

Simulasi Antena Helix Quadrifilar S-Band Dengan Beamwidth 100⁰ Dan Gain 7 dB Untuk Satelit Mikro Menggunakan Software 4NEC2

Oleh :
Iwan Faizal*

Abstrak

Antena Helix Quadrifilar S-Band yang akan didesain memiliki beamwidth 100⁰ dan gain 7 dB pada frekuensi 2.22 GHz. Tujuan dari desain antena ini adalah supaya cakupan satelit menjadi lebih luas dan dapat menjangkau stasiun bumi terjauh dibandingkan antena helix yang terpasang di LAPAN TubSat. Software 4NEC2 digunakan untuk memproses desain dan simulasi antena helix Quadrifilar S-Band dengan hasil yang diharapkan.
Kata kunci: quadrifilar, s-band, beamwidth, 4NEC2

Abstract

The design of S-Band Quadrifilar Helix Antenna have 100⁰ beamwidth and 7 dB gain on the frequency of 2.22 GHz. The goal of antenna design is the satellite coverage become wider and reaching farthest ground station as compared with helix antenna fixed to on LAPAN-TubSat . Design and simulation process of S-Band Quadrifilar Helix Antenna with desirable result, 4NEC2 software used to
Keywords: quadrifilar, s-band, beamwidth, 4NEC2

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Antena Helix Quadrifilar ditemukan oleh C.C. Kilgus pada awal tahun 1970. Penemuan antena ini sangat bermanfaat karena memiliki polarisasi sirkuler yang sangat baik dengan karakteristik pola radiasi yang menjadi sifatnya. Antena ini terdiri dari empat buah helix dalam fasa kuadratur dan mampu memancarkan bentuk *cardioid*. Performa antena yang diberikan sesuai dan bermanfaat bagi banyak aplikasi satelit.

Ada banyak variasi bentuk antena helix Quadrifilar ini seperti *multi-turn endfire*, *multi-turn backfire*, *self-resonant* dan *fractional-turn*. Tahun 1975 Kilgus mendemonstrasikan *backfire helix* yang direalisasikan dengan memperpanjang *multi-turn* yang menghasilkan polarisasi sirkuler yang baik dengan menseting parameter-parameter antena tersebut. Sifat yang penting lainnya dari antena ini adalah menghasilkan pola setengah bola (*hemispherical pattern*) tanpa memerlukan *ground plane*.

Antena yang akan didesain ini masuk dalam varian antena helix Quadrifilar *multi-turn endfire*. Frekuensi yang digunakan adalah dari 2206,5 MHz – 2233,5 MHz dengan frekuensi center 2220 MHz. Kekurangan dari antena helix Quadrifilar ini adalah memerlukan jaringan *feed* kompleks (penyesuaian impedansi).

Tujuan dari riset ini adalah merancang antena helix Quadrifilar menggunakan software 4NEC2 dengan beamwidth 100⁰ dan gain 7 dB yang membuat *coverage* satelit menjadi lebih luas dan dapat menjangkau stasiun bumi yang paling jauh dibandingkan dengan antena helix yang sekarang terpasang di LAPAN-TubSat (beamwidth 70⁰ dan gain 8,5 dB).

Antena Helix Quadrifilar S-Band ini sudah diimplementasikan di beberapa satelit diantaranya adalah di satelit NOAA 9-14, TIROS-N, AMSAT-OSCAR 7, kemudian UK-DMC, ALSAT-1, NigeriaSat-1, BilSat (2003), Beijing-1 (2005) dan Deimos-1 (2009) dengan hasil baik.

2. METODOLOGI

Metodologi yang dipergunakan dalam mendesain Antena Helix Quadrifilar S-Band ini adalah melalui studi literatur yaitu mengumpulkan data mengenai atau yang berhubungan dengan Antena Helix Quadrifilar S-Band dari berbagai referensi. Dari studi literatur selanjutnya adalah pemilihan dan penggunaan bahan untuk antena seperti kawat tembaga untuk empat buah helix nya,

