

PERBANDINGAN ANTENA MIKROSTRIP PATCH LINGKARAN DAN PERSEGI POLARISASI SIRKULAR UNTUK *SYNTHETIC APERTURE RADAR* FREKUENSI 1.27 GHZ

THE COMPARISON OF MICROSTRIP ANTENNA CIRCLE AND SQUARE PATCH CIRCULARLY POLARIZED FOR SYNTHETIC APERTURE RADAR FREQUENCY 1.27 GHZ

Fanny Octaviany, Heroe Wijanto², Agus Dwi Prasetyo³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹fannyoctaviany@gmail.com ²heroewijanto@telkomuniversity.ac.id ³adprasetyo@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Hingga saat ini, beberapa sensor SAR yang telah mengudara merupakan sistem polarisasi linier pada antena. Secara umum polarisasi linier sangat sensitif terhadap rotasi Faraday di ionosfer yang disebabkan interaksi antara gelombang elektromagnetik yang merambat dan medan magnet bumi. Untuk mengatasi hal tersebut dapat diterapkan CP-SAR (*Circularly Polarization-Synthetic Aperture Radar*). Tujuan utama dari sensor ini adalah untuk mengurangi efek rotasi Faraday ketika radiasi gelombang elektromagnetik merambat melalui ionosfer.

Untuk mengatasi hal tersebut dibuatlah antena spesifikasi frekuensi 1.27 GHz, impedansi 50Ω , $v_{swr} \leq 1.5$, pola radiasi *unidirectional*, polarisasi sirkular putar kanan (RHCP), *axial ratio* ≤ 3 dB dengan bahan substrat FR-4 Epoxy memiliki konstanta dielektrik 4.3, dan teknik catuan *proximity coupled microstrip feed*.

Pada penelitian kali ini dibandingkan dua buah bentuk *patch* yaitu lingkaran dan persegi. Lalu dipilih salah satu dengan performansi terbaik dan memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan. Kemudian didapatkan hasil antena dengan bentuk *patch* lingkaran memiliki performansi paling baik dan memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan. Antena *patch* lingkaran memiliki bandwidth 27 MHz, polarisasi *unidirectional*, *axial ratio* ≤ 3 dB serta polarisasi sirkular putar kanan.

Kata Kunci : SAR, polarisasi sirkular, *proximity coupled*

Abstract

Until now, some SAR sensor has broadcast a linear polarization in the antenna system. Linear polarization is very sensitive to Faraday rotation in propagation in the ionosphere because the interaction between the electromagnetic waves and earth's magnetic field. This problem can resolve by using CP-SAR (*Circularly Polarization Synthetic Aperture Radar*). The goal of this sensor is to reduce the effects of Faraday rotation when radiation of electromagnetic wave spread to ionosphere.

To resolve these problem we can made antenna with specs for frequency in 1.27 GHz, impedance 50Ω , $V_{SWR} \leq 1.5$, unidirectional radiation pattern, circular polarization gain, *axial ratio* ≤ 3 dB with substrate FR-4 Epoxy has a dielectric 4.3, and *proximity coupled microstrip feed*.

In this final project compared two different shapes of the circle and the square patch. Then select the one with the best performance and fulfill the required specifications. Then the results show patch antenna with circular shape has the best performance and fulfill the required specifications. Circular patch antenna has a bandwidth of 27 MHz, radiation pattern unidirectional, *axial ratio* ≤ 3 dB and Right Hand Circular Polarization (RHCP).

Key Words : SAR, circularly polarization, *proximity coupled*

1. Pendahuluan

SAR (*Synthetic Aperture Radar*) merupakan sebuah sistem radar koheren yang mampu menghasilkan citra dengan citra penginderaan jauh resolusi tinggi dan mampu bekerja siang dan malam karena merupakan sistem yang aktif. SAR memanfaatkan prinsip dasar RADAR yang membuatnya termasuk dalam sensor aktif dimana untuk mendapatkan informasi dari objek yang diamati, Beberapa karakteristik dari SAR konvensional di antaranya berdimensi sangat besar, membutuhkan daya tinggi, sensitif terhadap efek rotasi Faraday, dan lain-lain^[15].

