didapatkannya nilai B yang merupakan besarnya impedansi pada saluran, maka lebar *stripline* adalah sebagai berikut dengan menggunakan persamaan 2.4.

$$\begin{aligned} Wf &= \frac{2(h)}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(2B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \\ &= \frac{2(0,64)}{3,14} \left\{ 3.60 - 1 - \ln(2(3.60) - 1) + \frac{10.8-1}{2(10.8)} \left[\ln(2(3.60) - 1) + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. 0,39 - \frac{0,61}{10.8} \right] \right\} \\ &= 0.716 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kemudian, untuk perhitungan panjang saluran pencatu menggunakan persamaan 2.5, persamaan 2.6, dan persamaan 2.7.

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{28 \times 10^9} = 0,0107 \text{ m} = 10.71 \text{ mm}$$

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{10.71}{\sqrt{10.8}} = 3.25 \text{ mm}$$

$$L_t = \frac{1}{4} \times \lambda_d = \frac{1}{4} \times 3.25 \text{ mm} = 0.8125 \text{ mm}$$

3.6.3 Dimensi Lebar dan Panjang Minimum Groundplane

Dalam perancangan antena mikrostrip, diperlukan perhitungan terhadap panjang dan lebar minimum *ground plane*. Perhitungan ini berfungsi sebagai acuan minimum *substrate* yang akan dibuat. Perhitungan panjang dan lebar minimum *substrate* dapat dilakukan menggunakan persamaan 2.8 dan 2.9.

$$\begin{aligned} \text{Lebar substrat } (W_s) &= 6h + R \\ &= 6 \times 0,64 + (0,8145) \text{ mm} \\ &= 4,6545 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang substrat } (L_s) = 6h + \frac{\pi}{2} R$$

$$= 6(0,64) + \frac{\pi}{2} (0,8145) \text{ mm}$$

$$= 5,1194 \text{ mm}$$

Pada dimensi groundplane memiliki ukuran panjang dan lebar menyesuaikan dimensi pada substrat, sedangkan pada ketebalannya groundplane sama dengan ketebalan patch yaitu 0,035 mm.

3.6.4 Dimensi Jarak Antar Elemen

Setelah didapatkan spesifikasi substrate sesuai perhitungan, dilakukan perancangan jarak antar elemen antenna pada bagian patch. Jarak antar elemen antenna dapat disimbolkan dengan D. Jarak antar elemen ini mempengaruhi koefisien korelasi pada antenna. sebagai syarat koefisien korelasi pada antenna MIMO menggunakan $\lambda/2$ yang didapatkan menggunakan persamaan 2.10.

λ = merupakan panjang gelombang yang terdapat diruang bebas.

$$D = \frac{\lambda}{2} = \frac{10,71 \text{ mm}}{2} = 5,355 \text{ mm}$$

Dengan demikian, untuk nilai D menggunakan persamaan 2.2 hasil yang didapat mendekati sesuai dengan perhitungan. Hasil yang didapatkan untuk menentukan jarak antar elemen patch antenna MIMO yang akan dirancang adalah 5.355 mm. Sehingga dari rumus dan perhitungan yang telah dilakukan dapat diringkas kedalam tabel rancangan dimensi antenna berikut ini :

Tabel 3. 2 Ukuran Dimensi Simulasi Antena Awal Sesuai Hasil Perhitungan

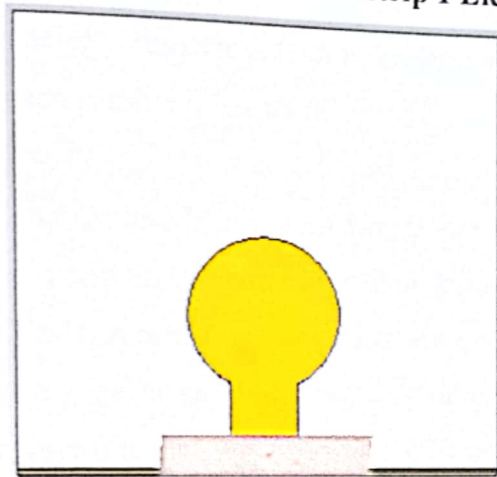
Dimensi	Keterangan	Ukuran (mm)
A	Jari-jari Dimensi Patch Circular	0,8145 mm
Tc	Tebal Copper Patch (Tembaga)	0,035 mm
Ws	Lebar Substrate	4,6545 mm
Ls	Panjang Substrate	5,1194 mm
Wg	Lebar Groundplane	4,6545 mm
Lg	Panjang Groundplane	5,1194 mm
h	Ketebalan Substrate	0,64 mm

