

Desain Antena Helix Quadrifilar pada Frekuensi 2,4 GHz Untuk Perangkat *Ground Station* Satelit Nano

Vivin Violita, Eko Setijadi, dan Gamantyo Hendrantoro
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
e-mail: ekoset@ee.its.ac.id

Abstrak— Pada penelitian ini akan dibuat desain antena helix quadrifilar untuk ground station satelit nano yang bekerja pada frekuensi S-band 2,4 GHz. Antena ini membutuhkan arus yang berbeda fase 90^0 untuk mengeksitasi pencatuannya. Untuk menghasilkan arus tersebut tanpa menambah perangkat pencatu tambahan, maka antena ini menggunakan metode *self-phased*. Pada metode *self-phased*, digunakan lilitan kawat yang berbeda dimensi. Antena ini terdiri dari dua lilitan kawat tembaga yang memiliki dimensi berbeda, yang kemudian disebut *smaller loop* dan *larger loop*. Perbedaan dimensi ini akan menyebabkan resistansi *smaller loop* bersifat kapasitif dan resistansi *larger loop* bersifat induktif. Reflektor parabola ditambahkan pada antena helix quadrifilar untuk meningkatkan *gain* dan direktivitas.

Hasil simulasi serta implementasi menunjukkan bahwa antena helix quadrifilar telah memenuhi kriteria desain. Antena ini menggunakan metode pencatutan *self-phased*. Pola radiasi yang dihasilkan merupakan *directional*. Nilai *return loss* dari hasil pengukuran bernilai -21.45 dB dengan VSWR 1.17. *Bandwidth* yang didapatkan adalah 18,53% dari frekuensi tengah 2.4 GHz atau sebesar 444.8 MHz. Impedansi hasil pengukuran sebesar 57.68 Ω . *Gain* antena helix quadrifilar dengan reflektor parabola adalah 20,61 dB.

Kata Kunci— antena helix quadrifilar, *ground station*, reflektor parabola.

I. PENDAHULUAN

INSPIRE (*Indonesian Nano-Satellite Platform Initiative for Research and Education*) merupakan gagasan awal oleh peneliti dan mahasiswa TU Delft dari Indonesia yang sudah terlibat dalam pengembangan satelit Nano Delfi. Hal tersebut mendasari 5 perguruan tinggi di Indonesia dan mahasiswa Indonesia di TU Delft untuk membentuk wadah sebagai kegiatan pengembangan oleh mahasiswa dalam pengembangan IINUSAT (*Indonesian Inter University Satellite*) [1]. Hal tersebut bertujuan untuk penguasaan dan pengembangan teknologi rekayasa luar angkasa (*space engineering*). Maka sebagai salah satu partisipan, ITS membentuk Komunitas Satelit-ITS (ITS-sat) agar menyiapkan sumber daya manusia ITS yang menguasai teknologi satelit dan aplikasinya dengan salah satu misi ITS-Sat yaitu menciptakan dan mengoperasikan satelit ITS-sat.

Satelit yang dikembangkan oleh komunitas satelit ITS saat ini termasuk dalam kategori satelit nano. Satelit nano termasuk dalam jenis satelit LEO (*Low Earth Orbit*). Satelit LEO adalah jenis satelit yang mengorbit di ketinggian 300-1500 km di atas permukaan bumi. Teknologi Nano satelit pada orbit LEO karena dimensi satelit tergolong kecil dan biaya pengembangan yang relatif murah serta peluncuran yang relatif mudah. Selain itu teknologi satelit nano juga mempunyai kesempatan yang cukup luas dan mudah dalam

hal eksplorasi dan pengembangan teknologi satelit. Satelit LEO sangat berguna untuk penginderaan jauh, telekomunikasi dan keperluan militer. Untuk itu diperlukan antena penerima di *ground station* untuk menerima sinyal berupa gelombang elektromagnetik yang dikirim dari satelit. *Ground station* yang digunakan bekerja pada *beamwidth* yang sempit dengan menggunakan sistem *tracking*. Sistem *tracking* ini bisa menjaga konstannya arah radiasi *antenna ground station* terhadap pergerakan satelit. Antena ini dirancang untuk bekerja pada S-band (2,4 GHz) untuk *downlink* pada komunikasi *real time video* [1], dengan bandwidth 8 MHz [2]. Antena yang dirancang juga harus memiliki polarisasi sirkuler. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari efek *Faraday rotation*.

