BAB IV

PENGUKURAN DAN ANALISIS

4.1 Pendahuluan

Pada bab ini, akan dibahas mengenai pengukuran dan karakteristik dari antena yang telah difabrikasi berdasarkan hasil dari simulasi. Pengukuran dimensi antena ini bertujuan untuk membandingkan hasil performansi dari simulasi dengan realisasi atau hasil fabrikasi yang berdasarkan hasil simulasi. Pengukuran parameter-parameter dilakukan di Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET) – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Bandung dan Laboratorium Antena Gedung Barung (N215) Universitas Telkom Bandung.

Parameter – parameter yang diukur meliputi:

1. *Return Loss*
2. VSWR
3. *Bandwidth*
4. Pola Radiasi
5. Polarisasi
6. *Gain*

Pengukuran antena dilakukan menggunakan menggunakan beberapa alat ukur dan pengaturan konfigurasinya dengan berdasarkan syarat dari pengukuran antena[2].

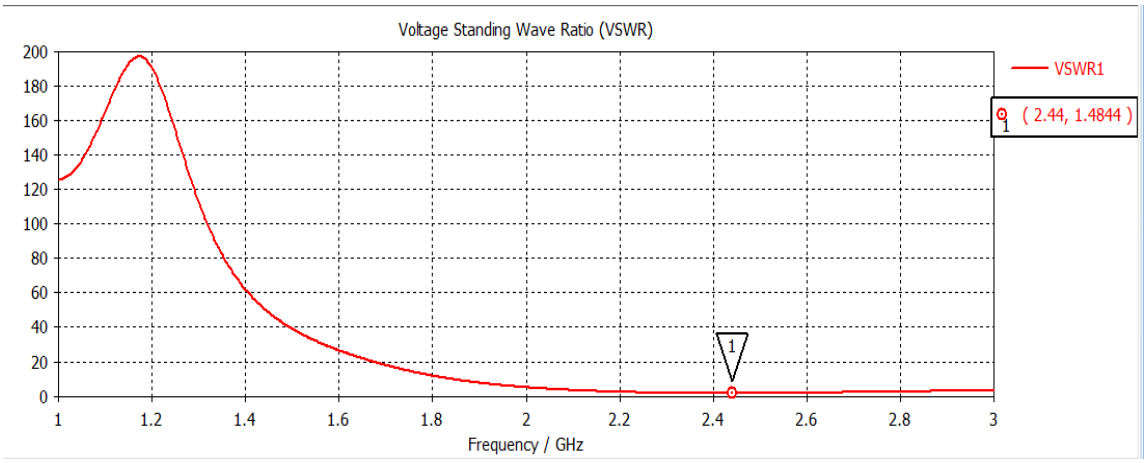
4.2 Hasil Simulasi CST Studio Suite

Setelah merancang antena dipole silang pada CST *studio suite* maka langkah selanjutnya adalah proses *solver* dimana hasil simulasi akan terlihat setelah kita menentukan rentang frekuensi dan *field monitor* pada CST *studio*

suite. Adapun hasil yang dapat dilihat pada software ini adalah VSWR, *Gain*, Polarisasi, dan Radiasi antena.

4.2.1 VSWR

Hasil VSWR yang didapat dari hasil perancangan dengan *software* CST antena dipole silang adalah sebesar 1.48. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut:

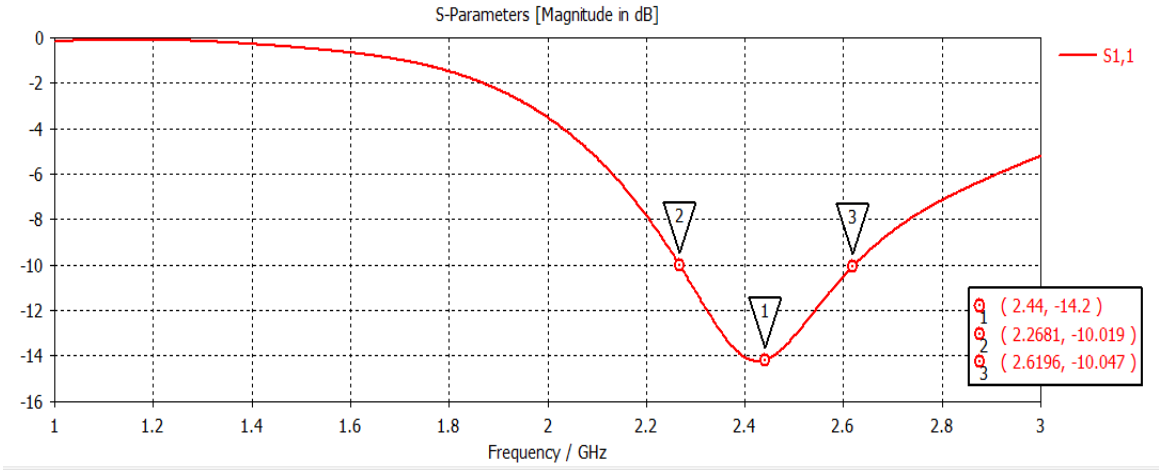


Gambar 4.1 Hasil simulasi VSWR

Dari gambar diatas terlihat bahwa marker 1 terletak pada frekuensi 2.44GHz, dapat dilihat bahwa VSWR yang dihasilkan masih dibawah 2.

4.2.2 Return loss

Hasil *return loss* yang didapatkan dari hasil simulasi antena dipole silang dapat dilihat pada gambar berikut ini:

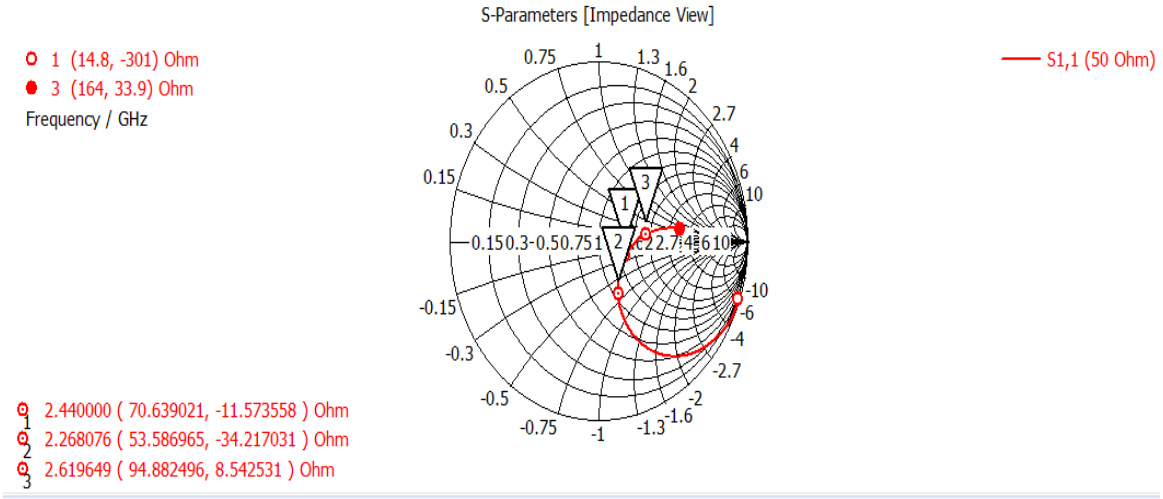


Gambar 4.2 Hasil simulasi return loss

Seperti yang sudah dibahas sebelumnya pada bab II antena dapat dikatakan baik yaitu ketika antena memiliki *return loss* dibawah -10 dB. Dilihat dari gambar diatas, hasil simulasi menunjukan pada frekuensi 2.44 GHz memiliki *return loss* (marker 1) yaitu sebesar -14,2 dB, frekuensi 2.26 (marker 2) sebesar -10 dB, dan pada 2.61 GHz (marker 3) sebesar -10 dB. Dari hasil simulasi *return loss* ini menunjukkan bahwa antena yang disimulasikan sudah bekerja dengan baik.

4.2.3 Impedansi

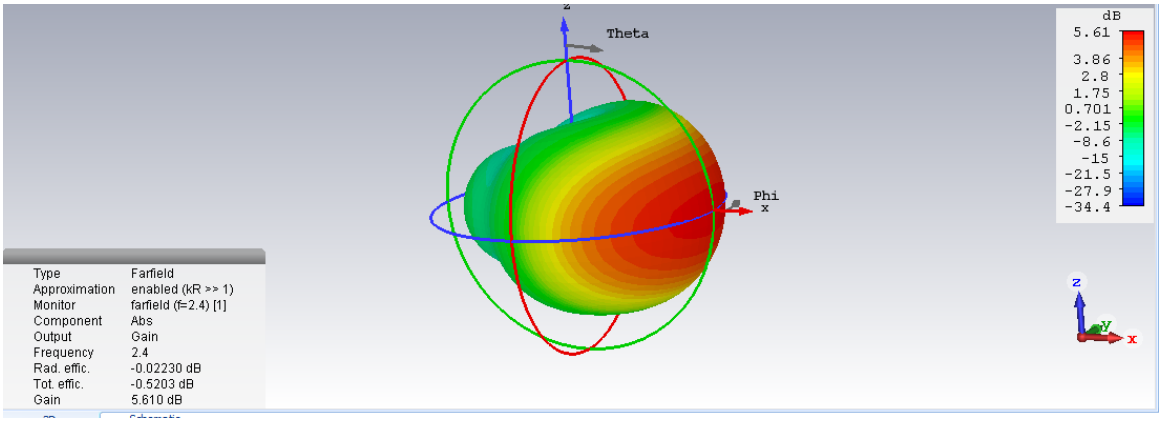
Seperti yang dibahas pada bab II antena dikatakan *match* yaitu ketika Impedansi beban dengan saluran memiliki impedansi yang sama, sehingga kondisi ini memungkinkan terjadinya *transfer* daya maksimum. Simulasi Impedansi yang disimulasikan pada dasarnya harus mendekati nilai 50 Ω karena antena ini nantinya akan dicatu dengan saluran 50 Ω. Impedansi yang didapat untuk untuk setiap frekuensi (marker 1-3) untuk simulasi antena dipole silang dapat dilihat pada gambar berikut ini:



