

Desain Antena *Array* Mikrostrip *Tapered Peripheral Slits* Pada Frekuensi 2,4 Ghz Untuk Satelit Nano

Widyanto Dwiputra Pradipta, Eko Setijadi dan Gamantyo Hendrantoro
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
E-mail: gamantyo@ee.its.ac.id

Abstrak—Pada makalah ini akan dibahas antena mikrostrip *square* yang dimensinya disesuaikan dengan bentuk satelit IINUSAT dan disusun *array* planar 2x2. Subtrat yang dipakai adalah FR04 Epoxy dengan konstanta dielektrik 4,3, ukuran subtrat adalah 10x10 cm dengan ketebalan 1,6 dan 1 mm. *Patch square* yang digunakan akan menggunakan pola *Tapered Peripheral Slit* untuk minimalisasi ukuran *patch*, terdapat 4 pasang *slit* dengan panjang yang berbeda-beda pada setiap sisi *patch*. Antena mikrostrip ini beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz dengan parameter *Return Loss* < -10 dB, *VSWR* < 2 dan *gain* > 3,7 dBi. Untuk menghasilkan *gain* yang tinggi, antena mikrostrip ini menggunakan pencatutan *aperture coupled*. Teknik *cross slot* dikombinasikan dengan pencatutan *aperture coupled* agar menghasilkan polarisasi sirkular pada antena.

Hasil simulasi dengan software CST 2012 *Microwave Studio* menunjukkan *return loss* antena sebesar -15,708 dB dengan *bandwidth* 34,4 MHz, *VSWR* 1,3922 dan *gain* 4,413 dBi. Sedangkan pengukuran di Lab. Antena dan Propagasi Elektro ITS dan Lab. Antena dan Propagasi PENS pada antena yang telah direalisasikan menghasilkan *return loss* sebesar -30,894 dB dengan *bandwidth* 588,67 MHz, *VSWR* 1,191 dan *gain* 7,104 dBi. Mengacu pada hasil simulasi dan pengukuran maka antena *array* mikrostrip *tapered peripheral slits* pada frekuensi 2,4 Ghz dapat digunakan sebagai acuan desain antena untuk satelit IINUSAT II.

Kata Kunci—Antena mikrostrip, *aperture coupled*, *array*, *cross slot*, *Tapered peripheral slits*.

I. PENDAHULUAN

DENGAN dibentuknya INSPIRE (*Indonesian Nano-Satellite Platform Initiative for Research and Education*), perkembangan satelit di Indonesia menjadi sangat menjanjikan. Melalui anggotanya yang merupakan universitas dan institut seperti ITS, ITB, UI, UGM, PENS, dan IT Telkom, dibuatlah sebuah satelit nano IINUSAT I (*Indonesian Inter University Satellite*) dengan tujuan penguasaan dan pengembangan teknologi rekayasa luar angkasa (*space engineering*) [1]. Selanjutnya akan dibuat satelit generasi kedua dengan nama IINUSAT II.

IINUSAT II merupakan satelit nano yang digunakan untuk komunikasi data, gambar maupun video. Dalam pengembangannya IINUSAT II memiliki ukuran dan bobot yang kecil, oleh karena itu komponen-komponen yang menyusun IINUSAT II haruslah lebih kecil dan ringan. Salah satu kriteria dari satelit tersebut adalah memiliki antena mikrostrip pada frekuensi S-band atau 2,4 GHz. Pada tabel 1 menunjukkan spesifikasi dari IINUSAT II dengan penambahan spesifikasi dari satelit yang memiliki karakteristik dan fungsi yang sama dengan IINUSAT II. Struktur IINUSAT II berbentuk kubus dengan referensi dimensi CUBE-SAT yaitu 10x10x10 cm. [2]

Tabel 1.
Spesifikasi Satelit IINUSAT II

Tahun Peluncuran	2014
Misi	Komunikasi suara dan data
Frekuensi	S
Bandwidth	±7 MHz
Daya	50 w
Struktur	Kubus (<i>Cube</i>)

Dalam membangun sebuah komunikasi untuk satelit nano dibutuhkan sebuah antena yang berukuran kecil dan *low profile*. Antena yang dapat digunakan adalah antena Mikrostrip karena memiliki ukuran yang kecil, *low profile*, *compact*, *low weight* dan *low fabrication*. Antena Mikrostrip merupakan antena yang menggunakan teknologi *printed-circuit board* (PCB). Namun antena mikrostrip memiliki suatu kelemahan, yaitu hanya memiliki *gain* yang kecil. Hal tersebut dapat diatasi dengan pencatutan *aperture coupled* dan menyusun antena mikrostrip secara *array*.