ϵ_r	Konstanta Dielektrik Relatif	10,8
Wf	Lebar Stripline	0,7165 mm
Lf	Panjang Stripline	0,8125 mm

3.7 PERANCANGAN SIMULASI ANTENA SINGLE PATCH DAN MIMO 2x2

Pada penelitian yang dilakukan terdapat bentuk *circular patch* mikrostrip antenna yang akan dibuat. Simulasi rancangan antenna akan dilakukan secara bertahap yaitu mulai dari 1 elemen (*single patch*), MIMO 2x2 dan MIMO 4X4. Pada gambar 3.3 ditampilkan rancangan awal *circular patch* mikrostrip antenna berdasarkan ukuran dimensi perhitungan yang di tunjukan pada tabel 3.2.

3.7.1 Rancangan Dan Analisa Antena Mikrostrip 1 Elemen (*Single Patch*)



Gambar 3. 3 Dimensi Awal Antena Mikrostrip 1 Elemen

Pada gambar 3.3 diatas dapat dilihat rancangan awal simulasi dari perhitungan matematis dimensi awal simulasi 1 elemen (*single patch*) antenna mikrostrip dengan bentuk *patch circular* dimana dimensi perhitungan awal antenna dan sesudah iterasi saat ini Parameter-parameter yang akan diuji seperti berikut ini :

Tabel 3. 3 Dimensi Antena Mikrostrip Single Patch

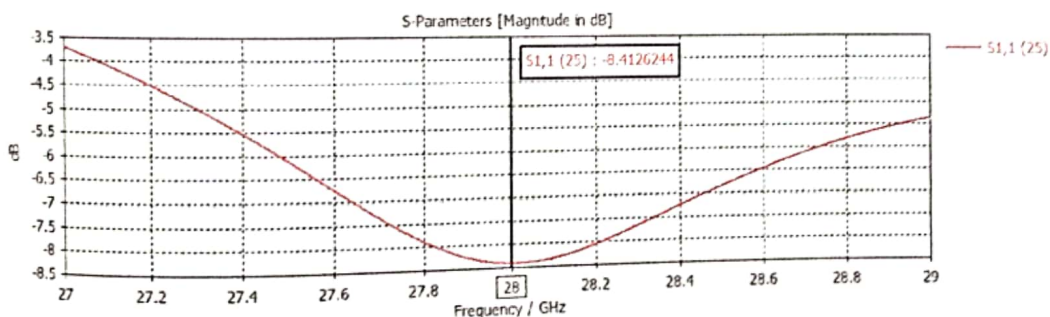
No.	Variabel	Keterangan	Nilai Perhitungan (mm)	Iterasi saat ini (mm)
1	a	Jari-jari patch circular	0,8145	1,469
2	Tc	Tebal Copper Patch (Tembaga)	0,035	0,035

3	Ws	Lebar Substrat		
4	Ls	Panjang Substrat	4,6545	4,6545
5	Wg	Lebar Groundplane	5,1194	5,1194
6	Lg	Panjang Groundplane	4,6545	4,6545
7	h	Ketebalan Substrat	5,1194	5,1194
8	ϵ_r	Konstanta Dielektrik Relatif	0,64	0,64
9	Wf	Lebar Feeder	10,8	10,8
10	Lf	Panjang Feeder	0,7165	0,42
			0,8125	0,95

Adapun hasil parameter-parameter antenna mikrostrip 1 elemen (*single patch*) yang dapat dianalisis pada gambar dibawah ini :

a. **Analisa *Return Loss* Antena Mikrostrip *Single Patch* Iterasi Saat Ini.**

Berdasarkan hasil perhitungan parameter dan kajian pustaka yang telah dilakukan, standarisasi nilai *return loss* yang dapat diterima bernilai ≤ -10 dB. Acuan frekuensi yang digunakan untuk menentukan nilai *return loss* pada hasil simulasi yaitu pada frekuensi tengah kinerja antenna sebesar 28 GHz.



