



**ANALISA KINERJA *REFLEKTOR GRID PARABOLIC SILINDER* PADA
ANTENA *HELIX* UNTUK FREKUENSI 433 MHz**

PROPOSAL SKRIPSI

Oleh

Adhitya Inas Farizan

NIM 121910201041

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**ANALISA KINERJA REFLEKTOR GRID PARABOLIC SILINDER PADA
ANTENA *HELIX* UNTUK FREKUENSI 433 MHz**

PROPOSAL SKRIPSI

Diajukan guna memenuhi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

Adhitya Inas Farizan

NIM 121910201041

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

DAFTAR ISI

BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Matematika Perencanaan Masalah	5
2.2 Antena	6
2.3 Parameter Antena	9
2.3.1 Impedansi Masukan.....	9
2.3.2 Voltage Standing Wave Rasio (VSWR).....	10
2.3.3 Return Loss.....	11
2.3.4 Bandwith	11
2.3.5 Pola Radiasi	12
2.3.6 Penguatan (Gain).....	14
2.4 Reflektor Antena	14
2.4.1 Antena non-parabolik	15
2.4.2 Antena Parabolik	15
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Tahap Penelitian	18
3.2 Gambaran Umum Penelitian	19
3.3 Waktu Penelitian	19
3.4 Variabel Data	20
3.5 Alat dan Bahan	20
3.5.1 Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	20
3.5.2 Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	21
3.6 Tahap Penelitian	21
3.7 Skema Perakitan	21
3.8 Desain Reflektor	22
3.9 Pengujian Antena dan Pengambilan data	22

3.10	Parameter Antenna Helix yang Digunakan.....	22
3.11	Parameter Reflektor Cind Parabolis Sphinder yang digunakan.....	24
DAFTAR PUSTAKA.....		39



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Radio dan wireless merupakan komunikasi yang dilakukan tanpa menggunakan media kabel (wire). Sebagai contohnya adalah pada saat kita melihat seorang nahkoda yang sedang berlayar melakukan komunikasi dengan orang yang berada di daratan. Mereka berkomunikasi menggunakan suatu gelombang yang biasa disebut gelombang wireless di udara. Sama halnya ketika kita melihat – atau mungkin melakukan hal ini sehari-hari – orang yang sedang mengakses internet untuk sekedar mengecek e-mail, men-download musik ataupun film, dan sebagainya dengan menggunakan teknologi wireless dengan komputernya. Teknologi wireless pada komputer ataupun komunikasi radio oleh nahkoda sama-sama menggunakan gelombang wireless.

Teknologi wireless sudah semakin sering digunakan oleh orang pada umumnya. Baik menggunakan perangkat mobile device, seperti telepon selular dan laptop, ataupun perangkat keras lainnya seperti komputer PC. Dengan teknologi wireless orang lebih mudah dalam berkomunikasi ataupun melakukan transfer data, tanpa perlu mengatur kabel-kabel untuk menghubungkan kedua perangkat. Selain kemudahan tersebut, teknologi wireless juga memungkinkan pengguna perangkat untuk lebih fleksibel dalam berkomunikasi. Teknologi wireless dipercaya dapat menggantikan teknologi koneksi berbasis kabel atau media lainnya.

Tidak hanya untuk menanggulangi kekurangan pada media kabel, teknologi wireless juga diharapkan dapat mempermudah kehidupan manusia atau membantu menjadi lebih baik. Banyak wacana-wacana teknologi baru yang sudah dibayangkan dan siap untuk dikembangkan oleh praktisi praktisi teknologi wireless ini. Antara lain untuk kebutuhan berbagai macam informasi dalam jumlah banyak dan jangkauan yang luas. Selain itu dapat diaplikasikan juga untuk bidang-bidang lainnya, seperti kedokteran, bisnis, geografis, olahraga, dan lain-lain. (L.C Dewi : 2011)

EMS RF Transceiver 433 Mhz adalah modul wireless yang dapat digunakan untuk mengirim dan menerima data melalui gelombang radio. Di dalam penelitian sebelumnya, EMS Transceiver digunakan sebagai media komunikasi jarak jauh. EMS RF Transceiver dirancang berdasarkan menggunakan frekuensi 433 Mhz. Namun untuk meningkatkan jarak jangkauan dari modul wireless ini, dibutuhkan antenna yang sesuai agar alat dapat berjalan dengan baik.

Antena merupakan perangkat transisi antara saluran transmisi dan ruang bebas, antena berfungsi sebagai pemancar ataupun penerima gelombang elektromagnetik. Antena dikategorikan baik, bila antena tersebut memiliki memiliki efisiensi yang tinggi. Efisiensi antena yang tinggi dapat dihasilkan dengan cara memperkecil rugi-rugi yang dapat timbul pada antena. Beberapa penelitian telah dilakukan terkait dengan efisiensi antena. Salah satu diantaranya adalah mengamati efisiensi antena ditinjau dari bahan elemen peradiasinya. (D. Amir : 2011)

Antena reflektor telah banyak digunakan dalam sistem komunikasi radio, komunikasi gelombang mikro, pelacakan dan telemetri karena karakteristik listriknnya yang sangat baik seperti tingkat gain yang tinggi, *side lobe* yang rendah dan *cross-polarization* yang rendah. Telah diketahui dengan pasti bahwa kinerja antena ini sangat bergantung pada feed yang terhubung pada reflektor utama. Agar mendapatkan gain konstan dari antena reflektor, *feed* antena harus dijaga pada titik fokus dari reflektor utama. (M. Amir : 2016)

Antena parabolic pada dasarnya adalah antena yang menggunakan reflektor untuk memantulkan gelombang elektromagnetik pada *feed* atau titik fokus dari antena tersebut. Antena parabolic sendiri memiliki bentuk yang berbeda, seperti bentuk *grid* dan *solid*.

Antena parabola standar (*solid*) biasanya terbuat dari aluminium. Mereka diproduksi dengan menekan selembur aluminium sambil memutarinya sehingga berbentuk melingkar dan cekung di tengahnya. Reflektor ini sendiri tidak bergantung pada frekuensi, tetapi semakin tinggi frekuensinya, semakin besar kesempurnaan permukaan yang dibutuhkan. Dalam implementasi nya rancangan reflektor ini ditentukan dengan menyesuaikan dengan lebar frekuensinya. Antena ini memiliki parameter gain, rasio F/B, beamwidth, dan RL. Jika seseorang

menginginkan sebuah peningkatan parameter ini, maka perubahan desain perlu dilakukan agar antena dapat bekerja sesuai dengan parameter yang diinginkan.

Antena grid dapat digunakan pada frekuensi gelombang mikro yang lebih rendah, di sekitar 2,5GHz atau lebih rendah. Keuntungan dari antena jaringan adalah bahwa mereka secara signifikan lebih kuat terhadap terpaan angin di menara. Dari sudut pandang listrik, ia memiliki parameter antena yang sama sebagai piringan padat dimana pada reflektor ini, hornfeed yang sama pun dapat digunakan. Panjang gelombang sedemikian rupa sehingga 'celah' yang ada di antara grid menjadi tidak masalah. Dalam penggunaannya, ada perbedaan antara reflektor yang solid dan reflektor grid. Dalam prakteknya, reflektor grid memiliki rasio F/B sedikit lebih buruk karena difraksi di sekitar elemen grid. Kekurangan lainnya dari grid reflektor adalah bahwa mereka tidak dapat mendukung lebih dari satu polarisasi. Karena pada modul EMS 433 frekuensi yang dipakai lebih rendah dari 2.5 Ghz, maka grid reflektor secara teori akan lebih baik dibandingkan dengan solid reflektor.