Dengan dimensi satelit nano yang terbatas, maka dibutuhkan minimalisasi ukuran antena. Hasil suatu studi mengatakan bahwa adanya potongan pada bentuk *patch* mempengaruhi persebaran arus yang berdampak pada menurunnya frekuensi kerja antena [2], teknik tersebut diimplementasikan dengan sebutan *tapered peripheral slits*. Oleh karena itu desain antena mikrostrip *array* dengan menggunakan pola *tapered peripheral slits* diperlukan untuk mengatasi permasalahan *gain* antena pada dimensi satelit IINUSAT II yang terbatas.

II. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ANTENA

Antena mikrostrip yang dirancang adalah antena mikrostrip *rectangular array* 2x2 pada frekuensi 2,4 GHz dengan menggunakan pencatutan *aperture coupled* dan pola *patch tapered peripheral slit*, subtrat yang digunakan adalah FR04 Epoxy dengan konstanta dielektrik (ϵ_{reff}) 4,3. Dimensi antena yang dibuat adalah 10x10 cm sesuai dengan dimensi satelit IINUSAT II. Untuk lebih jelasnya spesifikasi antena mikrostrip yang dibuat dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2.
Spesifikasi Antena *Array* Mikrostrip *Tapered Peripheral Slits*

Desain Antena	<i>Square Patch</i>
Frekuensi kerja	2400 MHz
VSWR	< 2
<i>Return loss</i>	< -10 dB
Jarak Antar <i>Patch</i>	$\frac{1}{2} \lambda$ atau 62,5 mm
Polarisasi	Sirkular
<i>Gain</i>	>3,7 dB

Perancangan antenna mikrostrip ini menggunakan *software Computer Simulation Technology (CST) 2012 :Microwave Studio* dan *software TXLINE 2003*.

A. Patch Antena

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi antenna mikrostrip maka terlebih dahulu menentukan panjang gelombang di ruang bebas (λ_0) dan di dielektrik (λ_d) dengan nilai perambatan di ruang bebas (c) sebesar $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ dan frekuensi kerja 2,4GHz. Dengan menggunakan persamaan (1) dan (2) didapatkan λ_0 sebesar 125 mm dan λ_d sebesar 60 mm untuk frekuensi 2,4 GHz.

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \tag{1}$$

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \tag{2}$$

Selanjutnya menghitung dimensi elemen peradiasi antenna mikrostrip atau *patch* antenna yang terdiri dari lebar (W) dan panjang (L). Lebar *patch* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3) dengan hasil perhitungan 38 mm. Sedangkan untuk menentukan panjang (L) *patch*, terlebih dahulu harus ditentukan konstanta dielektrik efektif (ϵ_{reff}) dengan menggunakan persamaan (4), (5) dan (6). Dari hasil akhir perhitungan diketahui panjang *patch* adalah 29,42 mm.

Menghitung lebar konduktor (W) [3]

$$W = \frac{1}{2f_r \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \tag{3}$$

Menghitung konstanta dielektrik efektif (ϵ_{eff}) [3]

$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-1/2} \tag{4}$$

Menghitung panjang tambahan (ΔL) [3]

$$\Delta L = 0,412h \frac{(\epsilon_{\text{eff}} + 0,3) \left(\frac{w}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{\text{eff}} - 0,258) \left(\frac{w}{h} + 0,8\right)} \tag{5}$$

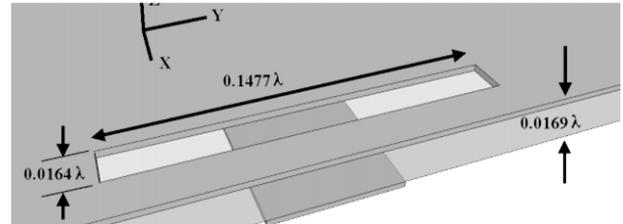
Menghitung panjang *patch* (L) [3]

$$L = \frac{1}{2f_r \sqrt{\epsilon_{\text{eff}} \mu_0 \epsilon_0}} - 2\Delta L \tag{6}$$

Maka dari hasil perhitungan dimensi elemen peradiasi pada frekuensi 2,4GHz adalah $W = 38 \text{ mm}$, dan $L = 29,42 \text{ mm}$. Karena menggunakan *square patch* maka dimensi *patch* yang digunakan adalah panjang *patch* (L), sehingga setiap sisi *patch* memiliki panjang 29,42 mm.

B. Pencatuan Aperture Coupled

Pada konfigurasi teknik pencatuan *aperture coupled*, pengkopelan dari saluran pencatu (*feed-line*) ke *patch* melalui sebuah *aperture* kecil yang berupa *slot* pada bidang pentanahan (*ground plane*). Ada 2 susun substrat konduktor dimana *permittivity* yang di atas lebih kecil dari yang di bawah untuk mengurangi rugi-rugi. Namun bisa juga memakai substrat yang sama dengan ketebalan yang berbeda. Perhitungan tebal substrat, ukuran slot serta panjang feed berdasarkan panjang gelombang dalam dielektrik (λ_d). [4]



Gambar 1. Dimensi slot dan tebal substrat [4]