* Peneliti Pusat Teknologi Satelit - LAPAN

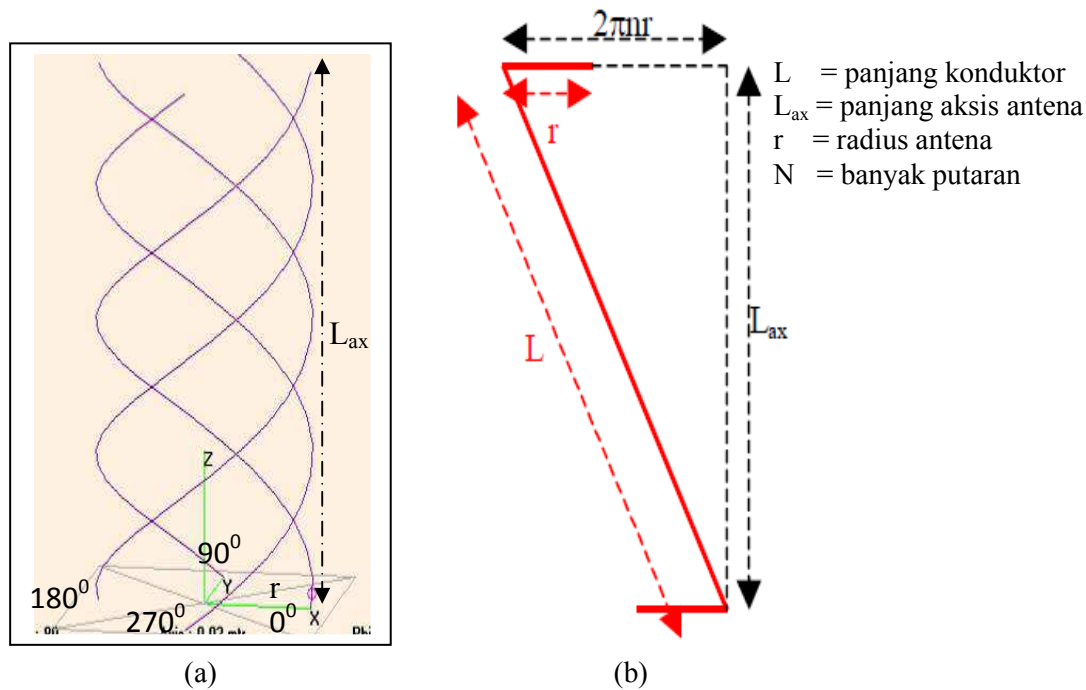
untuk penyesuaian impedansi digunakan semacam PCB dari jenis FR-4, sementara itu untuk radome antenanya menggunakan bahan Teflon atau yang lebih baik. Setelah pemilihan bahan tahap selanjutnya adalah desain antenna helix Quadrifilar dengan menggunakan formula pada Tabel 1 dan formula penyesuaian impedansi (persamaan 1-8). Setelah dilakukan perancangan antenna selanjutnya adalah melakukan simulasi antenna dengan menggunakan software 4NEC2 yaitu dengan menginput data-data pada Tabel 2. Hasil dari inputan data-data tersebut kemudian dianalisa dan diambil kesimpulannya.

3. TEORI ANTENA

Antena helix Quadrifilar adalah antenna kecil dengan beamwidth lebar dapat mencapai $\geq 120^\circ$. Antena Quadrifilar berisi empat helix, dengan jarak keliling dan sinyal amplitudo sama yang digerakkan dalam fasa Quadrifilar ($0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$) Gambar 1.a.

Antena helix Quadrifilar merupakan antenna yang memiliki pola radiasi ke segala arah sehingga dalam pemakaiannya antenna jenis ini tidak perlu diarahkan ke arah tertentu. Keuntungan polarisasi sirkular dalam komunikasi satelit adalah bisa diabaikannya redaman karena perbedaan polarisasi antara antenna satelit dan stasiun bumi.

Didalam mendesain antenna helix Quadrifilar ada beberapa parameter penting yang perlu diperhatikan yaitu panjang konduktor (L), Panjang aksis antenna (L_{ax}), radius antenna (r) dan banyaknya putaran (N) Gambar 1.b.