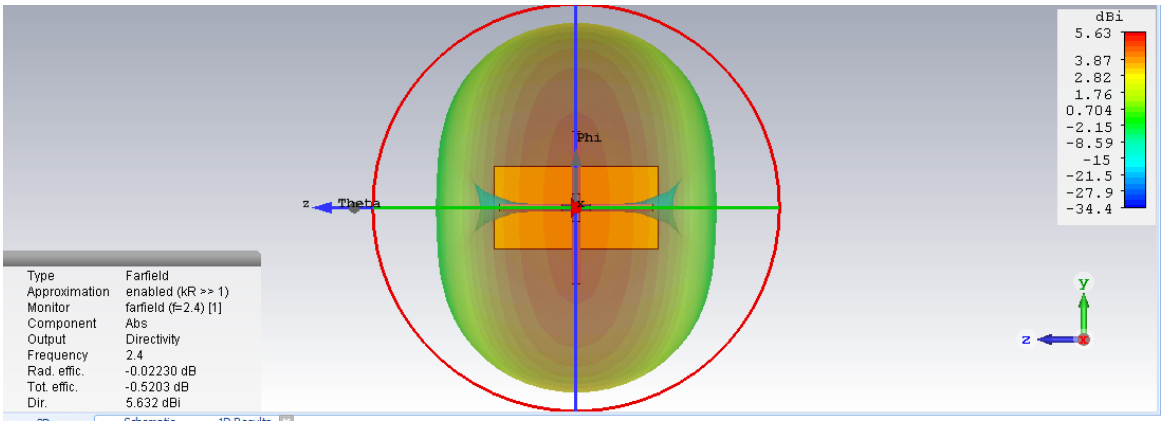
Gambar 4.3 Hasil simulasi Impedansi *(Smith Chart)*

4.2.4 Pola Radiasi dan Gain

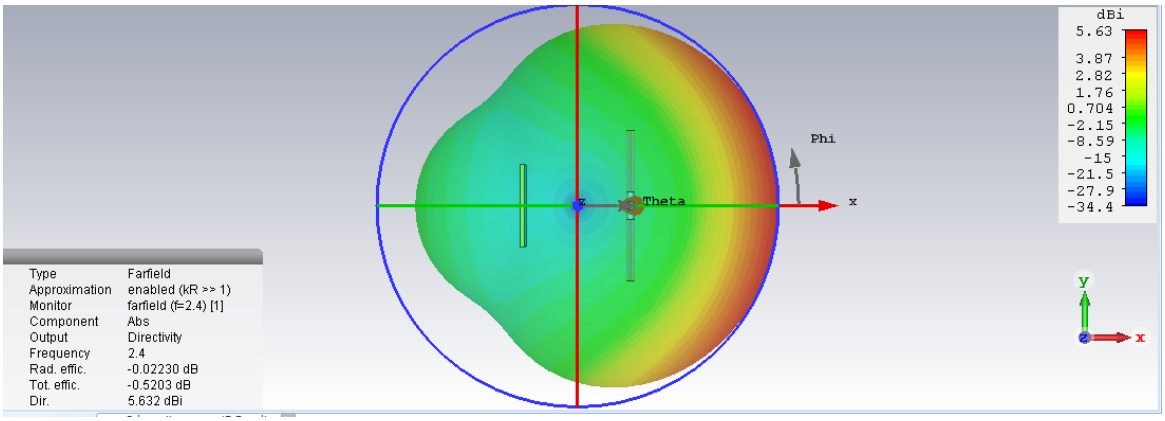
Pola radiasi yang didapat dari hasil perancangan dengan *software* CST antena dipole silang adalah *bidirectional* atau 2 arah. Dan *gain* yang didapat adalah sebesar 5.61 dB. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut:



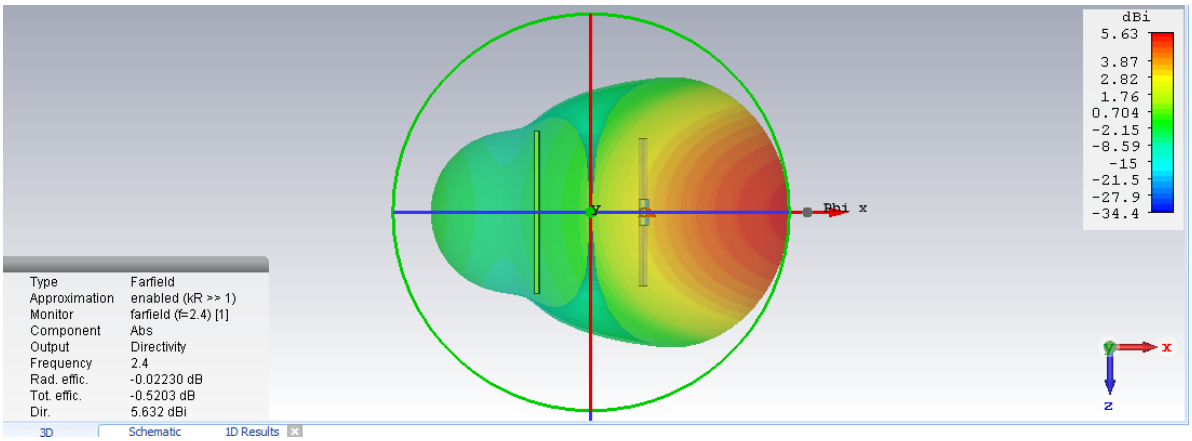
Gambar 4.4 Hasil simulasi pola radiasi tampak *perspective* (3D)



Gambar 4.5 Simulasi pola radiasi tampak kanan (3D)



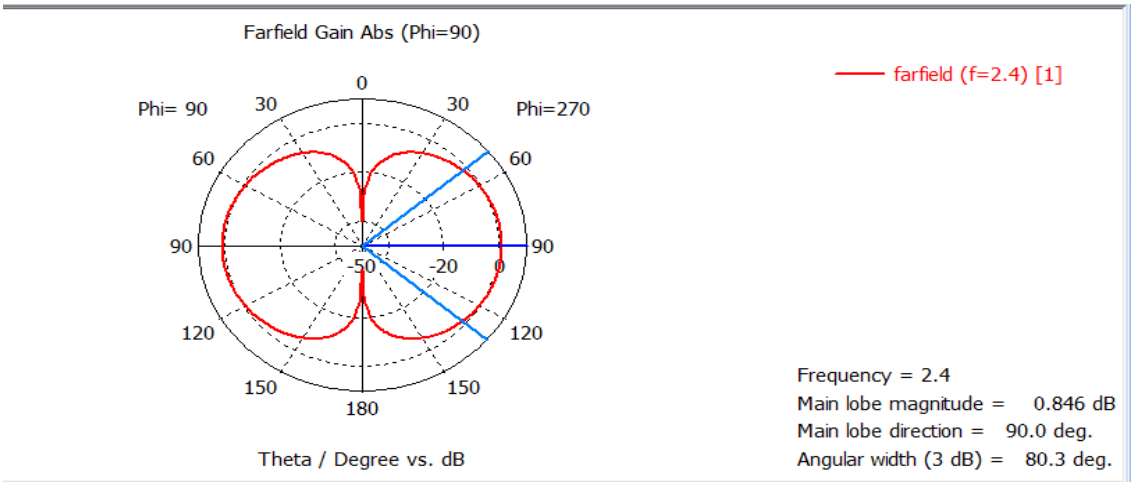
Gambar 4.6 Simulasi pola radiasi tampak depan (3D)



Gambar 4.7 Simulasi pola radiasi tampak atas (3D)

4.2.5 Polarisasi Antena

Polarisasi Antena yang didapat berdasarkan hasil simulasi CST *studio suite* untuk antena dipole silang ini yaitu sirkular yang memiliki *mainlobe* sama besar hampir kesegala arah yaitu sekitar 40dB atau tampak seperti gambar berikut:



Gambar 4.8 Hasil simulasi polarisasi antena dipole silang

4.3 Syarat Pengukuran

Pengukuran antena yang baik adalah pengukuran yang dilakukan pada daerah medan jauh antena dan kondisi ruang yang bebas pantulan. Hal ini dimaksudkan agar antena tidak terpengaruh oleh medan dari benda – benda disekitarnya, dan medan dari luar. Lebih baik lagi jika melakukan pengukuran pada ruang yang bebas pantulan atau disebut ruang tanpa gema. Ruang tanpa gema merupakan salah satu cara untuk menghasilkan pengukuran yang akurat. Namun pada kenyataannya fasilitas ruang tanpa gema belum tersedia di IT Telkom.

Menurut Connor F.R dalam proses pengukuran parameter antena seperti: pola radiasi, polarisasi dan *gain*, jarak yang baik untuk penempatan antena pemancardan penerima dapat dihitung dengan persamaan [b] :

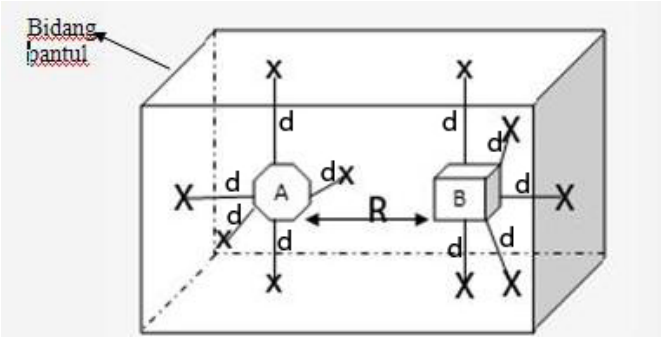
$$R \geq \frac{2L^2}{\lambda \min} \qquad \text{.....} \quad (4.1)$$

Dimana: R = jarak antena pemancar dan antena penerima (m)

L = ukuran terpanjang dimensi antena (m)

λ = panjang gelombang operasi (m)

Tata letak ruang agar memenuhi medan jauh jika pengukurannya dilakukan diruang tanpa gema dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.9 Tata Letak Ruang Medan Jauh

Dimana:

R = jarak antara antena A dengan antena B

A = antena yang diukur

B = alat yang diuji

d = jarak antena dengan bidang pemantul

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam proses pengukuran (kondisi ideal pengukuran) yaitu:

1. Frekuensi sistem harus stabil dan tidak boleh berubah-ubah

2. Kriteria medan jauh harus dipenuhi

3. Lingkungan bebas pantulan harus dipenuhi
4. Lingkungan bebas *noise* dan interferensi benda-benda disekelilingnya
5. Impedansi dan polarisasi harus sesuai
6. Antena diarahkan sesuai dengan sumbu utama

Namun kondisi ideal diatas sangat sulit untuk dicapai karena pada saat pengukuran kondisi yang terjadi adalah:

1. Pengukuran antena sering kali dipengaruhi oleh pantulan gelombang yang tidak diinginkan, karena pengukuran tidak dilakukan di ruangan tanpa gema.
2. Pengukuran pola radiasi, polarisasi, dan *gain* dilakukan *outdoor*. Karena pengukuran dilakukan di *outdoor*, maka kondisi lingkungan sangat berpengaruh terharap nilai pengukuran.

