

BAB IV

PERANCANGAN DAN ANALISIS HASIL SIMULASI ANTENA MIKROSTRIP RECTANGULAR PATCH DOUBLE SLOT

4.1 Tinjauan Umum

Pada skripsi ini akan dirancang antena mikrostrip *rectangular patch* dengan penambahan *double slot* pada bagian *patch* untuk mendapatkan karakteristik antena yang telah ditentukan. Keuntungan rancangan antena ini adalah desain yang sederhana dan mudah untuk difabrikasi.

Beberapa tahapan dalam perancangan antena ini, diantaranya adalah penentuan jenis dan spesifikasi bahan substrat, penentuan dimensi antena, saluran transmisi, *patch*, *slot*, dan *ground plane*. Kemudian dilakukan simulasi dengan simulator CST 2014 untuk mengetahui kinerja antena. Jika kinerja antena belum menunjukkan hasil yang sesuai dengan yang diinginkan, maka dilakukan proses optimasi untuk meningkatkan performansi antena.

4.2 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor

Beberapa macam substrat dapat digunakan dalam pembuatan antena mikrostrip, konstanta dielektrik substrat tersebut bernilai pada *range* $2,2 \leq \epsilon_r \leq 12$. Substrat yang tebal dan memiliki konstanta dielektrik yang rendah akan menghasilkan efisiensi yang lebih bagus dan *bandwidth* yang lebih lebar (Balanis, 2005:812).

Dalam perancangan antena mikrostrip, perlu diketahui terlebih dahulu mengenai jenis dan spesifikasi bahan substrat yang digunakan. Jenis dan spesifikasi bahan substrat yang digunakan adalah sebagai berikut:

a. Bahan Epoxy fiberglass – FR 4

- konstanta dielektrik (ϵ_r) = 3,9
- ketebalan lapisan dielektrik (h) = 1,6 mm
- *loss tangent* ($\tan \delta$) = 0,0018

b. Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga:

- ketebalan bahan konduktor (t) = 0,1 mm
- konduktivitas tembaga (σ) = $5,8 \times 10^{-7}$ mho m⁻¹

c. Impedansi karakteristik saluran = 50 Ω

4.3 Perencanaan Dimensi Antena

Antena yang akan dirancang pada skripsi ini adalah antena mikrostrip *rectangular patch double slot* dengan frekuensi kerja 2,4 GHz yang merupakan pengembangan dari antena mikrostrip sebelumnya (Gede Surya, 2014). Untuk perancangan dimensi antena digunakan perhitungan menggunakan Persamaan (2-16) sampai (2-23), sehingga diperoleh hasil-hasil sebagai berikut:

a. Perencanaan dimensi lebar *patch*

Adapun hasil perhitungan lebar *patch* diperoleh menggunakan Persamaan (2-16). Sehingga didapat lebar *patch* adalah:

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{(\epsilon_r + 1)}{2}}} = \frac{30}{2(2,4) \sqrt{\frac{(3,9 + 1)}{2}}} = 3,9 \text{ cm}$$

b. Perencanaan dimensi panjang *patch*

Hasil perhitungan panjang *patch* diperoleh menggunakan Persamaan (2-17) sampai (2-20). Sehingga didapat panjang *patch* adalah:

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$\epsilon_e = \frac{3,9 + 1}{2} + \frac{3,9 - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{0,16}{3,9}\right)^{-\frac{1}{2}} = 3,19$$

$$\frac{\Delta L}{h} = 0,412 \frac{(\epsilon_e + 0,3) \left[\frac{W}{h} + 0,264\right]}{(\epsilon_e - 0,258) \left[\frac{W}{h} + 0,813\right]}$$

$$\Delta L = 0,16 \times 0,412 \frac{(3,19 + 0,3) \left[\frac{3,9}{0,16} + 0,264\right]}{(3,19 - 0,258) \left[\frac{3,9}{0,16} + 0,813\right]} = 0,07664 \text{ cm}$$

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_e}} + 2\Delta L = \frac{30}{2(2,4) \sqrt{3,19}} + 2(0,07664) = 3,652 \text{ cm}$$

c. Perencanaan dimensi saluran transmisi

Untuk menghitung dimensi saluran transmisi menggunakan persamaan (2-21) dan (2-22). Adapun hasil perhitungannya adalah:

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{60 \times 3,14^2}{50 \sqrt{3,9}} = 5,991$$

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

$$W = \frac{2 \times 1,6}{3,14} \left\{ 5,991 - 1 - \ln(2 \times 5,991 - 1) + \frac{3,9 - 1}{2 \times 3,9} \left[\ln(5,991 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{3,9} \right] \right\}$$

$$W = 1,019 \{ 4,991 - \ln(10,982) + 0,371[\ln(4,991) + 0,233] \}$$

$$W = 1,019 \{ 4,991 - 2,396 + 0,371[1,607 + 0,233] \}$$

$$W = 1,019 \{ 2,595 + 0,371[1,84] \}$$

$$W = 1,019 \{ 2,595 + 0,371[1,84] \} = 2,71 \text{ mm}$$

d. Perencanaan dimensi *ground plane*

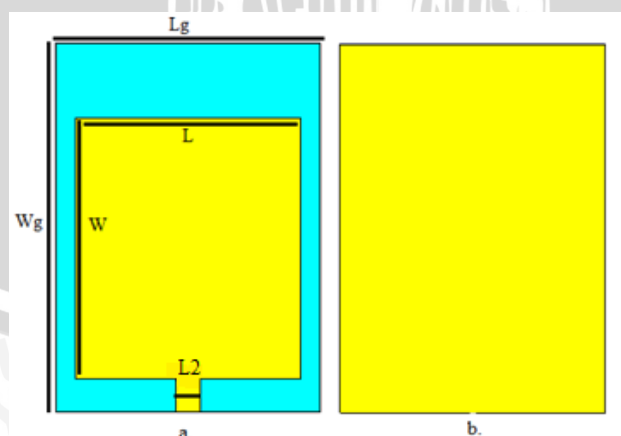
Hasil perhitungan dimensi *ground plane* didapat menggunakan Persamaan (2-23).

Sehingga didapat hasilnya:

$$Ag = 6t + a = 6 \times 0,1 + 3,35 = 3,95 \text{ cm}$$

4.4 Simulasi dan Optimasi Antena Mikrostrip *Rectangular Patch Double Slot*

Perancangan antena mikrostrip dilakukan secara sistematis berdasar pada referensi yang diperoleh dari hasil studi literatur. Setelah didapatkan dimensi antena, kemudian dilakukan proses simulasi untuk mengetahui kinerja antena berdasarkan parameternya. Simulasi dilakukan menggunakan simulator CST 2014. Berikut ini adalah dimensi antena berdasarkan dari perhitungan dan hasil studi literatur.

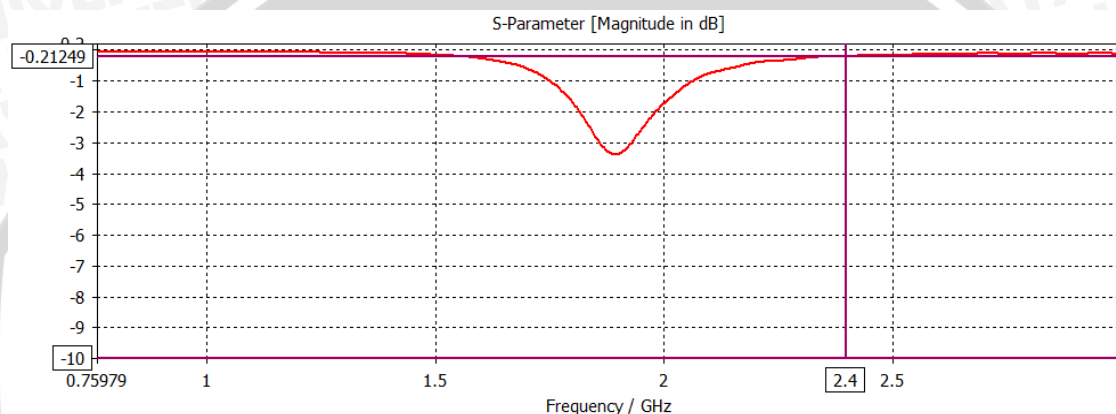


Gambar 4.1 Dimensi antena mikrostrip *rectangular patch* (sebelum optimasi).
(a) tampak depan; (b) tampak belakang

Tabel 4.1 Spesifikasi dimensi antenna mikrostrip *rectangular patch* (sebelum optimasi)

Lambang Dimensi	Nama Dimensi	Ukuran (mm)
Lg	Panjang <i>ground plane</i>	39,5
Wg	Lebar <i>ground plane</i>	55
L	Panjang <i>patch</i>	33,5
W	Lebar <i>patch</i>	39
L2	Lebar saluran transmisi	2,71

Setelah disimulasi dengan menggunakan simulator CST 2014, didapatkan hasil *return loss* (S-Parameter) seperti pada Gambar 4.2



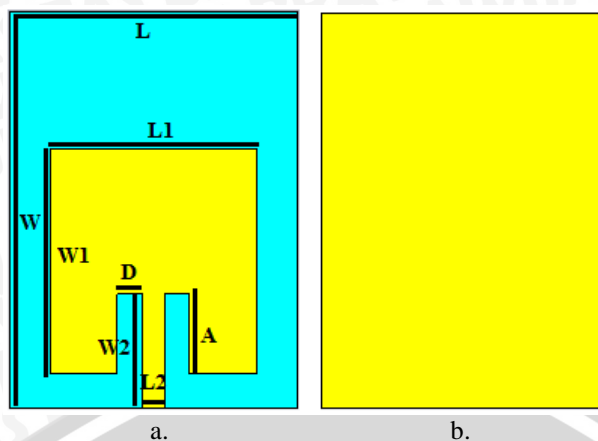
Gambar 4.2 Grafik *return loss* terhadap frekuensi (sebelum optimasi)

Hasil simulasi S-Parameter pada Gambar 4.2 menunjukkan antenna belum memenuhi syarat untuk difabrikasi, karena pada frekuensi 2,4 GHz nilai *return loss* adalah -0,21249 dB sedangkan syarat untuk antenna difabrikasi adalah nilai *return loss* ≤ -10 dB. Sehingga masih perlu dilakukan proses optimasi untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

4.4.1 Optimasi Dimensi *Rectangular Patch*

Optimasi dilakukan dengan mengubah dimensi *patch* dan menambahkan *double slot* pada *patch* antenna untuk mendapatkan hasil yang diinginkan pada frekuensi kerja 2,4 GHz. Berikut bentuk dan spesifikasi dimensi antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* yang telah dioptimasi.





Gambar 4.3 Dimensi antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* (setelah optimasi). (a) tampak depan; (b) tampak belakang

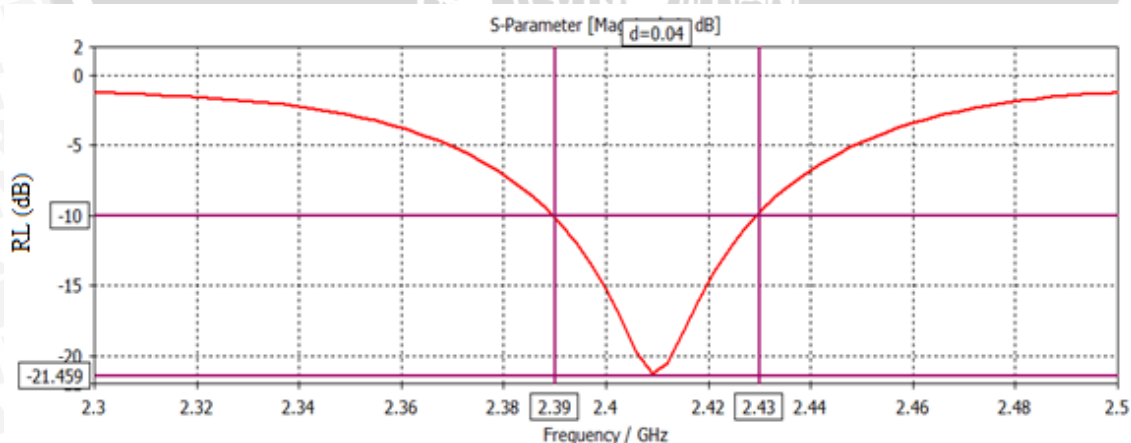
Tabel 4.2 Spesifikasi dimensi antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* (setelah optimasi)

Lambang Dimensi	Nama Dimensi	Ukuran (mm)
L	Panjang <i>ground plane</i>	40
L1	Panjang <i>patch</i>	28,6
L2	Lebar saluran transmisi	3,1
W	Lebar <i>ground plane</i>	55
W1	Lebar <i>patch</i>	31,1
W2	Panjang saluran transmisi	15,9
D	Panjang <i>slot</i>	3,45
A	Lebar <i>slot</i>	11

Dengan dimensi tersebut, antenna kembali disimulasikan sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

a. *Bandwidth* (*Return Loss* dan *VSWR*)

