BAB IV

PENGUKURAN DAN ANALISA

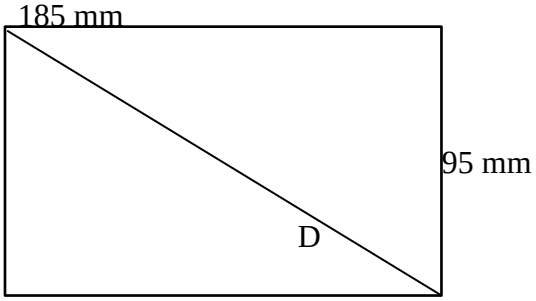
4.1 Pendahuluan

Setelah melakukan perancangan antena menggunakan software CST Microwave Studio 2010 dan telah direalisasikan maka selanjutnya melakukan pengujian dengan melakukan pengukuran antena yang sudah direalisasikan. Tujuannya untuk mengetahui apakah antena yang sudah direalisasikan sudah sesuai dengan yang diinginkan atau sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditentukan sebelumnya. Hasil pengukuran ini akan diperbandingkan dengan hasil simulasi untuk kemudian dilakukan analisis terhadap perbedaan yang terjadi. Lalu dalam pengukuran dan analisa ini selain membandingkan hasil analisis simulasi dan pengukuran, juga akan dilakukan perhitungan perbandingan hasil yang kita peroleh dari proses pengukuran luar.Parameter-parameter antena yang diukur meliputi *return loss* (parameter S_{11}), VSWR, impedansi, pola radiasi dan *gain*. Pengukuran parameter-parameter tersebut dilakukan di Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET) – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Bandung

4.2 Syarat Melakukan Pengukuran

Syarat untuk melakukan pengukuran sebaiknya dilakukan di ruangan yang bebas pantulan agar hasilnya lebih akurat. 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.

Lebih baik lagi jika melakukan pengukuran pada ruang yang bebas pantulan atau disebut juga ruang tanpa gema (*anechoic chamber*). Ruang tanpa gema merupakan salah satu cara untuk menghasilkan hasil pengukuran yang akurat.Ruang tanpa gema sendiri memang sudah tersedia di LIPI namun butuh izin khusus untuk masuk dan melakukan pengukuran antena. Jarak pengukuran antena pemancar dengan antena penerima adalah lebih besar sama dengan $\frac{2D^2}{\lambda}$, sesuai dengan syarat medan jauh, dimana D (diagonal) adalah panjang dimensi terbesar antena yang dibuat.



$D = \sqrt{185^{2} + 95^{2}}$

$D = 207{,}96\ mm = 0{,}207m$

Sedangkan nilai $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3x10^{8}}{9.4x10^{9}} = 0{,}0319\ m$

$R \geq \frac{2D^2}{\lambda}$ = 2(0,207)^2/ 0,0319

= 2,633 m

Jadi, syarat medan jauhnya adalah $R \geq 2{,}633\ m$.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam proses pengukuran (kondisi ideal pada saat pengukuran) adalah sebagai berikut:

1. Frekuensi sistem harus stabil dan tidak boleh berubah-ubah.
2. Kriteria medan jauh harus dipenuhi.
3. Lingkungan bebas pantulan harus dipenuhi.

4. Lingkungan harus bebas dari *noise* dan interferensi benda-benda sekelilingnya.

5. Impedansi dan polarisasi harus sesuai.

6. Antena diarahkan sesuai dengan sumbu utama (*boresight*).

Namun kondisi ideal di atas sangat sulit untuk dicapai karena pada saat pengukuran kondisi yang terjadi adalah sebagai berikut.

1. Pengukuran antena sering kali dipengaruhi oleh pantulan gelombang yang tidak diinginkan, karena pengukuran tidak dilakukan di ruangan tanpa gema. Contohnya pada pengukuran indoor dengan alat ukur *Vector Network Analyzer* (VNA).

2. Pengukuran pola radiasi, polarisasi, dan *gain* memang sudah dilakukan dalam ruang tanpa gema namun kondisi pengukuran masih belum sepenuhnya sempurna karena ruangan tanpa gema dibiarkan terbuka untuk mengurangi panas dan sirkulasi udara saat pengukuran karena proses pengukuran berlangsung lama.

4.3 Prosedur Pengukuran *Return Loss*, VSWR, dan Impedansi

Pengukuran parameter-parameter antena seperti return *loss*, VSWR, dan impedansi dilakukan di dalam ruangan (*indoor*) dengan menggunakan alat ukur yang sering disebut *Network Analyzer*. Pengukuran dilakukan di dalam ruangan karena faktor lingkungan tidak akan mempengaruhi hasil pengukuran. Hal tersebut dikarenakan pada pengukuran ini kita hanya menganalisis masukan dari antena. Sehingga nantinya yang akan mempengaruhi hasil pengukuran

Adapun prosedur pengukuran pada *Vector Network Analyzer* (VNA)/(NA) adalah sebagai berikut:

1. Probe 50 Ω dipasang pada input NA (probe 1).

2. Melakukan kalibrasi pada NA dengan menggunakan *calibration kit*. Kalibrasi dilakukan hingga mendapatkan hasil kalibrasi yang baik, yaitu memenuhi kriteria

SWR = ∞ saat beban dilepas, SWR = 1 saat beban dipasang, dan *return loss* mendekati 0. Kalibrasi dimaksudkan agar alat ukut menjadi standard dan hasil pengukuran akan menjadi lebih baik.

3. Setelah kalibrasi selesai konektor dihubungkan ke input pada antena yang akan diukur (AUT) dengan probe 1 yang terpasang di NA.