Untuk mendapatkan hasil parameter antenna yang baik perbandingan antara panjang dan lebar *slot* adalah 10:1, hal tersebut akan berpengaruh terhadap *back radiation* serta impedansi saluran [5]. Perhitungan dari dimensi *slot* dan tebal *feed* substrat sesuai dengan gambar 1 adalah sebagai berikut:

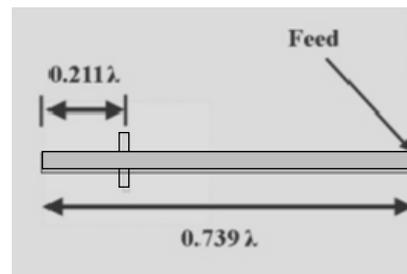
Panjang *slot* = $0.1477 \times \lambda_d = 0.1477 \times 60 = 8.788 \text{ mm}$

Lebar *slot* = $0.0164 \times \lambda_d = 0.0164 \times 60 = 0.975 \text{ mm}$

Ketebalan *feed* substrat = $0.0169 \times \lambda_d = 0.0169 \times 60 = 1 \text{ mm}$

C. Saluran Pencatu

Besarnya impedansi saluran pencatu atau *feed* yang akan dirancang adalah 50Ω , nilai impedansi tersebut menyesuaikan impedansi konektor dan kabel koaksial yang tersedia di pasaran. Selanjutnya untuk panjang dan posisi saluran pencatu terhadap *patch* antenna dapat diketahui dengan persamaan pada gambar 2.



Gambar 2. Dimensi panjang saluran pencatu [4]

Panjang saluran pencatu secara keseluruhan adalah $0,739\lambda_d$ dan panjang saluran pencatu yang melebihi *slot* (*offset*) adalah $0,211\lambda_d$. Dengan menggunakan persamaan tersebut maka panjang saluran pencatu adalah :

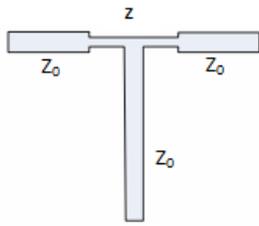
Panjang saluran pencatu
 $0.739 \times \lambda_d = 0.739 \times 60 = 43.97 \text{ mm}$

Panjang saluran pencatu (*offset*)
 $0.211 \times \lambda_d = 0.211 \times 60 = 12.554 \text{ mm}$

D. Perancangan T-Junction

Untuk mendesain antenna mikrostrip *array* maka dibutuhkan suatu saluran yang dapat menghubungkan *patch* yang ada. Bentuk awal dari saluran tersebut berupa *T-Junction* yang merupakan saluran pencatu yang memiliki percabangan seperti pada gambar 3 dimana Z_0 merupakan impedansi karakteristik dan Z adalah impedansi *transformer* $\frac{1}{4} \lambda$. Nilai dari Z dapat dihitung dengan menggunakan metode wilkinson, hasil perhitungannya adalah sebagai berikut.

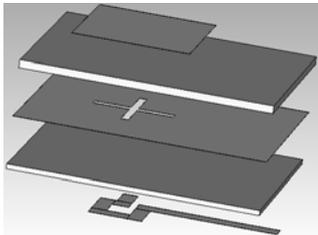
$$Z = Z_0 \sqrt{N} = 50\sqrt{2} = 70,7106 \Omega$$



Gambar 3. Desain T-Junction[6]

E. Cross Slot

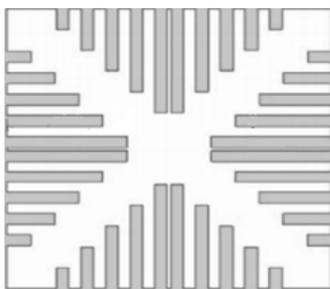
Salah satu teknik untuk mendapatkan polarisasi sirkular pada antenna mikrostrip dengan pencatuan *aperture coupled* adalah dengan memberikan *slot* berbentuk *cross* (+). Dengan bentuk *slot* tersebut jalur saluran pencatu yang berada dibawahnya mengikuti pinggiran *slot* yang berbentuk + sehingga terlihat mengelilingi *slot*. Hal tersebut dimaksudkan agar medan tersalurkan secara bergantian pada *patch* mengikuti bentuk *slot* tersebut. Bentuk *slot* dan saluran pencatu dari teknik ini dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Teknik cross slot untuk polarisasi sirkular

F. Tapered Peripheral Slits

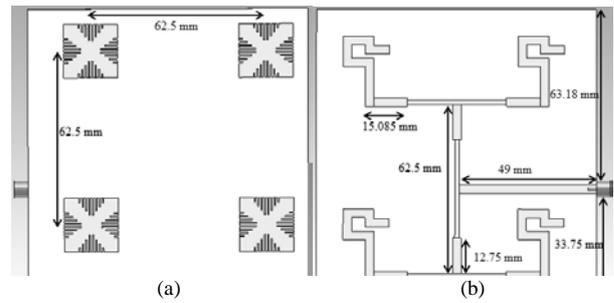
Tapered Peripheral Slits merupakan pola yang digunakan dalam memodifikasi bentuk *patch*, *patch* yang digunakan adalah *square*. Pinggiran *patch* dipotong dengan beberapa pecahan dengan lebar yang sama. Teknik ini didasari oleh adanya distribusi arus yang membentuk suatu pola dan dari studi yang dilakukan menyatakan bahwa penyesuaian *patch* dengan bentuk distribusi tersebut membawa perubahan yang signifikan pada ukuran *patch*. Dengan menggunakan pola ini ukuran *patch* sebuah antenna mikrostrip dapat berkurang hingga 33% dari ukuran aslinya.[2]