- *Return Loss*



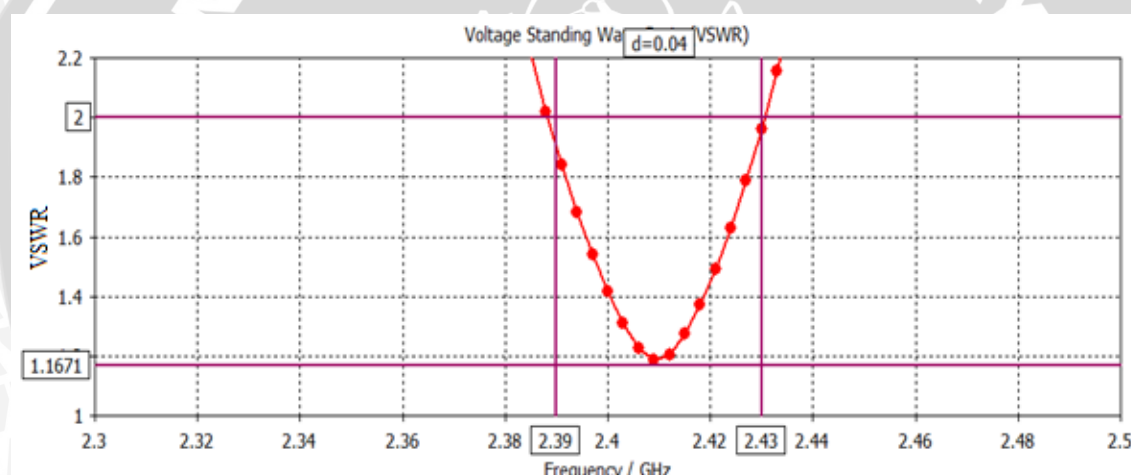
Gambar 4.4 Grafik simulasi *return loss* antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi (setelah optimasi)

Tabel 4.3 Nilai *return loss* antena mikrostrip *rectangular patch double slot*

Frekuensi (GHz)	Return Loss (dB)
2,39	-10,189874
2,4	-15,26286
2,41	-21,071743
2,42	-14,753771
2,43	-10,988767

Hasil simulasi antena yang telah dioptimasi menunjukkan bahwa antena memiliki nilai *return loss* ≤ -10 dB pada rentang frekuensi 2,39 – 2,43 GHz. Dari rentang frekuensi tersebut dapat dihitung nilai *bandwidth* dengan mengurangkan frekuensi *upper* dengan frekuensi *lower* yaitu 0,04 GHz.

- VSWR



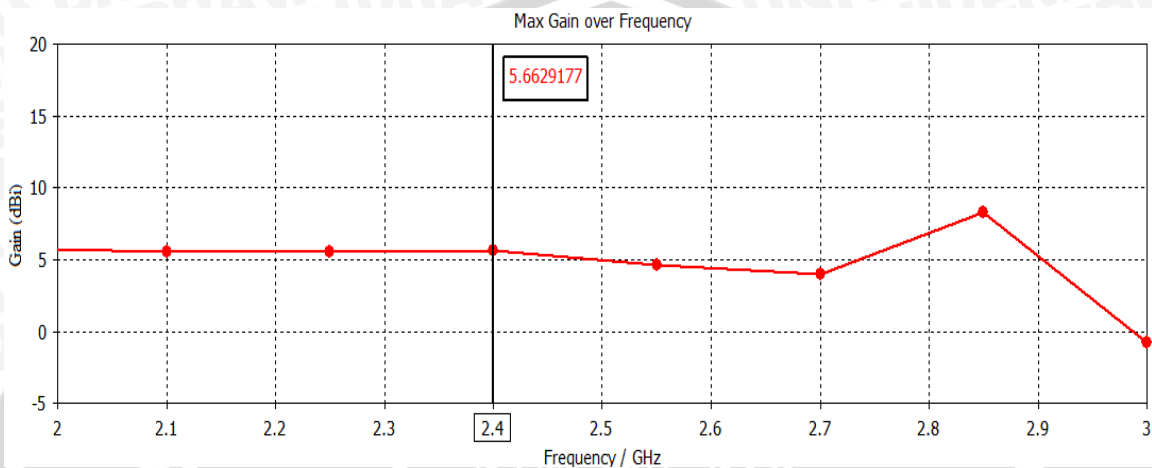
Gambar 4.5 Grafik simulasi VSWR antena mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi (setelah optimasi)

Tabel 4.4 Nilai VSWR antena mikrostrip *rectangular patch double slot*

Frekuensi (GHz)	VSWR
2,39	1,9007367
2,4	1,4169981
2,41	1,1941159
2,42	1,452282
2,43	1,9605762

Hasil simulasi VSWR antenna yang telah dioptimasi menunjukkan bahwa antenna memenuhi syarat perancangan dengan nilai $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$ pada rentang frekuensi 2,39 – 2,43 GHz. Dari rentang frekuensi tersebut dapat dihitung nilai *bandwidth* dengan mengurangkan frekuensi *upper* dengan frekuensi *lower* yaitu 0,04 GHz.

b. *Gain*



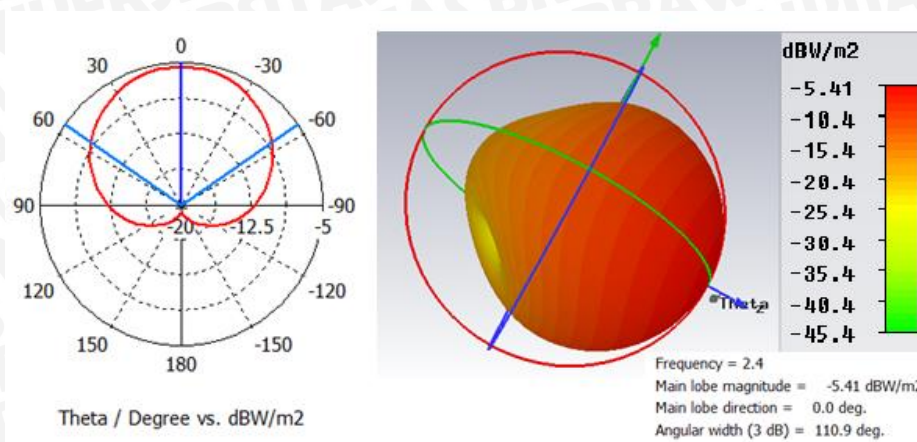
Gambar 4.6 Grafik simulasi *gain* antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi (setelah optimasi)

Tabel 4.5 Nilai *gain* antenna mikrostrip *rectangular patch double slot*

Frekuensi (GHz)	<i>Gain</i> (dBi)
2,39	5,6548343
2,4	5,6629177
2,41	5,591001
2,42	5,5190843
2,43	5,4471676

Hasil simulasi *gain* antenna yang telah dioptimasi menunjukkan bahwa nilai *gain* pada rentang frekuensi 2,39 – 2,43 GHz menunjukkan nilai positif. Nilai *gain* mencapai 5,6621977 dBi pada frekuensi 2,4 GHz. Hal ini menunjukkan bahwa antenna sudah memenuhi syarat perancangan.

c. Pola radiasi



a. b.
Gambar 4.7 Simulasi pola radiasi antenna mikrostrip *rectangular patch double slot*. (a) Diagram polar; (b) Diagram 3D polar

Hasil simulasi pola radiasi antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* pada frekuensi 2,4 GHz menunjukkan bahwa antenna tersebut memiliki pola radiasi *directional* dengan arah pancar radiasi maksimum satu arah dan nilai *main lobe magnitude* terbesar adalah -5,41 dBW/m²

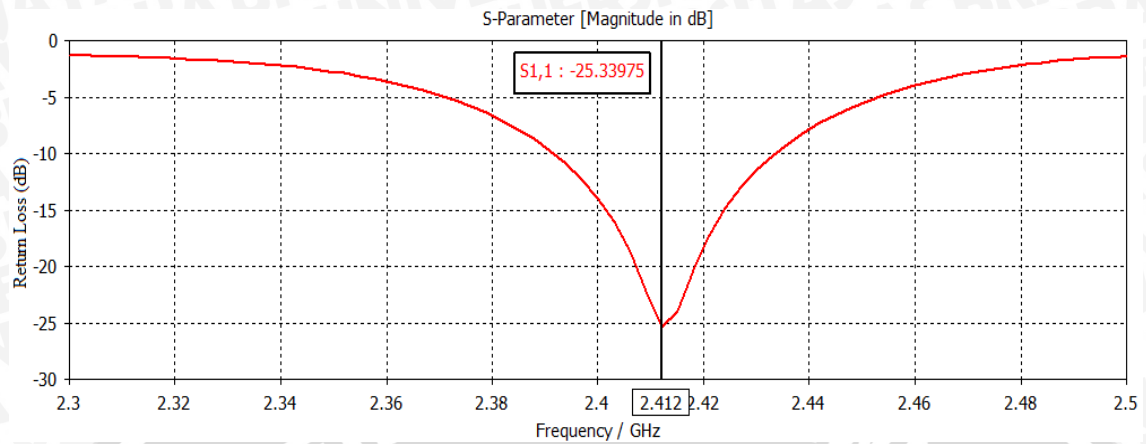
4.5 Simulasi Antena Mikrostrip *Rectangular Patch Double Slot* terhadap Pengaruh Perubahan Temperatur

Setelah didapatkan konfigurasi dimensi antenna mikrostrip yang sesuai dan menunjukkan hasil kinerja yang baik, selanjutnya akan disimulasikan kembali dengan memberikan variasi temperatur pada antenna. Temperatur yang diberikan mulai pada suhu 20 °C, 27 °C, 30 °C, 40 °C, dan 50 °C. Kemudian dianalisis beberapa parameter antenna tersebut terhadap pengaruh perubahan temperatur diantaranya *return loss*, VSWR, frekuensi resonansi, *bandwidth*, *gain*, dan pola radiasi.

4.5.1 Simulasi Antena Mikrostrip *Rectangular Patch Double Slot* pada suhu 20°C

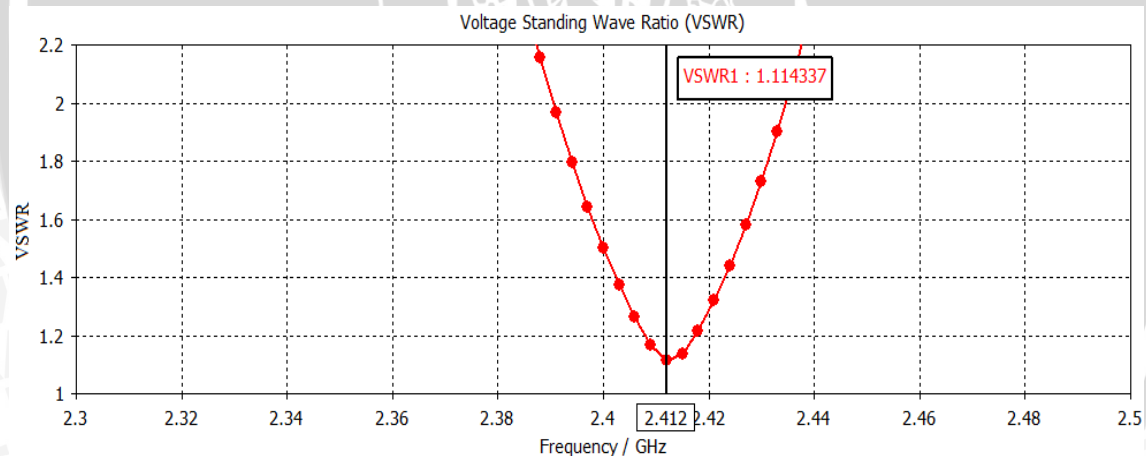
a. Frekuensi Resonansi (*Return Loss* dan VSWR)

- *Return Loss*



Gambar 4.8 Grafik simulasi *return loss* antena mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 20°C

- VSWR

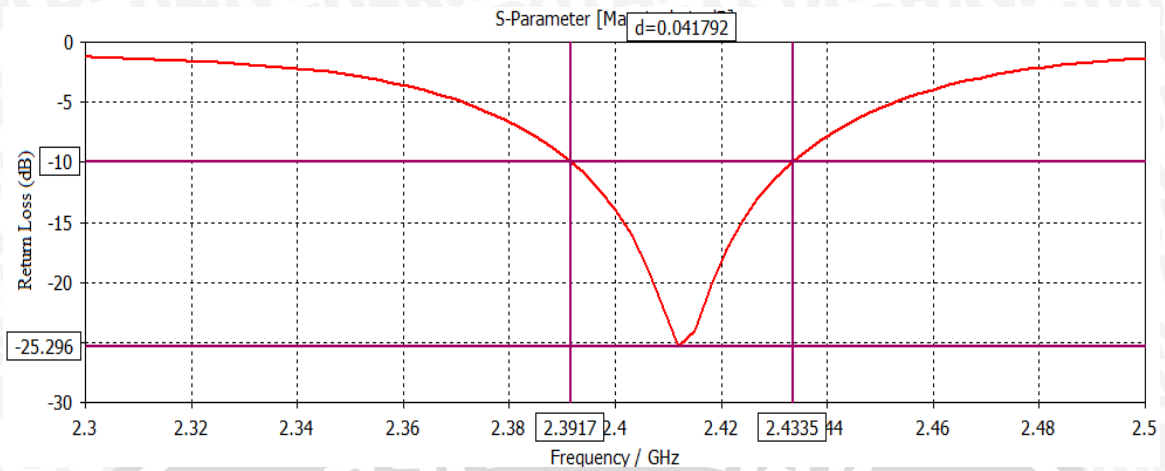


Gambar 4.9 Grafik simulasi VSWR antena mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 20°C

Frekuensi resonansi dapat ditentukan melalui simulasi *return loss* dan VSWR. Gambar 4.8 menunjukkan bahwa *return loss* terbaik terdapat pada frekuensi 2,412 GHz dengan nilai -25,33975 dB. Sedangkan pada Gambar 4.9 juga menunjukkan bahwa nilai VSWR terbaik senilai 1,114337 berada pada frekuensi 2,412 GHz. Dari kedua grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa frekuensi resonansi antena pada suhu 20°C adalah 2,412 GHz.