4.4 Alat Ukur yang Digunakan

Adapun alat ukur spesifikasi yang digunakan untuk mengukur parameter antena adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Alat Ukur Spesifikasi

No	Parameter Pengukuran	Alat yang Digunakan
1	Impedansi	*Network Analyzer*
2	VSWR	*Network Analyzer*
3	Gain	*Signal Generator*
		Spektrum Analayzer
		Antena Referensi
4	Polarisasi dan Pola radiasi	*sweep osilator*
		Spektrum Analayzer
		Holder (tiang Penyangga)
		Antena referensi
5	*Bandwidth*	*Network Analyzer*

a. Spectrum Analyzer

Alat ini digunakan untuk mengukur *gain*, polarisasi, dan polaradiasi antena yang diukur. Dalam penggunaannya *spectrum analyzer* ditempatkan pada antena penerima (Rx) yang akan menampilkan level daya terima (RSL) melalui pengukuran inilah dapat diketahui karakteristik level sinyal pada antena penerima.

b. Signal Generator

Alat ini digunakan untuk mengatur *gain*, polarisasi, dan pola radiasi. Dalam pengukuran, *Signal Generator* ditempatkan pada antena pemancar (Tx) yang berfungsi memberi level daya.

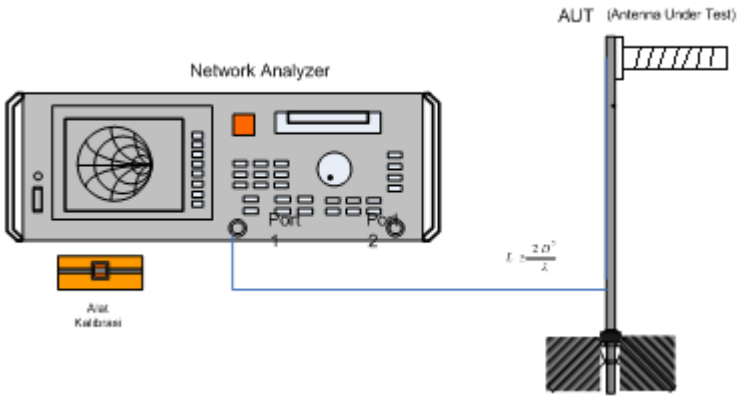
c. Network Analyzer

Alat ukur ini digunakan untuk pengukuran *VSWR*, *Bandwidth* dan impedansi antena, *Network Analyzer* akan menampilkan grafik hasil ukur berupa *VSWR* fungsi frekuensi, dan impedansi dalam bentuk *smitch chart*.

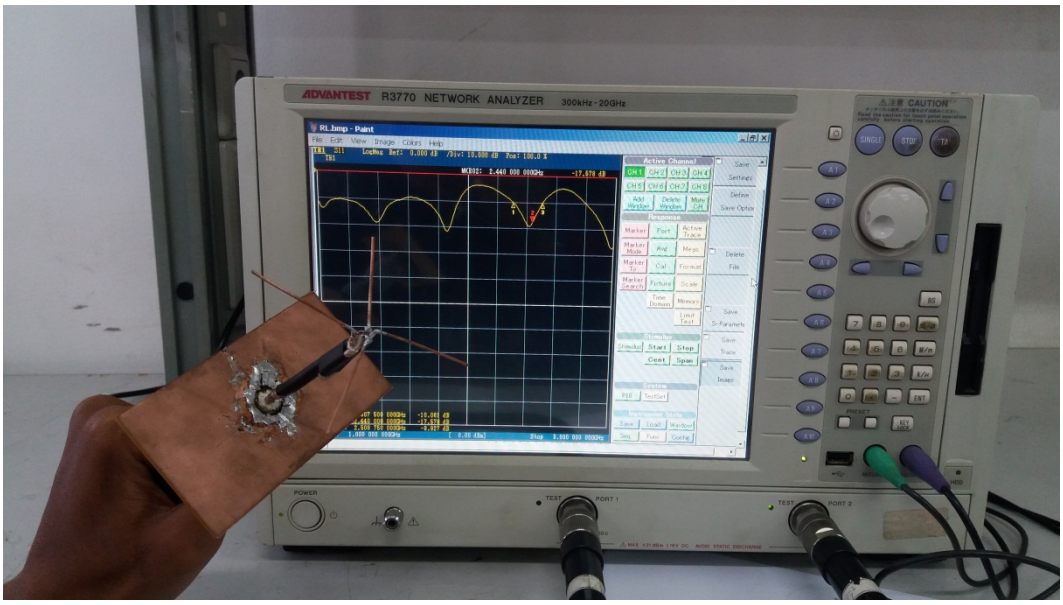
4.5 Pengukuran Parameter Antena

4.5.1 Pengukuran Medan Dekat

Pada pengukuran medan dekat ini, dilakukan di Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET) – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Bandung. Pengukuran medan dekat ini dilakukan dengan menggunakan alat ukur ADVANTEST R3770 *Network Analyzer* dengan frekuensi operasi 300 kHz – 20 GHz. Konfigurasi pengukuran ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.10 Konfigurasi Pengukuran VSWR, *Bandwidth*, dan Impedansi



Gambar 4.11 Pengukuran VSWR, *Bandwidth*, dan Impedansi antena dipole silang

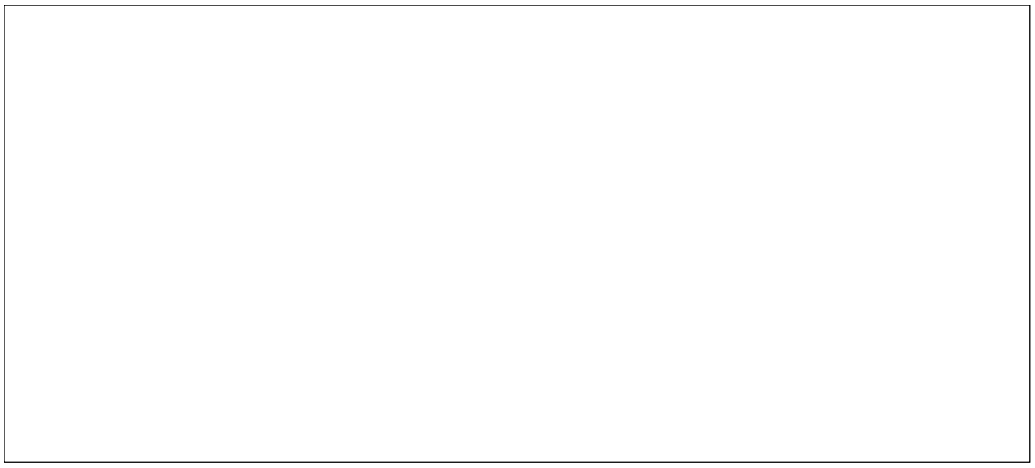
Prosedur pengukuran medan dekat dengan menggunakan *Network Analyzer* adalah sebagai berikut:

1. Memasang *probe* 50 Ω pada *input probe* 1.
2. Melakukan kalibrasi *Network Analyzer*. Tujuan kalibrasi *Network Analyzer* adalah untuk menjadikan alat ukur standar, sehingga pengukuran akan jauh lebih akurat dibandingkan dengan sebelum kalibrasi. Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan *Calibration Kit* sampai mendapatkan nilai SWR = ∞ pada saat beban dilepas dan SWR = 1 pada saat beban dipasang.
3. Mengatur rentang frekuensi kerja yang akan diukur.
4. Menghubungkan seluruh *port* antena yang diukur dengan *probe* 1 pada *Network Analyzer*.

5. Memilih parameter pengukuran. Untuk mengukur *Return Loss* dilakukan dengan cara menekan tombol “LogMag”, serta untuk mengukur VSWR dan *bandwidth* dengan cara menekan tombol “SWR”.
6. Mengamati hasil pengukuran. Tekan tombol “STOP” terlebih dahulu agar nilainya tidak berubah-ubah. (Perubahan nilai harus stabil jika akan menekan tombol “STOP” sehingga hasil pengukuran lebih *valid*).
7. Memberi tanda pada frekuensi kerja. Untuk memberikan tanda pada masing-masing frekuensi kerja dilakukan dengan menekan tombol “MARKER”. Kemudian masukan frekuensi yang ingin diberi tanda.
8. Mencatat nilai yang tertera pada masing-masing *marker*. Hasil yang baik adalah nilai SWR ≤ 2 untuk frekuensi resonan yang telah ditentukan sebelumnya.

4.5.2 Pengukuran Medan Jauh

Pada pengukuran medan jauh ini, dilakukan di Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET) – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Bandung untuk *Indoor* dan Gedung Barung Laboratorium Antena (N215) Telkom University Bandung untuk *Outdoor*. Pengukuran medan jauh ini dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Signal Generator* dan *Spectrum Analyzer* dengan masing-masing frekuensi operasi *250 kHz – 9 GHz* dan 3 MHz – 18 GHz.



Gambar 4.12 Konfigurasi Pengukuran Pola Radiasi Antena

4.5.3 Prosedur Pengukuran Medan Jauh

Pada prosedur pengukuran medan jauh, dibagi menjadi 3 prosedur pengukuran, yaitu pengukuran pola radiasi, pengukuran polarisasi, dan pengukuran *gain*.

4.5.3.1 Pengukuran Pola Radiasi

Pola radiasi merupakan pola pancar dari suatu antena dimana digambarkan dalam bentuk grafis. Prosedur pengukuran pola radiasi dengan menggunakan *Signal Generator* dan *Spectrum Analyzer* adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan peralatan yang akan digunakan.
2. Melakukan konfigurasi pengukuran pola radiasi seperti pada Gambar 4.4.
3. Melakukan pemasangan *Antenna Under Test* (AUT) pada jarak:

$$R \geq \frac{2L^2}{\lambda \min}$$

4. Menghubungkan AUT pada *Spectrum Analyzer* dengan menggunakan kabel *probe*.
5. Menghubungkan Antena Referensi (*Horn*) dengan *Signal Generator* dengan menggunakan kabel *probe*.
6. Mengatur frekuensi pada *Signal Generator* pada 2.44 GHz, *amplitude* pada 0 dBm dan tekan tombol “RF MODE ON” untuk memancarkan gelombang.
7. Mengatur frekuensi pada *Spectrum Analyzer* pada 2.44 GHz, *amplitude* pada 0 dBm, dan tekan tombol “MARKER” untuk melihat daya terima pada *Spectrum Analyzer*.
8. Memutar AUT secara *Azimuth* dan *Elevasi* sampai 360° untuk melihat daya terima dari tiap sudut.
9. Mencatat daya terima pada *Spectrum Analyzer*.
10. Mengamati bentuk pola radiasi pada diagram arah polar.