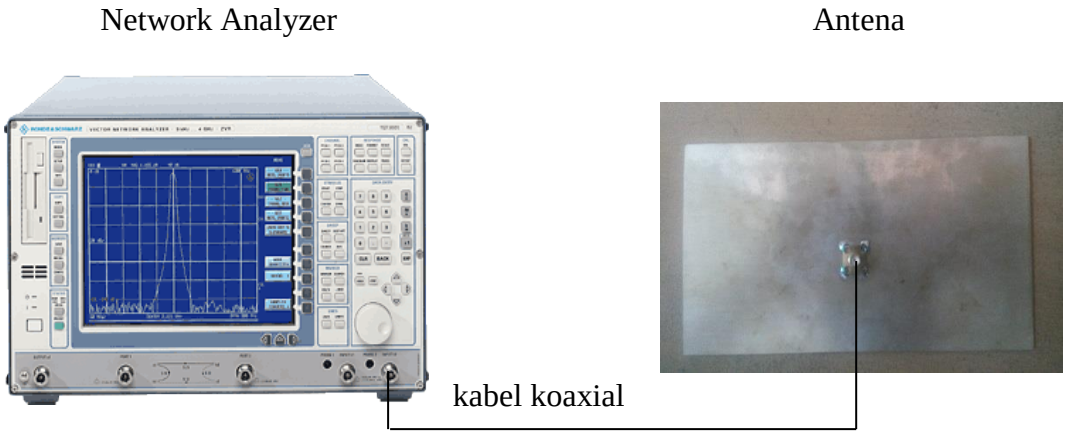
4. Nilai frekuensi kerja dimasukkan sesuai yang diinginkan, tekan START untuk frekuensi dan memasukkan nilai frekuensi kerja 9,4 GHz.

5. Menampilkan parameter yang ingin diketahui melalui tombol FORMAT, kemudian mencatat hasil yang diperoleh.

6. Lalu mepilih parameter satu persatu, menekan tombol SWR untuk menampilkan grafik SWR terhadap frekuensi kerjanya, tombol smithcart untuk menampilkan besar impedansi pada frekuensi kerjanya, tombol log log mat untuk menampilkan grafik *return loss* terhadap frekuensi kerjanya.

7. Tombol marker diset untuk melihat *bandwidth* pada grafik SWR > 2. Marker yang digunakan sebanyak 3 buah marker untuk melihat *bandwidth*, yaitu pada frekuensi start, stop, dan difrekuensi yang memiliki SWR paling rendah namun pada dasarnya bandwidth tidak terlalu dipermasalahkan karena antena ini nantinya hanya difokuskan untuk bekerja pada frekuensi tengah 9,4 GHz sesuai aplikasi pada radar maritim Indonesia.

8. Parameter yang diukur selanjutnya di ambil datanya dalam bentuk *print screen*, parameter meliputi VSWR, Impedansi, dan *return loss*.



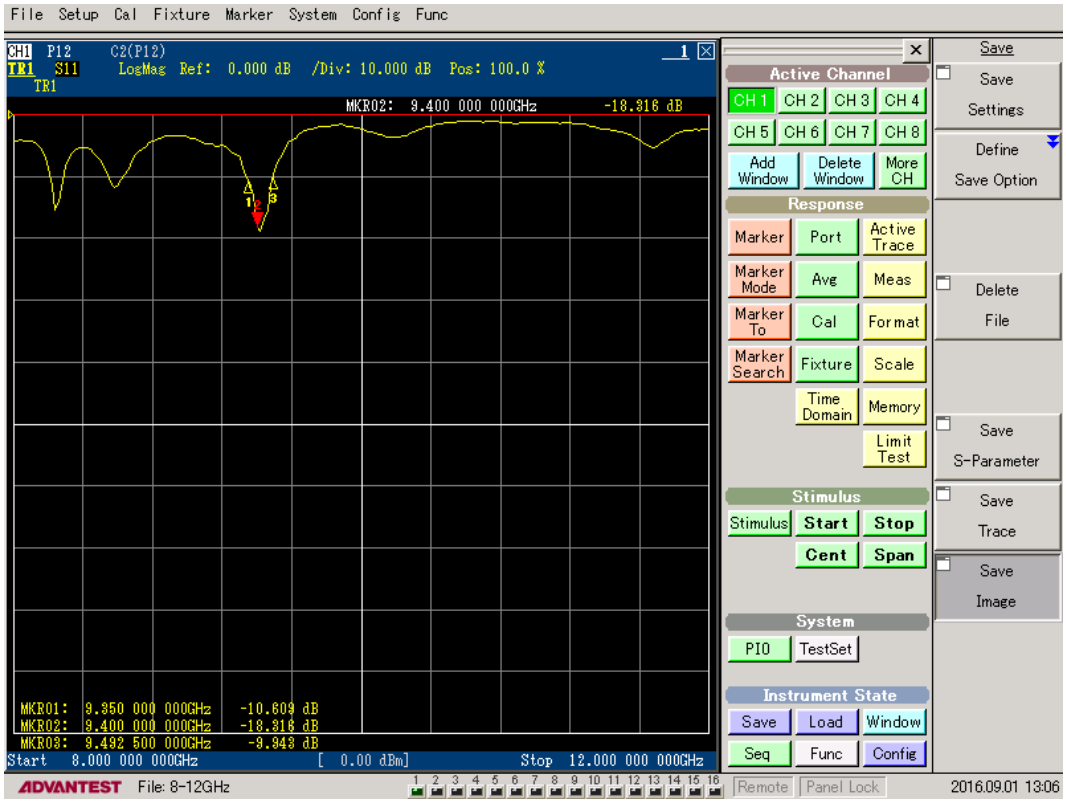
Gambar 4.1 Konfigurasi Pengukuran VSWR, *Bandwidth*, dan Impedansi

4.3.1 Hasil Pengukuran *Return Loss, VSWR dan Impedansi*

Pengukuran dengan *Network Analyzer* ini dilakukan dengan rentang frekuensi dari 9,350 GHz sampai dengan 9,492 GHz dengan frekuensi kerja atau frekuensi tengah 9,400 GHz. Hasil pengukurannya ditunjukkan dalam gambar sebagai berikut.

4.3.1.1 Return loss

Berikut merupakan hasil dari perngukuran indoor yang telah dilakukan menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA) marker diletakkan pada frekuensi bawah, tengah, dan atas. Parameter yang terlebih dahulu diukur yaitu return loss atau sering disebut S11 yaitu parameter yang menunjukkan nilai daya refleksi dari suatu antena biasanya nilai yang baik untuk nilai return loss/ S11 adalah kurang dari -10 dBi. Nilai dari S11 ini nantinya juga berhubungan dengan koefisien pantul dan VSWR seperti dijelaskan oleh persamaan 2.4, 2.5, 2.6. Gambar berikut menunjukkan nilai return loss yang sudah ditandai oleh marker 1, 2 , dan 3.

