

LAPORAN PENELITIAN

1100109



**PERANCANGAN ANTENA HEUKS MENGGUNAKAN
METODE MOMEN (MoM) BERBASIS RWG (Rao-Wilton-**

Glisson}

Oleh:

Ir. ERFAN ACHMAD DAHLAN NIP. 131 124 663
ARIFESTYA YOGA PRATAMA NIM. 021 063 0022
SHOFWAN JUNIARDI NIM. 021 063 0110

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG

2007



HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR

1. Judul Penelitian : PERANCANGAN ANTENA HELIKS MENGGUNAKAN METODE MOMEN (MoM) BERBASIS RWG (Rao-Wilton-Glisson)
2. Ketua Peneliti
a. Nama Lengkap : Ir. Erfan Achmad Dahlan
b. Jenis Kelamin : Laki-Laki
c. NIP : 131 124 663
d. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
e. Jabaan Struktural : Kepala Laboratorium Transmisi dan Gelombang Mikro
f. Bidang Keahlian : Telekomunikasi
g. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro
h. Perguruan Tinggi : Universitas Brawijaya Malang
i. Tim Peneliti

No	Nama	Bidang Keahlian	Fakultas/Jurusan	Perguruan Tinggi
1.	Ariestya Yoga P.	Telekomunikasi	Teknik/Teknik Elektro	Universitas Brawijaya
2.	Shofwan Juniardi	Telekomunikasi	Teknik/Teknik Elektro	Universitas Brawijaya

3. Pendanaan dan jangka waktu penelitian

- a. Jangka waktu penelitian yang diusulkan : 1 tahun
b. Biaya total yang diusulkan : Rp. 10.000.000,-
c. Biaya yang disetujui tahun 2007 : Rp. 10.000.000,-

Menyetujui,
Ketua BPP
Fakultas Teknik Unibraw

Dr. Ir. Arief Rachmansyah
NIP. 132 059 302

Malang, 01 November 2007
Ketua Peneliti,

Ir. Erfan Achmad Dahlan
NIP. 131 124 663



RINGKASAN

Antena merupakan salah satu perangkat bagian alat komunikasi yang sangat penting. Kualitas sebuah antena sangat mempengaruhi kualitas informasi yang diterima. Antena berfungsi sebagai sarana untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik. Dengan kata lain antena sebagai media peralihan antara ruang bebas (*free space*) dengan saluran transmisi, yakni dari gelombang elektromagnetik menjadi energi listrik atau sebaliknya.

Antena heliks, yang bisa dikatakan sebagai antena loop khususnya loop lingkaran (*circular loop*) saat ini sudah mulai banyak dikembangkan. Antena heliks dapat digunakan pada rentang frekuensi kerja HF (3 - 30 MHz), VHF (30 - 300 MHz) dan UHF (300MHz - 3GHz). Antena loop seperti heliks jarang digunakan dalam transmisi radio (*broadcasting*), tetapi biasanya digunakan pada mode terima (*receive*) saja. Dalam penelitian ini akan dikaji pendesainan antena heliks sesuai dengan parameter-parameter pendesainannya yang meliputi diameter lilitan, jarak antar lilitan, dan *pitch angle*. Serta pengaruh lokasi penempatan *feed point* pada dimensi antena heliks tersebut.

Metode analisis awal pendesainan yang digunakan adalah Metode Momen. Metode momen yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode momen yang berdasarkan pada elemen tepi RWG (*Rao-Wilton-Glisson*). Untuk menerapkan elemen tepi RWG, permukaan antena yang dipelajari dibagi menjadi segitiga-segitiga yang terpisah. Setiap pasangan segitiga yang mempunyai tepian yang sama, merupakan elemen tepi RWG yang bersesuaian. Antena heliks yang akan dirancang, sebelumnya disimulasikan terlebih dahulu dengan menerapkan algoritma RWG tersebut.

Langkah berikutnya adalah fabrikasi antena heliks sesuai dengan yang sudah direncanakan. Pengukuran di Laboratorium diselesaikan setelah didapatkan bentuk fisik antena. Parameter yang sangat penting adalah pengukuran VSWR, karena dengan pengukuran VSWR, dapat diketahui seberapa bagus antena yang telah dirancang pada rentang frekuensi tertentu.



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan berkah, rahmat, serta hidayah-Nya kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan laporan penelitian PERANCANGAN ANTENA HELIKS MENGGUNAKAN METODE MOMEN (MoM) BERBASIS RWG (*Rao-Wilton-Glisson*) ini sesuai dengan waktu yang telah diberikan.

Dengan segala keterbatasan yang ada pada saat pelaksanaan penyusunan makalah ini kami senantiasa banyak mendapat bimbingan dan saran dari berbagai pihak.

Kami mengharapkan semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Ibarat peribahasa "Tiada gading yang tak retak", kami menyadari bahwa hasil penulisan laporan penelitian PERANCANGAN ANTENA HELIKS MENGGUNAKAN METODE MOMEN (MoM) BERBASIS RWG (*Rao-Wilton-Glisson*) yang kami susun ini masih terdapat kekurangan. Untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca sekalian.

Malang, November 2007

Penyusun



DAFTAR ISI

Halaman Pengesahan	i
Ringkasan	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
Daftar Gambar	vii
Daftar Tabel	x
Daftar Lampiran	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN	2
1.4 KONTRIBUSI PENELITIAN	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN METODE PENELITIAN	4
2.1 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1.1 Parameter Dasar Antena	4
2.1.1.1 Pola Radiasi	4
2.1.1.2 Dagrah Medan Radiasi	6
2.1.1.3 Keterarahah (<i>Directivity</i>)	7
2.1.1.4 Penguatan (<i>Gain</i>)	8
2.1.1.5 Return Loss (<i>RL</i>)	9
2.1.1.6 VSWR	9
2.1.1.7 impedansi Masukan (<i>Inout</i>)	10
2.1.1.8 Bandwidth	10
2.1.1.9 Poarisasi	11
2.1.2 Antena Heliks	12
2.1.2.1 Tinjauan Umum Antena Heliks	12
2.1.2.2 Antena Heliks Mode Normal	15
2.1.2.3 Antena Heliks Mode Aksial	17
2.1.2.4 Perancangan Titik Catu (<i>Feed Point</i>)	18
2.1.3 Metode Momen	19
2.1.3.1 Elemen Tepi RWG	20
2.1.3.2 Matriks Impedansi	23
2.1.3.3 Persamaan Momen dan Arus Permukaan	24

2.2 METODE PENELITIAN.....	25
2.2.1 Studi Literatur	26
2.2.2 Perancangan Antena Heliks	26
2.2.3 Pembuatan Antena Heliks	26
2.2.4 Pengumpulan Data	26
2.2.5 Pengujian dan Pengukuran Antena Heliks	27
2.2.5.1 Pengukuran Koefisien Pantul dan VSWR Antena	27
2.2.5.2 Pengukuran Bandwidth Antena	27
2.2.6 Analisa Antena	27
2.2.7 Pengambilan Kesimpulan	27
EAB III HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
3.1 Perancangan Antena Heliks	28
3.2 Perancangan Dengan Menggunakan Simulator	28
3.2.1 Pengaruh Jumlah Lilitan Terhadap Karakteristik Heliks	29
3.2.2 Pengaruh Diameter Konduktor Terhadap Karakteristik Heliks.....	35
3.2.3 Pengaruh Sudut Antar Lilitan/Pitch Angle Terhadap Karakteristik Heliks	40
3.2.4 Pengaruh Keliling Loop Terhadap Karakteristik Heliks	46
3.2.5 Pengaruh Pencatuan Terhadap Karakteristik Heliks	51
3.3 Pembuatan Antena Heliks	57
3.3.1 Alat dan Bahan	57
3.3.2 Realisasi Bentuk Antena Heliks	57
3.3.3 Perancangan Feed Point	57
3.4 Pengujian, Pengukuran dan Analisa Hasil Pengukuran Antena Heliks	59
3.4.1 Pengukuran VSWR dan Return Loss	60
3.4.1.1 Alat-alat yang digunakan	60
3.4.1.2 Prosedur Pengukuran.....	60
3.4.1.3 Hasil Pengukuran	61
3.4.1.3.1 Antena Heliks dengan Reflektor (<i>end feed</i>)	61
3.4.1.3.2 Antena Heliks dengan titik catu tengah (<i>center feed</i>).....	64
3.4.1.4 Analisa Hasil Pengukuran.....	65
3.4.2 Perhitungan Koefisien Pantul	66
3.4.2.1 Antena Heliks dengan Reflektor (<i>end feed</i>)	66
3.4.2.2 Antena Heliks dengan titik catu tengah (<i>center feed</i>).....	67
3.4.2.3 Analisa Hasil Perhitungan.....	67

3.4.3 Perhitungan <i>Bandwidth</i>	67
3.4.3.1 Antena Heliks dengan Reflektor (<i>end feed</i>)	67
3.4.3.2 Antena Heliks dengan titik catu tengah (<i>center feed</i>)	68
3.4.3.3 Analisa Hasil Perhitungan.....	68
BAB IV PENUTUP.....	69
6.1 Kesimpulan	69
6.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	72



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pola radiasi antena <i>directional</i>	4
Gambar 2.2 Pembagian Daerah Medan Radiasi Antena	6
Gambar 2.3 Pengukuran <i>bandwidth</i> berdasarkan <i>plot return loss</i>	11
Gambar 2.4 Polarisisi linear (vertikal).....	12
Gambar 2.5 Bentuk umum polarisasi	12
Gambar 2.6 Antena Heliks	13
Gambar 2.7 Konfigurasi Geometris Antena Heliks	14
Gambar 2.8 Mode Operasi Antena Heliks	15
Gambar 2.9 Antena Heliks Mode Normal dan Rangkaian Ekivalennya	15
Gambar 2.10 Antena Heliks Mode Axial.....	17
Gambar 2.11 Skematik elemen tepi RWG dan interpretasi <i>dipole</i>	22
Gambar 2.12 Tiga Elemen Tepi RWG m, m+1, dan m+2 (masing-masing 2 segitiga) dengan T segitiga seragam	22
Gambar 2.13 Geometri medan datang untuk sebuah plat.....	25
Gambar 3.1 Karakteristik Antena Heliks dengan N = 7.....	31
Gambar 3.2 Karakteristik Antena Heliks dengan N = 11.....	32
Gambar 3.3 Karakteristik Antena Heliks dengan N = 15.....	34
Gambar 3.4 Karakteristik Antena Heliks dengan h = 0.008.....	37
Gambar 3.5 Karakteristik Antena Heliks dengan h = 0.01.....	38
Gambar 3.6 Karakteristik Antena Heliks dengan h = 0.012.....	40
Gambar 3.7 Karakteristik Antena Heliks dengan S = 0.12.....	42
Gambar 3.8 Karakteristik Antena Heliks dengan S = 0.13.....	44
Gambar 3.9 Karakteristik Antena Heliks dengan S = 0.14.....	45
Gambar 3.10 Karakteristik Antena Heliks dengan α = 0.085	47
Gambar 3.11 Karakteristik Antena Heliks dengan α = 0.09	49
Gambar 3.12 Karakteristik Antena Heliks dengan α = 0.095.....	50
Gambar 3.13 Karakteristik Antena Heliks dengan <i>feed point</i> berbeda.....	53
Gambar 3.14 Karakteristik Antena Heliks dengan <i>feed point</i> berbeda.....	56
Gambar 3.15 Konektor SMA N <i>Female</i> dengan 4 lubang.....	58
Gambar 3.16 Antena Heliks dengan reflektor (<i>end feed</i>).....	58
Gambar 3.17 Konektor SMA N <i>Female</i>	59
Gambar 3.18 Antena Heliks dengan titik catu tengah (<i>center feed</i>).....	59
Gambar 3.19 Rangkaian Pengukuran VSWR dan <i>Return Loss</i>	60
Gambar 3.20 Grafik Pengukuran VSWR Antena Heliks <i>end feed</i>	61

Gambar 3.21 Grafik Pengukuran VSWR Antena Heliks frekuensi 199-204 MHz.....	62
Gambar 3.22 Grafik Pengukuran VSWR Antena Heliks frekuensi 280-300 MHz.....	62
Gambar 3.23 Grafik Pengukuran VSWR Antena Heliks frekuensi 325-335 MHz.....	63
Gambar 3.24 Grafik Pengukuran VSWR Antena Heliks frekuensi 353-375 MHz.....	64
Gambar 3.25 Grafik Pengukuran VSWR Antena Heliks <i>center feed</i>	65



DAFTAR TABEL

Tabel 3-1 Karakteristik Antena Heliks dengan Jumlah Lilitan Berbeda.....	29
Tabel 3-2 Karakteristik Antena Heliks dengan Diameter Konduktor Berbeda.....	35
Tabel 3-3 Karakteristik Antena Heliks dengan <i>Pitch Angle</i> Berbeda	41
Tabel 3-4 Karakteristik Antena Heliks dengan Keliling Loop Berbeda	46



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 BIODATA PELAKSANA PENELITIAN	63
LAMPIRAN 2 SKRIP PROGRAM MATLAB.....	66
LAMPIRAN 3 SPESIFIKASI KONEKTOR SMA N FEMALE.....	42



1.1 LATAR BELAKANG

Kemajuan teknologi komunikasi menunjukkan perkembangan yang sangat pesat, hal ini terbukti dengan terciptanya peralatan komunikasi yang dapat mengirim informasi yang diinginkan (suara, data/gambar atau video). Dan informasi tersebut dapat disajikan dalam waktu yang singkat meskipun dalam jarak yang sangat jauh.

Salah satu perangkat bagian alat komunikasi yang sangat penting adalah antena. Kualitas sebuah antena sangat mempengaruhi kualitas informasi yang diterima. Antena berfungsi sebagai sarana untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik. Dengan kata lain antena sebagai media peralihan antara ruang bebas (free space) dengan saluran transmisi, yakni dari gelombang elektromagnetik menjadi energi listrik atau sebaliknya.

Terdapat berbagai macam jenis antena, tetapi secara global antena dapat dibedakan menjadi dua menurut elemennya, yaitu antena kawat (wire antennas) dan antena lempengan (patch antennas). Contoh antena kawat diantaranya adalah antena Yagi-Uda, Loop, Heliks, Quad dan antena Log-Periodik, sedangkan antena lempeng contohnya adalah antena mikrostrip yang merupakan antena yang tersusun atas bagian lapisan tipis konduktor berbahan metal atau logam di atas sebuah substrat yang dapat merambatkan gelombang elektromagnetik sedang pada salah satu sisi lain dilapisi konduktor sebagai bidang pendarahan, contoh lainnya adalah antena Slot, Bowtie dan antena Sierpinski Fraktal.

Antena heliks, yang bisa dikatakan sebagai antena loop khususnya bop lingkaran (*circular loop*) saat ini sudah mulai banyak dikembangkan. Antena heliks dapat digunakan pada rentang frekuensi kerja HF (3 - 30 MHz), VHF (30 - 300 MHz) dan UHF (300MHz - 3GHz). Antena loop seperti heliks jarang digunakan dalam transmisi radio (*broadcasting*), tetapi biasanya digunakan pada mode terima (*receive*) saja. Penggunaan secara luasnya adalah sebagai probe untuk perhitungan medan, termasuk perhitungan MRI (*Magnetic Resonant Imaging*) coil, karena antena heliks berlaku sebagai *current radiator*.

Dalam perancangannya, karena antena heliks sangat dipengaruhi oleh dimensinya, maka kita harus memperhatikan beberapa parameter diantaranya diameter coil, ketebalan bahan yang digunakan (dalam hal ini alumunium), dan berapa jarak antar putarannya.

Antena heliks dapat beroperasi dalam dua mode, yaitu mode normal dimana dimensi antena heliks biasanya lebih kecil bila dibandingkan dengan panjang



gelombangnya. Mode lainnya adalah mode axial, dimana diameter antena heliks sama atau lebih besar dari panjang gelombang operasinya.

Analisis antena heliks dengan menggunakan Metode Momen banyak dikembangkan saat ini. Salah satu metode untuk analisis antena kawat (wire antennas) seperti antena heliks adalah menggunakan Metode Momen berbasis elemen tepi RWG (*Rao-Wilton-Glisson*). Prinsip dari elemen tepi RWG adalah membagi permukaan antena menjadi beberapa segitiga. Analisis metode momen berbasis RWG merupakan penyempurnaan dari analisis metode momen berbasis kurva (*curved based*).

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Dari uraian yang melatarbelakangi dilakukannya penelitian tentang PERANCANGAN ANTENA HELIKS MENGGUNAKAN METODE MOMEN (MoM) BERBASIS RWG (*Rao-Wilton-Glisson*), maka diharapkan akan diperoleh penyelesaian atas permasalahan berikut:

1. Bagaimana penerapan algoritma RWG dalam perancangan antena, khususnya antena Heliks.
2. Seberapa besar pengaruh perubahan variabel-variabel untuk pendesainan antena Heliks serta lokasi titik catu yang berbeda terhadap performansi antena Heliks yang akan dirancang.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang antena Heliks frekuensi kerja 345 MHz menggunakan analisa Metode Momen yang berbasis pada algoritma RWG (*Rao-Wilton-Glisson*) dengan dua lokasi penempatan *feed point* yang berbeda untuk mengetahui pengaruhnya terhadap performansi antena.

1.4 KONTRIBUSI PENELITIAN

Dalam penelitian mengenai PERANCANGAN ANTENA HELIKS MENGGUNAKAN METODE MOMEN (MoM) BERBASIS RWG (*Rao-Wilton-Glisson*) ini diharapkan akan diperoleh manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat bagi Dunia Pendidikan terutama bidang Antena dan Propagasi
 - a. Dapat memberikan wawasan baru dalam perancangan sebuah antena khususnya antena Heliks mulai dari perhitungan dengan menggunakan software perancangan antena, pembuatan dan analisa parameter-parameter antena.



- b. Metode analisis yang digunakan pada penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar dan acuan untuk digunakan pada beberapa model antena yang lain, tidak hanya untuk antena kawat saja.

2. Manfaat bagi Peneliti

Memperluas pengetahuan peneliti tentang kajian mengenai antena dan metode momen yang digunakan serta penerapannya di lapangan untuk bisa lebih memahami pengaruh beberapa variabel terhadap karakteristik sebuah antena, khususnya antena Heliks.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN METODE PENELITIAN

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

2.1.1 Parameter Dasar Antena

Antena merupakan suatu komponen yang penting pada sistem komunikasi yang berfungsi sebagai sarana untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik. Dengan kata lain antena sebagai media peralihan antara ruang bebas (free space) dengan saluran transmisi, yaitu dari gelombang elektromagnetik menjadi energi listrik atau sebaliknya (Balanis, 1982:1).

Untuk mengetahui performa atau karakteristik suatu antena maka diperlukan pengetahuan akan parameter-parameter dasar antena. Beberapa parameter penting yang akan dibahas antara lain adalah: pola radiasi, keterarahannya (*directivity*), *gain*, *Return Loss*, *VSWR*, *impedansi input*, *bandwidth*, dan polarisasi.

2.1.1.1 Pola Radiasi

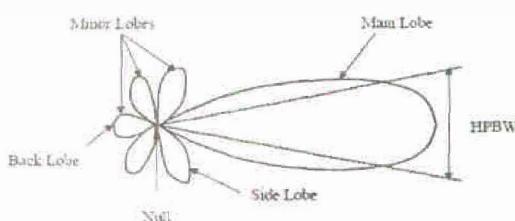
Pola Radiasi sebuah antena merupakan gambaran secara grafis sifat-sifat radiasi (medan jauh) antena sebagai fungsi koordinat ruang (Balanis, 1982:17). Pola radiasi ditentukan pada pola daerah medan jauh dan digambarkan sebagai fungsi koordinat sepanjang radius konstan dan digambarkan dalam koordinat ruang. Sifat-sifat radiasi meliputi intensitas radiasi, kuat medan, sudut fase dan polarisasi. Bentuk pola radiasi sebuah antena dapat dilihat dalam Gambar 2.1.

Pola radiasi juga menggambarkan daya yang diradiasikan per solid angle. Pada antena isotropik daya dipancarkan kesegala arah, jika daya yang diradiasikan oleh antena isotropik adalah P , kemudian daya dipancarkan sejauh r maka besarnya kerapatan dayanya adalah (Punit, 1990 : 15).

$$S = \frac{P}{\text{area}} = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (2.1)$$

Sehingga besarnya intensitas radiasi U_i untuk antena isotropis adalah:

$$U_i = r^2 S = \frac{P}{4\pi} \quad (2.2)$$



Gambar 2.1 Pola radiasi antena *directional*

Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 15

Bagian-bagian dari Pola Radiasi adalah sebagai berikut:

- HPBW (Half Power Beamwidth) dapat didefinisikan sebagai sudut yang terbentuk oleh titik setengah daya dari *main lobe*
- *Main Lobe* : Bagian dari daerah radiasi dengan arah radiasi antena maksimum
- *Minor lobe* : Bagian ini menyatakan daerah radiasi yang tidak diinginkan. Level dari *minor lobe* ini menyatakan besarnya rasio kerapatan daya atau *side lobe level*
- *Back lobe* : Bagian dari *minor lobe* yang berlawanan dengan *main lobe*
- *Side lobe* : Bagian dari *minor lobe* yang bersebelahan dengan *main lobe*
Pada sistem komunikasi wireless, *minor lobe* sangat tidak diharapkan, sehingga dalam perancangan antena yang baik, besarnya *minor lobe* harus diperkecil.

Pola radiasi antena dapat dihitung dengan perbandingan antara daya pada sudut nol derajat (radiasi daya maksimum) dengan daya pada sudut tertentu. Maka besarnya intensitas radiasi (P) dinyatakan (Balanis, 1982) :

$$P(dB) = 10 \log \frac{P_0}{P_T} (dB) \quad (2.3)$$

$$P(dB) = 10 \log P_0 - 10 \log P_T$$

dengan :

P = Intensitas radiasi antena pada sudut tertentu (dB)

P_0 = Daya yang diterima pada sudut 0 derajat (watt)

P_T = Daya yang diterima pada sudut tertentu (watt)

Ukuran yang menyatakan berapa besar daya yang terkonsentrasi pada *main lobe* dibanding daya pada *side lobe* disebut dengan *Side Lobe Level*, yang merupakan perbandingan besar puncak *side lobe* dengan puncak *main lobe*. Atau dapat dinyatakan dengan persamaan 2.4 (Stutzman, 1981: 29):

$$SLL_{dB} = 20 \log \left| \frac{F(SLL)}{F(\max)} \right| \quad (2.4)$$

dalam hal ini:

SLL = Side Lobe Level

$F(SLL)$ = nilai maksimum Side Lobe

$F(\max)$ = nilai maksimum Main Lobe

Sebagian besar antena dirancang untuk mengkonsentrasi energi pada satu arah tertentu. Ukuran konsentrasi pada *main lobe* tersebut dinamakan Beamwidth. Half Power Beamwidth (HPBW) didefinisikan sebagai sudut antara titik-

titik di mana pada titik tersebut pancaran utama dari pola daya adalah setengah daya maksimum.

Nilai F/B suatu antena merupakan perbandingan daya pada arah pancar terbesar yang dikehendaki (*main lobe*) dengan daya pada arah pancar yang berlawanan dengan *main lobe* (*minor lobe*), sehingga nilai F/B adalah:

$$\frac{F}{B} = \frac{P_m}{P_t} \quad (2.5)$$

$$F/B (\text{dB}) = P_m(\text{dBm}) - P_t(\text{dBm}) \quad (2.6)$$

dengan :

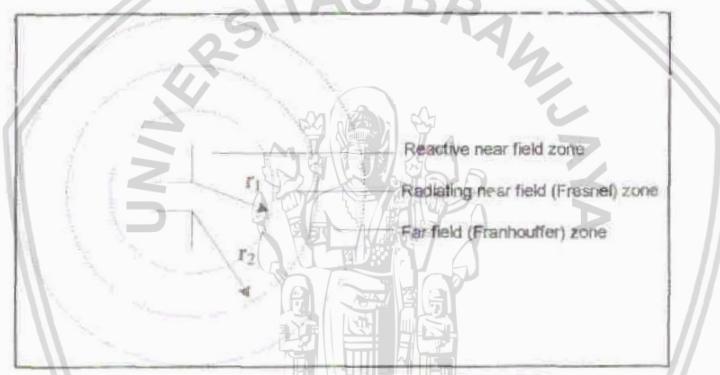
F/B = *Front to Back ratio* (dB)

P_m = daya puncak *main lobe* (dBm)

P_t = daya puncak *back lobe* (dBm)

2.1.1.2 Daerah Medan Radiasi

Daerah medan radiasi suatu antena adalah daerah di mana radiasi antena tersebut masih dapat diterima dengan baik. Daerah medan radiasi ini disebut juga jangkauan sinyal dari suatu antena sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Pembagian Daerah Medan Radiasi Antena

dengan $r_1 = 0,62\sqrt{\frac{D^3}{\lambda}}$

$$r_2 = 2D^2/\lambda$$

r_1 dan r_2 = jarak medan radiasi (m)

Daerah medan radiasi terbagi menjadi tiga, yaitu :

- *Reactive Near-Field Zone*

Pada daerah ini, medan reaktif sangat mendominasi.

Batas daerah ini:

$$r < 0,62\sqrt{\frac{D^3}{\lambda}}$$

dengan r = jarak medan radiasi (m)



λ = panjang gelombang (m)

D = dimensi antena (m)

- **Radiating Near-Field (Fresnel) Zone**

Adalah daerah medan di antara *reactive near field zone* dan *far field zone*.

Pada daerah ini, medan radiasi sangat berpengaruh. Dan distribusi medan sudut (*angular field distribution*) bergantung pada jarak dari antena.

Batas daerah ini :

$$0,62\sqrt{D^3/\lambda} \leq \text{daerah Fresnel} < 2D^2/\lambda$$

- **Far-Field (Fraunhofer) Zone**

Adalah daerah medan antena dengan distribusi medan sudut sangat tidak bergantung pada jarak dari antena.

Batas daerah ini :

$$2D^2/\lambda \leq r < \infty$$

Pola medan pada daerah ini mempunyai komponen-komponen medan saling tegak lurus.

2.1.1.3 Keterarahanaan (*Directivity*)

Directivity sebuah antena didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas radiasi antena pada arah tertentu dengan intensitas radiasi rata-rata kesegala arah. Keterarahanaan (*Directivity*) adalah kemampuan sebuah antena untuk mengkonsentrasi energinya pada satu arah pilihan. Radiator isotropik mempunyai nilai keterarahanaan sama dengan satu, sehingga radiator isotropik dapat pula disebut sebagai antena sempurna yang dapat meradiasikan energi yang sama pada semua arah. Radiator ini digunakan sebagai antena referensi pada penentuan keterarahanaan suatu antena.

Keterarahanaan pada sebuah antena secara umum dinyatakan dengan persamaan 3.7 (balanis, 1982 : 29) :

$$D_0 = 10 \log \frac{4\pi U_{\max}}{P_{rad}} \quad (2.7)$$

dengan :

D_0 = directivity (dB)

U_{\max} = Intensitas radiasi maksimum (watt)

P_{rad} = daya radiasi total (watt)

Nilai keterarahanaan sebuah antena dapat diketahui dari pola radiasi antena tersebut, semakin sempit *main lobe* maka keterarahannya semakin baik dibanding



main lobe yang lebih lebar. Nilai keterarahan jika dilihat dari pola radiasi sebuah antena dinyatakan dengan persamaan 3.8 (Balanis, 1982 : 20)

$$D_0 = 10 \log \frac{4\pi \left(\frac{180}{\pi}\right)^2}{\theta_{HP} \phi_{HP}} \quad (2.8)$$

$$D_0 = 10 \log \frac{41252.96125}{\theta_{HP} \phi_{HP}} \quad (2.9)$$

dengan :

D_0 = Keterarahan (*directivity*) (dB)

θ_{HP} = lebar berkas daya pada polarisasi horisontal (°)

ϕ_{HP} = lebar berkas daya pada polarisasi vertikal (°)

2.1.1.4 Penguatan (*Gain*)

Penguatan antena sangat erat hubungannya dengan keterarahan (*Directivity*). Telah diketahui bahwa keterarahan adalah kemampuan antena untuk mengkonsentrasi energi pada arah tertentu dibandingkan kearah lain. Jika antena memiliki efisiensi (ϵ_{eff}) 100%, maka keterarahan akan sama dengan *gain* antena dan akan menjadi *radiator isotropis*. Sehingga persamaan *gain* menjadi (Punit, 2004 : 20) :

$$G(\theta, \phi) = \epsilon_{eff} D(\theta, \phi) \quad (\text{dBi}) \quad (2.10)$$

Gain mempunyai pengertian perbandingan daya yang dipancarkan oleh sebuah antena dibandingkan dengan *radiator isotropis*. Secara fisik *radiator isotropik* tidak ada, tetapi seringkali digunakan sebagai referensi untuk menyatakan sifat-sifat keterarahan antena.

Penguatan daya antena pada arah tertentu didefinisikan sebagai 4π kali perbandingan intensitas radiasi dalam arah tersebut dengan daya yang diterima oleh antena dari pemancar yang terhubung (Balanis, 1982 : 43). Apabila arahnya tidak diketahui, penguatan daya biasanya ditentukan dalam arah radiasi maksimum, pada persamaan 3.11, *gain* dinyatakan (Stutzman, 1981 : 37) :

$$G = 10 \log \frac{4\pi U_m}{P_{in}} \quad (\text{dB}) \quad (2.11)$$

dengan :

G = penguatan antena (dB)

U_m = intensitas radiasi antena (watt)

= daya input yang diterima antena (watt)

λ_0 = panjang gelombang yang merambat pada ruang bebas (m)

Pada pengukuran digunakan metode pembandingan (*Gain-comparison Method*) atau *gain transfer mode*. Prinsip pengukuran ini adalah dengan



menggunakan antena referensi yang biasanya antena *dipole* standar yang sudah diketahui nilai *gain*nya. Prosedur ini memerlukan 2 kali pengukuran yaitu terhadap antena yang diukur dan terhadap antena referensi. Nilai *gain absolut isotropik* dinyatakan sebagai:

$$G_{AUT} (\text{dBi}) = G_{ref} (\text{dBi}) + 10 \log \left(\frac{W_{RX}}{W_{ref}} \right) \quad (2.12)$$

dengan :

G_{AUT} = Gain antena yang diukur (dBi)

G_{ref} = Gain antena referensi yang sudah diketahui (dBi)

W_{RX} = Daya yang diterima antena yang diukur (dBm)

W_{ref} = Daya yang diterima antena referensi (dBm)

2.1.1.5 Return Loss (RL)

Return loss adalah salah satu parameter digunakan untuk mengetahui berapa banyak daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan. **RL** adalah parameter seperti VSWR yang menentukan *matching* antara antena dan transmitter.

Koefisien pantulan (*reflection coefficient*) adalah perbandingan antara tegangan pantulan dengan tegangan maju (*forward voltage*). Antena yang baik akan mampunya nilai *return loss* dibawah -10 dB, yaitu 90% sinyal dapat diserap, dan 10%-nya terpantulkan kembali. Koefisien pantul dan *return loss* didefinisikan sebagai (Punit, 2004 : 19) :

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \quad (2.13)$$

$$RL = -20 \log \Gamma \text{ (dB)} \quad (2.14)$$

dengan :

Γ = koefisien pantul

V_r = tegangan gelombang pantul (*reflected wave*)

V_i = tegangan gelombang datang (*incident wave*)

RL = return loss (dB)

Untuk *matching* sempurna antara transmitter dan antena, maka nilai $\Gamma = 0$ dan $RL = \infty$ yang berarti tidak ada daya yang dipantulkan, sebaliknya jika $\Gamma = 1$ dan $RL = 0$ dB maka semua daya akan dipantulkan.

2.1.1.6 VSWR

Jika kondisi matching tidak tercapai, kemungkinan akan terjadi pemantulan dan hal ini yang menyebabkan terjadinya gelombang berdiri (*standing waves*). Dimana karakteristik ini disebut *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR). Persamaan untuk menentukan besarnya VSWR adalah (Kraus, 1988: 833)



$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2.15)$$

Dari persamaan diatas besarnya koefisien pantul (Γ) menentukan besarnya VSWR. Persamaan untuk koefisien pantul adalah (Punit, 2004: 18) :

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} = \frac{Z_m - Z_s}{Z_m + Z_s} \quad (2.16)$$

dengan :

Γ = koefisien pantul

V_r = tegangan gelombang pantul (*reflected wave*)

V_i = tegangan gelombang datang (*incident wave*)

VSWR adalah pengukuran dasar dari impedansi *matching* antara *transmitter* dan antena. Semakin tinggi nilai VSWR maka semakin besar pula *mismatch*, dan semakin minimum VSWR maka antena semakin *matching*. Dalam perancangan, antena biasanya memiliki nilai impedansi masukan sebesar 50Ω atau 75Ω .

2.1.1.7 Impedansi Masukan (*Input*)

Impedansi masukan didefinisikan sebagai impedansi yang ditunjukkan oleh antena pada terminal-terminalnya atau perbandingan antara tegangan terhadap arus pada pasangan terminalnya (Balanis, 1982 : 53). Transfer daya maksimum hanya dapat terjadi jika impedansi antena tersebut *matching* dengan bebanya, dengan melibatkan *conjugate complex* dari impedansi beban. Perbandingan tegangan dan arus pada terminal-terminal tanpa beban, memberikan impedansi masukan antena sebesar (Balanis, 1982 : 54) :

$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in} \quad (2.17)$$

dengan :

Z_{in} = impedansi antena di terminal (Ω)

R_{in} = resistansi antena di terminal (Ω)

X_{in} = reaktansi antena di terminal (Ω)

Agar antena beroperasi dengan efisien, maka pengiriman daya secara maksimum harus terjadi antara *transmitter* dan antena. Transfer daya maksimum terjadi jika impedansi antena *matching* dengan transmitter.

2.1.1.8 Bandwidth

Bandwidth antena didefinisikan sebagai jangkauan frekuensi yang menunjukkan unjuk kerja antena berkenaan dengan beberapa karakteristiknya memenuhi standar yang telah ditentukan (Balanis, 1982 : 47). Salah satu cara untuk menentukan efisiensi kerja sebuah antena (Gambar 2.2) berdasarkan *range*



frekuensinya adalah dengan mengukur VSWR, antena yang bagus memiliki nilai $VSWR \leq 2$ ($RL \geq -9.5 \text{ dB}$) .

Persamaan *bandwidth* dalam persen (B_p) atau sebagai rasio *bandwidth* (B_r) dinyatakan dengan persamaan 2.18, 2.19 dan 2.20 (Punit, 2004 : 22) :

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (2.18)$$

$$f_c = \frac{f_l + f_u}{2} \quad (2.19)$$

$$B_r = \frac{f_u}{f_l} \quad (2.20)$$

dengan :

B_p = *bandwidth* dalam persen (%)

B_r = *bandwidth* rasio

f_u = jangkauan frekuensi atas (Hz)

f_l = jangkauan frekuensi bawah (Hz)



Gambar 2.3 Pengukuran *bandwidth* berdasarkan *plot return loss*

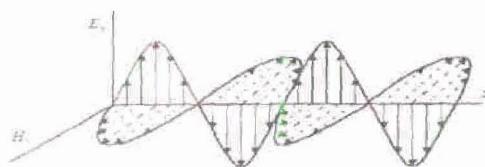
Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 22

2.1.1.9 Polarisasi

Polarisasi suatu antena pada arah tertentu didefinisikan sebagai polarisasi gelombang yang diradiasikan bila antena sebagai pemancar, atau polarisasi gelombang datang yang menghasilkan daya maksimum pada terminal-terminal antena bila antena sebagai penerima. (Balans, 1982 : 48)

Polarisasi dari antena tergantung oleh polarisasi vektor medan listrik yang diradiasikan. Dengan kata lain, posisi dan arah dari medan listrik dengan referensi permukaan bumi atau tanah menggambarkan bentuk polarisasi gelombang tersebut.