4.5.3.2 Pengukuran Polarisasi

Polarisasi antena merupakan arah getaran gelombang yang merambat di media propagasi. Fungsi pengukuran polarisasi antena adalah untuk mencegah *loss polarization* atau hilangnya daya akibat jenis polarisasi yang tidak *match*. Hal ini disebabkan oleh jenis polarisasi antena penerima tidak sama dengan jenis polarisasi antena pemancar. Prosedur pengukuran polarisasi dengan menggunakan *Signal Generator* dan *Spectrum Analyzer* adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan peralatan yang akan digunakan.
2. Melakukan konfigurasi pengukuran polarisasi seperti pada Gambar 4.4.
3. Memasang *Antenna Under Test* (AUT) pada jarak:

$$R \geq \frac{2L^2}{\lambda \min}$$

4. Menghubungkan AUT pada *Spectrum Analyzer* dengan menggunakan kabel *probe*.
5. Menghubungkan Antena Referensi (*Horn*) dengan *Signal Generator* dengan menggunakan kabel *probe*.
6. Mengatur frekuensi pada *Signal Generator* pada 2.44 GHz, *amplitude* pada 0 dBm dan tekan tombol “RF MODE ON” untuk memancarkan gelombang.
7. Mengatur frekuensi pada *Spectrum Analyzer* pada 2.44 GHz, *amplitude* pada 0 dBm, dan tekan tombol “MARKER” untuk melihat daya terima pada *Spectrum Analyzer*.
8. Memutar AUT secara *Axial* sampai 360° untuk melihat daya terima dari tiap sudut.
9. Mencatat daya terima pada *Spectrum Analyzer*.

Setelah daya terima diamati, dari sudut 0° sampai 360°, maka bisa dihitung nilai *axial ratio* nya untuk mendapatkan jenis polarisasi nya. Hubungan antara daya terima dengan *axial ratio* adalah sebagai berikut.

$$AR = \frac{E_{mayor}}{E_{minor}} = \frac{\sqrt{\frac{P_{watt\ mayor} \times 377}{A_e}}}{\sqrt{\frac{P_{watt\ minor} \times 377}{A_e}}} = \frac{\sqrt{P_{watt\ mayor}}}{\sqrt{P_{watt\ minor}}}$$

..... (4.2)

4.5.3.3 Pengukuran *Gain* Antena

Cara pengukuran *gain* antena, yakni Antena uji AUT ditempatkan sebagai penerima yang akan menerima daya pancaran dari pemancar. Arahkan pada sumbu utama pola pancarnya. Catat daya yang terbaca pada *spectrum analyzer* (dBm). Ambil sampel hasil pengukuran sebanyak 5 kali untuk diambil rata-ratanya. Setelah dicatat, gantilah antena uji dengan antena referensi. Catatlah daya yang terbaca pada *spektrum analyzer*. Ambil sampel hasil pengukuran sebanyak 5 kali untuk diambil rata-ratanya. Bandingkanlah kedua hasil tersebut, maka selisih antara kedua daya tersebut adalah penguatan antena uji terhadap antena referensi.

4.6 Analisis Hasil Pengukuran

Pengukuran yang dilakukan dimulai dengan pengukuran parameter dasar yakni frekuensi kerja antena dan *bandwidth*. Pengukuran ini menjadi acuan untuk pengukuran parameter-parameter antena lainnya. Hal ini terkait karena tiap-tiap parameter yang diukur mengacu pada fungsi yang berkorelasi terhadap frekuensi kerja antena.

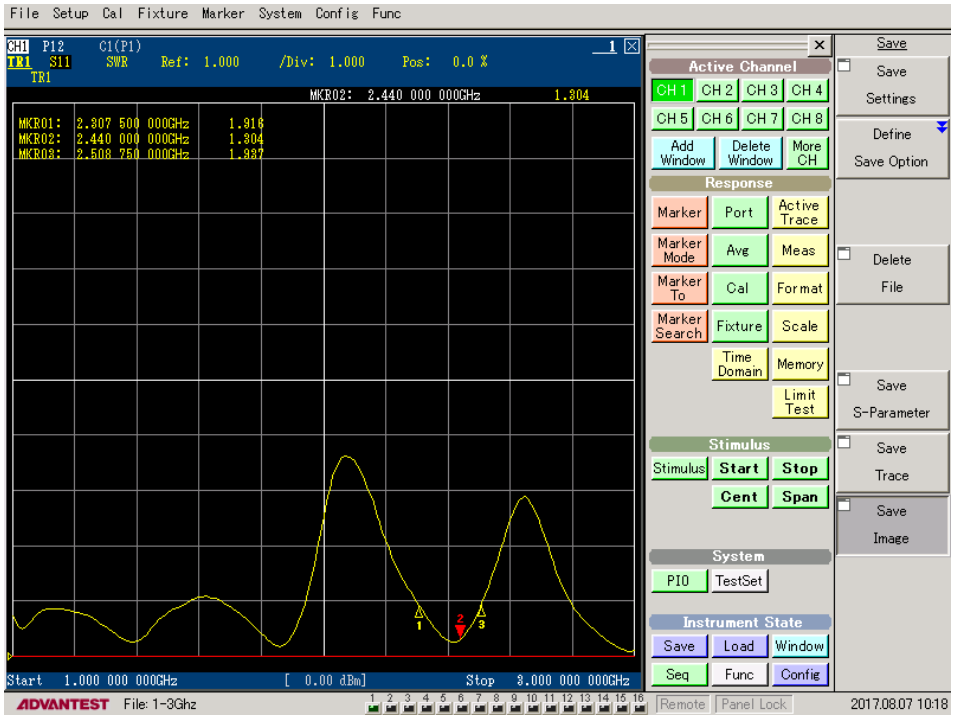
4.6.1 Analisis Pengukuran VSWR, *Bandwidth*, *Return Loss*, dan Impedansi Antena

Penentuan besar frekuensi kerja dan *bandwidth* antena dapat dilihat pada grafik hasil simulasi dan pengukuran VSWR. Dengan mengacu pada grafik tersebut maka dapat dianalisis bahwa frekuensi kerja yang diperoleh sesuai

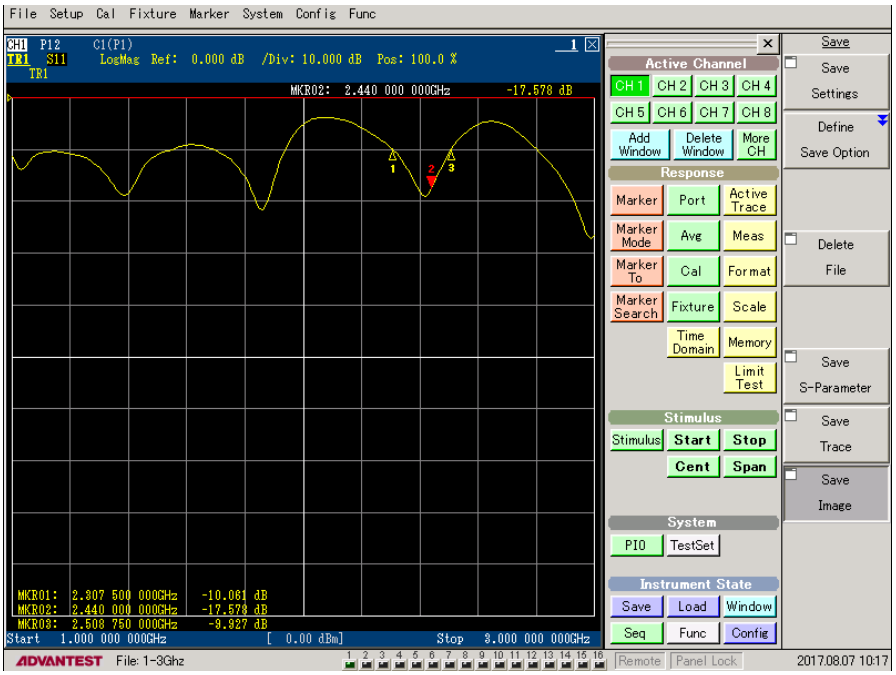
dengan frekuensi dari jenis aplikasi yang akan didukung oleh antena tersebut. Untuk parameter *bandwidth*, *return loss*, dan *impedansi*, nilainya akan tergantung dari nilai VSWR yang diperoleh.

4.6.2 Hasil Pengukuran VSWR, *Return loss* dan Impedansi

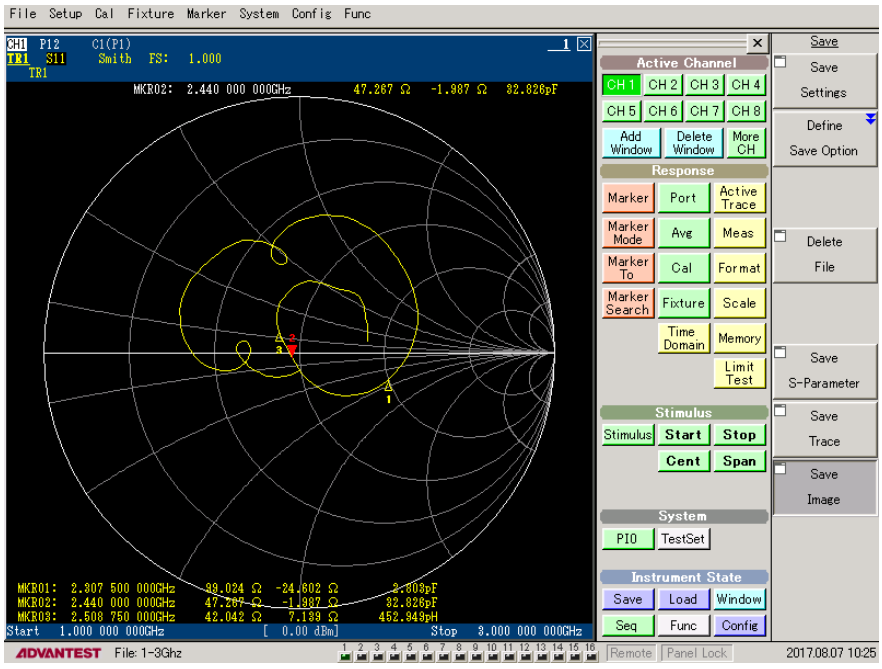
Pengukuran dengan *Network Analyzer* ini dilakukan dengan rentang frekuensi dari 1 GHz sampai dengan 3 GHz. Hasil pengukurannya adalah sebagai berikut:



Gambar 4.13 Grafik Pengukuran VSWR



Gambar 4.14 Grafik Pengukuran Return Loss



Gambar 4.15 Grafik Pengukuran Impedansi input

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran VSWR, Return Loss, dan Impedansi Input

Frekuensi (GHz)	VSWR	Return Loss (dB)	Impedansi
2.3	1.916	-10	99.024 Ω
2.44	1.304	-17.578	47.267 Ω
2.5	1.937	-10	42.042 Ω

Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa pada VSWR ≤ 2, nilai frekuensi bawah (*fl*) adalah 2300 MHz sedangkan nilai frekuensi atas (*fu*) adalah 2500 MHz sehingga bandwidth diperoleh dengan menggunakan rumus :

BW $= fu - f\,l$

= (2500-2300) MHz = 200 MHz

Pada perbandingan Pengukuran parameter diatas, seperti terlihat pada tabel diatas, pada pengukuran luar dan hasil simulasi ini dapat dilihat bahwa pada frekuensi 2.3 – 2.5 GHz memiliki VSWR ≤ 2, dan untuk hasil pengukuran luar yaitu pada frekuensi 2.44 GHz memiliki nilai VSWR = 1.304.