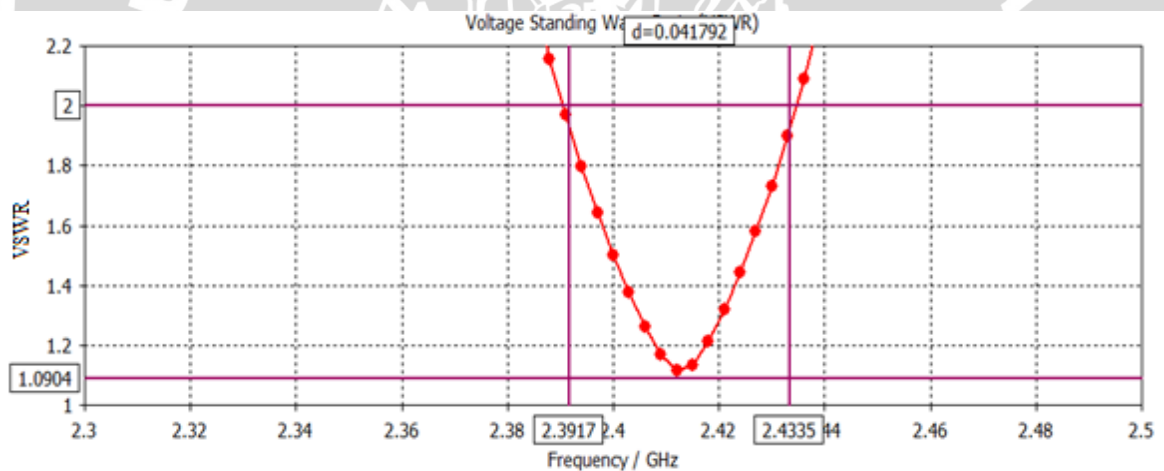
b. *Bandwidth* (*return loss* dan *VSWR*)

- *Return Loss*



Gambar 4.10 Grafik simulasi *return loss* antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 20°C

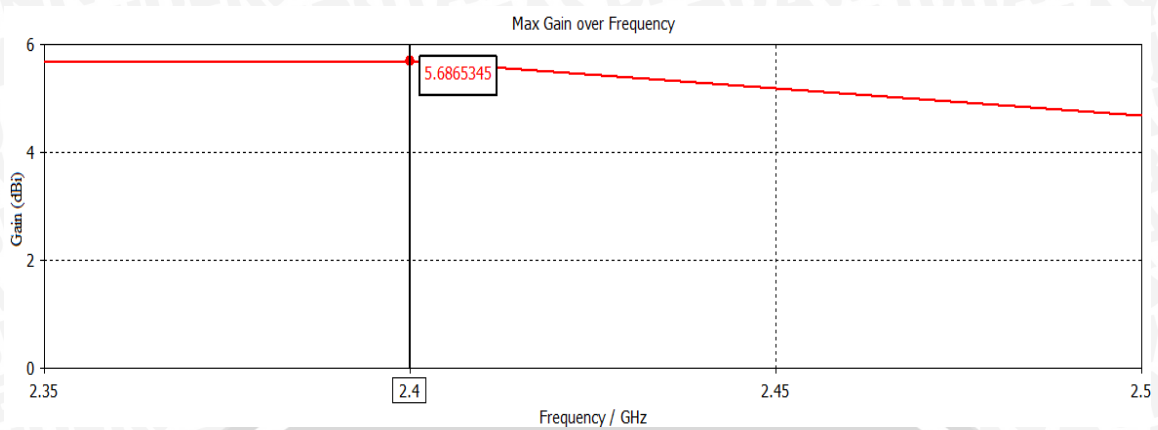
- *VSWR*



Gambar 4.11 Grafik simulasi *VSWR* antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 20°C

Bandwidth juga dapat ditentukan lebarnya dari grafik hasil simulasi *return loss* dan *VSWR* (Gambar 4.10 dan Gambar 4.11). Dari kedua grafik tersebut lebar *bandwidth* dapat ditentukan nilainya, yaitu 0,041792 GHz. Dengan rentang frekuensi 2,3917 GHz – 2,4335 GHz. Jadi antenna tersebut masih dapat bekerja secara optimal pada frekuensi 2,4GHz dengan suhu 20°C.

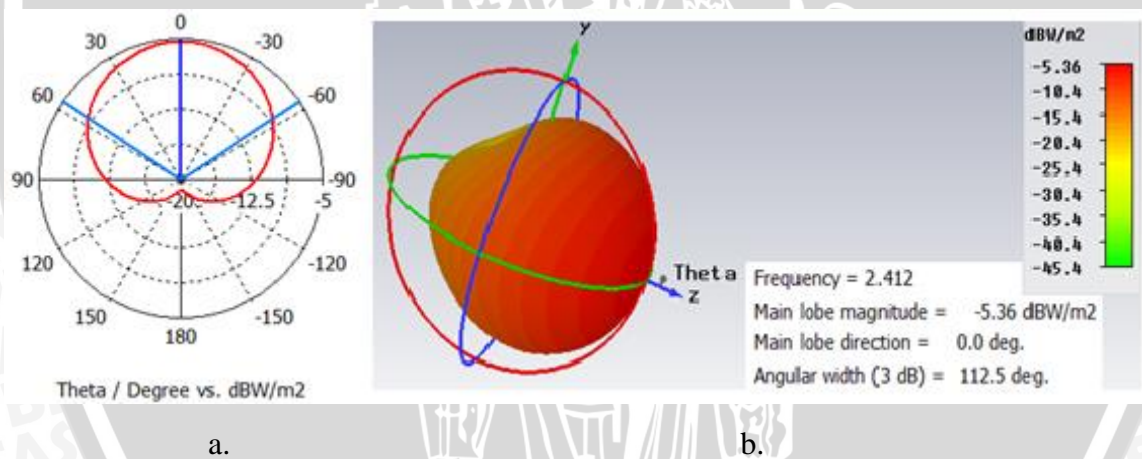
c. Gain



Gambar 4.12 Grafik simulasi gain antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 20°C

Hasil simulasi gain antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* pada suhu 20°C, menunjukkan nilai positif yaitu 5,6865345 dBi pada frekuensi 2,4 GHz.

d. Pola radiasi



Gambar 4.13 Simulasi pola radiasi antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* pada suhu 20°C. (a)

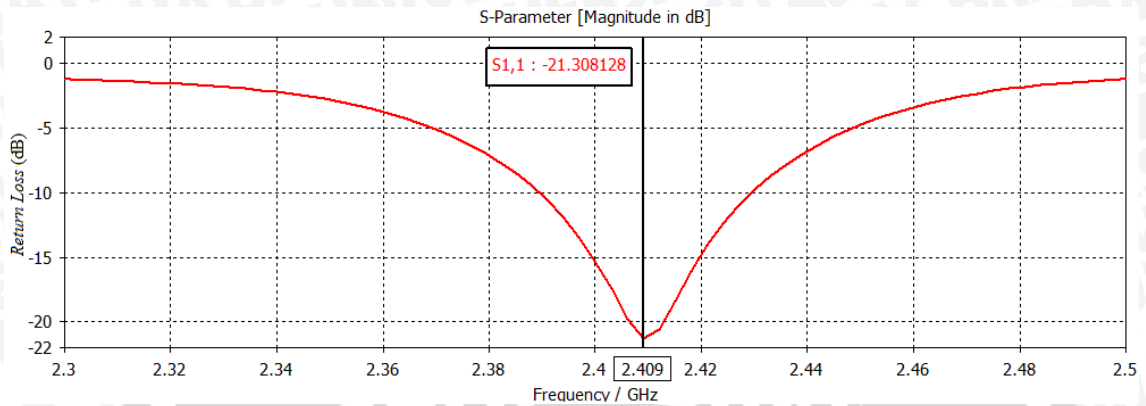
Diagram polar; (b) Dimensi 3D polar

Hasil simulasi pola radiasi antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* dengan suhu 20°C pada frekuensi 2,412 GHz menunjukkan bahwa antenna tersebut memiliki pola radiasi *directional* dengan arah pancar radiasi maksimum satu arah dan nilai *main lobe magnitude* terbesar yaitu -5,36 dBW/m².

4.5.2 Simulasi Antena Mikrostrip *Rectangular Patch Double Slot* pada suhu 27°C

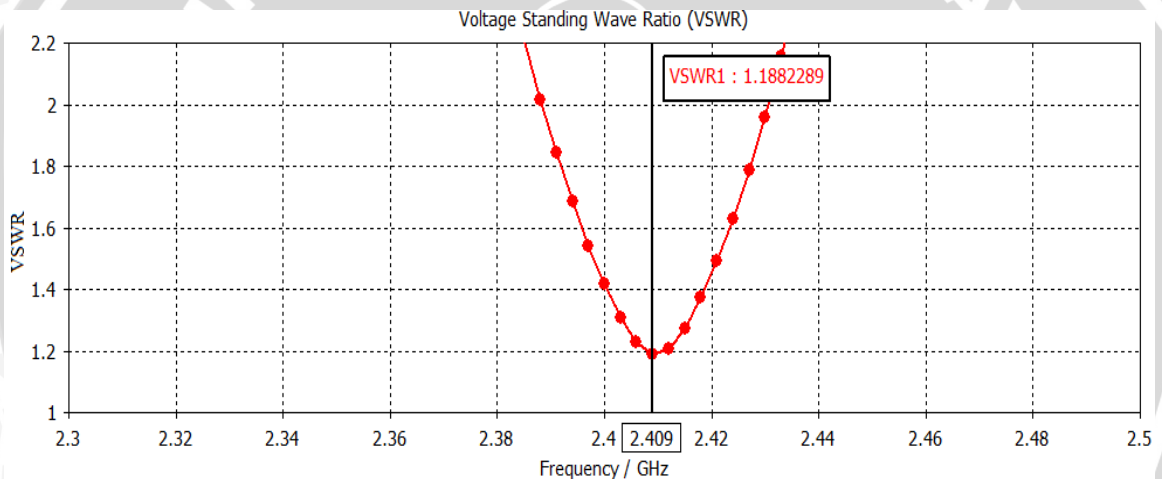
a. Frekuensi Resonansi (*Return Loss* dan *VSWR*)

- *Return Loss*



Gambar 4.14 Grafik simulasi *return loss* antena mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 27°C

- *VSWR*

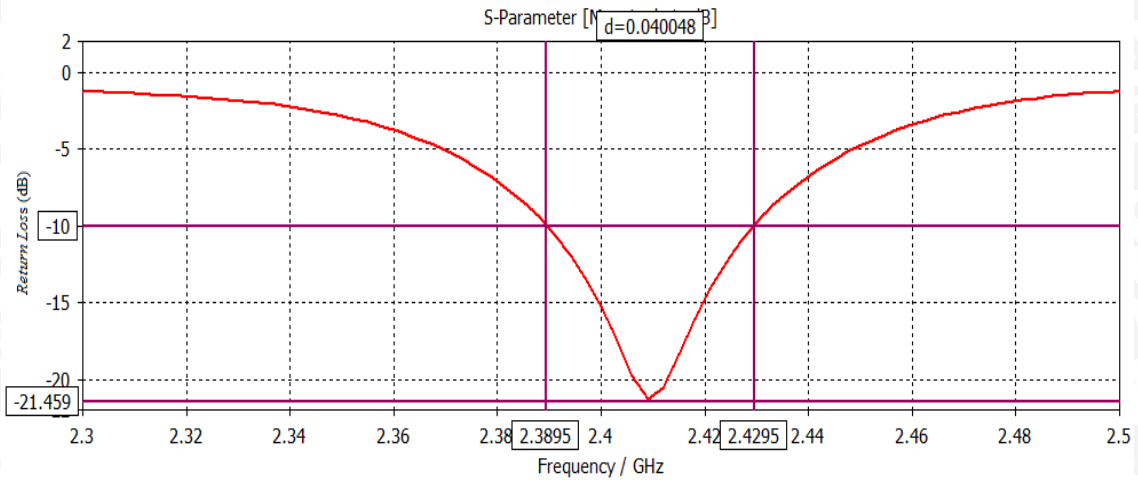


Gambar 4.15 Grafik simulasi *VSWR* antena mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 27°C

Pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.15 menunjukkan bahwa nilai *return loss* dan *VSWR* terbaik terdapat pada frekuensi 2,409 GHz dengan nilai *return loss* -21,308128 dB dan nilai *VSWR* 1,1882289. Jadi pada suhu 27°C, antena mikrostrip *rectangular double slot* mempunyai frekuensi kerja 2,409 GHz.