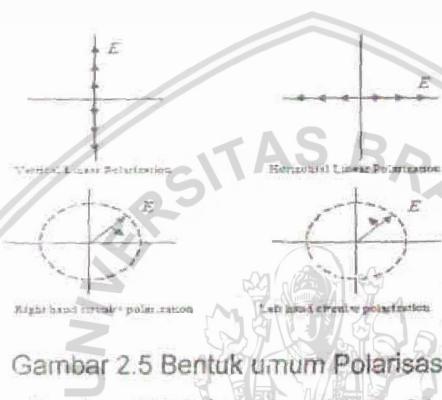
Polarisasi dari gelombang yang teradiasi, merupakan sifat-sifat gelombang elektromagnetik yang menggambarkan perubahan arah dan nilai relatif vektor medan listrik sebagai fungsi waktu.



Gambar 2.4 Polarisi linear (vertikal)

Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 20

Jika vektor yang dilukiskan pada suatu titik sebagai fungsi dari waktu selalu terarah pada suatu garis, gelombang ini dikatakan terpolarisasi linier. Bila jejaknya berbentuk elips, maka terpolarisasi elips. Suatu keadaan khusus dari polarisasi elips adalah polarisasi *circular* dan linier.



Gambar 2.5 Bentuk umum Polarisasi

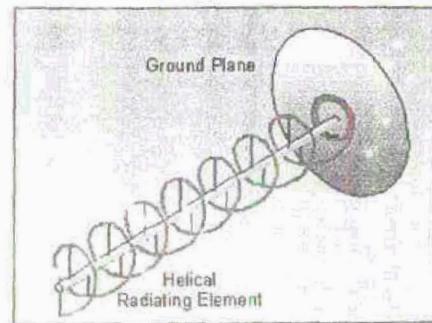
Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 21

2.1.2 Antena Heliks

2.1.2.1 Tinjauan Umum Antena Heliks

Antena heliks terbentuk dari kawat konduktor elemen driven tunggal berbentuk spiral. Dalam banyak kasus, antena heliks diletakkan pada *ground plane*, biasanya diameter *ground plane* sedikitnya $3\lambda/4$. Antena heliks adalah antena yang cocok untuk mendapatkan penguatan (*gain*) yang tinggi dan karakteristik frekuensi *broadband*. Antena heliks akan meradiasikan gelombang EM, jika kelilingnya sebesar satu panjang gelombang. Antena heliks termasuk antena direksional. Radiasi yang terpancar dari antena heliks terpolarisasi *circular*, yaitu dapat dikatakan bahwa medan elektromagnetik berputar pada sumbu heliks dalam arah putaran heliks itu sendiri. Dengan demikian, radiasi yang dipancarkan dapat terpolarisasi searah maupun berlawanan dengan arah jarum jam.

Pada bagian tepi antena heliks, medannya terpolarisasi elips. Oleh karena itu, sinyal pada posisi vertikal dan horizontal memiliki proporsi yang berbeda.



Gambar 2.6 Antena Heliks

Sumber: <http://www.its.blardcc.gov/projects/devglossary/images/heliksc.gif> . diakses tanggal 30 Agustus 2007

Konfigurasi geometri heliks biasanya terdiri dari N lilitan, diameter D , dan jarak antar lilitan S .

$$L = NS \quad (2.213)$$

Panjang total kawat elemen dirumuskan: (Balanis, 1982 : 505)

$$L_n = NL_0 \quad (2.22)$$

$$L_n = N \sqrt{S^2 + C^2} \quad (2.24)$$

$$C = \pi D$$

Parameter penting lainnya dari heliks adalah sudut antar putaran (*Pitch angle*) α yang merupakan sudut yang dibentuk oleh garis tangen terhadap kawat heliks dan bidang tegak lurus terhadap sumbu heliks. Sudut α didefinisikan oleh :

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{S}{\pi D} \right) = \tan^{-1} \frac{S}{C} \quad (2.25)$$

dengan :

α = Pitch angle (derajat)

N = jumlah lilitan heliks

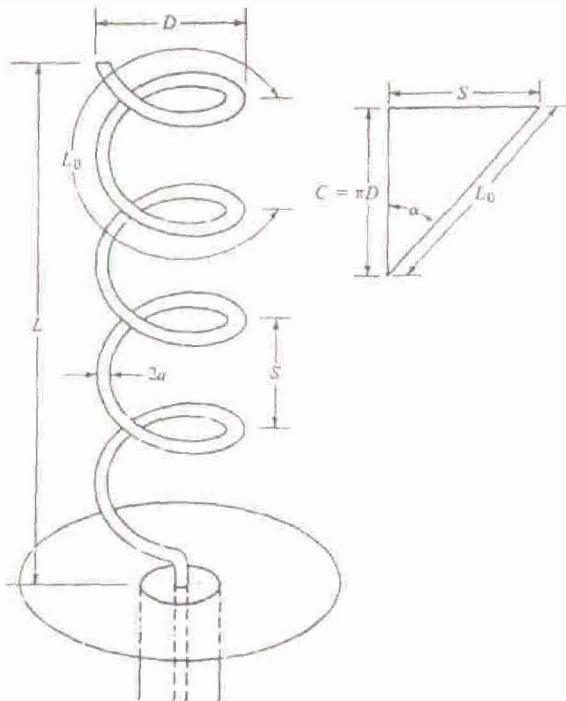
D = Diameter lilitan (m)

S = Jarak lilitan (m)

L_n = Panjang total kawat elemen (m)

L_0 = Panjang kawat elemen dalam satu putaran (m)

C = Keliling heliks (m)



Gambar 2.7 Konfigurasi Geometris Antena Heliks

Sumber: Balanis, 1982; 506

Ketika $\alpha = 0^\circ$, maka putaran menjadi berimpit dan heliks menjadi antena loop dengan N putaran. Sebaliknya, ketika $\alpha = 90^\circ$, maka heliks akan menjadi antena kawat linier. Ketika $0^\circ < \alpha < 90^\circ$, maka akan didapatkan bentuk antena heliks yang sebenarnya.

Karakteristik radiasi antena heliks dapat bervariasi dengan mengatur ukuran geometrisnya terhadap panjang gelombang. Impedansi input antena heliks sangat bergantung pada *pitch angle* dan ukuran kawat konduktor, terutama yang dekat dengan titik catu (*feed point*). Polarisasi heliks yang umum adalah elips. Akan tetapi polarisasi lingkaran dan linier dapat diperoleh dengan range frekuensi yang berbeda.

Antena heliks dapat dioperasikan dalam banyak mode: namun demikian terdapat dua mode dasar yaitu mode normal (*broadside*) dan mode axial (*endfire*). Perbedaan penting antara antena heliks mode normal dengan mode axial adalah jari-jari heliks terhadap panjang gelombang dan adanya *ground plane*.

Jari-jari antena heliks mode normal lebih kecil dari panjang gelombang yang dihasilkan pada pola radiasi terhadap sumbu heliks. Sedangkan antena heliks mode axial mempunyai jari-jari yang bersesuaian dengan keliling untuk satu putaran heliks,

kira-kira $\frac{3}{4}\lambda < C < \frac{4}{3}\lambda$ (Stutzman and Thiele, 1998), yang menghasilkan peningkatan

maksimum pola radiasi disepanjang sumbu heliks. Antena heliks mode axial biasanya diberi *ground plane* untuk memotong satu lobe dari pola radiasi dan menghasilkan *pencil beam* didepan pola radiasinya.

Antenna Type	Radiation Pattern	Characteristics
AXIAL MODE HELIX	Elevation & Azimuth	<p>Polarization: Circular Left hand as shown</p> <p>Typical Half-Power Beamwidth: 50 deg x 50 deg</p> <p>Typical Gain: 10 dB</p> <p>Bandwidth: 52% or 1.7:1</p> <p>Frequency Limit Lower: 100 MHz Upper: 3 GHz</p> <p>Remarks: Number of loops >2</p>
NORMAL MODE HELIX	Elevation & Azimuth	<p>Polarization: Circular - With an ideal pitch to diameter ratio</p> <p>Typical Half-Power Beamwidth: 60 deg x 360 deg</p> <p>Typical Gain: 5 dBi</p> <p>Bandwidth: 51% or 1.05:1</p> <p>Frequency Limit Lower: 150 MHz Upper: 3 GHz</p>

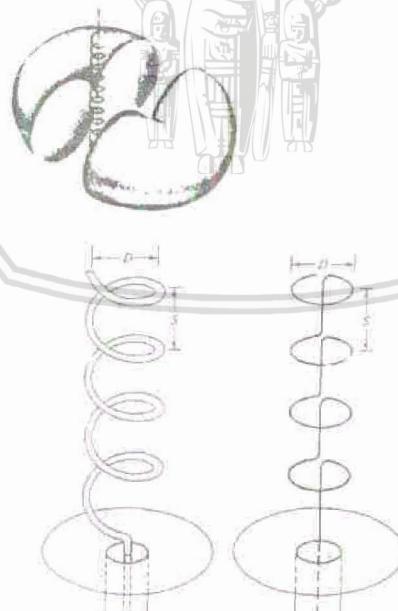
Gambar 2.8 Mode Operasi Antena Heliks

Sumber: http://ewhdbks.muqu.navy.mil/radiation_pattern.pdf, diakses tanggal 30 Januari

2006

2.1.2.2 Antena Heliks Mode Normal

Antena heliks pada mode operasi normal, medan yang diradiasikan antena maksimum pada bidang normal terhadap sumbu heliks dan minimum disepanjang sumbunya (sama dengan *electrically small loop*). Untuk mendapatkan mode operasi normal, dimensi antena heliks yaitu total panjang kawat heliks NL_0 lebih kecil bila dibandingkan dengan panjang gelombang ($L_h \ll \lambda$).



Gambar 2.9 Antena Heliks Mode Normal dan Rangkaian Ekvivalennya

Sumber: Balanis, 1982 : 507



Heliks pada mode normal dapat dikatakan tersusun dari N loop kecil di m N dipole pendek yang dihubungkan secara seri. Medannya didapatkan dengan superposisi antara medan dari masing-masing elemen radiator. Bidang loop paralel satu dengan yang lainnya dan tegak lurus dengan sumbu dipole vertikal.

Axial rasio heliks dirumuskan dengan: (Balanis, 1982 : 508)

$$AR = \left| \frac{E_\theta}{E_\phi} \right| = \frac{4S}{\pi k D^2} = \frac{2\lambda S}{(\pi D)^2} \quad (2.26)$$

Dengan mengubah-ubah D dan/atau S , axial rasio mempunyai nilai $0 \leq AR \leq \infty$. Nilai $AR = 0$ adalah keadaan khusus dan terjadi jika $E_\theta = 0$ dan terpolarisasi linier horizontal (loop antena). Jika $AR = \infty$ dan $E_\phi = 0$, maka gelombang terpolarisasi linier vertikal (dipole antena). Keadaan khusus lainnya adalah ketika $AR = 1$ dan terjadi jib: (Balanis, 1982 : 508)

$$\frac{2\lambda S}{(\pi D)^2} = 1 \quad (2.27)$$

Atau:

$$C = \pi D = \sqrt{2S\lambda} \quad (2.28)$$

Untuk:

$$\tan \alpha = \frac{S}{\pi D} = \frac{\pi D}{2\lambda} \quad (2.29)$$

dengan :

- λ = Panjang gelombang (m)
- N = jumlah lilitan heliks
- D = Diameter lilitan (m)
- S = Jarak lilitan (m)
- C = Keliling heliks (m)

Jika parameter dimensional heliks memenuhi persamaan diatas, maka medan yang diradiasikan terpolarisasi lingkaran (*circular*) pada semua arah selain $\theta = 0^\circ$ dimana tidak ada medan yang teradiasikan.

Perubahan polar dapat dijelaskan dengan penambahan nilai *pitch angle*. Jika $\alpha = 0^\circ$ maka heliks berubah menjadi antena loop dengan polarisasi linier horizontal. Dengan penambahan nilai α , maka polarisasi menjadi polarisasi *ellips* dengan sumbu mayor terpolarisasi horizontal. Saat α memenuhi $C/\lambda = \sqrt{2S/\lambda}$ dan $AR = 1$ maka akan didapatkan polarisasi *circular*. Untuk nilai α yang lebih besar, polarisasi kembali menjadi *ellips* dengan sumbu mayor terpolarisasi vertikal. Dan jika $\alpha = 90^\circ$ maka heliks berubah menjadi antena dipole yang polarisasi linier vertical.

Keuntungan dari antena heliks yang dioperasikan pada mode normal loop tunggal adalah penambahan resistansi input yang cukup besar. Antena heliks pada mode operasi normal merupakan antena *omnidirectional*. Pola radiasi medan jauhnya sama dengan antena *electrically short dipole* atau monopole. Antena ini cenderung menjadi radiator yang tidak efisien dan biasanya digunakan untuk komunikasi bergerak dimana ukuran yang kecil menjadi faktor yang sangat penting.

Mode operasi *normal* memiliki *bandwidth* yang sempit dan efisiensi radiasi yang sangat kecil, yang disebabkan oleh ketergantungan karakteristik radiasi pada dimensi geometrisnya.

1100109

2.1.2.3 Antena Heliks Mode Axial

Pada mode axial, dimensi antena heliks sama atau lebih besar dari panjang gelombang operasinya. Diameter *D* dan jarak putaran *S* harus lebih besar dari panjang gelombang.

Antena heliks mode axial bisa memiliki dua buah polarisasi, yaitu searah jarum jam (*right-handed*) atau berlawanan arah jarum jam (*left-handed*). Antena heliks bisa menerima sinyal dengan beberapa tipe polarisasi linier, seperti polarisasi vertikal maupun horizontal, tetapi antena yang terpolarisasi *right-handed* akan kehilangan *gain* yang cukup besar apabila menerima sinyal yang arah putarannya berlawanan (*left-handed*), dan sebaliknya.



Gambar 2.10 Antena Heliks Mode Axial

Sumber: Balanis, 1982 : 509

Pada mode operasi ini, putaran *coil* menentukan polarisasinya, jarak antara *coil* dan diameter *coil* menentukan panjang gelombangnya. Panjang *coil* menentukan seberapa terarah antena tersebut dan penguatannya, antena yang lebih panjang akan lebih sensitif keterarahannya. Reflektor hampir selalu digunakan untuk meningkatkan sensitivitas, atau *gain*, pada satu arah (jauh dari arah reflektor). Rentang impedansi

terminal pada mode axial antara 100 dan 200 Ω . Bagian resistif ditentukan oleh: (Balanis, 1982 : 510)

$$R \approx 140 \left(\frac{C}{\lambda} \right) \quad (2.30)$$

Half-power beamwidth-nya sebesar: (Balanis, 1982 : 510)

$$HPBW(^{\circ}) \approx \frac{52\lambda^{3/2}}{C\sqrt{NS}} \quad (2.31)$$

First Null beamwidth-nya sebesar: (Balanis, 1982 : 510)

$$FNBW(^{\circ}) \approx \frac{115\lambda^{3/2}}{C\sqrt{NS}} \quad (2.32)$$

Direkivitasnya dirumuskan dengan: (Balanis, 1982 : 510)

$$D_o \approx 15 N \frac{C^2 S}{\lambda^3} \quad (2.33)$$

Axial rasio (untuk kondisi karena peningkatan direktivitas) adalah:

$$AR = \frac{2N+1}{N} \quad (2.34)$$

Untuk mendapatkan polarisasi *circular*, terutama pada *lobe mayor*, keliling heliks harus dalam rentang $\frac{3}{4}\lambda < C < \frac{4}{3}\lambda$ (dengan $C/\lambda = 1$ mendekati optimum), dan jarak putaran $S \approx \lambda/4$. Pitch angle biasanya dalam rentang $12^{\circ} < \alpha < 14^{\circ}$.

Antena heliks mode axial dimasukkan dalam kelas antena waveguide dan menghasilkan polarisasi *circular* yang sebenarnya. Biasanya digunakan untuk komunikasi ruang angkasa dan pelacakan binatang, dimana orientasi pengirim dan penerimanya tidak bisa dengan mudah dikendalikan atau dimana polarisasi sinyal akan berubah-ubah. Ukuran antena ini membuatnya sulit untuk dioperasikan pada frekuensi rendah, oleh karena itu antena heliks mode axial umumnya dioperasikan hanya pada rentang frekuensi VHF sampai gelombang mikro.

2.1.2.4 Perancangan Titik Catu (*Feed Point*)

Impedansi nominal antena heliks yang beroperasi pada mode axial adalah 100 – 200 Ω . Sedangkan dari kebanyakan saluran transmisi (seperti kabel koaksial) mempunyai impedansi karakteristik sebesar 50 Ω . Maka dari itu, untuk mematchingkan, impedansi input antena heliks harus dikurangi mendekati nilai tersebut.

Ada banyak cara yang dapat dilakukan. Salah satu cara untuk mengontrol impedansi heliks adalah merancang $\frac{1}{4}$ lilitan pertama heliks setelah titik catu. Untuk menurunkan impedansi input heliks dari nilai 150 Ω menjadi 50 Ω , maka kawat $\frac{1}{4}$ lilitan yang pertama harus dibuat datar dalam bentuk lempengan (*strip*) dan transisi ke

heliks secara bertingkat (*gradual*). Hal ini dilakukan dengan membuat kawat dari titik catu, pada formasi awal heliks, dalam bentuk lempengan dengan lebar w (dengan memipihkan) dan menyentuh *ground plane* yang mempunyai lempeng dielektrik dengan tinggi h : (Balanis, 1982 : 512)

$$h = \frac{\frac{w}{377}}{\sqrt{\epsilon_r Z_0}} - 2 \quad (2.35)$$

dengan: Z_0 = impedansi karakteristik (Ω)

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif bahan (F/m)

w = lebar konduktor (mm)

Biasanya konfigurasi strip transisi heliks dari strip sampai ke kawat lilitan dan *pitch angle* yang dirancang bertahap dalam $1/4$ - $1/2$ lilitan pertama. Modifikasi ini mengurangi impedansi karakteristik saluran transmisi efektif antara konduktor dan *ground plane*. Serta memberikan impedansi yang rendah secara keseluruhan dan mengurangi *bandwidth*.

Cara yang efektif dan sederhana adalah menambah ketebalan konduktor yang dekat dengan titik catu dengan menggabungkan lempengan logam tipis pada konduktor heliks. Sebagai contoh, lempengan logam dengan lebar 70 mm digunakan untuk menghasilkan impedansi 50 ohm pada antena heliks dengan diameter kawat konduktor 13 mm dan beroperasi pada frekuensi 230.77 MHz.

2.1.3 Metode Momen

MoM adalah teknik yang terkenal untuk menyelesaikan persamaan linier. Dalam analisis antena, MoM digunakan untuk mengubah persamaan integral medan elektrik ke dalam persamaan matriks atau persamaan sistem linier. Persamaan matriks kemudian dapat diselesaikan untuk koefisien arus oleh dekomposisi LU, Eliminasi Gauss, atau teknik aljabar linier lainnya (Harrington, 1968).

Bentuk dasar persamaan yang akan di selesaikan dengan MoM adalah

$$(L u) = f \quad (2.36)$$

dengan L adalah operator linear, u adalah fungsi yang tidak diketahui dan f adalah sumber atau fungsi paksa. Untuk menghasilkan persamaan matriks, fungsi yang tidak diketahui didefinisikan sebagai penjumlahan seperangkat fungsi bebas yang diketahui, u_n , disebut fungsi dasar atau fungsi ekspansi dengan amplitudo yang tidak diketahui, a_n ,



$$u \sum_n \alpha_n u_n \quad (2.37)$$

dengan menggunakan kelinieran operator, L , amplitudo yang tidak diketahui dapat di keluarkan dari operator menjadi

$$\sum_n \alpha_n L(u_n) = f \quad (2.38)$$

Amplitudo yang tidak diketahui belum bisa ditentukan karena terdapat n yang tidak diketahui, kecuali satu persamaan fungsional. Seperangkat persamaan baku di dapatkan dengan mendefinisikan *weighting function* bebas w_m yang di integralkan dengan (2.38) untuk mendapatkan m persamaan linear yang berbeda. Integrasi *weighting function* dengan (2.38) dapat dituliskan secara simbolis sebagai perkalian dalam dari dua persamaan, menghasilkan

$$\sum_n \alpha_n \langle w_m, L(u_n) \rangle = \langle w_m, f \rangle \quad (2.39)$$

dengan perkalian dalam, $\langle a, b \rangle$, didefinisikan sebagai integral dari dua fungsi melalui daerah operator linier. Sekarang terdapat jumlah persamaan yang tidak diketahui dan persamaan bebas yang sama, yang memungkinkan untuk penyelesaian amplitudo yang tidak diketahui, α_n .

Untuk persoalan antena, persamaan matriks (2.39) biasanya dituliskan dalam bentuk yang serupa dengan hukum Ohm (Stutzman & Thiele, 1981).

$$[Z_{m,n}] [I_n] = [V_m] \quad (2.40)$$

Matriks impedansi yang terbentuk dinyatakan oleh $[Z_{m,n}] = [\langle w_m, L(u_n) \rangle]$, matriks arus yang terbentuk dinyatakan sebagai $[I_n] = [\alpha_n]$ dan matriks tegangan yang terbentuk dinyatakan sebagai $[V_m] = [\langle w_m, f \rangle]$. Matriks-matriks yang terbentuk mungkin perlu diskalakan untuk memperoleh satuan yang sama sebagai perbandingan dalam hukum Ohm.

2.1.3.1 Elemen Tepi RWG

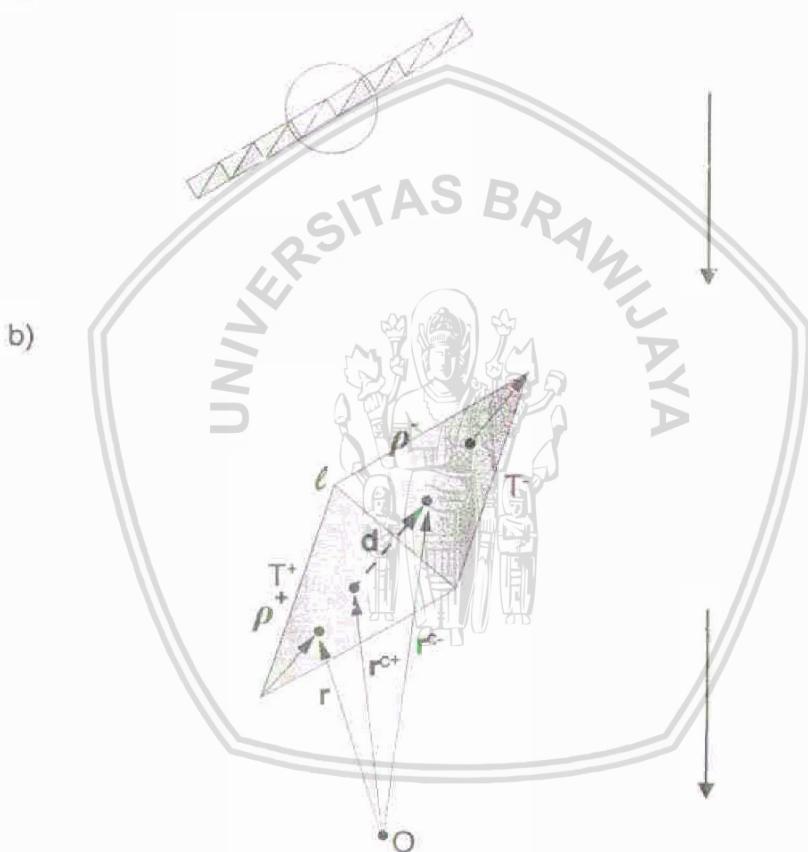
Metode momen yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode momen yang berdasarkan pada elemen tepi RWG. Untuk menerapkan elemen tepi RWG, permukaan antena yang dipelajari dibagi menjadi segitiga-segitiga yang terpisah sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.11a. Setiap pasangan segitiga yang mempunyai tepian yang sama, merupakan elemen tepi RWG yang bersesuaian; lihat gambar 2.11b. Salah satu segitiga mempunyai tanda plus dan yang lainnya bertanda minus. Fungsi vektor (atau fungsi dasar) pada elemen tepi dituliskan pada persamaan 2.41 berikut: (Markarov, Sergey N. 2002: 5)

$$\overrightarrow{f(r)} = \begin{cases} (l/2A^+) \rho^+ (\vec{r}), & \vec{r} \text{ in } \vec{T}^+ \\ (l/2A^-) \rho^- (\vec{r}), & \vec{r} \text{ in } \vec{T}^- \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.41)$$

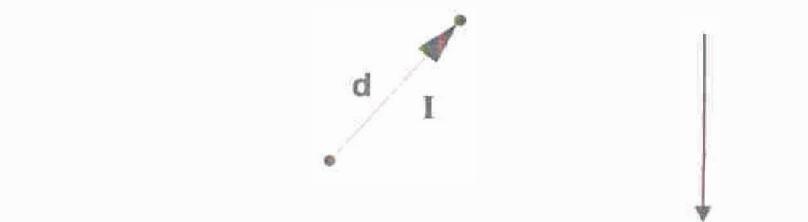
dengan l adalah panjang tepi dan A^\pm adalah area segitiga T^\pm . Vektor ρ^\pm ditunjukkan pada gambar 2.11b. Vektor ρ^+ menghubungkan ujung segitiga bertanda plus ke titik observasi \vec{r} . Vektor ρ^- menghubungkan titik observasi ke ujung segitiga bertanda minus.

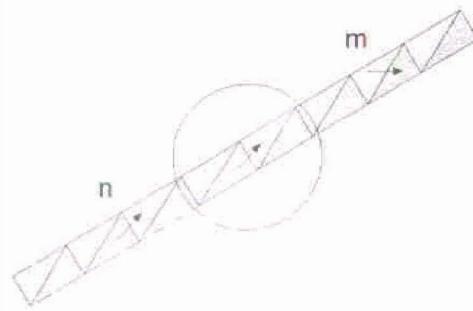
Arus permukaan pada permukaan antena (vektor) adalah penjumlahan dari persamaan 2.41 pada semua elemen tepi, dengan koefisien yang belum diketahui. Koefisien tersebut didapat dari persamaan momen yang akan dibahas pada bagian 2.3.3. Persamaan momen disini adalah persamaan sistem linier dengan matriks impedansi Z .

a)



b)

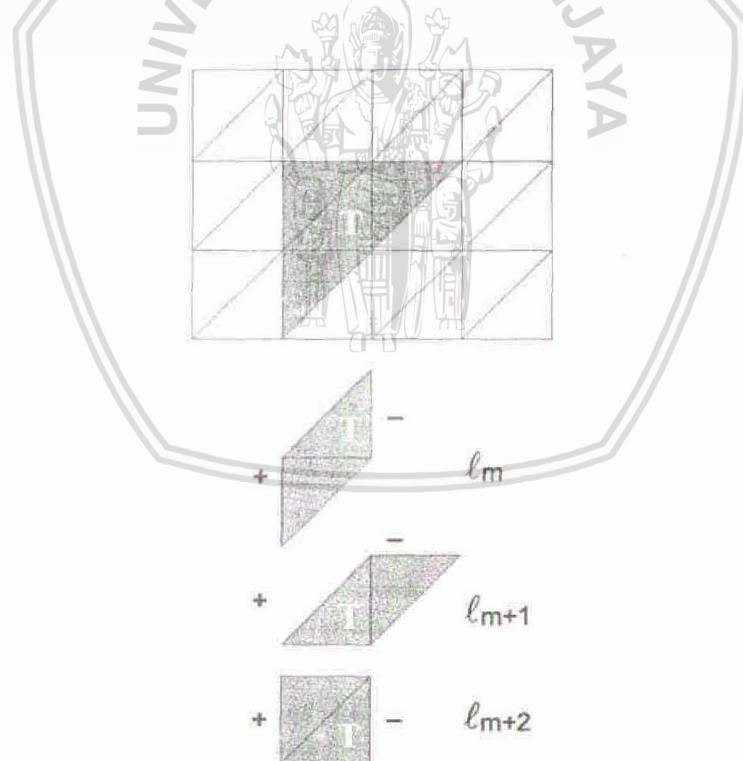


Gambar 2.11 Skematik elemen tepi RWG dan interpretasi *dipole*

Sumber: Markarov, Sergey N. 2002: 6

Fungsi dasar elemen tepi (persamaan 2.26) secara pendekatan menyerupai *dipole* elektrik kecil terbatas dengan panjang $d = |\vec{r}^{c-} - \vec{r}^{c+}|$; lihat gambar 2.11b dan c. Indeks *c* menunjukkan bagian tengah segitiga T^* . Dengan demikian, pembagian struktur antena kedalam elemen-elemen tepi RWG secara pendekatan sama halnya dengan pembagian arus antena menjadi *dipole* elektrik dasar yang kecil; lihat gambar 2.11d.

Setiap elemen tepi meliputi dua buah segitiga yang saling berbagi tepian yang sama. Salah satunya diberi tanda + dan yang lainnya diberi tanda -. Gambar 2.12 menunjukkan tiga elemen tepi yang mengandung segitiga T yang sama.

Gambar 2.12 Tiga Elemen Tepi RWG m , $m+1$, dan $m+2$ (masing-masing 2 segitiga) dengan T segitiga seragam

Sumber: Markarov, Sergey N. 2002: 17

Terdapat lebih banyak tepi dibandingkan jumlah segitiga untuk struktur tersebut. Dengan demikian jumlah elemen RWG, M lebih banyak daripada jumlah segitiga, N . Sebelum kita dapat melakukan perhitungan matrik impedansi, elemen tepi pada gambar 2.12 harus dibuat terlebih dahulu. Lebih spesifik lagi, kita harus mengidentifikasi semua tepian *mesh* antena yang tidak mempunyai batas dan meletakkan dua segitiga tetangga pada tiap tepinya.

Pembahasan tentang mengapa kita tidak dapat menggunakan segitiga tunggal melainkan elemen tepi untuk persamaan integral medan elektrik adalah meski segitiga sederhana (elemen batas orde rendah) cukup memenuhi untuk persamaan integral medan elektrik, akan tetapi berbeda dengan persamaan integral medan elektrik, persamaan integral medan magnetik tidak dapat diterapkan pada permukaan terbuka seperti piringan.

Elemen tepi RWG, bagaimanapun juga lebih menguntungkan daripada *dipole* terbatas sederhana seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1id. Lebih khususnya, elemen tepi RWG mendukung arus listrik *axial* yang seragam disepanjang garis logam tipis.

2.1.3.2 Matriks Impedansi

Matriks impedansi persegi menentukan interaksi elektromagnetik diantara elemen tepi yang berbeda. Jika elemen tepi m dan n diperlakukan sebagai *dipole* elektrik kecil, maka elemen Z_{mn} dari matriks impedansi Z menunjukkan kontribusi *dipole* n (melalui medan radiasi) terhadap arus listrik *dipole* m , dan sebaliknya. Ukuran matrik impedansi sebanding banyaknya jumlah elemen tepi. Kontribusi ini dapat dihitung baik secara analitik maupun dengan menerapkan persamaan integral medan elektrik.

Berikut ini adalah penurunan matriks impedansi untuk elemen tepi RWG. Secara kuantitatif, matriks impedansi dari persamaan integral medan elektrik diberikan oleh: (Markarov, Sergey N. 2002: 19)

$$Z_{mn} = l_m \left[j\omega \left(\vec{A}_{mn}^+ \cdot \vec{\rho}_m^{c+} / 2 + \vec{A}_{mn}^- \cdot \vec{\rho}_m^{c-} / 2 \right) + \vec{\phi}_{mn}^- - \vec{\phi}_{mn}^+ \right] \quad (2.42)$$

dengan indeks m dan n menunjukkan dua elemen tepi; (\cdot) menunjukkan perkalian titik, l_m menunjukkan panjang tepi elemen m ; $\vec{\rho}_m^{c\pm}$ adalah vektor antara titik ujung bebas, \vec{v}_m^\pm , dan titik *centroid*, $\vec{r}_m^{c\pm}$, dari dua buah segitiga T_m^\pm elemen tepi m . $\vec{\rho}_m^{c+}$ arahnya meninggalkan ujung segitiga T_m^+ , sedangkan $\vec{\rho}_m^{c-}$ menuju ke segitiga T_m^- ; lihat gambar 2.11 pada bagian sebelumnya.

Vektor $\vec{\rho}_m^{c\pm}$ dapat dinyatakan dengan mudah melalui kuantitas yang diketahui dengan menggunakan dua persamaan sederhana berikut: (Markarov, Sergey N. 2002: 20)

$$\vec{\rho}_m^{c+} = \vec{r}_m^{c+} - \vec{v}_m^+, \quad \vec{\rho}_m^{c-} = -\vec{r}_m^{c-} + \vec{v}_m^- \quad (2.43)$$

Pernyataan untuk vektor \mathbf{A} (potensial vektor magnetik) dan skalar Φ (potensial skalar magnetik) mempunyai bentuk: (Markarov, Sergey N. 2002: 20)

$$\vec{A}_{mn}^\pm = \frac{\mu}{4\pi} \left[\frac{l_n}{2A_n^+} \int_{T_n^+} \vec{\rho}_n^+ (\vec{r}') g_m^\pm (\vec{r}') d\vec{S}' + \frac{l_n}{2A_n^-} \int_{T_n^-} \vec{\rho}_n^- (\vec{r}') g_m^\pm (\vec{r}') d\vec{S}' \right] \quad (2.44a)$$

$$\vec{\phi}_{mn}^\pm = -\frac{1}{4\pi j\omega\epsilon} \left[\frac{l_n}{A_n^+} \int_{T_n^+} g_m^\pm (\vec{r}') d\vec{S}' - \frac{l_n}{A_n^-} \int_{T_n^-} g_m^\pm (\vec{r}') d\vec{S}' \right] \quad (2.44b)$$

dengan

$$g_m^\pm (\vec{r}') = \frac{e^{-jk|\vec{r}_m^{c\pm} - \vec{r}'|}}{|\vec{r}_m^{c\pm} - \vec{r}'|} \quad (2.44c)$$

2.1.3.3 Persamaan Momen dan Arus Permukaan

Rapat arus permukaan pada sebuah permukaan S suatu plat atau pada struktur penghantar elektrik semipurna (*perfectly electrically conducting*, PEC) dinyatakan oleh suatu perluasan dalam fungsi dasar RWG meliputi elemen tepi M : (Markarov, Sergey N. 2002: 21)

$$\vec{J} = \sum_{m=1}^M I_m \vec{f}_m, \quad \vec{f}_m = \begin{cases} (l_m / 2A_m^+) \rho_m^+ (\vec{r}), & \vec{r} \text{ in } T_m^+ \\ (l_m / 2A_m^-) \rho_m^- (\vec{r}), & \vec{r} \text{ in } T_m^- \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.45)$$

Jika S terbuka, \vec{J} dianggap sebagai penjumlahan vektor dari arus permukaan pada sisipan bidang S yang berlawanan. Satuan J adalah A/m. Koefisien ekspansi I_m membentuk vektor \mathbf{I} , yang merupakan penyelesaian dari persamaan impedansi (atau persamaan momen): (Markarov, Sergey N. 2002: 22)

$$\mathbf{Z} \cdot \vec{J} = \vec{V} \quad (2.46)$$

\vec{V} adalah vektor pembangkitan tegangan. Jika persoalan penyebaran (*scattering*) dipertimbangkan, vektor tegangan dinyatakan oleh: (Markarov, Sergey N. 2002: 22)

$$V_m = l_m \left(\vec{E}_m^+ \cdot \vec{\rho}_m^{c+} / 2 + \vec{E}_m^- \cdot \vec{\rho}_m^{c-} / 2 \right), \quad \vec{E}_m^\pm = \vec{E}^{mc} (\vec{r}_m^{c\pm}), \quad m = 1, \dots, M \quad (2.47)$$



Dengan \vec{E}^{inc} adalah medan elektrik dari gelombang EM datang; tanda (*) menunjukkan perkalian titik. Vektor pembangkitan tegangan sama dengan tegangan rangkaian tetapi mempunyai satuan $V \cdot m$.