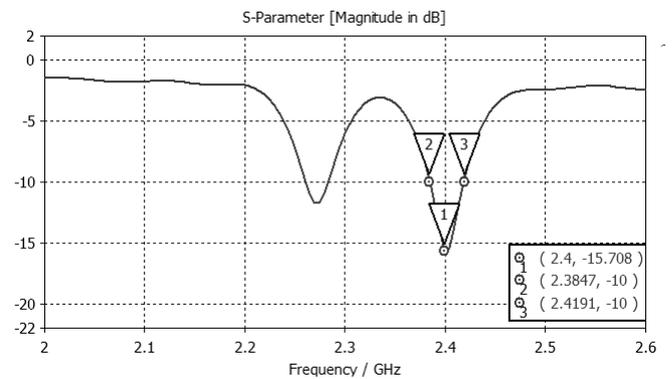
Gambar 5. Pola Tapered Peripheral Slits[2]

G. Simulasi Antena

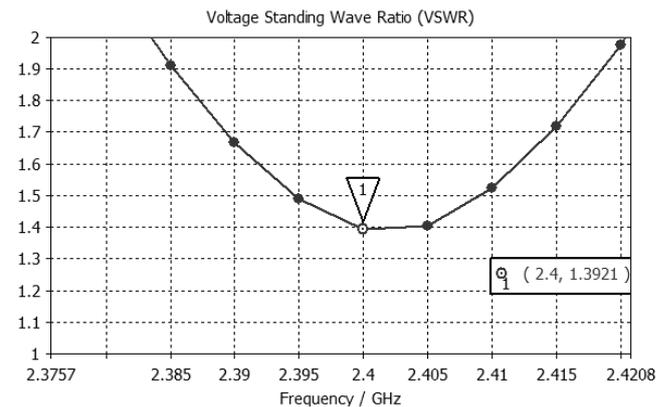
Simulasi desain antenna menggunakan perangkat lunak CST 2012 *Microwave Studio*. Simulasi desain antenna ini dilakukan melalui beberapa tahapan, antara lain simulasi *aperture coupled*, *cross slot*, dilanjutkan dengan penambahan pola *tapered peripheral slits* dan akhirnya antenna disusun secara *array 2x2*. Hasil akhir desain antenna dapat dilihat pada gambar 6.



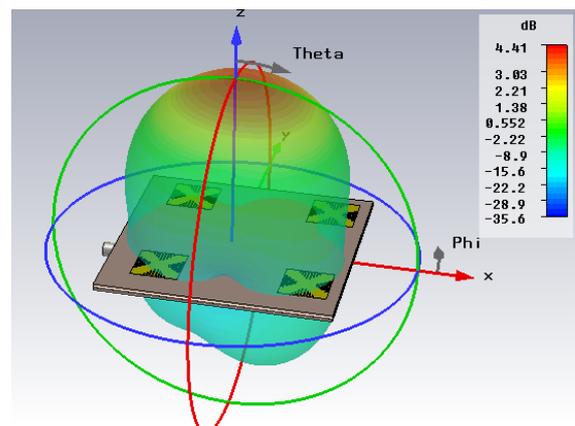
Gambar 6. Desain antenna mikrostrip *array 2x2*, desain *patch* antenna (a) dan desain saluran pencatu (b)



Gambar 7. Hasil simulasi *return loss* antenna mikrostrip



Gambar 8. Hasil simulasi VSWR antenna mikrostrip



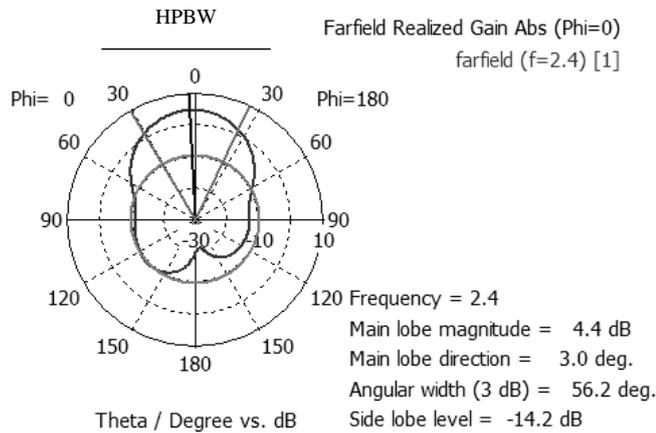
Gambar 9. Hasil simulasi pola radiasi antenna mikrostrip