Dengan memperhatikan kriteria-kriteria tersebut, penelitian ini ditujukan untuk mendesain dan mengimplementasikan antena helix quadrifilar. Jenis antena ini dipilih karena memiliki dimensi yang kecil dengan jenis polarisasi sirkuler. Pada penelitian ini juga dilakukan simulasi reflektor parabola dengan antena *helix quadrifilar* sebagai pencatunya.

II. PERANCANGAN DAN SIMULASI

Ada beberapa kriteria desain yang harus dipenuhi pada perancangan dan pembuatan antena *helix quadrifilar* sebelum disimulasikan menggunakan *software CST 2011 (Computer Simulation Technology)* seperti *return loss* < -10 dB, pola radiasi direksional, VSWR < 2, dan *gain* antena > 13 dB. Bahan antena menggunakan kawat tembaga dengan spesifikasi:

Tabel 1.
Spesifikasi Tembaga

Karakteristik	Nilai
Permeabilitas (μ)	$14,57 \times 10^{-7}$ H/m
Konduktivitas (σ)	$5,7 \times 10^7$ mho/m

A. Antena Helix Quadrifilar

Antena *helix quadrifilar* merupakan salah satu jenis antena yang berasal dari kelas *wire antenna*. Antena *helix quadrifilar* memiliki geometri tiga dimensi. Antena *helix quadrifilar* adalah kombinasi dua bifilar heliks yang diatur dalam hubungan saling *orthogonal*. Komponen quadrifilar yang berupa kawat/lempengan tembaga dibentuk dari kawat yang berbentuk segi empat dengan salah satu sisinya tidak saling tersambung. Oleh karena itu, kawat tersebut mempunyai dua ujung yang saling berdekatan. Ujung dari kawat segi empat yang membentuk *loop* ini yang dicatu pada saluran transmisi [3-4].

Antena *helix quadrifilar* membutuhkan arus yang berbeda fasenya secara quadratur untuk pencatunya.

Untuk memenuhi hal tersebut maka digunakan metode *self-phased*. Kedua bifilar didesain dengan ukuran yang berbeda satu sama lain. Salah satu bifilar heliks akan dibuat relatif lebih besar terhadap panjang frekuensi resonansinya. Bifilar heliks yang lebih besar ukurannya disebut *larger loop* bersifat induktif. Bifilar helix yang lain ukurannya lebih kecil disebut *smaller loop* sifatnya adalah kapasitif.

Untuk menghasilkan fase pencatuan yang diinginkan, maka dimensi dari kawat yang digunakan adalah 0.0088λ . Ukuran *larger loop* dan *smaller loop* didefinisikan sebagai berikut.[3]

Tabel 2.
Dimensi Antena Helix Quadrifilar

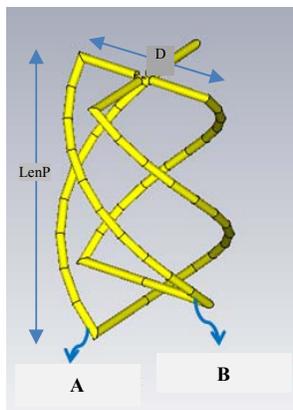
Parameter	Smaller Loop		Larger Loop	
	Rumus	Nilai	Rumus	Nilai
f		2,4 GHz		2,4 GHz
λ		125 mm		125 mm
d	0.0088λ	1,2 mm	0.0088λ	1,2 mm
D	$0,156 \lambda$	19,5 mm	$0,173 \lambda$	21,625 mm
LenP	$0,238 \lambda$	29,75 mm	$0,260 \lambda$	32,5 mm
Perimeter	$1,016 \lambda$	127 mm	$1,120 \lambda$	140 mm

Keterangan:

- d : diameter kawat tembaga
- D : diameter loop.
- LenP : tinggi loop.
- Perimeter : panjang lilitan kawat pada tiap loop.

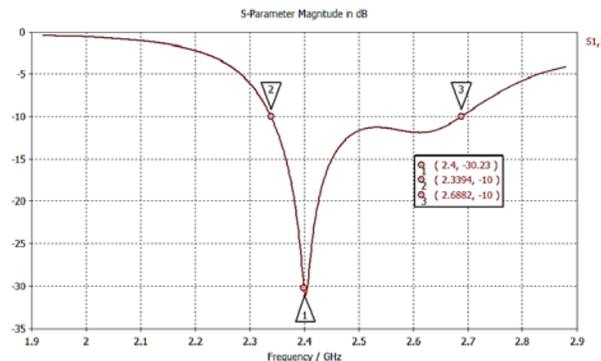
B. Simulasi Antena Helix Quadrifilar

Setelah melakukan perhitungan dimensi antena *helix quadrifilar*, maka dilakukan simulasi pada frekuensi kerja 2,4 GHz. Simulasi pada CST Microwave Studio ini dilakukan dengan menggunakan *transient solver*. Pencatuan pada simulasi menggunakan *discrete port* yang terletak pada pertemuan *smaller loop* dan *larger loop* antena ini. Impedansi pencatu yang digunakan pada simulasi ini adalah sebesar 50 ohm.