Selain itu, dari tabel diatas (Tabel 4.2) terlihat bahwa hasil simulasi dan hasil pengukuran tidak memiliki perbedaan yang besar. Yang artinya antena yang telah dibuat telah sesuai dengan spesifikasi yang awal yang ditentukan. Namun, dalam kenyatannya fabrikasi dan kondisi pengukuran, pasti terdapat ketidakidealan apabila dibandingkan dengan simulasi yang serba ideal.

Pada gambar diatas (Gambar 4.9), dapat dilihat bahwa pada frekuensi 2.44 GHz nilai impedansi yang terukur adalah 47.267 Ω. Jika impedansi diperoleh tepat 50 Ω maka VSWR akan sangat kecil, yaitu kira-kira sebesar 1.00, yang artinya terjadi *transfer* daya maksimum, dengan kata lain Γ = 0, maka $Z_{saltran} = Z_{antena}$. Maka untuk frekuensi yang memiliki nilai VSWR mendekati 1, akan memiliki nilai impedansi yang terukur akan mendekati 50 Ω karena saluran transmisi yang dalam hal ini impedansi kabel koaksial alat ukur adalah standar 50 Ω. Dari hasil pengukuran Zl yang diperoleh adalah 47.267 Ω, sehingga dapat memperoleh nilai koefisien pantul pada daya di saluran transmisi.

$$|\Gamma| = \frac{e_1^-}{e_1^+} = \frac{Z_1 - Z_m}{Z_1 + Z_m}$$

$$= \frac{(47.267 - 50)\Omega}{(47.267 + 50)\Omega}$$

$$= \frac{-8.020\Omega}{(47.267 + 50)\Omega} = -0.028$$

$$\text{VSWR} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} = \frac{1.028}{0.9719} = 1.057$$

Dari penjelasan diatas, dapat diketahui bahwa hasil dari pengukuran telah mencapai ketentuan yang sama dengan spesifikasi awal yang telah ditentukan. Jadi, dapat diartikan bahwa antena yang direalisasikan sudah memenuhi dan sesuai spesifikasi kerjanya.

4.6.3 Analisis Pengukuran Pola Radiasi Indoor

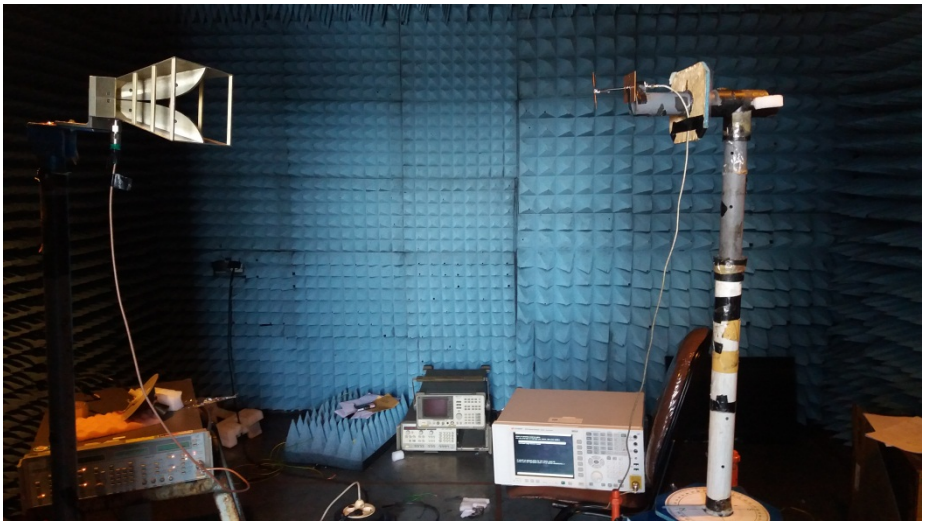
Pola radiasi merupakan gambaran dari intensitas pancaran antena sebagai fungsi dari parameter koordinat bola (θ,φ). Komponen-komponen yang terdapat dalam gambaran pola radiasi adalah *mainlobe*, *sidelobe*, dan *backlobe*. Dari *mainlobe* bisa dilihat parameter-parameter *Half Power Beamwidth* (HPBW) dan *First Null Beamwidth* (FNBW).

Pada 2D, pola intensitas pancaran diperoleh dengan menetapkan salah satu sudut (θ atau ϕ) dan membuat yang lainnya variabel. Misalnya : membuat pola elevasi (ϕ tetap dan θ variabel) atau membuat pola *azimuth* (ϕ variabel, θ tetap).

Pola radiasi antena diukur pada daerah medan jauh antena, karena pada daerah tersebut gelombang elektromagnetik yang terpancar bersifat transversal penuh dan antena tidak dipengaruhi oleh benda di sekelilingnya. Adapun besarnya medan jauh untuk pengukuran ≥ 5.8 cm dapat dihitung melalui persamaan $R \geq \frac{2L^2}{\lambda \min}$ dimana L adalah dimensi terbesar antena dan λmin adalah panjang gelombang minimum. L pada antena ini adalah panjang antena yaitu L = 6 cm, sedangkan $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\times10^8}{2.44\times10^9} = 0.1229\ m$

Pola radiasi merepresentasikan arah pancaran dari medan atau gelombang suatu antena. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui arah pancaran dan besarnya pengarahan suatu antena.

Gambar 4.16 Konfigurasi Pengukuran Pola Radiasi Antena



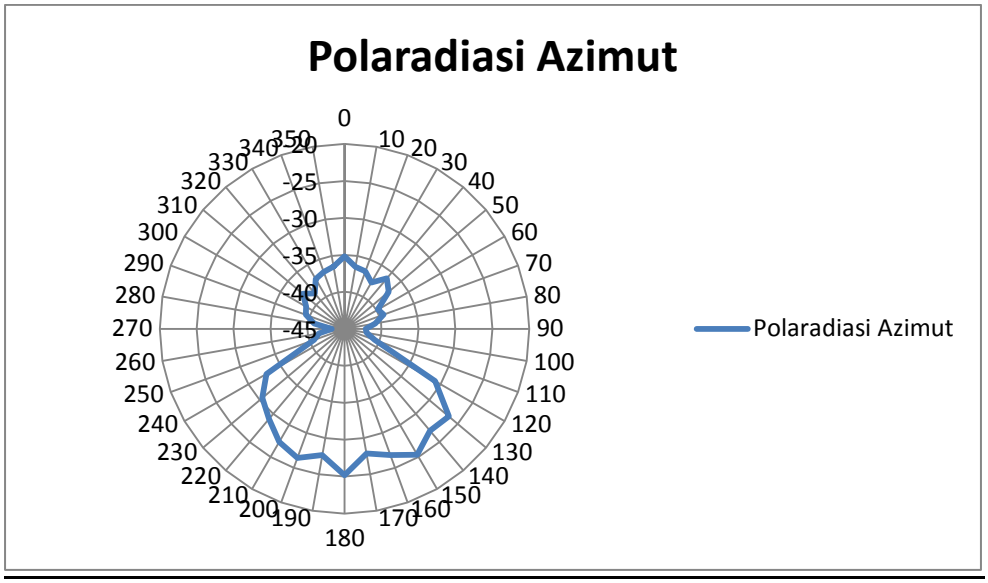
Gambar 4.17 Konfigurasi Pengukuran Pola Radiasi Antena

Hasil pengukuran adalah level daya terima AUT yang diperoleh dalam satuan dBm. Semakin kecil resolusi sudut pemutaran, maka akan semakin terlihat pola radiasinya. Hasil pengukuran diplot dalam tabel pola radiasi *Azimuth* dan *Elevasi*.

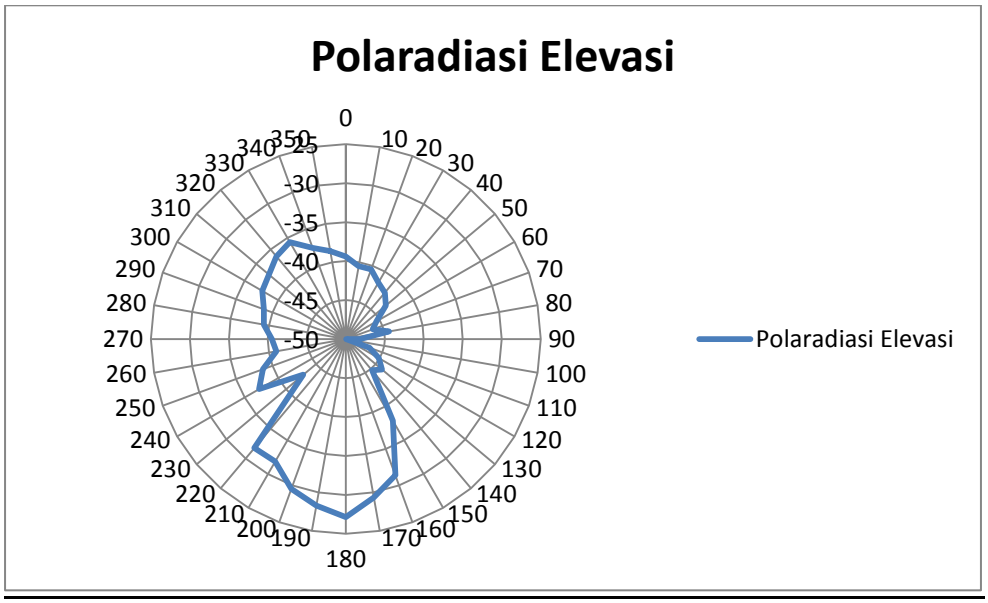
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Indoor

SUDUT	Polaradiasi Azimut	Polaradiasi Elevasi	Polarisasi
	Level (dBm)	Level (dBm)	Level (dBm)
0°	-35.20	-39.42	-41.46
10°	-36.49	-40.49	-43.86
20°	-36.73	-40.49	-44.46
30°	-37.75	-41.64	-45.52
40°	-36.07	-42.21	-46.15
50°	-37.21	-43.29	-47.88
60°	-39.78	-45.43	-47.21
70°	-39.39	-46.33	-48.43
80°	-40.78	-44.36	-49.38
90°	-42.16	-48.18	-50.74
100°	-41.96	-49.94	-51.68
110°	-40.65	-46.75	-52.83
120°	-30.83	-45.13	-53.34
130°	-26.58	-43.91	-54.77
140°	-37.00	-44.78	-57.34
150°	-25.31	-37.90	-58.65
160°	-26.83	-31.43	-59.67
170°	-27.88	-29.34	-59.33
180°	-25.20	-27.14	-60.76
190°	-27.67	-28.29	-59.84
200°	-26.43	-29.54	-58.69
210°	-27.33	-31.87	-57.41
220°	-29.12	-31.75	-54.54
230°	-30.50	-42.88	-53.48
240°	-32.79	-37.15	-52.72
250°	-40.63	-38.70	-51.53
260°	-41.48	-40.95	-50.74
270°	-43.27	-40.52	-49.41
280°	-40.83	-39.33	-48.99
290°	-39.41	-38.80	-47.23
300°	-38.99	-37.63	-47.80
310°	-37.64	-37.12	-46.22
320°	-38.73	-36.17	-47.85
330°	-37.23	-35.64	-46.05
340°	-36.82	-37.55	-43.26
350°	-36.44	-38.53	-43.90

Dari tabel di atas mewakili data untuk di bentuk pola sebagai berikut, dimana nilai daya diwakili tiap kelipatan sudut 10°.



