

## BAB V

### PENGUKURAN DAN ANALISIS HASIL PENGUKURAN ANTENA MIKROSTRIP *RECTANGULAR DOUBLE SLOT*

#### 5.1 Tinjauan Umum

Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mendapatkan data karakteristik parameter antena yang telah difabrikasi dan mengetahui pengaruh perubahan temperatur terhadap kinerja antena secara aplikatif. Pengukuran parameter antena meliputi:

1. Pengukuran *return loss*, VSWR, frekuensi resonansi, dan *bandwidth*.
2. Pengukuran *gain*.
3. Pengukuran pola radiasi.

Pengukuran parameter-parameter antena tersebut dilakukan di Laboratorium Teknik Telekomunikasi POLITEKNIK Negeri Malang.

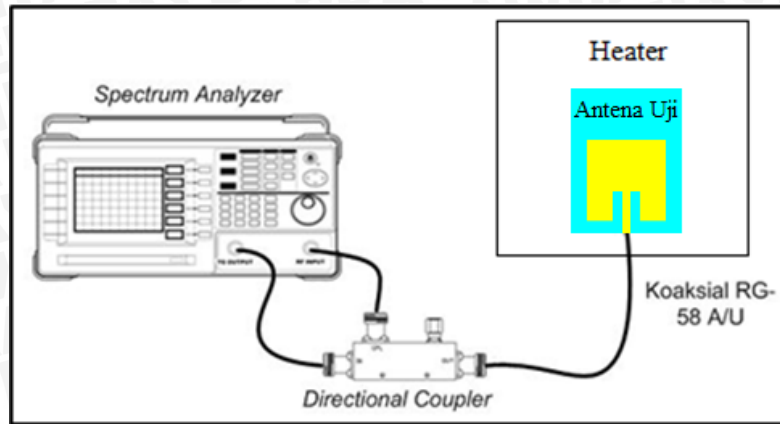
#### 5.2 Pengukuran Return Loss, VSWR, Frekuensi Resonansi dan *Bandwidth*

##### 5.2.1 Alat-alat yang digunakan

1. GW Instek *Spectrum Analyzer GSP-827* 2,7 GHz
2. *Directional Coupler*
3. Antena uji (Antena mikrostrip *rectangular patch double slot* yang sudah dipasang di dalam *box heater*)
4. Kabel koaksial RG-58A/U
5. Kabel adapter N to BNC

##### 5.2.2 Prosedur Pengukuran

1. Menghidupkan alat ukur *Spectrum Analyzer GSP-827*
2. Menghubungkan RF *input* pada *Spectrum Analyzer GSP-827* dengan *directional coupler*, ujung lain dari *directional coupler* dihubungkan dengan TG *output* pada *Spectrum Analyzer GSP-827*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui level daya dari *Tracking Generator (TG)*.
3. Menghubungkan RF *input* pada *Spectrum Analyzer GSP-827* dengan *directional coupler*, ujung lain dari *directional coupler* dihubungkan dengan TG *output* pada *Spectrum Analyzer GSP-827*. Sedangkan antena uji dihubungkan dengan ujung *directional coupler* yang lainnya, sehingga terbentuk rangkaian seperti dalam Gambar 5.1.



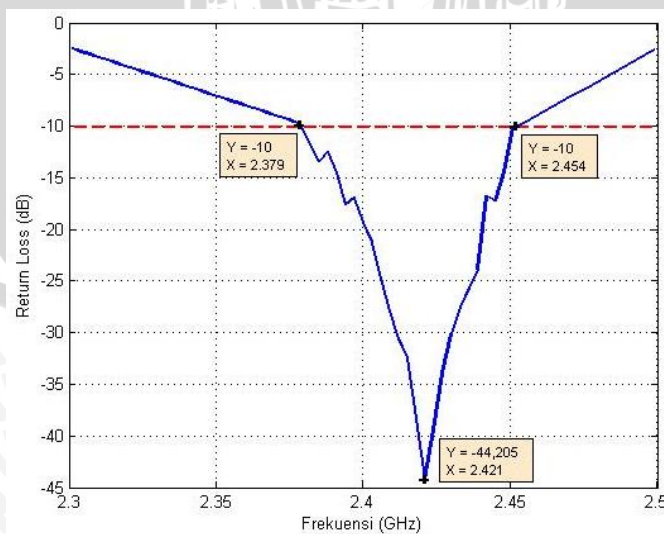
**Gambar 5.1** Rangkaian Pengukuran *Return Loss*  
 Sumber : Pengukuran

4. Mengatur alat ukur *Spectrum Analyzer* GSP-827 pada frekuensi 2,3 GHz – 2,5 GHz.
5. Memberikan perubahan temperatur pada antena mulai dari 20°C, 27°C, 30°C, 40°C dan 50°C dengan menggunakan *hair dryer* pada *box heater*.
6. Mencatat nilai level daya yang ditunjukkan oleh alat ukur pada frekuensi 2,3 GHz – 2,5 GHz pada masing-masing perubahan temperatur.

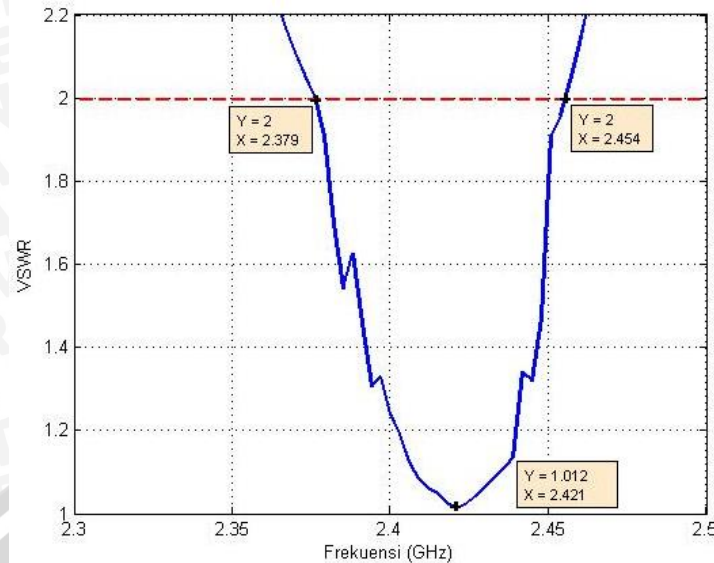
### 5.2.3 Analisis Hasil Pengukuran *Return Loss*, *VSWR*, Frekuensi Resonansi dan *Bandwidth* terhadap Perubahan Temperatur

Dengan menggunakan persamaan (2-4) dan (2-2), dapat dihitung nilai koefisien pantul dan *VSWR* antena yang didapat dari hasil pengukuran *return loss* pada setiap perubahan temperatur.

a. Temperatur 20°C



**Gambar 5.2** Hasil pengukuran *return loss* pada suhu 20°C  
 Sumber : Hasil pengukuran

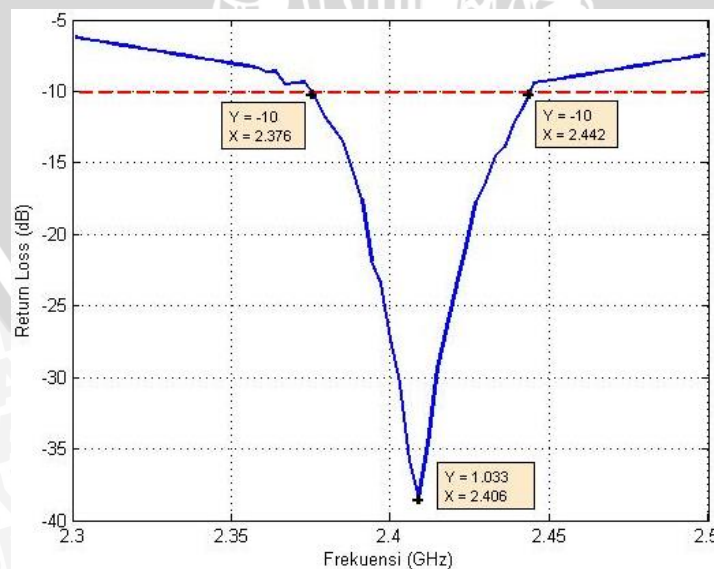


**Gambar 5.3** Hasil pengukuran VSWR pada suhu 20°C  
 Sumber : Hasil pengukuran

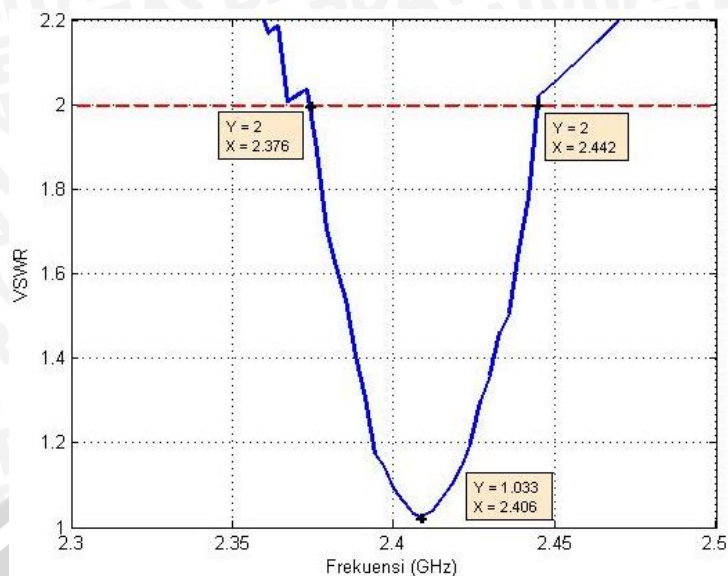
- Analisis Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran *return loss* dan VSWR antenna pada temperatur 20°C pada Gambar 5.2 dan Gambar 5.3 menunjukkan bahwa antenna uji memiliki nilai *return loss*  $\leq -10$  dB dan nilai VSWR masih berkisar  $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$  pada rentang frekuensi 2,379 – 2,454 GHz, dari rentang frekuensi tersebut dapat dihitung lebar *bandwidth* antenna yaitu 0,075 GHz. Antenna uji mempunyai frekuensi resonansi pada 2,421 GHz. Sehingga dapat dikatakan bahwa antenna masih dapat bekerja dengan baik pada temperatur 20°C.

b. Temperatur 27°C



**Gambar 5.4** Hasil pengukuran *return loss* pada suhu 27°C  
 Sumber : Hasil pengukuran

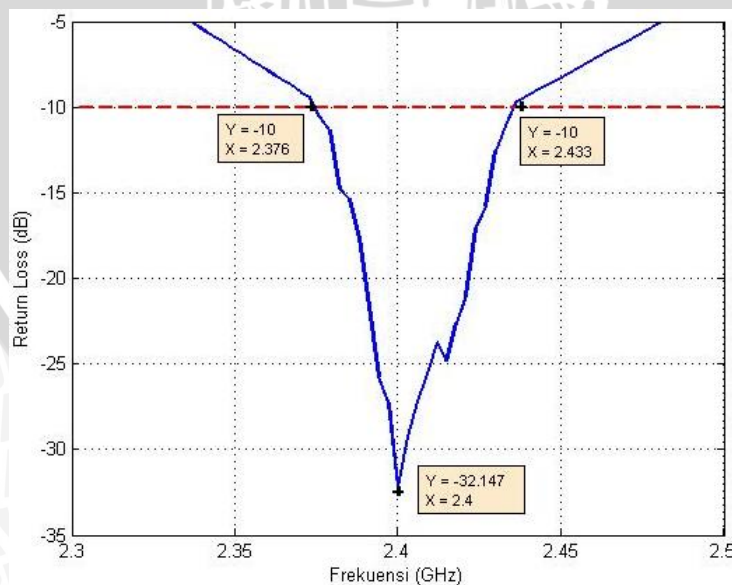


**Gambar 5.5** Hasil pengukuran VSWR pada suhu 27°C  
 Sumber : Hasil pengukuran

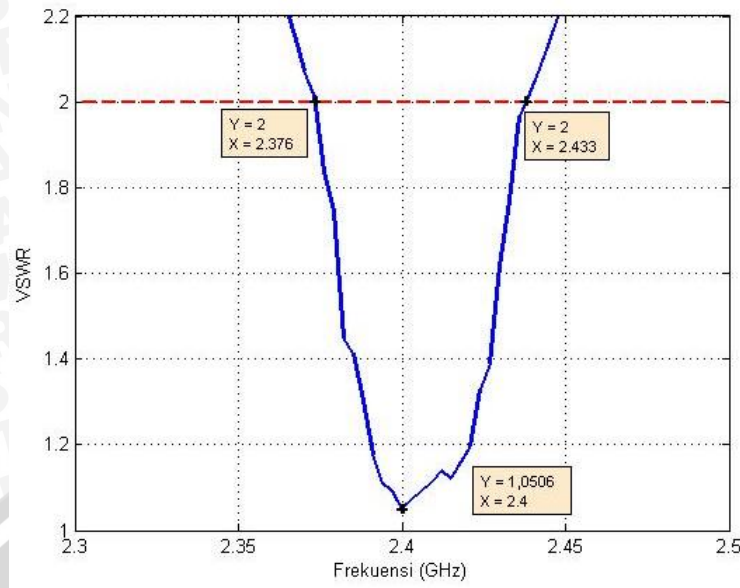
- Analisis Hasil Pengukuran

Gambar 5.4 dan Gambar 5.5 merupakan grafik hasil pengukuran *return loss* dan VSWR pada temperatur 27°C. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa antenna uji memiliki rentang frekuensi 2,376 – 2,442 GHz dengan lebar *bandwidth* 0,066 GHz, frekuensi resonansi 2,406 GHz, serta nilai *return loss* dan VSWR masih memenuhi syarat dan menunjukkan bahwa antenna bekerja secara optimal pada temperatur 27°C.