Efek distorsi pada SAR dengan polarisasi linier dapat diatasi dengan menggunakan CP-SAR (*Circularly Polarization-Synthetic Aperture Radar*)^{[1][2][5]}. Untuk mewujudkan polarisasi melingkar, sistem CP-SAR terdiri oleh LHCP (*Left Handed Circularly Polarized*) dan RHCP (*Right Handed Circularly Polarized*), dimana transmisi bekerja pada RHCP atau LHCP, dan penerima bekerja pada LHCP dan RHCP^[4,8].

Permasalahan yang diangkat pada tugas akhir kali ini adalah membandingkan dua buah bentuk patch dengan nilai rasio aksial yang dapat membentuk polarisasi LHCP dan RHCP dengan spesifikasi yang sesuai dengan CP-SAR menggunakan catuan tipe *proximity* dan menerapkan metode *truncated corner/edge* sebagai pertubasinya. Dari dua bentuk patch tersebut dipilihlah satu bentuk dengan performansi yang paling baik.

2. Dasar Teori

2.1 Synthetic Aperture Radar

Untuk meningkatkan resolusi gambar radar, antena harus diperpanjang. Karena ini tidak dapat secara fisik dilakukan, dibutuhkan solusi virtual untuk mencapai tujuan ini. Pada bulan Juni 1951, Carl Wiley menjelaskan penggunaan analisis frekuensi Doppler untuk meningkatkan resolusi gambar radar dengan menggunakan gerakan *platform* dan sinyal koherensi untuk merekonstruksi antena besar dengan perhitungan^[1]. Sebagaimana radar bergerak antara dua transmisi pulsa, memang mungkin untuk menggabungkan secara bertahap semua gema dan mensistesis antena *array* yang sangat cukup besar. Teknik ini dikenal sebagai *Synthetic Aperture Radar* (SAR).

2.2 Polarisasi Lingkaran Synthetic Aperture Radar

Rotasi Faraday di ionosfer disebabkan oleh interaksi antara perambatan gelombang elektromagnetik dan medan magnet yang merambat di bumi. Secara umum, sudut orientasi (sudut kemiringan, t) dari gelombang *microwave* polarisasi linier berubah ketika gelombang melewati lapisan ionosfer. Sampai sekarang hanya gelombang *microwave* dengan polarisasi linier (baik vertical maupun horizontal) yang telah dimanfaatkan dalam sistem *Synthetic Aperture Radar* (SAR).

Dibandingkan dengan polarisasi linier, efek rotasi Faraday hampir tidak berpengaruh untuk polarisasi melingkar (ITU 2002). Meskipun polarisasi melingkar secara luas digunakan dalam hubungan komunikasi ruang untuk menghindari masalah rotasi Faraday, penggunaannya dalam sistem pesawat ruang angkasa SAR untuk penginderaan jauh dan tujuan observasi bumi belum dicoba. Alasan utama untuk kurangnya penelitian pada sistem polarisasi sirkular (CP-SAR) dapat berasal dari kesulitan dalam membuat sistem antena yang menghasilkan *high quality* pada polarisasi dengan polarisasi sirkular

3. Perancangan

3.1 Spesifikasi Antena CP-SAR

Adapun spesifikasi antenna yang diinginkan adalah sebagai berikut:

- a. Frekuensi Kerja : 1.27 GHz
- b. *Impedance Bandwidth* : 10 MHz (*Return loss* -10 dB)
- c. Polarisasi : *Right Handed Circularly Polarized* (RHCP)
- d. *Axial Ratio Bandwidth* : 10 MHz (*Axial ratio* \leq 3dB)