Gambar 4.18 Pola Radiasi Azimuth Pengukuran



Gambar 4.19 Pola Radiasi Elevasi Pengukuran

4.6.4 Analisis Pengukuran Polarisasi Indoor

Pengukuran polarisasi suatu antena bertujuan untuk mengetahui pola atau cara rambat medan atau gelombang dari antena pada media propagasi. Polarisasi

antena terdiri dari tiga jenis, yakni *linier*, *sirkular*, dan *elips*. Jika pemasangan *antena* Rx tidak sesuai dengan polarisasi gelombang, maka ada yang diterima akan lebih kecil sehingga terjadi polarisasi *missmatch*, sebaliknya jika orientasinya sesuai maka penerimaan daya akan maksimum. Hal ini dikarenakan penggunaan antena dengan polarisasi berbeda pada sisi *transmitter* dan *receiver* dapat menimbulkan *polarization loss factor* (PLF).



Gambar 4.20 Konfigurasi Pengukuran Polarisasi Antena

Hasil pengukuran yang diperoleh dalam bentuk level daya terima dan diplot pada tabel polarisasi. Hasil menunjukan bahwa level penerimaan saat maksimum (sumbu mayor) yakni pada titik 0^0 dan saat minimum (sumbu minor) pada titik 90^0. Dari hasil pengukuran juga diperoleh data sebagai berikut :

- Daya terima maksimum (sumbu mayor) = -41.46 dBm = $7.14x10^{-8}$ watt
- Daya terima minimum (sumbu minor) = -50.74 dBm = $8.43x10^{-8}$ watt

Tipe polarisasi antena dapat diketahui dengan menggunakan analisis rasio kuat medan elektrik. Untuk mendapatkan besar kuat medan elektrik, maka digunakan penurunan rumus sebagai berikut :

$$P_D = \frac{V^2/m^2}{Z_{in}}$$

$$P = P_D \times A_e$$

$$P = \frac{V^2/m^2}{Z_{in}} \times A_e$$

$$P_{dB} = 10\log(\frac{E^2}{Z_{in}} \times A_e)$$

$$P_{dBm} = 10\log\left(\frac{E^2}{377} \times A_e\right)$$

Maka, $P_{watt} = \frac{E^2}{377} \times A_e$

$$E^2 = \frac{P_{watt} \times 377}{A_e}$$

$$E = \sqrt{\frac{P_{watt} \times 377}{A_e}}$$

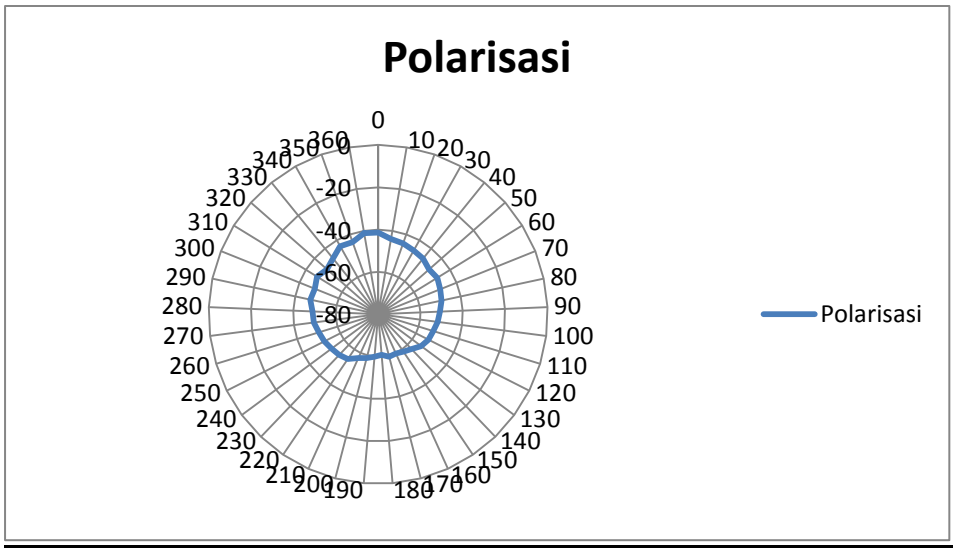
Rasio kuat medan elektrik (numerik)

$$= \frac{Mayor}{Minor} = \frac{\sqrt{\frac{P_{watt\ mayor} \times 377}{A_e}}}{\sqrt{\frac{P_{watt\ minor} \times 377}{A_e}}}$$

$$= \frac{\sqrt{P_{watt\ mayor} \times 377}}{\sqrt{P_{watt\ minor} \times 377}}$$

$$= \frac{\sqrt{7.14\times10^{-8}\times377}}{\sqrt{8.43\times10^{-8}\times377}}$$

$$= 0.920$$



Gambar 4.21 Polarisasi Hasil Pengukuran

Karena Rasio kuat medan elektrik (numeric) < 1 < ∞, maka AUT berpolarisasi sirkular.

4.6.5 Analisis Pengukuran *Gain* Antena Indoor

Pengukuran gain antena dimaksudkan untuk mengetahui besarnya jarak pancar atau *coverage* area yang dicapai oleh antena melalui daya yang dipancarkan. *Gain* antena sebagai elemen pasif dimaksudkan sebagai perbandingan besarnya radiasi daya antena *under test* pada arah pancar tertentu terhadap antena isotropis. Bandingkanlah kedua hasil, kemudian *gain* antena hasil pengukuran dihitung dengan persamaan :

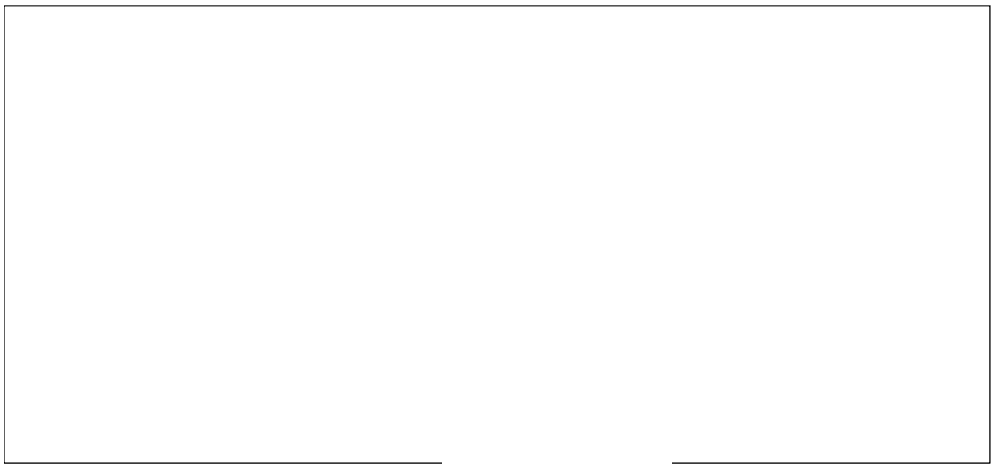
$$G_{AUT(dBi)} = P_{AUT(dBm)} - P_{REF(dBm)} + 12\,\text{dBi}$$

dimana :

$G_{AUT(dbm)}$ = *gain* antena yang diukur

$P_{AUT(dbm)}$ = level daya terima Antena AUT

$P_{REF(dbm)}$ = level daya terima antena referensi



Gambar 4.22 Konfigurasi Pengukuran *Gain* Antena

Dari hasil pengukuran didapat data :

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Daya Terima AUT dan Referensi

Sampel	Daya Terima Referensi (dBm)	Daya Terima AUT (dBm)
1	-27.75	-21.12
2	-27.61	-21.3
3	-27.9	-21.15
4	-27.89	-21.23
5	-27.56	-21.1
Rata-rata	**-27.742**	**-21.18**

Dengan menggunakan persamaan $G_{AUT(dBi)} = P_{AUT(dBm)} - P_{REF(dBm)} + 12$ dBi maka didapat *gain* antena sebesar 5.43 dBi. Nilai ini memenuhi spesifikasi awal yaitu sebesar >3 dBi.

4.6.6 Analisis Pengukuran Pola Radiasi Outdoor

Pola radiasi merupakan gambaran dari intensitas pancaran antena sebagai fungsi dari parameter koordinat bola (θ,φ). Komponen-komponen yang terdapat dalam gambaran pola radiasi adalah *mainlobe*, *sidelobe*, dan *backlobe*. Dari *mainlobe* bisa dilihat parameter-parameter *Half Power Beamwidth* (HPBW) dan *First Null Beamwidth* (FNBW).

Pada 2D, pola intensitas pancaran diperoleh dengan menetapkan salah satu sudut (θ atau ϕ) dan membuat yang lainnya variabel. Misalnya : membuat pola *elevasi* (ϕ tetap dan θ variabel) atau membuat pola *azimuth* (ϕ variabel, θ tetap).

Pola radiasi antena diukur pada daerah medan jauh antena, karena pada daerah tersebut gelombang elektromagnetik yang terpancar bersifat transversal penuh dan antena tidak dipengaruhi oleh benda di sekelilingnya. Adapun besarnya medan jauh untuk pengukuran ≥ 5.8 cm dapat dihitung melalui persamaan $R \geq \frac{2L^2}{\lambda \min}$ dimana L adalah dimensi terbesar antena dan λmin adalah panjang gelombang minimum. L pada antena ini adalah panjang antena yaitu L = 6 cm, sedangkan $\lambda = \frac{C}{f} = \frac{3\times10^8}{2.44\times10^9} = 0.1229\ m$

Pola radiasi merepresentasikan arah pancaran dari medan atau gelombang suatu antena. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui arah pancaran dan besarnya pengarahan suatu antena.