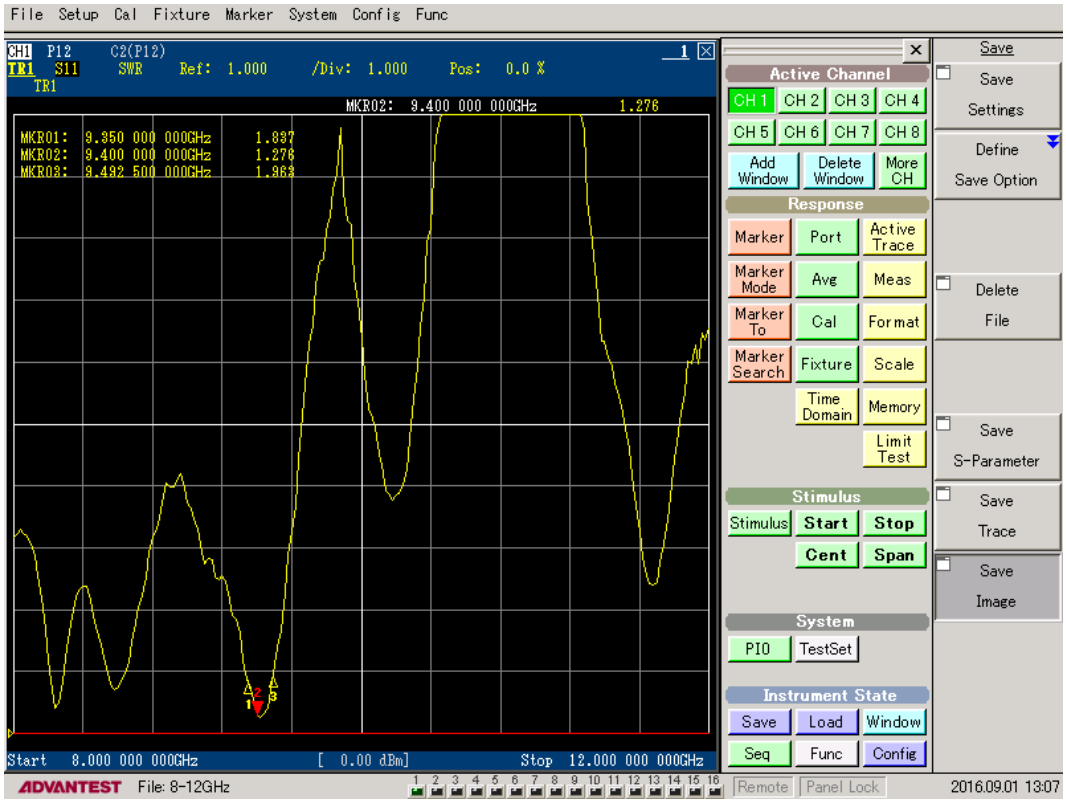


Gambar 4.2 Grafik Pengukuran Return *Loss*

Dari hasil pengukuran menggunakan Network Analyzer di atas, nilai return *loss* pada frekuensi 9,350 GHz, 9,400 GHz dan 9,492 GHz berturut – turut sebesar -10.609 dB, -18,316 dB dan -9,943 dB. Jika pada frekuensi kerja menunjukkan bahwa Return Loss bernilai -18,316 dB, maka salah satu parameternya sudah terpenuhi.

4.3.1.2 *VSWR*

VSWR pada dasarnya diperuntukkan untuk mengetahui apakah antena yang digunakan sudah sepadan dengan saluran yang digunakan atau tidak. Berikut merupakan hasil pengukuran yang didapatkan dengan *Network Analyzer*.