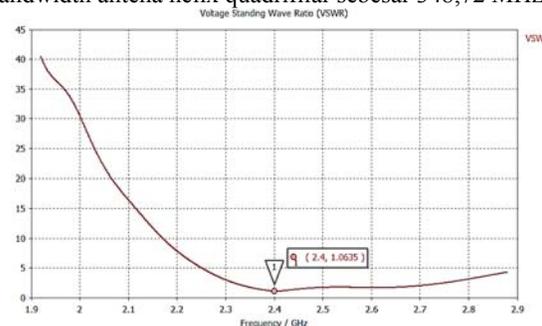
Gambar. 1. Konfigurasi *smaller loop* (A) dan *larger loop* (B) dari antena helix quadrifilar

Dalam simulasi data yang diperlukan adalah data dari parameter dimensi antena helix quadrifilar yang terdapat pada tabel 1. Dengan melakukan simulasi didapatkan nilai dari beberapa parameter antena yang meliputi: *return loss*, *VSWR*, *bandwidth*, pola radiasi, polarisasi dan *gain* dari antena. Untuk hasil simulasi didapat nilai *return loss* dari antena helix yang ditunjukkan pada gambar 2.

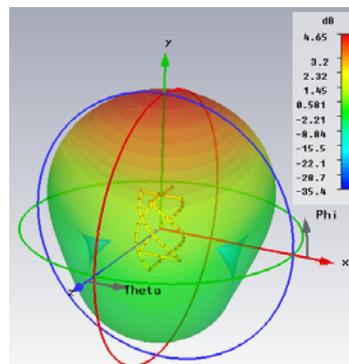


Gambar. 2. *Return loss* antena helix quadrifilar

Dari hasil simulasi terlihat nilai *return loss* -10 dB terletak pada frekuensi 2.3394 GHz dan 2.5114 GHz dengan frekuensi kerja 2.4 GHz. Dari data tersebut didapatkan bandwidth antena helix quadrifilar sebesar 348,72 MHz.



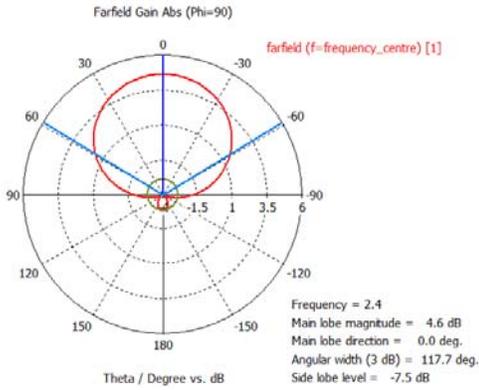
Gambar. 3. *VSWR* antena helix quadrifilar



Gambar. 4. Pola radiasi dari antena helix quadrifilar

Pola radiasi yang terbentuk dari simulasi adalah direksional. Gambar 4 menunjukkan perbedaan *gain* yang dilambangkan dengan perbedaan warna. *Gain* maksimum ditunjukkan ditunjukkan dengan warna merah yaitu sebesar 4,6 dB.

Hasil simulasi menunjukkan nilai medan listrik pada sumbu x sebesar 46614,4 v/m, sedangkan untuk sumbu y sebesar 12286.2 v/m. Dalam teorinya medan elektrik pada sumbu x dan medan elektrik pada sumbu y disebut dengan sumbu mayor dan sumbu minor pada *axial ratio*. Nilai axial ratio sebesar 3,79 menunjukkan bahwa polarisasi antena helix quadrifilar adalah elips.



Gambar 5. Pola Radiasi Antena Helix Quadrifilar dalam bentuk 2 dimensi Hasil dari simulasi antena helix quadrifilar secara ringkas disajikan dalam tabel 3.