Pada penelitian ini, penulis akan mengamati efisiensi antena bukan dari sisi bahan elemen peradiasi, namun dari jarak antar ruas pada grid reflektor. Penulis menduga ada korelasi antara jarak antar ruas pada grid reflektor baik pada pemancar maupun sebagai penerima di frekuensi kerja 433MHz. Penelitian ini dilakukan untuk menemukan korelasi antara jarak ruas pada grid reflektor terhadap nilai gain dan nilai dari *front to back ratio* sebagai parameter yang menentukan baik tidaknya kinerja dari suatu reflektor antena.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas maka diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana desain reflektor *grid parabolic silinder* untuk Antena Helix pada modul EMS 433Mhz?
2. Bagaimana pola radiasi yang ditimbulkan dari antena ketika dihubungkan dengan reflektor *grid parabolic silinder*?
3. Bagaimana pengaruh jarak antar ruas pada reflektor *grid* terhadap nilai *front to back ratio* dan *gain* dari antena?

1.3 Batasan Masalah

Dalam membatasi materi yang akan diteliti pada tugas akhir ini, penulis memberikan batasan sebagai berikut:

1. Pengujian hanya dilakukan menggunakan antena *Helix* dengan frekuensi tengah 433 Mhz.
2. Parameter yang diuji dalam percobaan ini adalah *Gain* dan *Radiation Pattern*.
3. Reflektor yang digunakan pada percobaan ini adalah reflektor grid parabolic

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mampu membangun sebuah reflektor *grid parabolic silinder*.
2. Mendapatkan bentuk dari pola radiasi yang terbentuk oleh antena yang terhubung dengan reflektor *grid parabolic silinder*.
3. Mengetahui pengaruh jarak antar ruas pada reflektor grid terhadap pola radiasi dan *gain* dari antena.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Membuat rancangan reflektor antena helix yang dapat memperbaiki pola radiasi antena dan tahan terhadap terpaan angin.
2. Mampu merancang reflektor grid silinder yang dapat dihubungkan dengan antena helix yang diintegrasikan dengan modul EMS *RF Transceiver*

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Matriks Perumusan Masalah

Tabel 2.1.1 Matriks Perumusan Masalah

No	Masalah	Solusi	Metode	Hasil	Judul/Tahun
1.	Banyaknya jenis reflektor antena seringkali membuat perancang, maupun peneliti antena kesulitan di dalam menentukan jenis reflektor antena.	Mempelajari jenis jenis dari reflektor antena beserta aplikasi dari reflektor antena tersebut dari kumpulan referensi yang telah ada.	<ul style="list-style-type: none"> • Studi Pustaka 	<ul style="list-style-type: none"> • Jenis-jenis reflektor antena beserta aplikasi yang digunakan. 	Yahya R, (2016). <i>“Reflector antenna Developments: A Perspective on the Past, Present, and Future”</i>
2.	Untuk keperluan komunikasi dan aplikasi sensor, dibutuhkan antenna yang praktis, efektif dengan biaya produksi yang murah.	Membangun reflektor antenna yaitu <i>folded-reflector antenna</i> .	<ul style="list-style-type: none"> • Pembuatan desain antenna, Pencetakan serta pengujian antenna yang dilengkapi dengan reflektor yang dapat bergerak. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desain <i>folded reflector antenna</i>. • <i>Radiation Diagram (Angle vs Amplitude)</i> • <i>Gain Vs Frequency</i> 	Wolfgang M, (2002). <i>“Millimeter-Wave Folded Reflector Antennas with High Gain, Low Loss, and Low Profile”</i> .

3.	Membangun antenna UHF dengan ukuran yang kecil dan kinerja yang layak sangat sulit untuk dilakukan	Melengkapi antenna UHF dengan reflektor corner yang dapat dilipat sehingga praktis tanpa mengorbankan kinerja dari antenna.	<ul style="list-style-type: none"> • Merancang serta membangun <i>corner reflector</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Front-to-side Gain Ratio</i> • <i>Front-to-Back Gain Ratio</i> 	John D, (1940). "The Square-Corner Reflector Beam Antenna for Ultra High Frequencies."
4.	Agar gain konstan dan tinggi dari reflektor, <i>feed</i> antena harus tepat pada titik fokus dari reflektor utama. Namun adanya penopang menyebabkan efisiensi lebih rendah dan <i>side-lobe</i> yang lebih tinggi	<i>Feed</i> yang berdiri sendiri dengan radiasi belakang dapat mengurangi rugi rugi dari adanya halangan dan meningkatkan efisiensi antena.	<ul style="list-style-type: none"> • Menguji dan membandingkan kinerja dari desain antenna menggunakan software simulasi CST dan HFSS 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Axial Ratio</i> • <i>Gain</i> • <i>LHCP & RHCP Gain Level</i> 	Amir M, (2016). "Design of a Novel Compact Cup Feed for Parabolic Reflector Antennas."
5.	Dibutuhkan suatu desain antenna untuk aplikasi satelit LEO (<i>Low Earth Orbit</i>) dengan arus yang berbeda fase 90° dan frekuensi 2,4 GHz	Merancang dan Menguji antenna Helix Quadrifillar dengan Reflektor parabola dan Metode <i>Self-Phased</i> .	<ul style="list-style-type: none"> • Membuat desain antenna serta melakukan pengujian langsung dengan menguji antenna yang telah di fabrikasi 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Return Loss dan Bandwith</i> • <i>VSWR</i> • <i>Gain</i> • Pola Radiasi 	Vivin, (2013). Desain Antena Helix Quadrifilar pada Frekuensi 2,4 GHz untuk Perangkat <i>Ground Station</i> Satelit Nano
6.	Banyaknya antenna komersil	Menguji dan menganalisa	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan perhitungan dan 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>VSWR</i> • <i>Return Loss</i> 	Rendra W, (2017). Analisa

	yang dapat diaplikasikan untuk akses jaringan 3G. Hal ini dibutuhkan mengingat pentingnya internet yang bersifat <i>mobile</i> .	antenna mikrostrip Yagi yang bekerja di frekuensi jaringan 3G yakni rentang frekuensi 1,9-2,1 Ghz.	simulasi pada desain antenna yagi dengan frekuensi kerja 1,9-2,1 Ghz Menggunakan software HFSS 13.0	<ul style="list-style-type: none"> • Pola Radiasi • <i>Gain</i> 	Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Yagi pada Frekuensi Kerja 1,9-2,1 Ghz menggunakan aplikasi Ansoft HFSS Versi 13.0
7.	Efisiensi merupakan salah satu aspek yang penting di dalam merancang suatu antena. Salah satu poin yang mempengaruhi efisiensi adalah bahan dari antena sendiri.	Menguji kinerja dari antenna dengan mengganti bahan bahan yang digunakan pada reflektor antenna tersebut	<ul style="list-style-type: none"> • Membuat reflektor antenna dengan jenis bahan yang berbeda kemudian menguji parameter kinerja dari antenna tersebut. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Gain</i> • Direktivitas • Efisiensi 	Amir D, (2011). Analisa Efisiensi Antena Dipole Ditinjau dari Penggunaan Bahan Reflektor.
8.	Antena <i>reflector parabolic</i> banyak digunakan pada saat ini dan diperlukan parameter reflektor yang tepat.	Membuat desain reflektor dan mengkalkulasi parameter dari desain seperti dimensi reflektor, focal length, untuk efisiensi yang paling baik.	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan perhitungan dan simulasi reflektor antenna menggunakan software MATLAB. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desain Reflektor • Efisiensi • Beamwidth • Diameter 	Kirti, (2015). <i>Design and Analysis of Parabolic Reflector Using MATLAB</i>