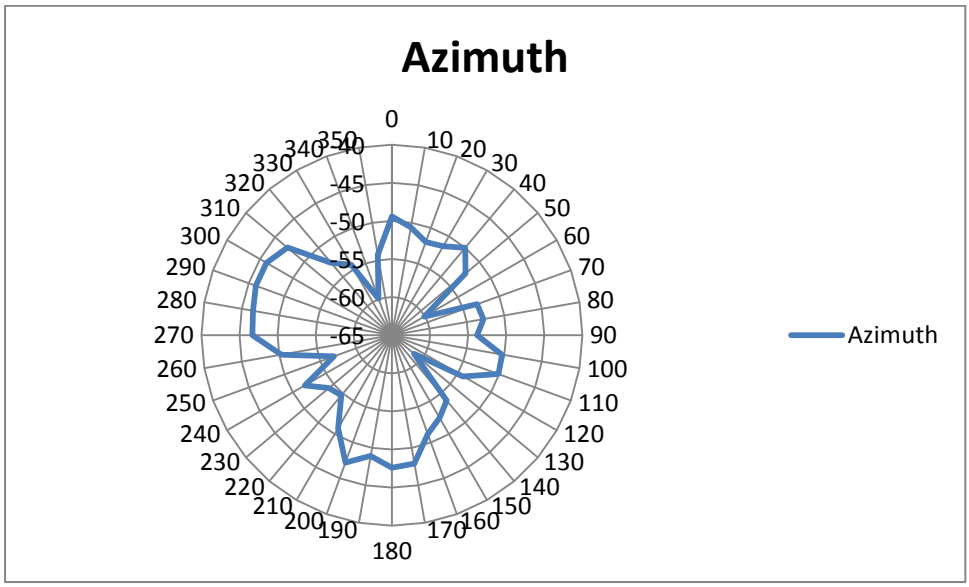
Gambar 4.23 Konfigurasi Pengukuran Pola Radiasi Antena

Hasil pengukuran adalah level daya terima AUT yang diperoleh dalam satuan dBm. Semakin kecil resolusi sudut pemutaran, maka akan semakin terlihat pola radiasinya. Hasil pengukuran diplot dalam tabel pola radiasi *Azimuth* dan *Elevasi*.

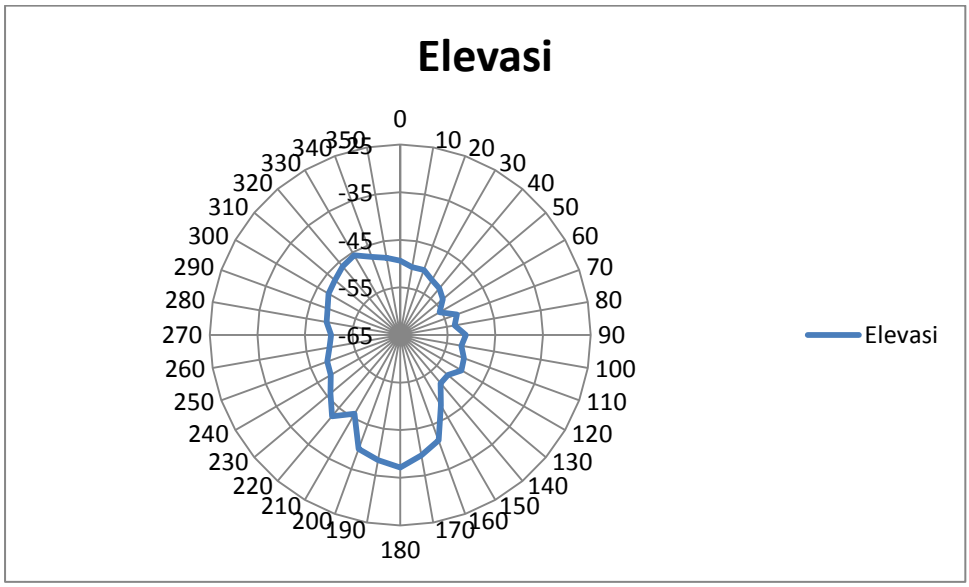
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Outdoor

Sudut (°)	Pengukuran (dBm)		
	Pola radiasi Azimut	Pola radiasi Elevasi	Polarisasi
0	-49.4	-49.42	-60.1
10	-50.6	-50.49	-52.3
20	-52	-50.49	-49.8
30	-51.5	-51.64	-46.3
40	-50	-52.21	-45.3
50	-52.4	-53.29	-44.7
60	-60.1	-55.43	-43.6
70	-53.1	-52.33	-49.9
80	-52.8	-53.36	-56.2
90	-53.8	-51.18	-66.7
100	-50.3	-51.94	-57.8
110	-50.1	-50.75	-52.1
120	-54.2	-50.13	-48.9
130	-61.2	-51.91	-49.6
140	-53.8	-51.78	-47.2
150	-52.5	-47.9	-48.1
160	-51.2	-41.43	-50.5
170	-47.9	-39.34	-56.9
180	-47.6	-37.14	-61.3
190	-48.9	-38.29	-60.1
200	-47.2	-39.54	-52.3
210	-50.9	-45.87	-49.8
220	-54.7	-42.75	-46.3
230	-54.2	-45.88	-45.3
240	-51.8	-48.15	-44.7
250	-56.9	-48.7	-43.6
260	-50.3	-49.95	-49.9
270	-46.7	-50.52	-56.2
280	-46.5	-49.33	-66.7
290	-46	-48.8	-57.8
300	-46	-47.63	-52.1
310	-47.1	-47.12	-48.9
320	-52.6	-46.17	-49.6
330	-54.3	-45.64	-47.2
340	-59.9	-47.55	-48.1
350	-54.3	-48.53	-50.5

Dari tabel di atas mewakili data untuk di bentuk pola sebagai berikut, dimana nilai daya diwakili tiap kelipatan sudut 10°.



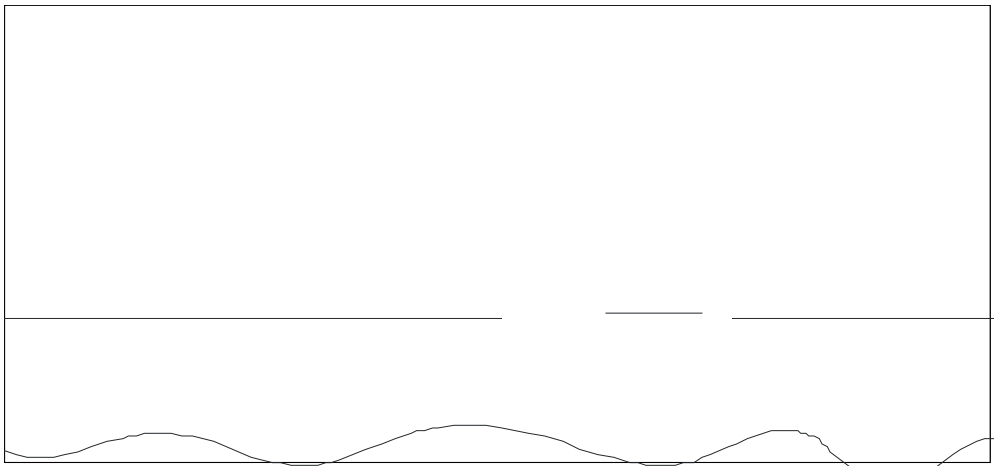
Gambar 4.24 Pola Radiasi Azimuth Pengukuran



Gambar 4.25 Pola Radiasi Elevasi Pengukuran

4.6.7 Analisis Pengukuran Polarisasi Outdoor

Pengukuran polarisasi suatu antena bertujuan untuk mengetahui pola atau cara rambat medan atau gelombang dari antena pada media propagasi. Polarisasi antena terdiri dari tiga jenis, yakni *linier*, *sirkular*, dan *elips*. Jika pemasangan *antena* Rx tidak sesuai dengan polarisasi gelombang, maka ada yang diterima akan lebih kecil sehingga terjadi polarisasi *missmatch*, sebaliknya jika orientasinya sesuai maka penerimaan daya akan maksimum. Hal ini dikarenakan penggunaan antena dengan polarisasi berbeda pada sisi *transmitter* dan *receiver* dapat menimbulkan *polarization loss factor* (PLF).



Gambar 4.26 Konfigurasi Pengukuran Polarisasi Antena

Hasil pengukuran yang diperoleh dalam bentuk level daya terima dan diplot pada tabel polarisasi. Hasil menunjukan bahwa level penerimaan saat maksimum (sumbu mayor) yakni pada titik 60^0 dan saat minimum (sumbu minor) pada titik 150^0.

Dari hasil pengukuran juga diperoleh data sebagai berikut :

- Daya terima maksimum (sumbu mayor) = -43.6 dBm = 4.36×10^{-8} watt
- Daya terima minimum (sumbu minor) = -48.1 dBm = 1.54×10^{-8} watt

Tipe polarisasi antena dapat diketahui dengan menggunakan analisis rasio kuat medan elektrik. Untuk mendapatkan besar kuat medan elektrik, maka digunakan penurunan rumus sebagai berikut :

$$P_D = \frac{V^2/m^2}{Z_{in}}$$

$$P = P_D \times A_e$$

$$P = \frac{V^2/m^2}{Z_{in}} \times A_e$$

$$P_{dB} = 10\log\left(\frac{E^2}{Z_{in}} \times A_e\right)$$

$$P_{dBm} = 10\log\left(\frac{E^2}{377} \times A_e\right)$$

Maka, $P_{watt} = \frac{E^2}{377} \times A_e$

$$E^2 = \frac{P_{watt} \times 377}{A_e}$$

$$E = \sqrt{\frac{P_{watt} \times 377}{A_e}}$$

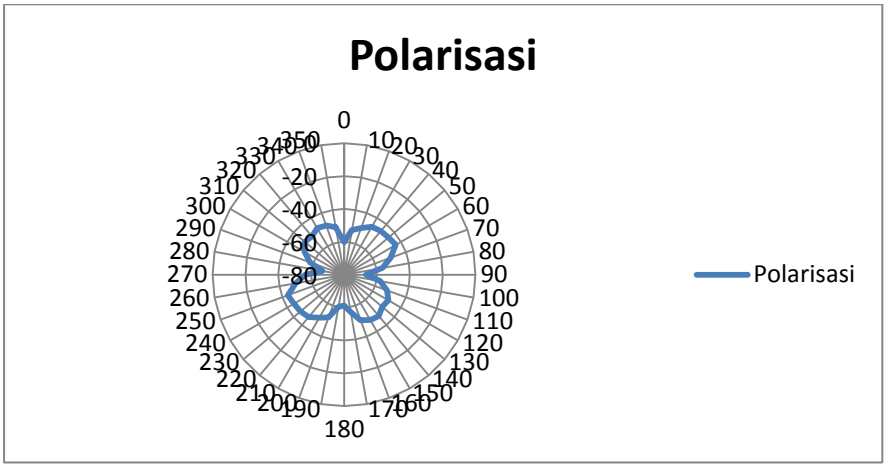
Rasio kuat medan elektrik (numerik)

$$= \frac{Mayor}{Minor} = \frac{\sqrt{\frac{P_{watt\ mayor} \times 377}{A_e}}}{\sqrt{\frac{P_{watt\ minor} \times 377}{A_e}}}$$

$$= \frac{\sqrt{P_{watt\ mayor} \times 377}}{\sqrt{P_{watt\ minor} \times 377}}$$

$$= \frac{\sqrt{4.36 \times 10^{-8} \times 377}}{\sqrt{1.54 \times 10^{-8} \times 377}}$$

= 1.6788



Gambar 4.27 Polarisasi Hasil Pengukuran

Karena 1< Rasio kuat medan elektrik (numerik) < ∞, maka AUT berpolarisasi *elips*. Polarisasi *elips* tersebut dapat dikatakan hampir mendekati sirkular karena AR mendekati nilai 1 . Tidak simetrinya sumbu mayor diakibatkan karena variansi medan yang cukup besar pada saat pengukuran *outdoor*. Ini dikarenakan disekeliling daerah pengukuran banyak media pemantul.