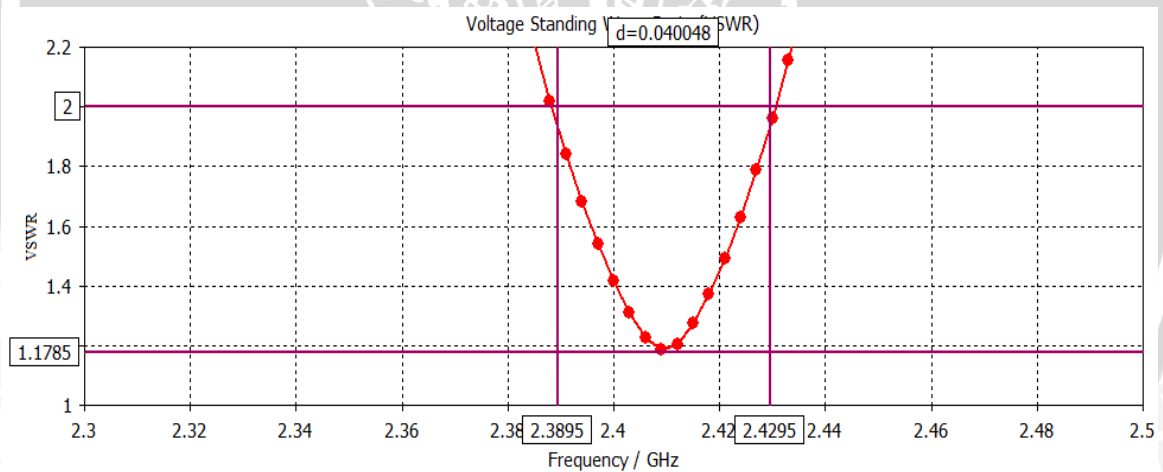
b. *Bandwidth (return loss dan VSWR)*

- *Return Loss*



Gambar 4.16 Grafik simulasi *return loss* antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 27°C

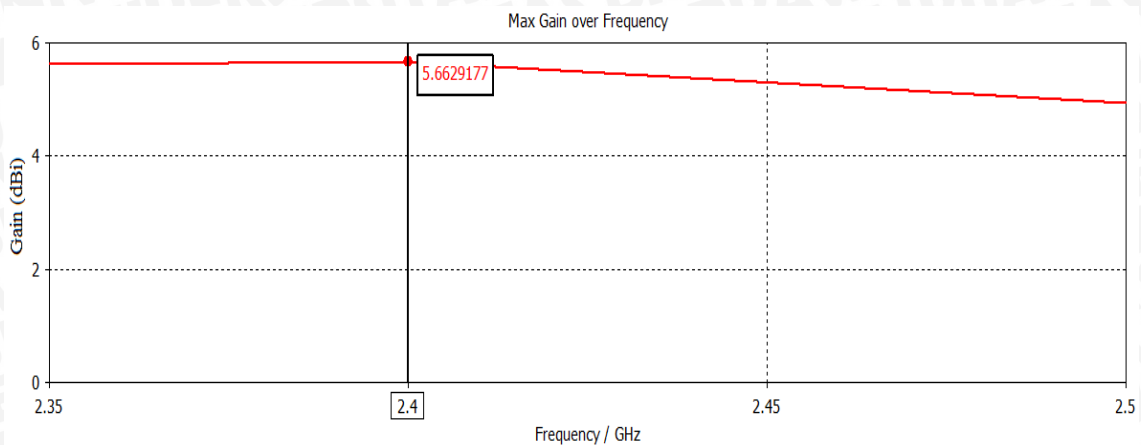
- *VSWR*



Gambar 4.17 Grafik simulasi VSWR antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 27°C

Dari grafik *return loss* dan VSWR pada Gambar 4.16 dan Gambar 4.17 dapat dihitung lebar *bandwidth* dengan cara mengurangkan frekuensi *upper* dengan frekuensi *lower* sehingga didapat nilai lebar *bandwidth* 0,040048 GHz pada suhu 27°C.

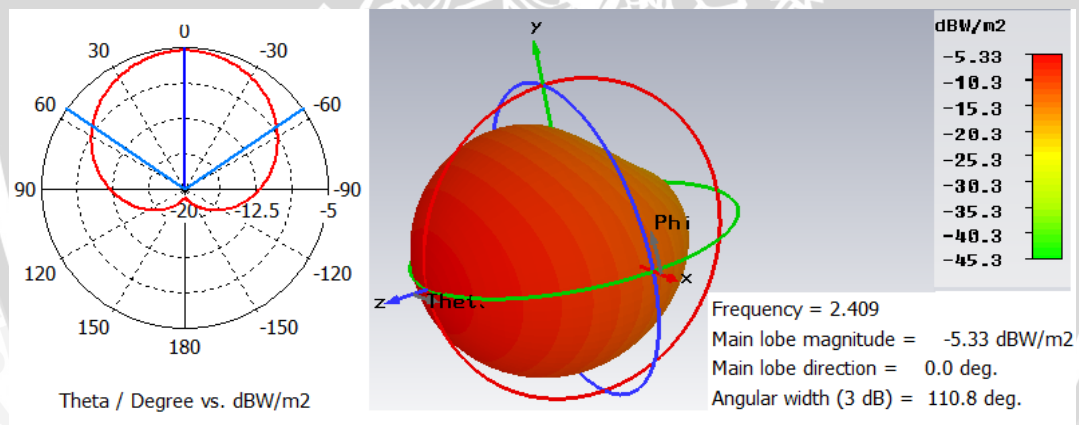
c. Gain



Gambar 4.18 Grafik simulasi gain antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 27°C

Hasil simulasi gain antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* pada suhu 27°C pada frekuensi 2,4 GHz, menunjukkan nilai positif yaitu 5,6629177 dBi.

d. Pola radiasi



a.

b.

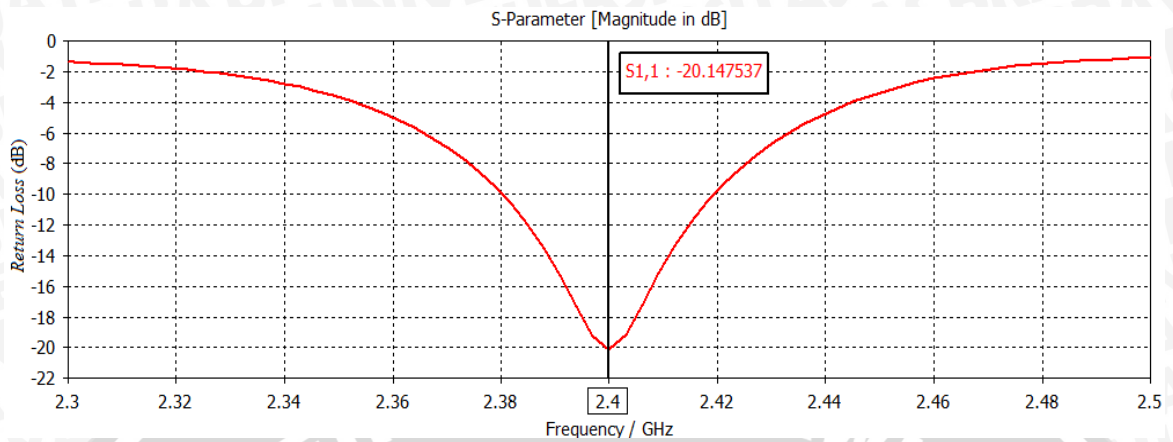
Gambar 4.19 Simulasi pola radiasi antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* pada suhu 27°C. (a) Diagram polar; (b) Dimensi 3D polar

Hasil simulasi pola radiasi antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* dengan suhu 27°C pada frekuensi 2,409 GHz menunjukkan bahwa antenna tersebut memiliki pola radiasi *directional* dengan arah pancar radiasi maksimum satu arah dan nilai *main lobe magnitude* terbesar yaitu -5,33 dBW/m².

4.5.3 Simulasi Antena Mikrostrip *Rectangular Patch Double Slot* pada suhu 30°C

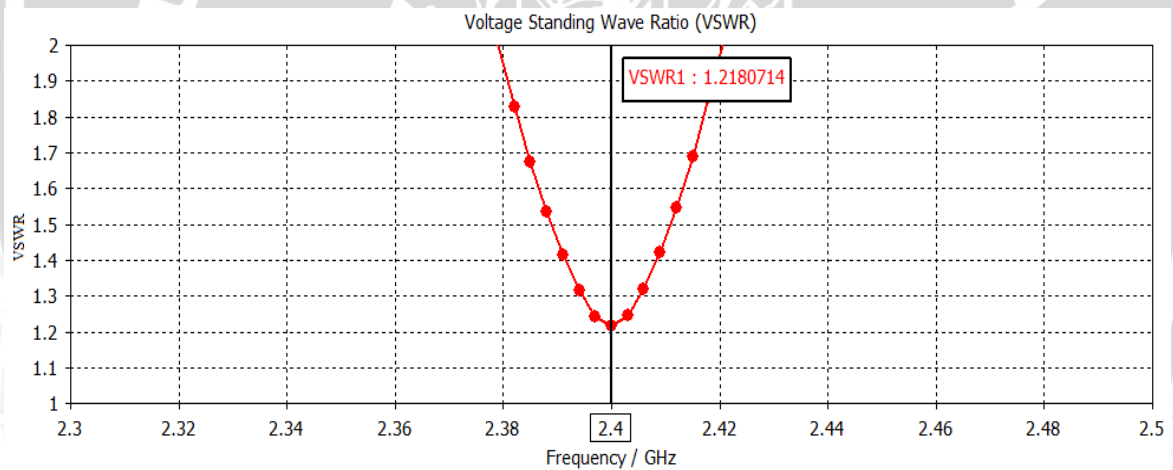
a. Frekuensi Resonansi (*Return Loss* dan *VSWR*)

- *Return Loss*



Gambar 4.20 Grafik simulasi *return loss* antena mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 30°C

- *VSWR*

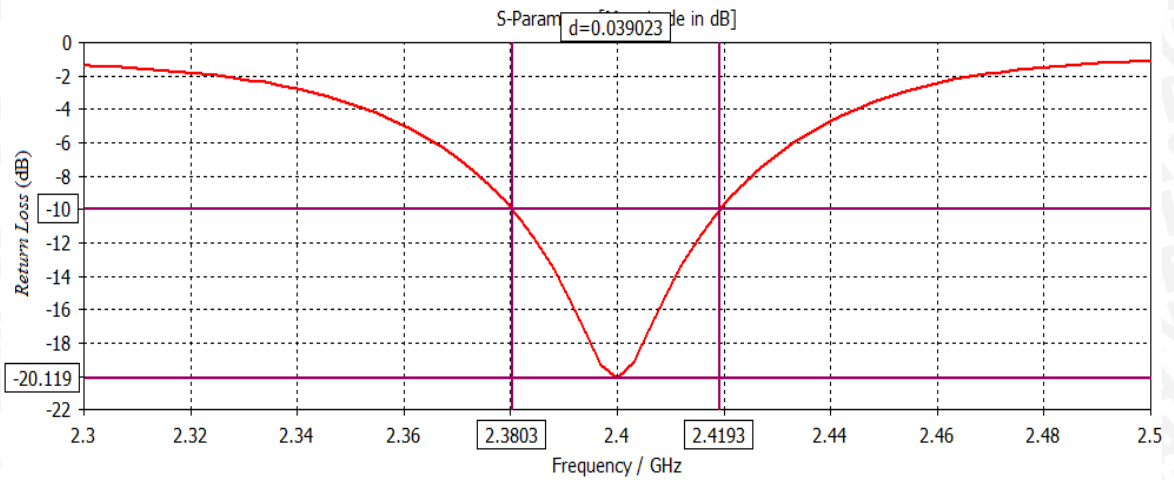


Gambar 4.21 Grafik simulasi *VSWR* antena mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 30°C

Gambar 4.20 menunjukkan bahwa *return loss* terbaik terdapat pada frekuensi 2,4 GHz dengan nilai -20,147537 dB. Sedangkan pada Gambar 4.21 menunjukkan bahwa nilai *VSWR* terbaik senilai 1,2180714 berada pada frekuensi 2,4 GHz. Dari Gambar 4.20 dan Gambar 4.21 dapat disimpulkan bahwa frekuensi kerja antena mikrostrip *rectangular double slot* pada suhu 30°C adalah 2,4 GHz.