Gambar 3. 4 Nilai *Return loss* *Circular Patch single patch* Berdasarkan Dimensi Iterasi Saat Ini

Pada Gambar 3.4 diatas ditunjukkan nilai *return loss* yang dihasilkan pada rancangan awal antenna mikrostrip 1 elemen (*single patch*) memiliki nilai *return loss* -8.41 dB, sehingga dikategorikan masih belum memenuhi standar *return loss* (≤ -10 dB). *Return loss* tersebut menggambarkan tingkat diskontinuitas atau tidak *matched* sebuah saluran transmisi yang berkesinambungan dengan parameter

koefisien refleksi (Γ), dan VSWR. Di mana nilai *return loss* di atas dihasilkan dari VSWR antenna sebesar 2.22 sehingga dikategorikan VSWR belum sesuai spesifikasi. Oleh karena itu antenna belum *match*, sedangkan untuk koefisien refleksi yang dimiliki antenna sebesar 0.380 diketahui dari persamaan 2.18 sebagai berikut :

$$RL = 20 \log |\Gamma|$$

$$-8.41 = 20 \log |\Gamma|$$

$$-0.42 = \log |\Gamma|$$

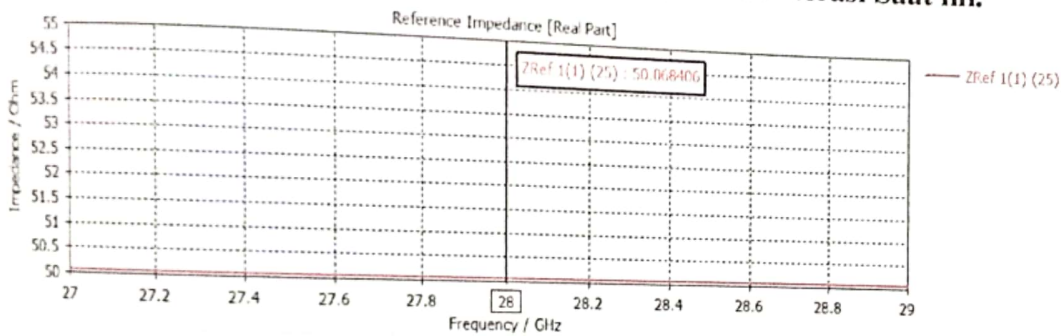
$$|\Gamma| = 10^{-0.42}$$

$$= 0.380$$

$$VSWR = \frac{1+|0.380|}{1-|0.380|}$$

$$= 2.22$$

b. Analisa Impedansi Antena Mikrostrip *Single Patch* Iterasi Saat ini.

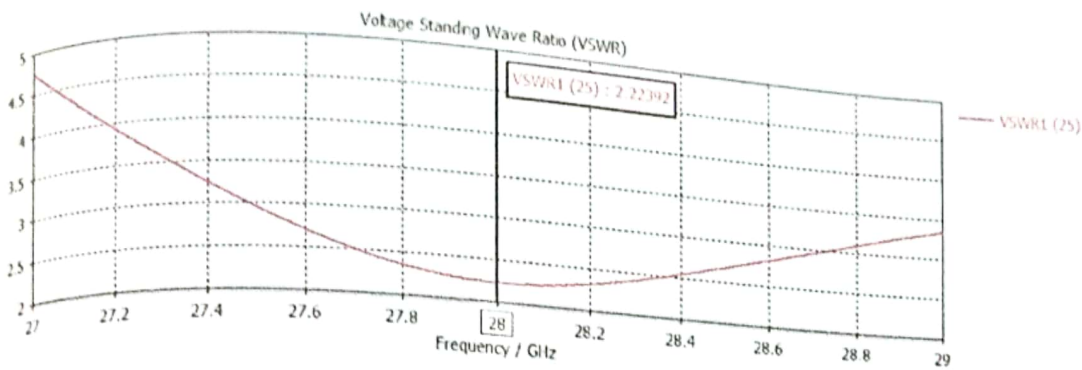


Gambar 3. 5 Nilai Impedansi *Circular Patch (single patch)* berdasarkan Iterasi Saat Ini

. Berdasarkan hasil simulasi yang ditunjukkan pada Gambar 3.5 dia atas, didapatkan nilai impedansi masukan antenna *circular patch* 1 elemen (*single patch*) pada frekuensi kerja 28 GHz yaitu 50 Ohm, sehingga sudah memenuhi spesifikasi.

c. Analisa VSWR Antena Mikrostrip *Single Patch* Iterasi Saat Ini.