Dari beberapa penelitian yang dilakukan pada matriks diatas, dapat kita amati bahwa fungsi reflektor sangat penting di dalam sistem antenna. Baik untuk meningkatkan efisiensi, meningkatkan kinerja dan juga beberapa alasan lainnya,

membuat reflektor antenna menjadi salah satu bagian dari sistem yang sangat penting untuk dikembangkan serta dievaluasi. Penelitian mengenai bentuk reflektor, dimensi, jenis material yang digunakan, sampai dengan menyimpulkan kelebihan dan kekurangan dari masing masing reflektor telah dilakukan seperti pada matriks diatas. Dari latar belakang penelitian yang telah dilakukan, peneliti ingin menguji kemampuan dari reflektor berdasarkan jarak (*gap*) pada *grid* dari reflektor yang akan diuji. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan parameter kinerja antenna seperti *Gain*, *VSWR*, Pola Radiasi, dan parameter lainnya menggunakan 2 buah reflektor dengan jarak antar ruas yang berbeda.

2.2 Antena

Antena adalah suatu alat yang mengubah gelombang terbimbing dari saluran transmisi menjadi gelombang bebas di udara, dan sebaliknya. Saluran transmisi adalah alat yang berfungsi sebagai penghantar atau penyalur energi gelombang elektromagnetik. Suatu sumber yang dihubungkan dengan saluran transmisi yang tak terhingga panjangnya menimbulkan gelombang berjalan yang *uniform* sepanjang saluran itu. Jika saluran ini dihubung singkat maka akan muncul gelombang yang dipantulkan. Jika gelombang datang sama besar dengan dipantulkan akan dihasilkan gelombang berdiri murni. Konsentrasi-konsentrasi energi pada gelombang berdiri ini beresilasi dari energi listrik seluruhnya ke energi magnet total dua kali setiap episode.



Gambar 2.2.1 Beberapa Jenis Antena
(Sumber : <https://www.exploregate.com>)

2.3 Parameter Antena

2.3.1 Impendansi Masukan

Impedansi masukan atau input suatu antena adalah impedansi pada terminalnya. Impedansi input akan dipengaruhi oleh antena-antena lain atau obyek-obyek yang dekat dengannya. Untuk mempermudah dalam pembahasan diasumsikan antena terisolasi. Impedansi antena terdiri dari bagian riil dan imajiner, yang dapat dinyatakan dengan pernyataan 2.3.1.1 :

$$Z_{in} = R_{in} + j X_{in} \dots\dots\dots(2.3.1.1)$$

Resistansi input (R_{in}) menyatakan tahanan disipasi. Daya dapat terdisipasi melalui dua cara, yaitu karena panas pada struktur antena yang berkaitan dengan perangkat keras dan daya yang meninggalkan antena dan tidak kembali (teradiasi). Reaktansi input (X_{in}) menyatakan daya yang tersimpan pada medan dekat dari antena. Disipasi daya rata-rata pada antena dinyatakan pada persamaan 2.3.1.2 :

$$P_{in} = \frac{1}{2} R |I_{in}|^2 \dots\dots\dots(2.3.1.2)$$

Dimana:

I_{in} : arus pada terminal input

Faktor $\frac{1}{2}$ muncul karena arus didefinisikan sebagai harga puncak. Daya disipasi dapat diuraikan menjadi daya rugi ohmic dan daya rugi radiasi, yang dapat ditulis dengan:

$$P_{in} = P_{ohmic} + P_r \dots\dots\dots(2.3.1.3)$$

Dimana:

$$P_r : P_r = \frac{1}{2} R_{in} |I_{in}|^2 \dots\dots\dots(2.3.1.4)$$

$$P_{ohmic} : \frac{1}{2} R_{ohmic} = \frac{1}{2} R_{ohmic} |I_{in}|^2 \dots\dots\dots(2.3.1.5)$$

2.3.2 Voltage Standing Wave Rasio (VSWR)

VSWR adalah perbandingan antara tegangan maksimum dan minimum pada suatu gelombang berdiri akibat adanya pantulan gelombang yang disebabkan tidak matching-nya impedansi input antena dengan saluran feeder.

Untuk memaksimalkan perpindahan daya dari antena ke penerima, maka impedansi antena haruslah conjugate match (besarnya resistansi dan reaktansi sama tetap berlawanan tanda). Jika hal ini tidak terpenuhi maka akan terjadi pemantulan energi yang dipancarkan atau diterima,

VSWR adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (standing wave) maksimum ($|V|_{\max}$) dengan minimum ($|V|_{\min}$). Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan (V_0^+) dan tegangan yang direfleksikan (V_0^-). Perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan yang dikirimkan disebut sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ), yaitu:

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \dots\dots\dots(2.3.2.1)$$

di mana Z_L adalah impedansi beban (load) dan Z_0 adalah impedansi saluran lossless.

Koefisien refleksi tegangan (Γ) memiliki nilai kompleks, yang merepresentasikan besarnya magnitudo dan fasa dari refleksi. Untuk beberapa kasus yang sederhana, ketika bagian imajiner dari Γ adalah nol, maka:

- $\Gamma = -1$: refleksi negatif maksimum, ketika saluran terhubung singkat
- $\Gamma = 0$: tidak ada refleksi, ketika saluran dalam keadaan matched sempurna.
- $\Gamma = +1$: refleksi positif maksimum, ketika saluran dalam rangkaian terbuka.

Rumus untuk mencari nilai VSWR adalah:

$$S = \frac{|V|_{\max}}{|V|_{\min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \dots\dots\dots(2.3.2.2)$$

Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 ($S = 1$) yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan matching sempurna. Namun kondisi ini pada prakteknya sulit untuk didapatkan. Oleh karena itu, nilai standar VSWR yang diijinkan untuk fabrikasi antena adalah $VSWR \leq 2$.