Berdasarkan hasil simulasi diatas didapatkan *return loss* yang cukup baik yaitu -15,708 dB pada frekuensi kerja 2.4 GHz dan nilai VSWR 1,3922. Sedangkan *gain* yang didapatkan sebesar 4,413 dBi. *Gain* ini merupakan *gain* antenna yang didapatkan dari perbandingan dengan isotropis antenna. Pada gambar terdapat perpotongan antara grafik dengan garis -10dB yang merupakan batas frekuensi dimana antenna dapat bekerja dengan baik, perpotongan tersebut

ditunjukkan oleh titik 2 dan 3. Bandwidth didapatkan dengan menghitung selisih frekuensi pada titik 2 dan 3, dengan hasil sebagai berikut :

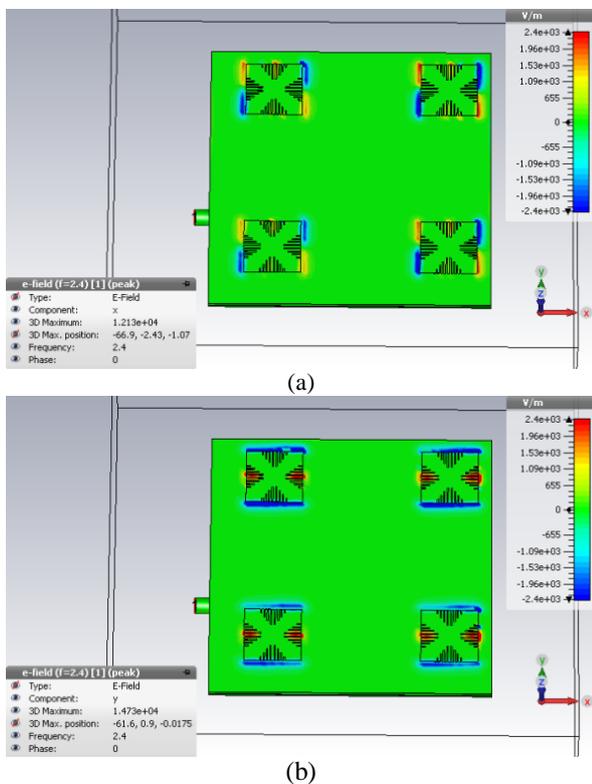
$$2,4191 - 2,3847 = 0,0344 \text{ GHz} = 34,4 \text{ MHz}$$

Dengan melihat pola radiasi secara polar maka dapat ditentukan besarnya nilai *Half Power Beam Width* (HPBW) yang merupakan sudut batas untuk setengah daya maksimal yang diterima antenna. Pola radiasi secara polar $\phi=0$ ditunjukkan pada gambar 10, dari gambar tersebut didapatkan nilai HPBW sebesar $56,2^\circ$.



Gambar 10. Hasil simulasi pola radiasi plot polar $\Phi=0^\circ$ antenna mikrostrip

Polarisasi antenna mikrostrip ditentukan dengan nilai *axial ratio* yang merupakan perbandingan nilai medan e, dari hasil simulasi didapatkan nilai medan e untuk sumbu x dan sumbu y sebesar 1213 v/m dan 1473 v/m seperti pada gambar 11a dan 11b.



Gambar 11. Nilai medan e pada (a) sumbu x dan (b) sumbu y

Berdasarkan nilai medan e diatas maka nilai *axial ratio* bisa didapatkan dengan medan e pada sumbu y sebagai E_{major} dan medan e pada sumbu x adalah E_{minor} :

$$AR = E_{major} / E_{minor} = 1473 / 1213 = 1,197$$

Dimana :

AR : Axial ratio

E_{major} : Nilai medan e paling besar

E_{minor} : Nilai medan e paling kecil

Berdasarkan nilai *axial ratio* yang lebih mendekati 1 yaitu 1,197, maka dengan kata lain antenna ini memiliki polarisasi sirkuler walaupun belum sempurna.

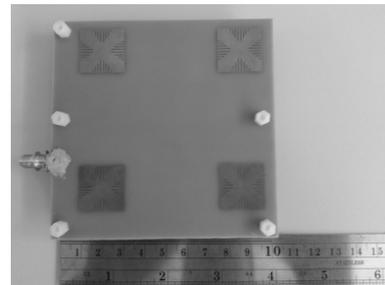
Dari hasil simulasi yang diperoleh, parameter-parameter antenna sudah sesuai dengan kriteria desain antenna. Perbandingan kriteria desain dengan hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Parameter Antena Hasil Simulasi