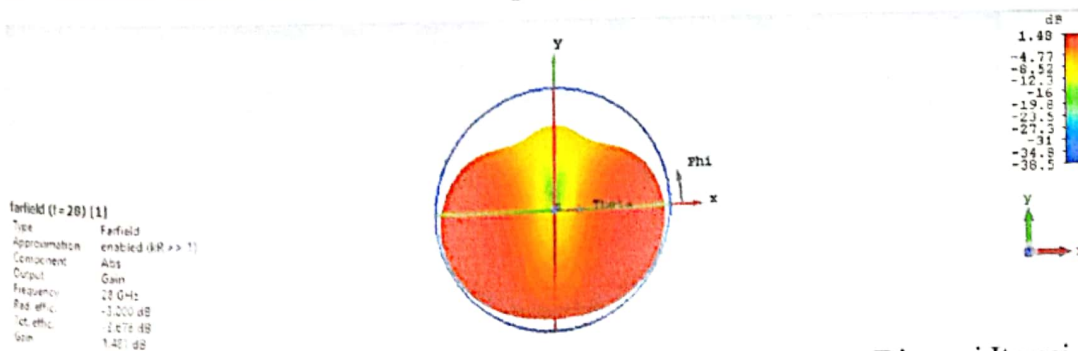
Berdasarkan hasil perhitungan parameter dan kajian pustaka yang telah dilakukan, standar nilai VSWR yang dapat diterima bernilai ≤ 2 . Acuan frekuensi yang digunakan untuk menentukan nilai VSWR pada hasil simulasi yaitu pada frekuensi tengah kinerja antenna sebesar 28 GHz.



Gambar 3. 6 Nilai VSWR *Circular Patch single patch* Berdasarkan Dimensi Iterasi Saat Ini.

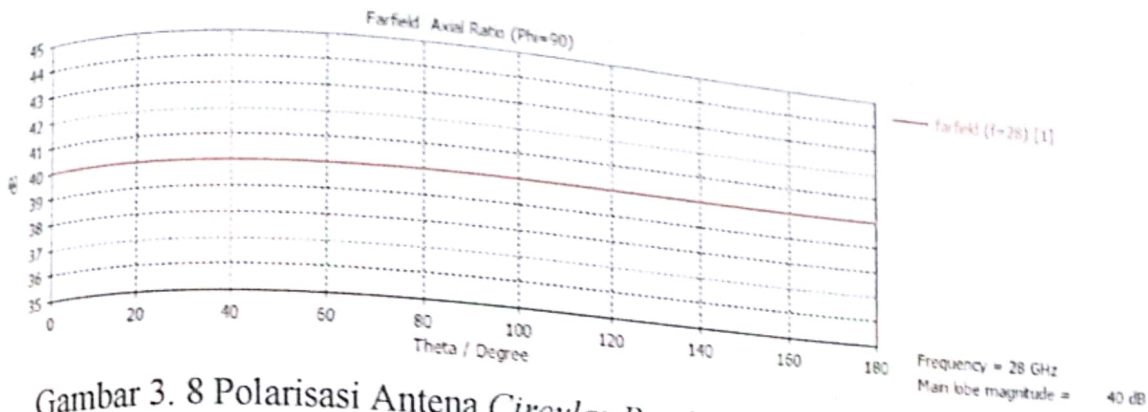
Berdasarkan hasil simulasi yang ditunjukkan pada Gambar 3.6 bahwa nilai VSWR dari rancangan *circular patch* awal sudah memenuhi frekuensi kerja akan tetapi masih belum memenuhi standar ($VSWR \leq 2$). Oleh karena itu, untuk nilai *bandwidth* antenna dapat dilihat dari grafik VSWR di atas, marker ketika $VSWR = 2$. Dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi berdasarkan ukuran dimensi awal antenna ini tidak memiliki *bandwidth*, dikarenakan rancangan ini masih belum memenuhi nilai standar parameter *return loss* dan VSWR.

d. Analisa *Gain* Antena Mikrostrip *Single Patch* Iterasi Saat Ini.



Gambar 3. 7 Nilai *Gain* pada *Single Patch* berdasarkan Ukuran Dimensi Iterasi Saat Ini.