Gambar 3.1. Geometri antenna helix quadrifilar

3.1. Formula Antena Helix Quadrifilar

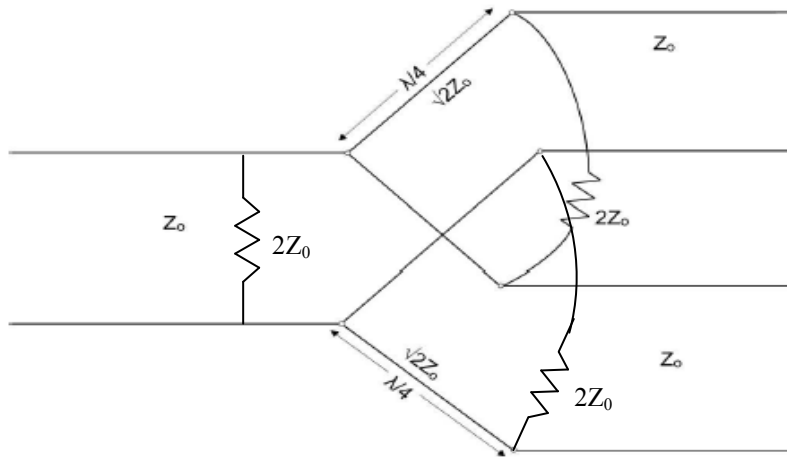
Perhitungan untuk desain antenna helix Quadrifilar S-Band ini dapat dilakukan dengan mempergunakan formula pada Tabel. 3.1 berikut :

Tabel 3.1. Formula antenna helix quadrifilar s-band

No	Uraian	Formula
1	Panjang Gelombang	$\lambda = c/f_c$
2	Putaran/lilitan	$N = 3$
3	Radius Antena	$r = 0,0793 \lambda$
4	Pitch Antena	$p = 0,346 \lambda$
5	Panjang Konduktor	$L = 1,77 \lambda$
6	Panjang Aksis	$L_{ax} = 1,037\lambda$
7	Diameter Konduktor	$d_k = 0,0088 \lambda$

3.2. Penyesuai Impedansi

Desain penyesuai impedansi yang digunakan adalah Wilkinson splitter (Gambar 2) yang memisahkan sinyal dalam porsi magnitudo dan fasa yang sama. Setiap Wilkinson splitter terdiri dari bagian saluran transmisi untuk impedansi karakteristik Z_0 . Selanjutnya dipisah kedalam dua bagian dengan impedansi $\sqrt{2} Z_0$ dan panjang $\lambda/4$. Bagian saluran transmisi untuk impedansi karakteristik Z_0 dihubungkan ke setiap bagian ini. Pada titik koneksi sebuah resistor pemisah bernilai $2Z_0$ dihubungkan diantara dua saluran transmisi.



Gambar 3.2. Wilkinson power divider

Impedansi karakteristik saluran transmisi strip mikro ditentukan oleh rasio lebar terhadap tingginya. Bahan yang digunakan adalah FR-4 dengan permitivitas (ϵ_r) = 4,4. Pertama kali besaran yang dicari adalah permitivitas efektif (ϵ_{eff}) dan impedansi karakteristiknya (Z_0) dengan persamaan berikut ini :

Untuk $w/h < 1$;

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12}{w/h}}} + 0,04(1 - w/h)^2 \right) \dots\dots\dots(1)$$

dan,

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \ln \left(\frac{8}{w/h + \frac{w/h}{4}} \right) \dots\dots\dots(2)$$

Untuk $w/h \geq 1$;

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12}{w/h}}} \right) \dots\dots\dots(3)$$

dan,

$$Z_0 = \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_{eff}} \left[w/h + 1,393 + 0,667 \ln(w/h + 1,444) \right]} \dots\dots\dots(4)$$

Besarnya kecepatan propagasi gelombang melalui FR-4 dipengaruhi oleh permitivitas efektifnya (ϵ_{eff}) yang berdampak pada panjang gelombang sinyalnya. Persamaan berikut dapat dilakukan untuk mendapatkan kecepatan propagasi gelombang tersebut :

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \dots\dots\dots(5)$$

dengan,

c = kecepatan cahaya (m/dtk)

Menggunakan persamaan (5) kecepatan gelombang maka besarnya panjang gelombang (λ) dapat diketahui dengan persamaan berikut :

$$\lambda = \frac{v}{f_c} \dots\dots\dots(6)$$

dengan,

f_c = frekuensi center (Hz)