c. Temperatur 30°C



**Gambar 5.6** Hasil pengukuran *return loss* pada suhu 30°C  
 Sumber : Hasil pengukuran

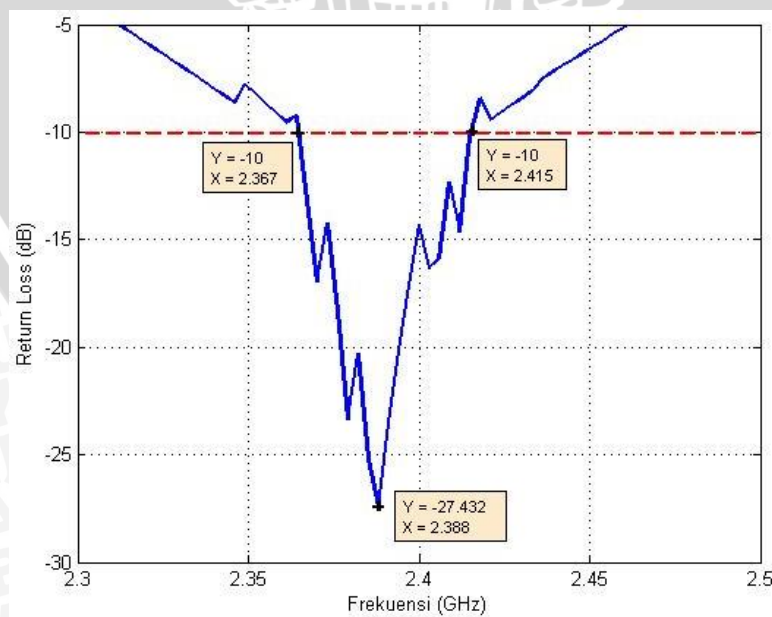


**Gambar 5.7** Hasil pengukuran VSWR pada suhu 30°C  
 Sumber : Hasil pengukuran

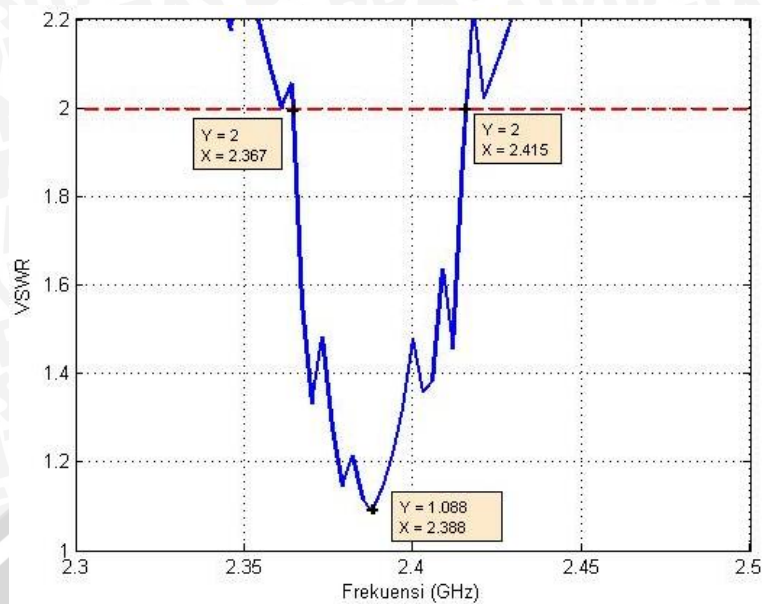
- Analisis Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran return loss dan VSWR antenna pada temperatur 30°C ditunjukkan pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7. Nilai return loss  $\leq -10$  dB dan nilai VSWR masih berkisar  $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$  pada rentang frekuensi 2,376 – 2,433 GHz dengan lebar *bandwidth* 0,057 GHz, serta frekuensi resonansi antenna uji adalah 2,4 GHz. Dengan demikian, antenna bekerja secara optimal pada temperatur 30°C.

d. Temperatur 40°C



**Gambar 5.8** Hasil pengukuran *return loss* pada suhu 40°C  
 Sumber : Hasil pengukuran

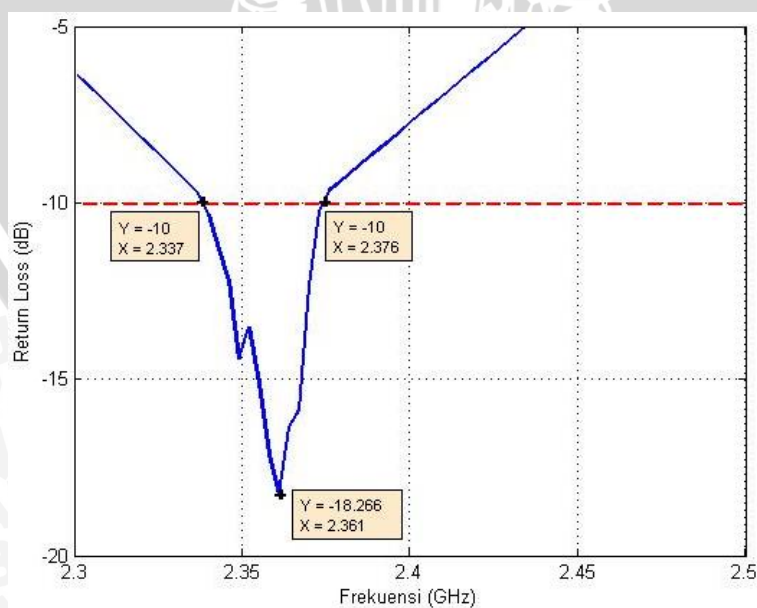


**Gambar 5.9** Hasil pengukuran VSWR pada suhu 40°C  
 Sumber : Hasil pengukuran

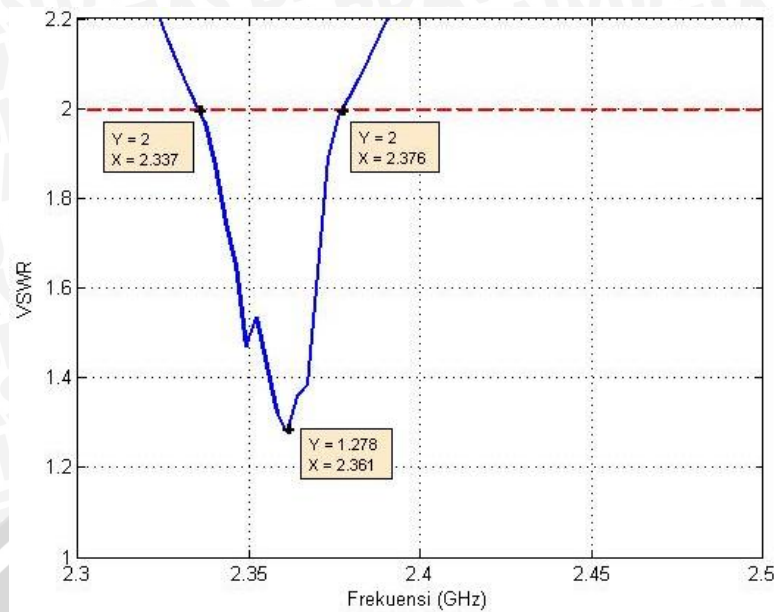
- Analisis Hasil Pengukuran

Ketika pengukuran antenna mencapai temperatur 40°C, frekuensi resonansi antenna adalah 2,388 GHz, lebar *bandwidth* 0,048 GHz dengan rentang frekuensi 2,367 – 2,415 GHz. Nilai *return loss* dan VSWR memang masih memenuhi syarat, namun nilai keduanya bertambah besar, hal ini membuat kinerja antenna sedikit menurun saat bekerja pada frekuensi 2,4 GHz.

e. Temperatur 50°C



**Gambar 5.10** Hasil pengukuran *return loss* pada suhu 50°C  
 Sumber : Hasil pengukuran



**Gambar 5.11** Hasil pengukuran VSWR pada suhu 50°C

Sumber : Hasil pengukuran

- Analisis Hasil Pengukuran

Nilai return loss dan VSWR semakin besar ketika antenna diukur pada temperatur 50°C, rentang frekuensi antenna pun bergeser menjadi 2,337 – 2,376 GHz dengan *bandwidth* 0,039 GHz, frekuensi resonansi pun juga mengalami perubahan menjadi 2,361 GHz. Hal ini meyebabkan, kinerja antenna keseluruhan menurun secara signifikan karena frekuensi kerja antenna tidak mencakup frekuensi yang sesuai dengan perancangan, yaitu 2,4 GHz.

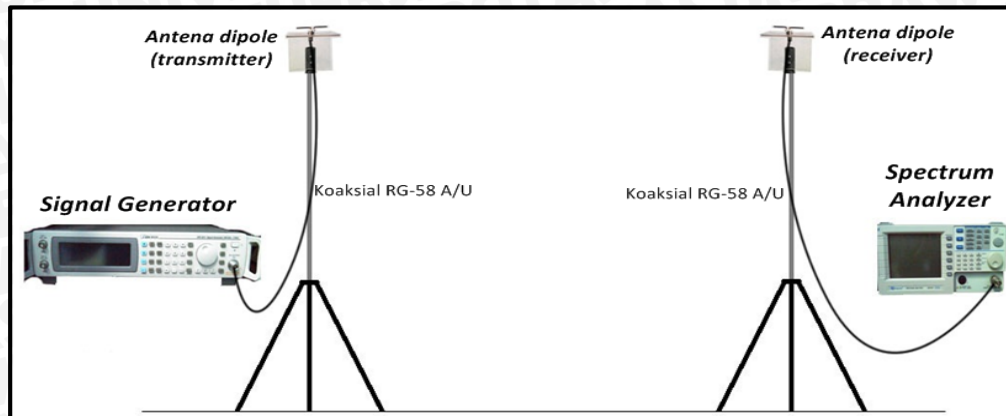
### 5.3 Pengukuran Gain Antena terhadap Perubahan Temperatur

#### 5.3.1 Alat-alat yang digunakan

1. Aeroflex IFR 3413 Signal Generator 250 kHz – 3 GHz
2. GW Instek Spectrum Analyzer GSP-827 2,7 GHz
3. Dua buah antenna standar *dipole*  $\lambda/2$
4. Antena uji (Antena mikrostrip *rectangular patch double slot* yang sudah dipasang di dalam *box heater*)
5. Kabel adapter N to BNC
6. Dua Buah Tiang penyangga