2.3.3 Return Loss

Return loss adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. Return loss dapat terjadi karena adanya diskontinuitas di antara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena). Pada rangkaian gelombang mikro yang memiliki diskontinuitas (mismatched), besarnya return loss bervariasi tergantung pada frekuensi seperti yang ditunjukkan oleh:

$$return\ loss = 20\log_{10}|\Gamma| \dots\dots\dots(2.3.3.1)$$

Nilai dari return loss yang baik adalah di bawah -9,54 dB, nilai ini diperoleh untuk nilai $VSWR \leq 2$ sehingga dapat dikatakan nilai gelombang yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan atau dengan kata lain, saluran transmisi sudah matching. Nilai parameter ini menjadi salah satu acuan untuk melihat apakah antena sudah dapat bekerja pada frekuensi yang diharapkan atau tidak.

2.3.4 Bandwith

Bandwidth suatu antena didefinisikan sebagai rentang frekuensi di mana kinerja antena yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti impedansi masukan, polarisasi, beamwidth, polarisasi, gain, efisiensi, VSWR, return loss) memenuhi spesifikasi standar. Bandwith dapat dicari dengan rumus berikut ini:

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3.4.1)$$

Keterangan:

f_1 = frekuensi terendah

f_2 = frekuensi tertinggi

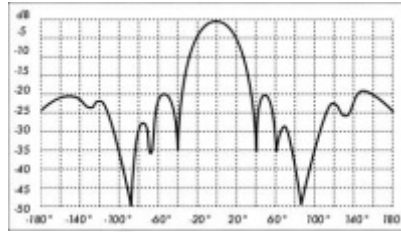
f_c = frekuensi tengah

Ada beberapa jenis bandwidth di antaranya:

- a. Impedance bandwidth, yaitu rentang frekuensi di mana patch antena berada pada keadaan matching dengan saluran pencatu. Hal ini terjadi karena impedansi dari elemen antena bervariasi nilainya tergantung dari nilai frekuensi. Nilai matching ini dapat dilihat dari return loss dan VSWR. Nilai return loss dan VSWR yang masih dianggap baik adalah kurang dari -9,54 dB.
- b. Pattern bandwidth, yaitu rentang frekuensi di mana bandwidth, sidelobe, atau gain, yang bervariasi menurut frekuensi memenuhi nilai tertentu. Nilai tersebut harus ditentukan pada awal perancangan antena agar nilai bandwidth dapat dicari.
- c. Polarization atau axial ratio bandwidth adalah rentang frekuensi di mana polarisasi (linier atau melingkar) masih terjadi. Nilai axial ratio untuk polarisasi melingkar adalah kurang dari 3 dB.

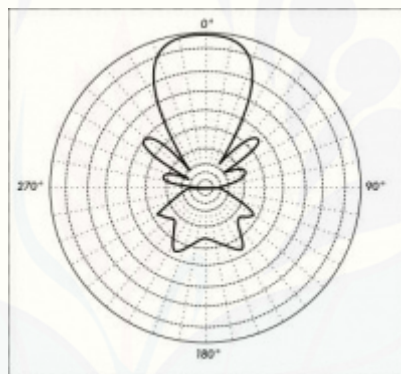
2.3.5 Pola Radiasi

Pola radiasi atau pola antena menggambarkan kekuatan relatif medan yang dipancarkan di berbagai arah dari antena, pada jarak yang konstan. Pola radiasi adalah pola penerimaan juga, karena pola radiasi tersebut juga menggambarkan karakteristik menerima antena. Pola radiasi adalah tiga- dimensi, tetapi biasanya pola radiasi yang terukur merupakan irisan dua dimensi dari pola tiga dimensi, di bidang planar horisontal atau vertikal. Pengukuran pola ini ditampilkan dalam format rectangular ataupun polar. Angka-angka berikut menunjukkan tampilan alur rectangular khusus untuk Yagi sepuluh-elemen. Detail ini baik tetapi sangatlah sulit untuk menggambarkan perilaku antena di arah yang berbeda.



Gambar 2.3.5.1 Sebuah plot rectangular pola radiasi Yagi

Sistem koordinat kutub dipakai hampir universal. Di grafik dengan koordinat polar, titik-titik ditemukan berdasarkan proyeksi sepanjang poros berputar (radius) terhadap persimpangan dengan satu di antara beberapa lingkaran konsentris. Yang berikut adalah plot polar dari antenna Yagi 10 elemen yang sama



Gambar 2.3.5.2 Sebuah plot kutub dari antenna yagi yang sama.

Sistem koordinat polar mungkin dapat dipisahkan secara umum menjadi dua kelas: linear dan logaritmis. Di sistem koordinat linear, lingkaran konsentris berjarak sama, atau berjarak gradual. Grid / kisi-kisi seperti ini mungkin dipergunakan untuk menampilkan daya yang tersimpan pada sinyal secara linier. Untuk mempermudah perbandingan, lingkaran konsentris dengan jarak yang sama dapat diganti dengan lingkaran yang ditempatkan secara pas yang melambangkan respons dalam desibel, direferensikan sampai 0 dB di pinggir luar alur. Di plot seperti ini sidelobe kecil akan ditekan. sidelobe dengan puncak lebih dari sekitar 15 dB atau di bawahnya akan tidak terlihat dari lobe utama karena kecil-nya ukuran mereka. Kisi-kisi ini meningkatkan plot dimana antenna tersebut mempunyai

directivity yang tinggi dan sidelobe minor yang kecil. Tegangan sinyal, bukan daya, juga bisa diplot diatas sistem koordinat linear. Di kasus ini, directivity akan di ditingkatkan dan sidelobe kecil akan ditekan, tetapi tidak pada tingkat yang sama jika kita menggunakan kisi-kisi daya linear.

2.3.6 Penguatan (Gain)

Gain (directive gain) adalah karakter antenna yang terkait dengan kemampuan antenna mengarahkan radiasi sinyalnya, atau penerimaan sinyal dari arah tertentu. Gain bukanlah kuantitas yang dapat diukur dalam satuan fisis pada umumnya seperti watt, ohm, atau lainnya, melainkan suatu bentuk perbandingan. Oleh karena itu, satuan yang digunakan untuk gain adalah desibel.

Gain antenna adalah tetap, dua pengertian yang berbeda antara gain antenna, transmit power dan EIRP atau daya terpancar, dengan menurunkan transmit power tidak akan mengubah gain antenna dan pola radiasinya, hanya menurunkan EIRP atau daya terpancar ke udara,

Antena dengan gain rendah mempunyai pola radiasi yang berbeda dengan antenna sejenis yang punya gain besar. Pola radiasi antenna dengan gain rendah bersifat melebar sehingga energi yang dipancarkan terdistribusi luas secara sektoral (sudut). Sedangkan antenna dengan gain besar memiliki pola pancar yang sempit, energi yang dipancarkan tidak melebar, tetapi pada arah pancaran utamanya, energi ini bisa menjangkau tempat yang lebih jauh.