Wilkinson splitter membagi sinyal menjadi empat bagian sinyal magnitudo yang sama dan saluran transmisi dengan panjang $\lambda/4$, $\lambda/2$, $3\lambda/4$, 1λ . Desain berisi tiga Wilkinson Divider, pertama pembagi memisahkan sinyal menjadi dua sinyal yang sama kemudian setiap sinyal di umpankan ke satu dari dua *Wilkinson Divider* yang memisahkannya menjadi dua sinyal yang sama lagi. Sinyal masukan original dibagi menjadi empat sinyal magnitudo dan fasa. Impedansi karakteristik *arms splitter* dapat diketahui besarnya dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Z = \sqrt{2}Z_0 \dots\dots\dots(7)$$

Diantara setiap *arms* ada resistor yang magnitudonya ditentukan oleh persamaan berikut :

$$R = 2Z_0 \dots\dots\dots(8)$$

4. DESAIN ANTENA

4.1. Data-data Antena

Dengan frekuensi (f_c) S-Band 2220 MHz, kecepatan cahaya (c) sebesar 3.10^8 m/dtk dan dengan menggunakan persamaan pada Tabel 3.1 maka akan didapatkan data-data pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Data-data antena

No	Uraian	Unit	Nilai
1	Panjang gelombang	λ	13.5 cm
2	Putaran/lilitan	N	3
3	Radius antena	r	1,068 cm
4	Pitch Antena	p	4,671 cm
5	Panjang Konduktor	L	23,895 cm
6	Panjang aksis	L_{ax}	14 cm
7	Diameter konduktor	d_k	1 mm

4.2. Data-data Penyesuai Impedansi

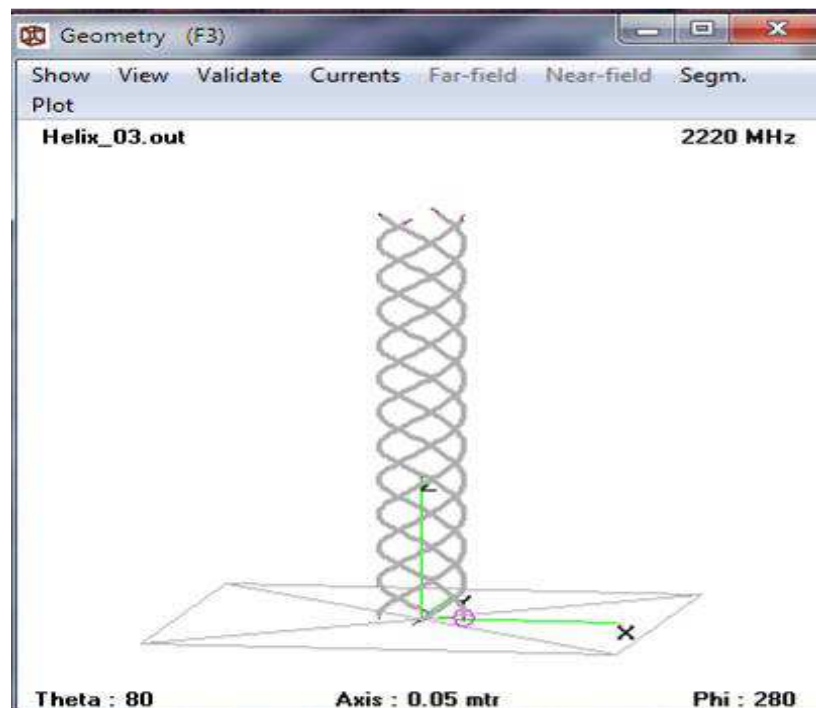
Tabel 4.2. Wilkinson splitter

No	Diskripsi	Panjang listrik	Lebar Fisik (w)	Panjang Fisik
1	$\sqrt{2}Z_0$	$\lambda/4$	1,33	19,10
2	Fase 0^0	$\lambda/4$	2,62	18,49
3	Fase 90^0	$\lambda/2$	2,62	36,98
4	Fase 180^0	$3\lambda/4$	2,62	55,47
5	Fase 270^0	1λ	2,62	73,96