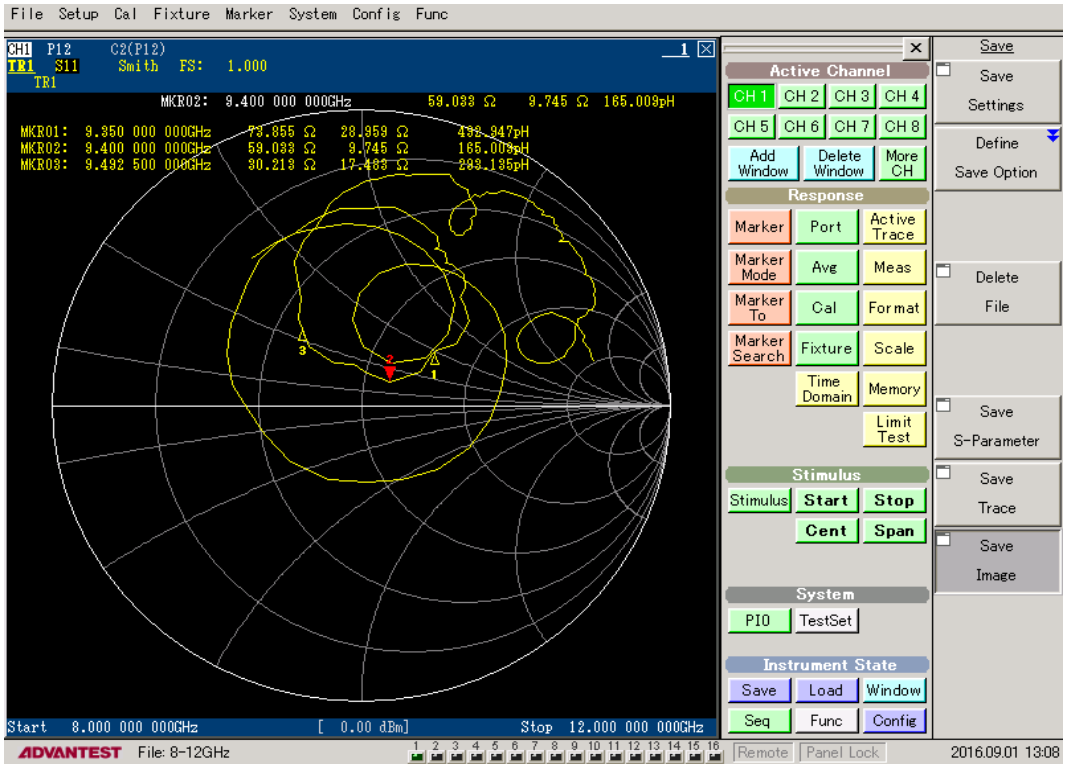


Gambar 4.3 Grafik Pengukuran VSWR

Dari hasil pengukuran di atas, pada frekuensi 9,4 GHz menunjukkan nilai VSWR sebesar 1,276 dan ini sudah memenuhi spesifikasi awal dimana nilai VSWR ≤ 2, sedangkan untuk *bandwidth* yang dibatasi VSWR ≤ 2 sudah melebihi 60 Mhz. *Bandwidth* tersebut dibatasi oleh frekuensi bawah dan frekuensi atas dimana pada frekuensi 9,350 GHz, VSWR bernilai 1,837 dan pada frekuensi 9,492 GHz bermilai 1,963. Hasil pengukuran tersebut di atas menunjukkan bahwa hasil pengkuran pada frekuensi kerja sudah sesuai dengan spesifikasi yaitu < 1,5. Namun untuk pengambilan marker tetap dilakukan pada VSWR < 2 untuk mengetahui *bandwidth* karena pada dasarnya pada angka ini frekuensi tetap dapat bekerja baik. Dalam kondisi ini antena sudah dapat berfungsi dengan baik dikarenakan antena dan saluran sudah mendekati kesepadanan saluran. Hal ini ditunjukkan

4.3.1.3 *Impedansi*

Impedansi antena juga merupakan parameter antena yang tidak lepas kaitannya dengan VSWR dimana dengan mengetahui nilai impedansi ini maka kita juga dapat mengetahui nilai VSWR antena tersebut. Parameter ini digunakan untuk mengethaui hambatan dari antena yang telah direalisasikan.



Gambar 4.4 Grafik Pengukuran Impedansi

Dari **Gambar 4.4** menunjukkan bahwa pada frekuensi 9,4 GHz impedansi yang tertera sebesar 59 Ω dan ini cukup memenuhi kriteria penyepadanan beban sebesar 50 Ω. Semakin mendekati 50 Ω, maka impedansi semakin baik, karena tidak terjadi perbedaan impedansi yang cukup signifikan.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran VSWR, Return *Loss*, dan Impedansi

Frekuensi (GHz)	VSWR	Return *Loss* (dB)	Impedansi	
			Riil	Imajiner
9,350	1,837	-10,609	73,855	28,959
9,40	1,276	-18,316	59,033	9,70
9,492	1,963	-9,943	30,213	-13,188

Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa pada VSWR ≤ 2 nilai frekuensi bawah (*fl*) adalah 9,350 GHz sedangkan nilai frekuensi atas (*fu*) adalah 9,492 GHz sehingga *bandwidth* diperoleh dengan menggunakan rumus :

$$BW = fu - fl$$

$$= (9492\text{-}9350)\ MHz$$

$$= 142\ MHz$$

Dalam bentuk persentase:

$$BW = \frac{fu - fl}{fc} * 100\%$$

$$= \frac{9492-9350}{9400} * 100\%$$

$$= 1{,}51\ \%$$

4.3.2 Analisis Hasil Pengukuran Return *Loss*, VSWR, dan Impedansi

Tabel 4.2 Perbandingan VSWR dan *Return Loss* Simulasi dan Pengukuran Pada Frekuensi Kerja Antena

Frekuensi (GHz)	VSWR		*Return Loss*		Impedansi	
	Simulasi	Pengukuran	Simulasi	Pengukuran	Simulasi	Pengukuran
					Riil+imajiner	Rill+imajiner
9,40	1,3827	1,276	-15,884	-18,316	65,034-j10,88	59,9033+j9,745

Pada perbandingan pengukuran parameter di atas seperti terlihat pada tabel di atas, pada pengukuran setelah pabrikasi dan hasil simulasi ini dapat dilihat bahwa pada frekuensi kerja antena (9,4 GHz) memiliki VSWR ≤ 1,5 dan untuk hasil pengukuran setelah pabrikasi yaitu pada frekuensi 9,4 GHz memiliki nilai VSWR = 1,276.

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

Perbedaan hasil pengukuran yang terjadi diakibatkan oleh beberapa faktor.

1. Dimensi antena pada saat simulasi dan setelah pabrikasi tidak sama persis ukurannya namun ukurannya hampir sama sehingga hasil simulasi dan pengkuran tidak jauh berbeda dan masih dalam kualifikasi sangat bagus.
2. Pemasangan antara konektor SMA female dengan antena melalui groundplane dengan cara disolder yang tidak akurat, mengakibatkan impedansi antara konektor dan antena tidak sama sehingga terjadi perbedaan antara tegangan antara konektor dan antena yang mengakibatkan nilai vswr, *bandwidth* serta return *loss* tidak sama.

Pada **Gambar 4.4**, dapat dilihat bahwa pada frekuensi 9,4 GHz nilai impedansi yang terukur adalah 59,9033 Ω. Jika impedansi diperoleh tepat 50 Ω maka VSWR akan sangat kecil yaitu sebesar 1.00, yang artinya tidak ada pantulan yang terjadi dengan kata lain $\Gamma = 0$, 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 proses VSWR yang di dapat dalam pengukuran setelah pabrikasi sebesar 1,276, sehingga dapat memperoleh nilai koefisien pantul pada daya di saluran transmisi.

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

$$1{,}276 = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|}$$

$$1{,}276 - 1{,}276\,|\Gamma| = 1 + |\Gamma|$$

$$0{,}276 = 2{,}276|\Gamma|$$

$$|\Gamma| = 0{,}1212$$

Dari penjelasan di atas, dapat diketahui bahwa hasil dari pengukuran telah mencapai ketentuan yang sama dengan spesifikasi awal yang telah ditentukan. Dengan harga koefisien pantul yang sudah mendekati nol, maka dapat dikatakan antena yang dibuat sudah bekerja dengan baik .

4.4 Pengukuran Pola Radiasi

Pengukuran pola radiasi menggunakan alat *Spectrum Analyzer* merk *Hewlett Packard* 8563E dan *Sweep Oscillator* merk *Hewlett Packard* 8350B. Konsekuensi logis dari pengukuran di lapangan terbuka adalah adanya gelombang elektromagnetik yang terpancar dari sistem komunikasi radio lain, radio terrestrial. Hal ini akan turut mempengaruhi akurasi hasil pengukuran.