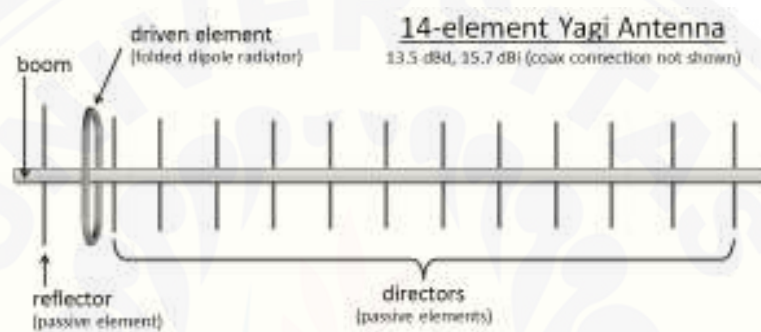
Besar gain dari suatu antenna menentukan kemampuan antenna tersebut untuk memfokuskan energi yang dipancarkannya kesuatu arah. Contoh: antenna dengan gain 20 dB lebih fokus dibandingkan antenna dengan gain 10 dB.

2.4 Reflektor Antena

Kebanyakan antenna microwave menggunakan reflektor parabola; namun, pada frekuensi band yang lebih rendah seperti antenna yagi, reflektor sudut, atau reflektor datar juga dapat digunakan

2.4.1 Antena non-parabolik

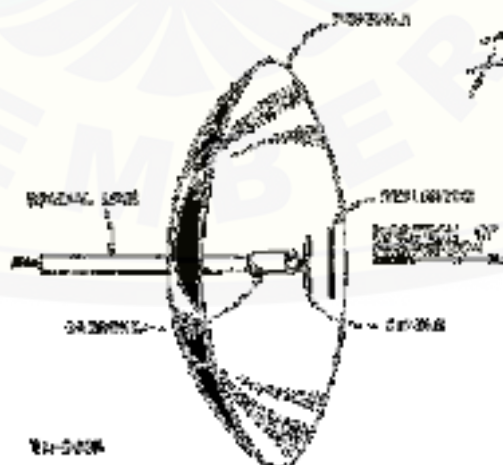
Antena Yagi (kadang-kadang disebut dengan nama lengkapnya Yagi-Uda sebagai nama kedua penemu) didasarkan pada array dipole. Hanya satu dipole yang melekat pada sumber, yang disebut *driven element*; yang lain adalah elemen pasif dan terdiri dari elemen reflektor yang ditempatkan di belakang dipole dan berupa bagian yang lebih panjang dari sisa antenna. *Director* pasif ditempatkan sejajar satu sama lain pada interval yang sangat spesifik untuk meradiasikan ulang energi meningkatkan kinerjanya.



Gambar 2.4.1.1 Antena Yagi (Non-Parabolik)
(Sumber : <http://bcbj.org>)

2.4.2 Antena Parabolik

Kebanyakan antena microwave didasarkan pada reflektor parabola. Antena parabola bekerja pada prinsip bahwa *feed* ditempatkan di titik fokus, sehingga sinyal terpantul dari elemen reflektor ke titik fokus antenna.



Gambar 2.4.2.1 Antena Parabolik
(Sumber : www.smec.org)

2.4.2.1 Antena Grid Parabolic

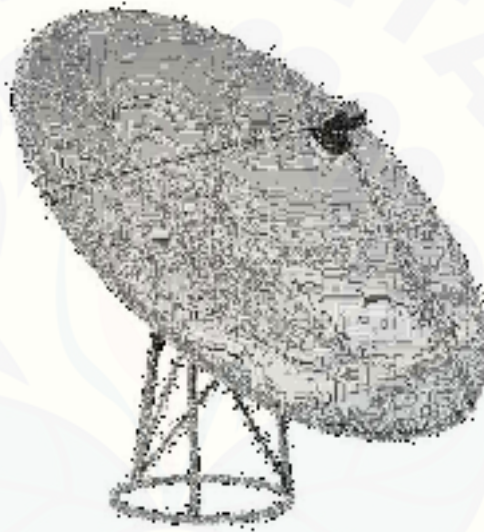
Antena grid dapat digunakan pada frekuensi gelombang mikro sekitar 2,5 GHz atau lebih rendah. Keuntungan dari antena jaringan adalah bahwa mereka secara signifikan memiliki lebih sedikit terpaan angin ketika diletakkan di menara. Dari sudut pandang listrik, ia memiliki parameter antena yang sama dengan antenna yang menggunakan reflektor padat, tepatnya hornfeed yang sama dapat digunakan. Panjang gelombang yang sedemikian rupa membuat celah yang ada di antara grid tidak mempengaruhi kinerja dari antena. Secara elektrik tidak ada perbedaan antara reflektor yang padat (*solid*) dan reflektor grid. Dalam prakteknya, reflektor grid memiliki rasio *Front-to-back* yang sedikit lebih buruk karena adanya difraksi di sekitar elemen *grid*. Satu batasan dari *grid* adalah bahwa mereka tidak dapat bekerja lebih dari satu polarisasi. Bagian reflektor secara alami mempolarisasi sinyal ke sesuai dengan arah dari *grid* nya. Antena *grid* cenderung lebih murah daripada antena *solid*. Selain sederhana, antenna grid juga lebih murah karena jumlah material yang digunakan lebih sedikit dibandingkan dengan reflektor *solid*. Keuntungan lainnya juga berada pada biaya transportasi yang lebih murah secara signifikan, hal ini disebabkan karena reflektor *grid* dapat dipindahkan dengan bagian bagian yang terpisah dan mudah dibongkar-pasang.



Gambar 2.4.2.1.1 Antena Grid Parabolic

2.4.2.2 Antena Solid Parabolic

Antena parabola *solid* biasanya terbuat dari aluminium. Mereka diproduksi dengan menekan selembar aluminium di sekitar pusat parabola yang berputar. Reflektor ini sendiri tidak bergantung pada frekuensi, tetapi semakin tinggi frekuensinya, semakin besar kesempurnaan permukaan yang diperlukan. Dalam prakteknya, reflektor ditentukan oleh setiap pita frekuensi. Antena ini memiliki parameter standar gain, rasio *front-to-back*, beamwidth, dan RL. Jika seseorang menginginkan parameter tertentu, perubahan tertentu pada reflektor perlu dilakukan.

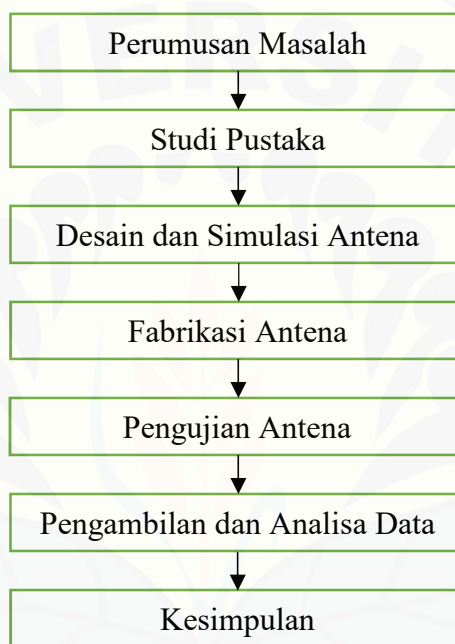


Gambar 2.4.2.2.1 Antena Solid Parabolic

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tahap Penelitian

Penyusunan laporan ini memiliki beberapa tahap untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan, adapun tahap pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan pada gambar berikut:



Gambar 3.1.1 Kerangka Penelitian

Penelitian dimulai dengan perumusan masalah, kemudian dilakukan studi pustaka pada penelitian penelitian beserta teori yang sudah ada. Setelah itu, dilakukan proses desain antena, pada penelitian ini, desain di fokuskan pada reflektor antena berupa reflektor grid. Setelah desain diselesaikan, maka akan dilakukan fabrikasi antena beserta reflektor nya sesuai dengan desain yang telah dibuat. Kemudian, antena akan diuji parameter parameternya seperti tingkat Gain, Pola Radiasi, sampai dengan nilai VSWR nya. Setelah didapat semua data dari proses percobaan, maka peneliti dapat mengambil kesimpulan mengenai desain antena yang memiliki kinerja lebih baik.