Untuk piringan/bidang datar, kita asumsikan bahwa sinyal datang berbentuk gelombang bidang yang mengarah tegak lurus terhadap plat tersebut (bidang normal). Gelombang bidang pada gambar 2.13 hanya mempunyai satu komponen E pada arah sumbu x , $\vec{E}^{inc} = [E_x \ 0 \ 0]$, dan komponen ini sama dengan $E_x = 1 \times \exp(-jkz) V/m$. Dengan $k = \omega/c$ adalah banyaknya gelombang. Jika bidang tersebut diletakkan pada $z = 0$, maka $\vec{E}^{inc} = [1 \ 0 \ 0] V/m$. Vektor $[1 \ 0 \ 0]$ menunjukkan polarisasi gelombang bidang.



Gambar 2.13 Geometri medan datang untuk sebuah plat

Sumber: Markarov, Sergey N. 2002: 22

2.2 METODE PENELITIAN

Kajian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mengenai perancangan antena Heliks dengan frekuensi kerja 345 MHz menggunakan analisa Metode Momen yang berbasis pada algoritma RWG (Rao-Wilton-Glisson).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

2.2.1 Studi Literatur

Melakukan kajian pustaka untuk memahami karakteristik, analisa dan desain suatu antena heliks dengan menggunakan metode momen berdasarkan elemen tipe RWG (Rao-Wilton-Glisson).

2.2.2 Perancangan Antena Heliks

Dalam perancangan antena heliks, frekuensi kerja dan mode heliks harus ditentukan terlebih dahulu. Pada penelitian ini antena yang dirancang berupa heliks dengan mode axial yang bekerja pada frekuensi 345 MHz. Untuk struktur antena heliks, dimensinya dibuat berdasarkan literatur yang telah dipelajari. Dalam hal ini ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan agar antena heliks bekerja dalam mode axial, antara lain: keliling loop heliks harus berada pada rentang $\frac{3}{4}\lambda < C < \frac{4}{3}\lambda$ dengan sudut kemiringan antar putaran (*pitch angle*) berkisar $12^\circ - 14^\circ$, (Balanis, 1982: 509). Dengan terlebih dahulu menentukan dua dimensi tersebut, maka dimensi lainnya secara otomatis akan mengikuti ketentuan tersebut diatas.

Tahap selanjutnya adalah mensimulasikan hasil desain yang telah dibuat dengan bantuan software Matlab. Pada tahap ini kita menggunakan skrip yang dibuat berdasarkan algoritma MoM berbasis elemen tipe RWG. Dengan melakukan simuasi berdasarkan MoM, diharapkan agar dapat diketahui secara pasti pengaruh dimensi heliks terhadap parameter antena.

Berdasarkan data hasil simulasi antena heliks, akan dilakukan optimasi terhadap antena yang bersangkutan. Optimasi dapat berupa modifikasi terhadap struktur antena heliks, feed point, ataupun yang lainnya. Agar antena heliks yang dibuat sesuai dengan yang diharapkan.

2.2.3 Pembuatan Antena Heliks

Berdasarkan hasil rancangan tersebut, maka dapat dibuat antena heliks dengan menggunakan bahan konduktor alumunium. Adapun dasar pemilihan konduktor alumunium adalah dikarenakan sifatnya yang ringan, tidak korosif, mudah dibentuk, dan mudah didapatkan.

2.2.4 Pengumpulan Data

Data yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah berupa data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil pengukuran di laboratorium. Sedangkan data sekunder diperoleh dari studi literatur dan hasil simulasi. Data-data yang dipergunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Spesifikasi dimensi heliks yang akan dirancang.



2. Spesifikasi bahan konduktor yang akan digunakan dalam perancangan.
3. Pengaruh perubahan dimensi heliks terhadap parameter performansi antena heliks.

2.2.5 Pengujian dan Pengukuran Antena Heliks

Untuk mengetahui performansi dari antena yang sudah dibuat maka dilakukan pengukuran terhadap beberapa parameter antena pada frekuensi kerjanya, pengukuran ini diperlukan karena akan menunjukkan performansi antena yang sebenarnya. Pengukuran ini meliputi :

2.2.5.1 Pengukuran Koefisien Pantul dan VSWR Antena

Alat yang digunakan untuk pengukuran parameter tersebut adalah *Analyzer* yang dioperasikan pada jangkauan frekuensi kerja antena ini dengan interval tertentu. Sehingga diperoleh parameter Impedansi dan Koefisien Pantul. Selanjutnya dari parameter ini akan dapat dihitung nilai VSWR antena yang diuji.

2.2.5.2 Perhitungan Bandwidth Antena

Perhitungan ini dilakukan dengan menghitung selisih antara frekuensi atas dan frekuensi bawah pada pengukuran gain antena dengan nilai gain minimum 3 dB.

Selain bertujuan untuk mengetahui parameter performansi antena heliks, hasil pengujian diatas juga akan digunakan sebagai feedback untuk optimasi antena lebih lanjut jika memang diperlukan.

2.2.6 Analisa Antena

Pada tahap ini dilakukan analisa terhadap data-data yang diperoleh antara lain dengan melakukan perbandingan antara parameter-parameter antena hasil perencanaan dengan parameter-parameter antena hasil pengujian dan pengukuran.

2.2.7 Pengambilan Kesimpulan

Pengambilan kesimpulan ditulis berdasarkan hasil pengukuran dan analisa yang telah diperoleh.

BAB III

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perancangan Antena Heliks

Berdasarkan literatur yang telah dipelajari sebelumnya, untuk mendapatkan heliks dengan mode axial, antena heliks yang dirancang haruslah mempunyai keliling loop dengan rentang $\frac{3}{4}\lambda < C < \frac{4}{3}\lambda$ dan sudut kemiringan antar putaran (*pitch angle*) berkisar antara $12^\circ \sim 14^\circ$. Atas dasar tersebut, maka antena heliks yang akan dirancang dengan dimensi sebagai berikut :

$$f = 450 \text{ MHz}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{4.5 \times 10^8} ; \lambda = 0.67 \text{ m}$$

sehingga keliling loop heliks dalam rentang:

$$\frac{3}{4}\lambda < C < \frac{4}{3}\lambda$$

$$\frac{3}{4} \times 0.67 < C < \frac{4}{3} \times 0.67$$

$$0.503 < C < 0.89$$

dengan $C = 2\pi a$, maka kita bisa menentukan nilai jari-jari (a) yang memenuhi ketentuan tersebut diatas. Disini diambil nilai $a = 9 \text{ cm}$, yang memberikan nilai $C = 0.5652$ atau $C/\lambda \approx 0.844$.

Sudut kemiringan antar putaran (*pitch angle*) dinyatakan dengan persamaan:

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{S}{C} \right)$$

Dengan rentang $12^\circ < \alpha < 14^\circ$, sehingga

$$0.213 < \frac{S}{C} < 0.249$$

$$0.1204 < S < 0.140$$

Untuk jarak antar putaran diambil nilai dalam rentang tersebut, yaitu $S = 13 \text{ cm}$. Adapun untuk banyaknya putaran adalah 7 putaran ($N = 7$). Sedangkan untuk konduktor, dengan berbagai pertimbangan yang telah disebutkan sebelumnya dipilih konduktor alumunium pejal dengan diameter 5 mm.

3.2 Perancangan Dengan Menggunakan Simulator

Pada tahapan ini antena heliks dimodelkan dengan menggunakan elemen tepi RWG. Suatu konduktor diwakili dengan penggunaan model garis tipis yang mempunyai satu elemen tepi RWG untuk setiap lebar garis. Lebar garis sama dengan empat kali jari-jari konduktor. Pada penelitian ini pemodelan antena kawat

berdasarkan elemen tepi RWG dilakukan dengan menggunakan software pemrograman berbasis matriks, MATLAB.

Sebelum melakukan pemodelan antena, dilakukan beberapa pengujian untuk mengetahui pengaruh tiap-tiap dimensi heliks terhadap karakteristiknya. Dari referensi yang didapat diketahui bahwa heliks mempunyai karakteristik yang rumit dimana setiap dimensi strukturnya berpengaruh terhadap parameter antena tertentu. Hal inilah yang menyebabkan mengapa dalam perancangan heliks lebih bersifat empirik.

Berikut adalah beberapa variabel struktur heliks yang mempengaruhi parameter antena heliks:

3.2.1 Pengaruh Jumlah Lilitan Terhadap Karakteristik Heliks

Untuk mengetahui pengaruh jumlah lilitan terhadap karakteristik antena heliks, dilakukan simulasi dengan memasukkan nilai yang sama untuk tiap variabel dimensi heliks tetapi dengan jumlah lilitan yang berbeda.

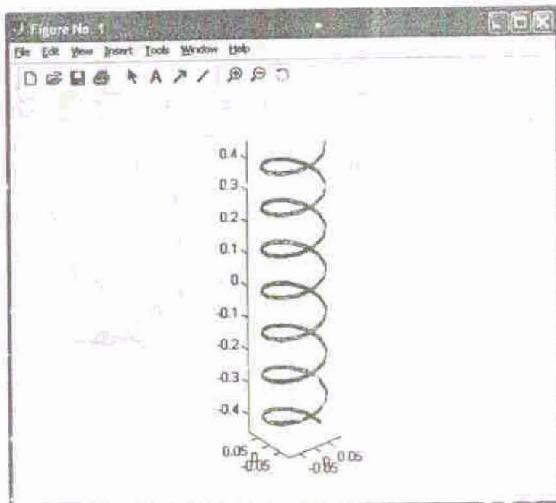
$$a=0.09; M=12; h=0.01; S=0.13$$

	$N=7$	$N=11$	$N=15$
Impedansi	$36.937 + 10.7443i$	$57.6773 + 9.0091i$	$65.6225 + 1.8216i$
Feed Power	0.0125	0.0085	0.0076
Arus Maks.	0.0266	0.0201	0.0153
Arus Min.	0.002	0.0015	4.78×10^{-4}
Medan Elektrik	$-0.0000 + 0.0000i$ $0.0082 + 0.0009i$ $-0.0030 - 0.0005i$	$0.0000 - 0.0000i$ $-0.0069 - 0.0017i$ $-0.0016 + 0.0005i$	$-0.0000 - 0.0000i$ $0.0023 + 0.0022i$ $-0.0007 - 0.0007i$
Medan Magnet	$1.0 \times 10^{-4} *$ $-0.0000 + 0.0000i$ $0.0791 + 0.0133i$ $0.2177 + 0.0239i$	$1.0 \times 10^{-4} *$ $0.0001 - 0.0000i$ $-0.0430 - 0.0136i$ $-0.1822 - 0.0447i$	$1.0 \times 10^{-5} *$ $0.0009 + 0.0021i$ $0.1743 + 0.1853i$ $0.6096 + 0.5769i$
Kerapatan Radiasi	1.0248×10^{-7}	7.0149×10^{-8}	1.4490×10^{-8}
Intensitas Radiasi	0.0010	7.0149×10^{-4}	1.4490×10^{-4}
Resistansi Radiasi	37.1771	57.8398	65.9475

Tabel 3-1 Karakteristik Antena Heliks dengan Jumlah Lilitan Berbeda

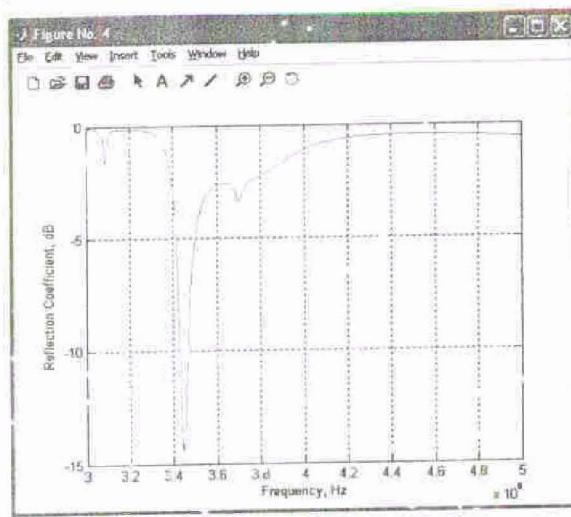
Sumber: Hasil Perhitungan

$$a=0.09; M=12; h=0.01; N=7; S=0.13;$$

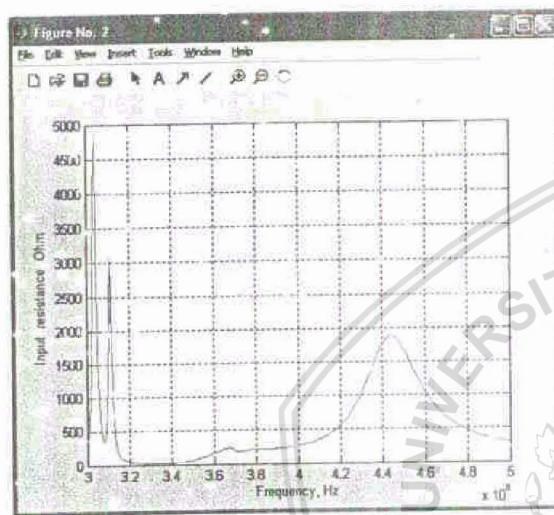


FreqToPlot = 345MHz

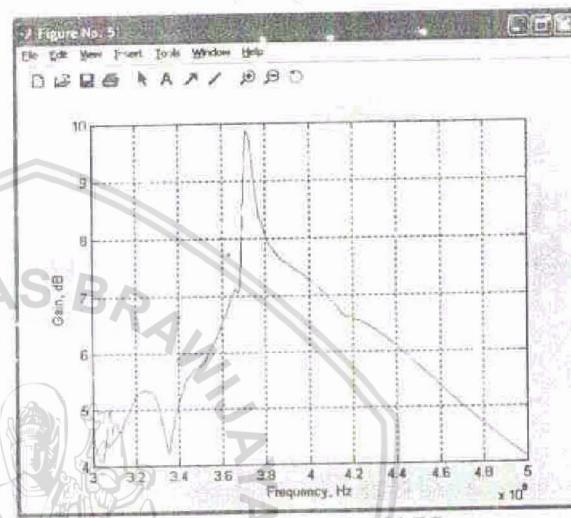
(3.1a)



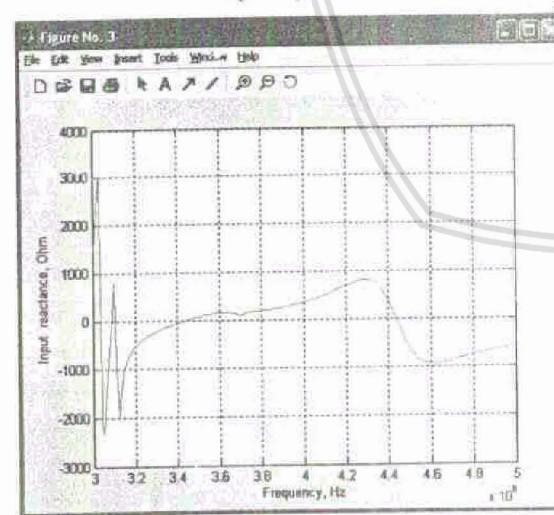
(3.1d)



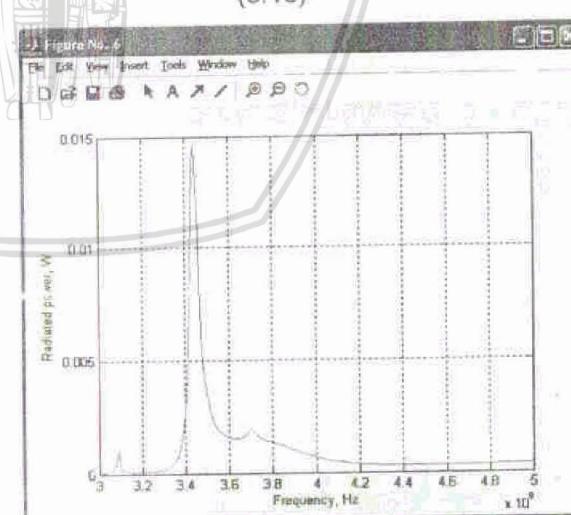
(3.1b)



(3.1e)

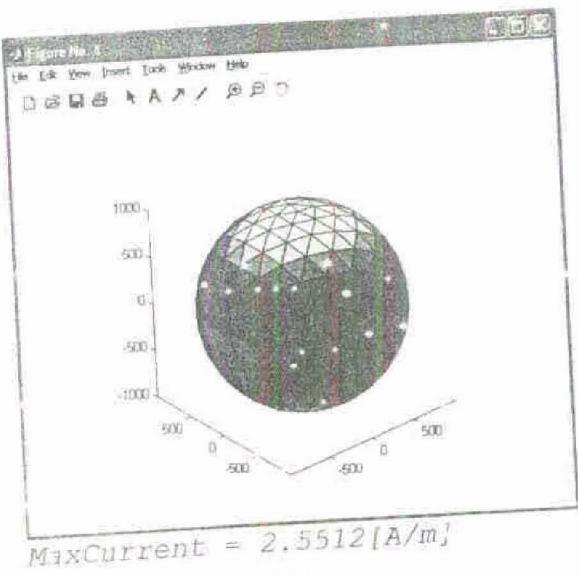


(3.1c)

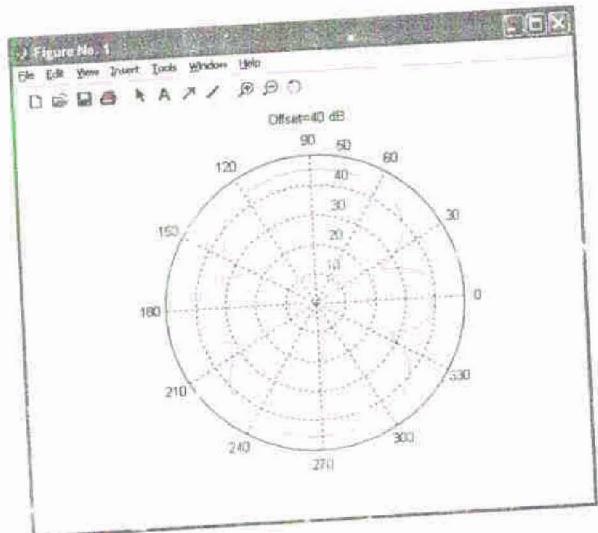


(3.1f)





(3.1g)

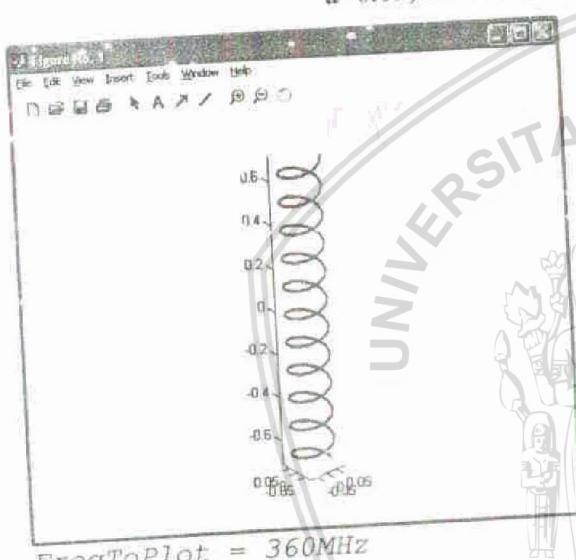


(3.1h)

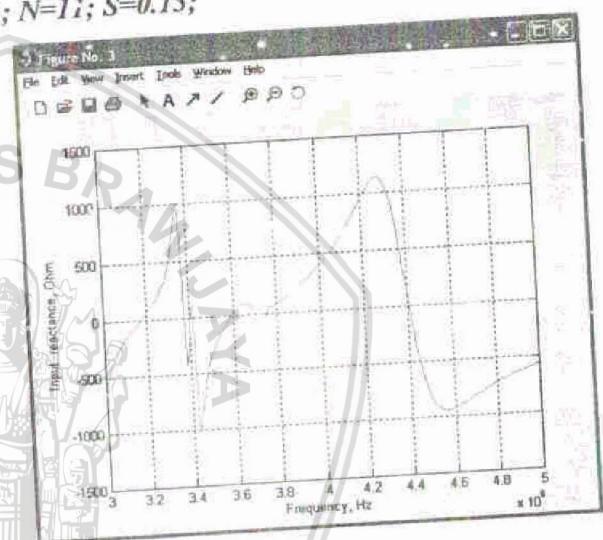
Gambar 3.1 Karakteristik Antena Heliks dengan $N = 7$

Sumber: Hasil Perhitungan

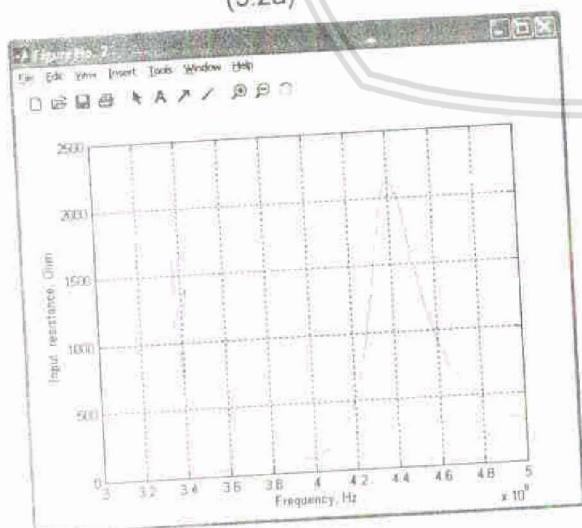
$$a=0.09; M=12; h=0.01; N=11; S=0.13;$$



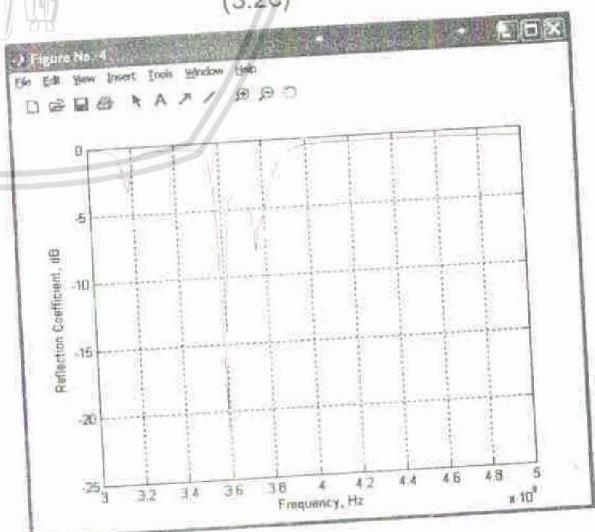
(3.2a)



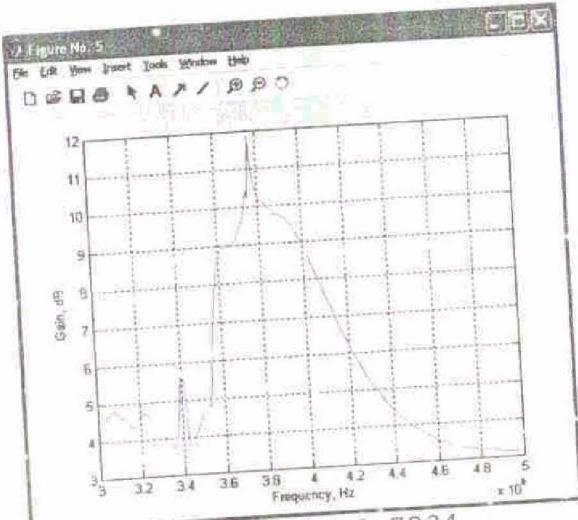
(3.2c)



(3.2b)

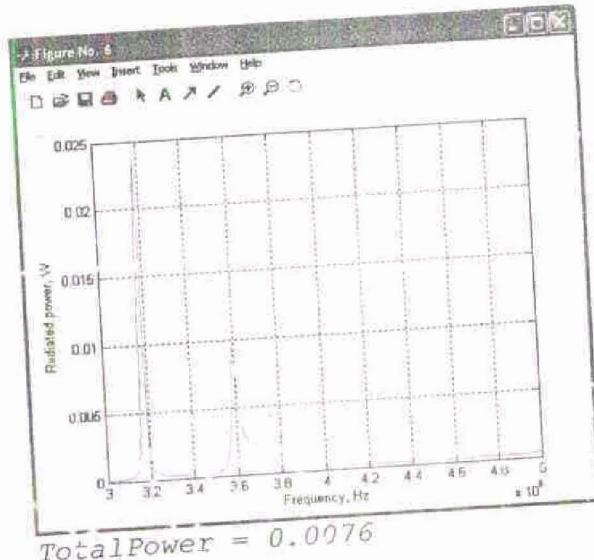


(3.2d)

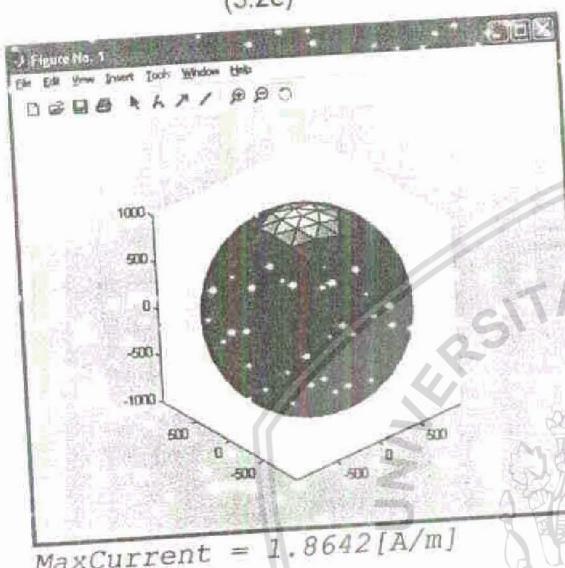


GainLogarithmic = 8.7234
GainLinear = 7.4532

(3.2e)

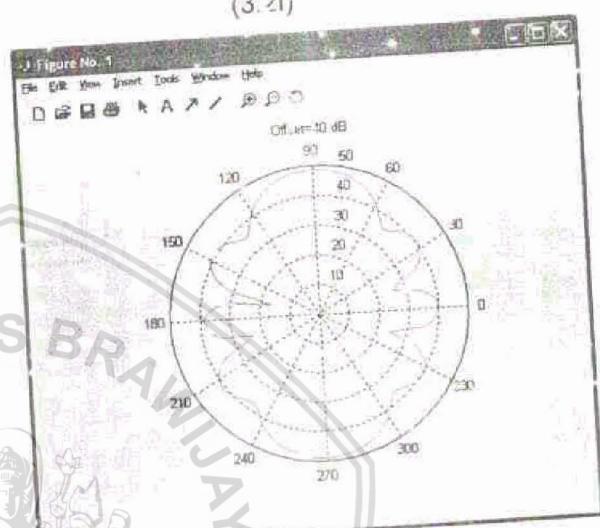


(3.2f)



MaxCurrent = 1.8642 [A/m]

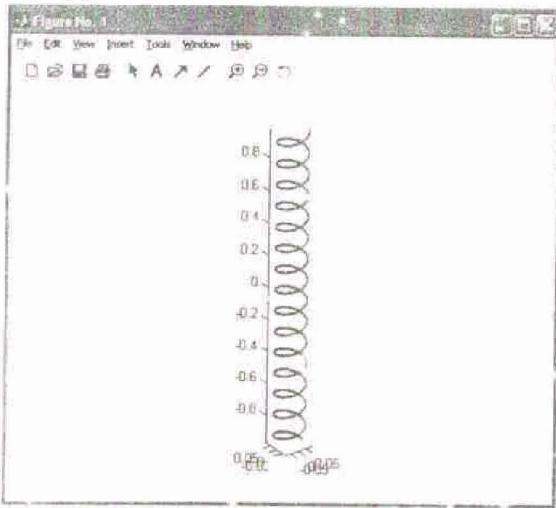
(3.2g)



(3.2h)

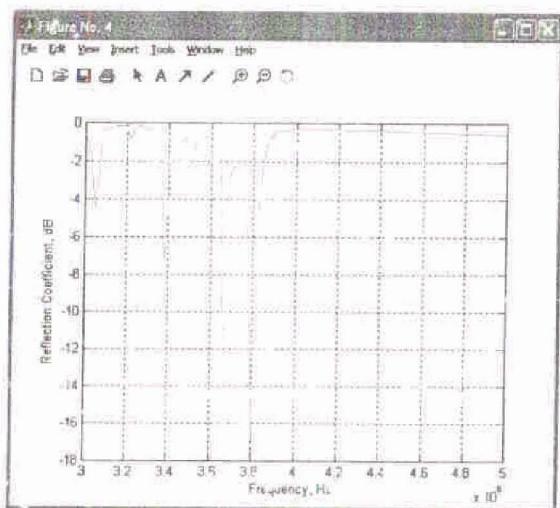
Gambar 3.2 Karakteristik Antena Heliks dengan $N = 11$
Sumber: Hasil Perhitungan

$$a=0.09; M=12; h=0.01; N=15; S=0.13;$$

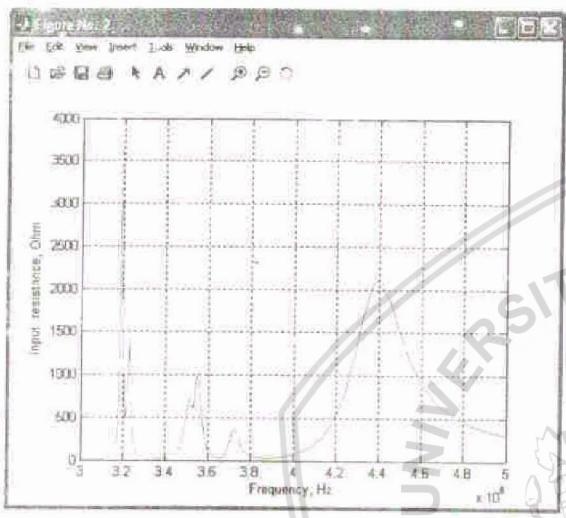


FreqToPlot = 380MHz

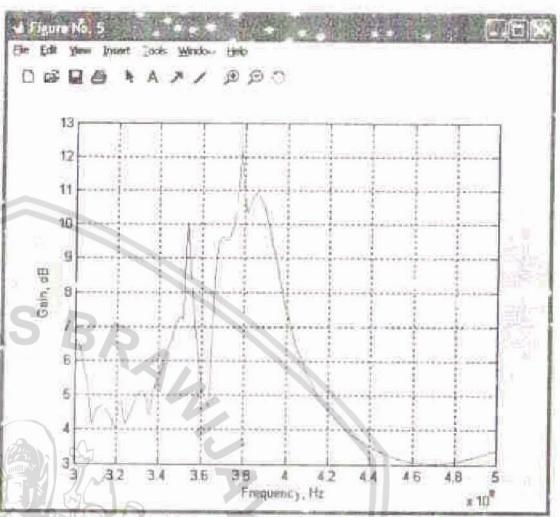
(3.3a)



(3.3d)

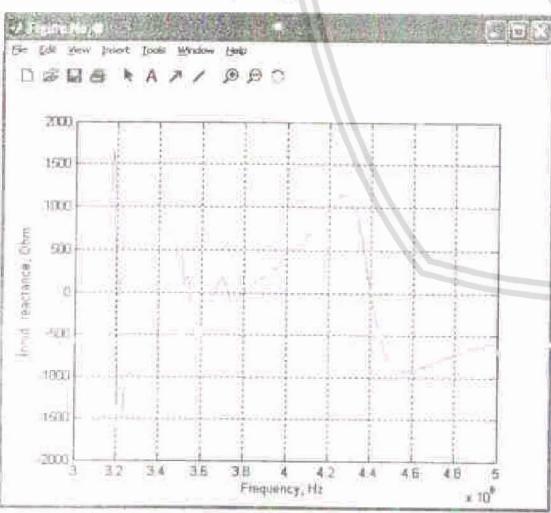


(3.3b)

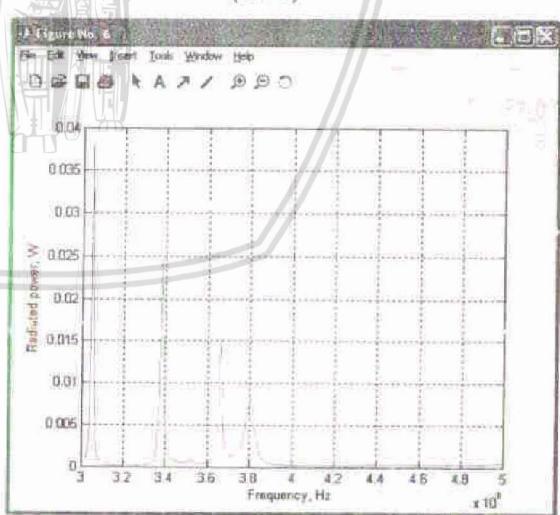


GainLogarithmic = 10.6004
GainLinear = 11.4827

(3.3e)



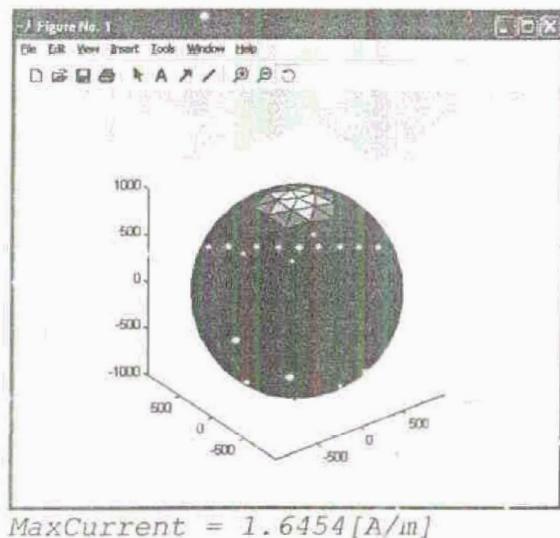
(3.3c)



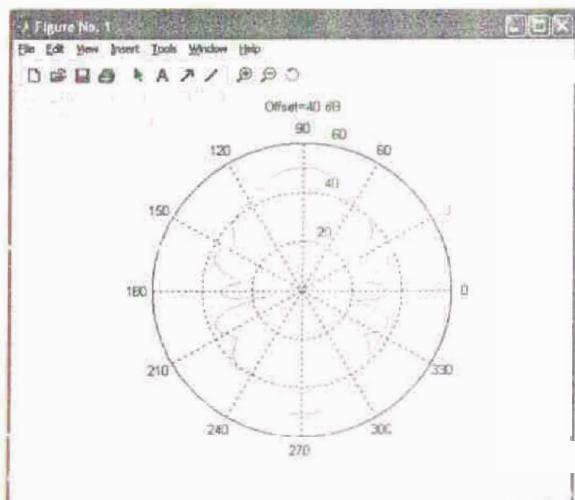
TotalPower = 0.0081

(3.3f)





(3.3g)



(3.3h)

Gambar 3.3 Karakteristik Antena Heliks dengan $N = 15$

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil simulasi antena heliks dengan menggunakan jumlah putaran yang berbeda ternyata menunjukkan bahwa penambahan jumlah lilitan juga dapat menyebabkan pergeseran frekuensi kerja dari antena heliks. Dengan berasumsi frekuensi kerja dari antena heliks, pada dasarnya kita tidak bisa menyatakan hubungan perbandingan perubahan jumlah lilitan dengan besarnya *gain* antena heliks pada setiap frekuensi tertentu secara umum. Pernyataan bahwa direktivitas antena mengalami peningkatan seiring penambahan lilitan hanya berlaku untuk perbandingan *gain* pada frekuensi tengah dari masing-masing heliks. Penambahan lilitan juga menyebabkan nilai resistansi heliks meningkat sebagai implikasi pertambahan panjang batang konduktor. Dengan mengacu pada C. A. Balanis dalam bukunya yang berjudul *Antenna Theory*, disebutkan bahwa medan total (kuat medan) diperoleh melalui perkalian medan dari satu lilitan dengan faktor array (perkalian pola). Teori ini berdasarkan pada penambahan sederhana dari banyak loop dengan distribusi arus yang sama. Hal ini kurang sesuai dengan prediksi Balanis yang hanya menyebutkan pengaruh jumlah lilitan terhadap besarnya direktivitas antena heliks mode aksial. Sebagai catatan, bahwa Balanis menggunakan teori yang sama tentang distribusi arus konstan pada heliks mode normal. Dijelaskan bahwa untuk *electrically small* *Imp*, heliks dengan N lilitan mempunyai resistansi input N^2 kali impedansi input loop tunggal. Prediksi ini pernah dikoreksi oleh Sergey N. Makarov yang mendapat bahwa faktor tersebut dapat jauh lebih besar dari N^2 . Makarov menjelaskan kemungkinan bahwa untuk antena yang mencapai resonansi pada keseluruhan strukturnya, teori Balanis yang berdasarkan pada penambahan sederhana dari banyak loop dengan distribusi arus yang sama tidak dapat menjelaskan efek tersebut.