Gambar 3.7 di atas menunjukkan perolehan nilai *gain* pada antenna *single patch*. Di mana pada frekuensi 28 GHz ini memiliki *gain* sebesar 1.48 dBi. Dari perolehan tersebut diketahui bahwa pada perancangan antenna *single patch* belum memenuhi *gain* antenna ($gain \geq 8$ dBi).

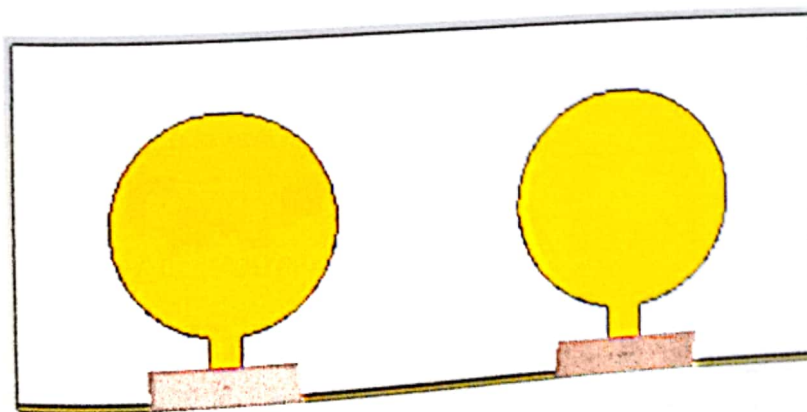


Gambar 3. 8 Polarisasi Antena *Circular Patch* Berdasarkan Ukuran Dimensi Iterasi Saat Ini.

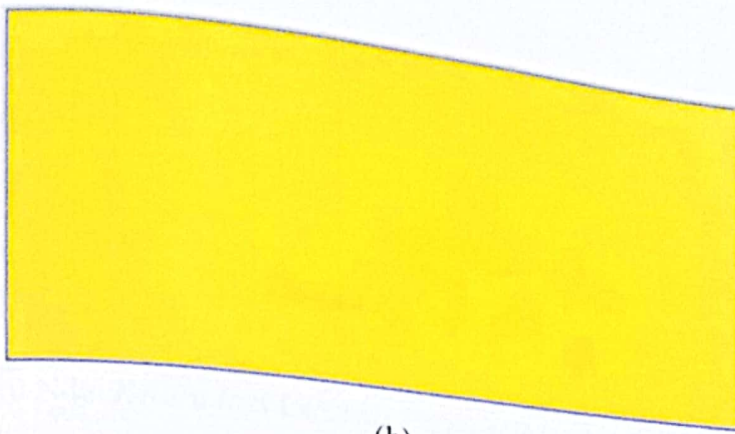
Pada Gambar 3.8 menunjukkan nilai *axial ratio* yang dihasilkan pada simulasi perancangan antena *circular patch single patch* dimana frekuensi kerja 28 GHz antena memiliki nilai *axial ratio* sebesar 40 dB sehingga diketahui pada simulasi antena ini menghasilkan polarisasi linier.

3.7.2 Rancangan Dan Analisa Antena Mikrostrip MIMO 2x2

Perancangan antena mikrostrip 1 elemen (*single patch*) dilanjutkan ke antena mikrostrip MIMO 2x2, dengan cara menyalin serta mentransform komponen dari 1 elemen (*single patch*) menjadi MIMO 2x2 sehingga menghasilkan antena MIMO 2x2 yang identik dengan memperlihatkan jarak antar elemen sejauh $(d) = \frac{\lambda}{2} = 5.355 \text{ mm}$. Metode yang digunakan pada perancangan simulasi antena mikrostrip MIMO 2x2 ini dengan metode yang digunakan pada perancangan simulasi sebelumnya, hanya memperbanyak jumlah patch menjadi 2 buah.



(a)



(b)

Gambar 3. 9 Desain Antena Mikrostrip MIMO 2x2 (a) Dimensi sesuai iterasi (b) Dimensi Tampak Belakang.