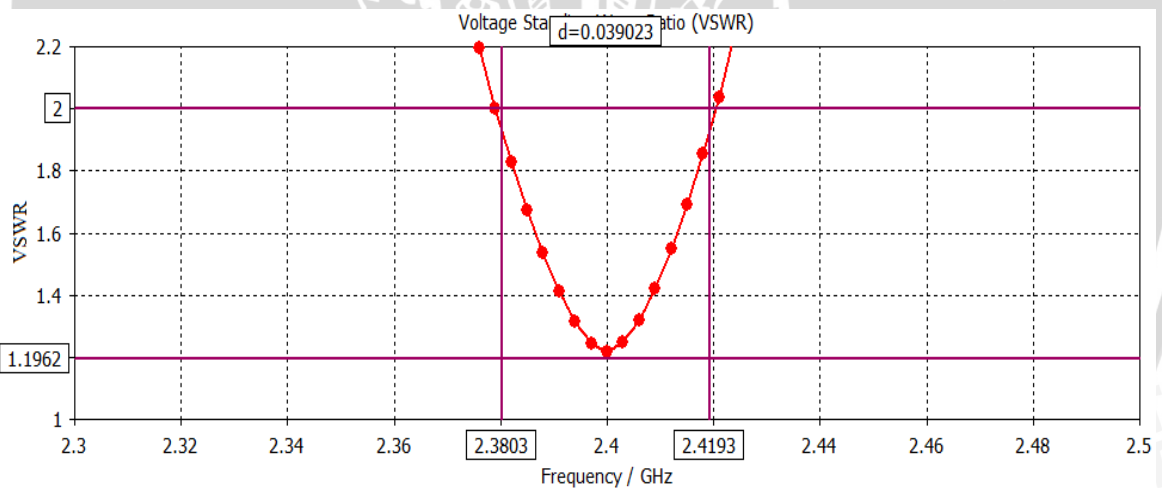
b. *Bandwidth (return loss dan VSWR)*

- *Return Loss*



Gambar 4.22 Grafik simulasi *return loss* antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 30°C

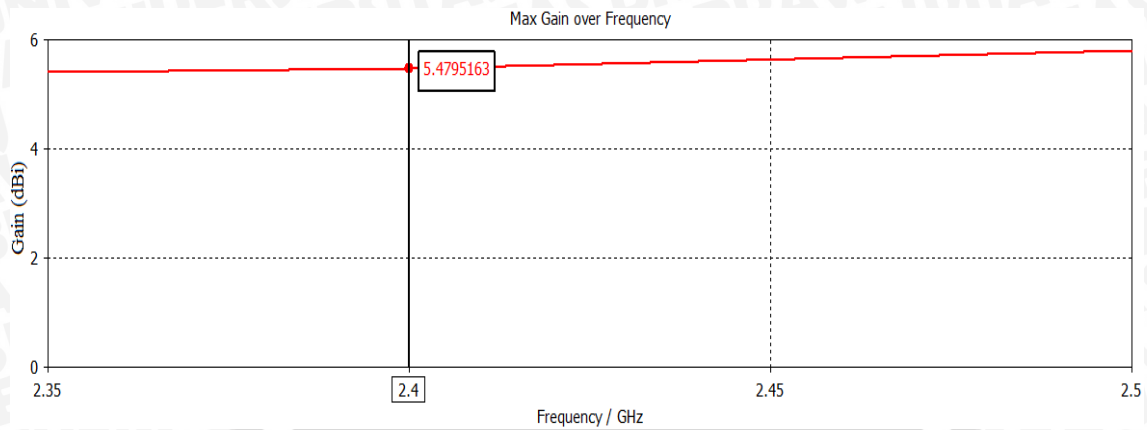
- *VSWR*



Gambar 4.23 Grafik simulasi VSWR antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 30°C

Dari Gambar 4.22 dan Gambar 4.23, lebar *bandwidth* dapat dilihat nilainya, yaitu 0,039023 GHz. Dengan rentang frekuensi 2,3803 GHz – 2,4193 GHz. Jadi antenna tersebut masih dapat bekerja secara optimal pada frekuensi kerja 2,4 GHz dengan suhu 30°C.

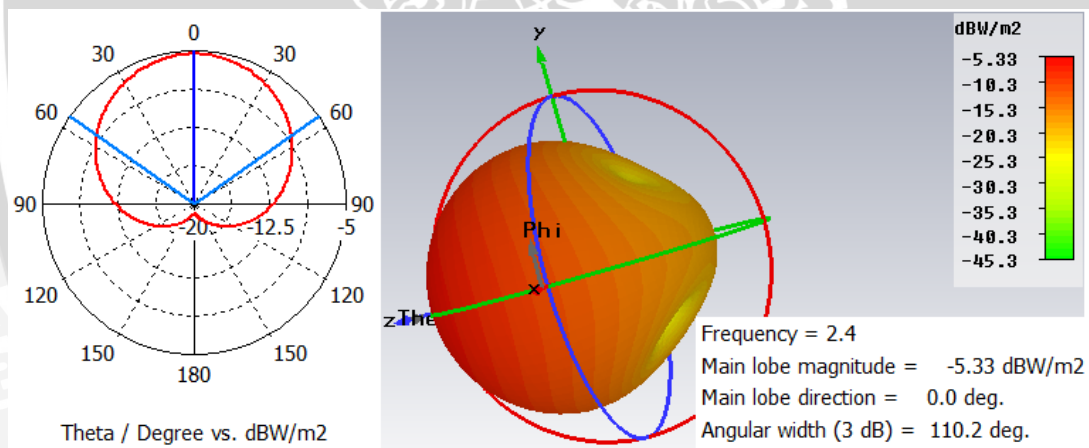
c. Gain



Gambar 4.24 Grafik simulasi gain antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 30°C

Hasil simulasi gain antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* pada suhu 30°C dengan frekuensi 2,4 GHz menunjukkan nilai positif yaitu 5,4795163 dBi.

d. Pola radiasi



a.

b.

Gambar 4.25 Simulasi pola radiasi antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* pada suhu 30°C.

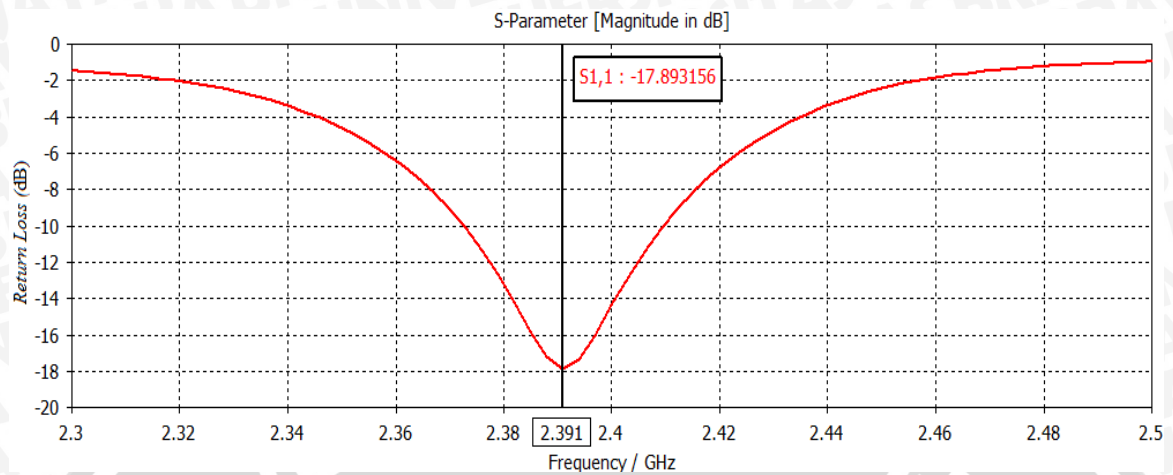
(a) Diagram polar; (b) Dimensi 3D polar

Pada Gambar 4.25, hasil simulasi pola radiasi antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* dengan suhu 30°C pada frekuensi kerja 2,4 GHz menunjukkan bahwa antenna tersebut memiliki pola radiasi *directional* dengan arah pancar radiasi maksimum satu arah dan nilai *main lobe magnitude* terbesar yaitu -5,33 dBW/m².

4.5.4 Simulasi Antena Mikrostrip *Rectangular Patch Double Slot* pada suhu 40°C

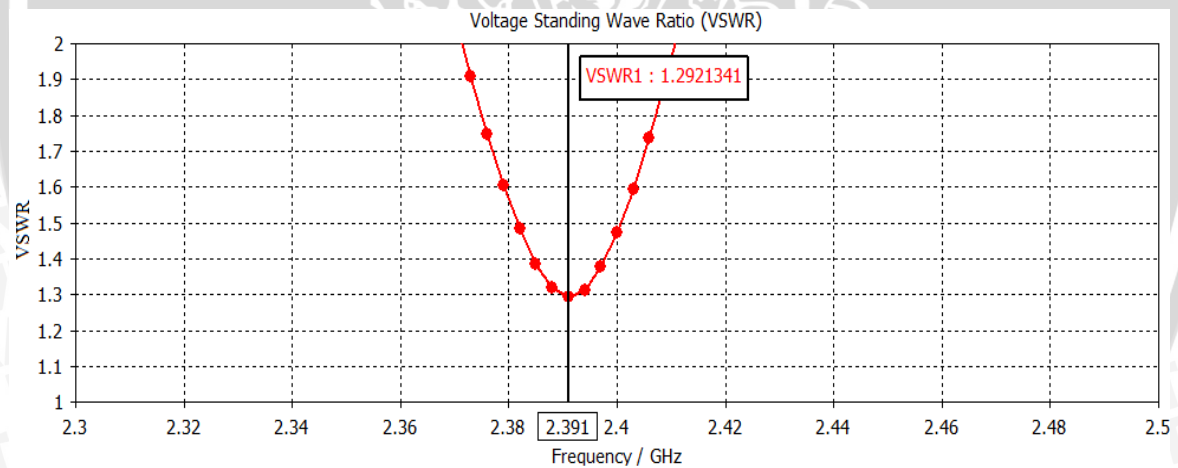
a. Frekuensi Resonansi (*Return Loss* dan *VSWR*)

- *Return Loss*



Gambar 4.26 Grafik simulasi *return loss* antena mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 40°C

- *VSWR*

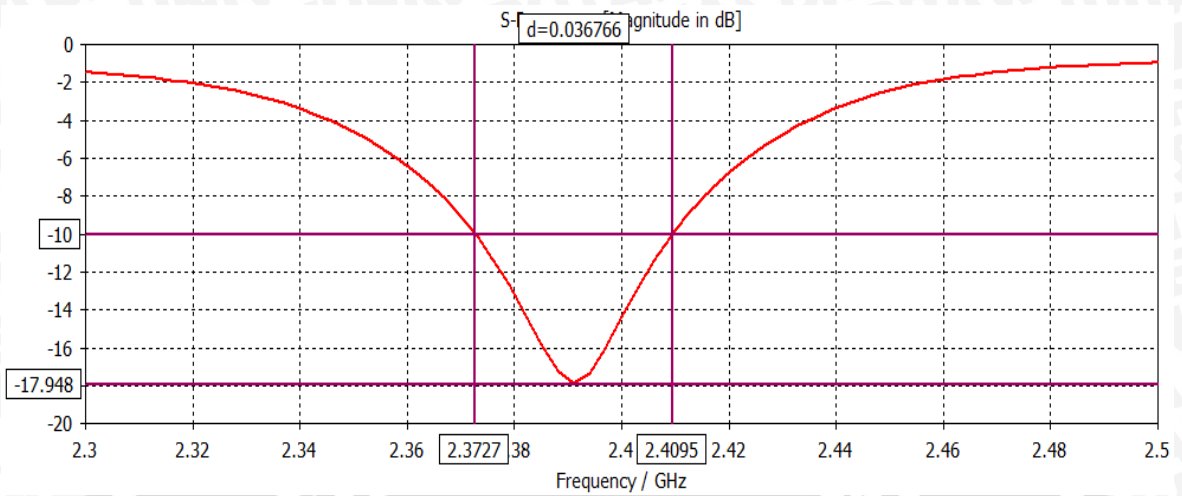


Gambar 4.27 Grafik simulasi *VSWR* antena mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 40°C

Gambar 4.26 menunjukkan bahwa *return loss* terbaik terdapat pada frekuensi 2,391 GHz dengan nilai -17,893156 dB. Sedangkan pada Gambar 4.27 menunjukkan bahwa juga pada frekuensi 2,391 GHz, mempunyai nilai *VSWR* terbaik yaitu 1,2921341. Dari Gambar 4.26 dan Gambar 4.27 dapat disimpulkan bahwa frekuensi kerja antena mikrostrip *rectangular double slot* pada suhu 40°C adalah 2,391 GHz.

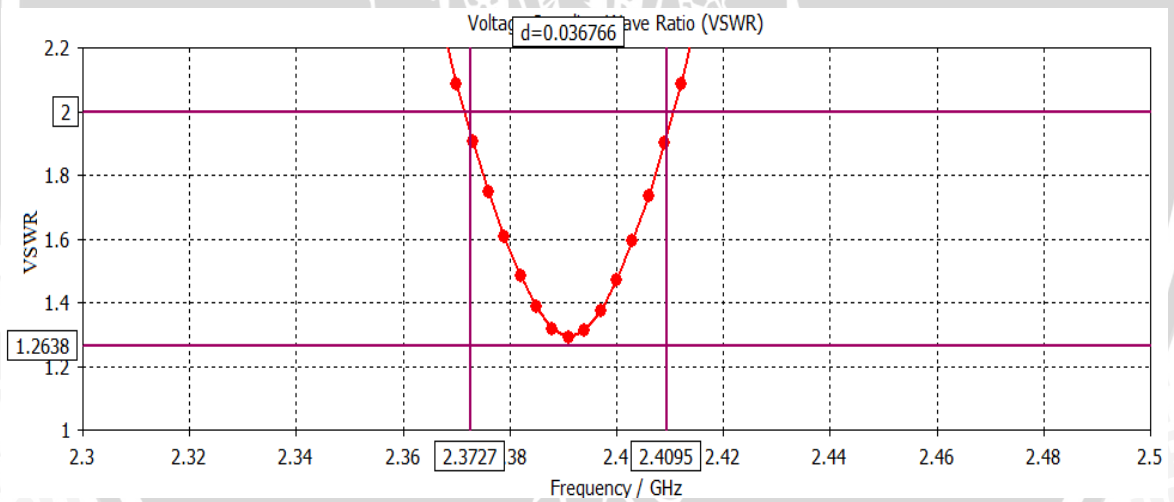
b. *Bandwidth (return loss dan VSWR)*

- *Return Loss*



Gambar 4.28 Grafik simulasi *return loss* antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 40°C

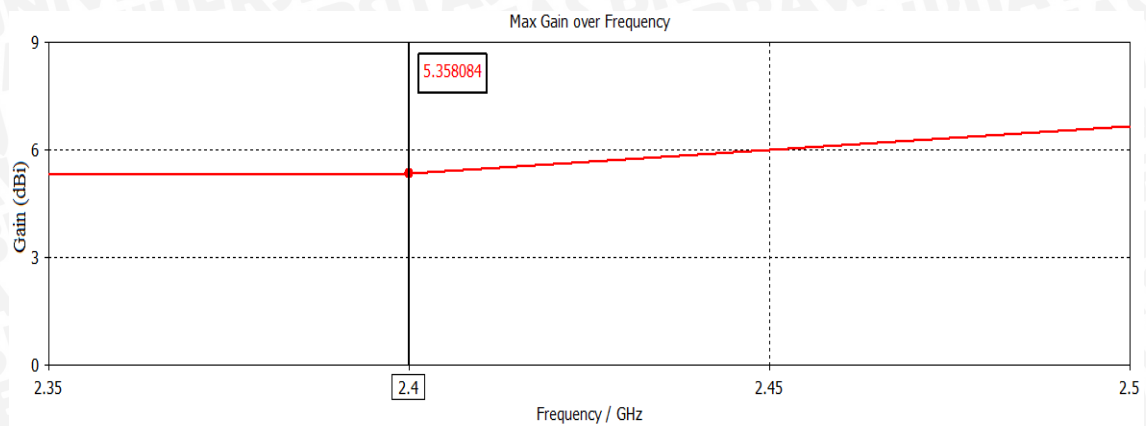
- *VSWR*



Gambar 4.29 Grafik simulasi VSWR antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 40°C

Pada Gambar 4.28 dan Gambar 4.29, dengan rentang frekuensi 2,3727 GHz – 2,4095 GHz, lebar *bandwidth* bernilai 0,036766 GHz. Jadi antenna tersebut masih dapat bekerja dengan baik pada frekuensi 2,4 GHz dengan suhu 40°C.