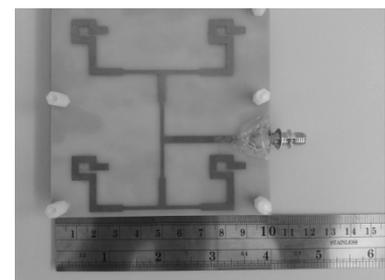
Parameter Antena	Kriteria Desain	Simulasi
<i>Return Loss</i>	<-10 dB	-15,708 dB
VSWR	<2	1,3922
<i>Bandwidth</i>	± 7 MHz	34,4 MHz
<i>Gain</i>	>3,7 dBi	4,413 dBi
HPBW	-	56,2°

H. Implementasi Antena

Antena *array mikrostriptapered peripheral slits* direalisasikan berdasarkan simulasi yang telah dilakukan sebelumnya. Antena tersebut kemudian dirakit dengan menambahkan spacer plastik dan konektor SMA 50Ω seperti pada gambar 12 dan 13.



Gambar 12. Tampak atas hasil fabrikasi antenna



Gambar 13. Tampak bawah hasil fabrikasi antenna

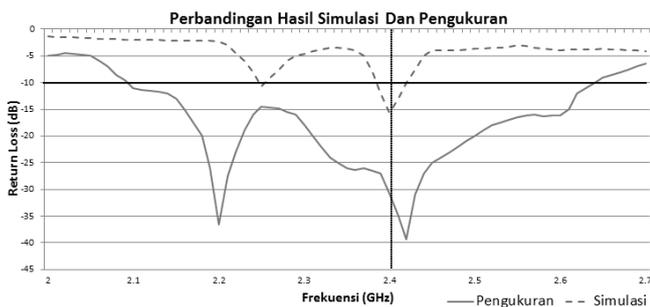
III. EVALUASI DAN ANALISA

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 Lab Antena dan Propagasi PENS digunakan untuk mengetahui nilai daya terima antenna. Nilai

daya terima antenna tersebut dapat digunakan untuk mengetahui nilai *gain* dan pola radiasi. Setelah mendapatkan hasil pengukuran antenna maka hasil tersebut akan dibandingkan dengan hasil simulasi.

A. Analisa Nilai Return loss, Bandwidth dan VSWR

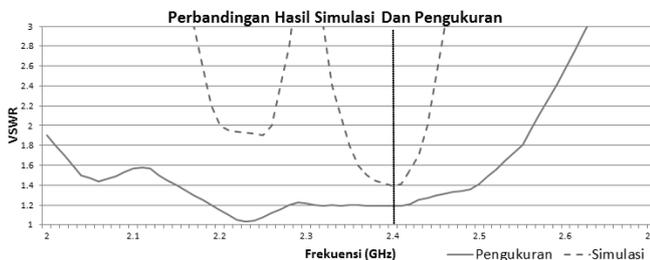
Pengukuran *return loss*, VSWR dan *bandwidth* dilakukan dengan menggunakan *Network Analyzer*, antenna dihubungkan dengan perangkat tersebut melalui kabel koaksial dan konektor. Perbandingan nilai *return loss* antenna mikrostrip hasil simulasi dan hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 14. Nilai *return loss* pada saat simulasi adalah -15,708 dB, sedangkan pada saat pengukuran sebesar -30,894 dB. Terdapat perbedaan yang sangat besar antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran, nilai *return loss* hasil pengukuran terlihat lebih baik daripada hasil simulasi.



Gambar 14. Grafik Perbandingan Nilai *Return loss* Antara Hasil Simulasi dengan Hasil Pengukuran

Perbedaan hasil simulasi dan hasil pengukuran terhadap nilai *return loss* juga berpengaruh terhadap besarnya nilai *bandwidth*. Pada hasil simulasi, *bandwidth* didapatkan 34,4 MHz sedangkan dari hasil pengukuran didapatkan nilai *bandwidth* sebesar 588,67 MHz. Nilai *bandwidth* saat pengukuran lebih besar daripada nilai *bandwidth* saat simulasi.

Perbandingan nilai VSWR antara hasil simulasi dan hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 15. Pada hasil simulasi ditandai dengan grafik berwarna biru dan hasil pengukuran ditandai dengan grafik berwarna merah. Pada simulasi didapatkan nilai VSWR sebesar 2,3922, sedangkan pada pengukuran didapatkan nilai 1,191. Karena nilai VSWR pada saat pengukuran lebih mendekati 1 maka nilai tersebut yang paling baik.



Gambar 15. Grafik Perbandingan Nilai VSWR Antara Hasil Simulasi dengan Hasil Pengukuran

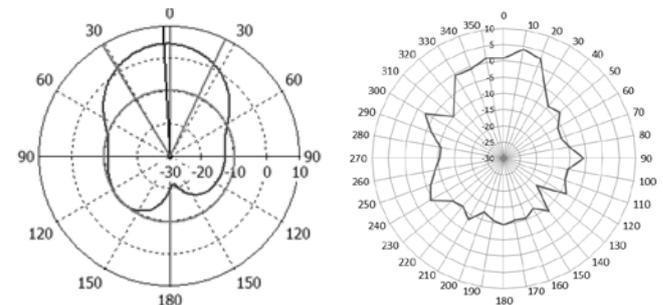
Perbedaan antara hasil simulasi dan pengukuran ini dikarenakan perangkat pengukur yaitu *Network Analyzer* (NA) kurang presisi sehingga memberikan nilai pengukuran yang kurang valid. Selain itu juga terdapat pengaruh ketidaksesuaian konektor yang dipakai pada saat pengukuran, konektor yang digunakan juga tidak persis sama dengan yang digunakan pada saat simulasi. Pembuatan

antenna yang kurang bagus juga dapat berpengaruh pada hasil pengukuran.