3.2 Gambaran Umum Penelitian

Konsep dasar dari penelitian ini yaitu mengukur pengaruh jarak antar grid pada reflektor antenna terhadap nilai dari parameter kinerja antenna. Dengan membuat 2 buah desain reflektor antenna, kedua desain ini akan diuji kemudian hasil pengujian akan dibandingkan untuk menentukan antenna mana yang memiliki kinerja lebih baik.

3.3 Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 3 bulan yaitu pada bulan Maret 2018 – Juni 2018 Dengan jadwal pelaksanaan sebagai berikut:

Tabel 3.3.1 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Bulan / Minggu											
		Bulan ke-1				Bulan ke-2				Bulan Ke-3			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur	■	■	■	■								
2	Perancangan Desain antenna serta fabrikasi antenna					■	■	■					
3	Pengambilan Data dan analisa							■	■	■			
4	Penyusunan Laporan										■	■	■

3.4 Variabel Data

Berdasarkan judul yang penulis tuangkan dalam penelitian ini yaitu “Analisa Kinerja Reflektor Grid Parabolic Silinder Pada Antena Helix Untuk Frekuensi 433 Mhz”. Pada Frekuensi Kerja 433 MHz, maka dapat ditentukan dua variabel yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Variabel Bebas (Independent variabel)
2. Variabel Terikat (Dependent Variable)

Adapun pada penelitian ini terdapat beberapa variabel bebas dan variabel terikat yang akan dituangkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.4.1 Variabel Data Penelitian

No	Vriabel bebas	Variabel terikat
1	Dimensi Reflektor Grid Parabolic Silinder	Parameter antenna (VSWR, return loss, Gain, pola radiasi, bandwidth)
2	Jarak antar ruas pada Reflektor Grid	

3.5 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari perangkat lunak dan perangkat keras. Adapun perangkat lunak digunakan untuk menjalankan simulasi perancangan desain dan analisis antenna helix dengan reflektor parabolic silinder. Sedangkan perangkat yang keras digunakan untuk proses fabrikasi antenna dan pengukuran.

3.5.1 Perangkat Lunak (*Software*)

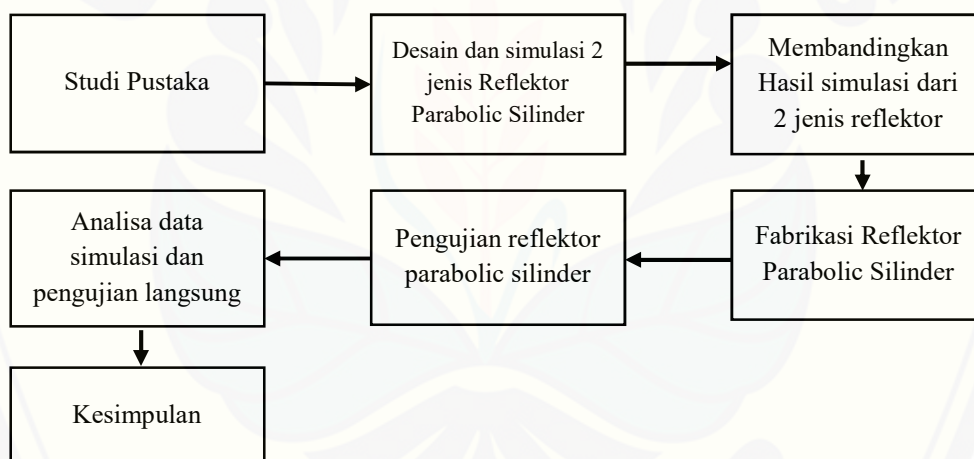
1. Perangkat lunak HFSS v13, untuk simulasi desain dan analisis karakteristik antenna seperti frekuensi kerja, *return loss*, *gain*, *VSWR*, *bandwidth*, dan pola radiasi
2. Perangkat lunak Microsoft Exel 2010, untuk menghitung error persen dari perbandingan antenna helix yang menggunakan reflektor dengan jarak grid yang sama dan jarak grid yang berbeda.

3.5.2 Perangkat Keras (*Hardware*)

1. *Spectrum Analyzer* (3 KHz - 3 GHz), yang digunakan untuk mengukur karakteristik parameter antena, diantaranya *VSWR*, *return loss*, *bandwidth*.
2. Reflektor *Grid Parabolic Silinder aluminium*.
3. Kabel *coaxial 50Ω* untuk *input impedance* (pencatu)
4. *Connector* dengan impedansi karakteristik 50Ω

3.6 Tahap Penelitian

Penyusunan laporan ini memiliki beberapa tahap untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan, adapun beberapa tahap dalam perancangan antena helix dengan reflektor parabolic silinder. Pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

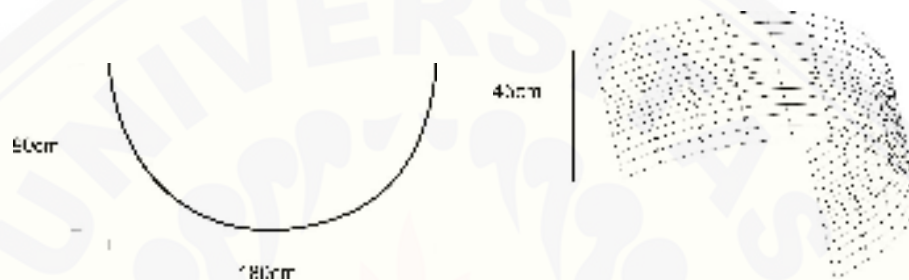


3.7 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan mempelajari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya seperti pada jurnal jurnal yang menjadi dasar dalam penelitian ini. Selain jurnal penelitian, percobaan ini juga didasari dari teori antena yang sudah ada, salah satunya dari buku "ANTENNA THEORY" oleh Constantine A Balanis.

3.8 Desain Reflektor

Pada percobaan ini, peneliti akan membuat desain reflektor menggunakan menggunakan software Ansoft HFSS V13 dimana pada tahap ini, peneliti akan membuat 2 desain reflektor sejenis yang sama yakni reflektor parabolic silinder. Kedua reflektor ini dibedakan berdasarkan jarak antar ruas Grid-nya. Reflektor pertama menggunakan jarak antar ruas yang sama dan reflektor kedua memiliki jarak yang berbeda yaitu jarak ruas yang semakin rapat di bagian pusat dari reflektor tersebut.