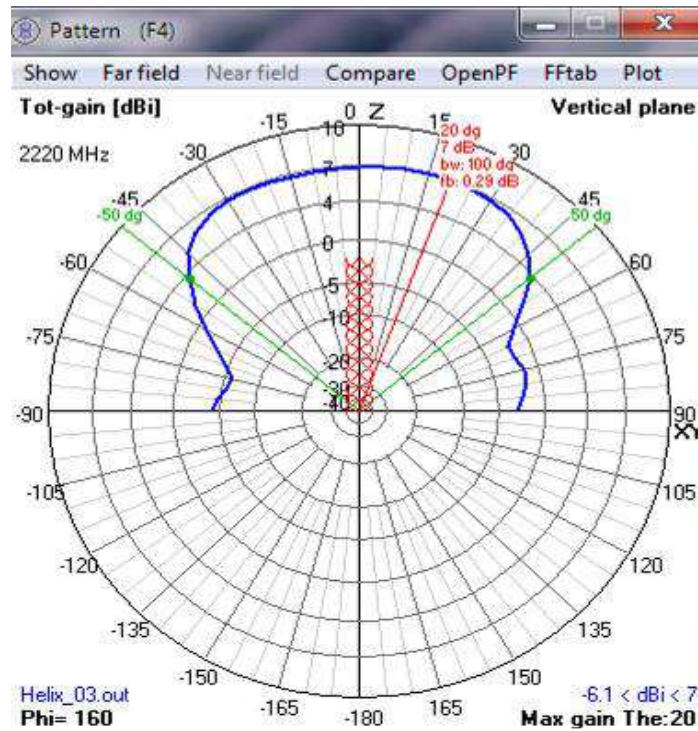
Tabel 4.2 adalah hasil perhitungan untuk penyesuai impedansi Wilkinson Splitter yang didapat dari persamaan (1) sampai (8) dengan nilai $h = 1,6$.

5. SIMULASI ANTENA

Dengan menginput data-data pada Tabel 4.1 ke software 4NEC2 maka akan didapatkan model Antena Helix Quadrifilar pada gambar 5.1, pola radiasinya pada gambar 5.2 dan 5.3, SWR antena pada gambar 5.4, impedansi antena pada gambar 5.5 dan axial ratio pada gambar 5.6.