B. Pola Radiasi

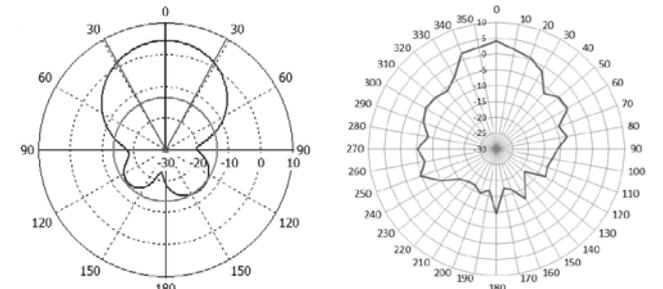
Untuk mengukur pola radiasi antenna digunakan perangkat *Signal Generator* dan *Spectrum Analyzer*, antenna pemancar dihubungkan dengan *Signal Generator* dan antenna mikrostrip dihubungkan dengan *Spectrum Analyzer*. Antenna mikrostrip diletakkan di atas tripot yang berfungsi untuk memutar posisi antenna. Antenna mikrostrip diputar dengan pertambahan sudut 10° pada θ untuk posisi $\phi=0^\circ$ dan $\phi=90^\circ$.

Perbandingan pola radiasi antenna hasil simulasi dan hasil pengukuran, dapat dilihat pada gambar 16 untuk pola radiasi dengan $\phi=0^\circ$ dan pada gambar 17 untuk pola radiasi $\phi=90^\circ$. Dilihat pada gambar 16 dan 17 pola radiasi antenna mikrostrip hasil simulasi dan hasil pengukuran memiliki pola radiasi yang sedikit berbeda. Pola radiasi $\phi=0^\circ$ pada hasil simulasi membentuk sebuah pola dimana terdapat suatu titik yang memberikan arah radiasi yang paling kuat, arah radiasi tersebut didapatkan ketika permukaan antenna tepat mengarah ke sumber sinyal. Sedangkan arah radiasi yang paling lemah ada di bagian belakang antenna. Pada pola radiasi hasil pengukuran, terlihat arah radiasi dari antenna menyebar ke beberapa titik tetapi memiliki arah radiasi yang paling kuat ada di sekitar arah 10° , tepatnya pada sudut 330° sampai 20° .



(a) Pola Radiasi hasil simulasi (b) Pola Radiasi Hasil Pengukuran
Gambar 16. Perbandingan Pola Radiasi $\phi=0^\circ$

Tidak jauh berbeda dengan pola radiasi $\phi=0^\circ$, pola radiasi dengan $\phi=90^\circ$ juga memiliki suatu pola dimana arah radiasi paling kuat di satu arah tertentu. Pada hasil simulasi arah radiasi yang paling kuat adalah dari sudut 330° sampai 30° , sedangkan saat pengukuran adalah 340° sampai 20° . Secara teori dapat disimpulkan antenna mikrostrip memiliki pola radiasi *directional* dimana mempunyai sifat radiasi atau penerimaan gelombang elektromagnetik yang lebih efektif pada satu arah tertentu dibandingkan dengan arah lainnya.



(a) Pola Radiasi hasil simulasi (b) Pola Radiasi Hasil Pengukuran
Gambar 17. Perbandingan Pola Radiasi $\phi=90^\circ$ Antena

C. Gain Antena

Pengukuran *gain* pada antena dilakukan dengan cara membandingkan level daya terima antena yang direalisasikan dengan antena referensi. Antena referensi memiliki *gain* sebesar 7 dBi yang merupakan perbandingan dengan antena isotropis. Dari pengukuran diperoleh 10 sampel level daya terima seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4
Hasil Pengukuran Level Daya Terima Antena

No	Level Daya Terima Antena Referensi (Ps (dBm))	Level Daya Terima Antena (Pt (dBm))	Selisih level Daya (dB)
1	-41.37	-45.38	-4.01
2	-42.45	-49.73	-7.28
3	-48.35	-51.37	-3.02
4	-47.46	-52.24	-4.78
5	-40.23	-44.5	-4.27
6	-49.42	-45.31	4.11
7	-50.22	-54.25	-4.03
8	-51.87	-52.93	-1.06
9	-43.24	-45.26	-2.02
10	-41.02	-43.62	-2.6
Rata-rata	-45.563	-48.459	-2.896