Gambar 3.8.1 Bentuk dan Dimensi Reflektor Grid Parabolik Silinder

3.9 Pengujian Antena dan Pengambilan data

Penelitian dilaksanakan di laboratorium radio frekuensi (uji antena) POLINEMA (Politeknik Negeri Malang). Adapun penelitian uji antena helix menggunakan reflektor *grid parabolic silinder* dilakukan dengan menggunakan antenna Helix 433 Mhz dan 2 buah reflektor dengan jarak grid yang berbeda.

3.10 Parameter Antenna Helix yang Digunakan

Antena helix ini dirancang untuk dapat bekerja pada modul EMS RF *Transceiver Shield* yaitu frekuensi 433 MHz. Pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan karakteristik hasil yang diinginkan yaitu:

1. Frekuensi Kerja : 433 Mhz
2. VSWR : ≤ 2
3. *Return Loss* : ≤ -10 dB
4. *Gain* : ≥ 2 dBm

3.11 Perancangan Dimensi Antenna helix

Dimensi antenna helix dapat dicari berdasarkan frekuensi kerjanya. Adapun desain dimensi dari antenna helix dapat dilihat dari beberapa persamaan berikut ini, perhitungan ini dikutip dari jurnal (Marina, dkk : 2015)

Panjang gelombang (λ) dapat dicari dengan melihat persamaan:

$$\lambda = \frac{c}{F} \dots \dots \dots (3.11.1)$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{4,33 \cdot 10^8} = 0,69 \text{ m} = 690 \text{ mm}$$

Diameter antenna helix (D) dihitung dengan persamaan :

$$D = \frac{\lambda}{\pi} \dots \dots \dots (3.11.2)$$

$$D = \frac{69}{3,14} = 21,97 \text{ cm} = 220 \text{ mm}$$

Keliling antenna helix (C) dihitung dengan persamaan:

$$C = \pi \cdot D \dots \dots \dots (3.11.3)$$

$$C = 3,14 \cdot 220 = 690,8 \text{ mm}$$

Jarak antar lilitan (S) dapat dihitung dengan persamaan :

$$S = C \cdot \tan \theta \dots \dots \dots (3.11.4)$$

$$S = 690,8 \cdot \tan 10^0$$

$$S = 121,8 \text{ mm}$$

Panjang total antenna (panjang vertikal antenna) dapat dihitung dengan persamaan :

$$A = N \cdot S \dots \dots \dots (3.11.5)$$

$$A = 10 \cdot 121,8$$

$$A = 1218 \text{ mm}$$

Diameter *ground plane* dapat dihitung dengan persamaan :

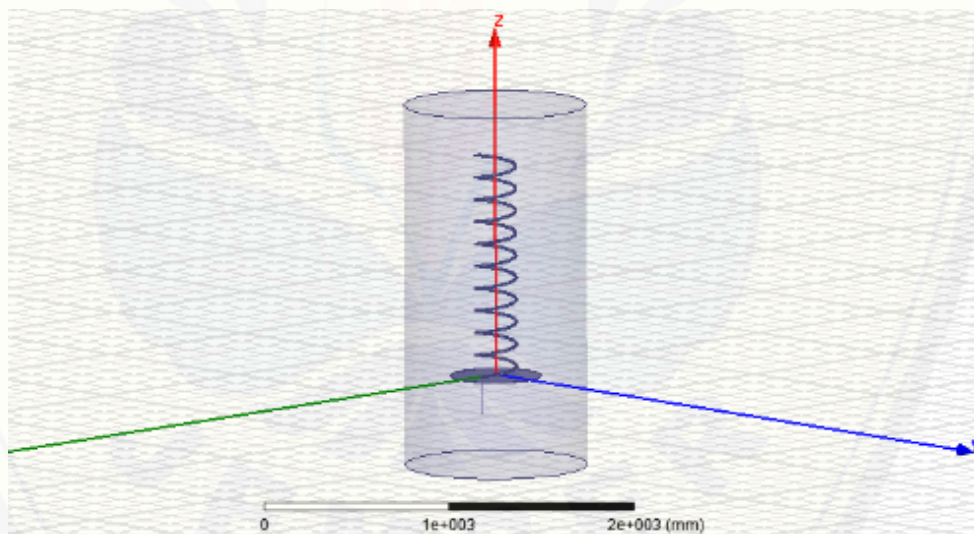
$$D_{gp} = \frac{3}{4} \lambda \dots \dots \dots (3.11.6)$$

$$D_{gp} = \frac{3}{4} 690 = 517,5 \text{ mm}$$

Tabel 3.10.1 Dimensi antenna helix dengan Perhitungan Matematis

No	Nama (parameter)	Variabel	Dimensi (ukuran)
1	Panjang gelombang	λ	690 mm
2	Diameter antenna helix	D	220 mm
4	Keliling antenna helix	C	690,8 mm
5	Jarak antar lilitan	S	121,8 mm
6	Panjang total antenna	A	1218 mm
7	Diameter <i>ground plane</i>	D_{gp}	517,5 mm

Pada perancangan dengan perhitungan matematis ini kemudian direalisasikan dengan pembuatan desain menggunakan tool *software* Ansoft HFSS v13. Dapat dilihat pada Gambar 3.10.1

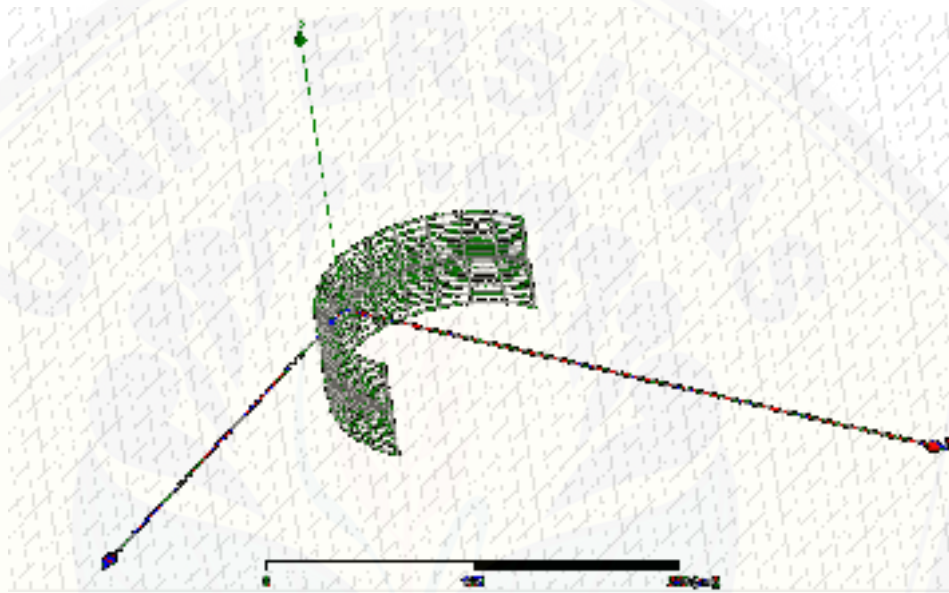
Gambar 3.10.1 *Design* Antena Helix

3.12 Parameter Reflektor Grid Parabolic Silinder yang digunakan

Reflektor grid yang digunakan dalam percobaan ini dirancang untuk meningkatkan gain dan memperbaiki pola radiasi dari antenna Helix 433Mhz. Reflektor ini akan di fabrikasi menggunakan bahan aluminium. Berikut merupakan karakteristik bahan yang akan digunakan

