

**PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA PARABOLA DENGAN
FEED POINT MIKROSTRIP S-BAND POLARISASI SIRKULAR
MENGUNAKAN METODE TUMPUK UNTUK STASIUN BUMI**
*DESIGN AND REALIZATION OF PARABOLIC ANTENNA
WITH CIRCULARLY POLARIZED S-BAND MICROSTRIP FEED POINT
USING STACK METHOD FOR GROUND STATION*

Renaldy Wibisono¹, Heroe Wijanto², Agus Dwi Prasetyo³

^{1,2,3}Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung

¹respektema@students.telkomuniversity.ac.id, ²heroewijanto@telkomuniversity.ac.id

, ³agusdwiprasetyo@telkomuniversity.co.id

Abstrak

Telkom University AXC (*Aerospace and eXploration Center*) tengah mengembangkan sebuah proyek pembuatan satelit mikro yang mempunyai misi SAR (*Synthetic Aperture Radar*). Demi menunjang keberlangsungan satelit di orbit, maka diperlukan stasiun bumi untuk mengontrol seluruh *payload* satelit. Maka dari itu dibutuhkan sebuah antena sebagai media komunikasi antara stasiun bumi dengan satelit dalam menjalankan misinya.

Antena yang dibuat dalam tugas akhir ini yaitu antena parabola dengan *feed point* mikrostrip polarisasi sirkular dengan frekuensi kerja 2,35 GHz. Dalam tugas akhir ini dipilih antena parabola karena antena ini mempunyai gain yang tinggi sehingga mampu mengirimkan gelombang elektromagnet dengan jarak komunikasi stasiun bumi dan satelit sekitar 700 km. Kemudian *feed point* yang dipakai adalah mikrostrip agar lebih efektif karena memiliki dimensi yang kecil. Mikrostrip dibuat dengan polarisasi sirkular karena komunikasi stasiun bumi dengan satelit pada umumnya menggunakan polarisasi sirkular untuk menanggulangi *loss* yang disebabkan oleh perbedaan fasa antena.

Hasil akhir yang diperoleh dari Tugas Akhir ini adalah antena parabola dengan *feed point* mikrostrip polarisasi sirkular dengan VSWR sebesar 1,043 pada frekuensi kerja 2,35 GHz, lebar pita sebesar 150 MHz, dan gain sebesar 29,5 dBic.

Kata kunci: Antena Parabola, Mikrostrip Polarisasi Sirkular, Stasiun Bumi.

Abstract

Telkom University AXC (*Aerospace and eXploration Center*) is developing a micro satellite that has SAR (*Synthetic Aperture Radar*) mission. To support the satellite activities on the orbit, it requires a ground station to control all payloads on the satellite. So, it needs the antenna as a communication media between the ground station and the satellite.

Antenna that is made in this final project is a parabolic antenna with circularly polarized micro strip feed point with the operating frequency is 2,35 GHz. The writer chooses parabolic antenna because it has high gain so that can transmit the electromagnetic wave with very far distance between the ground station and the satellite, about 700 km. Then, the feed point that is used is a micro strip because of its effectiveness in use with small dimension. The polarization of the micro strip is circular, in order to avoid the losses that is caused by the phase differences of the antenna.

The result of this final project is a parabolic antenna with a circularly polarized micro strip feed point with VSWR is 1.043 at operating frequency 2.35 GHz, bandwidth is 150 MHz, and gain is 29.5 dBic.

Keywords: parabolic antenna, circularly polarized micro strip, ground station

1. Pendahuluan

Fakultas Teknik Elektro Telkom University membentuk sebuah sentra pengembangan satelit mikro yang kemudian disebut dengan Telkom University AXC (*Aerospace and eXploration Centre*). Satelit mikro tersebut akan mengorbit pada lintasan LEO (*Low Earth Orbit*) dengan ketinggian sekitar 700 km di atas permukaan bumi. Satelit ini mempunyai misi khusus yaitu merekam permukaan bumi dengan teknologi SAR (*Synthetic Aperture Radar*). Satelit ini mempunyai memiliki *payload* SAR, S-Band Transmitter, APRS Digipeater, dan TTC. Dalam transmisi data dari satelit ke stasiun bumi, satelit memiliki *payload* S-Band Transmitter untuk mengirimkan data yang diperoleh oleh *payload* SAR ke stasiun bumi. Pemancaran dilakukan di frekuensi S-Band, yaitu 2,35 GHz. Demi menunjang keberlangsungan satelit di orbit, maka diperlukan stasiun bumi untuk mengontrol seluruh *payload* satelit. Dibutuhkan sebuah antena sebagai sarana pengirim sekaligus penerima gelombang

elektromagnetik yang akan dijadikan sebagai media komunikasi antara stasiun bumi dengan satelit dalam menjalankan misinya.