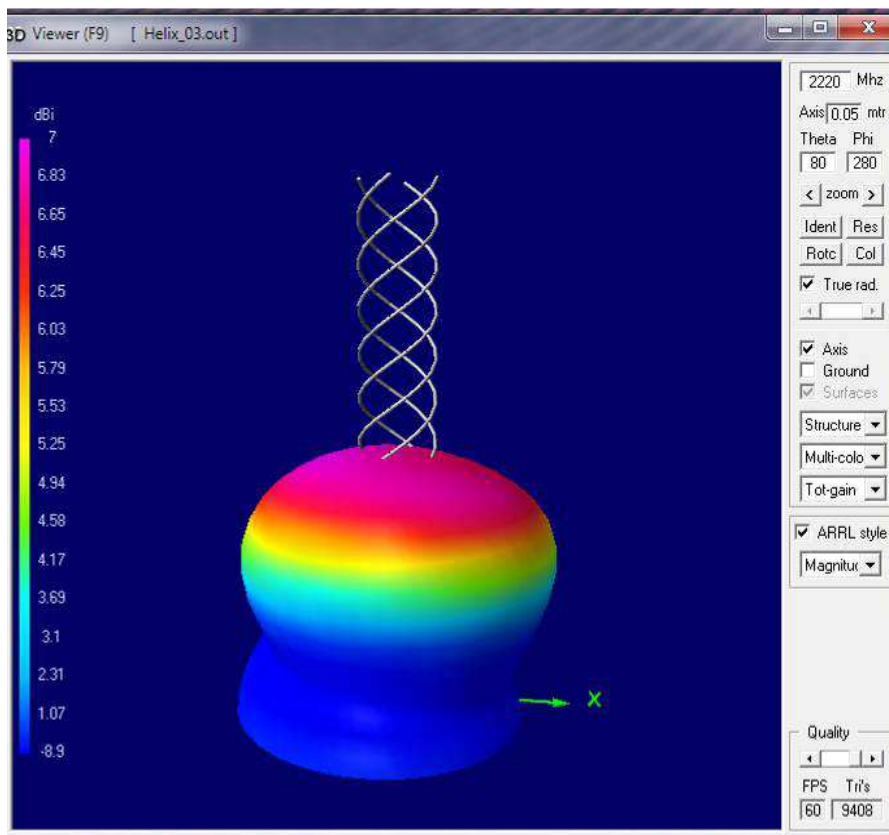


Gambar 5.1. Model antena helix quadrifilar

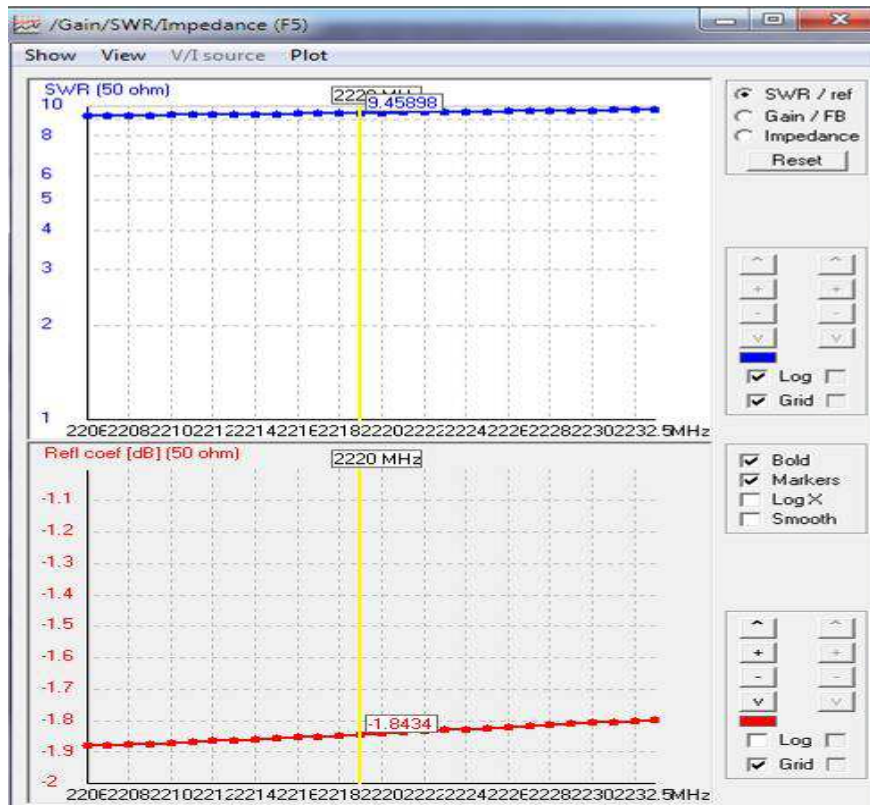


Gambar 5.2. Pola Radiasi Antena

Dari gambar 5.2 besarnya gain adalah 7 dB dan besarnya beamwidth adalah 100° . Gambar 5.3 dibawah ini memperlihatkan dengan jelas model 3D untuk gambar diatas.