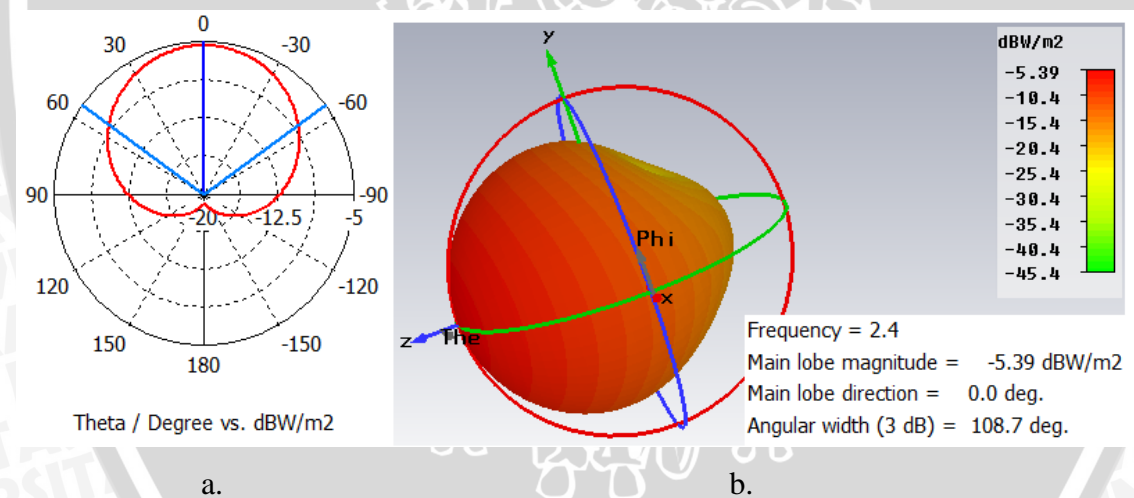
c. Gain



Gambar 4.30 Grafik simulasi gain antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 40°C

Hasil simulasi gain antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* pada suhu 40°C menunjukkan nilai positif yaitu 5,358084 dBi pada frekuensi 2,4 GHz.

d. Pola radiasi



Gambar 4.31 Simulasi pola radiasi antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* pada suhu 40°C.

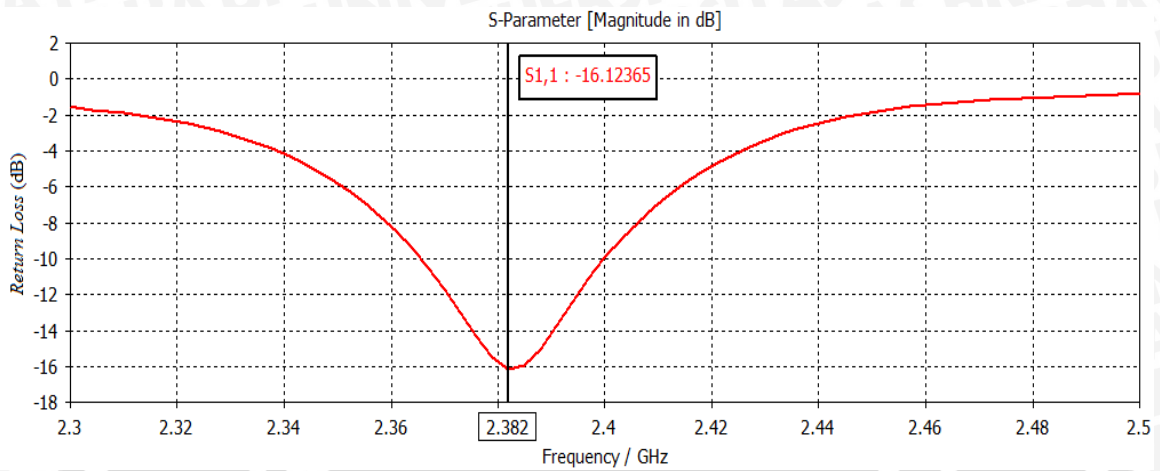
(a) Diagram polar; (b) Dimensi 3D polar

Pada Gambar 4.31, hasil simulasi pola radiasi antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* dengan suhu 40°C pada frekuensi kerja 2,391 GHz menunjukkan bahwa antenna tersebut memiliki pola radiasi *directional* dengan arah pancar radiasi maksimum satu arah dan nilai *main lobe magnitude* terbesar yaitu -5,39 dBW/m².

4.5.5 Simulasi Antena Mikrostrip *Rectangular Patch Double Slot* pada suhu 50°C

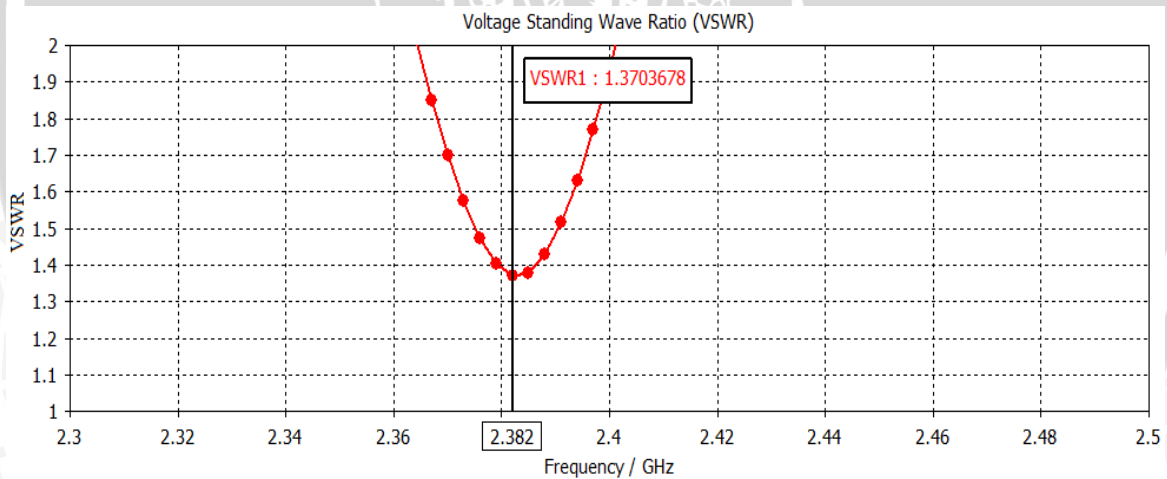
a. Frekuensi Resonansi (*Return Loss* dan *VSWR*)

- *Return Loss*



Gambar 4.32 Grafik simulasi *return loss* antena mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 50°C

- *VSWR*

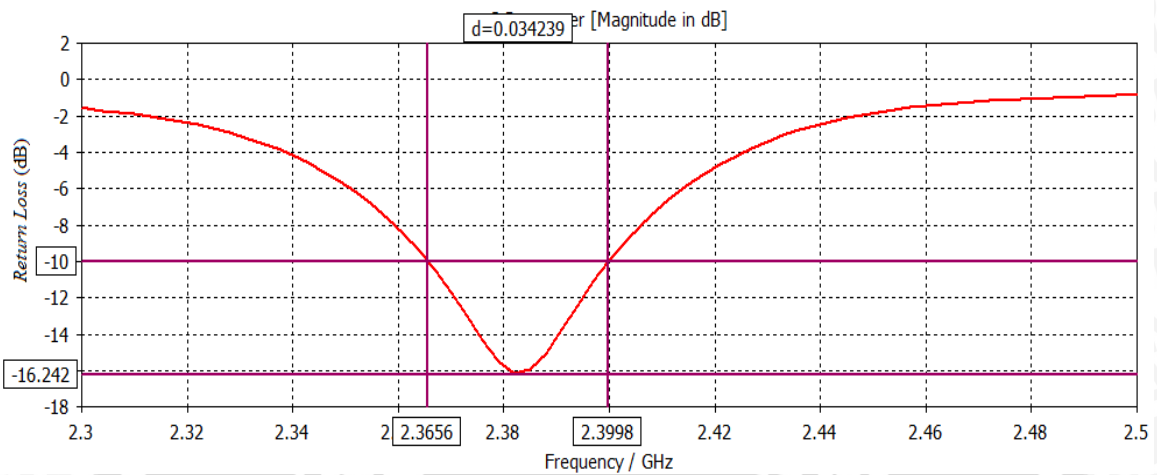


Gambar 4.33 Grafik simulasi *VSWR* antena mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 50°C

Gambar 4.32 menunjukkan bahwa nilai *return loss* terbaik terdapat pada frekuensi 2,382 GHz yaitu -16,12365 dB. Sedangkan pada Gambar 4.33 juga menunjukkan bahwa pada frekuensi 2,382 GHz, mempunyai nilai *VSWR* terbaik yaitu 1,3703678. Dari Gambar 4.32 dan Gambar 4.33 dapat disimpulkan bahwa pada suhu 50°C, frekuensi kerja antena mikrostrip *rectangular double slot* adalah 2,381 GHz.

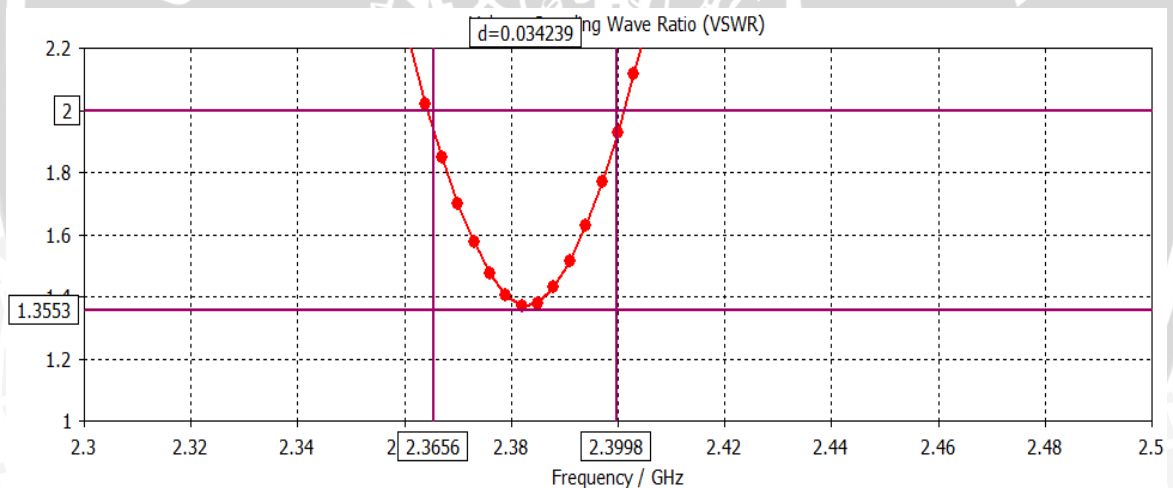
b. *Bandwidth (return loss dan VSWR)*

- *Return Loss*



Gambar 4.34 Grafik simulasi *return loss* antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 50°C

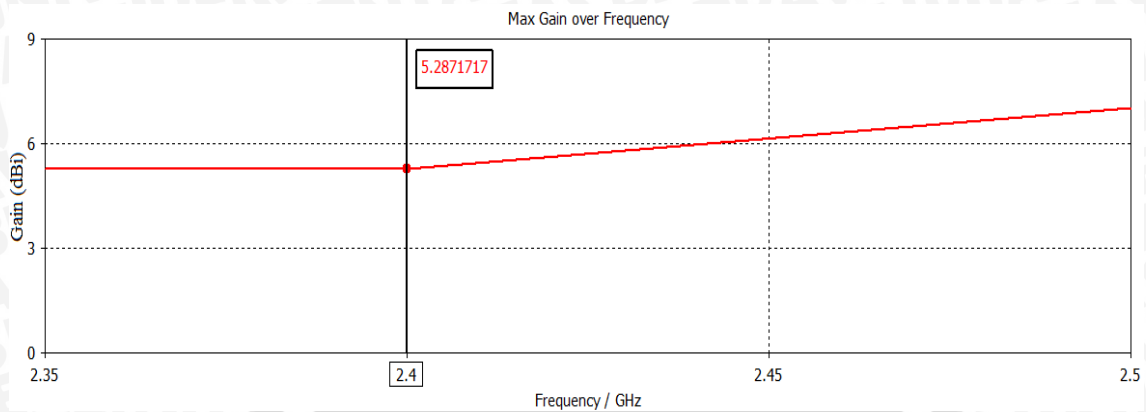
- *VSWR*



Gambar 4.35 Grafik simulasi VSWR antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 50°C

Dari Gambar 4.34 dan Gambar 4.35, dapat diketahui lebar *bandwidth* senilai 0,034239 GHz dengan rentang frekuensi 2,3656 GHz – 2,3998 GHz. Pada suhu 50°C, antenna tersebut tidak dapat bekerja dengan optimal pada frekuensi 2,4 GHz karena *bandwidth* antenna pada suhu tersebut tidak mencakup frekuensi 2,4 GHz.