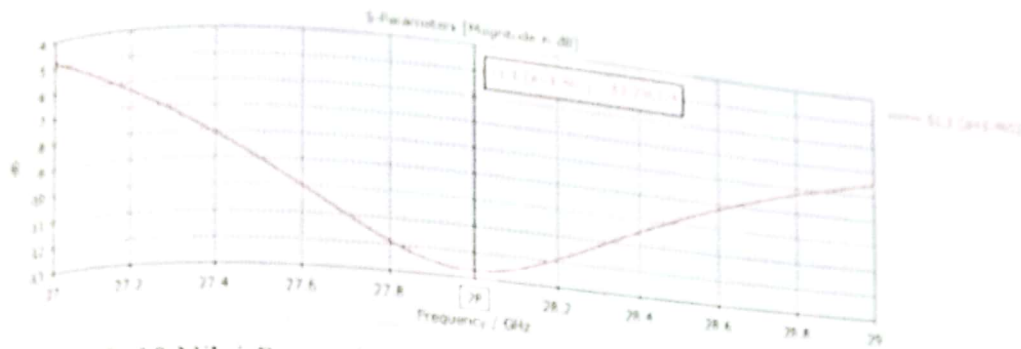
Perancangan antena MIMO 2x2 pada skripsi ini disusun secara linear menggunakan metode pencatutan langsung. Sedangkan untuk impedansinya menggunakan impedansi mencakup 50Ω . Hasil simulasi akhir antena mikrostrip MIMO 2x2 didapatkan dimensi *patch* meliputi jari-jari (a) sebesar 0,8145 mm dan 1,465 mm dan dimensi lebar saluran pencatu (W_f) sebesar 0,7165 mm dan 0,42 mm.

Tabel 3. 4 Dimensi Antena Mikrostrip MIMO 2x2

No.	Parameter	Nilai Perhitungan (mm)	Iterasi Saat Ini (mm)
1	Jari-jari patch (a)	0,8145	1,465
2	Lebar Feed line (W_f)	0,7165	0,42
3	Panjang Feed line (L_f)	0,8125	0,95
4	Lebar Subtrat (W_s)	4,654	4,654
5	Panjang Subtrat (L_s)	5,119	5,119

a. **Analisa *Return Loss* Antena Mikrostrip MIMO 2x2 Iterasi Saat Ini.**

Berdasarkan hasil perhitungan parameter nilai *return loss* yang dapat diterima bernilai ≤ -10 dB. Acuan frekuensi yang digunakan untuk menentukan nilai *return loss* pada hasil simulasi yaitu pada frekuensi tengah kinerja antena sebesar 28 GHz.



Gambar 3. 10 Nilai *Return loss* Circular Patch MIMO 2x2 Berdasarkan Dimensi Iterasi Saat Ini

Pada Gambar 3.10 diatas ditunjukkan nilai *return loss* yang dihasilkan pada perancangan mikrostrip MIMO 2x2 ukuran dimensi iterasi saat ini yaitu -12.73 dB saat ini sudah memenuhi standar *return loss* yaitu dikarenakan pada *return loss* tersebut menggambarkan tingkat diskontinuitas atau *matching*-nya sebuah saluran transmisi yang berkesinambungan dengan parameter VSWR, dimana diketahui perolehan nilai *return loss* pada *single patch* sebesar -12.73 dB di karenakan memiliki nilai VSWR sebesar 1.6 serta diketahui memiliki koefisien refleksi (Γ) sebesar 0.234 diketahui dari persamaan 2.18 sebagai berikut :