Dengan frekuensi yang tinggi dan juga jarak yang jauh, maka dapat menimbulkan faktor-faktor yang mempengaruhi parameter-parameter antena, terutama gain dan polarisasi. Oleh karena itu, dipilih tipe antena parabola agar mendapatkan gain yang tinggi, yaitu lebih dari 30 dBic. Ditambah lagi dengan penggunaan feed point mikrostrip tumpuk akan menghasilkan gain yang tinggi dan *bandwidth* yang lebar pula, dengan polarisasi sirkular agar gelombang elektromagnetik dapat diterima oleh antena dengan baik. Metode yang digunakan dalam perancangan mikrostrip di tugas akhir ini adalah metode tumpuk sesuai penelitian yang dilakukan oleh [2]. Bedanya adalah jika dalam [2] frekuensi yang digunakan adalah 2,4 GHz untuk aplikasi Wi-Fi dan bahan substrat yang digunakan adalah alumina, pada tugas akhir ini frekuensi yang digunakan adalah 2,35 GHz untuk stasiun bumi dan bahan substrat yang digunakan adalah FR-4.

2. Teori

2.1 Stasiun Bumi

Menurut penjelasan yang dilansir pada id.wikipedia.org, stasiun bumi adalah terminal telekomunikasi yang berada di bumi, yang didesain untuk berkomunikasi dengan pesawat luar angkasa atau menerima gelombang radio dari luar angkasa. Biasanya, frekuensi yang digunakan stasiun bumi untuk berkomunikasi dengan satelit adalah frekuensi sangat tinggi atau frekuensi tinggi ekstrim. Stasiun bumi biasanya dibangun di tempat yang jauh dari pemukiman penduduk karena untuk menghindari radiasi atau interferensi oleh frekuensi tertentu, dan juga menghindari dari polusi-polusi yang ditimbulkan oleh kawasan industri.

Pada umumnya, stasiun bumi memiliki perangkat-perangkat yang mempunyai sensitivitas tinggi agar penerimaan gelombang elektromagnetiknya bagus. Antara lain adalah antena dengan gain yang tinggi, LNA dengan sensitivitas tinggi, filter yang presisi, dan lain sebagainya.

2.2 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki massa ringan, mudah fabrikasi, dengan sifatnya yang *low profile* sehingga dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan dan ukuran yang kecil dibandingkan dengan antena jenis lain. Banyak teknik untuk merancang antena mikrostrip agar hasilnya optimal, maka dari itu banyak penelitian yang membahas antena jenis ini.

Untuk menentukan lebar (W) *patch* antena mikrostrip, digunakan persamaan,^[9]

Dimana:

$$W = \frac{2c}{f(\epsilon_r + 1)} \quad (1)$$

W : lebar konduktor (mm)

ϵ_r : konstanta dielektrik

c : kecepatan cahaya di ruang bebas ($3 \cdot 10^8$ m/s)

f : frekuensi kerja antena yang diinginkan (Hz)

Untuk menentukan panjang (L) dari elemen radiasi antena mikrostrip digunakan persamaan^[9],

$$\frac{\Delta L}{h} = 0,412 \frac{(\epsilon_{eff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,813 \right)} \quad (2)$$

Dimana h merupakan tinggi substrat atau tebal substrat, dan ϵ_{eff} adalah konstanta dielektrik relative yang dirumuskan sebagai berikut^[9],

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{W}{h} \right)^{-1/2} \quad (3)$$

Dengan panjang *patch* (L) dirumuskan oleh^[9]

$$L_{eff} = \frac{2\Delta L}{f} \quad (4)$$

$$L_{eff} = \frac{2\Delta L}{2\sqrt{\epsilon_{eff}} f} \quad (5)$$

2.3 Teknik *Truncated Corner*

Teknik ini adalah teknik yang digunakan untuk mendapatkan polarisasi sirkular, yaitu dengan cara memotong ujung diagonal dari *patch*. Teknik ini biasanya disebut teknik perturbasi.