Gain heliks sebenarnya mengalami peningkatan seiring dengan penambahan jumlah lilitan (gambar 3.1e, 3.2e dan 3.3e), akan tetapi pada frekuensi tertentu besarnya tidaklah berbanding lurus dengan N . Bahkan heliks dengan jumlah lilitan yang berbeda selain memiliki frekuensi kerja yang berbeda ternyata juga dapat memiliki dua titik resonansi yang sama-sama menyentuh level -10dB (gambar 3.3d). Dengan mengadopsi pada pernyataan Makarov, hal itu dapat dijelaskan sebagai berikut: perubahan jumlah lilitan ternyata mengakibatkan perubahan kelistrikan struktur heliks yang antara lain ditandai dengan perubahan distribusi arus permukaannya. Perubahan ini menyebabkan pergeseran pada titik resonansi struktur antena yang pada akhirnya mempengaruhi frekuensi kerja antena serta pola radiasinya.

3.2.2 Pengaruh Diameter Konduktor Terhadap Karakteristik Heliks

Untuk mengetahui pengaruh diameter konduktor terhadap karakteristik antena heliks, dilakukan simulasi dengan memasukkan nilai yang sama untuk tiap variabel dimensi heliks namun dengan ukuran konduktor yang berbeda.

$$a=0.09; M=12; N=7; S=0.13;$$

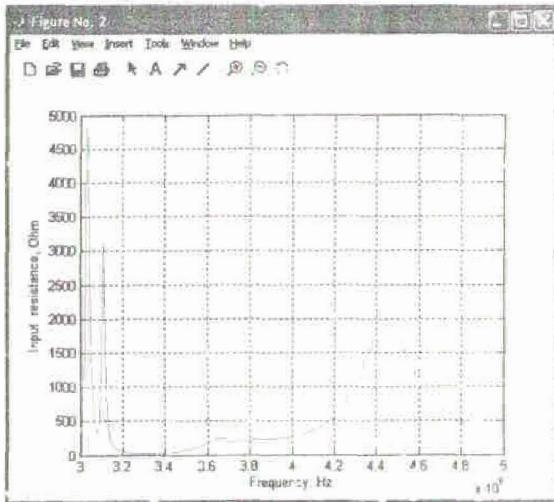
	$h=0.008$	$h=0.01$	$h=0.012$
Impedansi	$37.7548 + 13.0009i$	$36.9365 + 10.7443i$	$36.1046 + 8.5405i$
Feed Power	0.0118	0.0125	0.0131
Arus Maks.	0.02566543232528	0.02656297366857	0.02746132960771
Arus Min.	0.00194861032035	0.00202098667003	0.00210040179379
Medan Elektrik	$0.0080 + 0.0005i$ $-0.0029 - 0.0004i$	$0.0080 + 0.0009i$ $-0.0030 - 0.0005i$	$0.0080 + 0.0014i$ $-0.0030 - 0.0007i$
Medan $\sim \sim n$	$1.0 \times 10^{-4}^*$ $e^{-0.0000 + 0.0000i}$ $0.0775 + 0.0095i$ $0.2113 + 0.0130i$	$1.0 \times 10^{-4}^*$ $0.0000 + 0.0000i$ $0.0791 + 0.0133i$ $0.2177 + 0.0239i$	$1.0 \times 10^{-4}^*$ $-0.0000 + 0.0000i$ $0.0804 + 0.0174i$ $0.2234 + 0.0359i$
Kerapatan Radiasi	9.5904×10^{-8}	1.0248×10^{-7}	1.0918×10^{-7}
Intensitas Radiasi	9.5904×10^{-4}	0.0010	0.0011
Resistansi Radiasi	37.9867	37.1771	36.3555

Tabel 3-2 Karakteristik Antena Heliks dengan Diameter Konduktor Berbeda

Sumber: Hasil Perhitungan

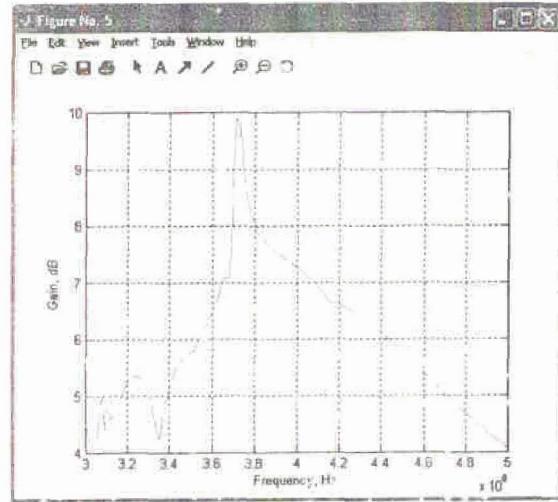


$$a=0.09; M=12; h=0.008; N=7; S=0.13;$$



FreqToPlot = 345MHz

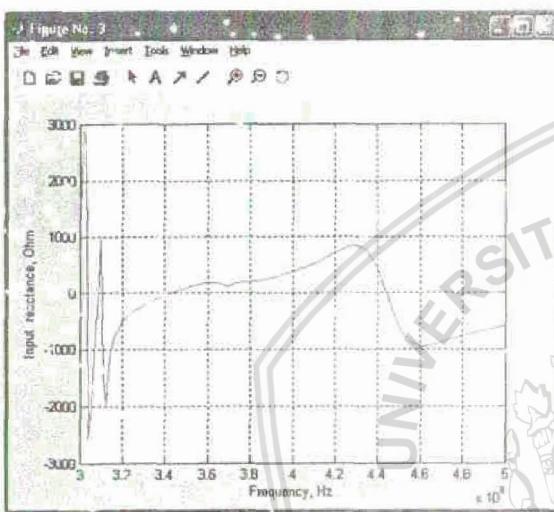
(3.4a)



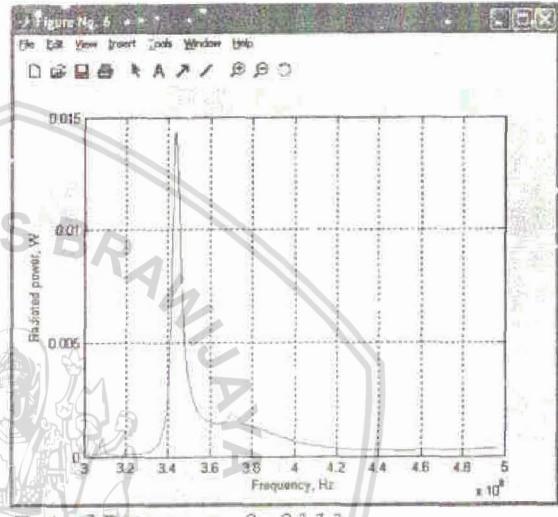
GainLogarithmic = 5.6134

GainLinear = 3.6420

(3.4d)

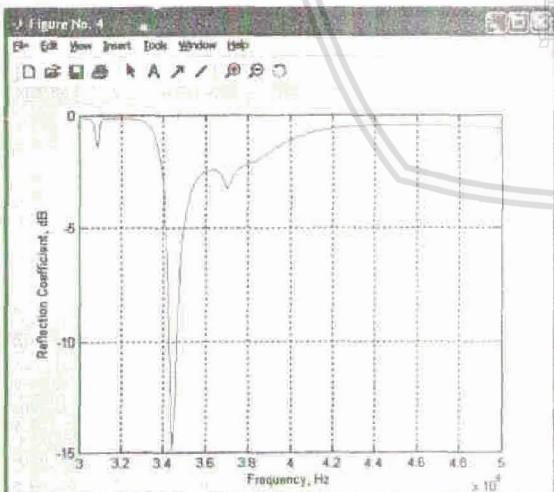


(3.4b)

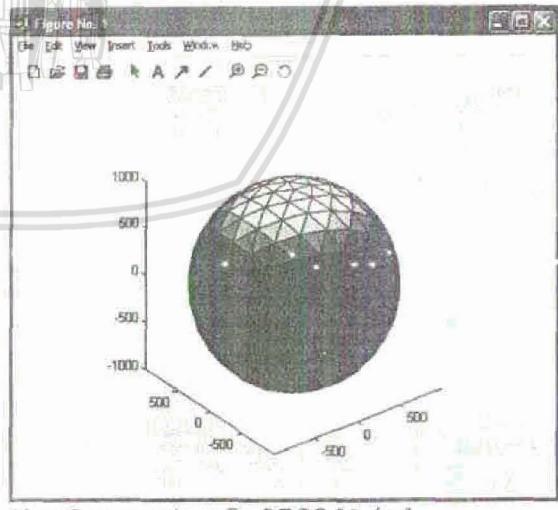


TotalPower = 0.0111

(3.4e)

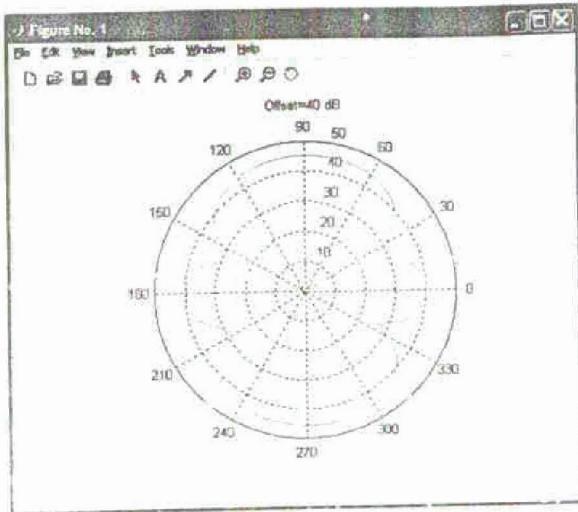


(3.4c)



MaxCurrent = 3.0732 [A/m]

(3.4f)

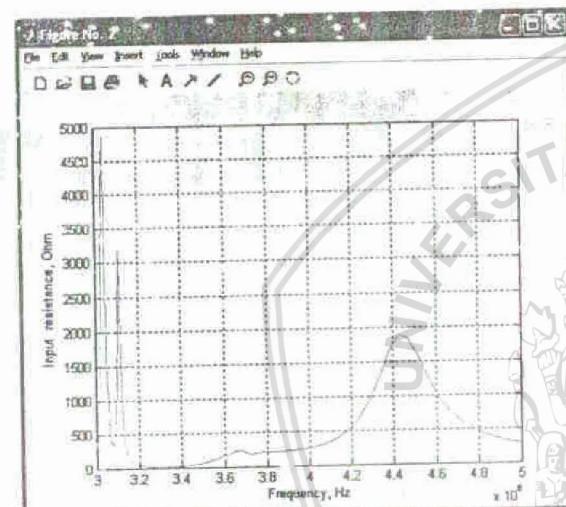


(3.4g)

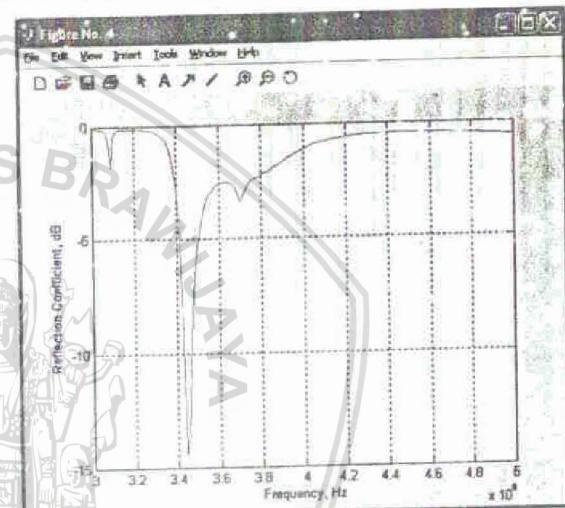
Gambar 3.4 Karakteristik Antena Heliks dengan $h = 0.008$

Sumber: Hasil Perhitungan

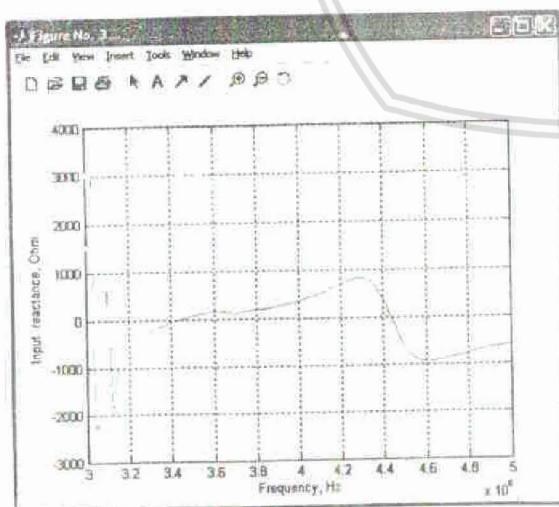
$$\alpha = 0.09; M = 12; h = 0.01; N = 7; S = 0.13;$$



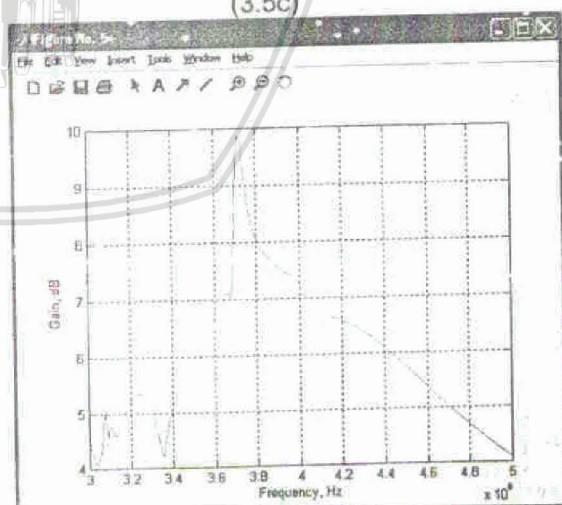
$FreqToPlot = 345\text{MHz}$
(3.5a)



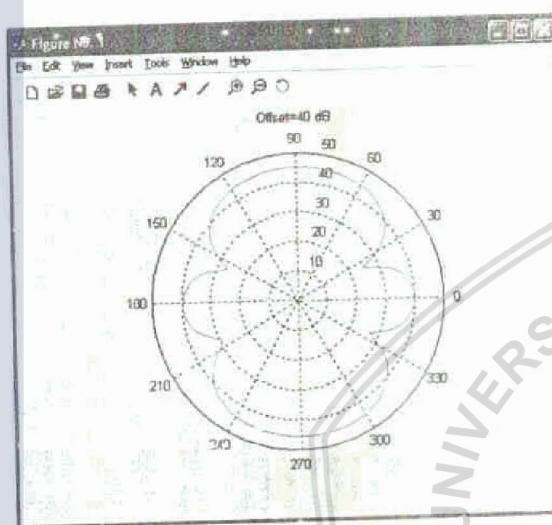
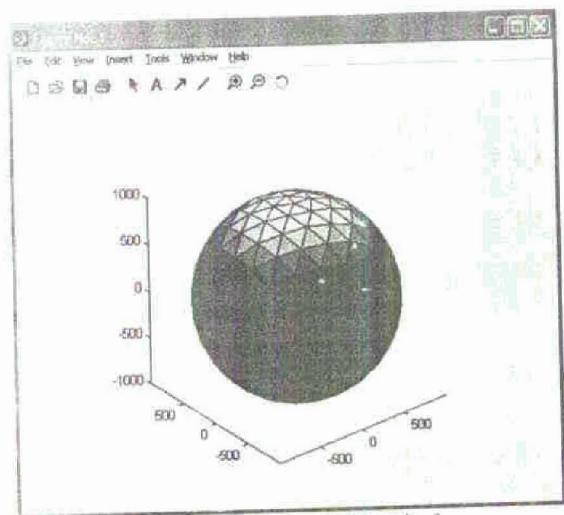
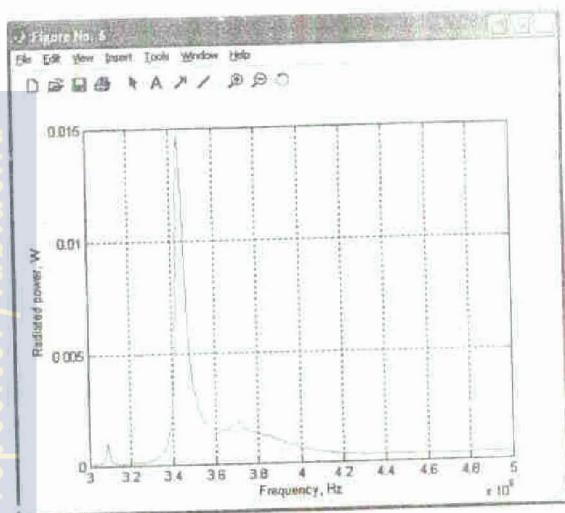
(3.5c)



(3.5b)



$GainLogarithmic = 5.6179$
 $GainLinear = 3.6458$
(3.5d)

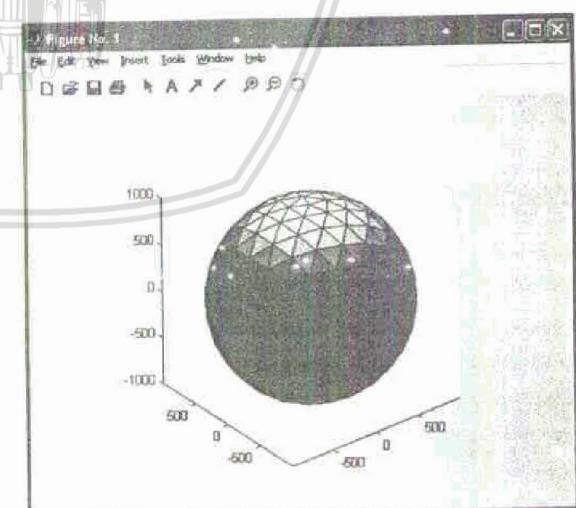
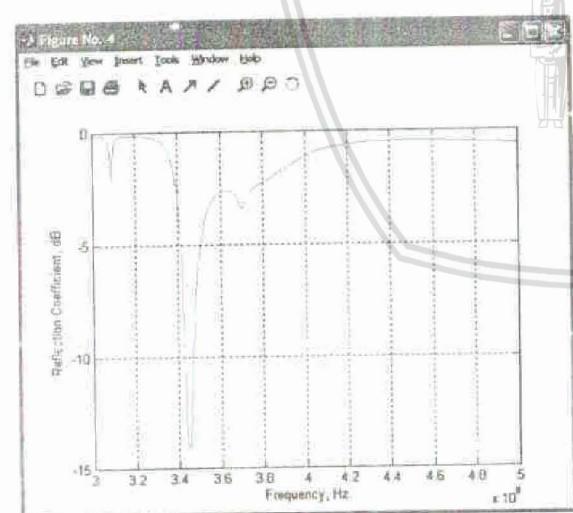
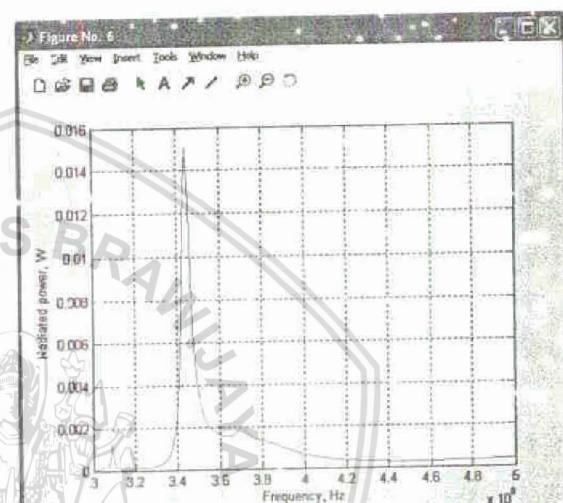
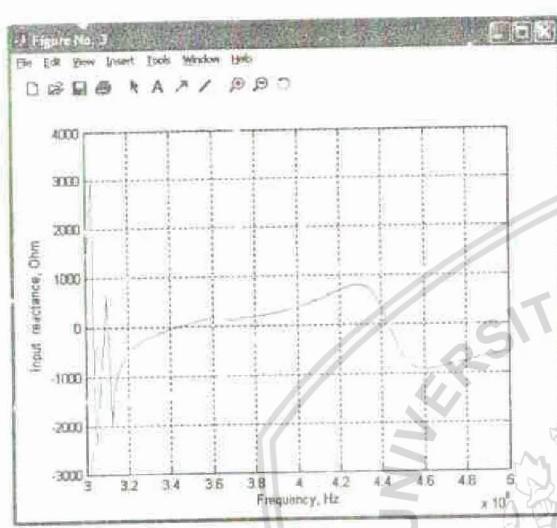
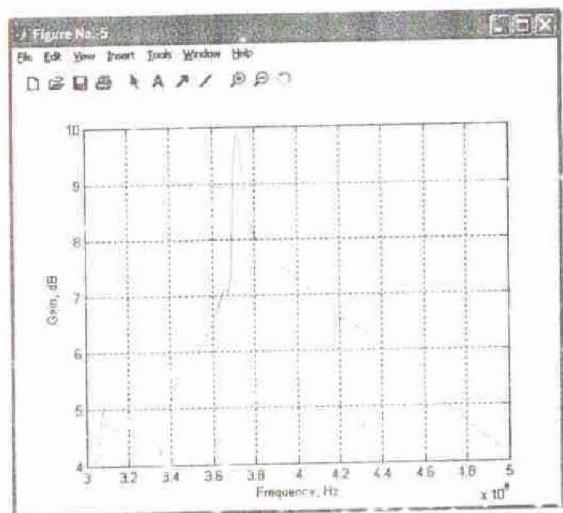
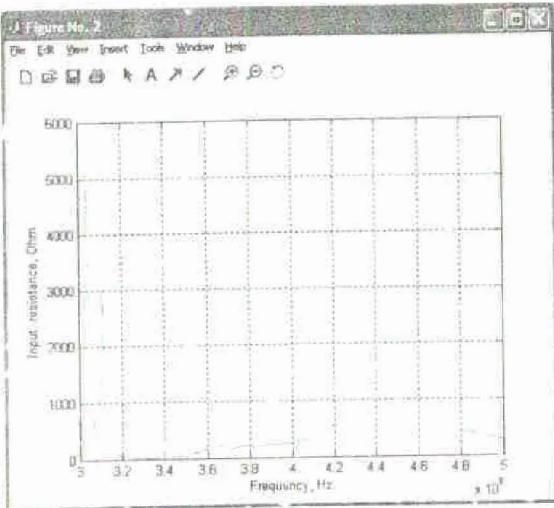


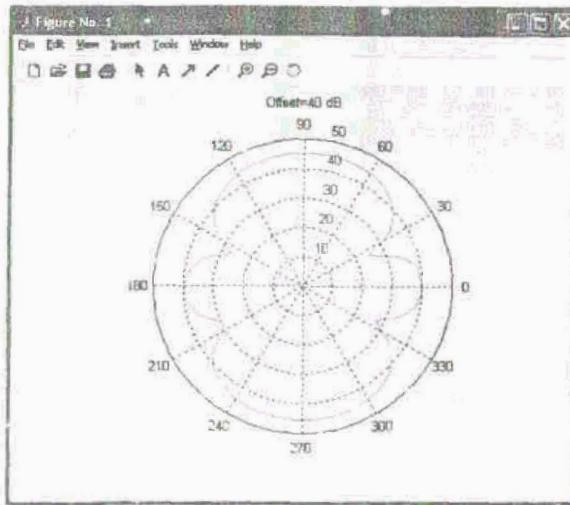
Gambar 3.5 Karakteristik Antena Heliks dengan $h = 0.01$

Sumber: Hasil Perhitungan



$$a=0.09; M=12; h=0.012; N=7; S=0.13;$$





(3.6g)

Gambar 3.6 Karakteristik Antena Heliks dengan $h = 0.012$

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil simulasi menunjukkan bahwa ukuran diameter konduktor berpengaruh terhadap impedansi input antena. Dari tabel 3-2 dapat dilihat bahwa dengan semakin besarnya diameter kawat menyebabkan semakin kecilnya impedansi input antena.

3.2.3 Pengaruh Sudut Antar Lilit/Pitch Angle Terhadap Karakteristik Heliks

Untuk mengetahui pengaruh sudut antar lilitan terhadap karakteristik antena heliks, dilakukan simulasi dengan memasukkan nilai yang sama untuk tiap variabel dimensi heliks namun dengan *pitch angle* yang berbeda.

$$a=0.09; M=24; h=0.01; N=7;$$

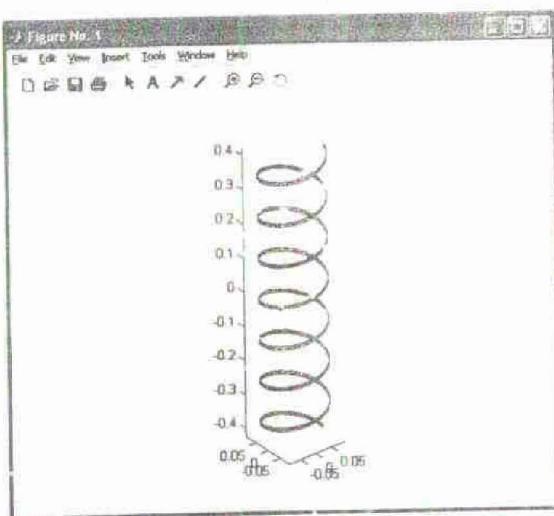
	$S=0.12$	$S=0.13$	$S=0.14$
Impedansi	$28.9438 - 7.2900i$	$38.2178 + 17.3156i$	$46.0875 + 41.0168i$
Feed Power	0.0162	0.0109	0.0061
Arus Maks.	0.03488179363844	0.02445756080089	0.01677098665684
Arus Min.	0.00157809513871	0.00112142245154	$7.508522347662082e-004$
Medan Elektrik		-0.0000 - 0.0000i -0.0041 + 0.0067i 0.0016 - 0.0024i	-0.0000 - 0.0000i -0.0008 + 0.0052i 0.0006 - 0.0021i
Medan Magnet		$1.0 \times 10^{-4} *$	$1.0 \times 10^{-4} *$
Kerapatan Radiasi		-0.0000 - 0.0000i -0.0423 + 0.0632i -0.1081 + 0.1787i	-0.0000 - 0.0000i -0.0150 + 0.0554i -0.0202 + 0.1390i
Intensitas Radiasi		9.3092e-008	4.3388e-008

Resistansi Radiasi	29.1805	38.5388	46.4815
--------------------	---------	---------	---------

Tabel 3-3 Karakteristik Antena Heliks dengan *Pitch Angle* Berbeda

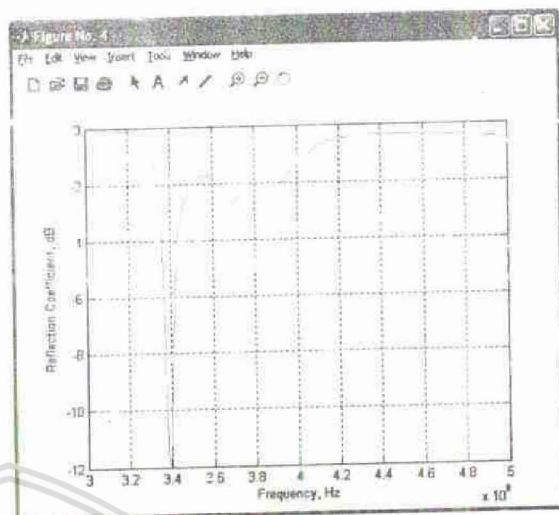
Sumber: Hasil Perhitungan

$$a=0.09; M=24; h=0.01; N=7; S=0.12;$$

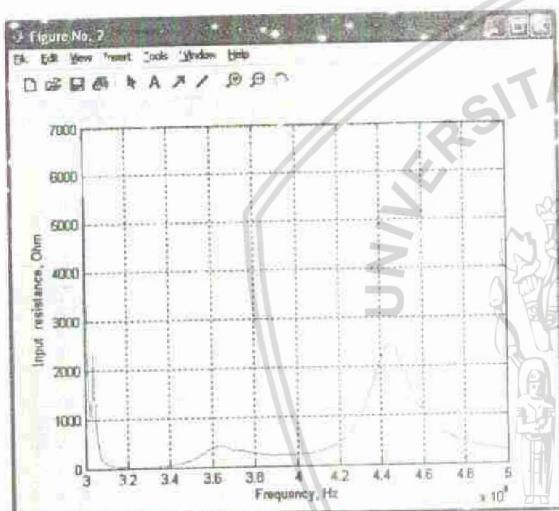


(3.7a)

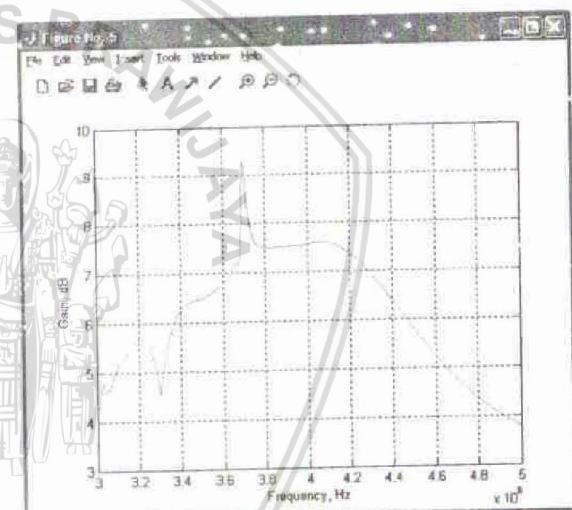
(3.7c)



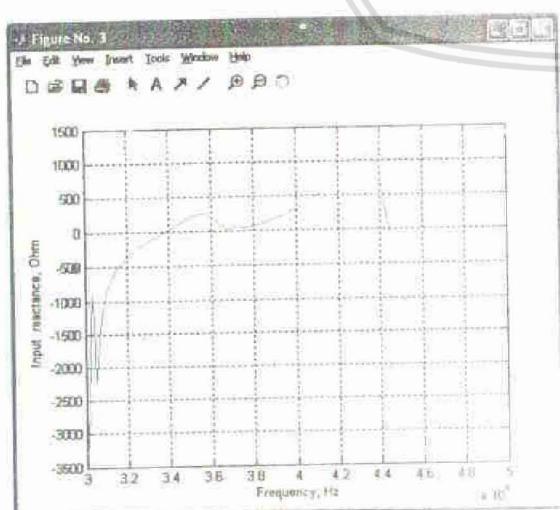
(3.7d)

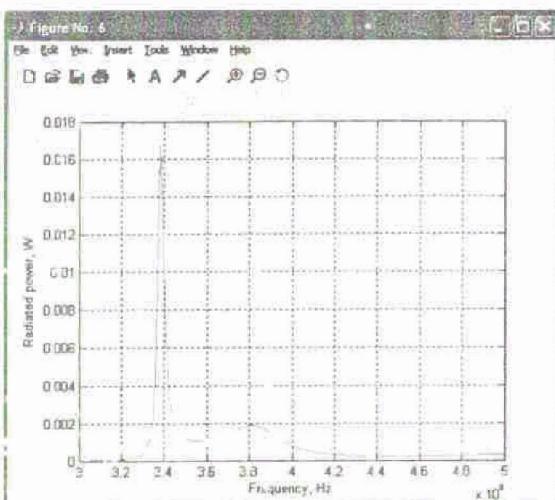


FreqToPlot = 338MHz
(3.7b)

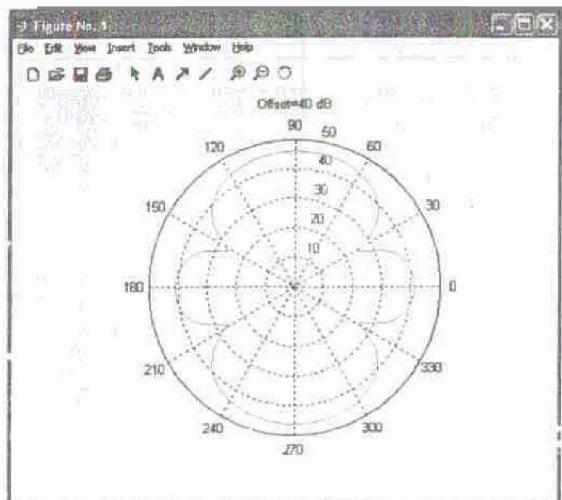


GainLogarithmic = 6.1408
GainLinear = 4.1122
(3.7e)

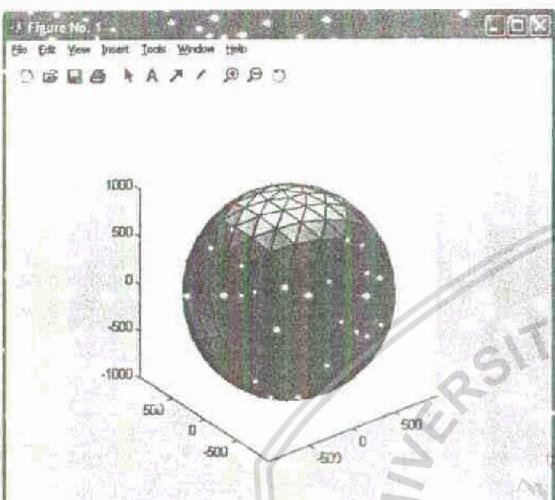




$$\text{TotalPower} = 0.0167 \quad (3.7f)$$



(3.7h)