3.2 Model Perancangan

Analisis mikrostrip *patch* antena dapat dilakukan dengan menggunakan tiga model-model antenna: model saluran transmisi (*transmission line model*), model rongga (*cavity model*) dan model gelombang penuh (*full wave model*) yang berbasis *method of moment* (MoM). Model pertama adalah yang paling sederhana dari semua dan

kurang akurat. Model rongga lebih akurat, sehingga lebih kompleks dibandingkan dengan model saluran transmisi, dan memberikan gambaran fisik yang baik. *MoM* paling akurat dan kompleks dari semua model dan dapat menganalisis dari satu elemen, hingga *array* antena yang tak terbatas, atau bentuk elemen sesuai keinginan.^[21]

3.2.1 Model Perancangan Lingkaran

Berdasarkan formula pada *cavity model*, prosedur perancangan praktis untuk antena mikrostrip patch sirkular adalah dengan menggunakan mode dominan TM_{11} . Informasi yang dibutuhkan yaitu konstanta dielektrik (bernilai 4.3 untuk FR-4 Epoxy, frekuensi resonansi 1.27 GHz, dan tinggi dari substrat 0.32 mm. Dalam proses perancangan, panjang radius *patch* yang digunakan adalah panjang radius efektif (akibat dari *fringing* yang seolah-olah ukuran *patch* menjadi lebih besar secara elektrik. Untuk menghitung panjang radius efektif menggunakan rumus^[9],

$$r_{eff} = \frac{r \sqrt{\epsilon_r}}{\sqrt{1 + \frac{2}{\pi} \ln \left(\frac{2.8 + 1.7173 \epsilon_r}{\epsilon_r + 1.7958} \right)}}$$

Satuan untuk frekuensi adalah Hz, dan ketinggian substrat dalam cm. sementara itu untuk membuktikan frekuensi resonansi dari yang sudah dihitung dapat menggunakan persamaan berikut^[9],

$$f_{res} = \frac{c}{2\pi r_{eff} \sqrt{\epsilon_r}}$$

Dengan memasukan ϵ_r , r , dan f_{res} , didapatkan nilai r_{eff} .

3.2.2 Model Perancangan Persegi

Menentukan ukuran lebar *patch* efektif (L_{eff}) dengan rumus^[23],

$$L_{eff} = L + \Delta L$$

Nilai konstanta efektif dapat ditentukan melalui persamaan^[23],

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1 + 12/h}{\epsilon_r + 1} \right)^{-0.4921}$$

Dengan mensubtitusikan nilai pada persamaan di bawah ini maka akan didapatkan nilai ΔL :

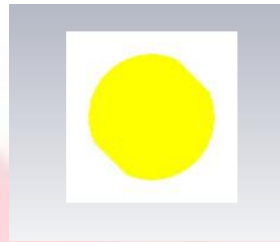
$$\Delta L = \frac{L \left(1 - \frac{1}{\epsilon_{eff}} \right)}{2}$$

Setelah substitusikan nilai , pada persamaan di bawah ini untuk mendapatkan ukuran lebar *patch* actual ()

Dari persamaan di atas, didaptakan ukuran panjang *patch* persegi $L = 57.5$ mm.

3.3 Desain Antena dan Simulasi

3.3.1 Patch Lingkaran



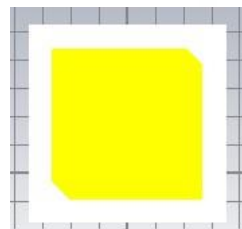
Gambar 1. Desain Antena Patch Lingkaran Truncated Edge/Corner

Setelah proses optimasi, diketahui nilai *return loss* dan *axial ratio* pada table berikut sudah mencapai kebutuhan dan spesifikasi. Untuk *bandwidth* sistem CP-SAR yang digunakan merupakan irisan dari *bandwidth* impedansi dan *bandwidth axial ratio*. Didapatkan hasil sebesar 15 MHz dari kebutuhan spesifikasi 10 MHz..