Untuk menentukan daerah sudut yang dipotong diagonal didapat dari perhitungan berikut^[7].

$$\Delta s = \frac{l}{2Q_r} \tag{6}$$

Dari persamaan dapat diketahui bahwa luas daerah perturbasi adalah dengan menghitung terlebih dahulu 3 faktor kualitas^[4]

a. Faktor kualitas akibat rugi-rugi dielektrik^[7]

$$Q_d = \frac{1}{\tan \delta} \tag{7}$$

Dimana $\tan \delta$ = rugi-rugi tangensial bahan ($\epsilon''/\omega\epsilon'$)

b. Faktor kualitas akibat rugi-rugi konduktor^[4]

$$Q_c = h\sqrt{\epsilon'}\epsilon'' \cdot \sigma \tag{8}$$

c. Faktor kualitas radiasi^[7]

$$x = \frac{a}{\sqrt{\epsilon'}} \tag{9}$$

$$Q_r = 2,666667378 - 1,06662519 \cdot x^2 + 0,209534311 \cdot x^4 - 0,019411347 \cdot x^6 + 0,001044121 \cdot x^8 - 0,000049747 \cdot x^{10} \tag{10}$$

Sehingga faktor kualitas radiasi dirumuskan^[7]

$$Q_r = \frac{4 \cdot a \cdot (\epsilon'^2 - 1) \cdot \epsilon'^{3/2}}{h \cdot a^3 \cdot Q_r} \tag{11}$$

Maka, faktor kualitas total^[7]

$$Q = \left[\frac{1}{Q_d} + \frac{1}{Q_c} + \frac{1}{Q_r} \right]^{-1} \tag{12}$$

Sehingga luas daerah perturbasi adalah^[7]

$$\Delta s = \frac{l}{2Q} ; \quad Q = \frac{\Delta s}{2} \tag{13}$$

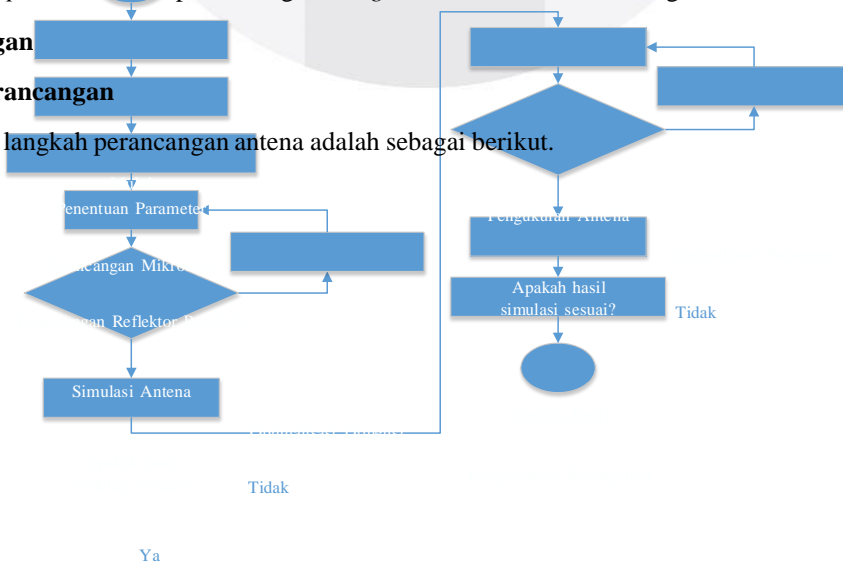
2.4 Metode Antena Tumpuk

Suatu gabungan patch antena dapat dibuat dua atau lebih *patch* antena pada mikrostrip. Pada dua antena *patch* yang ditumpuk dapat dilihat sebagai single wideband di antena mikrostrip dapat digunakan secara tunggal atau susun (*array*). *Gain* antena akan sedikit lebih besar dari sebuah *patch* berlapis tunggal karena terjadi peningkatan pada ketinggian diatas *ground plane* dan dikendalikan oleh panjang gelombang antena tersebut. Semakin tinggi dari konfigurasi yang ditumpuk, semakin besar *gain*-nya. Hal ini adalah keuntungan yang didapat selain *bandwidth* impedansi juga meningkat. Sehingga dalam beberapa kasus dapat dikatakan bahwa dengan menggabungkan *patch* antena dapat meningkatkan *gain* dan *bandwith* secara signifikan^[9].