Pola radiasi antena merupakan representasi dari perbandingan level daya yang keluar dari antena dalam berbagai arah. Namun memang pengukuran sudah di lakukan pada ruang tanpa gema hanya saja ruangan masih dibiarkan terbuka sehingga masih terpengaruh pada interferensi gelombang lain namun tidak seburuk pengukuran yang dlakukan langsung diruang bebas. 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-benda disekelilingnya. Pola radiasi diukur dengan meletakkan posisi antena secara vertikal maupun horizontal.

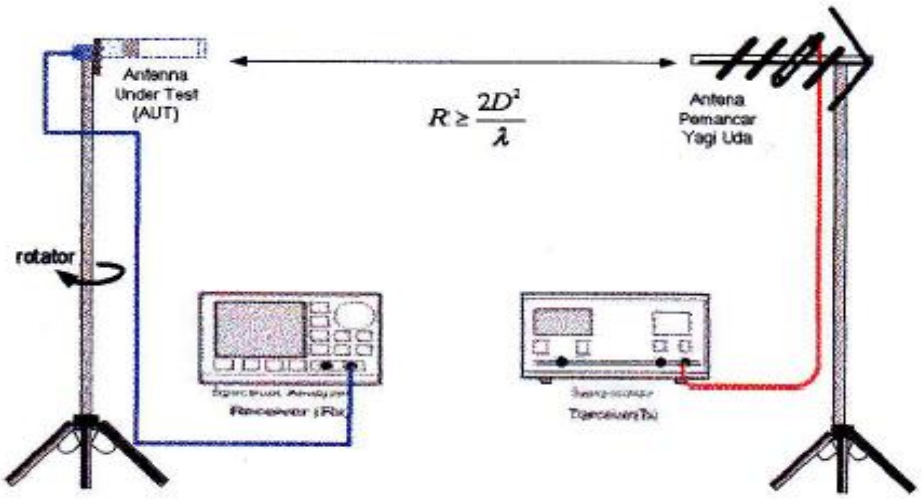
Langkah-langkah dalam pengukuran pola radiasi antena antara lain :

1. Antena pemancar dan penerima diletakkan secara horizontal dan vertical.

2. Jarak pengukuran disesuaikan pada medan jauh antena (2,6 meter) atau lebih sesuai perhitungan medan jauh antena.

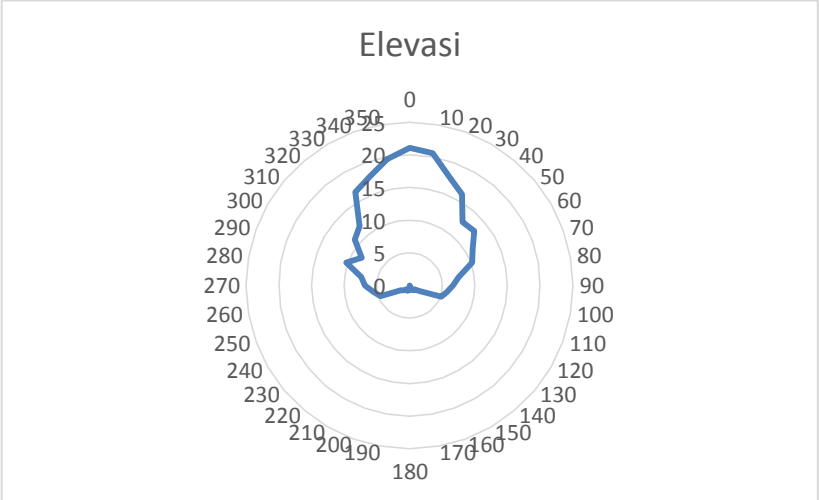
3. Daya sinyal diberikan pada antena pemancar dengan menggunakan signal generator.

4. Antena penerima (AUT) diputar-putar setiap 10^0 sekali dengan cara diputar secara manual. Kemuidan dicatat hasilnya didalam tabel (dalam setiap 10^0 pencatatan data hasil dilakukan sebanyak dua kali), dan dimasukkan ke dalam Microsoft Excel untuk diplot gambar pola radiasinya. Pada dasarnya semakin kecil sudut putarannya maka resolusinya juga semakin baik.



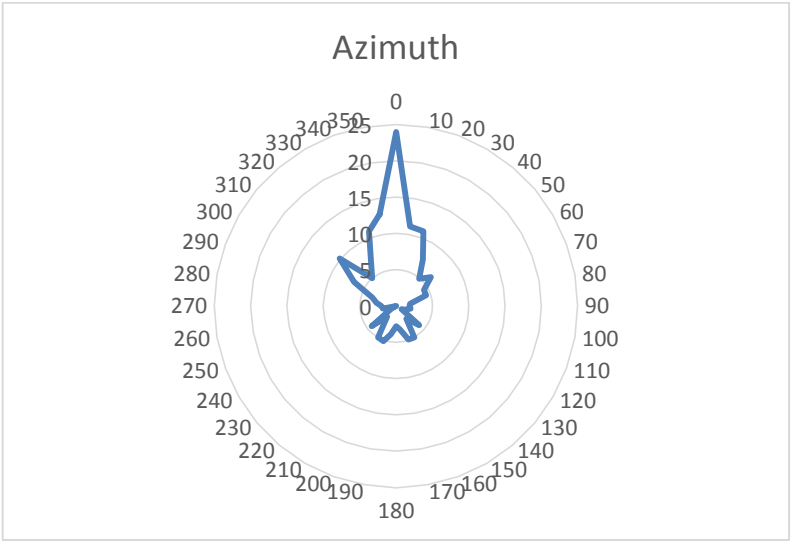
Gambar 4.5 Konfigurasi Pengukuran Pola Radiasi

4.4.1 Hasil Pengukuran Pola Radiasi



Gambar 4.6 Grafik pola Radiasi Arah Elevasi

Gambar 4.6 merupakan grafik pola radiasi arah elevasi. Pola radiasi arah elevasi menunjukan bahwa antena diputar sejajar sumbu y. Pola radiasi antenanya juga menunjukan pola radiasi unidireksional (satu arah). Dengan hasil pola radiasi yang didapatkan, maka sudah sesuai dengan spesifikasi awal perancangan.



Gambar 4.7 Grafik Pola Radiasi Arah Azimuth

Gambar 4.7 merupakan grafik pola radiasi arah azimuth. Pola radiasi arah elevasi menunjukan bahwa antena diputar sejajar sumbu x. Pola radiasi antenanya juga menunjukan pola radiasi unidireksional (satu arah). Dengan hasil pola radiasi yang didapatkan, maka sudah sesuai dengan spesifikasi awal perancangan.