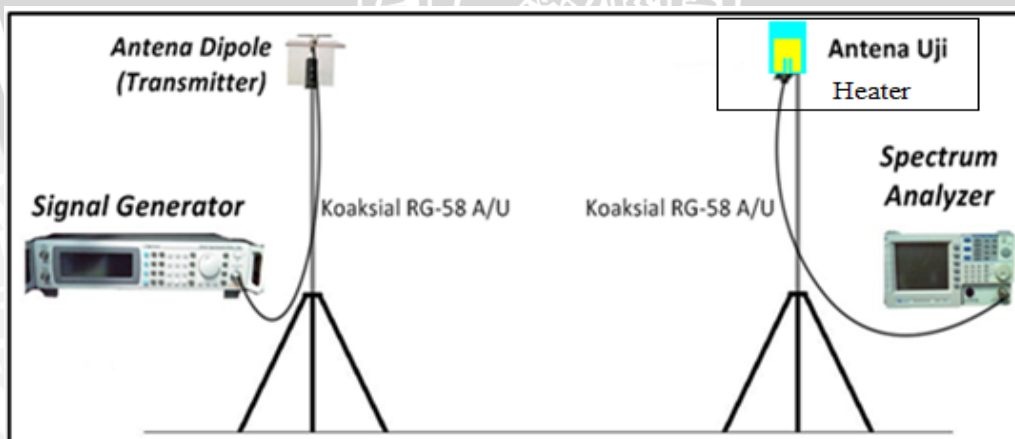
### 5.3.2 Prosedur Pengukuran

1. Merangkai peralatan seperti pada gambar 5.12.



Gambar 5.12 Rangkaian pengukuran daya antenna referensi  
Sumber: Pengukuran

2. *Signal Generator* diatur pada frekuensi 2,4 GHz dan catat daya antenna *dipole*  $\lambda/2$  yang terukur pada *Spectrum Analyzer*.
3. Mengubah frekuensi *Sweep Oscillator* pada *Signal Generator* setiap rentang 500 MHz sehingga daya pada frekuensi 2,35 – 2,5 GHz terukur dan catat daya antenna *dipole*  $\lambda/2$  yang terukur pada *Spectrum Analyzer*.
4. Antena *dipole*  $\lambda/2$  pada penerima (referensi) diganti dengan antena uji (Antena mikrostrip *rectangular patch double slot* yang sudah dipasang di dalam *box heater*) hasil perancangan.



Gambar 5.13 Rangkaian pengukuran *gain* antenna  
Sumber: Pengukuran

5. Mengulangi langkah 2 dan 3 dengan memberikan perubahan temperatur pada antena uji mulai dari 20°C, 27°C, 30°C, 40°C dan 50°C dengan menggunakan *hair dryer* pada *box heater*.
6. Mencatat nilai level daya yang ditunjukkan oleh alat ukur pada frekuensi 2,35 GHz – 2,5 GHz pada masing-masing perubahan temperatur.



### 5.3.3 Analisis Hasil Pengukuran *Gain* terhadap Perubahan Temperatur

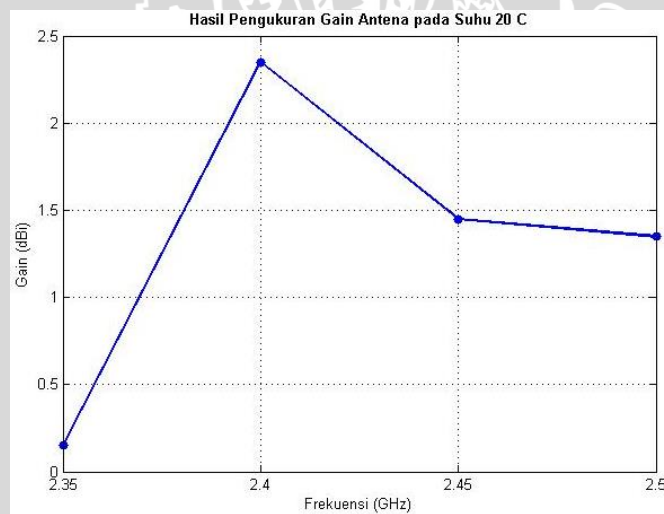
Pada pengukuran *Gain* antenna ini, akan diperoleh parameter-parameter yaitu daya antenna referensi ( $P_{Ref}$ ), daya antenna yang diuji ( $P_U$ ), dan *Gain* antenna yang diuji ( $G_U$ ). Nilai *Gain* antenna yang diuji ( $G_U$ ) diperoleh dari perhitungan data hasil pengukuran dengan menggunakan persamaan (2-13). Berikut hasil perhitungan *gain* antenna uji pada setiap frekuensi dengan perubahan temperatur.

a. Temperatur 20°C

**Tabel 5.1** Nilai *gain* hasil pengukuran antenna pada suhu 20°C

No.	Frekuensi (GHz)	Hasil Pengukuran		
		Daya Ref (dBm)	Daya Uji (dBm)	Gain (dBi)
1.	2,35	-62,1	-64,1	0,25
2.	2,40	-62,7	-62,5	2,35
3	2,45	-59	-59,7	1,45
4.	2,50	-61,4	-62,2	1,35

Sumber : Hasil pengukuran



**Gambar 5.14** Hasil pengukuran *gain* antenna pada suhu 20°C

Sumber : Hasil pengukuran

- Analisis Hasil Pengukuran

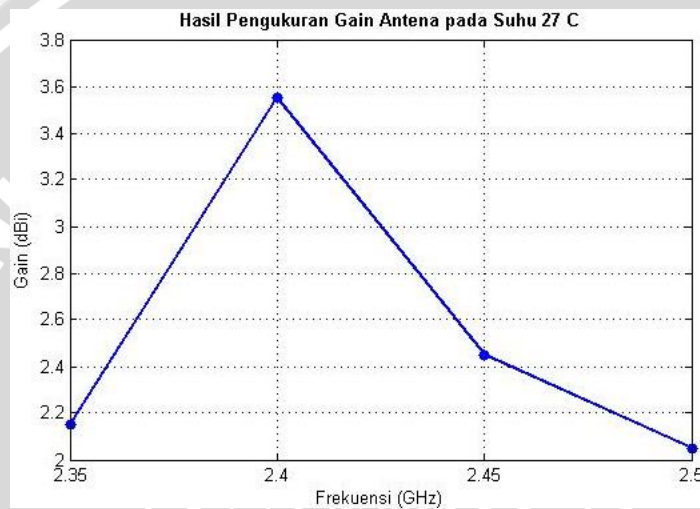
Pada pengukuran *gain* menggunakan antenna referensi yaitu antenna *dipole*  $\lambda/2$  dengan nilai *gain* standar 2,15 dBi. Hasil pengukuran *gain* antenna uji pada temperatur 20°C menunjukkan antenna memiliki nilai *gain* dengan rata-rata sebesar 1,35 dBi. *Gain* pada frekuensi 2,4 GHz sebesar 2,35 dBi. Dengan demikian, pada temperatur 20°C antenna masih mempunyai kinerja yang cukup bagus ketika bekerja pada frekuensi 2,4 GHz.

b. Temperatur 27°C

Tabel 5.2 Nilai *gain* hasil pengukuran antenna pada suhu 27°C

No.	Frekuensi (GHz)	Hasil Pengukuran		
		Daya Ref (dBm)	Daya Uji (dBm)	Gain (dBi)
1.	2,35	-62,1	-62,1	2,15
2.	2,40	-62,7	-61,3	3,55
3	2,45	-59	-58,7	2,45
4.	2,50	-61,4	-61,5	2,05

Sumber : Hasil pengukuran



Gambar 5.15 Hasil pengukuran *gain* antenna pada suhu 27°C

Sumber : Hasil pengukuran

- Analisis Hasil Pengukuran

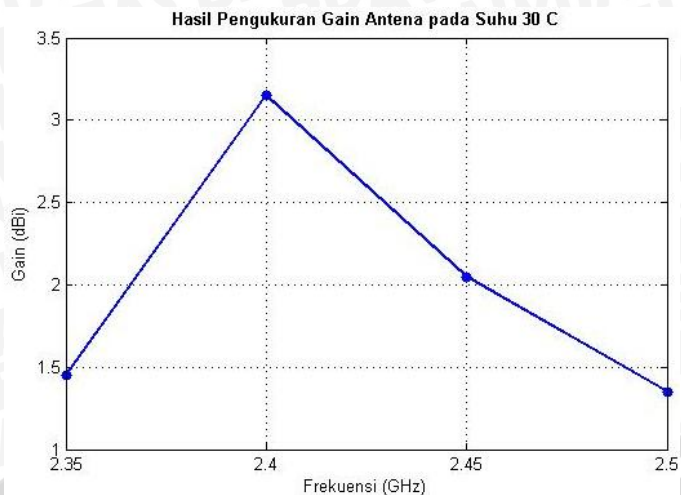
Pada Gambar 5.15 menunjukkan hasil pengukuran *gain* antenna uji pada temperatur 27°C. Antena uji memiliki *gain* sebesar 3,55 dBi pada frekuensi 2,4 GHz dan memiliki nilai *gain* dengan rata-rata sebesar 2,55 dBi. Jadi ketika mencapai temperatur 27°C, antenna bekerja secara optimal pada frekuensi 2,4 GHz.

c. Temperatur 30°C

Tabel 5.3 Nilai *gain* hasil pengukuran antenna pada suhu 30°C

No.	Frekuensi (GHz)	Hasil Pengukuran		
		Daya Ref (dBm)	Daya Uji (dBm)	Gain (dBi)
1.	2,35	-62,1	-62,8	1,45
2.	2,40	-62,7	-61,7	3,15
3	2,45	-59	-59,1	2,05
4.	2,50	-61,4	-62,2	1,35

Sumber : Hasil pengukuran



**Gambar 5.16** Hasil pengukuran *gain* antena pada suhu 30°C  
 Sumber : Hasil pengukuran

- Analisis Hasil Pengukuran

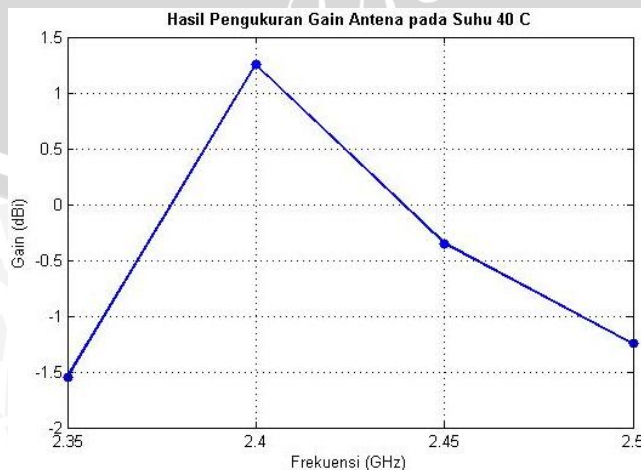
Hasil pengukuran *gain* antena uji pada temperatur 30°C pada Gambar 5.16 menunjukkan antena uji memiliki nilai rata-rata *gain* sebesar 2 dBi dan 3,15 dBi pada frekuensi 2,4 GHz yang berarti antena masih dapat bekerja optimal pada temperatur 30°C.

d. Temperatur 40°C

**Tabel 5.4** Nilai *gain* hasil pengukuran antena pada suhu 40°C

No.	Frekuensi (GHz)	Hasil Pengukuran		
		Daya Ref (dBm)	Daya Uji (dBm)	Gain (dBi)
1.	2,35	-62,1	-65,8	-1,55
2.	2,40	-62,7	-63,6	1,25
3.	2,45	-59	-61,5	-0,35
4.	2,50	-61,4	-64,8	-1,25

Sumber : Hasil pengukuran



**Gambar 5.17** Hasil pengukuran *gain* antena pada suhu 40°C  
 Sumber : Hasil pengukuran

- Analisis Hasil Pengukuran

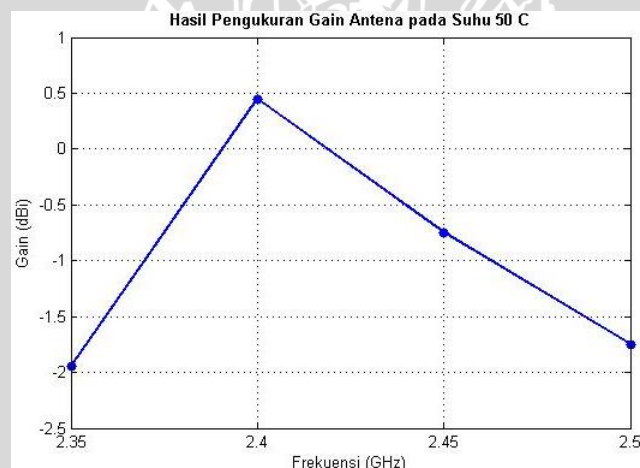
Saat mencapai temperatur 40°C, nilai *gain* antenna uji mengalami penurunan yaitu 1,25 dBi pada frekuensi 2,4 GHz dan nilai *gain* rata-rata menunjukkan nilai negatif, yakni -0,474 dBi. Hal ini menandakan bahwa antenna uji mengalami penurunan kinerja karena perubahan temperatur yang cukup signifikan.