3. Perancangan

3.1 Tahap Perancangan

Langkah – langkah perancangan antena adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan Antena

3.2 Model Perancangan

Dalam menentukan spesifikasi antenna yang akan digunakan oleh stasiun bumi perlu melihat kondisi komunikasi yaitu jarak antara pemancar dan penerima adalah sekitar 700 km dengan media komunikasi adalah atmosfer bumi. Agar komunikasi dapat berjalan dengan baik, maka dibutuhkan antenna dengan spesifikasi berikut.

1. Frekuensi tengah : 2,35 GHz
2. Lebar pita (VSWR & AR) : ≥ 50 MHz
3. Impedansi : 50Ω
4. VSWR : $\leq 1,5$
5. Pola radiasi : unidireksional
6. Polarisasi parabola : LHCP
7. Polarisasi mikrostrip : RHCP
8. Gain : ≥ 30 dBic

3.2.1 Perancangan Mikrostrip

Setelah ditentukan spesifikasi antenna kemudian dilakukan perhitungan dimensi mikrostrip, mulai dari substrat, *groundplane* dan *patch*. Dimensi tersebut dihasilkan dari perhitungan secara matematis. Dengan frekuensi kerja sebesar 2,35 GHz.

1. Lebar *patch* (W)
Dengan menggunakan persamaan (1) didapatkan:

$$W = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 2,35 \cdot 10^9 \sqrt{\frac{4,4 + 1}{2}}} = 0,03885 \text{ (m)}$$

2. Panjang *patch* (L)
3. Dengan menggunakan persamaan (2) didapatkan:

$$\Delta l = 0,412 \times h \frac{(W + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(1 + 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,813\right)}, \quad h = 0,0016 \text{ m} = 1,6 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan persamaan (3) didapatkan:

$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{4,4 + 1}{2} + \frac{4,4 - 1}{2} \left(1 + \frac{12}{0,03885}\right)^{-1} = 4,09$$

$$\Delta l = 0,412 \times 0,0016 \frac{(4,09 + 0,3) \left(\frac{0,03885}{0,264} + \frac{0,0016}{0,0016}\right)}{(4,09 - 0,258) \left(\frac{0,03885}{0,813} + \frac{0,0016}{0,0016}\right)} = 6,932 \cdot 10^{-4} \text{ (m)}$$

Dengan menggunakan persamaan (5) didapatkan:

$$L = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 2,35 \cdot 10^9 \sqrt{4,09}} = 0,03156 \text{ (m)}$$

Berdasarkan persamaan (4) didapatkan hasil akhir $L = 0,03156 - 2 \cdot 6,932 \cdot 10^{-4} = 0,03 \text{ (m)}$

4. Menentukan truncated corner
Berdasarkan persamaan – persamaan pada sub bab 2.3, didapatkan hasil sebagai berikut,
 - a. Faktor kualitas akibat rugi-rugi dielektrik
 $Q_d = 100 \left(\frac{Q}{\omega}\right)$
Dimana $\tan \delta$ = rugi-rugi tangensial bahan $\left(\frac{Q}{\omega}\right)$
 - b. Faktor kualitas akibat rugi-rugi konduktor
 $Q_c = 1,6 \cdot 10^{-3} \sqrt{2,35 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-7} \cdot 5,8 \cdot 10^7} = 1173,67$
 - c. Faktor kualitas radiasi
 $Q_r = \frac{1,84118}{\sqrt{4,4}} = 0,87775$

$$f(x) = 2,666667378 - 1,06662519 \cdot x^2 + 0,209534311 \cdot x^4 - 0,019411347 \cdot x^6 + 0,001044121 \cdot x^8 - 0,000049747 \cdot x^{10}$$

$$f(0,87775) = 1,96072$$

Sehingga faktor kualitas radiasi dirumuskan

$$K = \frac{4.29,12 \cdot 10^{-3} (1,84118^2 - 1) \cdot 4,4^{3/2}}{1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 1,84118^3 \cdot 1,96072} = 131,218$$