$$RL = 20 \log |\Gamma|$$

$$-12.73 = 20 \log |\Gamma|$$

$$-0.63 = \log |\Gamma|$$

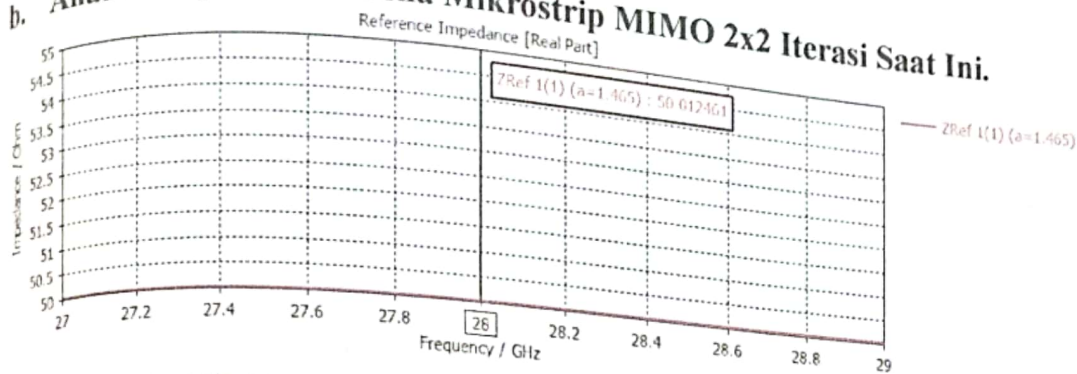
$$|\Gamma| = 10^{-0.63}$$

$$= 0.234$$

$$VSWR = \frac{1+|0.234|}{1-|0.234|}$$

$$= 1.6$$

b. Analisa Impedansi Antena Mikrostrip MIMO 2x2 Iterasi Saat Ini.

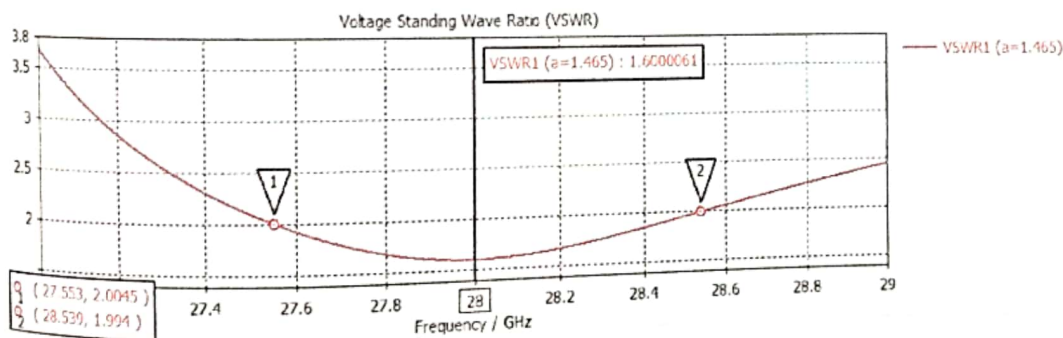


Gambar 3. 11 Nilai Impedansi *Circular Patch* MIMO 2x2 Berdasarkan Dimensi Iterasi Saat Ini

Pada Gambar 3.11 di atas didapatkan nilai impedansi masukan antena mikrostrip *circular patch* MIMO 2x2 pada frekuensi kerja 28 GHz yaitu 50 Ohm.

c. Analisa VSWR Antena Mikrostrip MIMO 2x2 Iterasi Saat Ini.

Berdasarkan hasil perhitungan parameter dan kajian pustaka yang telah dilakukan, standar harga nilai VSWR yang dapat diterima bernilai ≤ 2 . Acuan frekuensi yang digunakan untuk menentukan nilai VSWR pada hasil simulasi yaitu pada frekuensi tengah kinerja antena sebesar 28 GHz.



Gambar 3. 12 Nilai VSWR *Circular Patch* MIMO 2x2 Berdasarkan Dimensi Iterasi Saat Ini

Pada Gambar 3.12 ditunjukkan bahwa nilai VSWR hasil simulasi untuk rentang frekuensi 27 GHz – 29 GHz dengan frekuensi kerja 28 GHz pada rancangan *circular patch* mikrostrip MIMO 2x2 sudah memenuhi syarat VSWR. Adapun hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 3.12 mikrostrip MIMO 2x2 memiliki VSWR sebesar 1.6 dikarenakan pada saat itu daya yang diterima mencapai daya maksimum

pada antenna. hasil yang didapat sudah mendekati nilai optimum sehingga sudah memenuhi syarat awal yaitu $VSWR \leq 2$, parameter lain pada s-parameter yang saling berpengaruh sehingga menghasilkan perolehan VSWR seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.12 di atas.