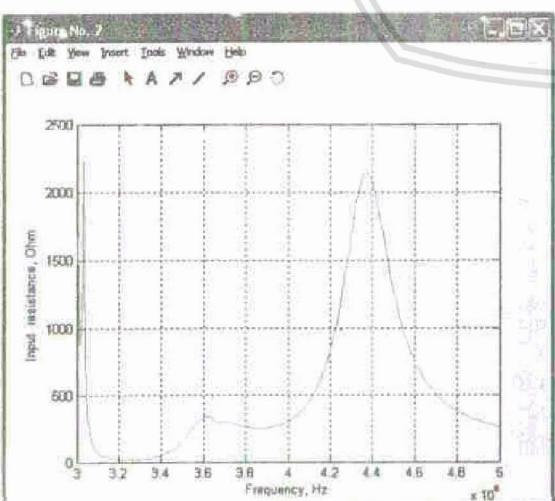


$$\text{MaxCurrent} = 3.4899 \text{ [A/m]} \quad (3.7g)$$

Gambar 3.7 Karakteristik Antena Heliks dengan $S = 0.12$

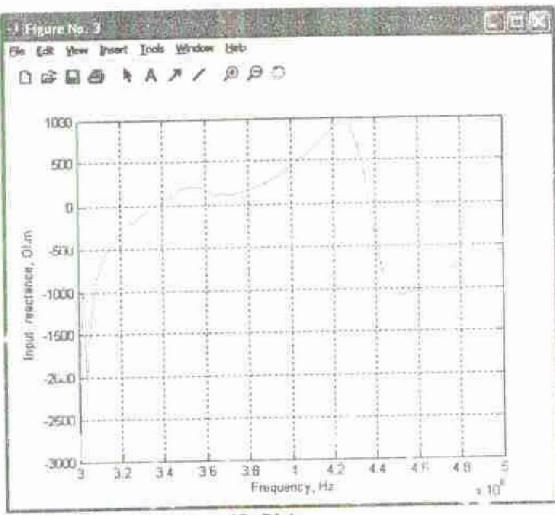
Sumber: Hasil Perhitungan

$$a=0.09; M=24; h=0.01; N=7; S=0.13;$$

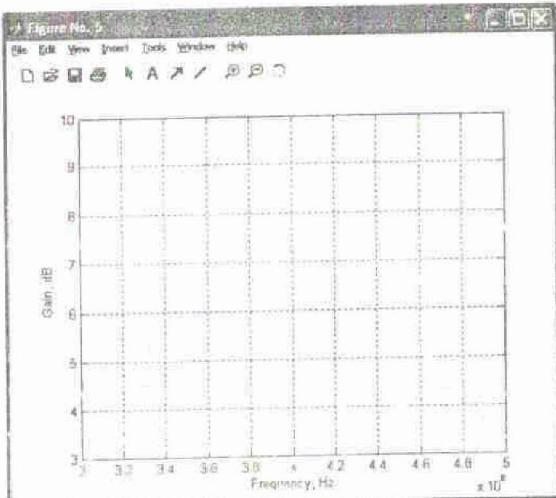


$$\text{FreqToPlot} = 338\text{MHz} \quad (3.8a)$$



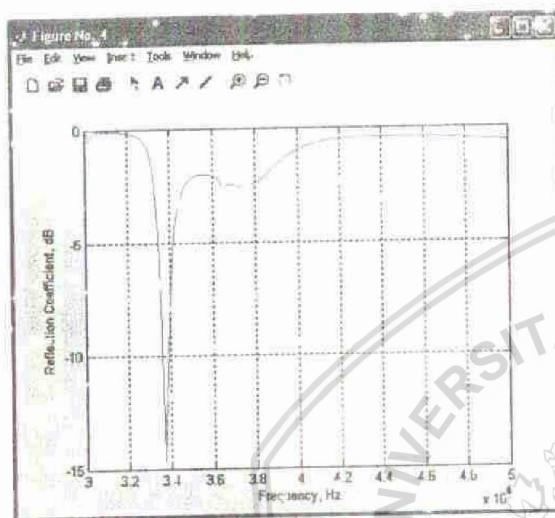


(3.8b)

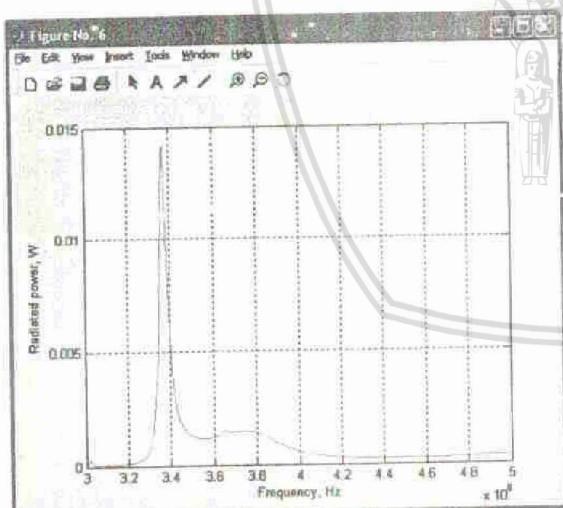


GainLogarithmic = 5.3819
GainLinear = 3.8743

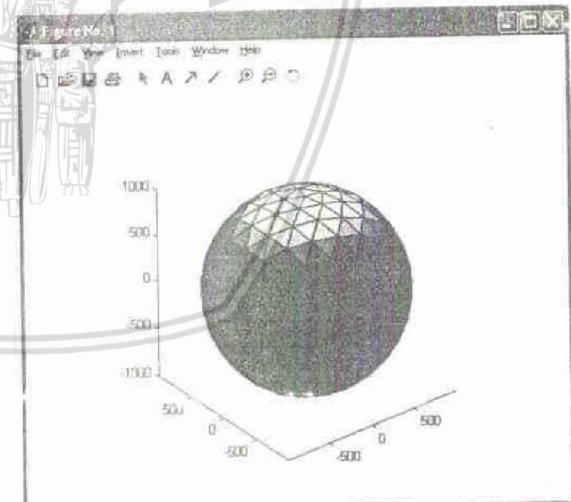
(3.8d)



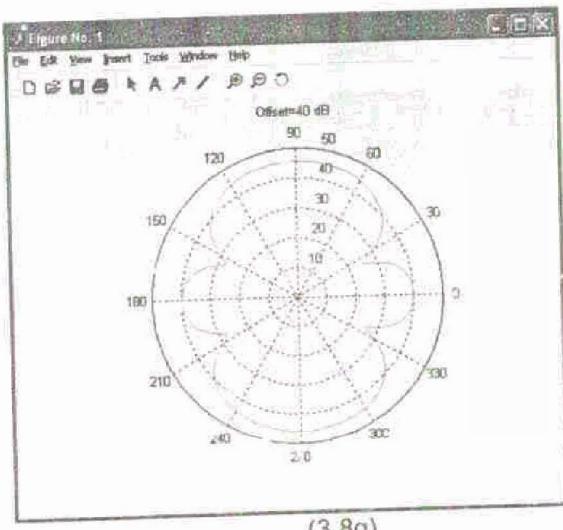
(3.8c)



TotalPower = 0.0101
(3.8e)



MaxCurrent = 2.3343 [A/m]
(3.8f)

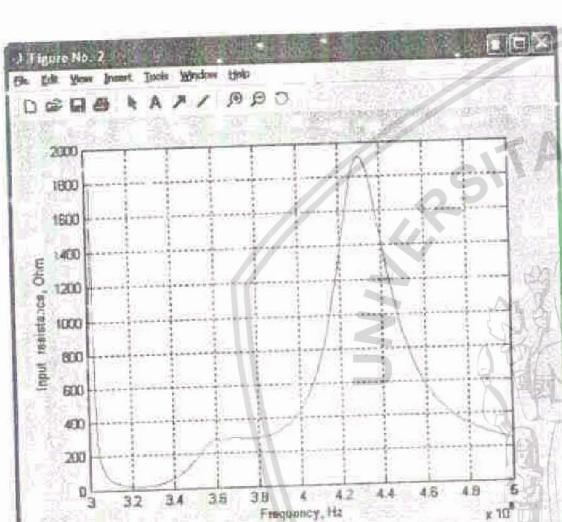
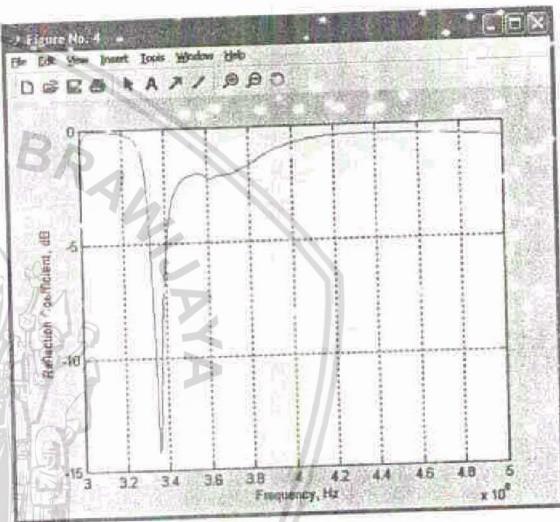


(3.8g)

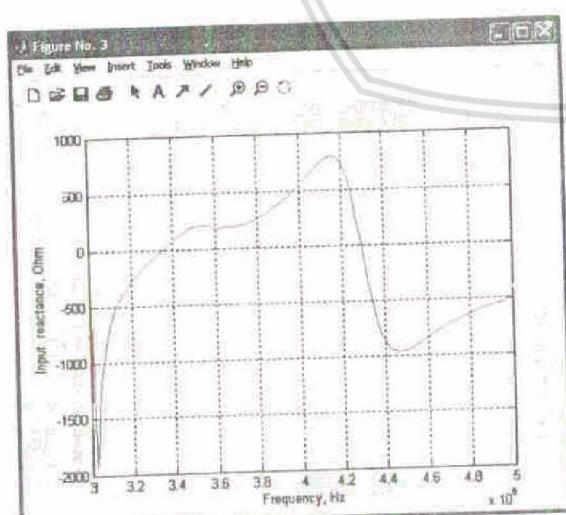
Gambar 3.8 Karakteristik Antena Heliks dengan $S = 0.13$

Sumber: Hasil Perhitungan

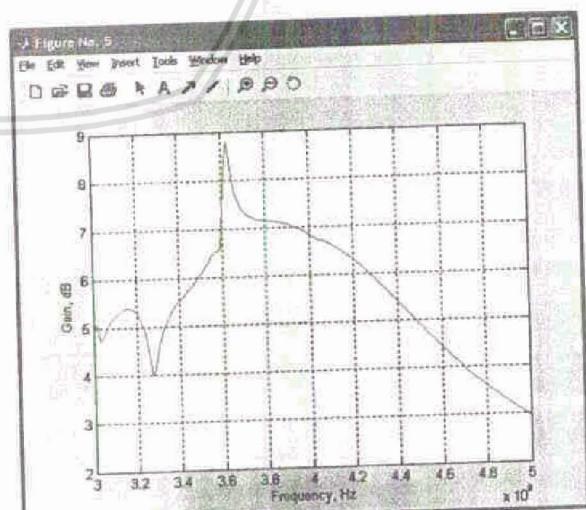
$$a=0.09; M=24; h=0.01; N=7; S=0.14;$$

FreqToPlot = 338MHz
(3.9a)

(3.9c)



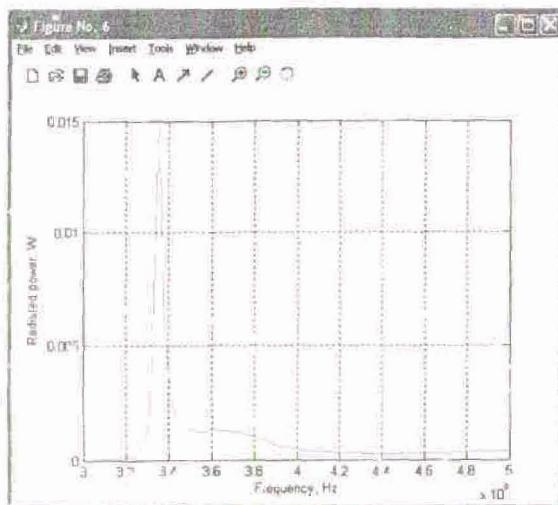
(3.9b)



GainLogarithmic = 5.4565

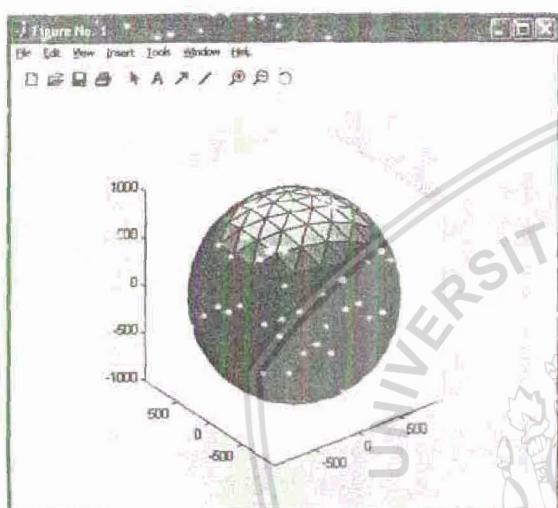
$$GainLinear = 3.5128$$

(3.9d)



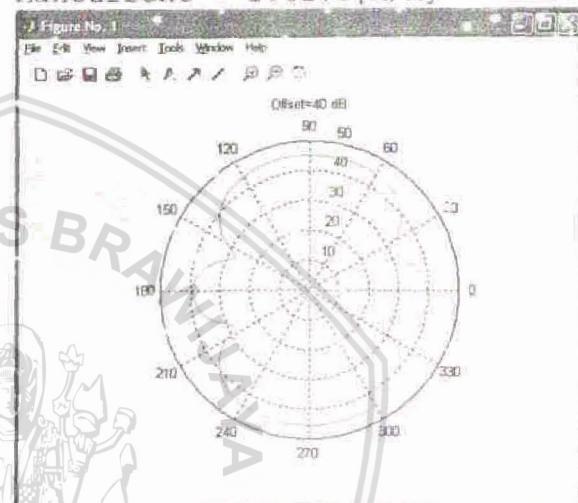
$$TotalPower = 0.0057$$

(3.9e)



(3.9f)

$$MaxCurrent = 1.6108 [A/m]$$



(3.9g)

Gambar 3.9 Karakteristik Antena Heliks dengan $S = 0.14$

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa ternyata impedansi input antena sangat tergantung pada *pitch angle* atau jarak antar lilitan. Dari tabel 3-3 bisa dilihat bahwa dengan merubah besar *pitch angle* ternyata impedansi antena mengalami perubahan yang signifikan, yaitu dengan melonjaknya nilai impedansi input. Dengan melihat hasil pada bagian sebelumnya, dapat dikatakan bahwa besarnya impedansi input antena heliks dipengaruhi oleh ukuran diameter konduktor dan besarnya *pitch angle* atau jarak antar lilitan.

3.2.4 Pengaruh Keliling Loop Terhadap Karakteristik Heliks

Untuk mengetahui pengaruh keliling loop terhadap karakteristik antena heliks, dilakukan simulasi dengan memasukkan nilai yang sama untuk tiap variabel dimensi heliks namun dengan diameter yang berbeda.

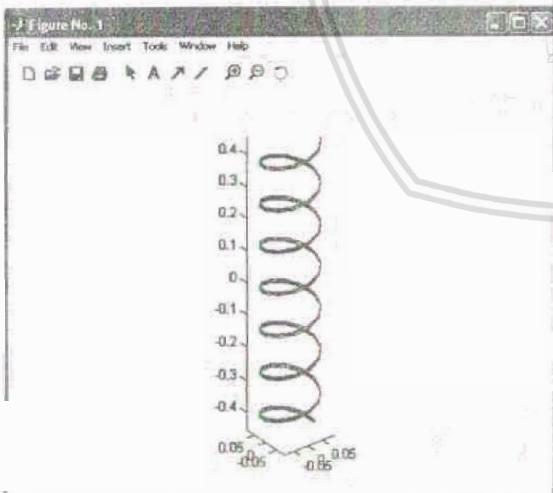
$$M=12; h=0.01; N=7; S=0.13;$$

	$a = 0.085$	$a = 0.09$	$a = 0.095$
Impedansi	$31.9994 - 0.7492i$	$36.9365 + 10.7443i$	$33.6521 - 1.2407i$
Feed Power	0.0156	0.0125	0.0148
Arus Maks.	0.03147232553888	0.02656297366857	0.03024995677716
Arus Min.	0.00234346861993	0.00202098667003	0.00236175882094
Medan Elektrik	-0.0000 + 0.0000i 0.0090 + 0.0035i -0.0033 - 0.0015i	-0.0000 + 0.0000i 0.0082 + 0.0009i -0.0030 - 0.0005i	-0.0000 + 0.0000i 0.0083 + 0.0047i -0.0028 - 0.0017i
	$1.0 \times 10^{-4}*$	$1.0 \times 10^{-4}*$	$1.0 \times 10^{-4}*$
Medan Magnet	-0.0000 + 0.0000i 0.0871 + 0.0398i 0.2393 + 0.0940i	-0.0000 + 0.0000i 0.0791 + 0.0133i 0.2177 + 0.0239i	-0.0000 + 0.0000i 0.0739 + 0.0440i 0.2194 + 0.1259i
Kerapatan Radiasi	1.4177e-007	1.0248e-007	1.3451e-007
Intensitas Radiasi	0.0014	0.0010	0.0013
Resistansi Radiasi	32.2062	37.1771	33.8680

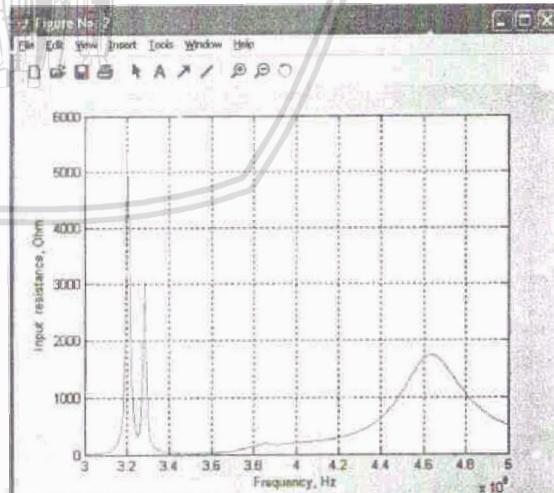
Tabel 3-4 Karakteristik Antena Heliks dengan Keliling Loop Berbeda

Sumber: Hasil Perhitungan

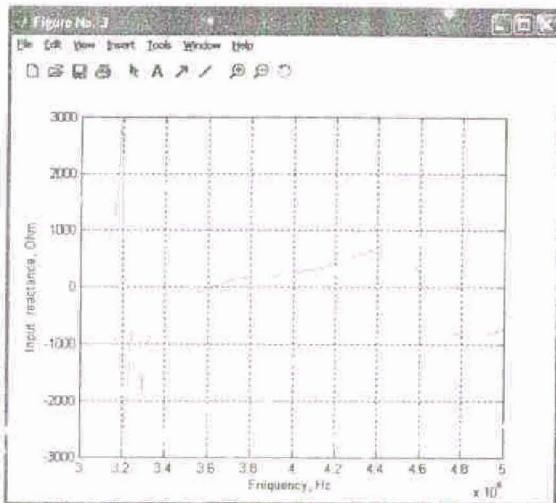
$$a=0.085; M=12; h=0.01; N=7; S=0.13;$$



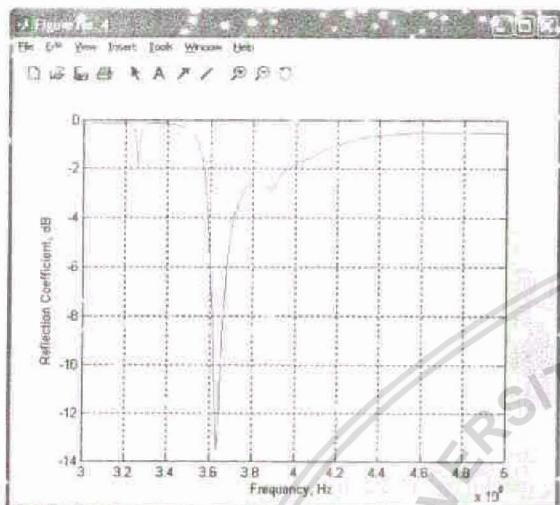
(3.10a)



(3.10b)

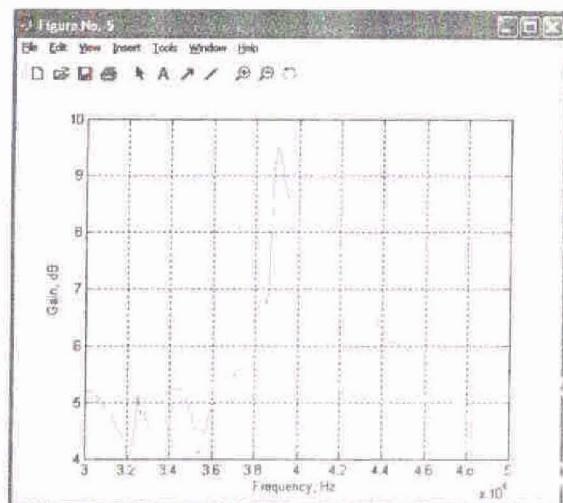


(3.10c)



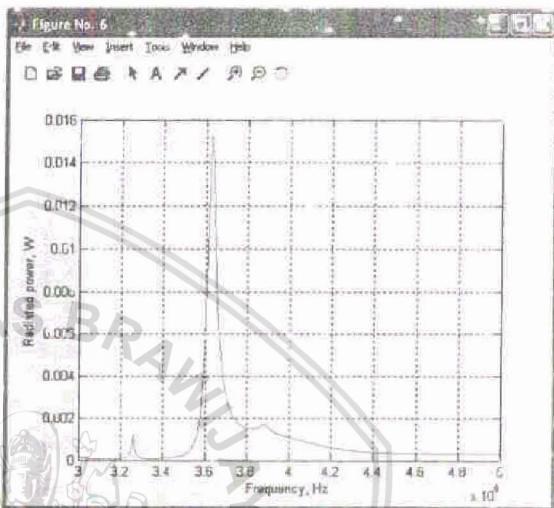
FreqToPlot = 365MHz

(3.10d)



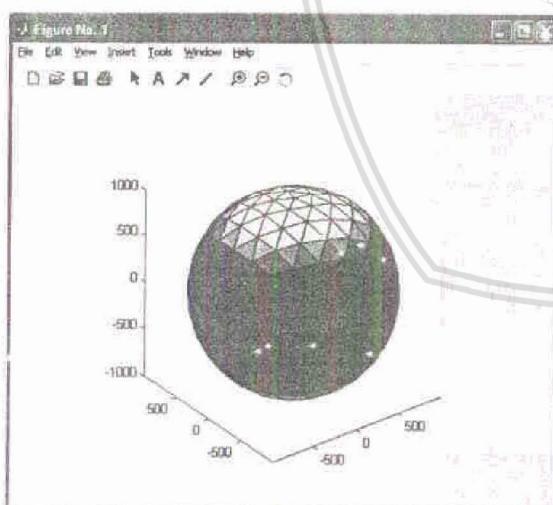
$$\begin{aligned} \text{GainLogarithmic} &= 5.2068 \\ \text{GainLinear} &= 3.3180 \end{aligned}$$

(3.10e)

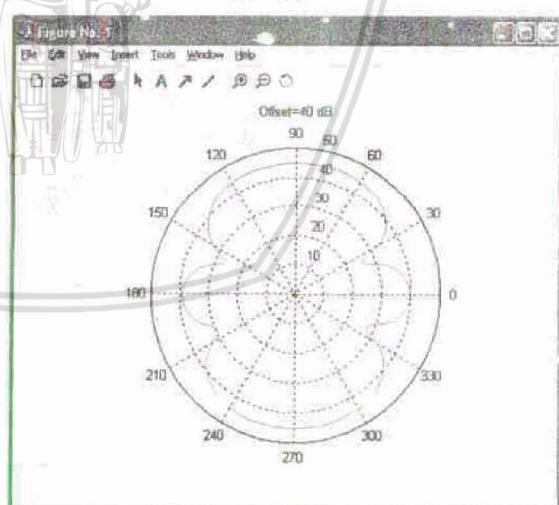


TotalPower = 0.0086

(3.10f)



$$\begin{aligned} \text{MaxCurrent} &= 2.1678 [\text{A/m}] \\ (3.10g) \end{aligned}$$

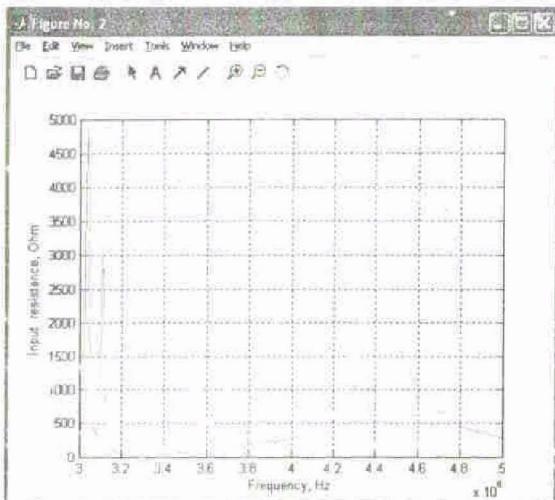


(3.10h)

Gambar 3.10 Karakteristik Antena Heliks dengan $\alpha = 0.085$

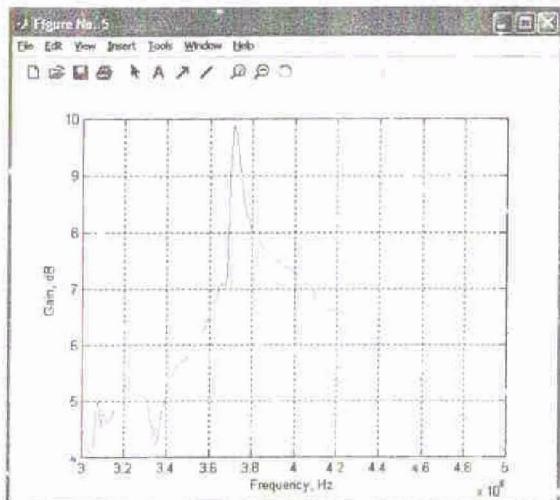
Sumber: Hasil Perhitungan

$$a=0.09; M=12; h=0.01; N=7; S=0.13;$$



FreqToPlot = 345MHz

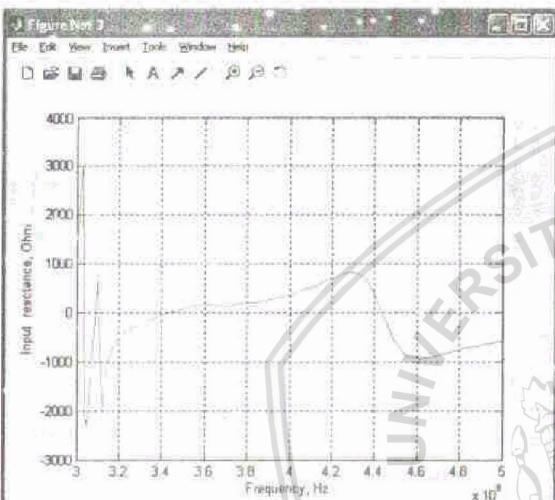
(3.11a)



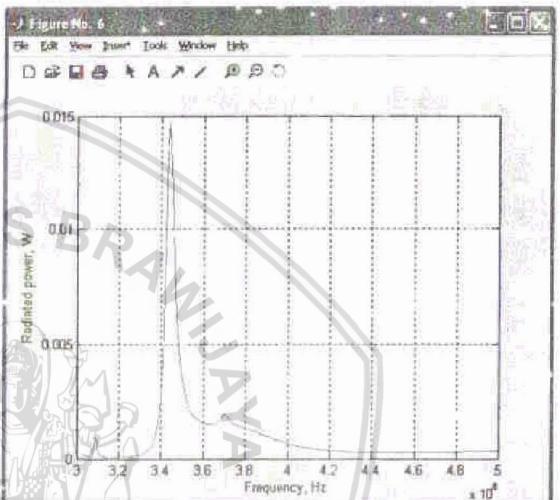
GainLogarithmic = 5.6179

GainLinear = 3.6458

(3.11d)

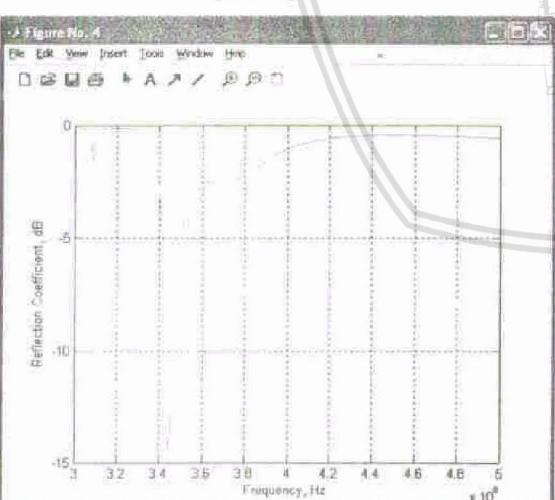


(3.11b)

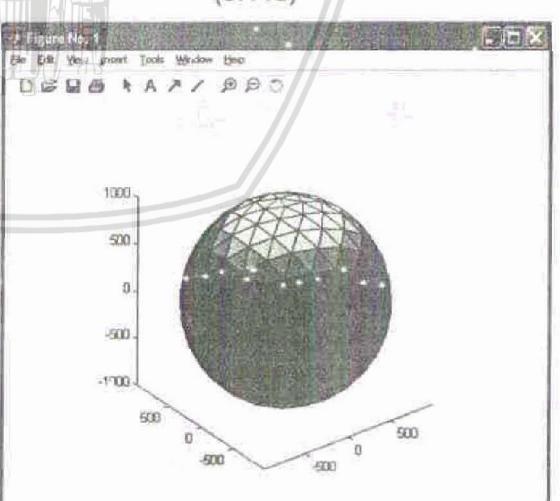


TotalPower = 0.0118

(3.11e)



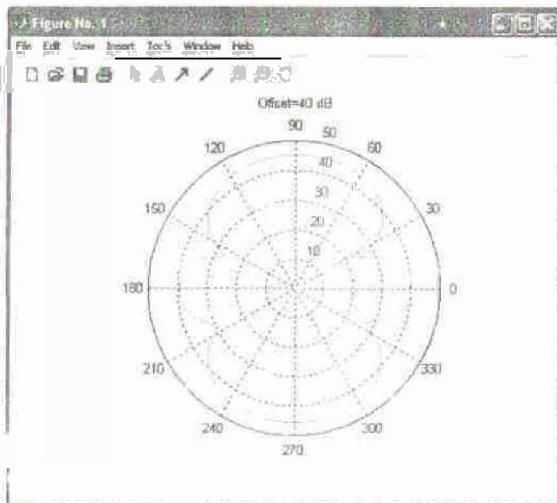
(3.11c)



MaxCurrent = 2.5512 [A/m]

(3.11f)

MILIK
PERPUSTAKAAN
Universitas Brawijaya

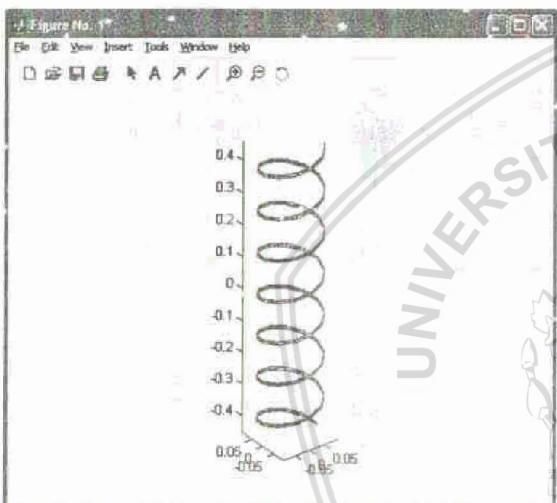


(3.11g)

Gambar 3.11 Karakteristik Antena Heliks dengan $\alpha = 0.09$

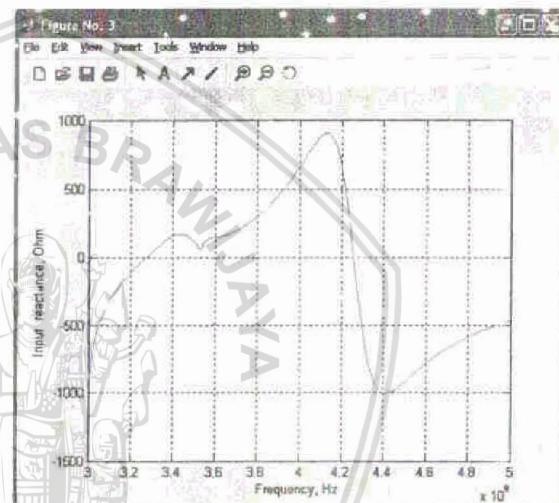
Sumber: Hasil Perhitungan

$$\alpha = 0.695; M = 12; h = 0.01; N = 7; S = 0.13;$$

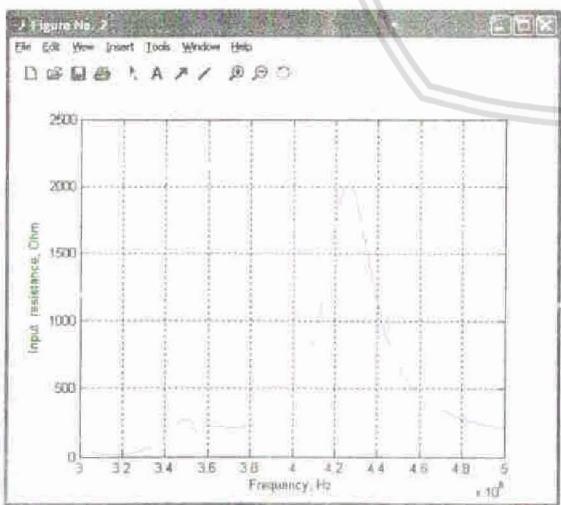


FreqToPlot = 325MHz

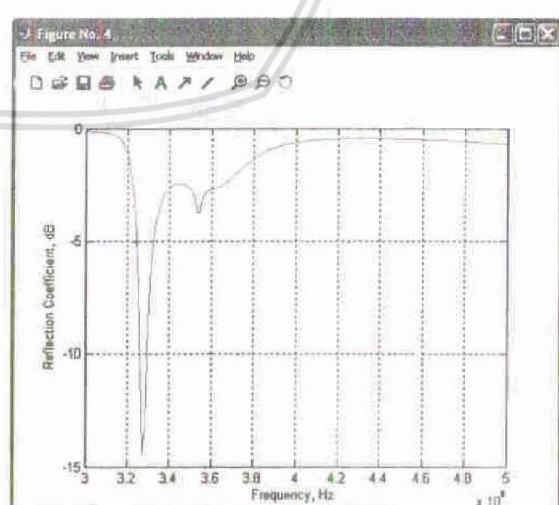
(3.12a)



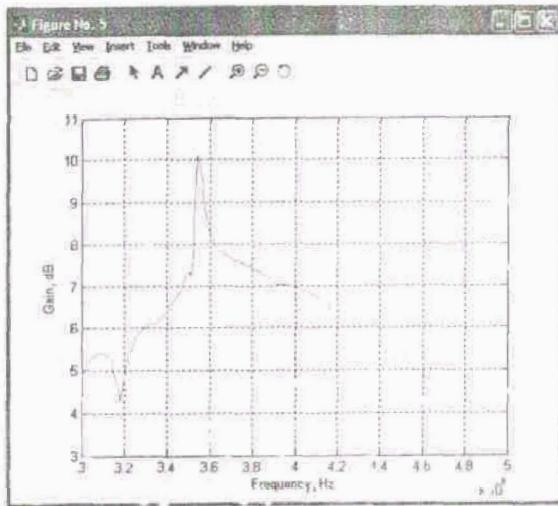
(3.12c)



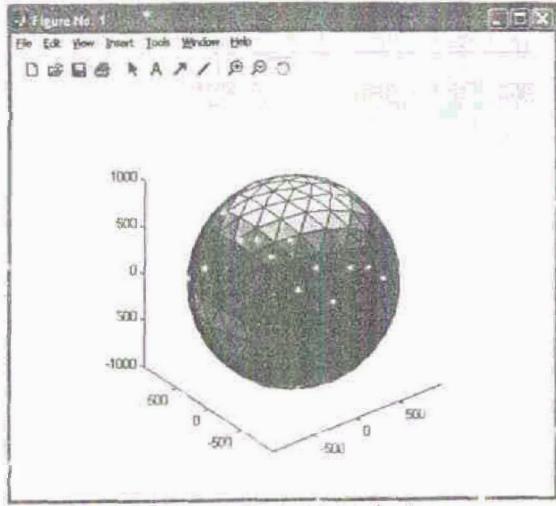
(3.12b)



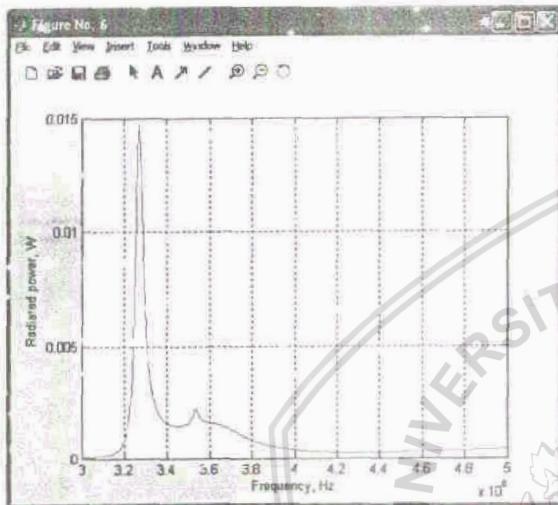
(3.12d)



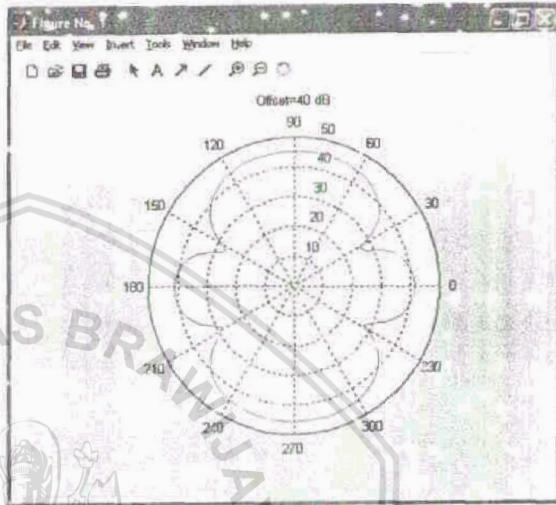
$$\begin{aligned} \text{GainLogarithmic} &= 5.7189 \\ \text{GainLinear} &= 3.7315 \end{aligned} \quad (3.12e)$$



$$\text{MaxCurrent} = 2.596 [\text{A/m}] \quad (3.12g)$$



$$\text{TotalPower} = 0.0087 \quad (3.12f)$$



$$(3.12h)$$

Gambar 3.12 Karakteristik Antena Heliks dengan $\alpha = 0.095$

Sumber: Hasil Perhitungan

Ketika simulasi dilakukan dengan mengubah-ubah diameter keliling heliks (loop), yang dalam hal ini besaran perbandingan keliling terhadap lambda diketahui bahwa hal tersebut menyebabkan pergeseran frekuensi kerja. Bisa kita lihat hasil simulasi pada gambar 3.9d, 3.10d dan 3.11d dimana frekuensi kerja antena heliks bergereser dari 325MHz – 365MHz. Menariknya pergeseran frekuensi kerja tersebut terjadi secara gradual dan teratur dengan rentang masing-masing sebesar 20MHz untuk tiap perubahan diameter heliks sebesar 1 cm, berbeda dengan pergeseran yang disebabkan oleh perubahan jumlah lilitan heliks. Diperlukan penelusuran lebih lanjut untuk mendapatkan penjelasan dan analisa yang lebih rinci, namun untuk sementara kita dapat mengambil kesimpulan bahwa pada heliks mode aksial besar diameter heliks berpengaruh dalam penentuan frekuensi kerja.