Maka, faktor kualitas total

$$Q = 54,172$$

Sehingga luas daerah perturbasi adalah

$$\Delta s = \frac{30}{2.54,172} = 11,803 \text{ (mm)}$$

Maka dapat ditentukan panjang sisi daerah perturbasi

$$s = 0,662 \text{ (m)}$$

5. Menentukan Dimensi Ground Plane

Setelah didapatkan W dan L dari dimensi *patch* tersebut, maka untuk menentukan dimensi minimal *ground plane* dapat menggunakan persamaan [1] yaitu $A_g = 6t + a$, dimana a adalah W dan L, dan t adalah tebal substrat sehingga dimensi *ground plane* dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

Saat W = 38,85 mm, maka $A_g = 6(1,6) + 38,85 = 48,45 \text{ mm}$

Saat L = 30 mm, maka $A_g = 6(1,6) + 30 = 39,6 \text{ mm}$

Untuk mendapatkan gain yang tinggi, maka ukuran *ground plane* yang digunakan harus lebih besar. Dalam percobaan, dimensi *ground plane* yang digunakan adalah (95 × 95) mm.

Hasil simulasi antena dari perhitungan di atas masih sangat jauh dari kebutuhan. Maka dari itu perlu teknik-teknik tertentu untuk optimasi. Digunakan teknik tumpuk dengan catuan *probe coaxial* ditambah dengan *ground plane* berupa plat aluminium. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh [2] dan setelah melakukan beberapa optimasi, didapatkan dimensi antena sebagai berikut.

Tabel 1. Tabel dimensi Antena hasil optimalisasi

Parameter	Formula	Dimensi (mm)	Keterangan
SSub	$0,430833 \times \lambda$	55	Panjang sisi substrat
L	$0,3055 \times \lambda$	39	Panjang sisi <i>patch</i>
DL	$0,151183 \times \lambda$	19,3	Panjang sisi <i>truncation corner</i>
S1	$0,156667 \times \lambda$	20	Panjang <i>probe-fed patch</i>
SW	$0,0705 \times \lambda$	9	Lebar <i>probe-fed patch</i>
A	$0,031333 \times \lambda$	4	Lebar <i>patch</i> ekstensi
B	$0,031333 \times \lambda$	4	Panjang <i>patch</i> ekstensi
H	$0,062667 \times \lambda$	8	Jarak antar substrat

3.2.2 Perancangan Parabola

Pada perancangan antena untuk komunikasi jarak jauh dibutuhkan antena dengan gain yang tinggi karena *pathloss* yang besar. Maka dalam perancangan antena ground station ini digunakan reflektor parabola agar gain tinggi dapat dicapai. Perhitungan dimensi parabola adalah sebagai berikut^[8].

Diameter parabola yang digunakan adalah (D) = 1.8 meter. Maka gain antena parabola dapat ditentukan dengan persamaan berikut^[1].