- Temperatur 50°C

**Tabel 5.5** Nilai *gain* hasil pengukuran antenna pada suhu 50°C

No.	Frekuensi (GHz)	Hasil Pengukuran		
		Daya Ref (dBm)	Daya Uji (dBm)	Gain (dBi)
1.	2,35	-62,1	-66,2	-1,95
2.	2,40	-62,7	-64,4	0,45
3.	2,45	-59	-61,9	-0,75
4.	2,50	-61,4	-65,3	-1,75

Sumber : Hasil pengukuran



**Gambar 5.18** Hasil pengukuran gain antenna pada suhu 50°C

Sumber : Hasil pengukuran

- Analisis Hasil Pengukuran

Nilai *gain* rata-rata antenna uji mengalami penurunan yang signifikan dan menunjukkan nilai negatif ketika temperatur mencapai 50°C yaitu -2 dBi, pun juga dengan nilai *gain* pada frekuensi 2,4 GHz menjadi 0,45 dBi yang menyebabkan antenna tidak dapat bekerja secara optimal pada frekuensi tersebut.

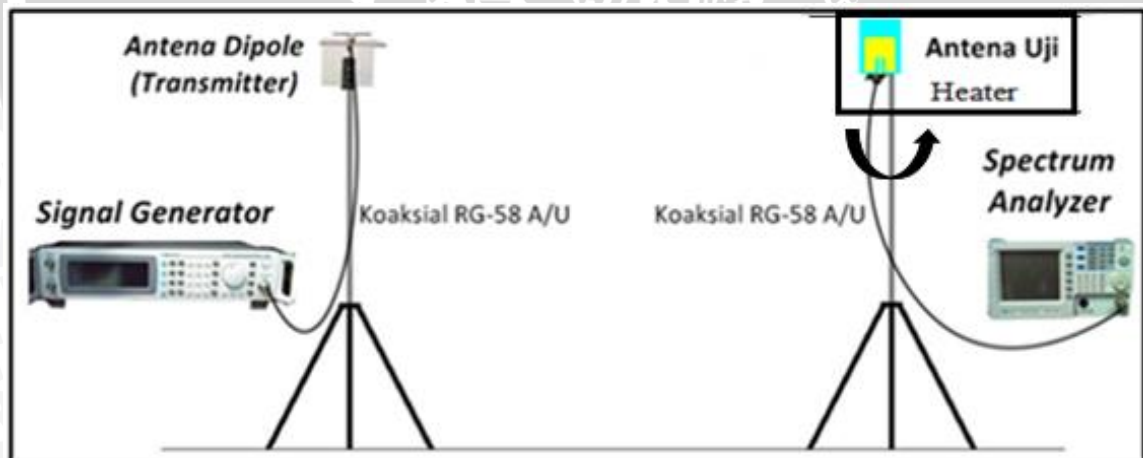
## 5.4 Pengukuran Pola Radiasi terhadap Perubahan Temperatur

### 5.4.1 Alat-alat yang digunakan

1. Aeroflex *Signal Generator FR M13* 200 kHz - 3 GHz Aeroflex.
2. GW Instek *Spectrum Analyzer GSP-827* 2,7 GHz
3. Satu buah antenna standar *dipole  $\lambda/2$*
4. Antena uji (Antena mikrostrip konfigurasi 64)
5. Kabel adapter N to BNC
6. Konektor tipe N *Female*
7. Dua buah tiang penyangga yang salah satunya memiliki penanda sudut putar tiap kelipatan  $10^0$ .

### 5.4.2 Prosedur Pengukuran

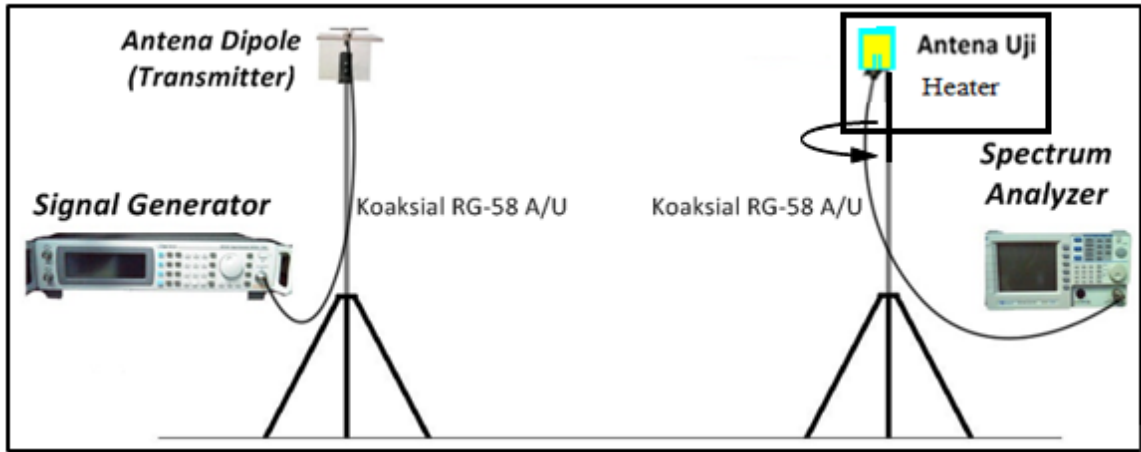
1. Memasang antenna *dipole  $\lambda/2$*  sebagai antenna pemancar dengan menghubungkannya ke *signal generator* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U.
2. Memasang antenna uji sebagai antenna penerima dengan menghubungkannya ke *spectrum analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.19.



Gambar 5.19 Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Horizontal Antena Uji  
Sumber : Pengukuran

3. Mengatur *signal generator* pada frekuensi 2,4 GHz.
4. Memutar antenna uji dari  $0^0$  sampai  $360^0$  dengan interval  $10^0$  terhadap sumbu horizontal, dan mencatat nilai daya yang ditunjukkan oleh *spectrum analyzer* pada tiap-tiap interval pemutaran untuk mendapatkan nilai pola radiasi horizontal.
5. Mengulangi langkah 5 dengan memberikan perubahan temperatur pada antenna uji mulai dari  $20^0\text{C}$ ,  $27^0\text{C}$ ,  $30^0\text{C}$ ,  $40^0\text{C}$  dan  $50^0\text{C}$  dengan menggunakan *hair dryer* pada *box heater*.

6. Mencatat level daya terima setiap sudut putar.
7. Memasang antenna uji secara vertikal sebagai antenna penerima dengan menghubungkannya ke *spectrum analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada gambar 5.10



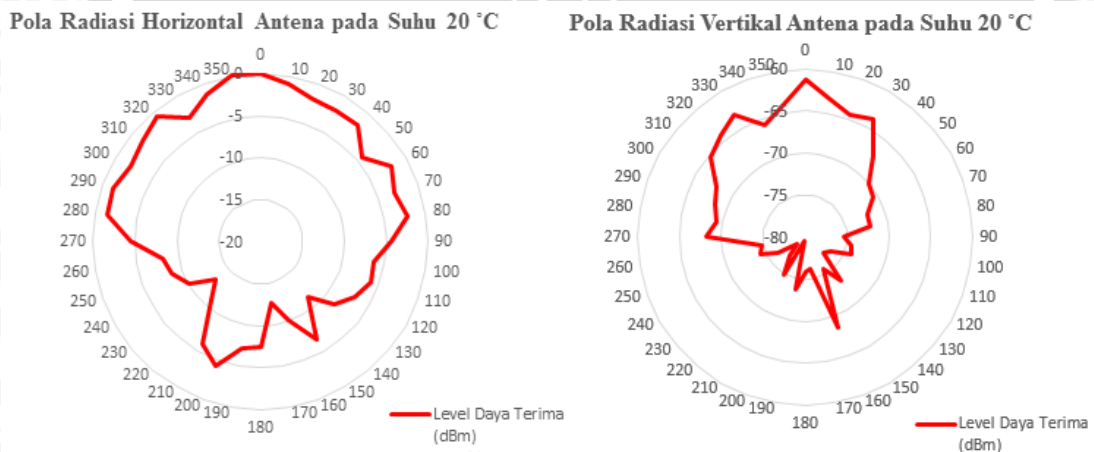
**Gambar 5.20** Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Vertikal Antena Uji  
Sumber : Pengukuran

8. Mengulangi langkah 4 sampai 6 untuk untuk mendapatkan nilai pola radiasi vertikal.

### 5.4.3 Hasil Pengukuran Pola Radiasi terhadap Perubahan Temperatur

Berdasarkan hasil pengukuran pola radiasi yang dilakukan, maka diperoleh nilai daya yang diterima oleh antenna uji. Pola radiasi yang diperoleh yaitu pola radiasi horizontal dan pola radiasi vertikal. Data hasil pengukuran pola radiasi horizontal dan pola radiasi vertikal pada frekuensi 2,4 GHz dengan perubahan temperatur. Pola radiasi vertikal dan horizontal antenna mikrostrip uji dapat dilihat dalam gambar dan tabel berikut:

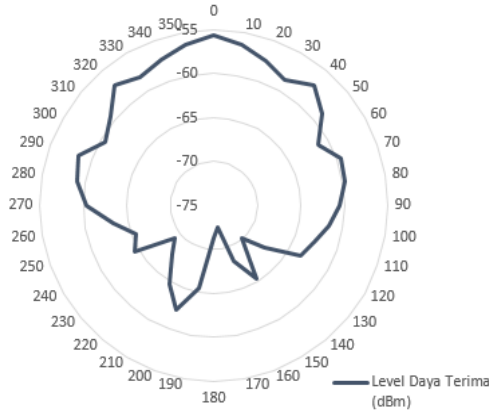
- a. Temperatur 20°C



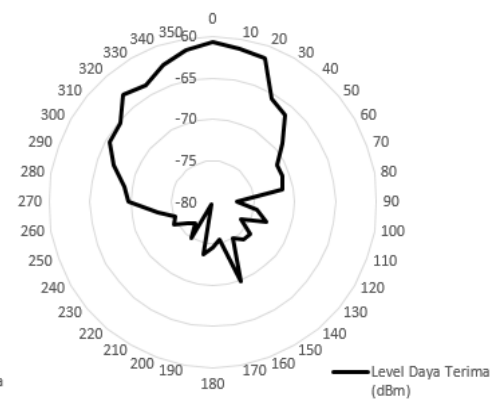
**Gambar 5.21** Hasil pengukuran pola radiasi antenna uji pada suhu 20°C  
Sumber : Hasil pengukuran

b. Temperatur 27°C

Pola Radiasi Horizontal Antena pada Suhu 27 °C



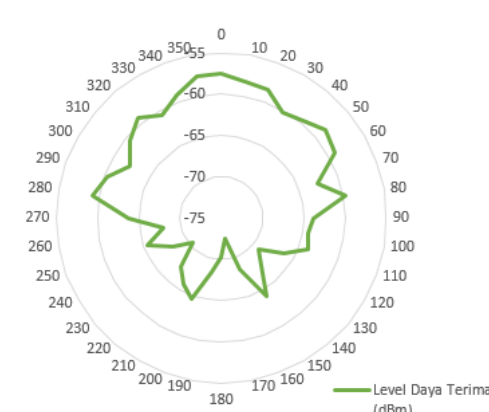
Pola Radiasi Vertikal Antena pada Suhu 27 °C