4.4.2 Analisa Hasil Pengukuran Pola Radiasi

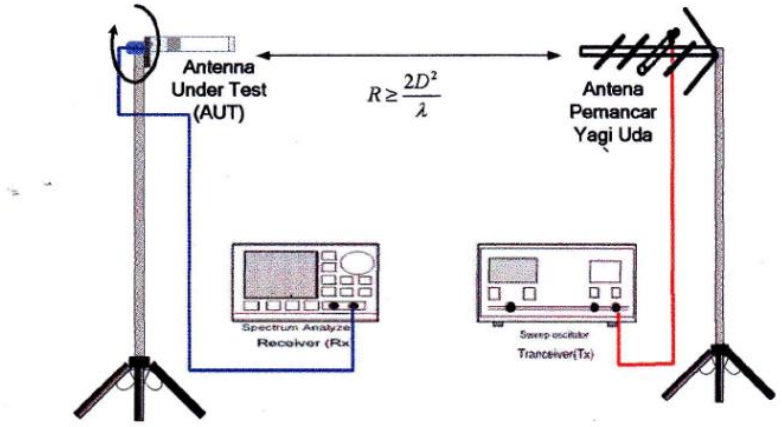
Dari hasil pengukuran dapat terlihat pola radiasi baik secara azimuth maupun elevasi. Hasil yang didapatkan sudah mendekati spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya. Pola radiasi yang dimaksud adalah unidireksional. Namun dari hasil tersebut ada beberapa penyimpangan atau belum ideal. Hal ini dikarenakan beberapa faktor yang mempengaruhi penyimpangan pengukuran pola radiasi antena. Berikut adalah beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya penyimpangan.

1. Pengukuran memang sudah dilakukan di ruangan *anechoic chamber* namun pintu masih dibiarkan terbuka. Jadi masih memungkinkan terinterferensi dengan gelombang yang ditimbulkan oleh perangkat lain.
2. Perangkat untuk pengukuran yang masih manual, yaitu pengarahan antena secara manual, sehingga pengarahan yang mungkin masih kurang presisi.
3. Nilai yang muncul pada alat ukur masih sering berubah-ubah akibat gangguan dari luar namun tidak terlalu buruk.
4. Kontrol pengukur yang masih kurang dalam menjaga jarak terhadap antena ukur, berpengaruh terhadap kepresisian antena.

4.5 Pengukuran Polarisasi

Polarisasi suatu antena pada arah tertentu adalah sebagai jejak arah medan elektrik dari gelombang yang dipancarkan oleh antena tersebut. Jika antena sebagai penerima maka polarisasi antena adalah jejak arah medan elektrik dari gelombang datang pada arah tertentu yang menghasilkan daya terima maksimum pada antena. Ada tiga jenis polarisasi gelombang yaitu linier, sirkular, dan eliptik. Pengukuran polarisasi ini masih dilakukan pada tempat yang sama seperti pada saat pengukuran pola radiasi antena sebelumnya. Demikian halnya juga dengan alat-alat yang digunakan. Prosedur pengukuran polarisasi antena tersebut adalah sebagai berikut:

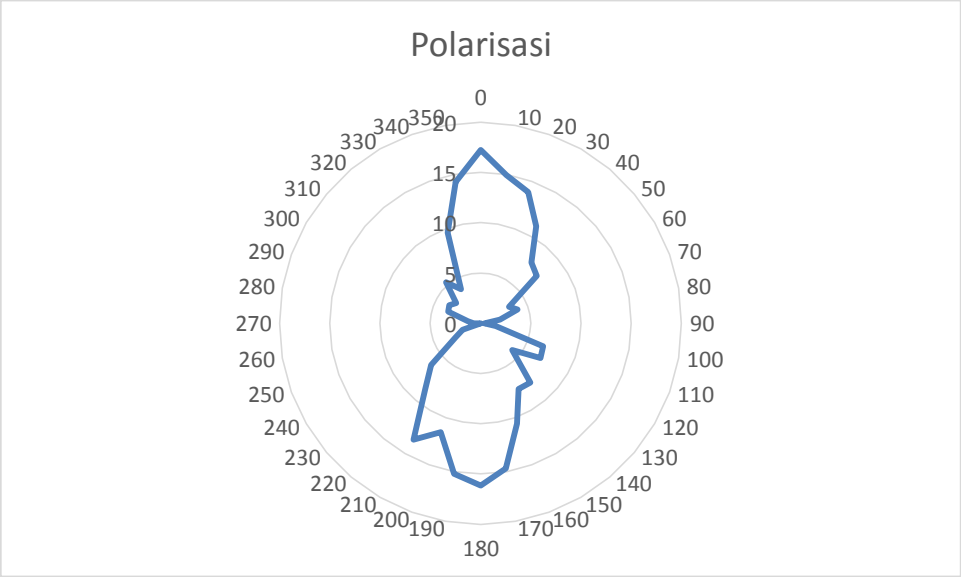
1. Antena pemancar dihubungkan ke *Sweep Oscilator* dan *Antena Under Test* (AUT) atau antena penerima dihubungkan ke *Spectrum Analyzer*.
2. Jarak pengukuran diatur sesuai jarak untuk medan jauh antena (2,6 meter).
3. Antena penerima diputar secara azimuth dan elevasi setiap 10^0, hal ini dikarenakan tidak ada alat putar untuk pengukuran polarisasi.
4. Level daya terima pada *Spectrum Analyzer* dicatat hasilnya.



Gambar 4.8 Konfigurasi Pengukuran Polarisasi

4.5.1 Hasil Pengukuran Polarisasi

Polarisasi antena adalah arah getaran gelombang yang merambat dalam sebuah media propagasi. Pengukuran polarisasi ini sangat penting karena jika jenis polarisasi antena penerima tidak sama dengan jenis polarisasi antena pemancar, maka akan terjadi *loss polarization* atau hilangnya daya akibat jenis polarisasi yang tidak *match*. Pengukuran polarisasi antena sama seperti pada pengukuran polaradiasi antena, yang membedakan hanya teknik perputarannya. Antena diputar setiap 10° sampai dengan 360° dengan pusat antena sebagai poros putarnya. Setelah itu akan dicatat level penerimaan.