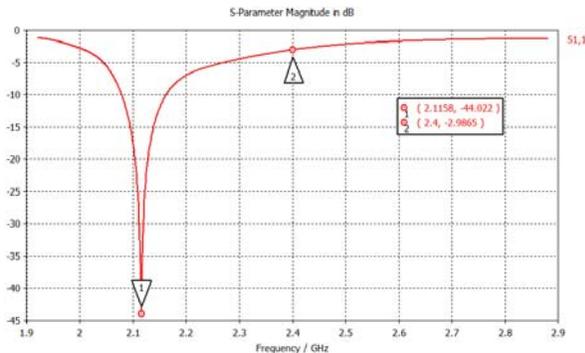


Gambar 6. Konfigurasi *smaller loop* dan *larger loop* dari antena helix quadrifilar dengan penyangga teflon

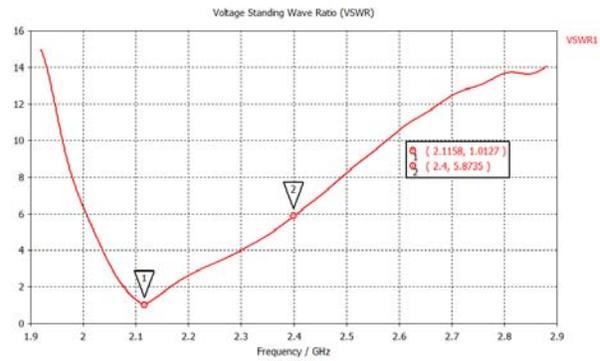
Simulasi Antena Helix Quadrifilar Dengan Penyangga Teflon

Penambahan teflon sebagai penyangga pada antena helix quadrifilar dimaksudkan untuk menambah kekuatan struktur dari antena. Diameter kawat yang digunakan sangat kecil dan struktur antena yang kecil menyebabkan dimensi dan bentuk antena mudah berubah bentuk, sehingga dibutuhkan penyangga khusus untuk memperkuat struktur. Untuk penyangga dipilih material teflon PTFE karena tahan terhadap temperatur tinggi dan struktur yang kuat.

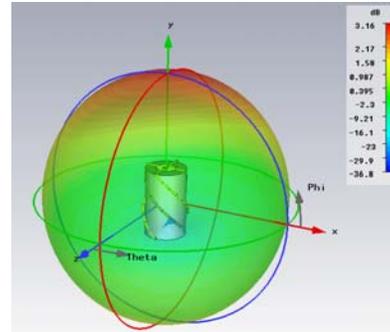
Hasil dari simulasi meliputi *return loss*, *VSWR*, *bandwidth*, pola radiasi, polarisasi dan *gain* dari antena.



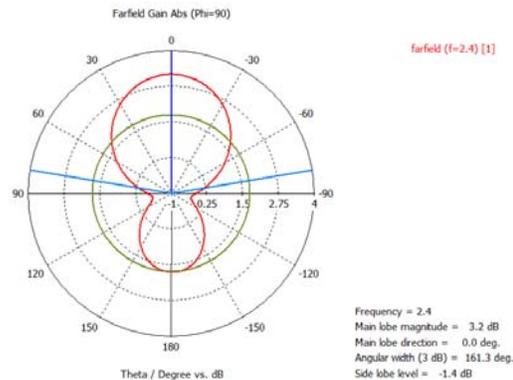
Gambar 7. Return Loss Antena Helix Quadrifilar dengan Penyangga Teflon



Gambar 8. VSWR Antena Helix Quadrifilar dengan Penyangga Teflon



Gambar 9. Pola radiasi antena helix quadrifilar dengan penyangga teflon



Gambar 10. Pola radiasi antena helix quadrifilar dengan penyangga teflon dalam bentuk 2 dimensi

Dari hasil simulasi didapatkan bahwa nilai medan listrik pada sumbu x sebesar 53981 V/m, sedangkan untuk sumbu y sebesar 13479 V/m. Dari nilai tersebut bisa dihitung besar *axial ratio* untuk mengetahui polarisasi. Didapatkan nilai *axial ratio* sebesar 4. Dari nilai *axial ratio* tersebut, didapatkan bahwa antena ini memiliki polarisasi elips.

Tabel 3.

Parameter Hasil Simulasi Antena Helix Quadrifilar

Parameter	Nilai	
	Tanpa Penyangga	Penyangga Teflon
Return Loss	-30,23 dB	-2,9865 dB
VSWR	1,0635	5,8375
Bandwidth	0,34872 GHz	
Gain	4,6 dBi	3,16 dBi
Axial Ratio	3,79	4
Pola Radiasi	Direksional	Direksional
HPBW	117,7°	161,3°