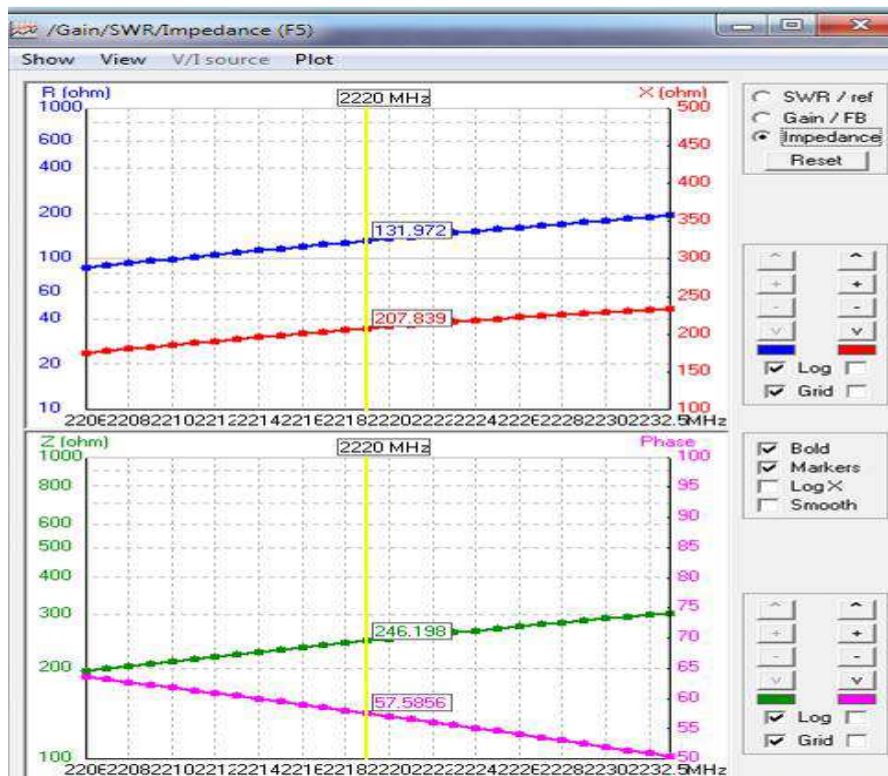


Gambar 5.3. Model 3D Pola Radiasi Antena



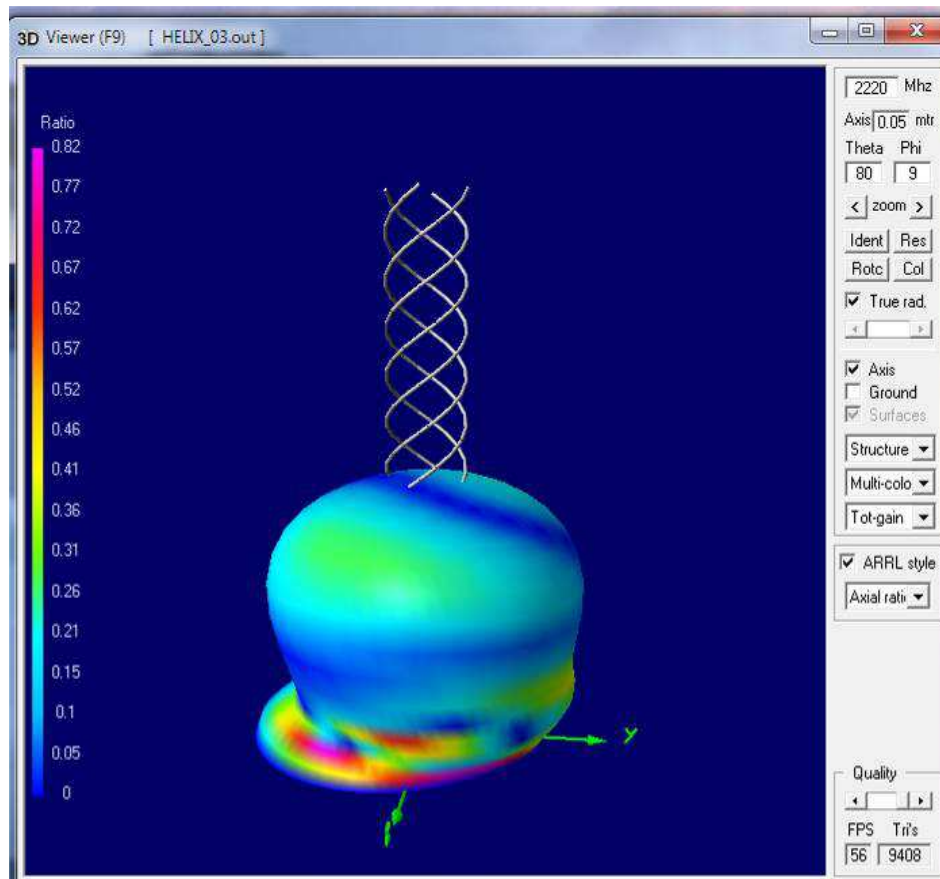
Gambar 5.4. SWR Antena

Dari gambar 5.4 besarnya SWR antena adalah 9,45898 berada pada frekuensi 2220 MHz.



Gambar 5.5. Impedansi Antena

Besarnya impedansi antena yang didapat pada gambar 5.5 adalah $131,972 + j207,839 \Omega$ berada pada frekuensi 2220 MHz.