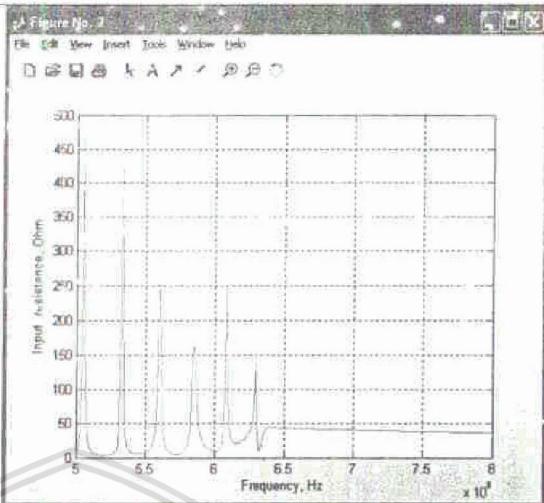
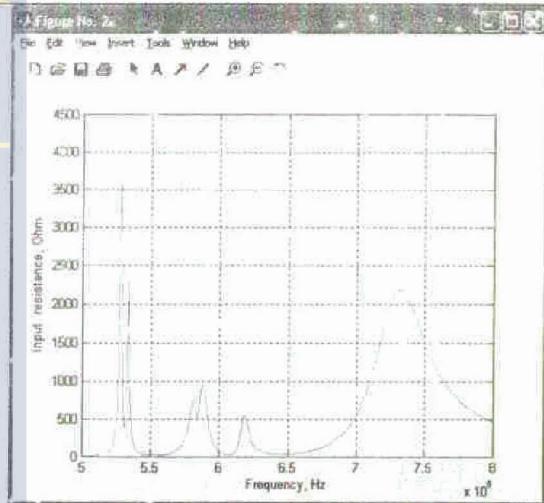
3.2.5 Pengaruh Pencatuan Terhadap Karakteristik Heliks

Untuk mengetahui pengaruh pencatuan terhadap karakteristik antena heliks, dilakukan simulasi dengan memasukkan nilai yang sama untuk tiap variabel dimensi heliks namun dengan pencatuan (posisi *feed point*) yang berbeda.

$$a=0.0545; M=12; h=0.005; N=15; S=0.076;$$

FeedPoint = (-0.0545; 0; 0)

FeedPoint = (0.0545; 0; -0.57)

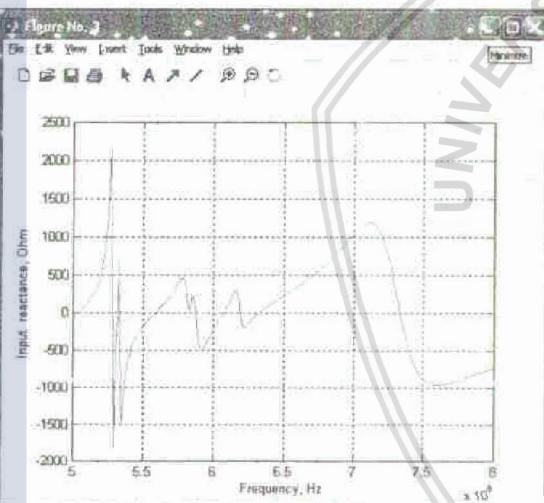


$$\text{Impedance} = 43.9022 + 23.0673i$$

i.a

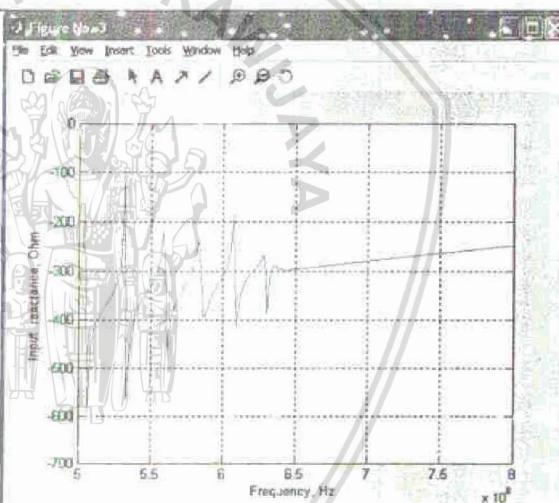
$$\text{Impedance} = 3.0321e+001 - 2.3867e-002i$$

i.b



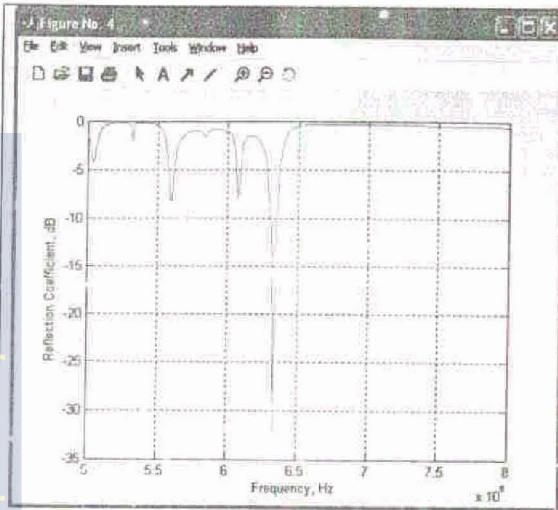
$$\text{Impedance} = 43.9022 + 23.0673i$$

ii.a

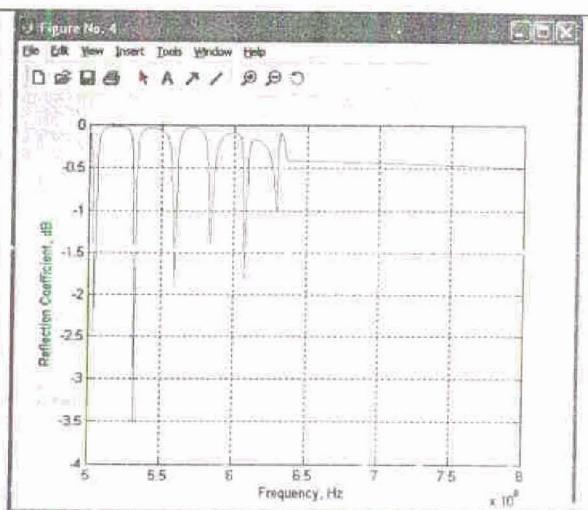


$$\text{Impedance} = 3.0821e+001 - 2.8867e+002i$$

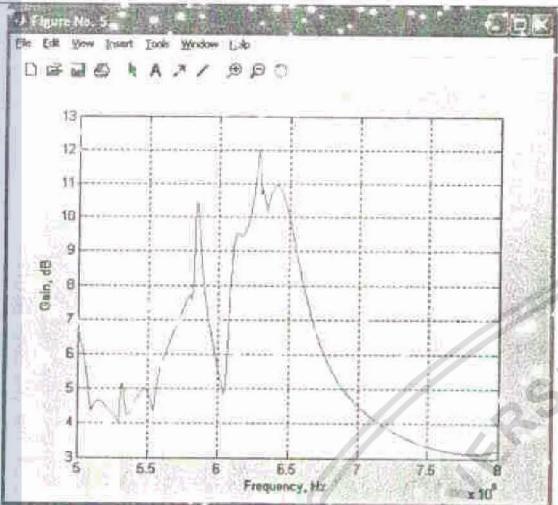
ii.b



iii.a



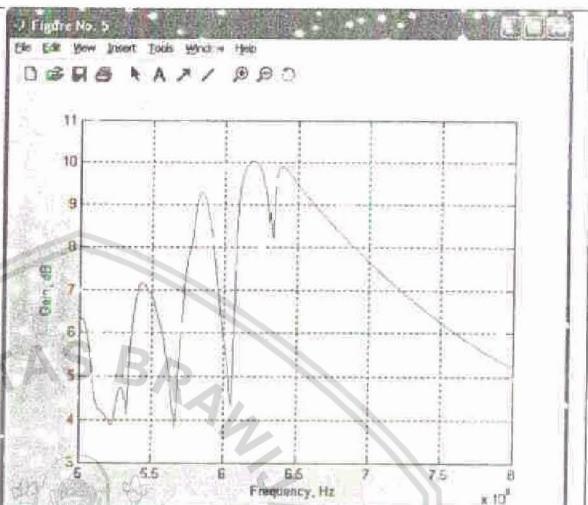
iii.a



GainLogarithmic = 10.3769

GainLinear = 10.9067

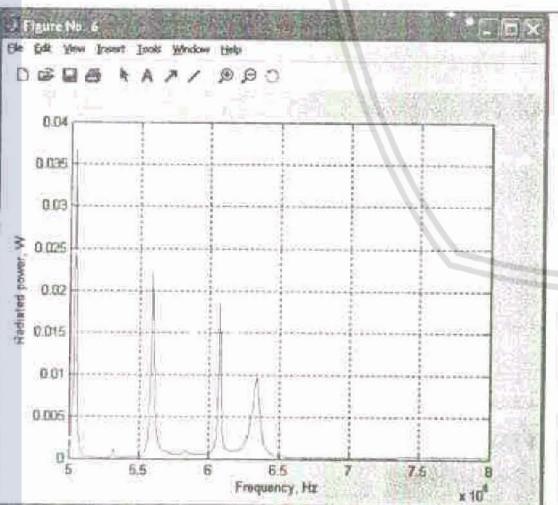
iv.a



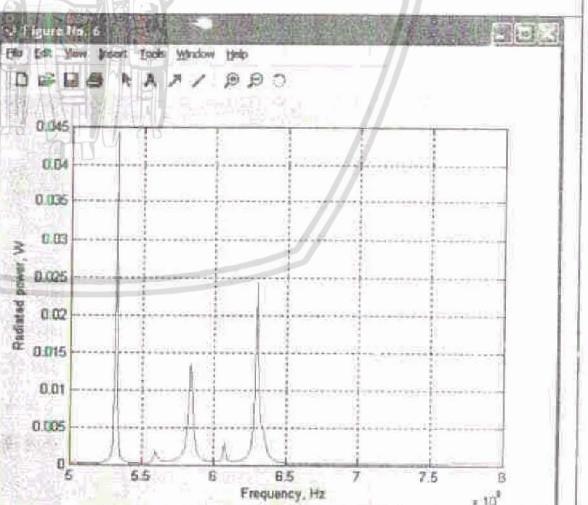
GainLogarithmic = 9.5264

GainLinear = 8.9668

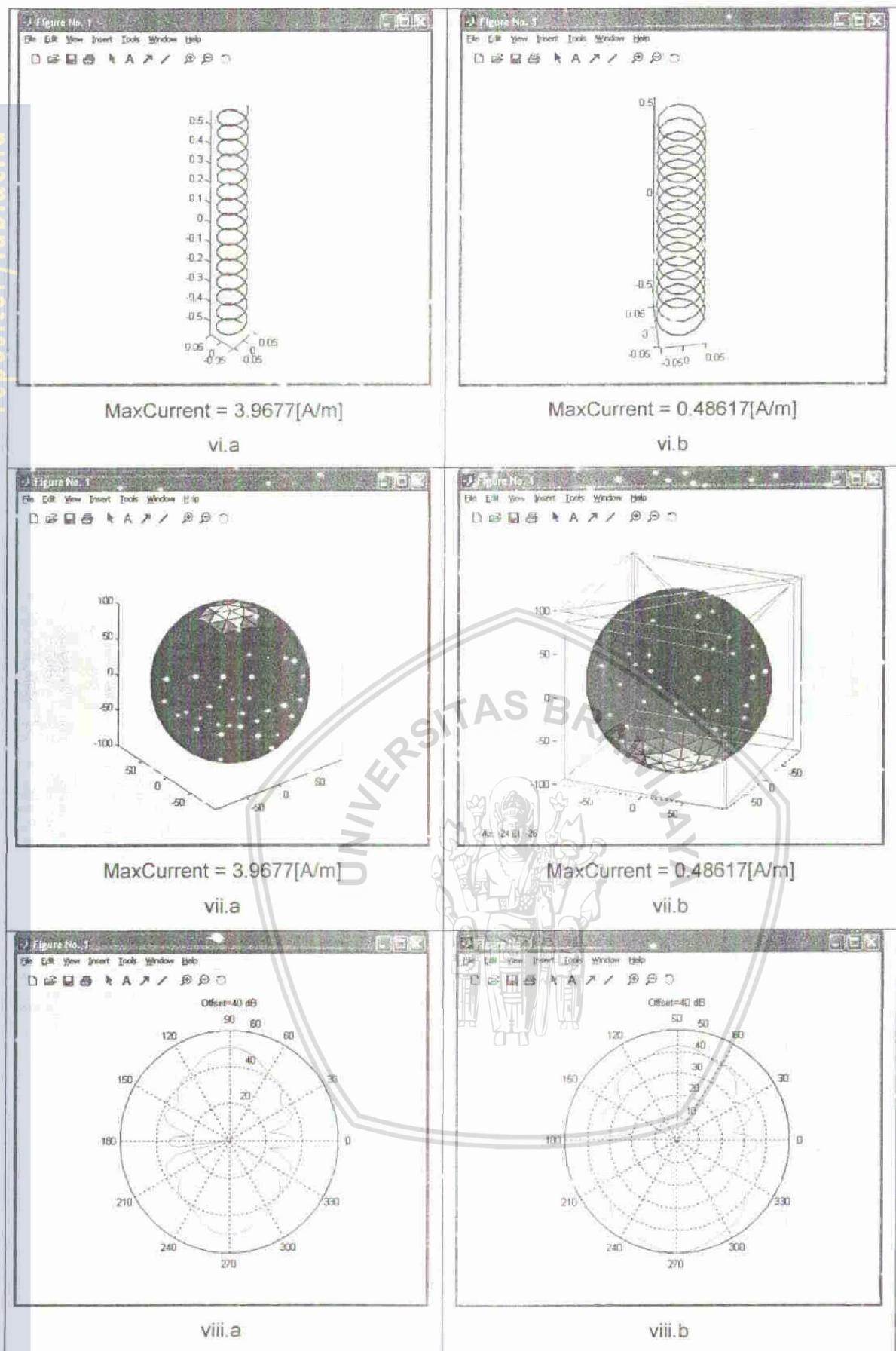
iv.b



v.a



v.b



Gambar 3.13 Karakteristik Antena Heliks dengan *feed point* berbeda

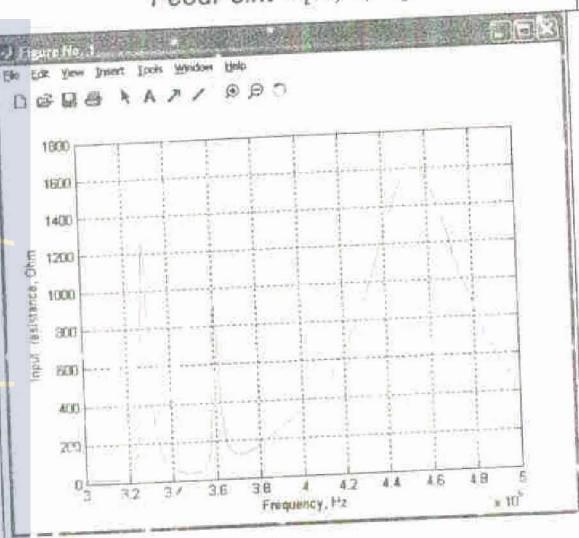
- center feed (-0.0545; 0; 0)
- end feed (0.0545; 0; -0.57)

Sumber: Hasil Perhitungan

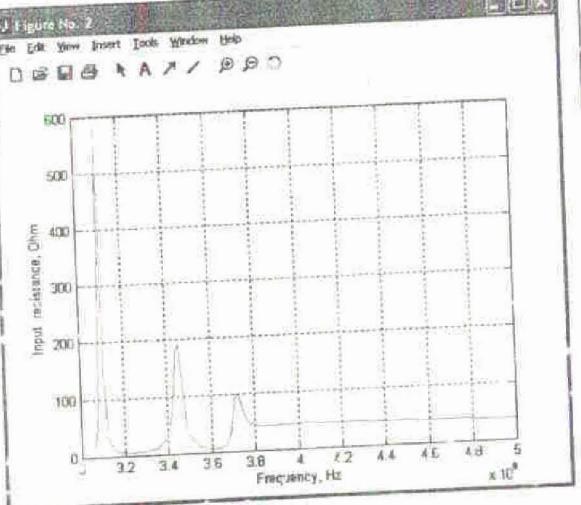
$$a=0.09; M=12; h=0.01; N=7; S=0.13;$$

FeedPoint = [-1; 0; -1]

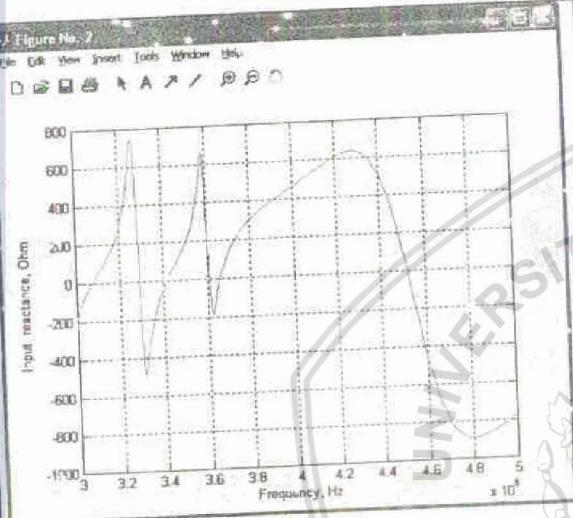
FeedPoint=[1; 0; -0.455];



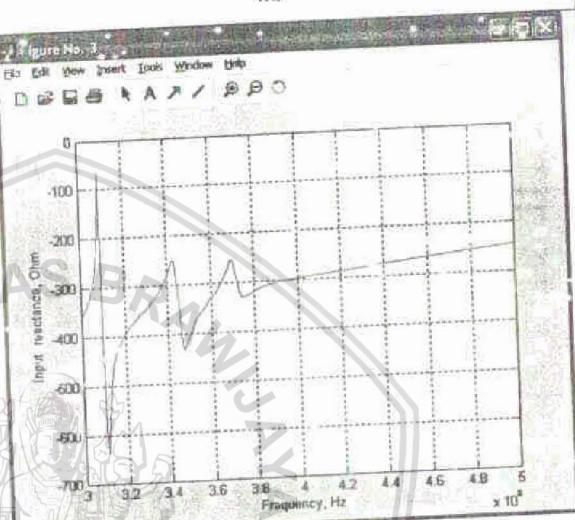
i.a



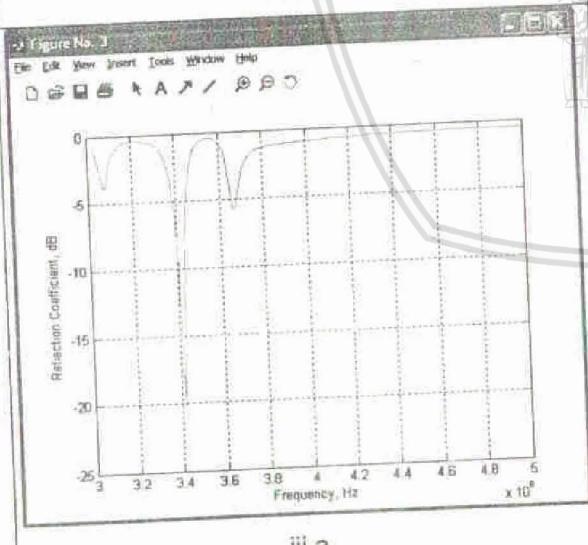
i.b



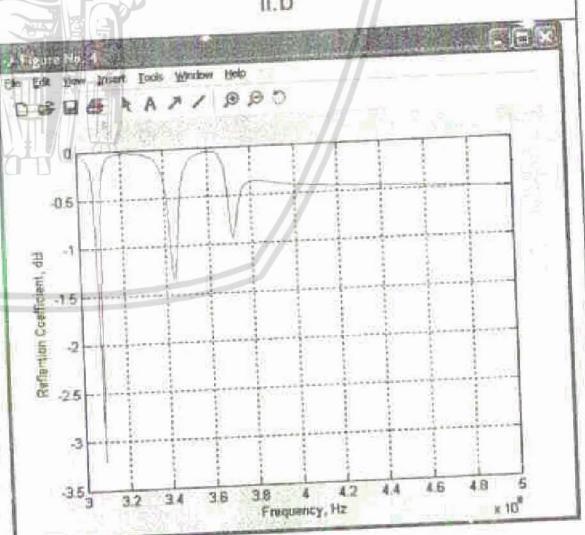
ii.a



ii.b

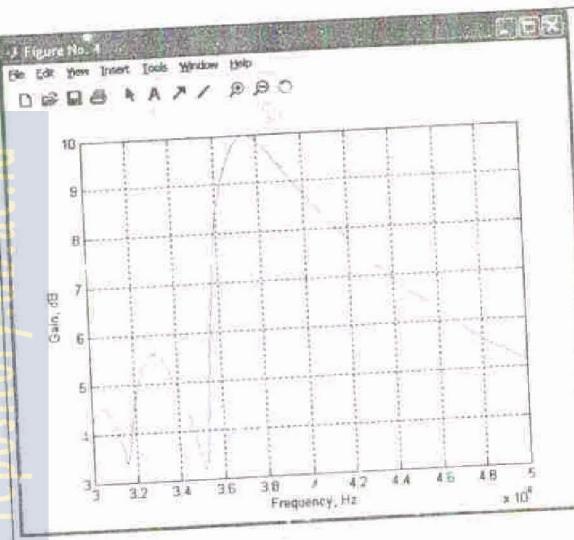


iii.a

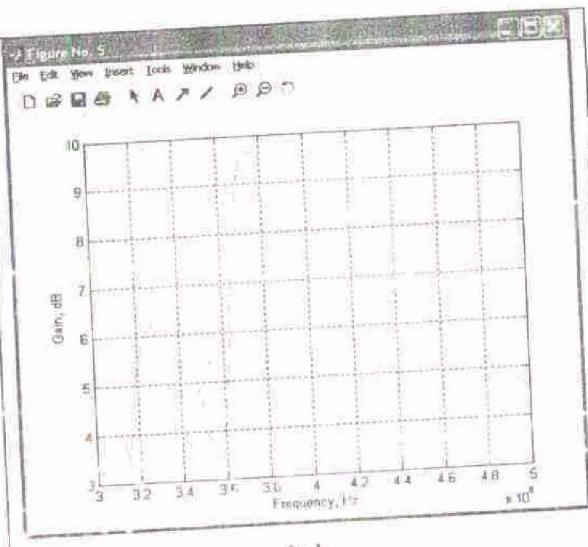


iii.b

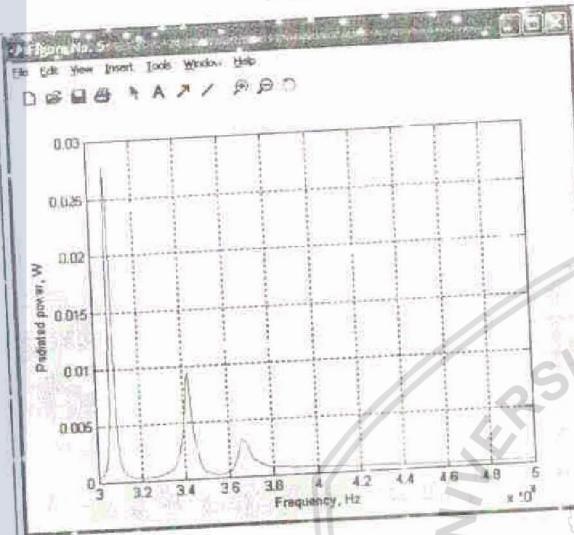




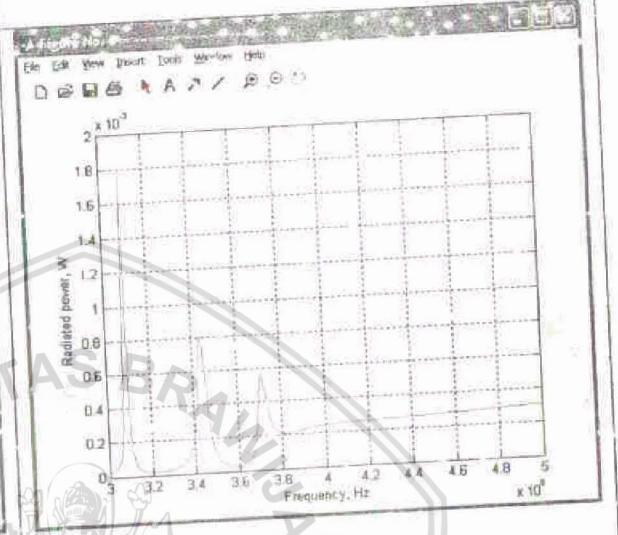
iv.a



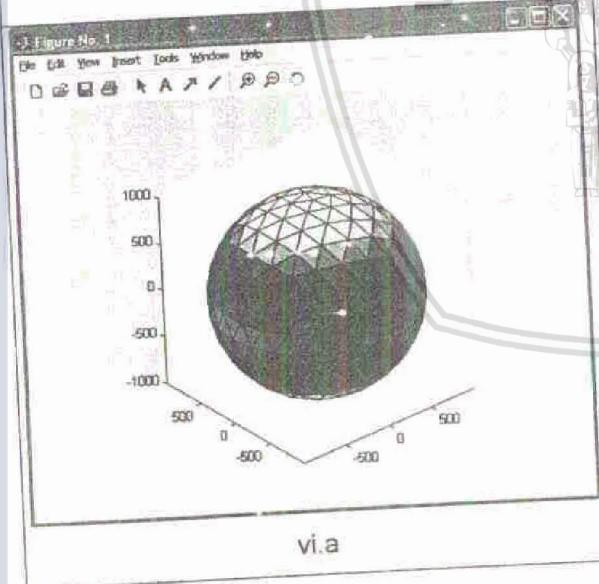
iv.b



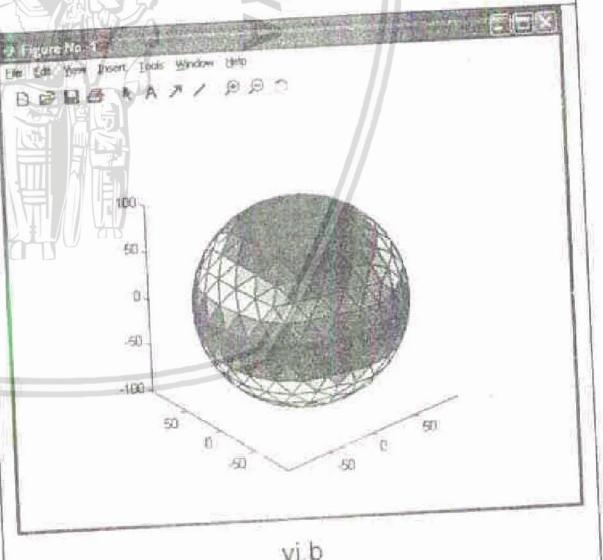
v.a



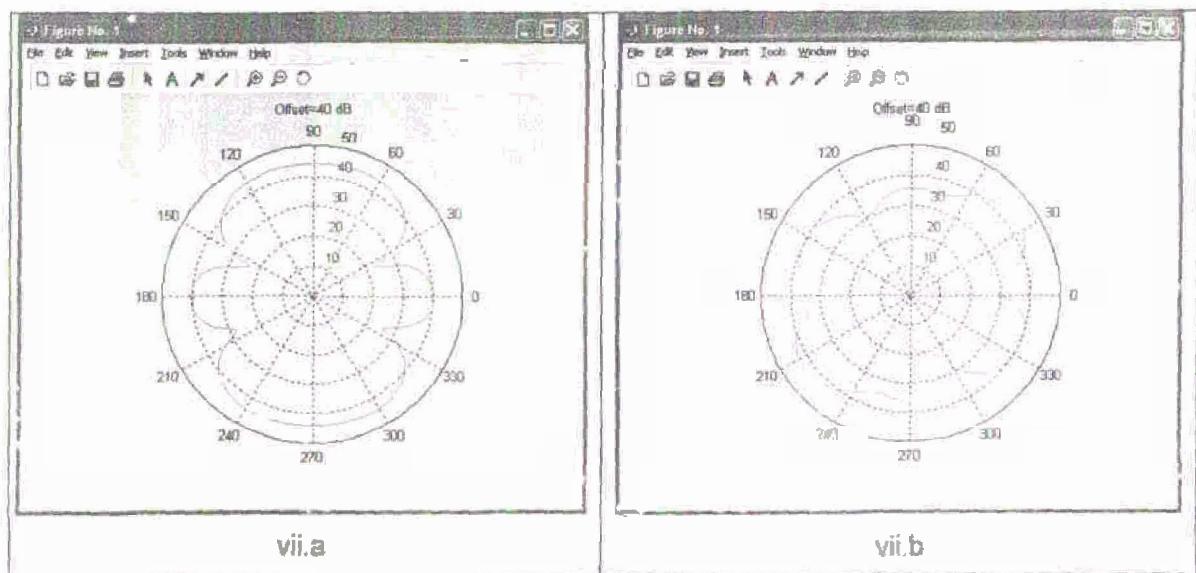
v.b



vi.a



vi.b



Gambar 3.14 Karakteristik & tensHeliks dengan *fwd mint* berbeda

a. center feed (-1; 0; -1)

b. end feed (1; 0; -0.455)

Sumber: Hasil Perhitungan

Disini dapat dilihat bahwa mekanisme pencatuan sangat berpengaruh terhadap karakteristik antena heliks secara keseluruhan. Sebagaimana terlihat pada beberapa grafik diatas yang membandingkan posisi *feed point* pada antena heliks. Terdapat beberapa perbedaan yang cukup mencolok diantaranya adalah distribusi arus permukaan dan impedansi antena. Hasil simulasi terhadap dua struktur heliks yang berbeda dan dengan titik catu yang berbeda pula membuktikan hal tersebut.

Pada struktur pertama dimana dilakukan pencatuan tepat ditengah struktur heliks (titik -1; 0; 0) kerapatan arus maksimum terjadi ditengah struktur heliks, berbeda dengan pencatuan pada salah satu ujung heliks (titik 1; 0; -1) dimana kerapatan arus maksimumnya terjadi pada ujung yang berada dekat dengan feed. Hal yang sama juga terjadi pada struktur kedua yang dicatuh pada salah satu ujungnya dan pada titik $\frac{1}{4} C$ dari ujungnya. Pada dua titik pencatuan yang berbeda menyebabkan perubahan pola radiasi yang sangat ekstrim (gambar 3.14 [vii.a&b]). Bahkan jika dicermati lagi bisa dilihat bahwa kedua titik pencatuan yang berbeda tersebut memiliki frekuensi kerja yang berbeda juga meskipun keduanya mempunyai titik resonansi yang sama (gambar 3.14 [iii.a&b]).

Dengan mengacu pada beberapa pembahasan diatas, jelas bahwa setiap dimensi (diameter, keliling, tebal konduktor, *pitch angle*, dan banyaknya putaran) heliks memiliki pengaruh yang begitu variatif terhadap parameter antena. Untuk optimasi antena heliks, mekanisme teknik pencatuan menawarkan pilihan yang lebih fleksibel dan cukup baik dibandingkan dengan mengubah-ubah dimensinya.

3.3 Pembuatan Antena Heliks

Antena heliks yang sudah direncanakan kemudian dibuat dengan menggunakan kawat konduktor alumunium. Kawat konduktor tersebut kemudian dililit menggunakan pipa paralon dengan spasi tertentu.

Agar struktur heliks tidak berubah, digunakan penyanga yang dibuat dari bahan non-logam yaitu mika.

3.3.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan antena heliks ini adalah sebagai berikut:

1. Konduktor alumunium diameter 5 mm dengan panjang 6 meter;
2. Konduktor alumunium persegi ukuran 2.5×2.5 cm dengan panjang 2 meter;
3. Plat alumunium ukuran 40×40 cm;
4. Bor, Gergaji besi, Pemotong pipa, Obeng, Tang, Kikir;
5. Solder dan Sekrup;
6. Kabel koaksial RG-58A/U;
7. SMA konektor tipe-N *female*;
8. Mika;
9. Pipa alumunium diameter 1.5 cm;
10. Pipa Paralon diameter 18 cm.

3.3.2 Realisasi Bentuk Antena Heliks

Untuk mendapatkan bentuk heliks, kawat konduktor alumunium berdiameter 5 mm dililit dengan menggunakan pipa paralon dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Diameter lilitan (D) 18 cm
2. Jarak antar lilitan (S) 13 cm
3. Jumlah lilitan (N) 7 lilitan

Kawat yang sudah dililit, kemudian dipasangkan pada *boom* antena, yaitu pipa konduktor alumunium persegi. Agar bentuk lilitan tidak berubah maka lilitan tersebut disangga dengan menggunakan mika.

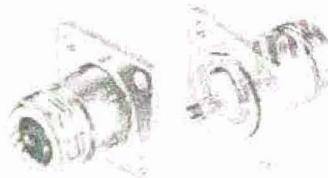
Setelah didapatkan bentuk antena heliks, maka langkah selanjutnya adalah memasang *feed point*.

3.3.3 Perancangan Feed Point

Feed point pada antena heliks ini diletakkan pada 2 lokasi dengan antena yang berbeda. Yang pertama diletakkan di ujung (*end feed*) dengan menggunakan

reflektor berupa plat alumunium dan yang kedua diletakkan di bagian tengah dimensi antena heliks (*center feed*). *Feed point* menggunakan konektor SMA tipe *N female*.