$$G \approx 10 \log \left(\frac{4 \pi f^2 D^2}{\lambda^2} \right)$$

Dari grafik f/D terhadap efisiensi apertur dalam [1] didapatkan $\eta = 80\%$

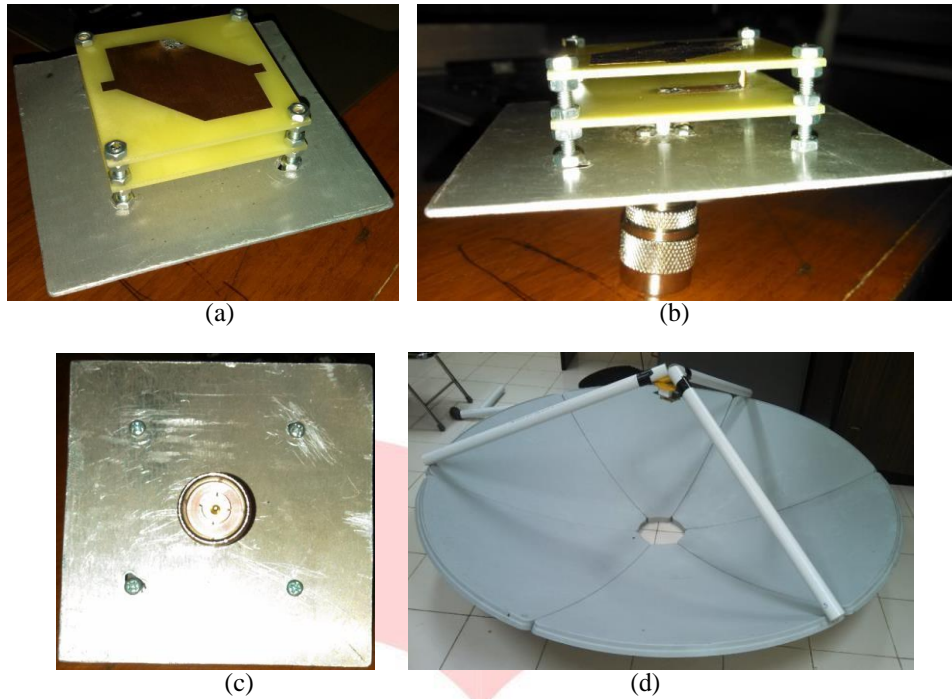
$$G \approx 10 \log \left(0,8 \frac{4 \pi^2 (1,8)^2}{0,1276^2} \right) \approx 31,19 \text{ dB}$$

Selanjutnya menentukan kedalaman parabola dengan asumsi titik fokus (f) 0.6 meter. Dan untuk menentukan efisiensi parabola dapat dilihat dalam [10] tentang reflektor. Setelah fokus parabola diketahui maka kedalaman parabola dapat dihitung dengan persamaan berikut^[1].

$$d = \frac{f^2}{16R} = \frac{0,6^2}{16 \times 0,6} = 0,3375 \text{ m} = 33,75 \text{ cm}$$

3.3 Realisasi Antena

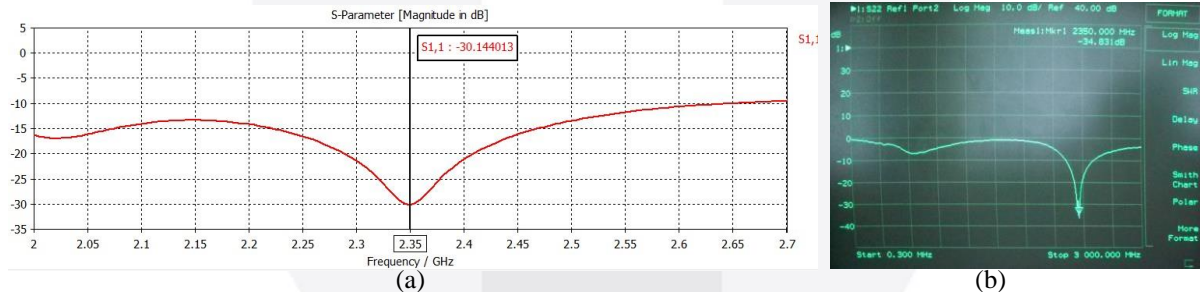
Tahap Selanjutnya antena yang telah dirancang dan disimulasikan dengan perangkat lunak bantu CST Microwave Studio 2013, kemudian direalisasikan dengan menggunakan bahan yang sudah ditentukan sebelumnya yaitu substrat Epoxy FR-4 di pabrik percetakan dengan menggunakan jasa pencetakan antenna *Printed Circuit Board* (PCB). Kemudian mikrostrip dipasang pada parabola sesuai dengan hasil simulasi yang paling optimal.