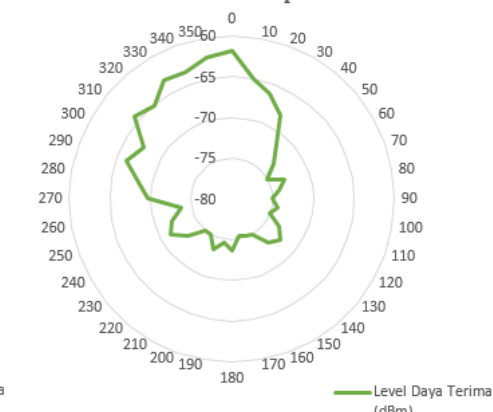
**Gambar 5.22** Hasil pengukuran pola radiasi antena uji pada suhu 27°C  
Sumber : Hasil pengukuran

c. Temperatur 30°C

Pola Radiasi Horizontal Antena pada Suhu 30 °C



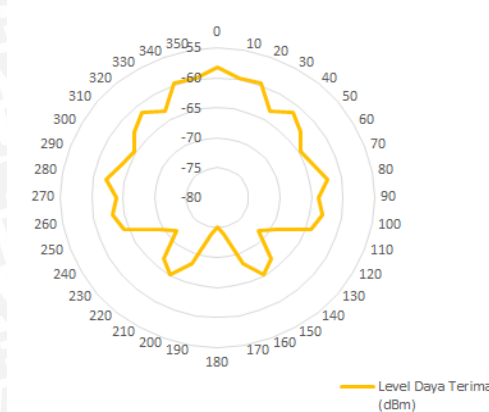
Pola Radiasi Vertikal Antena pada Suhu 30 °C



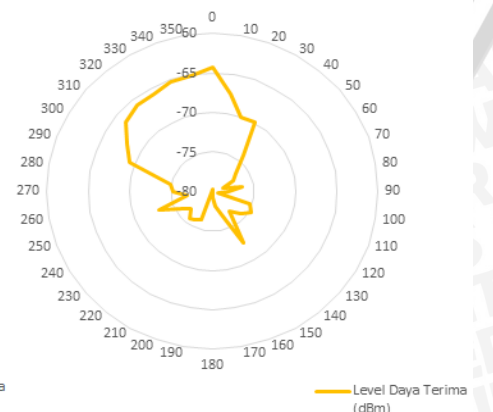
**Gambar 5.23** Hasil pengukuran pola radiasi antena uji pada suhu 30°C  
Sumber : Hasil pengukuran

d. Temperatur 40°C

Pola Radiasi Horizontal Antena pada Suhu 40 °C

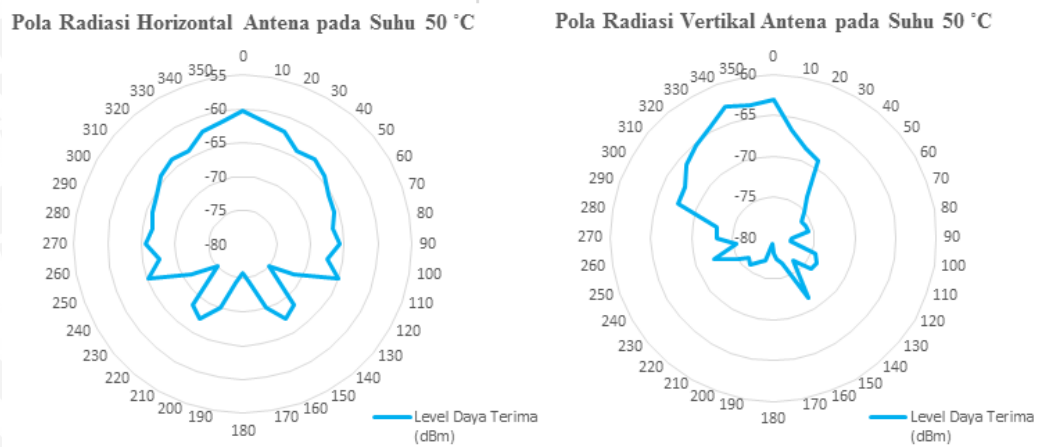


Pola Radiasi Vertikal Antena pada Suhu 40 °C



**Gambar 5.24** Hasil pengukuran pola radiasi antena uji pada suhu 40°C  
Sumber : Hasil pengukuran

e. Temperatur 50°C



**Gambar 5.25** Hasil pengukuran pola radiasi antena uji pada suhu 50°C  
Sumber : Hasil pengukuran

#### 5.4.4 Analisis Hasil Pengukuran Pola Radiasi terhadap Perubahan Temperatur

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengukuran, dapat digambarkan bentuk pola radiasi antena hasil perancangan dengan perubahan temperatur dalam bentuk diagram polar. Gambar 5.20 sampai dengan Gambar 5.24 merupakan diagram polar radiasi antena uji pada frekuensi 2,4 GHz baik secara horizontal atau vertikal. Berdasarkan bentuk pola radiasi yang tergambar dapat diketahui bahwa bentuk pola radiasi antena uji adalah *directional*, di mana antena mempunyai intensitas radiasi maksimum pada satu arah.

#### 5.5 Perbandingan dan Analisis Hasil Pengukuran Antena Mikrostrip *Rectangular Patch Double Slot* terhadap Pengaruh Perubahan Temperatur

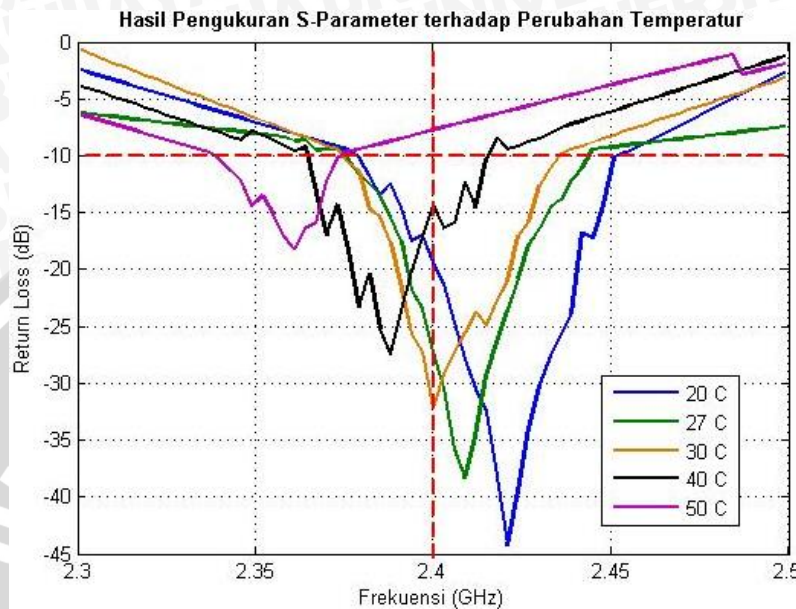
Untuk mengetahui kinerja antena sebenarnya terhadap pengaruh perubahan temperatur, maka dilakukan perbandingan dan analisis hasil pengukuran pada parameter-parameter antena seperti S-Parameter, VSWR, frekuensi resonansi, *bandwidth*, *gain* dan pola radiasi.

a. S-Parameter

Pada Gambar 5.25 menunjukkan hasil pengukuran S-Parameter terhadap pengaruh perubahan temperatur. Nilai pengukuran *return loss* antena semakin besar dengan meningkatnya temperatur yang diberikan. Hal ini berarti bahwa daya yang dipantulkan saat proses transmisi akan semakin besar juga. Namun karena antena yang didesain bekerja pada frekuensi 2,4 GHz, maka nilai *return loss* terbaik dicapai pada saat antena berada pada suhu 30°C dengan nilai *return loss* -32,147 dB. Ketika suhu 27°C nilai *return loss* antena sedikit bertambah besar, yaitu -27,262 dB namun antena masih dapat bekerja dengan baik. Sedangkan ketika suhu turun hingga 20°C, nilai *return loss* bertambah cukup

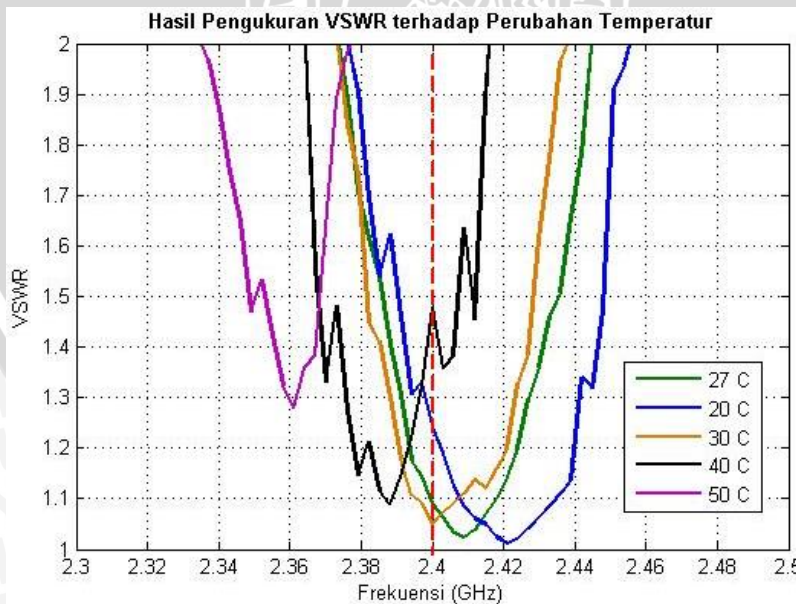


signifikan begitu juga ketika suhu dinaikkan mencapai 40°C, tetapi masih memenuhi syarat nilai *return loss*  $\leq 10$  dB dengan nilai -19,345 dB dan -14,266 dB . Pada suhu 50°C, nilai *return loss* menjadi -7,749 dB dan sudah tidak memenuhi syarat, sehingga antenna tidak dapat bekerja optimal pada frekuensi 2,4 GHz.



**Gambar 5.26** Perbandingan hasil pengukuran S-Parameter antenna terhadap pengaruh perubahan temperatur  
 Sumber : Hasil pengukuran

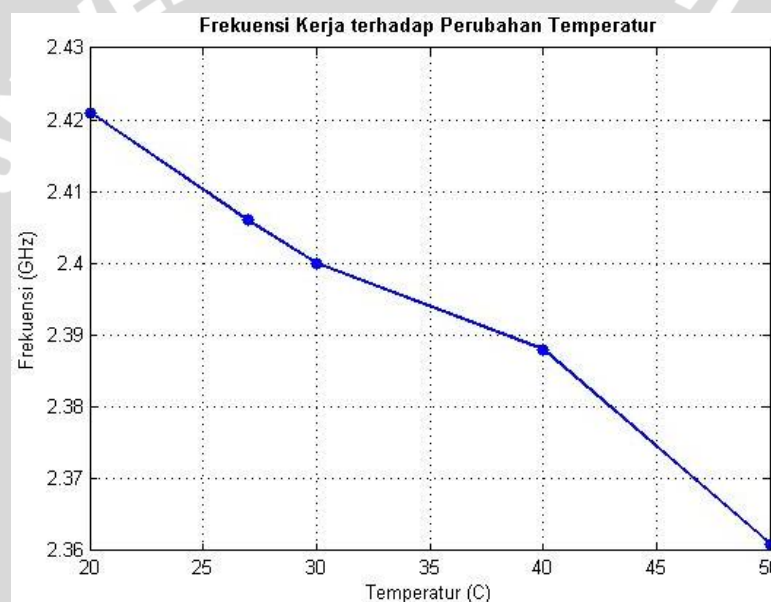
b. VSWR



**Gambar 5.27** Perbandingan hasil pengukuran VSWR antenna terhadap pengaruh perubahan temperatur  
 Sumber : Hasil pengukuran

Hasil pengukuran VSWR terhadap perubahan pengaruh perubahan temperatur ditunjukkan pada Gambar 5.26. Pada frekuensi 2,4 GHz, nilai VSWR paling kecil juga dicapai ketika antenna berada dalam suhu 30°C dengan nilai 1,051. Juga pada suhu 27°C, nilai VSWR masih memenuhi syarat  $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$  yaitu 1,090. Nilai VSWR bertambah besar ketika suhu turun menjadi 20°C ataupun naik hingga 40°C yaitu 1,241 dan 1,479 namun masih memenuhi syarat nilai VSWR. Sedangkan ketika mencapai suhu 50°C, antenna sudah tidak dapat bekerja secara optimal karena nilai VSWR bertambah sangat signifikan mencapai 2,388.