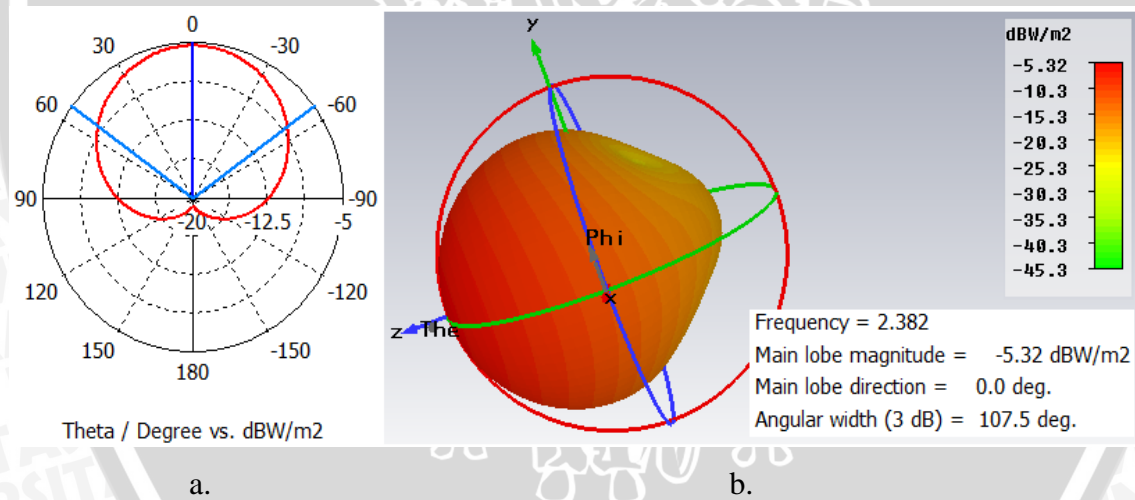
c. Gain



Gambar 4.36 Grafik simulasi gain antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap frekuensi pada suhu 50°C

Hasil simulasi gain antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* pada suhu 50°C pada frekuensi 2,4 GHz menunjukkan nilai positif yaitu 5,2871717 dBi.

d. Pola radiasi



Gambar 4.37 Simulasi pola radiasi antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* pada suhu 50°C.

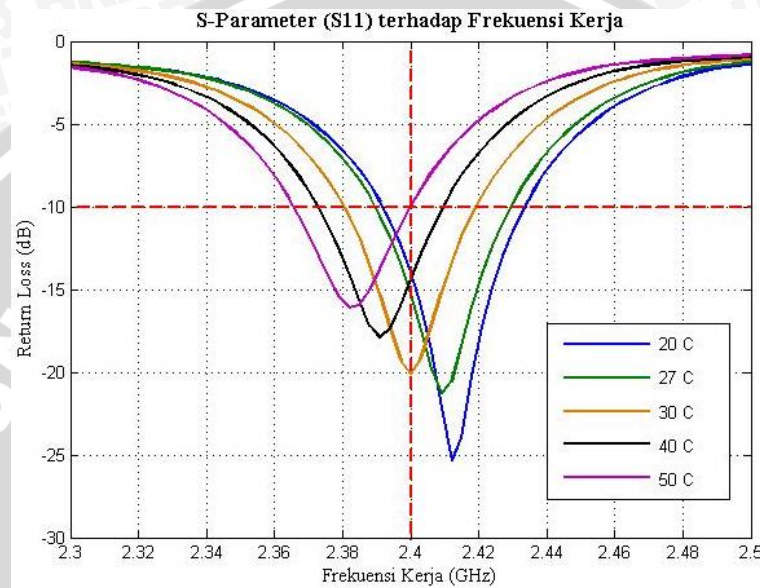
(a) Diagram polar; (b) Dimensi 3D polar

Pada Gambar 4.37, hasil simulasi pola radiasi antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* dengan suhu 50°C pada frekuensi kerja 2,382 GHz menunjukkan bahwa antenna tersebut memiliki pola radiasi *directional* dengan arah pancar radiasi maksimum satu arah dan nilai *main lobe magnitude* terbesar yaitu -5,32 dBW/m².

4.6 Analisis Perbandingan Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Rectangular Patch Double Slot* terhadap Pengaruh Perubahan Temperatur

Untuk mengetahui pengaruh perubahan temperatur terhadap kinerja antena mikrostrip *rectangular double slot*, maka dilakukan perbandingan dan analisis hasil simulasi pada parameter-parameter antena seperti S-Parameter, VSWR, frekuensi resonansi, *bandwidth*, *gain* dan pola radiasi.

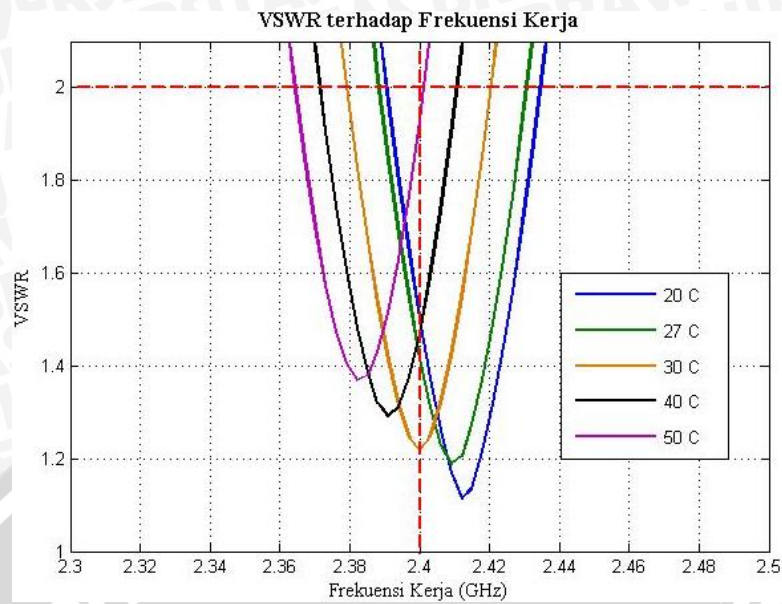
a. S-Parameter



Gambar 4.38 Perbandingan hasil simulasi S-Parameter antena terhadap pengaruh perubahan temperatur
Sumber : Hasil pengukuran

Pada Gambar 4.38 menunjukkan grafik perbandingan hasil simulasi S-Parameter terhadap pengaruh perubahan temperatur. Semakin tinggi temperatur, nilai simulasi *return loss* semakin besar sehingga daya yang dipantulkan semakin besar juga. Tetapi pada frekuensi 2,4 GHz, nilai *return loss* paling baik dicapai yaitu -20,156 dB pada suhu 30°C. Ketika suhu 27°C nilai *return loss* sedikit bertambah besar yaitu -15,362 dB namun masih dapat bekerja dengan optimal. Sedangkan ketika suhu turun menjadi 20°C, nilai *return loss* bertambah cukup besar menjadi -13,952 dB. Begitu juga ketika suhu dinaikkan mencapai 40°C, nilai *return loss* menjadi -14,382 dB, namun pada kedua suhu tersebut masih memenuhi syarat nilai *return loss* ≤ -10 dB. Pada suhu 50°C, nilai *return loss* hampir sama dengan -10 dB yaitu -9,967 dB sehingga menyebabkan penurunan kinerja antena pada frekuensi 2,4 GHz.

b. VSWR

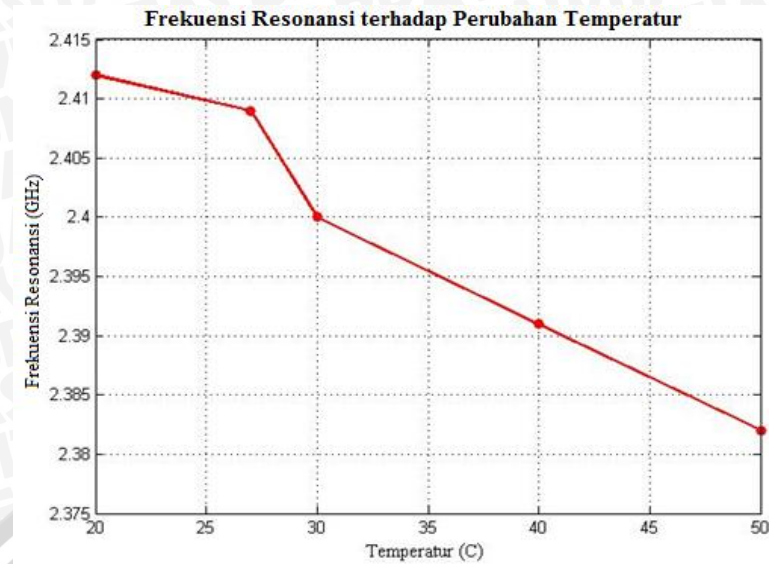


Gambar 4.39 Perbandingan hasil simulasi VSWR antenna terhadap pengaruh perubahan temperatur
Sumber : Hasil pengukuran

Perbandingan hasil simulasi VSWR terhadap pengaruh perubahan temperatur ditunjukkan dalam Gambar 4.39. Nilai VSWR semakin besar dengan meningkatnya temperatur. Pada frekuensi 2,4 GHz, nilai VSWR terbaik dicapai ketika antenna berada dalam suhu 30°C dengan nilai 1,218. Pada suhu 27°C nilai VSWR 1,417 yang berarti masih memenuhi syarat $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$. Nilai VSWR bertambah cukup signifikan ketika suhu turun hingga 20°C maupun ketika suhu naik mencapai 40°C, menjadi 1,502 dan 1,472 namun kedua nilai tersebut masih memenuhi syarat nilai VSWR. Sedangkan pada saat mencapai suhu 50°C, antenna mempunyai nilai VSWR yaitu 1,930 sehingga menyebabkan penurunan kinerja antenna pada frekuensi 2,4 GHz.

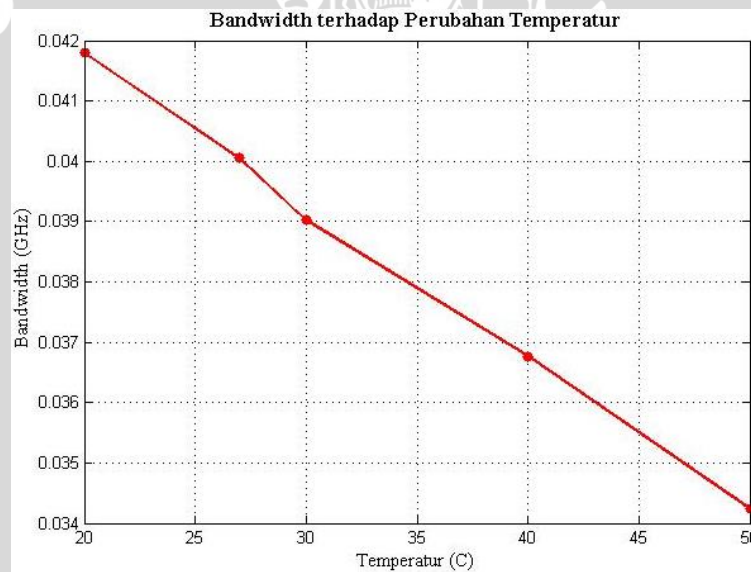
c. Frekuensi Resonansi

Dari Gambar 4.40 di bawah ini dapat disimpulkan bahwa frekuensi resonansi antenna mengalami perubahan terhadap perubahan temperatur. Semakin tinggi temperatur, maka frekuensi resonansi akan semakin rendah. Dari hasil simulasi, frekuensi resonansi yang sesuai dengan perancangan yaitu 2,4 GHz dicapai ketika antenna berada pada suhu 30°C. Pada suhu 20°C dan 27°C, frekuensi resonansi antenna adalah 2,412 GHz dan 2,409 GHz yang menunjukkan bahwa antenna tersebut masih bisa bekerja sesuai dengan perancangan. Namun ketika suhu mencapai 40°C dan 50°C, frekuensi resonansi antenna berubah menjadi 2,391 GHz dan 2,382 GHz.