Gambar 4.9 Grafik Pengukuran Polarisasi Antena

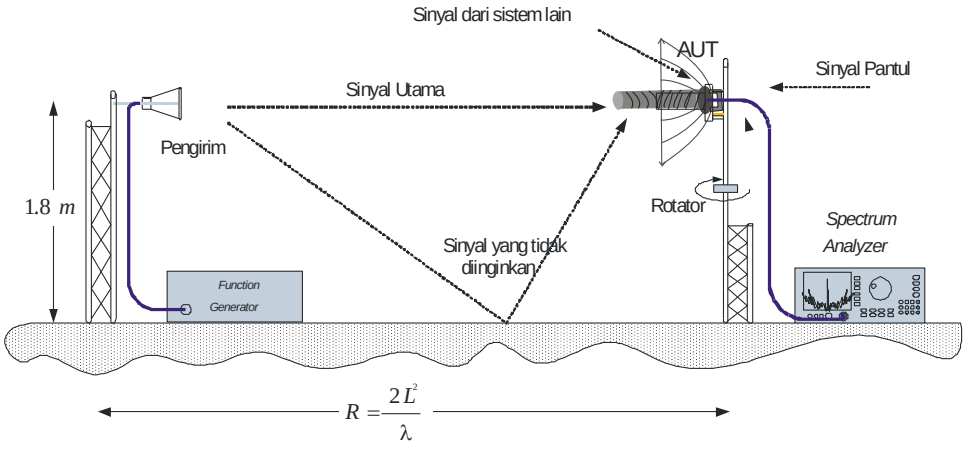
Grafik di atas adalah grafik polarisasi antena yang dikerjakan. Grafik tersebut menunjukkan bahwa polarisasi antena yang dibuat linear vertical. Polarisasi linier vertical karena dibatasi oleh sumbu x. Polarisasi antena yang dikerjakan sudah sesuai dengan spesifikasi awal perancangan.

4.5.2 Analisis Hasil Pengukuran Polarisasi

Dari **Gambar 4.9** di atas dapat kita ketahui bahwa antena memiliki polarisasi berbentuk linear vertikal, karena sumbu minor yang terbentuk relatif kecil. Sama seperti pada pengukuran polaradiasi antena, pengukuran yang didapat belum ideal karena masih dipengaruhi oleh pantulan disekitar antena.

4.6 Pengukuran *Gain*

Pengukuran *gain* dilakukan dengan skematik seperti pada **Gambar 4.10**. Dalam pengukuran *gain* pada tugas akhir ini diambil dari pengukuran pola radiasi yang menghasilkan *gain* paling tinggi pada rentang frekuensi 9,4 GHz sesuai antena ini bekerja. Metode perhitungan yang digunakan adalah persamaan analisis *gain.* Daya pancar sebesar 0 dBm dan jarak pengukuran 2,6 meter sesuai dengan medan jauh yang telah ditentukan.



Gambar 4.10 Skematik Pengukuran *Gain.*

Dengan menggunakan analisis *gain*, maka untuk persamaan berikut berlaku,

$$G_{AUT(dBi)} = P_{AUT(dBm)} - P_{REF(dBm)} + 12\,\text{dB} \quad \text{.....(4.1)}$$

dimana :

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

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

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

12 dB = level daya antena uji (horn) ; nilai ini akan berubah tergantung dari spesifikasi antena ujinya.

4.6.1 Hasil Pengukuran *Gain*

Setelah *gain* yang paling besar diambil sebagai acuan pengukuran *gain*, dilakukan metode analisis *gain* dengan persamaan (4.1). Untuk mengetahui *gain*

Berikut data yang telah didapatkan setelah melakukan pengukuran *gain* yang diambil sebanyak sepuluh kali kemudian dirata-ratakan:

Tabel 4.3 Data saat antena sebagai referensi dan AUT (Antena Under Test)

Sampel	P REF (dBm)	P AUT (dBm)
1	-36,63	-30,55
2	-36,76	-30,81
3	-36,54	-30,93
4	-36,72	-30,62
5	-36,98	-30,87
6	-36,55	-30,49
7	-36,55	-30,55
8	-36,73	-30,85
9	-36,79	-30,74
10	-36,84	-30,32
Rata-rata	-36,709	-30,673

Dengan mengambil nila rata-rata dan memasukkan kedalam persamaan 4.2 maka didapat *gain* antena sebesar 18,036 dBi. Nilai ini memenuhi spesifikasi awal yaitu sebesar ≥ 10 dBi.

4.6.2 Analisa Hasil Pengukuran *Gain*

Dari hasil pengukuran yang diperoleh maka kita dapat mengetahui *gain* yang dihasilkan oleh antena yang direalisasikan.

Tabel 4.3 Perbandingan *Gain* Simulasi dengan *Gain* Pengukuran

Parameter	Simulasi	Pengukuran
Gain (dBi)	21,4	18,036

Dari tabel di atas, kita melihat bahwa *gain* yang dihasilkan pada simulasi memiliki perbedaan dengan *gain* yang dihasilkan dari pengukuran realisasi antena. Hal ini dapat dipengaruhi oleh beberapa sebab, yaitu:

1. Kondisi pengukuran yang kurang ideal.
2. Pabrikasi antena yang tidak ideal dibandingkan dengan yang disimulasikan.
3. Terdapat *loss* di konektor dan kabel coaxialnya.
4. Transfer daya belum maksimum akibat penambahan timah pada konektor antena.

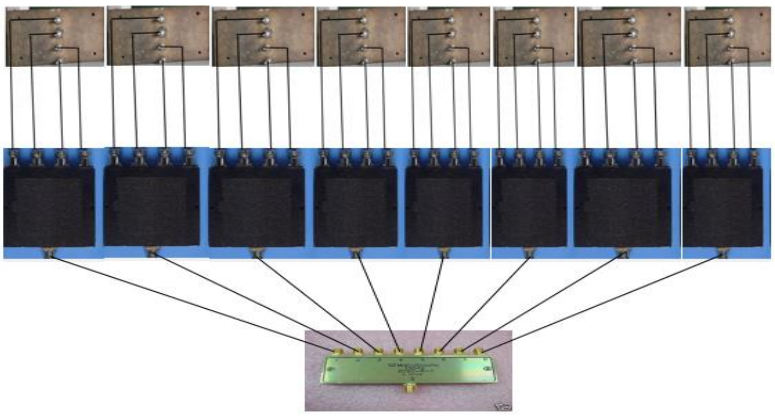
Pada saat melakukan pengukuran pola radiasi, polarisasi dan *gain*, pengukuran dilakukan di ruangan tanpa gema. Namun kondisi ini juga belum sepenuhnya ideal. Dikarenakan pintu *anechoic chamber* masih dibiarkan terbuka untuk mengurangi panas dan masuknya udara untuk bernafas, mengingat ruang tanpa gema sangat panas. Jika dalam simulasi dan pengukuran terdapat perbedaan hasil, pabrikasi juga salah satu faktor penyebab perbedaan tersebut. Ukuran pada saat simulasi dan pabrikasi tidak sama persis akibat *tools error* dan human *error*.