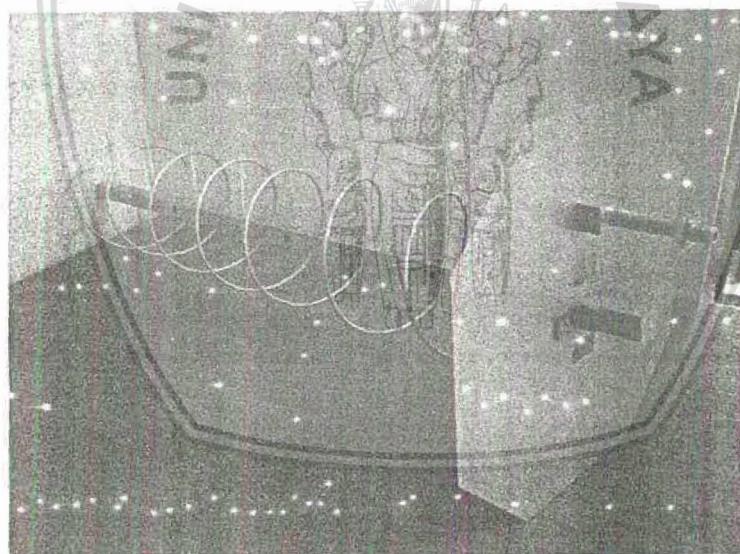
Untuk *feed point* yang diletakkan di ujung, penempatannya dengan menggunakan reflektor. Konektor yang digunakan adalah konektor SMA *N female* dengan 4 lubang untuk pemasangannya, seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 3.15 Konektor SMA N Female dengan 4 lubang

Sumber: http://www.hyperlinktech.com/web/connectors/connectors_n.php, diakses tanggal 10 Oktober 2007

Sebagai penyesuai (*matching*), ujung terakhir lilitan heliks yang dekat dengan reflektor dipipihkan terlebih dahulu, kemudian dilubangi seukuran sekrup 3 mm. Langkah selanjutnya adalah menghubungkan konektor dengan kabel koaksial sepanjang $\frac{1}{4}$ lambda frekuensi kerja antena heliks. Ujung kabel yang lain dihubungkan dengan sekrup yang sudah dipasang pada ujung antena heliks. Untuk memperoleh kondisi *matching* dapat dilakukan dengan cara menggeser-geser sekrup. Bentuk antena heliks dengan pencatuan diujung menggunakan reflektor ditunjukkan pada gambar berikut:

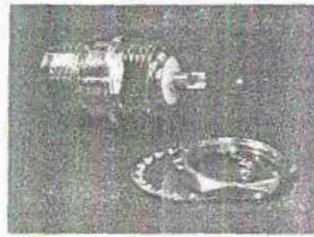


Gambar 3.16 Antena Heliks dengan reflektor (*end feed*)

Sumber: Hasil Perancangan

Sedangkan untuk *feed point* yang diletakkan di bagian tengah antena heliks, penempatannya tanpa menggunakan reflektor. Konektor yang digunakan adalah konektor SMA *N female* seperti ditunjukkan pada gambar berikut:

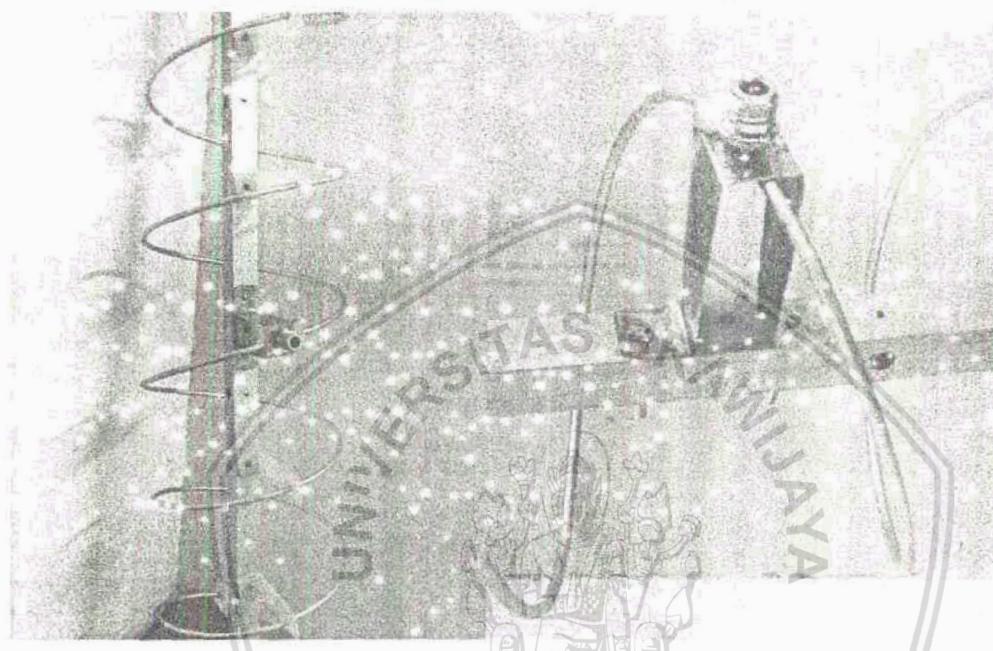




Gambar 3.17 Konektor SMA N Female

Sumber: <http://www.boosla.com/images/antenna3.jpg>, diakses tanggal 10 Oktober 2007

Penempatan konektor pada bagian tengah antena heliks dilakukan dengan cara melubangi elemen konduktor heliks kemudian memasukkan ujung konektor dengan diberi tumpuan berupa plet tembaga agar posisinya tidak berubah. Bentuk antena heliks dengan titik catu di tengah ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 3.18 Antena Heliks dengan titik catu tengah (center feed)

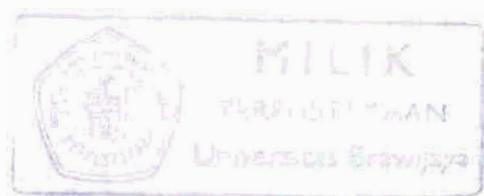
Sumber: Hasil Perancangan

5.4 Pengujian, Pengukuran dan Analisa Hasil Pengukuran Antena Heliks

Untuk mengetahui karakteristik Antena Heliks yang telah dirancang dan dibuat, maka dilakukan pengukuran terhadap parameter-parameter antena tersebut. Selanjutnya, dari pengukuran parameter-parameter antena yang diperoleh akan dilakukan analisis terhadap hasil pengukuran yang diperoleh.

Tujuan dari pengukuran antena ini adalah untuk mendapatkan data-data karakteristik antena yang telah dibuat. Dalam hal ini pengukuran yang dilakukan meliputi:

- Pengukuran VSWR dan Return Loss
Perhitungan Bandwidth antena
- Perhitungan Koefisien Pantul



Pengukuran parameter-parameter antena tersebut dilaksanakan di Laboratorium Transmisi dan Gelombang Mikro UNIBRAW Malang.

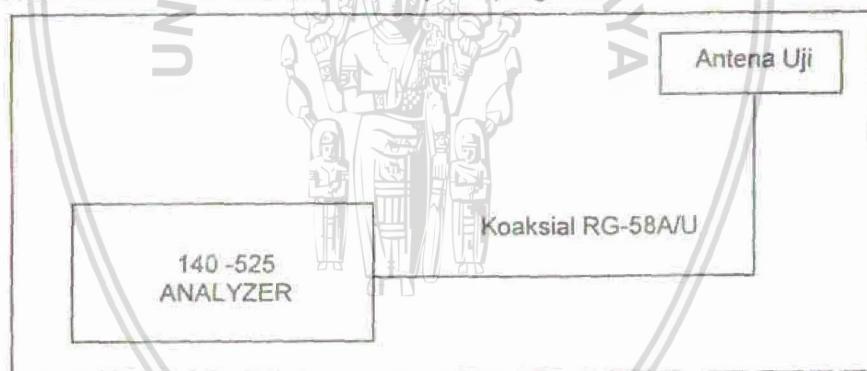
3.4.1 Pengukuran VSWR dan Return Loss

3.4.1.1 Alat-alat yang digunakan

- 140 – 525 Analyzer beserta aksesorisnya.
- Antena Uji (Antena Heliks *end feed* dan *center feed*)
- Kabel Koaksial RG-58A/U 50Ω dengan panjang 50 cm.
- Konektor SMA *male*.
- PC untuk menampilkan program Analyst Director, untuk memudahkan pembacaan skala pada Analyzer.

3.4.1.2 Prosedur Pengukuran

1. Menghubungkan alat ukur dengan PC menggunakan port serial dan menjalankan program *Analyst Director* untuk persiapan pengukuran.
2. Menghubungkan ujung kabel koaksial RG-58A/U yang telah diberi konektor SMA *male* dengan alat ukur 140 – 525 Analyzer.
3. Menghubungkan ujung kabel koaksial RG-58A/U yang lain dengan antena uji (Antena Heliks), sehingga terbentuk rangkaian seperti tampak pada Gambar 3.19.
4. Menghidupkan alat ukur 140 – 525 Analyzer.
5. Melakukan sweep frekuensi dari 155 - 500 MHz. Dengan cara memasukkan nilai 15500 dan 50000 pada program.



Gambar 3.19 Rangkaian Pengukuran VSWR dan Return Loss
(Sumber: Pengujian)

6. Didapatkan nilai VSWR dan Return Loss yang ditunjukkan oleh program *Analyst Director*.
7. Dengan menggunakan Persamaan 2.15, diperoleh besarnya nilai koefisien pantul untuk frekuensi yang diukur dari nilai VSWR.



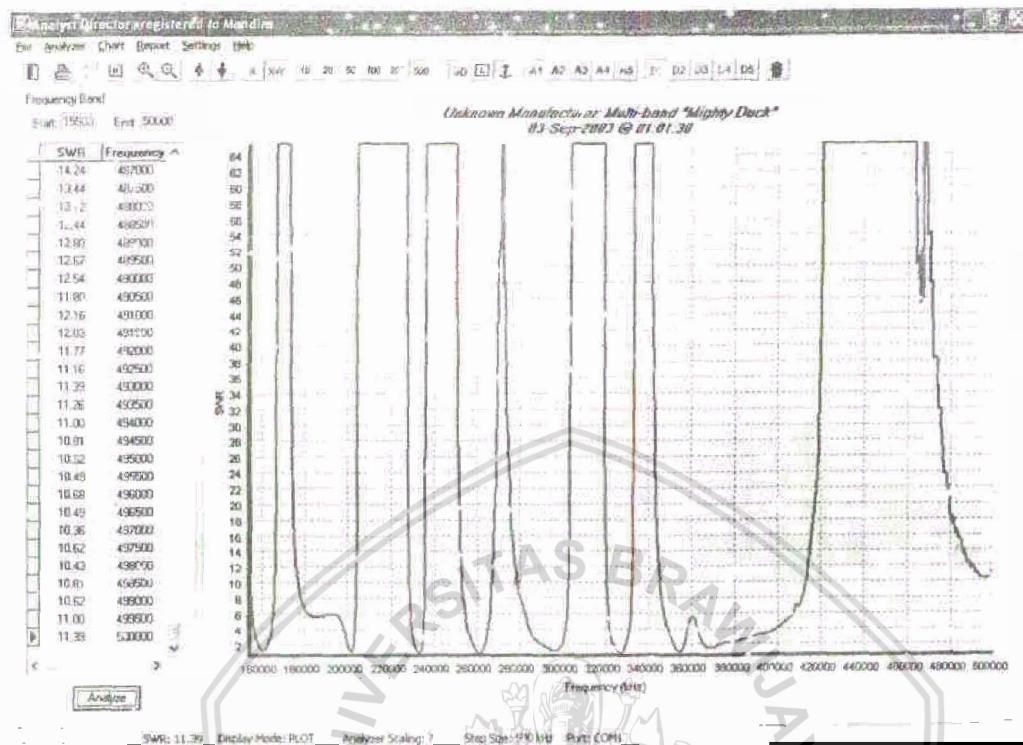
8. Pengujian dilakukan untuk masing-masing antena heliks yang telah dirancang.

3.4.1.3 Hasil Pengukuran

Dari hasil pengukuran VSWR dan Return Loss didapatkan grafik VSWR fungsi frekuensi sebagai berikut:

3.4.1.3.1 Antena Heliks dengan Reflektor (*end feed*)

Bentuk tampilan setelah program dijalankan adalah sebagai berikut:



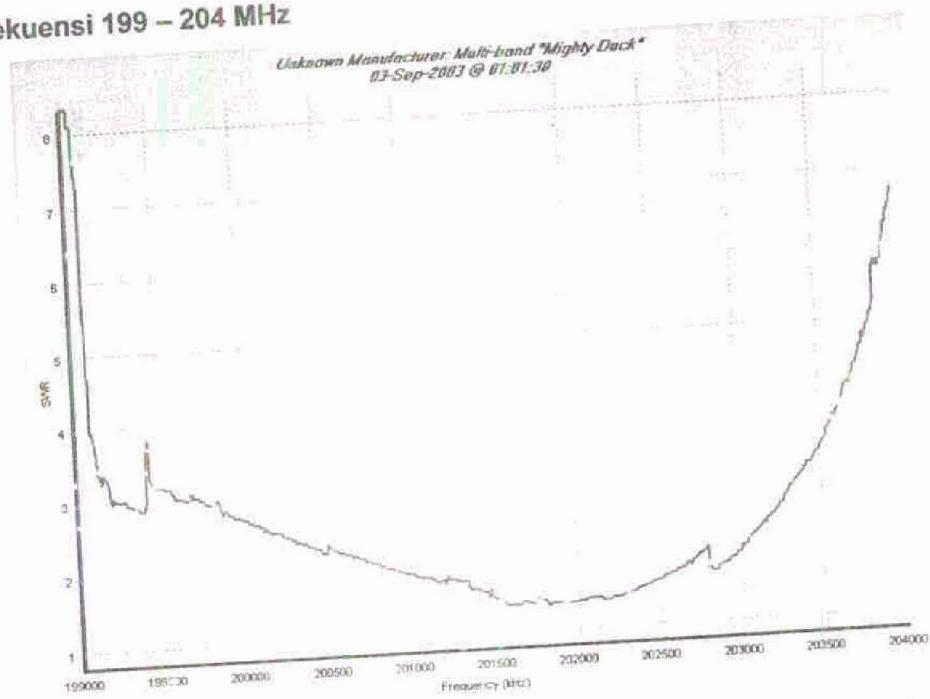
Gambar 3.20 Grafik Pengukuran VSWR Antena Heliks end feed

(Sumber: Pengujian)

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa antena heliks dengan menggunakan reflektor memiliki beberapa lokasi titik kerja, dari sini bisa dikatakan bahwa antena tersebut merupakan antena *multiband*.

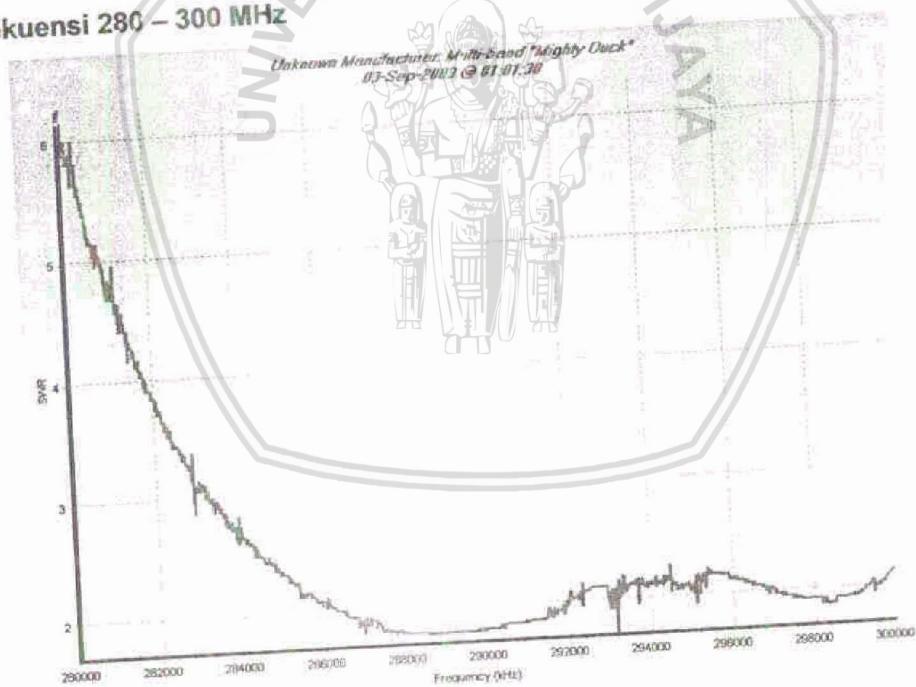
Untuk mengetahui nilai VSWR terendah, maka dilakukan pengukuran kembali pada setiap rentang frekuensi kerja yang terdapat pada gambar 3.20. Nilai VSWR yang dimaksud adalah nilai VSWR dalam batas $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$, atau dengan nilai return loss dibawah -10 dB. Karena suatu antena dikatakan dapat bekerja dengan optimal dalam rentang frekuensi yang nilai VSWR atau return lossnya memenuhi persyaratan tersebut. Atau dengan kata lain, energi yang terpantulkan karena ketidaksesuaian impedansi harus seminimal mungkin. Rentang frekuensi antara lain:



a. Frekuensi 199 – 204 MHz

Gambar 3.21 Grafik Pengukuran VSWR Antena Heliks frekuensi 199-204 MHz
(Sumber: Pengujian)

Dari hasil sweep frekuensi dengan rentang 199-204 MHz, diperoleh nilai VSWR terendan dari pembacaan nilai pada grafik adalah 1,68 dengan nilai *return loss* -11,91 dB.

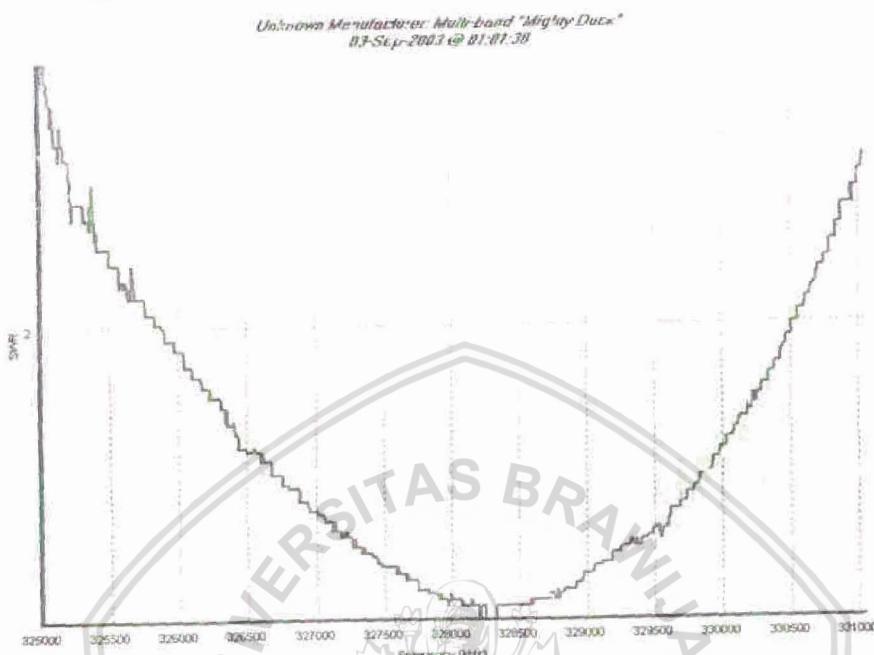
b. Frekuensi 280 – 300 MHz

Gambar 3.22 Grafik Pengukuran VSWR Antena Heliks frekuensi 280-300 MHz
(Sumber: Pengujian)

1.80	289330	289330	-10.88
1.80	289340	289340	-10.88
1.79	289350	289350	-10.95
1.80	289360	289360	-10.88
1.79	289370	289370	-10.95

Dari gambar diatas, dapat diketahui nilai VSWR terendah adalah 1.79 dengan nilai return loss -10.95 dB pada frekuensi 289.35 MHz.

c. Frekuensi 325 – 335 MHz



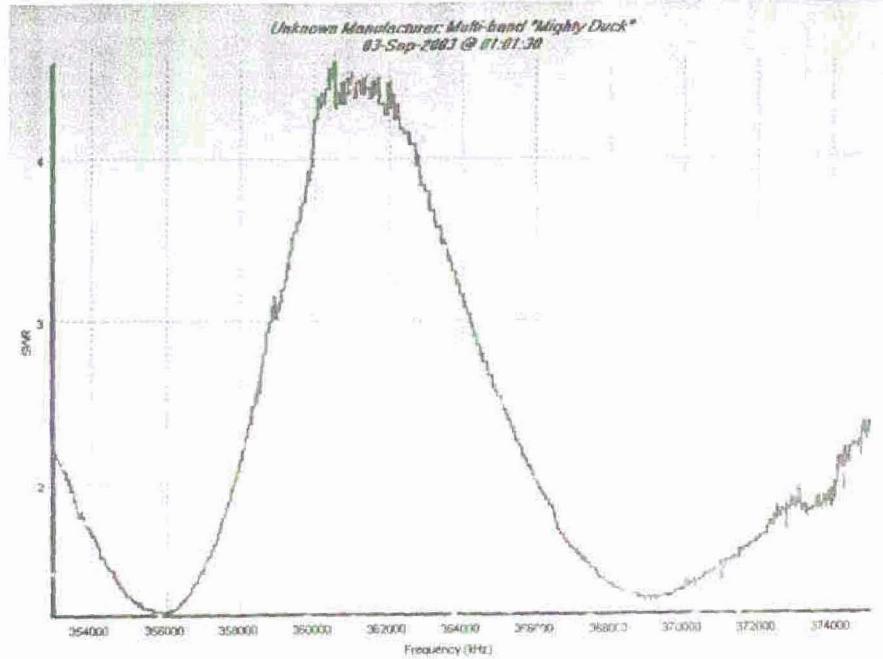
Gambar 3.23 Grafik Pengukuran VSWR Antena Heliks frekuensi 325-335 MHz
(Sumber: Pengujian)

1.12	328290	328290	-24.94
1.12	328300	328300	-24.94
1.12	328310	328310	-24.94

Nilai VSWR terendah dari rentang frekuensi 325-335 MHz adalah 1.12 dan nilai return loss -24.94 dB.

d. Frekuensi 353 – 375 MHz

Pada rentang frekuensi ini terdapat 2 cekungan pada grafik dengan nilai batas VSWR 2. Yaitu dari rentang frekuensi 353 - 358 MHz dan yang kedua dalam rentang frekuensi 366 – 375 MHz.



Gambar 3.24 Grafik Pengukuran VSWR Antena Heliks frekuensi 353-375 MHz

(Sumber: Pengujian)

Lokasi 1

1.22	355940	355940	-20.07
1.20	355950	355950	-20.82
1.20	355960	355960	-20.82

Lokasi 2

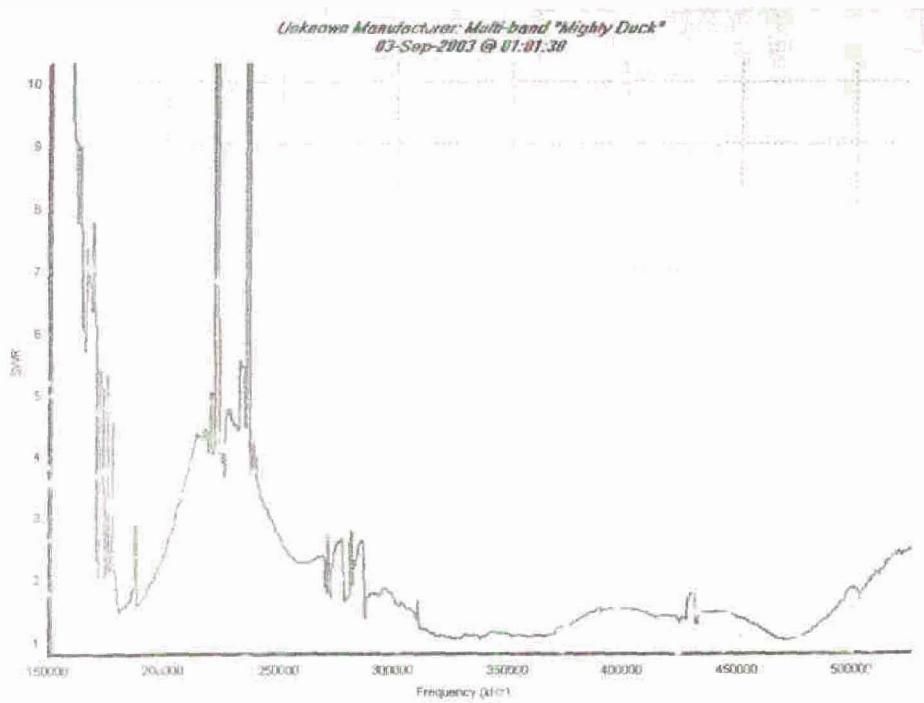
1.28	369270	369270	-18.21
1.28	369280	369280	-18.21

Nilai VSWR terendah pada rentang frekuensi 353 – 358 MHz adalah 1.20 dan nilai *return loss*nya -20.82 dB, sedangkan pada rentang frekuensi 366 – 375 MHz (lokasi 2) nilai VSWRnya 1.28 dan *return loss* -18.21 dB. Seperti terlihat pada gambar 3.24.

3.4.1.3.2 Antena Heliks dengan titik catu tengah (center feed)

Hasil pengukuran untuk antena heliks center feed ditunjukkan dengan gambar berikut:





Gambar 3.25 Grafik Pengukuran VSWR Antena Heliks center feed

(Sumber: Pengujian)

1.02	469000	469000	-40.08
1.01	469500	469500	-46.06
1.01	470000	470000	-46.06

Dari gambar 3.25 diatas, sesuai dengan nilai batas VSWR, antena heliks center feed memiliki rentang frekuensi kerja terbesar antara 286 – 508 MHz. Nilai VSWR terendah adalah 1.01 dan nilai *return loss* sebesar -46.06 dB.

3.4.1.4 Analisa Hasil Pengukuran

Berdasarkan data hasil pengukuran yang ditunjukkan dalam gambar 3.24 - 3.24, untuk antena heliks dengan menggunakan reflektor memiliki 5 rentang frekuensi kerja optimal. Hal ini ditunjukkan dengan kecilnya nilai VSWR yang masih dalam batas yang diijinkan yaitu $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$.

Frekuensi kerja antena heliks yang telah dirancang dan dibuat ini agak menyimpang dari yang telah direncanakan pada awal simulasi MATLAB, yaitu 450 MHz. Hal ini terjadi karena pada saat simulasi tidak digunakan reflektor dan ujung antena heliks yang dekat dengan titik catu tidak dibuat pipih (sebagai penyesuaian impedansi). Atau juga karena masalah teknis terjadi pada saat pembuatan lilitan heliks dan pemasangan *feed point*, karena pada saat simulasi diperoleh kesimpulan bahwa lokasi penempatan *feed point* serta parameter-parameter pendesainan antena heliks (diameter lilitan, jarak antar lilitan, dan *pitch angle*) mempengaruhi frekuensi kerja antena yang akan dibuat. Tetapi secara keseluruhan setelah

pengukuran, pada rentang frekuensi dibawah 450 MHz, antena heliks ini dapat bekerja dengan baik.

Untuk antena heliks *center feed*, rentang frekuensi kerja terbesar yaitu antara frekuensi 286 – 508 MHz, dimana dapat difrekuensi kerja antena yang semula direncanakan 450 MHz terdapat dalam rentang frekuensi tersebut.

3.4.2 Perhitungan Koefisien Pantul

Sesuai dengan persamaan 2.15, nilai **koefisien pantul** dapat diketahui dari nilai **VSWR** antena dalam penelitian id. nilai koefisien pantul antena heliks hanya dihitung untuk nilai **VSWR** terendah saja, baik untuk *end feed* dengan reflektor maupun antena heliks *center feed*. Antena dikatakan dapat **bekerja** dengan baik apabila nilai koefisien pantulnya dalam batasan $0 \leq \Gamma \leq 1$. Semakin kecil nilai nilai koefisien berarti semakin sedikit gelombang yang terpantulkan kembali.

3.4.2.1 Antena Heliks dengan Reflektor (*end feed*)

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

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

a. Frekuensi 199 – 204 MHz

VSWR terendah dari pembacaan nilai pada grafik adalah 1.68, maka nilai koefisien pantulnya adalah:

$$\Gamma = \frac{1.68 - 1}{1.68 + 1}$$
$$\Gamma = \frac{0.68}{2.68} = 0.254$$

b. Frekuensi 280 – 300 MHz

$$\Gamma = \frac{1.79 - 1}{1.79 + 1}$$
$$\Gamma = \frac{0.79}{2.79} = 0.283$$

c. Frekuensi 325 – 335 MHz

$$\Gamma = \frac{1.12 - 1}{1.12 + 1}$$
$$\Gamma = \frac{0.12}{2.12} = 0.057$$

d. Frekuensi 353 – 375 MHz

$$\Gamma = \frac{1.20 - 1}{1.20 + 1} \quad \text{Lokasi 1}$$
$$\Gamma = \frac{0.20}{2.20} = 0.091$$

$$\Gamma = \frac{1.28 - 1}{1.28 + 1} \quad \text{Lokasi 2}$$

$$\Gamma = \frac{0.28}{2.28} = 0.123$$

3.4.2.2 Antena Heliks dengan titik catu tengah (center feed)

$$\Gamma = \frac{1.01 - 1}{1.01 + 1}$$

$$\Gamma = \frac{0.01}{2.01} = 0.005$$

3.4.2.3 Analisa Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan koefisien pantul, untuk semua antena heliks sudah memenuhi persyaratan harga batas nilai koefisien pantul yang diijinkan dalam pendesainan antena. Nilai yang paling kecil didapatkan pada antena heliks center feed, yaitu 0.005.

3.4.3 Perhitungan Bandwidth

Perhitungan bandwidth antena yang diuji dilakukan dengan cara menghitung selisih antara frekuensi atas dengan frekuensi bawah antena tersebut. Penentuan frekuensi atas dan frekuensi bawah antena dilakukan dengan cara menentukan frekuensi tertinggi dan terendah antena dimana masih memiliki nilai VSWR ≤ 2 .

3.4.3.1 Antena Heliks dengan Reflektor (end feed)

a. Frekuensi 199 – 204 MHz

$$B = f_u - f_l$$

$$B = 203.03 - 200.78 = 2.25 \text{ MHz}$$

b. Frekuensi 280 – 300 MHz

$$B = f_u - f_l$$

$$B = 231.82 - 286.53 = 5.39 \text{ MHz}$$

c. Frekuensi 325 – 335 MHz

$$B = f_u - f_l$$

$$B = 330.52 - 325.90 = 4.62 \text{ MHz}$$

d. Frekuensi 353 – 375 MHz

ratio bandwidth sebesar :

$$f_u : f_l = 203.03 : 200.78 = 1.01 : 1$$

ratio bandwidth sebesar :

$$f_u : f_l = 291.92 : 286.53 = 1.02 : 1$$

ratio bandwidth sebesar :

$$f_u : f_l = 330.52 : 325.90 = 1.01 : 1$$

Lokasi 1

$$B = f_u - f_l$$

$$B = 357.85 - 353.46 = 4.39 \text{ MHz}$$

ratio bandwidth sebesar :

$$f_u : f_l = 357.85 : 353.46 = 1.01 : 1$$

Lokasi 2

$$B = f_u - f_l$$

$$B = 374.05 - 366.09 = 7.96 \text{ MHz}$$

ratio bandwidth sebesar :

$$f_u : f_l = 374.05 : 366.09 = 1.02 : 1$$



3.4.3.2 Antena Heliks dengan titik catu tengah (*center feed*)

$$B = f_u - f_l$$

$$B = 508 - 286 = 222 \text{ MHz}$$

ratio bandwidth sebesar :

$$f_u : f_l = 508 : 286 = 1.77 : 1$$

3.4.3.3 Analisa Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan *bandwidth*, untuk antena heliks dengan menggunakan reflektor, memiliki bandwidth yang sempit dengan rasio *bandwidth* rata-rata 1.01 untuk masing-masing *band*. Sedangkan untuk antena heliks dengan titik catu ditengah, *bandwidthnya* cukup lebar yaitu 222 MHz dengan rasio *bandwidth* 1.77. *Bandwidth* antena yang demikian dapat dikatakan mendekati antena *broadband*. Sebagai referensi, antena disebut *broadband* apabila perbandingan antara frekuensi atas dan frekuensi bawahnya sama dengan 2 ($f_u/f_l = 2$). (Markarov, Sergey N. 2002: 152).



BAB IV

PENUTUP

4.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan antena heliks menggunakan Metode Momen berbasis algoritma RWG, pembuatan antena, pengujian dan pengukuran antena, serta analisis parameter-parameter antena, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil simulasi antena heliks dengan menggunakan jumlah putaran yang berbeda ternyata menunjukkan bahwa penambahan jumlah lilitan juga dapat menyebabkan pergeseran frekuensi kerja dari antena heliks.
2. Besarnya impedansi input antena heliks dipengaruhi oleh ukuran diameter konduktor dan besarnya pitch angle atau jarak antar lilitan. Semakin besar diameter kawat menyebabkan impedansi input antena semakin kecil.
3. Pergeseran frekuensi kerja antena heliks disebabkan oleh perubahan diameter keliling heliks (*loop*), yang dalam hal ini besaran perbandingan keliling terhadap lambda (C/λ).
4. Mekanisme pencatuan sangat berpengaruh terhadap karakteristik antena heliks secara keseluruhan. Sebagaimana terlihat pada beberapa grafik yang membandingkan posisi feed point pada antena heliks yaitu posisi feed point ujung dan di bagian tengah dimensi heliks.
5. Dari hasil pengukuran diperoleh bahwa antena heliks dengan menggunakan reflektor memiliki beberapa lokasi titik kerja, dari sini bisa dikatakan bahwa antena tersebut merupakan antena multiband. Untuk antena heliks center feed, rentang frekuensi kerja terbesar yaitu antara frekuensi 286 – 508 MHz. Pengukuran ini didasarkan pada batas nilai VSWR yang diijinkan yaitu $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$ dan nilai return loss dibawah -10 dB.
6. Nilai VSWR terendah untuk antena heliks dengan menggunakan reflektor (end feed) diperoleh 1.12 dan nilai return loss -24.94 dB pada rentang frekuensi 325-335 MHz. Sedangkan untuk antena heliks center feed, nilai VSWR terendah adalah 1.01 dan nilai return loss sebesar -48.06 dB.
7. Dari hasil perhitungan bandwidth antena, didapatkan bandwidth terlebar yaitu 222 MHz dengan rasio bandwidth 1.77 untuk antena heliks center feed. Hal ini sesuai dengan teori untuk antena heliks mode aksial yang direncanakan, yaitu memiliki bandwidth yang lebar dibandingkan dengan mode normalnya. Antena heliks center feed ini dapat dikatakan mendekati antena broadband dilihat dari rasio bandwidthnya yang mendekati 2. Sedangkan untuk antena

heliks dengan menggunakan reflektor, yang mempunyai karakteristik antena *multiband*, rata-rata nilai rasio *bandwidthnya* untuk setiap rentang frekuensi kerja adalah 1.01.

4.2 SARAN

Penelitian yang telah dilakukan berikut mengenai perancangan antena heliks menggunakan Metode Momen berbasis algoritma RWG dan realisasinya memberikan suatu wawasan baru dalam pendesainan sebuah antena heliks. Dengan metode yang sama dapat dicoba untuk meneliti antena lainnya untuk antena lempeng (*patch*) maupun antena kawat (*wire antennas*).