B. Antena Reflektor Parabola

Untuk meningkatkan gain dan direktivitas dari antena helix quadrifilar maka digunakan reflektor parabola. Reflektor parabola, atau lebih sering disebut parabola, memiliki titik fokus yang menjadi tempat berkumpulnya gelombang elektromagnetik yang datang secara sejajar. Prinsip kerja parabola identik dengan prinsip pemantulan cahaya pada cermin cekung. Gelombang yang datang sejajar akan dipantulkan oleh cermin cekung ke titik fokus. Akibatnya semua energi dari gelombang akan terpusat pada titik fokus. Parameter dalam perhitungan dimensi reflektor parabola adalah diameter antena (D), kedalaman (d) dan titik fokus (f). Dalam mendesain parabola diperlukan rasio antara panjang titik fokus (f) dan diameter parabola (D) yang tepat agar didapatkan iluminasi yang tepat dari beamwidth antena pada titik fokus. Rasio tersebut secara umum didefinisikan sebagai f/D. Dalam penelitian ini dipilih nilai f/D sebesar 0.35[4]. Dimensi dari reflektor disajikan dalam tabel 4.

Tabel 4.
Nilai Dimensi Reflektor Parabola

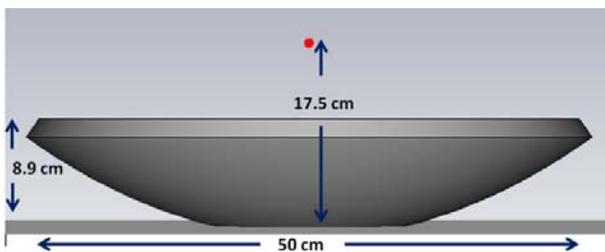
Parameter	Ukuran
Diameter (D)	50 cm
Fokus (f)	17.5 cm
Kedalaman (d)	8.9 cm

Material yang digunakan untuk reflektor ini adalah aluminium dengan karakteristik pada tabel 5.

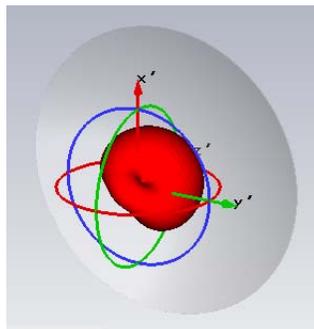
Tabel 5.
Spesifikasi Aluminium

Karakteristik	Nilai
Permeabilitas (μ)	12.566650×10^{-7} H/m
Konduktivitas (σ)	$3,5 \times 10^7$ mho/m

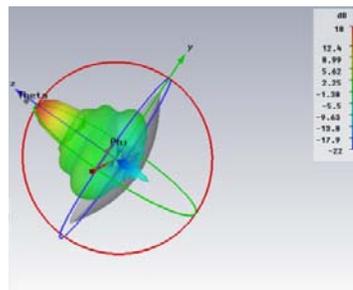
Simulasi Antena Helix Quadrifilar dengan Reflektor Parabola untuk Peningkatan Gain



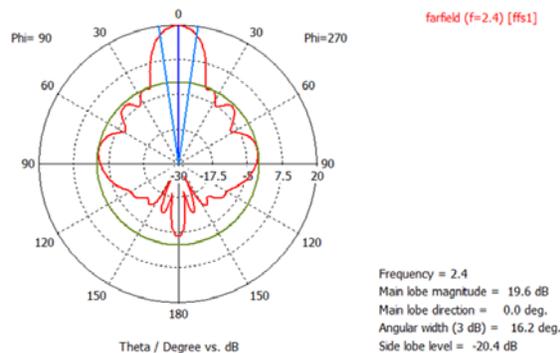
Gambar. 11. Dimensi reflektor parabola tampak dari samping



Gambar. 12. Letak antena helix quadrifilar yang didefinisikan sebagai farfield source pada reflektor parabola



Gambar. 13 Pola radiasi reflektor parabola



Gambar. 14. Pola radiasi reflektor parabola dalam bentuk dua dimensi

Dalam simulasi ini digunakan hasil *farfield source* dari antenna helix quadrifilar sebagai sumber radiasi gelombang elektromagnetik parabola. *Farfield source* antena helix kemudian diletakkan di fokus parabola dengan mengatur letak titik x,y, dan z dari koordinat CST 2011. Posisi dari antena helix quadrifilar didefinisikan sedemikian rupa agar arah *main lobe* mengarah tepat pada titik fokus sehingga bisa dicapai *gain* yang maksimal. Hasil simulasi reflektor parabola dengan antena *helix quadrifilar* sebagai pencatu meliputi parameter pola radiasi dan gain.