Gambar 2. Hasil Realisasi Antena Mikrostrip (a) Atas, (b) Samping, (c) Bawah, dan (d) Parabola

4. Pengukuran dan Analisis

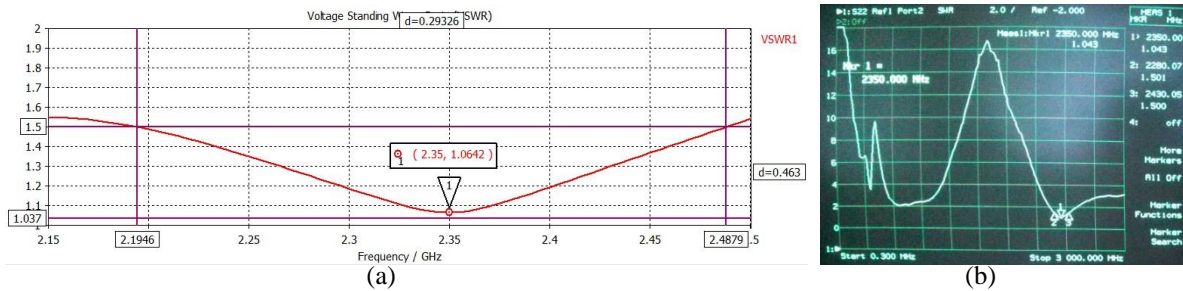
Setelah dilakukan realisasi antenna hasil optimal dari simulasi maka dilakukan tahap selanjutnya yaitu pengukuran. Pengukuran dilakukan pada medan dekat dan medan jauh. Pengukuran medan dekat menggunakan perangkat *Network Analyzer* untuk melihat nilai *VSWR*, *return loss*, *bandwidth* dan impedansi antenna. Pengukuran medan jauh untuk mengukur pola radiasi, polarisasi, dan *gain*. Perangkat yang digunakan saat medan jauh yaitu *Signal Generator*, *Spectrum Analyzer* dan antenna referensi.



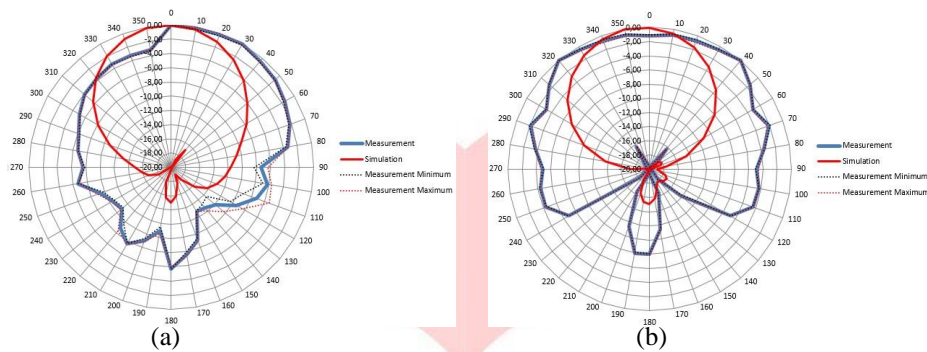
Gambar 3. Perbandingan Grafik *Return Loss* Hasil (a) Simulasi dengan (b) Pengukuran



Gambar 4. Hasil Pengukuran Impedansi



Gambar 5. Perbandingan Grafik *bandwidth* VSWR Hasil (a) Simulasi dengan (b) Pengukuran



Gambar 6. Grafik Pola Radiasi (a) Azimuth (b) Elevasi

Tabel 2. Perbandingan *Bandwidth Axial Ratio* Simulasi dengan Pengukuran

Frekuensi (GHz)	Simulasi (dB)	Pengukuran (dB)	Selisih (dB)
2,325	0,61	2,93	2,32
2,35	0,66	2,19	0,97
2,375	1,22	2,22	1

Tabel 3. Perbandingan *Gain* Simulasi dengan Pengukuran

Antena	Simulasi (dBic)	Pengukuran (dBic)	Selisih (dBic)
Mikrostrip	8,03	7,88	0,15
Parabola	30,62	29,5	1,12

Tabel 4. Perbandingan Daya Terima *Co-Polarization* dan *Cross-Polrization*

RHCP(-dBm) co-polarization	LHCP (-dBm) cross-polarization	RHCP (μ W)	LHCP (μ W)
53,05	51,09	4,95	7,78

Fokus dari pembuatan antena ini adalah untuk mendapatkan *gain* ≥ 30 dBic dan *bandwidth axial ratio* serta *VSWR* ≥ 50 MHz pada frekuensi kerja 2,35 GHz. Setelah melakukan pengukuran, terjadi pergeseran hasil pengukuran jika dibandingkan dengan hasil simulasi. Hal ini disebabkan oleh fabrikasi mikrostrip yang kurang presisi, dan kondisi ruangan pengukuran yang kurang ideal.

Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh impedansi $(49,53 - j0,22) \Omega$, bergeser sedikit dari impedansi ideal yang diinginkan yaitu 50Ω . Pola radasi yang dibentuk adalah unidireksional karena direktivitas *main lobe* lebih besar daripada direktivitas *side lobe*. Polarisasi yang didapatkan adalah LHCP karena daya terima rata-rata LHCP > daya rata-rata RHCP. *Bandwidth axial ratio* sudah melampaui 50 MHz, serta *bandwidth VSWR* $\leq 1,5$ sebesar 150 MHz. Dan *gain* total yang didapat adalah 29,5 dB.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari perancangan dan realisasi antena parabola dengan *feed point* mikrostrip S-band polarisasi sirkular menggunakan metode tumpuk adalah sebagai berikut.

1. Penambahan *patch stub* di bagian atas dan bawah *patch* utama mengurangi frekuensi resonansi dari *axial ratio* 3 dB.

2. Penambahan substrat dengan *probe-fed patch* persegi panjang menggunakan metode tumpuk dengan jarak antar substrat memperoleh *bandwidth* yang lebih lebar.
3. Perolehan nilai tiga parameter utama pada realisasi antenna ini adalah $gain = 29,5$ dBic, *bandwidth* VSWR $\leq 1,5 = 150$ MHz, dan *Axial Ratio* pada rentang frekuensi 2,325 GHz s.d 2,375 GHz < 3 dB.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan performa antenna yang lebih baik pada perancangan berikutnya, terdapat beberapa hal yang bisa dijadikan saran dan sebagai bahan pertimbangan antara lain,

1. Hendaknya pengukuran dilakukan di area yang minim pantulan dan interferensi sehingga lebih akurat dan variasi medan bisa = 0,25 dB
2. Antena hasil perancangan pada tugas akhir ini dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan teknik lain untuk mempermudah dalam perancangan dengan mempertahankan *gain* yang tinggi dengan tetap mendukung polarisasi sirkuler,
3. Sesuaikan datasheet bahan atau substrat yang ada di pasar maupun di pabrik dengan simulasi agar tidak terjadi kesalahan dalam pencetakan.

Daftar Pustaka :

- [1] Balanis, Constantine A. 2005. "*Antenna Theory Analisis and Desain 3rd edition*". United Stated: Wiliey InterScience
- [2] F. Xu, dkk. 2013. "*Broadband Single-Fed Single-Patch Circularly Polarized Microstrip Antenna*". National Key Laboratory of Science and Technology on Antennas and Microwaves, China.
- [3] Fauzi, Ahmad, 2010. "*Antena Mikrostrip Slot Lingkaran Untuk Memperlebar Bandwidth Dengan Teknik Pencatuan Coplanar Waveguide Pada Frekuensi 2,3 GHz*". Tugas Akhir Universitas Indonesia.
- [4] Halim, Mohd Aly Rajaiebin., Puan Elfarizanis bt Baharudin. 2012. "*Design of Single Feed Circularly Polarized Microstrip Antenna Using Truncated Corner Method*". Universitas Teknologi Tun Hussein Onn
- [5] Hidayatulloh, Arif. 2013. "*Perancangan Dan Realisasi Antena Reflektor Parabola Dengan Feed Point Mikrostrip Untuk Stasiun Bumi Satelit Nano Inusaf-1*". Tugas Akhir Institut Teknologi Telkom.
- [6] Paul Wade. 1998. "*Parabolic Dish Antenna*". N1BWT.
- [7] Rina,Hapsari Natalia. 2013. "*Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Rectangular Wideband Pada Frekuensi 2,3 – 2,39 GHz untuk LTE dengan Celah U dan Teknik Perturbasi*". Institut Teknologi Telkom
- [8] Tim Dosen Siskomsat. 2004. "Propagasi Link Satelit". IT Telkom
- [9] V. Rajya Lakshmi1, M. Sravani 2, G.S.N.Raju, 2012. "*Parametric Study of a Novel Stacked Patch Antenna*". International Journal of Advances in Engineering & Technology.
- [10] Winarno,Idris. 2008."Pembuatan Antena Wajan Bolik". ITS:Surabaya.