Gambar 5.6. Axial Ratio

Dari hasil simulasi besarnya axial ratio yang merupakan salah satu indikator baik buruknya antenna adalah 0,82.

6. ANALISA HASIL SIMULASI

Dari gambar 5.2 terlihat bahwa besarnya beamwidth adalah 100° dan besarnya gain adalah 7 dB dicapai pada sudut 20° . Besaran keduanya didapat dengan melakukan simulasi menggunakan software 4NEC2 untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

Gambar 6 memperlihatkan besarnya SWR antenna adalah 9,45898 berada pada frekuensi 2220 MHz. Nilai ini didapat karena penyesuaian impedansi belum dihubungkan dengan antenna, jadi ini murni nilai SWR untuk antenna. SWR antenna yang baik adalah < 2 .

Besarnya impedansi yang didapat pada gambar 5.5 adalah $246,198 \Omega$ pada frekuensi 2220 MHz. Nilai impedansi ini tentu tidak akan *match* jika langsung dihubungkan dengan kabel coaxial yang 50Ω , solusinya adalah membuat penyesuaian impedansi salah satunya adalah penyesuaian impedansi Wilkinson Splitter (gambar 3.2).

Axial ratio adalah merupakan salah satu indikator baik buruknya suatu antenna, axial ratio antenna yang baik adalah mempunyai nilai 1 (satu). Besarnya axial ratio antenna hasil simulasi adalah 0,82, sementara dari hasil perhitungan adalah 1,16. Nilai keduanya terpaut tidak terlalu jauh dan mendekati dengan nilai referensinya.

7. KESIMPULAN

- Dari hasil simulasi antenna helix Quadrifilar S-band dengan frekuensi center-nya 2220 MHz didapat besarnya beamwidth 100° dan gain 7 dB pada sudut 20° (maksimum). Dengan besarnya beamwidth dan gain yang didapat maka secara teori satelit memiliki cakupan yang lebih luas dan dapat menjangkau stasiun bumi terjauh jika dibandingkan dengan LAPAN-TubSat yang mempunyai beamwidth 70° dan gain 8,5 dB.

- Besarnya Axial Ratio yang didapat dari perhitungan (1,16) tidak berbeda jauh dengan hasil simulasi (0,82). Axial Ratio merupakan salah satu indikator baik buruknya suatu antena.
- Penyesuaian impedansi untuk antena helix quadrifilar lebih kompleks dibandingkan pada antena helix biasa karena memiliki empat helix, dengan jarak keliling yang sama pada dielektrik silinder dan umpan dengan sinyal amplitudo sama yang digerakkan dalam fasa Quadrifilar (0^o, 90^o, 180^o, 270^o).

DAFTAR PUSTAKA

1. Faizal, Iwan., *Rancang Bangun Antena Helix S-Band Untuk Satelit*, Edisi Pertama, Buku Ilmiah LAPAN, Penerbit IPB Press, Bogor. ISBN: 978-979-493-352-7. Agustus 2011.
2. Fraser, Heather., *Appendix B - Design of Feed Network for a Quadrifilar Helix Antenna*, M.Sc, University of the Witwatersrand, 2009.
3. Fraser, Heather., *Appendix C - Construction and Testing*, M.Sc, University of the Witwatersrand, 2009.
4. Kilgus, C. C., *Multi-element, Fractional turn helices [J]*, IEEE. Trans, AP-16:499-500, 1968.
5. Kilgus, C. C., *Resonant quadrifilar helix design [J]*, Microwave Journal, 49-54, 1970
6. Kilgus, C. C., *Shaped Conical Radiation Pattern Performance of the Backfire Quadrifilar Helix [J]*, IEEE Trans, AP-23:392-397, 1975.
7. Pozar, David M., *Microwave Engineering*, John Wiley and Sons, Inc., 1998.
8. Wilkinson, Ernest J., *An N-Way Hybrid Power Divider*, IRE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 8(2):116–118, January 1960.

HASIL DISKUSI DALAM PELAKSANAAN SEMINAR

Pertanyaan :

1. Bahan antena apa yang anda gunakan? Adi F.

Jawaban :

1. Bahan yang digunakan tembaga dan FR-4