III. PENGUKURAN DAN ANALISIS DATA

Proses pengukuran dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap pengukuran dengan menggunakan perangkat *Network Analyzer*, *Signal Generator* dan *Spektrum Analyzer*. Parameter yang diukur dalam pengukuran ini adalah *return loss*, *VSWR*, *bandwidth*, *gain* dan pola radiasi. Perangkat *Network Analyzer* di Lab Antena dan Propagasi Teknik Elektro ITS digunakan untuk mengukur nilai *return loss*, *VSWR* dan *bandwidth*, sedangkan *Signal Generator* dan *Spektrum Analyzer* di Laboratorium *Electro Magnetic Compatibility (EMC)* Politeknik Elektronika Negeri Surabaya digunakan untuk mengukur nilai daya terima antena. Nilai daya terima antena tersebut dapat digunakan untuk mengetahui nilai *gain* dan pola radiasi. Setelah mendapatkan hasil pengukuran parameter antena, hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi seperti disajikan pada tabel 6.

Tabel 6.
Perbandingan Parameter Hasil Simulasi dan Pengukuran

Parameter Antena	Kriteria Desain	Simulasi	Pengukuran
<i>Return Loss</i>	<-10dB	-30,23 dB	-21.085 dB
<i>VSWR</i>	< 2	1.2492	1.206
<i>Gain</i> (dB)	> 13 dB	17,98 dBi	20,61 dBi
<i>Bandwidth</i>	8 MHz	348,72 MHz	44 MHz



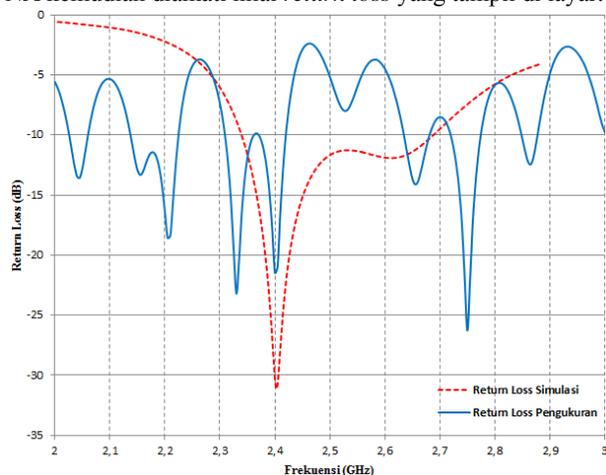
Gambar. 15. Realisasi antenna *helix quadripolar* dengan penyangga teflon



Gambar. 16. Realisasi antenna *helix quadripolar* dan reflektor parabola

A. Return Loss dan Bandwidth

Pengukuran *return loss* dilakukan dengan menggunakan perangkat *network analyzer*. Antena dihubungkan dengan NA kemudian diamati nilai *return loss* yang tampil di layar.



Gambar. 17. Perbandingan Nilai *Return Loss* Hasil Simulasi dan Pengukuran

Pada gambar 17 disajikan perbandingan *return loss* hasil simulasi dan pengukuran. Untuk nilai *return loss* hasil pengukuran didapatkan nilai sebesar -21,45 dB. Sedangkan pada hasil simulasi memiliki nilai lebih kecil sebesar -30,23 dB. Nilai *return loss* dari hasil realisasi lebih besar dari hasil simulasi disebabkan oleh pemantulan oleh tanah saat pengukuran. Nilai *return loss* telah memenuhi kriteria desain < -10 dB.

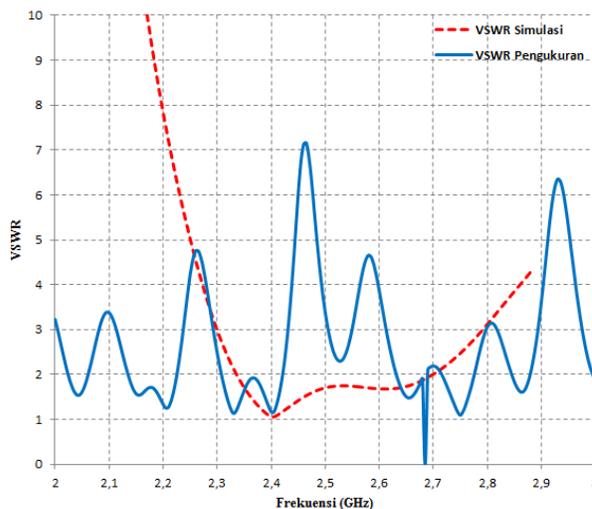
Bandwidth didapatkan dari selisih batas frekuensi atas dikurangi frekuensi bawah pada masing-masing *return loss* < -10 dB. *Bandwidth* pada hasil simulasi bernilai 348,72

MHz. Sedangkan *bandwidth* berdasarkan hasil pengukuran lebih besar dari hasil simulasi, sebesar 44 MHz. Hal ini telah memenuhi kebutuhan *downlink* video *real time* sebesar 8 MHz.