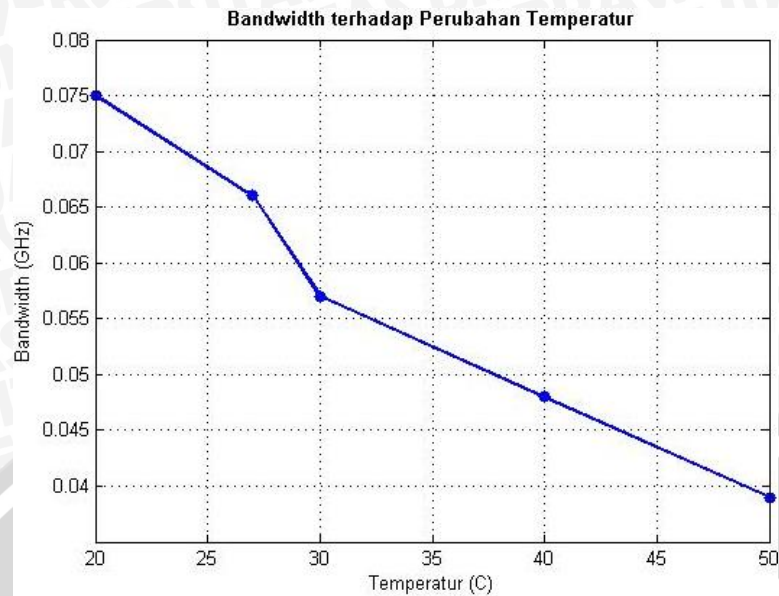
c. Frekuensi Resonansi



**Gambar 5.28** Perbandingan hasil pengukuran frekuensi resonansi antenna terhadap pengaruh perubahan temperatur  
Sumber : Hasil pengukuran

Dari Gambar 5.27, dapat disimpulkan bahwa frekuensi resonansi antenna mengalami perubahan terhadap perubahan temperatur. Frekuensi resonansi akan semakin rendah jika temperatur semakin tinggi. Dari hasil pengukuran, frekuensi resonansi yang sesuai dengan perancangan yaitu 2,4 GHz dicapai ketika antenna berada dalam suhu 30°C, sedangkan pada suhu 20°C dan 27°C, frekuensi resonansi antenna adalah 2,421 GHz dan 2,406 GHz yang menunjukkan bahwa antenna tersebut masih dapat bekerja sesuai dengan frekuensi yang telah ditentukan pada perancangan. Namun ketika suhu mencapai 40°C dan 50°C frekuensi resonansi antenna berubah menjadi 2,388 GHz dan 2,361 GHz yang menyebabkan antenna tidak dapat bekerja sesuai perancangan.

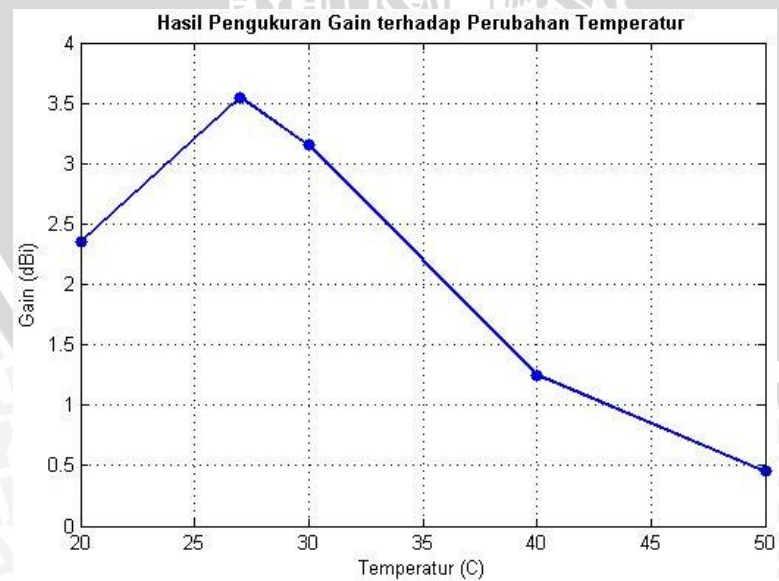
d. *Bandwidth*



**Gambar 5.29** Perbandingan hasil pengukuran *bandwidth* antenna terhadap pengaruh perubahan temperatur  
Sumber : Hasil pengukuran

Pengukuran *bandwidth* dapat dilakukan dengan mengukur lebar rentang frekuensi dengan batasan di bawah -10 dB pada grafik pengukuran *return loss* atau pada grafik VSWR dengan batasan di bawah 2. (Gambar 5.2 sampai Gambar 5.11). Pada Gambar 5.28 dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi temperatur, maka lebar *bandwidth* antenna akan semakin sempit.

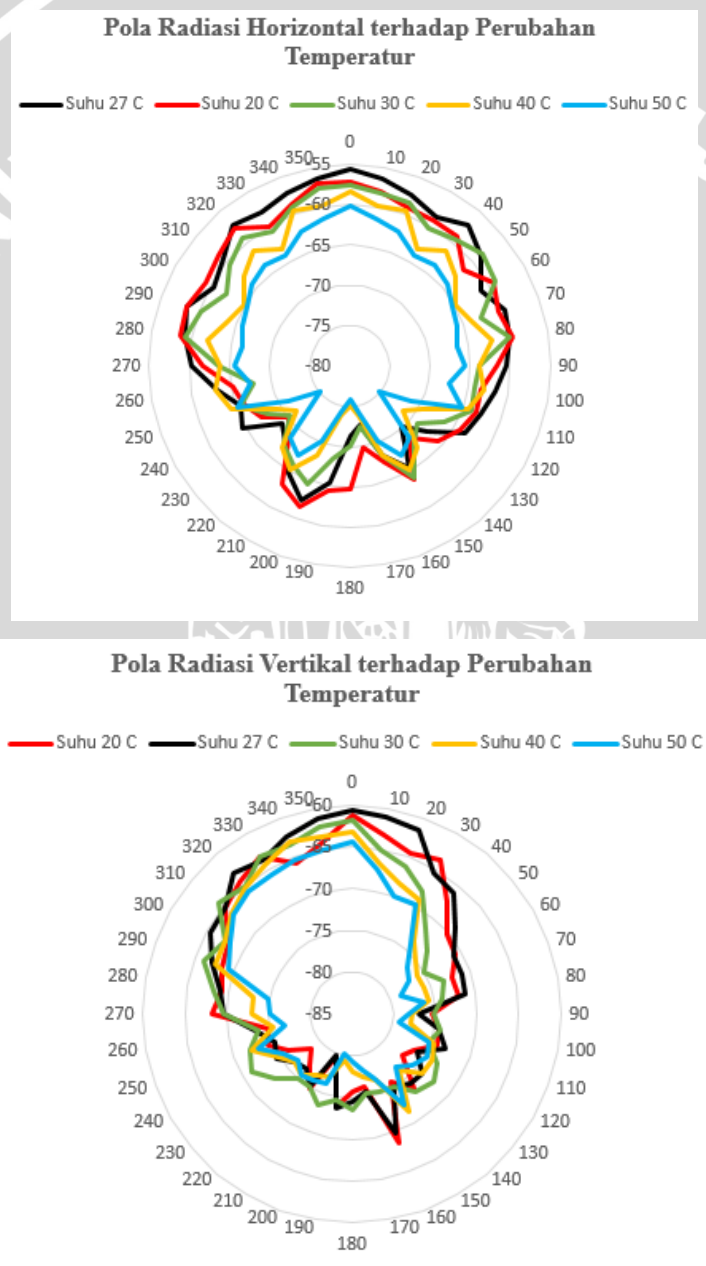
e. *Gain*



**Gambar 5.30** Perbandingan hasil pengukuran *gain* antenna terhadap pengaruh perubahan temperatur  
Sumber : Hasil pengukuran

Nilai pengukuran *gain* yang dibandingkan terhadap perubahan temperatur hanya *gain* antenna pada frekuensi 2,4 GHz sesuai dengan perancangan. Hasil pengukuran *gain* yang bernilai paling besar adalah 3,55 dBi dicapai ketika antenna berada dalam suhu 27°C. Ketika pada suhu 20°C dan 30°C, *gain* antenna mengalami sedikit penurunan yaitu bernilai 2,35 dBi dan 3,15 dBi yang berarti antenna masih bisa bekerja optimal pada suhu tersebut. Namun, ketika suhu mencapai 40°C dan 50°C, nilai *gain* turun secara signifikan menjadi 1,25 dBi dan 0,45 dBi yang menyebabkan penurunan kinerja antenna.

f. Pola Radiasi



**Gambar 5.31** Perbandingan hasil pengukuran pola radiasi antenna terhadap pengaruh perubahan temperatur  
 Sumber : Hasil pengukuran

Dari Gambar 5.30 menunjukkan pola radiasi antenna dengan perubahan temperatur, dan dapat disimpulkan bahwa perubahan temperatur tidak mempengaruhi jenis pola radiasi antenna secara horizontal maupun vertikal, antenna tetap mempunyai jenis pola radiasi *directional*. Tetapi berdasarkan Tabel 5.6 di bawah ini, perubahan temperatur sedikit mempengaruhi level daya terima maksimum antenna. Semakin meningkat temperatur maka semakin kecil nilai level daya terima maksimum antenna. Nilai daya maksimum antenna ditunjukkan pada sudut 0° atau 360°.

**Tabel 5.6** Hasil pengukuran pola radiasi antenna

Sudut	Pola Radiasi Horizontal					Pola Radiasi Vertikal				
	Level Daya Terima (dBm) terhadap Perubahan Temperatur					Level Daya Terima (dBm) terhadap Perubahan Temperatur				
	20°C	27°C	30°C	40°C	50°C	20°C	27°C	30°C	40°C	50°C
0°	-57.2	-55.6	-57.5	-58.3	-60.2	-61.2	-60.7	-61.8	-63.1	-64.3
10°	-58.1	-56.5	-58.3	-59.8	-61.5	-63.3	-61.1	-65.1	-66.6	-67.5
20°	-59.1	-57.5	-58.5	-59.6	-62.3	-64.5	-61.5	-66.3	-68.3	-70.1
30°	-59.2	-58.6	-60.2	-63.3	-64.1	-63.7	-65.5	-68.1	-69.1	-69.8
40°	-59.1	-57.1	-59.6	-61.4	-63.6	-67.3	-66.2	-71.4	-73.5	-74.1
50°	-61.5	-58.7	-58.5	-62.8	-64.2	-70.2	-68.9	-73.2	-75.1	-76.4
60°	-59.3	-61.2	-59.1	-64.7	-65.3	-70.6	-71	-75.1	-76	-77.2
70°	-60.2	-59.5	-62.6	-63.8	-65.7	-72.2	-70.9	-73.2	-75.8	-78.7
80°	-59.4	-59.7	-59.7	-62.1	-66.5	-72.1	-71.3	-74.1	-75.6	-76.3
90°	-61.6	-60.5	-63.9	-63.9	-65.6	-75.4	-77	-75.1	-77.7	-78.2
100°	-63.5	-61.6	-64.3	-63.1	-67.4	-74.5	-74.5	-74.3	-77.8	-79.3
110°	-63.2	-62.7	-63.8	-64.2	-65.1	-74.2	-73	-75.1	-74.5	-75.2
120°	-64.2	-63.4	-66.3	-69.5	-71.3	-76.5	-76	-73.3	-73.9	-74.7
130°	-65.7	-67.4	-69.1	-71.4	-75.1	-77.2	-74	-72.3	-74	-75.6
140°	-68.5	-70.1	-67.6	-66.8	-68.4	-73.3	-74.1	-73	-76.3	-76.8
150°	-63.8	-65.3	-64.1	-65.1	-67.3	-75.6	-75	-74.9	-71.5	-72.4
160°	-67.3	-68.3	-68.3	-68.2	-70.1	-68.6	-69.9	-75.2	-76.6	-76.9
170°	-69.8	-72.5	-72.4	-73.7	-74.2	-76.2	-75.5	-75.4	-77.4	-78.1
180°	-64.7	-71.3	-70.2	-75.1	-75.8	-75.8	-74.5	-73.6	-78.1	-79.2
190°	-64.3	-65.4	-68.3	-73.7	-74.2	-73.7	-73.6	-74.5	-79.3	-80.2