Gambar 4.40 Perbandingan hasil simulasi frekuensi resonansi antenna terhadap pengaruh perubahan temperatur
 Sumber : Hasil pengukuran

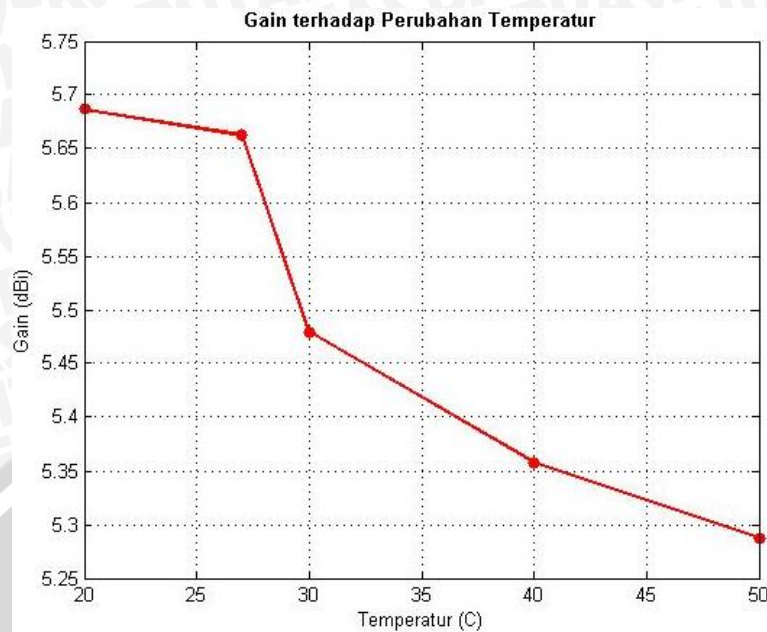
d. *Bandwidth*



Gambar 4.41 Perbandingan hasil simulasi *bandwidth* antenna terhadap pengaruh perubahan temperatur
 Sumber : Hasil pengukuran

Lebar *bandwidth* bisa diketahui dengan menghitung lebar rentang frekuensi dengan batasan -10 dB pada grafik hasil simulasi *return loss* atau pada grafik VSWR dengan batasan di bawah 2. Pada Gambar 4.40 dapat disimpulkan bahwa lebar *bandwidth* antenna akan semakin sempit jika temperatur semakin tinggi.

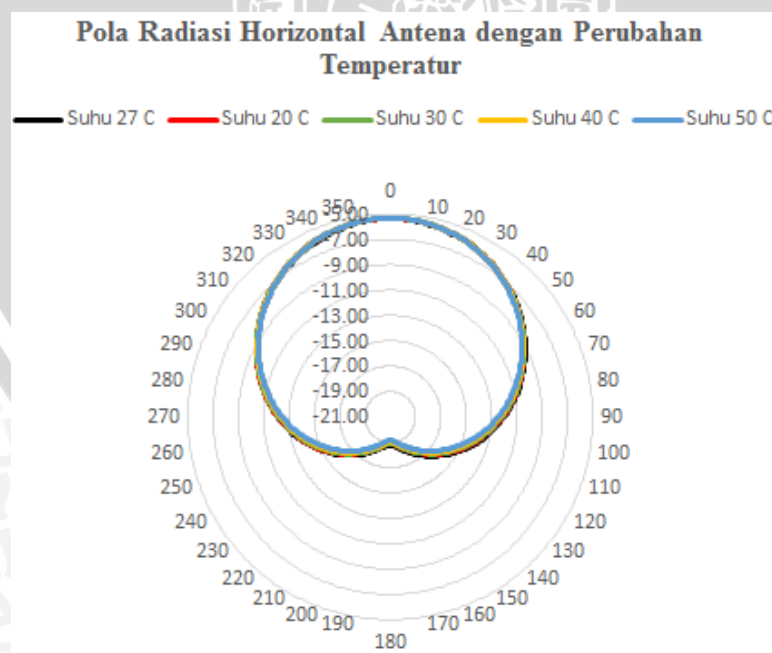
e. Gain

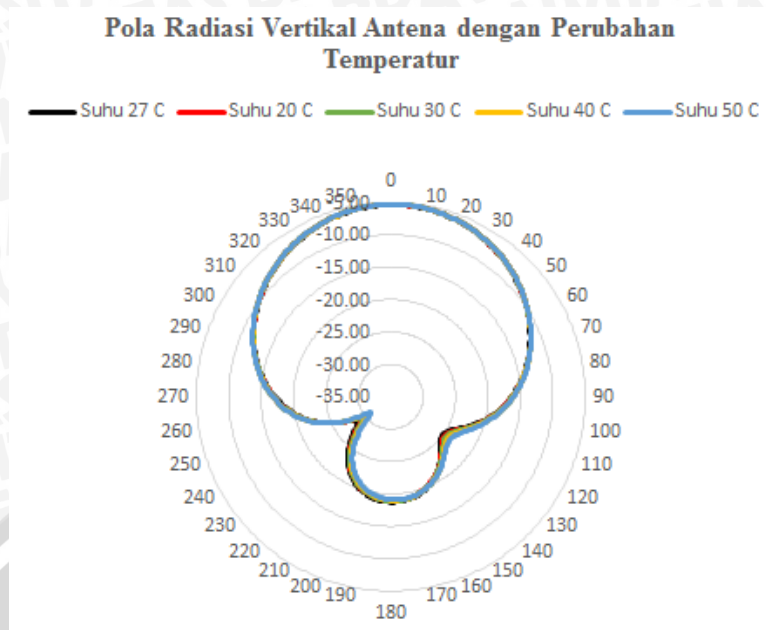


Gambar 4.42 Perbandingan hasil pengukuran *gain* antenna terhadap pengaruh perubahan temperatur
Sumber : Hasil pengukuran

Pada Gambar 4.41 merupakan grafik perbandingan gain antenna pada frekuensi 2,4 GHz terhadap perubahan temperatur. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai gain semakin kecil ketika temperatur meningkat.

f. Pola Radiasi





Gambar 4.43 Perbandingan hasil simulasi pola radiasi antena terhadap pengaruh perubahan temperatur
Sumber : Hasil pengukuran

Dari Gambar 4.42 dapat ditarik kesimpulan bahwa perubahan temperatur tidak mempengaruhi jenis pola radiasi antena secara horizontal ataupun vertikal, pola radiasi antena mempunyai jenis *directional*.

Tabel 4.6 Hasil simulasi pola radiasi antena

Sudut	Pola Radiasi Horizontal					Pola Radiasi Vertikal				
	Level Daya Terima (dBW/m ²) terhadap Perubahan Temperatur					Level Daya Terima (dBW/m ²) terhadap Perubahan Temperatur				
	20°C	27°C	30°C	40°C	50°C	20°C	27°C	30°C	40°C	50°C
0°	-5,36	-5,33	-5,33	-5,32	-5,32	-5,36	-5,33	-5,33	-5,32	-5,32
10°	-5,47	-5,44	-5,44	-5,43	-5,44	-5,47	-5,45	-5,44	-5,44	-5,44
20°	-5,78	-5,76	-5,76	-5,76	-5,78	-5,91	-5,88	-5,87	-5,87	-5,88
30°	-6,28	-6,28	-6,28	-6,30	-6,32	-6,65	-6,62	-6,62	-6,61	-6,62
40°	-6,96	-6,97	-6,98	-7,01	-7,06	-7,68	-7,65	-7,64	-7,63	-7,63
50°	-7,78	-7,82	-7,84	-7,89	-7,95	-8,95	-8,92	-8,90	-8,89	-8,89
60°	-8,73	-8,80	-8,82	-8,89	-8,89	-10,4	-10,4	-10,4	-10,4	-10,4
70°	-9,78	-9,87	-9,90	-9,99	-10,1	-12,2	-12,1	-12,1	-12,1	-12,1
80°	-10,1	-10,1	-10,1	-11,2	-11,3	-14,1	-14,1	-14,0	-14,0	-14,0
90°	-12,0	-12,2	-12,2	-12,3	-12,5	-16,4	-16,3	-16,2	-16,2	-16,1
100°	-13,2	-13,3	-13,4	-13,5	-13,7	-19,0	-18,8	-18,8	-18,6	-18,5

110°	-14,3	-14,4	-14,5	-14,6	-14,8	-21,9	-21,7	-21,6	-21,4	-21,1
120°	-15,3	-15,5	-15,5	-15,7	-15,9	-24,5	-24,2	-24,0	-23,6	-23,3
130°	-16,2	-16,4	-16,5	-16,6	-16,8	-24,9	-24,6	-24,3	-24,0	-23,6
140°	-17,0	-17,2	-17,3	-17,4	-17,6	-23,0	-22,9	-22,7	-22,5	-22,4
150°	-17,7	-17,9	-17,9	-18,0	-18,2	-21,1	-21,1	-21,0	-20,9	-20,9
160°	-18,3	-18,4	-18,4	-18,6	-18,7	-19,7	-19,8	-19,7	-19,8	-19,8
170°	-18,6	-18,8	-18,8	-18,9	-19,0	-19,0	-19,1	-19,1	-19,1	-19,2
180°	-18,8	-19,0	-18,9	-19,0	-19,2	-18,8	-19,0	-18,9	-19,0	-19,2
190°	-18,7	-18,8	-18,8	-18,9	-19,0	-19,0	-19,1	-19,1	-19,1	-19,2
200°	-18,3	-18,4	-18,4	-18,6	-18,7	-19,7	-19,8	-19,7	-19,8	-19,8
210°	-17,7	-17,9	-17,9	-18,0	-18,2	-21,1	-21,1	-21,0	-20,9	-20,9
220°	-17,7	-17,2	-17,3	-17,4	-17,6	-23,0	-22,9	-22,7	-22,5	-22,4
230°	-17,0	-16,4	-16,5	-16,6	-16,8	-24,9	-24,6	-24,3	-24,0	-23,6
240°	-16,2	-15,5	-15,5	-15,7	-15,9	-24,5	-24,2	-24,0	-23,6	-23,3
250°	-15,3	-14,4	-14,5	-14,6	-14,8	-21,9	-21,7	-21,6	-21,4	-21,1
260°	-14,3	-13,3	-13,4	-13,5	-13,7	-19,0	-18,8	-18,8	-18,6	-18,5
270°	-12,0	-12,2	-12,2	-12,3	-12,5	-16,4	-16,3	-16,2	-16,2	-16,1
280°	-10,1	-10,1	-10,1	-11,2	-11,3	-14,1	-14,1	-14,0	-14,0	-14,0
290°	-9,78	-9,87	-9,90	-9,99	-10,1	-12,2	-12,1	-12,1	-12,1	-12,1
300°	-8,73	-8,80	-8,82	-8,89	-8,89	-10,4	-10,4	-10,4	-10,4	-10,4
310°	-7,78	-7,82	-7,84	-7,89	-7,95	-8,95	-8,92	-8,90	-8,89	-8,89
320°	-6,96	-6,97	-6,98	-7,01	-7,06	-7,68	-7,65	-7,64	-7,63	-7,63
330°	-6,28	-6,28	-6,28	-6,30	-6,32	-6,65	-6,62	-6,62	-6,61	-6,62
340°	-5,78	-5,76	-5,76	-5,76	-5,78	-5,91	-5,88	-5,87	-5,87	-5,88
350°	-5,47	-5,44	-5,44	-5,43	-5,44	-5,47	-5,45	-5,44	-5,44	-5,44
360°	-5,36	-5,33	-5,33	-5,32	-5,32	-5,36	-5,33	-5,33	-5,32	-5,32

Sumber : Hasil pengukuran

Dari penjabaran analisis hasil simulasi antena mikrostrip *rectangular patch double slot* di atas dapat disajikan dalam tabel perbandingan berdasarkan parameter-parameter antena yang diukur. Berikut adalah tabel perbandingan hasil simulasi antena :

Tabel 4.7 Tabulasi perbandingan hasil simulasi antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap perubahan temperatur

Perubahan Temperatur Antena	Parameter Antena								
	Frekuensi Resonansi (GHz)	Return Loss pada 2,4 GHz (dB)	VSWR pada 2,4 GHz	Rentang Frekuensi (GHz)	Bandwidth (GHz)	Gain pada Frekuensi 2,4 GHz (dBi)	Pola Radiasi		
							Level Daya Terima (dBW/m ²)		Jenis Pola Radiasi
							Horizontal	Vertikal	
Suhu 20 °C	2,412	-13,952	1,502	2,3917 – 2,4335	0,041792	5,6865345	-5,36	-5,36	<i>directional</i>
Suhu 27 °C	2,409	-15,362	1,417	2,3895 – 2,4295	0,040048	5,6629177	-5,33	-5,33	<i>directional</i>
Suhu 30 °C	2,4	-20,156	1,218	2,3803 – 2,4193	0,039023	5,4795163	-5,33	-5,33	<i>directional</i>
Suhu 40 °C	2,391	-14,382	1,472	2,3727 – 2,4095	0,036766	5,3580840	-5,32	-5,32	<i>directional</i>
Suhu 50 °C	2,382	-9,967	1,930	2,3656 – 2,3998	0,034239	5,2871717	-5,32	-5,32	<i>directional</i>

Sumber : Hasil simulasi