Lebih khususnya pada perancangan posisi titik catu antena. Karena mekanisme pencatuan sangat berpengaruh terhadap karakteristik antena secara keseluruhan. Jika hal tersebut terpenuhi maka performansi antena yang telah dibuat akan sesuai dengan yang direncanakan sebelumnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Balanis, Constantine A. 1982. *Antenna Theory: Analysis and Design, 2nd Edition.* John Wiley and Sons, Inc.
- Caswell, Eric D 1998. *Analysis of a Heliks Antenna Using a Moment Method Approach with Curved Basis and Testing Functions.* Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University. Thesis.
- E. Collin, Robert. 1985. *Antennas and Radio Wave Propagation.* McGraw-Hill Book Company, New York.
- Harrington, R. F. 1968. *Field Computation by Moment Methods.* Macmillan, New York.
- Kraus, John Daniel. 1988. *Antennas.* McGraw-Hill International, New York.
- Markarov, Sergey N. 2002. *Antenna and EM Modelling with MATLAB.* Wiley - Interscience , New York.
- Punit, Nakar S. 2004. *Design of a Compact Microstrip Patch Antenna for use in Wireless/Cellular Devices.* The Florida State University. Thesis.
- Stutzman, Warren L. and Thiele, G. A. 1981. *Antenna Theory and Design.* John Wiley and Son, New York.
- Stutzman, Warren L. and Thiele, G. A. 1998. *Antenna Theory and Design, 2nd edition.* John Wiley & Sons, New York.
- Anonymous. <http://www.boosla.com/images/antenna3.jpg>, diakses tanggal 10 Oktober 2007
- Anonymous.http://en.wikipedia.org/wiki/Helical_antenna
- Anonymous.http://ewhdbks.mugu.navy.mil/radiation_pattern.pdf
- Anonymous.<http://hastingswireless.homeip.net/index.php?page=antennas&type=helic>
- Anonymous. http://www.hyperlinktech.com/web/connectors/connecctors_n.php, diakses tanggal 10 Oktober 2007
- Anonymous. <http://www.its.bldrdoc.gov/projects/devglossary/images/heliksc.gif> , diakses tanggal 30 Agustus 2007



LAMPIRAN 1
BIODATA PELAKSANA PENELITIAN

BIODATA KETUA PELAKSANA PENELITIAN

1. Nama : Ir.Erfan Achmad Dahlan
2. NIP : 131 124 663
3. Golongan : IV/A
4. Pangkat/jabatan : Pembina/Lektor
5. Tempat Lahir : Situbondo
6. Tanggal lahir : 14 Juli 1953
7. Pendidikan : Sarjana Teknik Elektro, UGM, 1981
8. Pengalaman Profesional/Penelitian : Dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya , 1981 sampai Sekarang.

Sekretaris jurusan teknik elektro Unibraw
Tahun 1987-1991.

Kepala laboratorium Antena dan Gelombang Mikro, 1986 sampai sekarang.

Ketua peneliti, Perancangan dan Pembuatan Telemetering Level Anak Sungai Brantas Menggunakan Gelombang Radio 900 MHz FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum* Di Perum Jasa Tirta 1 Malang, 2006.

Ketua peneliti studi kelayakan pembangunan Wireless LAN di Kabupaten Situbondo, 2004



BIODATA ANGGOTA PELAKSANA PENELITIAN

1. Nama : SHOFWAN JUNIARDI
2. Tempat / Tanggal lahir : Banjarmasin / 03 Juni 1984
3. Agama : Islam
4. Jenis Kelamin : Laki-Laki
5. Status : Belum Menikah
6. Alamat Asal : Jl. Brigjen H. Hasan Basri RT 23 No.69
Banjarmasin - Kalsel
7. Alamat : Jl. MT. Haryono XIII No. 240 Malang
8. Telepon : (0341) 552 277
0852 3419234

9. Riwayat Pendidikan :

- 1990 - 1996 : SDN Teluk Dalam 3 Banjarmasin
- 1996 - 1999 : MTsN Mulawarman Banjarmasin
- 1999 - 2002 : SMUN I Banjarmasin
- 2002 - Sekarang : S-1 Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang

10. Keorganisasian

- Panitia Workshop Penelitian "Strategi Penulisan Proposal Penelitian 2004" oleh Himpunan Mahasiswa Elektro Universitas Brawijaya tanggal 12-13 Oktober 2004 di gedung PPI Lantai II Universitas Brawijaya.
- Anggota Workshop TEUB Divisi Telekomunikasi (TEUB-FM).
- Panitia Training PC dan Instalasi LINUX dan Jaringan, Mei 2005.
- Panitia Bidang Acara 25 Tahun Teknik Elektro Tahun 2003.
- Panitia OSPEK Elektro "POWER" Tahun 2004.
- Asisten Lab. Transmisi dan Gelombang Mikro Tahun 2005 – Sekarang.

11. Seminar/Workshop

- Seminar Kewirausahaan dan Network Building, Unibraw 6 September 2003.
- MC Announcer Workshop, Unibraw 6 Januari 2004.
- Seminar Next Generation Communication Technology, Unibraw 10 Desember 2006.



BIODATA ANGGOTA PELAKSANA PENELITIAN

1. Nama : ARIESTYA YOGA PRATAMA
2. Tempat / Tanggal lahir : Malang / 07 Maret 1984
3. Agama : Islam
4. Jenis Kelamin : Laki-Laki
5. Status : Belum Menikah
6. Alamat Asal : Jl. Danau Tondano Dalam I A2/A13
Sawojajar Malang
7. Alamat : Jl. Danau Tondano Dalam I A2/A13
Sawojajar Malang
8. Telepon : (0341) 726 764
0856 3575465
9. Riwayat Pendidikan :
- 1990 -1996 : SD Negeri Sawojajar 1 Malang
- 1996 -1999 : SLTP Negeri V Malang
- 1999 -2002 : SMU Negeri I Malang
- 2002 - Sekarang : S-1 Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang
10. Keorganisasian
- Panitia Workshop Penelitian "Strategi Penulisan Proposal Penelitian 2004" oleh Himpunan Mahasiswa Elektro Universitas Brawijaya tanggal 12 -13 Oktober 2004 di gedung PPI Lantai II Universitas Brawijaya.
- Anggota Workshop TEUB Divisi Telekomunikasi (TEUB-FM).
- Panitia Training PC dan Instalasi LINUX dan Jaringan, Mei 2005.
- Panitia Krida Elektro Tahun 2003.
- Panitia Bidang Acara 25 Tahun Teknik Elektro Tahun 2003.
- Panitia OSPEK Elektro "POWER" Tahun 2004.
- Asisten Lab. Transmisi dan Gelombang Mikro Tahun 2005 – Sekarang.
11. Seminar/Workshop
- Seminar Kewirausahaan dan Network Building, Unibraw 6 September 2003.
- MC Announcer Workshop, Unibraw 8 Januari 2004.
- Seminar Next Generation Communication Technology, Unibraw 10 Desember 2006.
- GSM-High End Cellular Communication Workshop, Teknik Elektro Unibraw, 18-20 Desember 2006.

LAMPIRAN 2

SKRIP PROGRAM MATLAB

Berikut adalah beberapa skrip program Matlab yang digunakan dalam penelitian ini. Skrip-skip tersebut harus dijalankan berurutan. Beberapa skrip meminta untuk dispesifikasikan terlebih dahulu sebelum dieksekusi.

Skrip program yang digunakan antara lain:

■ Skrip LOOP3.m

Skrip LOOP3.m. Skrip ini digunakan untuk membentuk mesh segitiga pada antena heliks dari data parameter pendesainan yang diberikan. Parameter desain heliks yang diperlukan untuk dispesifikasikan terlebih dahulu antara lain jari-jari loop (a), jumlah putaran (N), jarak putaran (S) dari ketebalan kawat konduktor (h). Dengan catatan jari-jari kawat konduktor sama dengan $\frac{1}{4}$ lebar strip.

Tampilan Skrip

```
%Axial mode parameters
a=0.159;
M=12;
h=0.02;
N=7;
S=0.240;

%pitch angle
pitch=atan(S/(2*pi*a));
factor=sin(pitch);
factor1=h*cos(pitch);

L=N*S %Total length of the antenna

Count=1; %Point number
EN=1; %Element number

%Create rectangles
t=[];
for n=1:M*N
    angle =2*pi*(n-1)/M;
    delta =h*factor/a; %correction angle in radians
    Point1=[a*cos(angle) a*sin(angle) n*L/(M*N)-L/2];
    Point2=[a*cos(angle+delta) a*sin(angle+delta) n*L/(M*N)-L/2-factor1];
    X(Count:Count+1)=[Point1(1) Point2(1)]';
    Y(Count:Count+1)=[Point1(2) Point2(2)]';
    Z(Count:Count+1)=[Point1(3) Point2(3)]';
    if (n>1)
        t=[t [Count-2: Count-1; Count+1] [Count-2: Count; Count+1]];
    end
    Count=Count+2;
end

%Nodes
PointNumber=Count-1;
```

```

for L=1:PointNumber
    p(1:3,L) = [X(L); Y(L); Z(L)];
end
t(4,:)=1;

% Save result
save loop3 p t h;
viewer('1loop3')

```

Hasil eksekusi program akan digunakan sebagai input skrip selanjutnya, berupa file biner `loop3.mat`. Setelah program dijalankan akan ditampilkan gambar rancangan antena heliks mode axial sesuai dengan parameter yang telah dispesifikasikan sebelumnya dalam koordinat xyz serta panjang antena (L) dan *pitch angle*nya.

2. Skrip `rwg1.m`

Digunakan untuk membentuk elemen tepi RWG untuk setiap bagian dalam struktur antena. Banyaknya elemen total dinyatakan oleh `EdgesTotal`. Inputnya berasal dari subdirektori `mesh`, `loop3.mat`. Outputnya file biner `mesh1.mat` sebagai input skrip berikutnya, `rwg2.m`.

Tampilan Skrip

```

tic;
load('loop3');
[s1 s2]=size(p);
if(s1==2)
    p(3,:)=0; % to convert 2D to 3D
end

% Eliminate unnecessary triangles
Remove=find(t(4,:)>1);
t(:,Remove)=[];
TrianglesTotal=length(t);

% Create edges of separate triangles
for m=1:TrianglesTotal
    N=t(1:3,m);
    Vec1=p(:,N(1))-p(:,N(2));
    Vec2=p(:,N(3))-p(:,N(2));
    Area(m)=norm(cross(Vec1,Vec2))/2;
    Center(:,m)=1/3*sum(p(:,N),2);
end

% Create edge elements "Edge" with at least two
% common triangles
Edge_=[];
n=0;
for m=1:TrianglesTotal
    N=t(1:3,m);
    for k=m+1:TrianglesTotal
        M=t(1:3,k);
        a=1-all([N-M(1) N-M(2) N-M(3)]);
        if(sum(a)==2) %triangles m and k have common edge
            n=n+1;
            Edge_=[Edge_ M(find(a))];
            TrianglePlus(n)=m;
            TriangleMinus(n)=k;
        end;
    end;
end;

EdgesTotal=length(Edge_);

```

```

%This block is only meaningful for 3 junctions
%it leaves only two edge elements at a junction
Edge_=[Edge_(2,:); Edge_(1,:)];
Remove=[];
for m=1:EdgesTotal
    Edge_m=repmat(Edge_(:,m),[1 EdgesTotal]);
    Ind1=any(Edge_==Edge_m);
    Ind2=any(Edge_~=Edge_m);
    A=find(Ind1.*Ind2==0);
    if (length(A)==3) %three elements formally exist at a junction
        Out=find(t(4,TrianglePlus(A))==t(4,TriangleMinus(A)));
        Remove=[Remove A(Out)];
    end
end
Edge_(:,Remove) =[];
TrianglePlus(Remove) =[];
TriangleMinus(Remove) =[];
EdgesTotal=length(Edge_)

%and sum twice of the edges give EdgeIndicator
EdgeIndicator=t(4,TrianglePlus)+t(4,TriangleMinus);

%Final edge length
for m=1:EdgesTotal
    EdgeLength(m)=norm(p(:,Edge_(1,m))-p(:,Edge_(2,m)));
end

toc
%Save result
save mesh1 p ...
t ...
Edge_ ...
TrianglesTotal ...
EdgesTotal ...
TrianglePlus ...
TriangleMinus ...
EdgeLength ...
EdgeIndicator ...
Area ...
Center

```

3. Skrip rwg2.m

Digunakan untuk membentuk elemen tepi RWG yang lebih spesifik, yaitu vektor-vektor (+) dan (-) untuk setiap elemen segitiga yang berpasangan. Input rwg2.m berasal dari hasil eksekusi skrip rwg1.m yaitu mesh1.mat. Outputnya file biner mesh2.mat sebagai input skrip-skip rwg3.m, rwg4.m, rwg5.m, efield1.m, efield2.m, dan efield3.m.

Tampilan Skrip

```

%load the data
load('mesh1');
%Find nine sub-triangle midpoints
IMT=[];
for m=1:TrianglesTotal
    n1=t(1,m);
    n2=t(2,m);
    n3=t(3,m);
    M=Center(:,m);
    r1= p(:,n1);
    r2= p(:,n2);
    r3= p(:,n3);
    r12=r2-r1;
    r23=r3-r2;
    r13=r3-r1;
    C1=r1+(1/3)*r12;
    C2=r1+(2/3)*r12;
    C3=r2+(1/3)*r23;
    C4=r2+(2/3)*r23;
    C5=r1+(1/3)*r13;
    C6=r1+(2/3)*r13;
    a1=1/3*(C1+C5+r1);
    a2=1/3*(C1+C2+M);
    IMT=[IMT;a1;a2];
end

```



```

a3=1/3*(C2+C3+r2);
a4=1/3*(C2+C3+M);
a5=1/3*(C3+C4+M);
a6=1/3*(C1+C5+M);
a7=1/3*(C5+C6+M);
a8=1/3*(C4+C6+M);
a9=1/3*(C4+C6+r3);
Center_(:,:,m)=...
    [a1 a2 a3 a4 a5 a6 a7 a8 a9];
end;
%PLUS
for m=1:EdgesTotal
    NoPlus=TrianglePlus(m);
    n1=t(1,NoPlus);
    n2=t(2,NoPlus);
    n3=t(3,NoPlus);
    if ((n1==Edge_(1,m))&(n1==Edge_(2,m))) NODE=n1; end;
    if ((n2==Edge_(1,m))&(n2==Edge_(2,m))) NODE=n2; end;
    if ((n3==Edge_(1,m))&(n3==Edge_(2,m))) NODE=n3; end;
    FreeVertex=p(:,:,NODE);

    RHO_Plus(:,:,m) =+Center(:,:,NoPlus)-FreeVertex;
    %line rho's of the "plus" triangle
    RHO_Plus(:,:,m) =...
        +Center(:,:,NoPlus)-repmat(FreeVertex,[1 9]);
end;

%MINUS
for m=1:EdgesTotal
    NoMinus=TtriangleMinus(m);
    n1=t(1,NoMinus);
    n2=t(2,NoMinus);
    n3=t(3,NoMinus);
    if ((n1==Edge_(1,m))&(n1==Edge_(2,m))) NODE=n1; end;
    if ((n2==Edge_(1,m))&(n2==Edge_(2,m))) NODE=n2; end;
    if ((n3==Edge_(1,m))&(n3==Edge_(2,m))) NODE=n3; end;
    FreeVertex=p(:,:,NODE);

    RHO_Minus(:,:,m) ==-Center(:,:,NoMinus) +FreeVertex;
    %line rho's of the "minus" triangle
    RHO_Minus(:,:,m)=...
        -Center(:,:,NoMinus)+repmat(FreeVertex,[1 9]);
end;

%Save result
save mesh2 p ...
t ...
TrianglesTotal ...
EdgesTotal ...
Edge_ ...
TrianglePlus ...
TriangleMinus ...
EdgeLength ...
EdgeIndicator ...
Area ...
RHO_Plus ...
RHO_Minus ...
RHO_Plus ...
RHO_Minus ...
Center ...
Center_

```

4. Skrip rwg3.m.

Digunakan untuk menghitung matriks impedansi menggunakan fungsi impmet.m. Parameter yang harus dispesifikasi dahulu pada skrip rwg3.m adalah frekuensi, yang menyatakan frekuensi kerja antena yang dibuat. Outputnya disimpan dalam bentuk file biner impedance.mat sebagai input skrip rwg4.m.

Tampilan Skrip

```

%Load the data
load('mesh2');

%EM parameters - note census that f=300 MHz
%l=4, ref mesh2.m - note in loop with a =1 m)

```

```

f =4.5e8;
epsilon_ =8.854e-012;
mu_ =1.257e-006;
%Speed of light
c_=1/sqrt(epsilon_*mu_);
%Free-space impedance
eta_=sqrt(mu_/epsilon_);

%Contemporary variables - all reported in green up
%the impedance matrix val calculation
omega =2*pi*f;
k =omega/c_;
K =j*k;
Constant1 =mu_/(4*pi);
Constant2 =1/(j*4*pi*omega*epsilon_);
Factor =1/9;

FactorA =Factor*(j*omega*EdgeLength/4)*Constant1;
FactorFi =Factor*EdgeLength*Constant2;

for m=1:EdgesTotal
    RHO_P(:, :, m)=repmat(RHO_Plus(:, :, m), [1 9]); % 9 EdgesTotal
    P4O_M(:, :, m)=repmat(RHO_Minus(:, :, m), [1 9]); % 9 EdgesTotal
end
FactorA=FactorA.';
FactorFi=FactorFi.';

%Impedance matrix Z
tic; %start timer

Z= impmet( EdgesTotal,TrianglesTotal, ...
    EdgeLength,K, ...
    Center,Center_, ...
    TrianglePlus,TriangleMinus, ...
    RHO_P,RHO_M, ...
    RHO_Plus,RHO_Minus, ...
    FactorA,FactorFi);

toc %elapsed time

%Save result
FileName='impedance.mat';
save(FileName, 'f', 'omega', 'mu', 'epsilon', 'c', 'eta', 'Z');

```

5. Skrip rwg4.m

Digunakan untuk menyelesaikan persamaan MoM. Parameter yang harus dispesifikasikan dahulu pada skrip rwg4.m adalah *feed point position*, yang merupakan letak titik pencatuan antena heliks sebagai titik observasi. Input skrip rwg4.m berasal dari file biner mesh2.mat dan impedance.mat. Outputnya disimpan dalam bentuk file biner current.mat sebagai input skrip-skrip rwg5.m, efield1.m, efield2.m, dan efield3.m.

Tampilan Skrip

```

%Load the data
load('mesh2');
load('impedance');

%Find the feeding edge (closest to the origin)
FeedPoint=[-0.1; 0; 0];

for m=1:EdgesTotal
    V(m)=0;
    Distance(:, m)=0.5*sum(p(:, Edge(:, m)), 2)-FeedPoint;
end

[Y, INDEX]=sort(sum(Distance.*Distance));
Index=INDEX(1); %Center feed - dipole and loop

%Define the voltage vector
V(Index)=l*EdgeLength(Index);

```

```
%Solve system of MoM equations
tic;
I=Z\V.';
toc %elapsed time

%Find the antenna input impedance
GapCurrent =sum(I(Index).*EdgeLength(Index));
GapVoltage =mean(V(Index)./EdgeLength(Index));
Impedance =GapVoltage/GapCurrent
FeedPower =1/2*real(GapCurrent*conj(GapVoltage))

FileName='current.mat';
save(FileName, 'f','omega','mu_','epsilon_','c_','eta_',...
    'I','V','GapCurrent','GapVoltage','Impedance','FeedPower','Index');
```

Dari hasil eksekusi skrip `rwg4.m`, akan ditampilkan nilai impedansi input antena dan daya catunya (*feed power*).

6. Skrip `rwg5.m`.

Digunakan untuk menampilkan distribusi kerapatan arus permukaan antena. Hasil eksekusi berupa gambar antena heliks *grayscale* dalam koordinat xyz, dengan warna putih menyatakan nilai distribusi kerapatan arus permukaan terbesar dan warna hitam menyatakan nilai distribusi kerapatan arus permukaan terkecil. Selain itu juga didapatkan nilai arus maksimum dan minimumnya (Current Max; Current Min). Input skrip `rwg5.m` berasal dari file biner `mesh2.mat` dan `impedance.mat`.

Tampilan Skrip

```
%load the data
load('mesh2');
load('current');

Index_=find(t(4,:)<=1);
Triangles=length(Index_);

%Find the current density for every triangle
for k=1:Triangles
    i=[0 0 0];
    for m=1:EdgesTotal
        IE=I(m)*EdgeLength(m);
        if (TrianglePlus(m)==k)
            i=i+IE*RHO_Plus(:,m)/(2*Area(TrianglePlus(m)));
        end
        if (TriangleMinus(m)==k)
            i=i+IE*RHO_Minus(:,m)/(2*Area(TriangleMinus(m)));
        end
    end
    CurrentNorm(k)=abs(norm(i));
end

MAX=max(CurrentNorm);
MIN=min(CurrentNorm);

format long
CurrentMax=MAX*EdgeLength(Index)
CurrentMin=MIN*EdgeLength(Index)
format short

CurrentNorm1=CurrentNorm/max(CurrentNorm);
for m=1:Triangles
    N=t(1:3,m);
    X(1:3,m)=[p(1,N)]';
    Y(1:3,m)=[p(2,N)]';
    Z(1:3,m)=[p(3,N)]';
end
```



```
C=repmat(CurrentNormI,3,1);
h=fill3(X, Y, z, C); %here's the linear scale
colormap gray;
axis('equal');
rotate3d
```

7. Skrip efield1.m.

Digunakan untuk mendapatkan nilai medan elektrik E (V/m), medan magnetik H (A/m), poynting vektor (W/m^2), kerapatan daya radiasi W (W/m^2) dan intensitas radiasi U ($W/unit\ solid\ angle$) antena heliks. Parameter yang harus dispesifikasiakan dahulu pada skrip efield1.m adalah *observation point* sebagai titik observasi. Input skrip efield1.m berasal dari file biner mesh2.mat dan impedance.mat.

Tampilan Skrip

```
% or 'm' units
load('mesh2');
load('current');

k=omega/c_;
K=j*k;

for m=1:EdgesTotal
    Point1=Center(:,TrianglePlus(m));
    Point2=Center(:,TriangleMinus(m));
    DipoleCenter(:,m)=0.5*(Point1+Point2);
    DipoleMoment(:,m)=EdgeLength(m)*I(m)*(-Point1+Point2);
end

ObservationPoint=[-0.1j 0; 0];
[E,H]=point(ObservationPoint,eta_,K,DipoleMoment,DipoleCenter);

%find the sum of all dipole contributions
EField=sum(E,2); HField=sum(H,2);

%Common
EField %Radiated/scattered electric field
%complex vector at a point, V/m

HField %Radiated/scattered magnetic field
%complex vector at a point, A/m

Poynting=0.5*real(cross(EField,conj(HField)));
%Poynting vector to find the radiated/scattered field

W=norm(Poynting) %Radiation density (W/m^2) for radiated/scattered field

U=norm(ObservationPoint)^2*W %Radiation intensity (W/unit solid angle)

%Only scattering
RCS=4*pi*(norm(ObservationPoint))^2*sum(EField.*conj(EField));
%Backscattering radar cross-section (scattering)
```

8. Skrip efield2.m.

Digunakan untuk menampilkan distribusi intensitas radiasi antena dalam suatu kawasan. Hasil eksekusi berupa gambar bola grayscale dalam koordinat xyz, dengan warna putih menyatakan nilai distribusi intensitas radiasi terbesar dan warna hitam menyatakan nilai distribusi intensitas radiasi terkecil. Input skrip efield2.m berasal dari file biner mesh2.mat, sphere.mat dan current.mat. Outputnya disimpan dalam bentuk file biner gainpower.mat sebagai input skrip efield3.m.

```

%Load the data
load('mesh2');
load('current');
load('sphere');

p=100*p; %sphere radius is 100 m

k=omega/c;
K=j*k;

for m=1:EdgesTotal
    Point1=Center(:,TrianglePlus(m));
    Point2=Center(:,TriangleMinus(m));
    DipoleCenter(:,m)=0.5*(Point1+Point2);
    DipoleMoment(:,m)=EdgeLength(m)*I(m)*(-Point1+Point2);
end

TotalPower=0;
%ipile seisme
M=length(t);
for m=1:M
    N=t(1:3,m);
    ObservationPoint=1/3*sum(p(:,N),2);
    [E,H]=point(ObservationPoint,eta_,K,DipoleMoment,DipoleCenter);
    ET=sum(E,2); HT=sum(H,2);
    Poynting(:,m)=0.5*real(crossj(ET,conj(HT)));
    U(m)=(norm(ObservationPoint))^2*norm(Poynting(:,m));
    Vector1=p(:,N(1))-p(:,N(2));
    Vector2=p(:,N(3))-p(:,N(2));
    Area =0.5*norm(crossj(Vector1,Vector2));
    TotalPower=TotalPower+norm(Poynting(:,m))*Area;
    %-----
    X(1:3,m)=[p(1,N)]';
    Y(1:3,m)=[p(2,N)]';
    Z(1:2,m)=[p(3,N)]';
end

TotalPower

GainLogarithmic =10*log10(4*pi*max(U)/TotalPower);
GainLinear =4*pi*max(U)/TotalPower;
RadiationResistance =2*TotalPower/abs(GapCurrent)^2;

FileName='gainpower.mat';
save(FileName, 'TotalPower','GainLogarithmic','GainLinear');

U=U/norm(U);
C=repmat(U,3,1);
h=fill3(X,Y,Z,C);
colormap gray;
axis('equal');
rotate3d on

```

Dari hasil eksekusi skrip efield2.m juga didapatkan nilai gain logaritmik, gain linier dan resistansi radiasi antena heliks (GainLogarithmic, GainLinear, RadiationResistance).

9. Skrip efield3.m.

Digunakan untuk menghitung dan menggambarkan pola radiasi antena heliks pada frekuensi tunggal. Pola ini digambarkan dalam pola radiasi 2 dimensi (*cuts*) pada bidang *xz* (*azimuth* – bidang *H*) atau bidang *yz* (*elevasi* – bidang *E*). Antena heliks diletakkan pada bidang *xy* dengan *loop* searah sumbu *x* dan arah *axial* pada sumbu *z*. Input skrip efield3.m berasal dari file biner mesh2.mat, sphere.mat dan gainpower.mat."

Tampilan Skrip

```
%Load the data
load('mesh2');
load('current');
load('gainpower');

k=omega/c_;
K=j*k;

% m=1:EdgeTotal
Point1=Center(:,TrianglePlus(m));
Point2=Center(:,TriangleMinus(m));
DipoleCenter(:,m)=0.5*(Point1+Point2);
DipoleMoment(:,m)=EdgeLength(m)*I.(m)*(-Point1+Point2);

% NumPoints=200;
R=100; % in cm [!] !
ii=1:NumPoints+1
phi(ii)=(ii-1)*pi/(NumPoints/2);
y=R*cos(phi(ii));
z=R*sin(phi(ii));
ObservationPoint=[0 y z];
[E,H]=point(ObservationPoint,eta_,K,DipoleMoment,DipoleCenter);
ET=sum(E,2); HT=sum(H,2);
Poynting=0.5*real(cross(ET,conj(HT)));
W(ii)=norm(Poynting);
U(ii)=(norm(ObservationPoint))^2*W(ii);

Polar_=10*log10(4*pi*U/TotalPower);

GainLogarithmic=max(Polar_) % gain for the particular pattern

%This is the standard Matlab polar plot
OFFSET=40; polar(phi,max(Polar_+OFFSET,0)); grid on;
Title=strcat('Offset = ', num2str(OFFSET), ' dB');
title>Title;

%This is Balanis' relative power:
order=10*log10(U/max(U)); OFFSET=40; polar(phi,Polar_+OFFSET); grid on;

%This is Galenski's polar plot:
%Note with care: outputs an error if Polar is a constant function
polarang(phi',Polar', 'rlim', [min(Polar) max(Polar)], 'tlim', [-30 0]
    , 'step', 90, 'color', 'b');
```

10. Skrip rwg3.m

Skrip ini digunakan untuk matriks impedansi dan menyelesaikan persamaan MoM. Tidak seperti skrip rwg3.m yang sebelumnya, parameter yang harus dispesifikasi dahulu pada skrip rwg3.m adalah frekuensi bawah, frekuensi atas dan banyaknya langkah (`step`) untuk sweep frekuensi. Outputnya disimpan dalam bentuk file biner `current.mat` sebagai input skrip `efield2.m` dan `sweeplot.m`.

Tampilan Skrip

```
load('mesh2');

% Parameters
NumberOfSteps=200;
FreqStart =25e6;      in Hz
FreqStop  =500e6;     in Hz
step=(FreqStop-FreqStart)/(NumberOfSteps-1);

% parameters
epsilon_ = 8.854e-012;
mu_ = 1.257e-006;
c_=1/sqrt(epsilon_*mu_); % c - impedance
eta_=sqrt(mu_/epsilon_); %
```

```

for m=1:EdgesTotal
    RHO_P(:,:,m)=repmat(RHO_Plus(:,:,m),[1 9]); %[3 9 EdgesTotal]
    RHO_M(:,:,m)=repmat(RHO_Minus(:,:,m),[1 9]); %[3 9 EdgesTotal]
end

%Frequency series
T0=cputime;
for FF=1:NumberOfSteps
    FF
    f(FF)      =FreqStart+step*(FF-1);
    omega       =2*pi*f(FF);
    k           =omega/c_;
    K           =j*k;

    Constant1  =mu_/(4*pi);
    Constant2  =1/(j*4*pi*omega*epsilon_);
    Factor     =1/9;
    FactorA    =Factor*(j*omega*EdgeLength/4)*Constant1;
    FactorFi   =Factor*EdgeLength*Constant2;
    FactorA.'  =FactorA.';
    FactorFi.' =FactorFi.';

    Z = impmet( EdgesTotal,TrianglesTotal, ...
               EdgeLength,K, ...
               Center,Center, ...
               TrianglePlus,TriangleMinus, ...
               RHO_P,RHO_M, ...
               RHO_Plus,RHO_Minus, ...
               FactorA,FactorFi);

    %Find the feeding edge(s) (closest to the origin)
    FeedPoint=[0; 0; 0];
    for m=1:EdgesTotal
        V(m)=0;
        Distance(:,:,m)=0.5*sum(p(:,:,Edge_(t,m)),2)-FeedPoint;
    end
    [Y,INDEX]=sort(sum(Distance.*Distance));
    Index=INDEX(1); %Center feed - dipole
    %Index=INDEX(1:2); %Probe feed - monopole

    %Solution of MoM equations
    V(Index)=1*EdgeLength(Index);
    I=Z\V.';

    CURRENT(:,FF)=I(:,1);
    %Impedance
    GapCurrent(FF) =sum(I(Index).*EdgeLength(Index));
    GapVoltage(FF) =mean(V(Index)./EdgeLength(Index));
    Impedance(FF) =GapVoltage(FF)/GapCurrent(FF);
    FeedPower(FF) =1/2*real(GapCurrent(FF)*conj(GapVoltage(FF)));
    Imp
    T=cputime-T0
end

%Save result
FileName='current.mat';
save(FileName, 'f','NumberOfSteps','FreqStart','FreqStop','step',...
     'omega','mu','epsilon','c','beta',...
     'CURRENT','GapCurrent','GapVoltage','Impedance','FeedPower','Index');

```

11. Skrip efield2.m

Skrip ini digunakan untuk menghitung gain dan daya yang diradiasikan antena pada permukaan 3 dimensi. Input skrip efield2.m berasal dari file biner current.mat. Hasil perhitungan yang ditampilkan sesuai dengan banyaknya step yang telah dispesifikasi pada skrip rwg3.m. Output skrip ini disimpan dalam bentuk file biner gainpower.mat sebagai input skrip sweepplot.m.

Tampilan Skrip

```

load the data
load('mesh2');
load('sphere');

```



```

load('current');
p=1000*p;      %observation sphere radius is 1000 m

%Frequency series
for FF=1:NumberOfSteps
    FF
    omega=2*pi*f(FF);
    k=omega/c_;
    K=j*k;

    for m=1:EdgeJTotal
        Point1=Center(:,TrianglePlus(m));
        Point2=Center(:,TriangleMinus(m));
        DipoleCenter(:,m)=0.5*(Point1+Point2);
        DipoleMoment(:,m)=EdgeLength(m)*CURRENT(m,FF)*(-Point1+Point2);
    end

    TotalPower(FF)=0;
    for m=1:M
        M=length(:);
        for i=1:m
            N=t(1:i,m);
            ObservationPoint=1/3*sum(p(:,N),2);
            [E,H]=pcalin(ObservationPoint,eta_,K,DipoleMoment,DipoleCenter);
            ET=sum(E,2); HT=sum(H,2);
            Poynting(:,m)=0.5*real(cross(ET,conj(HT)));
            U(m)=(norm(ObservationPoint))^2*norm(Poynting(:,m));
            Vector1=p(:,N(1))-p(:,N(2));
            Vector2=p(:,N(3))-p(:,N(2));
            Area = 0.5*norm(cross(Vector1,Vector2));
            TotalPower(FF)=TotalPower(FF)+norm(Poynting(:,m))*Area;
        end
    end

    TotalPower(FF)
    GainLinear(FF)=4*pi*max(U)/TotalPower(FF);
    GainLogarithmic(FF)=10*log10(GainLinear(FF));
end
FileName=strcat('gainpower.mat');
save(fileName,'','GainLinear','GainLogarithmic','TotalPower');

```

12. Skrip sweepplot.m.

Skrip terakhir ini digunakan untuk menggambarkan karakteristik antena dalam 5 grafik sebagai fungsi frekuensi dalam rentang tertentu, antara lain: koefisien refleksi, resistansi input, reaktansi input, daya yang diradiasikan dan gain. Inputnya berasal dari file biner current.mat dan gainpower.mat.

Tampilan Skrip

```

load('current.net');

%Plot Impedance
a=figure
plot(f, real(impedance));
xlabel('Frequency, Hz')
ylabel('Input impedance, Ohm')
title('Input impedance');
grid on

b=figure
plot(f, imag(impedance));
xlabel('Frequency, Hz')
ylabel('Output admittance, Ohm^-1')
title('Output admittance');
grid on

%Plot reflection coefficient versus 50 Ohm
c=figure
Gamma=(Impedance-50)./(impedance+50);
Out=20*log10(abs(Gamma));
plot(f, Out);
xlabel('Frequency, Hz')
ylabel('Ref. coeff = 20 log |Gamma|, dB')
grid on

```

```
load('gainpower.mat')

d=figure
plot(f,GainLogarithmic);
xlabel('Frequency, Hz')
ylabel('Gain, dB')
grid on
e=figure
plot(f, TotalPower);
xlabel('Frequency, Hz')
ylabel('Radiated power, W')
axis([0 8000e-6 0 0.018])
grid on
```



LAMPIRAN 3

1100109

SPESIFIKASI KONEKTOR SMA N FEMALE

Electrical	
Impedance	50 Ohms
Frequency Range	DC ~ 11 GHz
Voltage Rating	1500 Volts Peak
Dielectric Withstanding Voltage	2500 Volts RMS
Insertion Loss	.20 dB Max.
Mechanical	
Mating	5/8-24 UNEF Threading Coupling
Mating Torque	15 inch pounds (170 N.cm) Max.
Cable Attachment	N/A
Center Conductor Cable Attachment	Solder
Cable Retention	N/A
Material	
Body	Nickel Plated Brass
Contact	Gold Plated Brass
Insulator	TFE
Ferrule	Nickel Plated Brass
Environmental	
Temperature Range	-55°C(-67°F) to +85°C(+185°F)
Temperature Cycling	MIL-Std. 202 Method 102 (Test Condition C)
Weatherproof	All N-Type Connectors are Weatherproof
Moisture Resistance	MIL-Std. 202 Method 106 (Test Condition B)
Corrosion	MIL-Std. 202 Method 101 (Test Condition C)
Vibration	MIL-Std. 202 Method 204 (Test Condition B)
Altitude	MIL-Std. 202 Method 105 (Test Condition C)
RoHS Compliant	Yes