4.6.8 Analisis Pengukuran *Gain* Antena Outdoor

Pengukuran *gain* antena dimaksudkan untuk mengetahui besarnya jarak pancar atau *coverage* area yang dicapai oleh antena melalui daya yang dipancarkan. *Gain* antena sebagai elemen pasif dimaksudkan sebagai perbandingan besarnya radiasi daya antena *under test* pada arah pancar tertentu terhadap antena isotropis. Bandingkanlah kedua hasil, kemudian *gain* antena hasil pengukuran dihitung dengan persamaan :

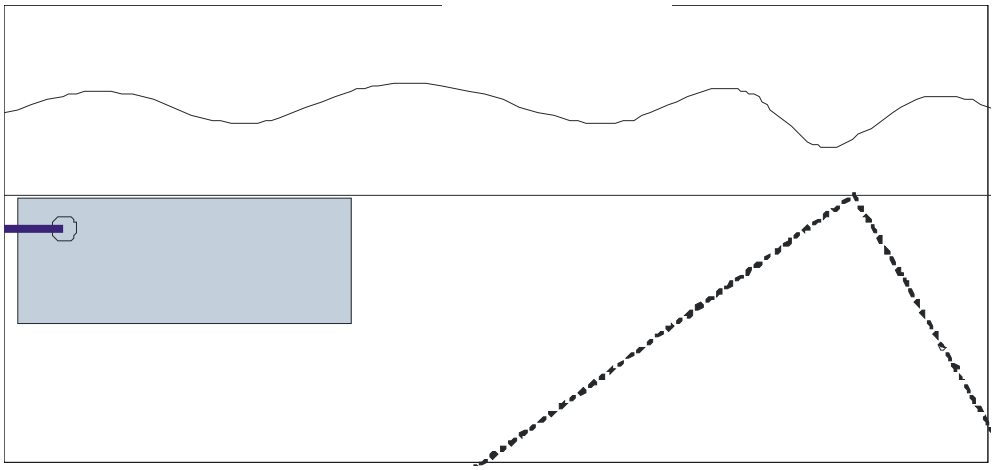
$$G_{AUT(dBi)} = P_{AUT(dBm)} - P_{REF(dBm)} + 12\,\text{dBi}$$

dimana :

$G_{AUT(dbm)}$ = *gain* antena yang diukur

$P_{AUT(dbm)}$ = level daya terima Antena AUT

$P_{REF(dbm)}$ = level daya terima antena referensi



Gambar 4.28 Konfigurasi Pengukuran *Gain* Antena

Dari hasil pengukuran didapat data :

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Daya Terima AUT dan Referensi

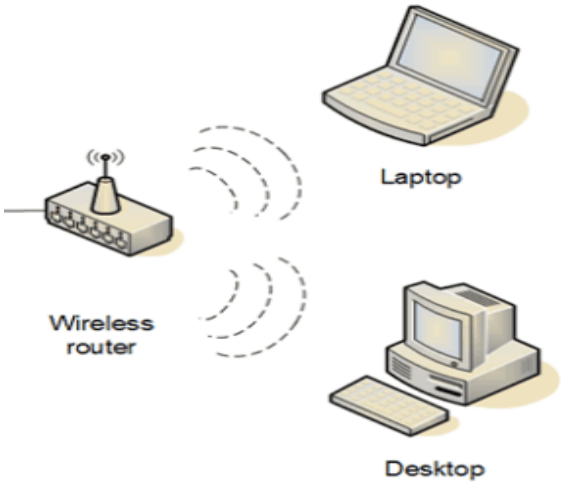
Pengukuran	Daya Terima AUT (dBm)	Daya Terima Referensi (dBm)	Gain (dB)
1	-42.9	-50.2	4.7
2	-42.6	-50.1	4.5
3	-42.5	-50.3	4.2
4	-42.6	-50.3	4.3
5	-42.7	-50.2	4.5
6	-42.4	-50.3	4.1
7	-42.3	-50.4	3.9
8	-42.4	-50.2	4.2
9	-42.6	-50.4	4.2
10	-42.3	-50.3	4
11	-42.4	-50.2	4.2
12	-42.5	-50.7	3.8
13	-42.4	-50.5	3.9
14	-42.4	-50.4	4
15	-42.4	-50.2	4.2
16	-42.1	-50.6	3.5
17	-42.1	-50.3	3.8
18	-42.2	-50.2	4
19	-42.4	-50.4	4
20	-42.5	-50.5	4
Rata-rata	**-42.435**	**-50.335**	**4.1**

Dengan menggunakan persamaan $G_{AUT(dBi)} = P_{AUT(dBm)} - P_{REF(dBm)} + 12$ dBi maka didapat *gain* antena sebesar 4.1 dBi. Nilai ini memenuhi spesifikasi awal yaitu sebesar >3 dBi.

4.8 Integrasi Antena Terhadap Perangkat

Pada tahap integrasi alat, antena yang telah di rancang langsung di hubungkan terhadap konektor *Router* WiFi. Setelah tersambung maka hidupkan *router* WiFi, lalu secara otomatis antena akan memperkuat *signal*

yang dipancarkan oleh *router* WiFi. Agar lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.29 Integrasi Alat

Setelah dilakukan tahap intregasi terhadap alat, selanjutnya menguji coba apakah antenna mampu bekerja baik mengirim atau menerima data dari perangkat WiFi terhadap *User*.

```
Wireless LAN adapter Wireless Network Connection:

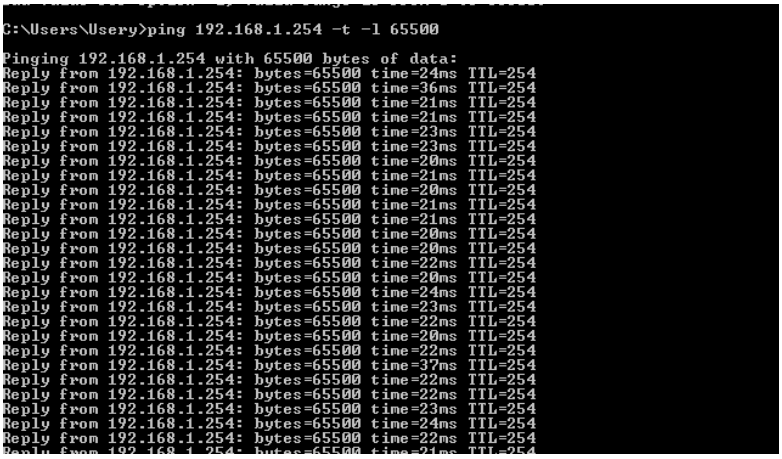
   Connection-specific DNS Suffix  . :
   Description . . . . . . . . . . . : Qualcomm Atheros AR5B97 Wireless Network
Adapter
   Physical Address. . . . . . . . . : 20-7C-8F-77-C5-AB
   DHCP Enabled. . . . . . . . . . . : Yes
   Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
   Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::30c0:7602:5aca:27f7%12(Preferred)
   IPv4 Address. . . . . . . . . . . : 192.168.1.2(Preferred)
   Subnet Mask . . . . . . . . . . . : 255.255.255.0
   Lease Obtained. . . . . . . . . . : Monday, August 14, 2017 10:54:00 AM
   Lease Expires . . . . . . . . . . : Thursday, August 17, 2017 10:54:00 AM
   Default Gateway . . . . . . . . . : 192.168.1.254
   DHCP Server . . . . . . . . . . . : 192.168.1.254
   DHCPv6 IAID . . . . . . . . . . . : 304118927
   DHCPv6 Client DUID. . . . . . . . : 00-01-00-01-1C-C5-02-8E-20-6A-8A-57-6E-01

   DNS Servers . . . . . . . . . . . : 192.168.1.254
   NetBIOS over Tcpip. . . . . . . . : Enabled
```

Gambar 4.30 Status Router dan User

Pada gambar 4.23 terlihat alamat *router* WiFi dan alamat *user*, dimana alamat *router* 192.168.1.254 dan alamat *user* 192.168.1.2. Pada gambar 4.24 terlihat terkoneksi, namun saat pengujian kecepatan *transfer* data belum

memenuhi standar WiFi IEEE 802.11g. Pada saat pengujian mampu mengirimkan paket data maksimum 65500 bytes.



Gambar 4.31 Cek Koneksi *User To Router*

4.8 Perbandingan Hasil Pengukuran dengan Spesifikasi Awal

Dari data analisis pada di atas dan pada bab sebelumnya, maka diperoleh perbandingan sesuai pada table berikut:

Tabel 4.7 Perbandingan Spesifikasi Awal dan Hasil Pengukuran Pada Frekuensi Tengah 2.44 GHz

Parameter	**Spesifikasi Awal**	**Hasil Simulasi**	**Hasil Pengukuran**
Frekuensi Kerja	2.44 GHz	2.44GHz	2.44 GHz
VSWR	≤2	1.48	1.304
Impedansi	50 Ω	50 Ω	47.267 Ω
Pola radiasi	Bidirectional	Bidirectional	Bidirectional
Polarisasi	*Sirkular*	*Sirkular*	*Sirkular*
Gain	> 3 dBi	5.61 dBi	5.43 dBi

Pada tabel 4.7 terdapat selisih antara hasil simulasi dan pengukuran yang telah dilakukan. Pada hasil simulasi nilai VSWR adalah 1.48 sedangkan pengukuran VSWR adalah 1.304.. Pada hasil simulasi nilai impedansi adalah 50 Ω sedangkan hasil pengukuran impedansi adalah 47.267 Ω. Pada hasil simulasi nilai g*ain* adalah 5.61 dBi sedangkan hasil pengukuran *gain* adalah 5.43 dBi. Terjadinya selisih ini dikarenakan pada simulasi tidak dilakukan metode kombinasi matching impedansi dan sektorisasi, dan juga kondisi pada simulasi adalah ideal.