Sampel tersebut kemudian dirata-rata kemudian digunakan untuk memperoleh *gain* antena. *Gain* antena (G_t) didapatkan dengan cara menambahkan *gain* antena referensi (G_s) dengan selisih level daya terima antena

$$G_t = G_s + (P_t) - (P_s)$$

$$G_t = 7 + (-48.459) - (-45.563)$$

$$G_t = 7 + (-2.896)$$

$$G_t = 4,104 \text{ dBi}$$

Dikarenakan perbedaan polarisasi pada antena pemancar yang linier dengan antena mikrostrip dengan polarisasi sirkuler, maka daya yang diterima antena mikrostrip hanya setengahnya. Oleh karena itu untuk mendapatkan *gain* antena yang sebenarnya harus ditambah 3 dB menjadi 7,104 dBi.

Pada saat simulasi didapatkan nilai *gain* sebesar 4,413 dBi untuk frekuensi kerja 2,4 GHz. Sedangkan pada saat pengukuran didapatkan nilai *gain* sebesar 7,104 dBi. Seperti pada pengamatan nilai *return loss* dan VSWR, terdapat beberap kondisi yang menyebabkan perbedaan nilai *gain* antena diantaranya perangkat yang kurang presisi, konektor yang tidak sesuai dan pembuatan antena yang kurang bagus.

Tabel 5
Perbandingan Parameter Hasil Simulasi dan Pengukuran

Parameter Antena	Kriteria Desain	Hasil Simulasi Antena	Hasil Pengukuran Antena
<i>Return loss</i> (dB)	<-10	-15,708	-30,894
VSWR	<2	1,3922	1,191
<i>Bandwidth</i> (MHz)	±7	34,4	588,67
<i>Gain</i> (dBi)	>3,7	4,413	7,104
HPBW	-	56,2°	30°

Dari tabel 5 didapatkan perbandingan parameter berdasarkan kriteria desain, hasil simulasi dan hasil pengukuran. Jika dibandingkan kriteria desain antena, parameter hasil simulasi dan pengukuran sudah memenuhi syarat untuk digunakan pada satelit IINUSAT II. Perbedaan nilai hasil simulasi dengan pengukuran disebabkan oleh perangkat yang kurang presisi, penggunaan konektor dan

kabel dengan impedansi yang tidak sesuai dengan impedansi anten serta pembuatan antena yang kurang bagus.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan perancangan desain simulasi dan pengukuran antena yang telah direalisasikan maka dapat disimpulkan bahwa parameter antena telah memenuhi kriteria yang telah ditentukan. Walaupun parameter yang dihasilkan berbeda, namun baik antena mikrostrip saat simulasi maupun pengukuran sama-sama telah memenuhi kriteria.

Pada simulasi didapatkan nilai *returnloss* untuk frekuensi 2.4GHz yaitu -15.708 dB dan VSWR sebesar 1,3922 dengan *bandwidth* sebesar 34,4 MHz. Sedangkan hasil pengukuran nilai *returnloss* didapatkan pada frekuensi 2.4 GHz yaitu -30,894 dB dan VSWR sebesar 1,192 dengan *bandwidth* sebesar 588,67 MHz. Nilai *gain* hasil simulasi memiliki nilai sebesar 4,413 dBi, sedangkan pada hasil pengukuran didapatkan nilai *gain* sebesar 7,104 dBi. Pola radiasi antena mikrostrip hasil simulasi dan hasil pengukuran memiliki karakteristik direksional.

Dengan tanpa melupakan keterbatasan data yang diperoleh, secara umum antenna *array* mikrostrip *tapered peripheral slits* memiliki spesifikasi dan rancangan yang memenuhi untuk digunakan pada satelit S-Band IINUSAT II pada frekuensi 2.4 GHz.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan finansial melalui Program Kreativitas Mahasiswa Karsa Cipta (PKM-KC) tahun 2012.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Tentang INSPIRE," <http://www.inspire.or.id>
- [2] G. C.Kakoyiannis and P. Constantinou, "A Compact Microstrip Antenna with Tapered Peripheral Slits for CubeSat RF Payloads at 436 MHz : Miniaturization Techniques, Design & Numerical Result," IEEE,(2008).
- [3] S. D. Emily, "Desain Antena Mikrostrip Untuk Satelit S-Band Pada Frekuensi 2.4 Ghz," Belum dipublikasikan.
- [4] M. P. Civerolo, "Aperture Coupled Microstrip Antenna Design and Analysis," USA: Faculty of California Polytechnic State University,(2010).
- [5] D. M. Pozar, "A Review of Aperture Coupled Microstrip Antennas: History, Operation, Development, and Applications," USA: University of Massachusetts, (1996).
- [6] A. H. Rambe, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Segiempat Planar Array 4 Elemen Dengan Pencatuan Aperture Coupled Untuk Aplikasi CPE Pada WIMAX," Indonesia: Fakultas Teknologi Universitas Indonesia,(2008).