200°	-61.5	-62.3	-64.5	-68.2	-70.1	-79.5	-79.7	-73.4	-77	-76.2
210°	-63.1	-64.7	-65.8	-65.1	-67.3	-74.8	-74.9	-74.9	-76.6	-75.8
220°	-68.1	-67.6	-67.3	-66.8	-68.4	-77.1	-76.6	-74.9	-75.6	-75.6
230°	-70.1	-69.1	-70.4	-71.4	-75.1	-78.7	-76	-73	-76.1	-76.5
240°	-67.3	-64.5	-68.2	-69.5	-71.3	-76.2	-74.5	-71.2	-74.9	-75.6
250°	-65.9	-65.5	-65.5	-64.2	-65.1	-74.3	-75.2	-72.1	-72.3	-73.1
260°	-65.3	-63.3	-67.8	-63.1	-67.4	-74.8	-73.2	-73.7	-75.5	-76.9
270°	-61.7	-60.3	-63.7	-63.9	-65.6	-68.2	-69.7	-69.7	-73.1	-75.2
280°	-58.6	-59.1	-59.1	-62.1	-66.5	-69.2	-69	-68.3	-73	-74.8
290°	-58.5	-58.5	-60.2	-63.8	-65.7	-68.5	-67.1	-66.2	-67.7	-69.3
300°	-59.3	-60.5	-62.3	-64.7	-65.3	-67.9	-65.5	-67.4	-67.5	-68.1
310°	-58.7	-59.4	-60.5	-62.8	-64.2	-65.2	-65.2	-64.3	-66.2	-66.4
320°	-57.8	-57.2	-59.2	-61.4	-63.6	-64.3	-63	-65.1	-65.2	-65.8
330°	-60.1	-58.1	-60.7	-63.3	-64.1	-63.2	-63.7	-63.2	-64.4	-65.7
340°	-58.6	-57.3	-59.1	-59.6	-62.3	-65.8	-62.4	-63.4	-63	-65.3
350°	-57.1	-56.5	-57.6	-59.8	-61.5	-64.2	-61.3	-62.3	-63.5	-65.1
360°	-57.2	-55.6	-57.5	-58.3	-60.2	-64.1	-62.2	-62	-63.2	-64.4

Sumber : Hasil pengukuran

Dari penjabaran analisis hasil pengukuran antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* di atas dapat disajikan dalam tabel perbandingan berdasarkan parameter-parameter antenna yang diukur. Berikut adalah tabel perbandingan hasil pengukuran antenna terhadap perubahan temperatur :

**Tabel 5.7** Tabulasi perbandingan hasil pengukuran antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap perubahan temperatur

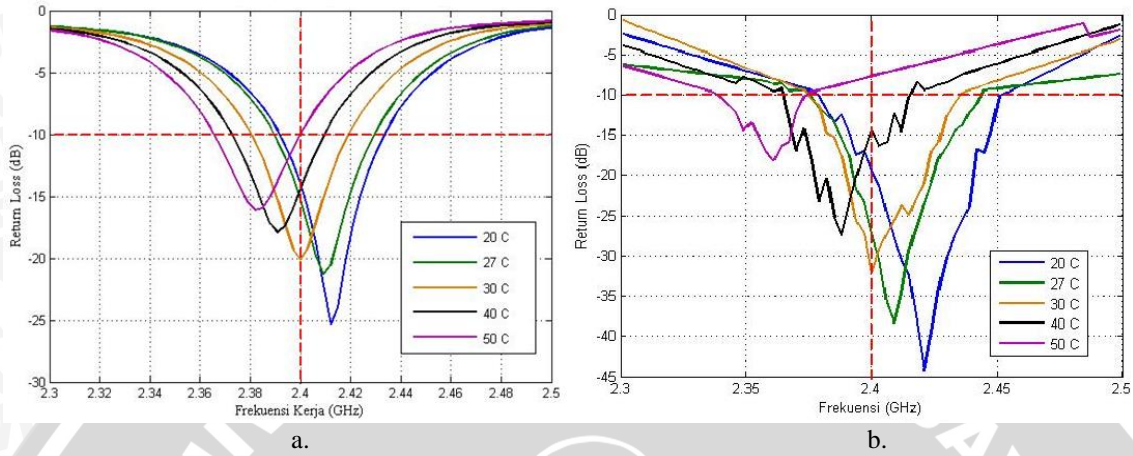
Perubahan Temperatur Antena	Parameter Antena								
	Frekuensi (GHz)	Return Loss pada 2,4 GHz (dB)	VSWR pada 2,4 GHz	Rentang Frekuensi (GHz)	Bandwidth (GHz)	Gain pada Frekuensi 2,4 GHz (dBi)	Pola Radiasi pada 2,4 GHz		
							Level Daya Terima (dBm)		Jenis Pola Radiasi
							Horizontal	Vertikal	
Suhu 20 °C	2,421	-19,345	1,479	2,379 – 2,454	0,075	2,35	-57,2	-61,2	<i>directional</i>
Suhu 27 °C	2,406	-27,262	1,090	2,376 – 2,442	0,066	3,55	-55,6	-60,7	<i>directional</i>
Suhu 30 °C	2,4	-32,147	1,051	2,376 – 2,433	0,057	3,15	-57,5	-61,8	<i>directional</i>
Suhu 40 °C	2,388	-14,266	1,241	2,367 – 2,415	0,048	1,25	-58,3	-63,1	<i>directional</i>
Suhu 50 °C	2,361	-7,749	2,388	2,337 – 2,376	0,039	0,45	-60,2	-64,3	<i>directional</i>

Sumber : Hasil pengukuran

## 5.6 Analisis Perbandingan Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran

Berikut ini merupakan perbandingan parameter hasil simulasi dan hasil pengukuran antenna mikrostrip *rectangular patch double slot* terhadap perubahan temperatur.

### a. S-Parameter dan VSWR

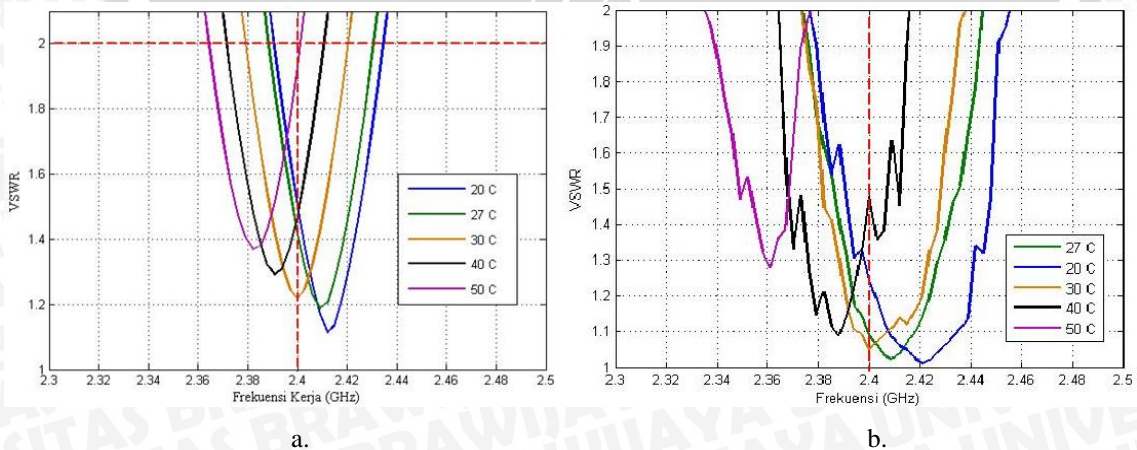


**Gambar 5.31** Grafik hasil S-Parameter. a. Hasil simulasi; b. Hasil pengukuran  
Sumber : Simulasi dan pengukuran

**Tabel 5.8** Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran S-Parameter (*return loss*)

Parameter Antena	Temperatur	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
<b>Return Loss (dB)</b> pada frekuensi 2,4 <b>GHz</b>	20°C	-13,952	-19,345
	27°C	-15,362	-27,262
	30°C	-20,156	-32,147
	40°C	-14,382	-14,266
	50°C	-9,967	-7,749

Sumber : Simulasi dan pengukuran



**Gambar 5.32** Grafik hasil VSWR a. Hasil simulasi; b. Hasil pengukuran  
Sumber : Simulasi dan pengukuran



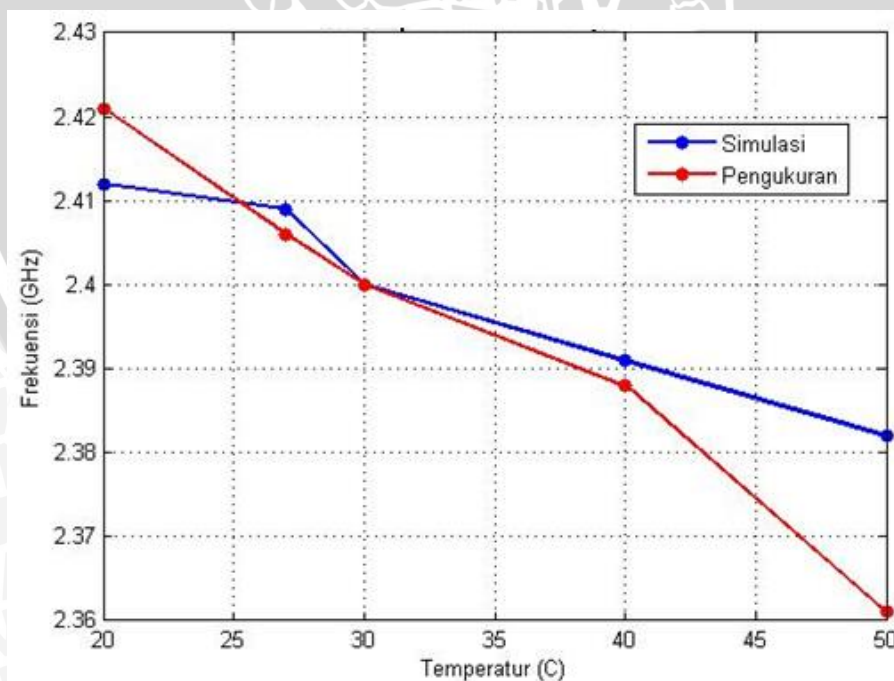
Tabel 5.9 Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran VSWR

Parameter Antena	Temperatur	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
VSWR pada frekuensi 2,4 GHz	20°C	1,502	1,241
	27°C	1,417	1,090
	30°C	1,218	1,051
	40°C	1,472	1,479
	50°C	1,930	2,388

Sumber : Simulasi dan pengukuran

Grafik dan tabel di atas menunjukkan perbandingan antara *return loss* dan VSWR hasil simulasi dan pengukuran. Terdapat perbedaan nilai *return loss* dan VSWR yang diperoleh dari kedua hasil tersebut. Meskipun begitu, hasil simulasi dan pengukuran masih memenuhi syarat  $return\ loss \leq -10\ dB$  dan  $1 \leq VSWR \leq 2$  pada *range* suhu 20°C – 40°C, sedangkan pada suhu 50°C nilai *return loss* dan VSWR sudah tidak memenuhi syarat pada hasil pengukuran, namun pada hasil simulasi masih memenuhi syarat meskipun nilainya hampir mendekati syarat minimal.