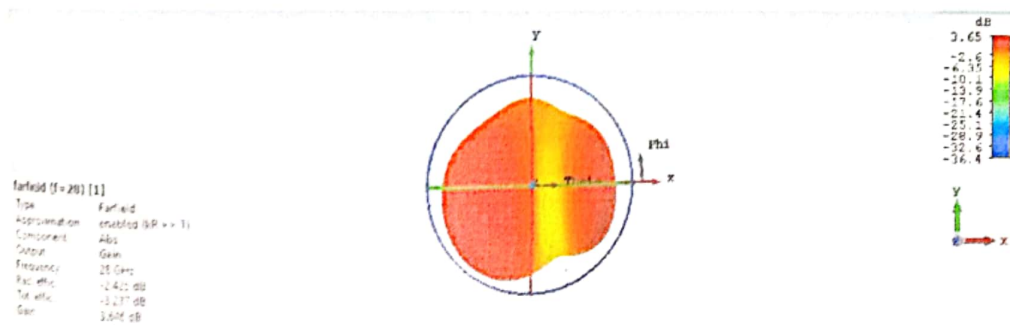
Nilai *bandwidth* antenna mengacu pada hasil VSWR yang ditunjukkan pada Gambar 3.12 di mana perolehan *bandwidth* antenna dapat di hitung melalui persamaan (2.16) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Bandwidth} &= F_h - F_l \\ &= 28.539 - 27.553 \\ &= 986 \text{ MHz} \end{aligned}$$

Persentase yang diperoleh pada *Bandwidth* 986 Mhz dapat di hitung melalui persamaan (2.16) :

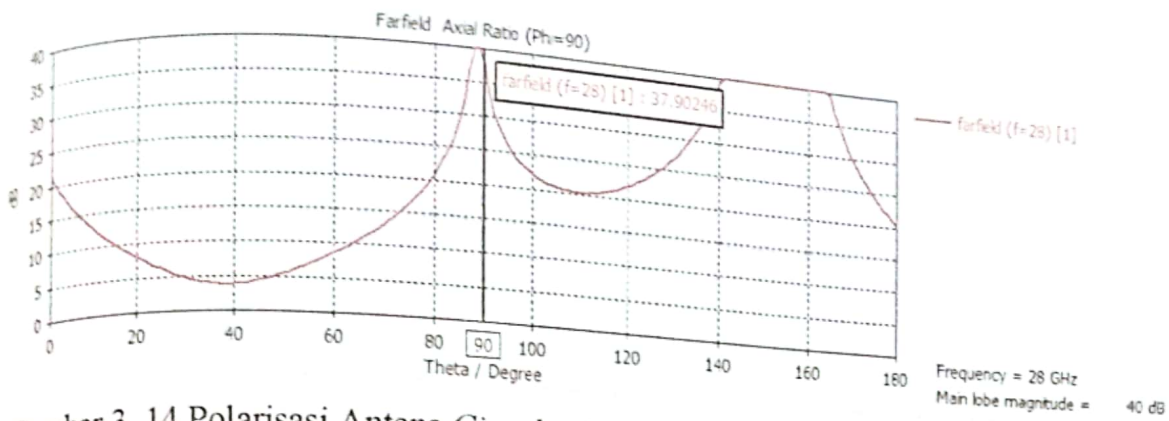
$$\begin{aligned} \text{Bandwidth} &= \frac{f_h - f_l}{f_c} \times 100 \% \\ &= \frac{28.539 - 27.553}{28} \times 100 \% \\ &= 3.52 \% \end{aligned}$$

d. Analisa Gain Antena Mikrostrip MIMO 2x2 Iterasi Saat Ini.



Gambar 3. 13 Nilai *Gain Circular Patch* MIMO 2x2 Berdasarkan Dimensi Iterasi Saat Ini.

Pada Gambar 3.13 menunjukkan perolehan *gain* antenna, di mana pada frekuensi 28 GHz antenna mikrostrip MIMO 2x2 memiliki *gain* dari hasil simulasi sebesar 3,646 dB. Hasil tersebut menunjukkan terdapat kenaikan *gain* sebesar 2,165 dBi, namun hasil tersebut masih belum memenuhi spesifikasi *gain* antenna yang diharapkan ($gain \geq 8 \text{ dBi}$).



Gambar 3. 14 Polarisasi Antena *Circular Patch* MIMO 2x2 Berdasarkan Ukuran Dimensi Iterasi Saat Ini.

Gambar 3.14 di atas menunjukkan perolehan nilai *axial ratio* yang dihasilkan pada simulasi perancangan antena *circular patch* MIMO 2x2 berdasarkan ukuran dimensi iterasi saat ini, di mana pada frekuensi kerja 28 GHz memiliki *axial ratio* sebesar 37.90 dB sehingga diketahui polarisasi yang dimiliki rancangan ini yaitu polarisasi linier.