B. VSWR

Pengukuran VSWR sama dengan *return loss*, dilakukan dengan menggunakan perangkat *network analyzer*. Antena dihubungkan dengan NA kemudian diamati nilai VSWR yang tampil di layar.

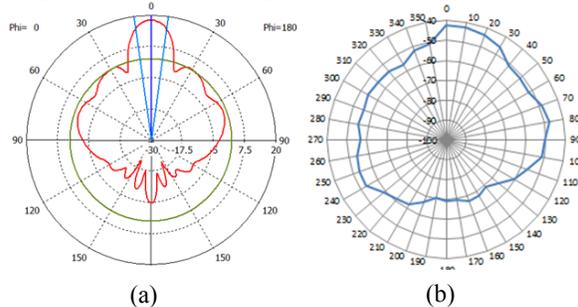
Pada gambar 18 disajikan perbandingan nilai VSWR hasil simulasi dan pengukuran. Nilai VSWR yang didapatkan dari hasil simulasi bernilai 1,0635. Sedangkan dari hasil pengukuran bernilai 1.17, sedikit lebih baik daripada hasil simulasi. Nilai VSWR telah memenuhi kriteria desain < 2.



Gambar. 18. Perbandingan Nilai VSWR Hasil Simulasi dan Pengukuran

C. Gain

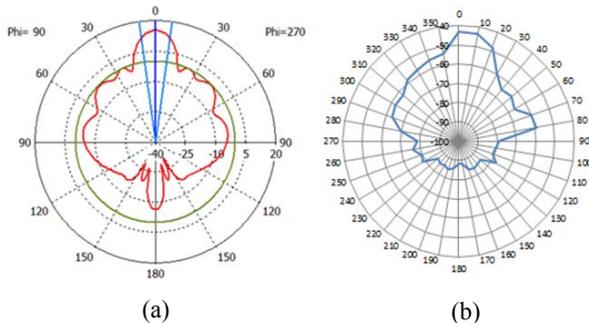
Gain atau penguatan antenna diukur dengan menggunakan perangkat pengukur *Spectrum Analyzer*. Hal itu dikarenakan perangkat pengukur *spectrum analyzer* bisa mengetahui level daya yang diterima antenna.



Gambar. 19. Perbandingan Pola Radiasi Horizontal Antena dari Hasil (a) Simulasi dan (b) Pengukuran

Selain itu juga dibutuhkan antenna dengan frekuensi kerja yang sama dengan antenna hasil disain dengan *gain* yang sudah diketahui, serta *signal generator* sebagai pembangkit sinyal pada frekuensi kerja antenna hasil disain. Nilai *gain* hasil simulasi memiliki nilai sebesar 17,98 dBi untuk frekuensi kerja 2,4 GHz. Sedangkan pada hasil pengukuran didapatkan nilai *gain* sebesar 20,61 dBi. Nilai pengukuran

lebih besar daripada nilai dari simulasi. Analisis penyebab pertama adalah pada saat pengukuran, masih terjadi pantulan karena *anechoic chamber* tidak tertutup sempurna. Hal ini memungkinkan adanya interferensi gelombang dari luar *anechoic chamber* sehingga level daya yang diterima memiliki nilai yang berbeda dengan yang seharusnya.



Gambar. 20. Perbandingan Pola Radiasi Vertikal Antena dari (a) Simulasi dan (b) Pengukuran

D. Pola Radiasi

Pengukuran ini dilakukan dengan dua macam, vertikal dan horizontal. Pengukuran pola radiasi horizontal dilakukan cara memasang antenna fabrikasi secara vertikal pada suatu tripod dengan asumsi ketinggian antara antenna hasil fabrikasi dan implementasi sama. Antena hasil implementasi juga diletakkan secara *horizontal* terhadap *feeding*-nya, atau dengan acuan $\varphi = 0^\circ$. Kemudian antenna hasil implementasi diputar secara periodik sejauh 10° searah jarum jam. Tiap kali putaran dicatat hasil level daya yang terukur pada perangkat *network analyzer*. Proses ini dilakukan sampai jarak putaran menempuh 360° . Sedangkan untuk pola radiasi vertikal, sebagai acuan digunakan $\varphi = 90^\circ$, dengan variabel yang berubah adalah θ tiap 10° sampai jarak putaran menempuh 360° .