b. Frekuensi Resonansi



Gambar 5.33 Grafik hasil simulasi dan pengukuran ferkuensi resonansi

Sumber : Simulasi dan pengukuran

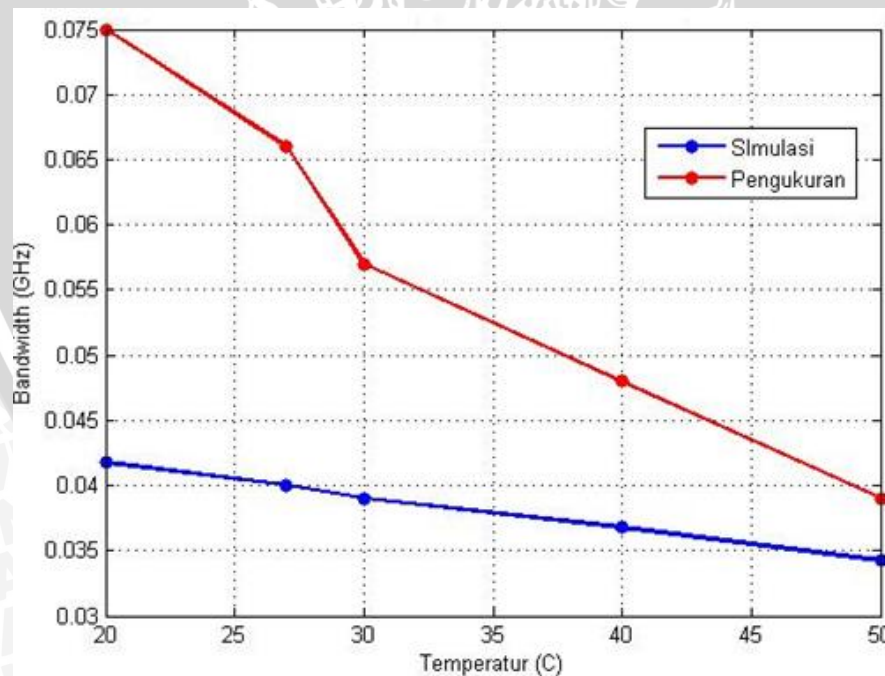
Tabel 5.10 Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran frekuensi resonansi

Parameter Antena	Temperatur	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
Frekuensi Resonansi (GHz)	20°C	2,412	2,421
	27°C	2,409	2,406
	30°C	2,4	2,4
	40°C	2,391	2,388
	50°C	2,382	2,361

Sumber : Simulasi dan pengukuran

Pada Gambar 5.33 dan Tabel 5.10 menunjukkan bahwa hasil simulasi dan hasil pengukuran sama-sama menunjukkan jika temperatur semakin tinggi, maka frekuensi resonansi antena berubah semakin rendah. Frekuensi resonansi yang sesuai dengan perancangan adalah 2,4 GHz yaitu ketika antena bekerja pada *range* temperatur 20°C - 30°C. Pada saat temperatur naik hingga mencapai 40°C - 50°C, frekuensi resonansi antena berubah dan sudah tidak mencakup 2,4 GHz.

c. *Bandwidth*



Gambar 5.34 Grafik hasil simulasi dan pengukuran *bandwidth*  
 Sumber : Simulasi dan pengukuran

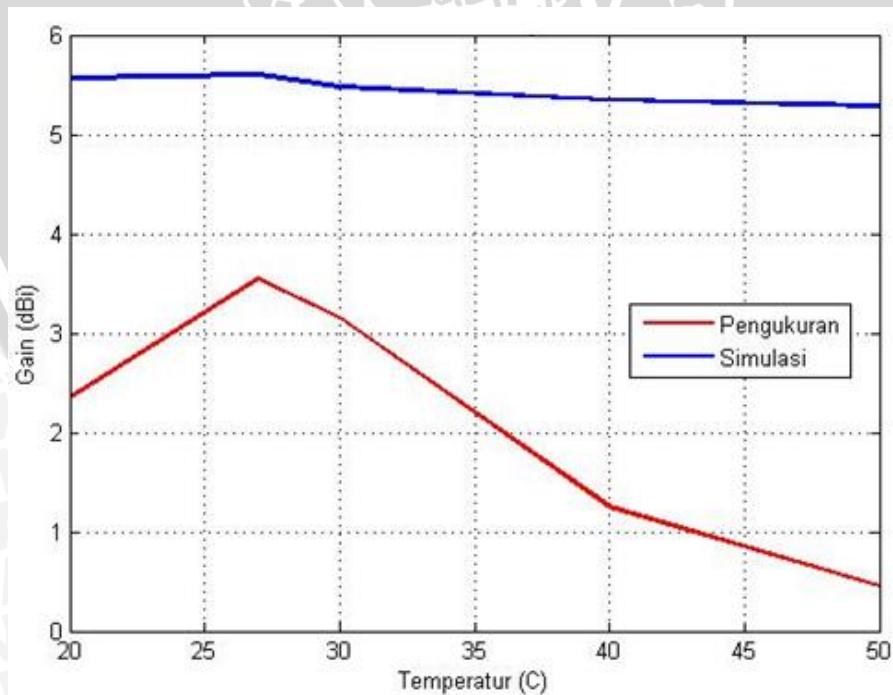
Tabel 5.11 Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran *bandwidth*

Parameter Antena	Temperatur	Rentang Frekuensi Simulasi	Hasil Simulasi	Rentang Frekuensi Pengukuran	Hasil Pengukuran
<b>Bandwidth (GHz)</b>	20°C	2,391 – 2,433	0,041792	2,379 – 2,454	0,075
	27°C	2,389 – 2,429	0,040048	2,376 – 2,442	0,066
	30°C	2,380 – 2,419	0,039023	2,376 – 2,433	0,057
	40°C	2,372 – 2,409	0,036766	2,367 – 2,415	0,048
	50°C	2,365 – 2,399	0,034239	2,337 – 2,376	0,039

Sumber : Simulasi dan pengukuran

Pada Gambar 5.34 dan Tabel 5.11 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai *bandwidth* yang diperoleh dari hasil simulasi dan hasil pengukuran. *Bandwidth* antena hasil pengukuran lebih lebar dibandingkan *bandwidth* antena hasil simulasi. Namun, kedua hasil tersebut sama-sama menunjukkan penurunan nilai *bandwidth* ketika temperatur meningkat. *Bandwidth* antena tersebut dapat diketahui dari grafik S-Parameter ataupun VSWR dengan menentukan rentang frekuensinya.

d. *Gain*



Gambar 5.35 Grafik hasil simulasi dan pengukuran *gain*

Sumber : Simulasi dan pengukuran

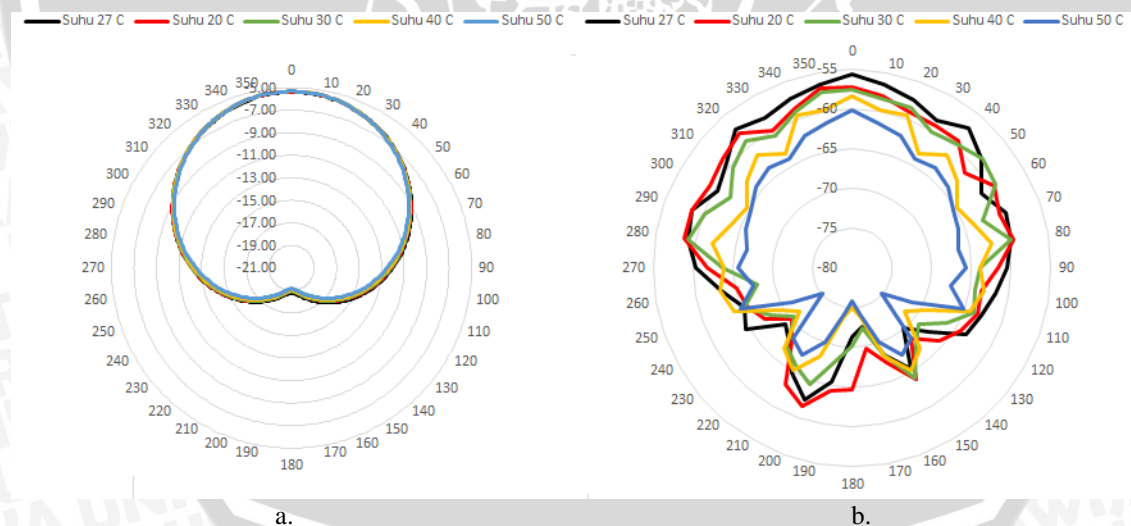
Tabel 5.12 Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran *gain*

Parameter Antena	Temperatur	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
<b>Gain (dBi) pada frekuensi 2,4 GHz</b>	20°C	5,6865345	2,35
	27°C	5,6629177	3,55
	30°C	5,4795163	3,15
	40°C	5,3580840	1,25
	50°C	5,2871717	0,45

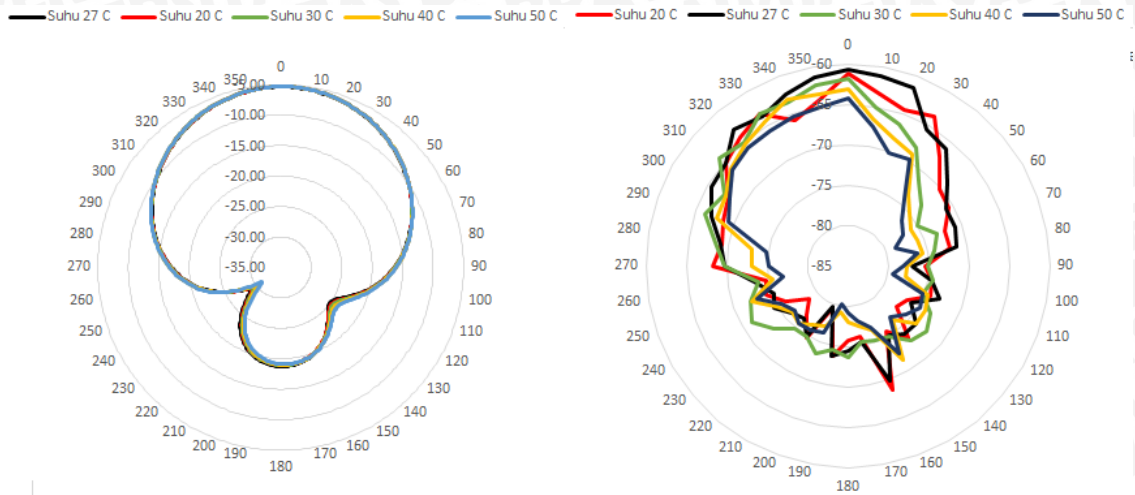
Sumber : Simulasi dan pengukuran

Nilai *gain* pada frekuensi 2,4 GHz hasil simulasi dan pengukuran yang terdapat pada Gambar 5.35 dan Tabel 5.12 menunjukkan bahwa nilai *gain* tertinggi terdapat pada suhu 27°C yaitu sebesar 5,5659 dBi pada simulasi dan 3,55 dBi pada pengukuran dengan menggunakan antenna referensi yaitu antenna *dipole*  $\lambda/2$  dengan nilai *gain* standar 2,15 dBi. Ketika temperatur berubah, nilai *gain* menjadi semakin kecil. Penurunan *gain* secara signifikan ketika suhu mencapai 40°C – 50°C pada hasil pengukuran, sedangkan pada hasil simulasi perubahan nilai *gain* tidak signifikan.

e. Pola Radiasi



Gambar 5.36 Grafik hasil pola radiasi horizontal a. Hasil simulasi; b. Hasil pengukuran  
 Sumber : Simulasi dan pengukuran



a. b.  
**Gambar 5.37** Grafik hasil pola radiasi vertikal. a. Hasil simulasi; b. Hasil pengukuran  
 Sumber : Simulasi dan pengukuran

**Tabel 5.13** Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran pola radiasi

Parameter Antena	Temperatur	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
Pola Radiasi	20°C	<i>directional</i>	<i>directional</i>
	27°C	<i>directional</i>	<i>directional</i>
	30°C	<i>directional</i>	<i>directional</i>
	40°C	<i>directional</i>	<i>directional</i>
	50°C	<i>directional</i>	<i>directional</i>

Sumber : Hasil Simulasi dan Pengukuran

Diagram polar di atas menunjukkan bahwa bentuk pola radiasi antena hasil simulasi dan pola radiasi terdapat kemiripan baik secara horizontal maupun vertikal. Pola radiasi pada simulasi dan pengukuran menunjukkan antena memiliki pola radiasi *directional*. Perubahan temperatur tidak mempengaruhi jenis pola radiasi antena, namun sedikit mempengaruhi level daya terima antena baik secara horizontal maupun vertikal pada simulasi dan pengukuran.