Tabel 3.11.1 Karakteristik Aluminium

Jenis Subtrat	Aluminium (Al)
Konstanta <i>Dielektrik Relatif</i> (ϵ_r)	1
<i>Dielectric Loss Tangent</i> ($\tan \delta$)	0
Ketebalan Subtrat (h)	1,5 mm
Massa jenis zat	2712 kg/m ³



Gambar 3.11.1 Bentuk Reflektor Grid

Perancangan reflektor dimulai dengan membuat bangun silinder menggunakan fungsi *Draw Shape*. Bentuk silinder ini kemudian dipotong menjadi 2 dengan menggunakan fungsi *subtract*. Setelah terbentuk 2 buah bagian menyerupai kawat setengah lingkaran, bangun ini digandakan dan ditata sedemikian rupa sehingga terbentuk sebuah reflektor parabolic silinder. Reflektor ini dirancang sebanyak dua kali dengan dimensi yang sama dan bahan yang sama yaitu aluminium namun keduanya memiliki jarak antar ruas yang berbeda. Dimensi dan parameter reflektor ini dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 3.11.2 Dimensi dan Parameter Reflektor Grid 1

Diameter Reflektor	180 cm
Lebar Reflektor	45 cm
Kedalaman Reflektor	90 cm
Jumlah Ruas	16

Tabel 3.11.3 Dimensi dan Parameter Reflektor Grid 2

Diameter Reflektor	180 cm
Lebar Reflektor	45 cm
Kedalaman Reflektor	90 cm
Jumlah Ruas	12

3.13 Analisa Parameter Antena Helic dengan Reflektor Grid Parabolic Silinder

Setelah melakukan proses pengukuran baik dalam simulasi menggunakan *software* Ansoft HFSSv13 maupun secara laboratorium maka langkah selanjutnya melakukan analisis parameter antena. Dalam hal ini analisa yang dilakukan dengan menampilkan data baik secara tabel, grafik 2D maupun 3D. Kemudian setelah memperoleh nilai parameter pada frkuensi yang telah ditentukan dilakukan proses perhitungan error persen pada parameter antena helix. Spesifikasi pengambilan data parameter antena secara simulasi maupun pengukuran secara laboratorium dapat ditunjukkan pada tabel 3.13.1

Tabel 3.13.1 Analisis parameter antenna Grid Parabolic Silinder Helix

Frekuensi	Parameter	Hasil	
		Nilai	Grafik
	VSWR		
	Return Loss		
	Bandwidth		
	Gain		
Frekuensi	Parameter	Hasil 3D	
	Gain		
	Parameter	Hasil	
	Pola radiasi	2D	3D

Adapun proses perhitungan error persen parameter antenna dapat diketahui dengan persamaan berikut ini :

$$\text{Error} = \left| \frac{\text{Data hasil pengukuran} - \text{Data hasil simulasi}}{\text{Data hasil simulasi}} \right| \times 100\% \dots (3.13.1)$$

Gambar diatas adalah hasil gabrikasi antenna helix 433Mhz dengan panjang total antenna 1.1 Meter, menggunakan bahan tembaga, dengan jumlah lilitan sebanyak 10 lilitan. Sedangkan hasil fabrikasi *reflector grid 3.5 cm* dapat dilihat pada gambar 4.14



Gambar 4.14 Hasil Fabrikasi Reflektor Parabolic Silinder 3.5cm

Fabrikasi reflektor grid 3.5cm dilakukan menggunakan bahan alumunium, dengan ketebalan 1.5mm. Tiap tiap grid memiliki jarak sebesar 3.5cm, dengan total lebar reflektor yaitu 84cm. Dengan dimensi tersebut, maka jumlah kawat yang digunakan pada reflektor yaitu sebanyak 25 buah, dengan panjang tiap kawat disesuaikan dengan proses simulasi yaitu sepanjang 192cm. Reflektor ini kemudian dihubungkan dengan antenna, dengan jarak focal sebesar 1.5 Meter.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai Analisa Kinerja Reflektor Grid Parabolic Silinder Pada Antena Helix Untuk Frekuensi 433 Mhz yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain Reflektor Grid yang sesuai dengan antenna helix 433Mhz yaitu Reflektor dengan jarak antar Grid sebesar 3.5cm.
2. Pola radiasi yang didapatkan ketika antenna *helix* dihubungkan dengan reflektor Grid parabolic silinder yaitu menjadi kurang terarah (*directive*) dimana radiasi yang muncul, tidak terlalu focus pada 1 titik
3. Jarak antar ruas pada reflector meningkatkan nilai dari *return loss*, dimana pada jarak 7cm, nilai *return loss* yang didapat sebesar -11,94 dB, menjadi -7,2 dB pada jarak 5cm, dan menjadi 12,9 dB pada jarak 3,5cm.

5.2 Saran

Dari hasil pengujian komunikasi *Bluetooth low energy* yang telah dilakukan, peneliti mempunyai beberapa saran agar penelitian ini dapat dikembangkan.

1. Untuk penelitian selanjutnya, perlu diteliti titik fokus antara antenna dengan reflektor.
2. Perlu dikembangkan metode untuk mengurangi ukuran dari antenna.
3. Perlu diteliti lebih jauh metode untuk meningkatkan direktivitas dari kombinasi antara antenna helix dengan reflektor *grid parabolic*.

DAFTAR PUSTAKA

- Amir D, 2011. “Analisa Efisiensi Antena Dipole Ditinjau dari Penggunaan Bahan Reflektor.”
- Amir M. 2016. “*Design of a Novel Compact Cup Feed for Parabolic Reflector Antennas.*”
- Constantine Balanis, A., 1982. *Antenna theory analysis and design.*
- How Life Is: Parameter Antena. 2013
<https://ephirahmawati.wordpress.com/2013/02/19/parameter-antena/>
- John D. 1940. “*The Square-Corner Reflector Beam Antenna for Ultra High Frequencies.*”
- Kirti C. 2015. “*Design and Analysis of Parabolic Reflector Using MATLAB.*”
- Manning, T., 2009. *Microwave radio transmission design guide.* Artech House.
- Rendra W. 2017. “Analisa Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Yagi pada Frekuensi Kerja 1,9-2,1 GHz menggunakan aplikasi Ansoft HFSS Versi 13,0”
- Vivin. 2013. “Desain Antena Helix Quadrifilar pada Frekuensi 2,4 GHz untuk Perangkat *Ground Station* Satelit Nano.”
- Wikipedia Bahasa Indonesia, ensiklopedia Bebas: Antena (Radio).
[https://id.wikipedia.org/wiki/Antena_\(radio\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Antena_(radio))
- Wolfgang M. 2002. “*Millimeter-Wave Folded Reflector Antennas with High Gain, Low Loss and Low Profile*”
- Yahya R. 2016. “*Reflector antenna Developments: A Perspective on the Past, Present, and Future*”