Pola radiasi antenna hasil simulasi dan implementasi arah horizontal ditampilkan pada gambar 19. Pola radiasi antenna pada sisi horizontal secara garis besar memiliki kesamaan dalam kecenderungan pola radiasi direksional. Pada hasil simulasi, terbentuk pola direksional pancaran maksimal pada arah 0° . Sedangkan dari hasil pengukuran, meskipun tidak terlalu rapi, terlihat pola yang hampir mirip. Pola persebaran daya paling tinggi berada pada titik 0° , kecuali pada saat $\theta = 220^\circ$ sampai $\theta = 280^\circ$ terlihat ada perbedaan yang cukup signifikan. Pada saat $\theta = 220^\circ$ dan $\theta = 280^\circ$ nilai level daya terima lebih besar dari hasil simulasi pada sudut yang sama. Sedangkan pada saat $\theta = 150^\circ$ dan $\theta = 210^\circ$ nilai level daya tidak sesuai dengan hasil simulasi. Hal ini dapat disebabkan faktor ketelitian penempatan sudut pada saat pengukuran. Penyebab lain adalah konektor yang digunakan sudah tidak terlalu stabil dan mudah lepas.

Pola radiasi antenna pada sisi vertikal, seperti disajikan pada gambar 20. Pada hasil simulasi, terlihat kemiripan antara pola radiasi vertikal dan horizontal. Keduanya sama-sama direksional. Pola radiasi vertikal hasil pengukuran terlihat menerima daya paling besar pada sudut 0° . Secara garis besar terdapat kemiripan pola radiasi vertikal hasil simulasi dan hasil pengukuran.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Pada pembuatan antenna helix quadrifilar 2,4 GHz langkah awal adalah penentuan desain dari antenna dan

disimulasikan menggunakan *software* CST 2011 (*Computer Simulation Technology*) untuk mengetahui performansi dari antenna. Pada simulasi awal, antenna helix quadrifilar menghasilkan nilai parameter yang telah memenuhi syarat yaitu *return loss* nilai $<-10\text{dB}$ dan nilai *VSWR* < 2 untuk frekuensi kerja 2.4 GHz. Antena helix quadrifilar memiliki *return loss* sebesar $-30,23\text{ dB}$ dan *VSWR* sebesar 1,0635. Pada simulasi ini juga didapatkan *bandwidth* antenna sebesar 348, 72 MHz dan gain antenna sebesar 4,648 dBi. Nilai axial ratio sebesar 3,79 menunjukkan bahwa antenna ini berpolarisasi *elips*. Kemudian dilakukan penambahan reflektor parabola untuk meningkatkan gain antenna. Untuk simulasi penambahan reflektor parabola didapatkan gain sebesar 17,98 dBi. Antena *helix quadrifilar* kemudian direalisasikan dengan material kawat tembaga dengan diameter 1,2 mm dan reflektor parabola sendiri difabrikasi menggunakan material aluminium.

Pada tahap realisasi antenna didapatkan bahwa struktur dari antenna helix quadrifilar tidak kokoh dan gampang berubah bentuk. Hal tersebut diakibatkan oleh material tembaga yang digunakan tipis. Perubahan struktur ini mempengaruhi performansi antenna sehingga dilakukan penambahan inti penyangga teflon. Struktur dari antenna helix quadrifilar menjadi lebih kokoh dan stabil.

Dari hasil pengukuran didapatkan hasil *return loss* sebesar $-21,45\text{ dB}$, *bandwidth* 44 MHz dan *VSWR* 1,17. Pola radiasi yang dihasilkan direksional dengan gain 20,61 dB. Perbedaan nilai *return loss* dan *VSWR* dari hasil pengujian dan simulasi dikarenakan *loss* saat fabrikasi, sedangkan untuk perbedaan *gain* dan pola radiasi hasil pengujian dan simulasi bisa dikarenakan pengaruh gelombang elektromagnetik yang terdapat di sekitar tempat pengujian. Namun hasil yang didapatkan sesuai dengan kriteria desain awal sehingga antenna dapat diaplikasikan untuk perangkat *ground station* satelit ITS-Sat untuk *downlink real time video* pada frekuensi 2,4 GHz.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Komunitas Satelit ITS yang telah membantu kegiatan penelitian ini. Penulis juga berterimakasih kepada Bank CIMB Niaga dan DIKTI yang telah memberikan bantuan finansial melalui program beasiswa unggulan periode 2009-2013.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] IINUSAT, "Preliminary Design Review", 2010.
- [2] TUBSAT, <<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/tubsat>>, diakses pada 18 Desember 2012.
- [3] M.W.Maxwell, Chapter 22 "The Quadrifilar Helix Antenna" in ARRL book "Reflections", 1991
- [4] Marini, Domenico, "Experimental Investigation of Quadrifilar Helix Antennas for 2400 MHz", The AMSAT Journal, May/June 2004