Selain itu, setiap kabel *feeder* mempunyai sifat sebagai peredam yang menyebabkan *loss* pada system. Dengan beberapa faktor tersebut , dapat menghambat transfer daya maksimum karena perbedaan impedansi.

Apabila melihat hasil yang diperoleh dari pengukuran, *gain* yang diperoleh sudah memenuhi spesifikasi awal yang ditentukan, yaitu ≥ 10 dBi.

4.7 Perbandingan Konfigurasi dan Biaya Antena Radar dengan 4 Pencatuan dan 1 Pencatuan

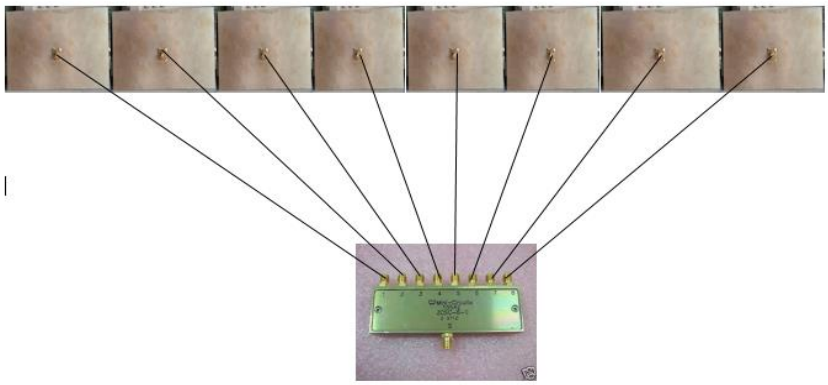
Perbedaan dua buah antena radar yang dibuat terletak pada *loss* akibat *noise* yang ditimbulkan. Besarnya *loss* akan mengakibatkan berkurangnya daya pancar atau *gain* antena.



Gambar 4.11 Konfigurasi 8 buah antena yang sudah diterapkan oleh LIPI.

Gambar di atas merupakan modul antena radar yang dikembangkan oleh LIPI. Dari gambar di atas, jumlah konektor yang terdapat pada semua antena berjumlah 32 konektor. Untuk 1 buah antena memerlukan 1 buah combiner 4:1. Untuk 8 buah antena, memerlukan 8 buah combiner 8:1. Dengan membuat antena yang lebih efisien menggunakan satu catuan probe coaxial, dapat menghemat 24 buah konektor dan 8 buah konektor 4:1. Selain itu, panjang kabel coaxial yang

digunakan juga dapat dihemat. Dengan demikian, *loss* yang ditimbulkan dapat dikurangi dan biaya yang digunakan untuk membuat modul antena tersebut dapat dikurangi.



Gambar 4.12 Konfigurasi 8 Buah Antena Untuk Radar Yang Diteliti Saat Ini

Dari gambar di atas, terlihat jelas kontribusi yang dibuat yang mampu mengefisienkan biaya produksi antena yang telah dibuat.

Tabel 4.4 Tabel Perbandingan Perangkat yang Digunakan Pada Penelitian Sebelumnya dan Penelitian Saat Ini

Perangkat	Penelitian Sebelumnya	Penelitian saat ini
Jumlah Konektor	24 buah	8 buah
Jumlah Combiner 4:1	8 buah	-
Panjang kabel	90 meter	24 meter

Tabel 4.5 Tabel Perbandingan Biaya Produksi Pada Penelitian Sebelumnya dan Penelitian Saat Ini

Biaya	Satuan/meter	Penelitian Sebelumnya	Penelitian saat ini
Konektor	Rp 30.000,00	24 buah	8 buah
Combiner	Rp 450.000,00	8 buah	-
Kabel	Rp 12.000,00	90 meter	24 meter
Total biaya		Rp 5.400.000,00	Rp 528.000,00

Dapat dikatakan antena yang diteliti saat ini sangat efisien karena memliki selisih yang sangat jauh dengan perbandingan 1 : 10. Atau dengan persentase dapat dilakukan perhitungan biaya sebagai berikut :

Persentase Penghematan Biaya = $\frac{(V2-V1)}{V1}$ X 100

$$= \frac{(\text{Rp } 528.000{,}00 - \text{Rp } 5.400.000{,}00)}{\text{Rp } 5.400.000{,}00} \text{ X } 100$$

= - 90,2 %

Dimana : V1 = Total biaya produksi antena saat ini

V2 = Total biaya produksi antena sebelumnya

Dengan kata lain pengurangan biaya yang dapat dilakukan yaitu mencapai 90 %.

4.8 Perbandingan Hasil Pengukuran Antena Sebelumya dan Saat Ini

Berdasarkan data pengukuran antena yang sudah diterapkan oleh LIPI sebelumnya dan yang sudah dikembangkan saat ini didapatkan perbandingan pengukuran parameter seperti yang ditunjukkan tabel berikut:

Tabel 4.6 Tabel Perbandingan Hasil Pengukuran Antena

Parameter	Antena Sebelumnya	Antena Saat Ini
VSWR	1,367	1,276
Return *Loss*	16,174 Db	18,316 dB
Pola radiasi	Unidireksional	Unidireksional
Gain	15,08 dB	18,036 dB

Dari perbandingan pada tambel di atas terlihat bahwa performansi antena saat ini lebih baik dibandingkan pada antena sebelumnya. Dengan perbedaan hasil tersebut dapat dikatakan antena yang dibuat memiliki performansi yang lebih baik daripada antena sebelumnya sehingga antena yang dibuat memiliki keunggulan dari segi ekonomi dan teknis.