Tabel 1. Nilai *Return Loss* dan *Axial Ratio* Setelah Optimasi

Keterangan	Frekuensi (GHz)	Return loss (dB)	Axial Ratio (dB)
Frekuensi Resonansi	1.27	-39.292	0.37586555
Frekuensi Bawah	1.265	-36.761	2.3261839
Frekuensi Atas	1.275	-41.487	1.5969381
Frekuensi Bawah Optimasi (GHz)		1.242	1.262
Frekuensi Atas Optimasi (GHz)		1.3012	1.278
Bandwidth Spesifikasi (MHz)		10	10
Bandwidth Optimasi (MHz)		59	15
Bandwidth Optimasi Untuk CP-SAR (MHz)		15	

3.3.2 Patch Persegi



Gambar 2. Desain Antena Patch Persegi Truncated Edge/Corner

Setelah proses optimasi, diketahui nilai *return loss* dan *axial ratio* pada table berikut yang sudah mencapai kebutuhan dan spesifikasi. Untuk *bandwidth* sistem CP-SAR yang digunakan merupakan irisan dari *bandwidth* impedansi dan *bandwidth axial ratio*. Didapatkan hasil sebesar 13 MHz dari kebutuhan spesifikasi 10 MHz.

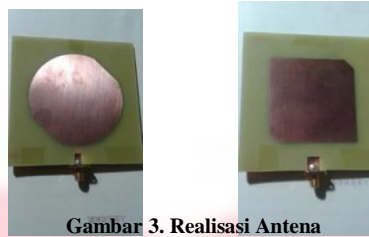
Tabel 2. Nilai *Return Loss* dan *Axial Ratio* Setelah Optimasi

Keterangan	Frekuensi (GHz)	Return loss (dB)	Axial Ratio (dB)
Frekuensi Resonansi	1.27	-22.06829	1.9766569
Frekuensi Bawah	1.265	-27.128817	2.9575
Frekuensi Atas	1.275	-19.531659	2.4102148
Frekuensi Bawah Optimasi (GHz)		1.2456	1.249
Frekuensi Atas Optimasi (GHz)		1.2952	1.2804
Bandwidth Spesifikasi (MHz)		10	10
Bandwidth Optimasi (MHz)		49	15
Bandwidth Optimasi Untuk CP-SAR (MHz)		5	

3.4 Tahap Realisasi Antena

Antena yang telah dirancang dan disimulasikan dengan bantuan *software*, kemudian direalisasikan di pabrik

percetakan PCB.



Gambar 3. Realisasi Antena

4. Verifikasi Hasil Pengukuran dan Analisis

4.1. Pengukuran *Return Loss* dan *Bandwidth* Patch Lingkaran

Dari pengukuran, didapatkan hasil *return loss* pada frekuensi tengah 1.27 GHz adalah -28.072 dB. Sementara untuk memenuhi target *return loss* minimum -10 dB, didapat *bandwidth* antara 1.248 GHz hingga 1.287 yaitu 39 MHz.

Tabel 3. Performa *Return Loss* dan *Bandwidth* Antena Patch Lingkaran

Pengamatan	Kebutuhan	Simulasi	Realisasi
<i>Return Loss</i> di 1.27 GHz	-10 dB	-39.3934 dB	-28.072 dB
<i>Bandwidth</i>	10 MHz	59 MHz	39 MHz

4.2. Pengukuran *Return Loss* dan *Bandwidth* Patch Persegi

Dari pengukuran, didapatkan hasil *return loss* sesuai Gambar 4.3 pada frekuensi tengah 1.27 GHz adalah -15.434 dB. Sementara untuk memenuhi target *return loss* minimum -10 dB, didapat *bandwidth* antara 1.255 GHz hingga 1.285 yaitu 30 MHz.

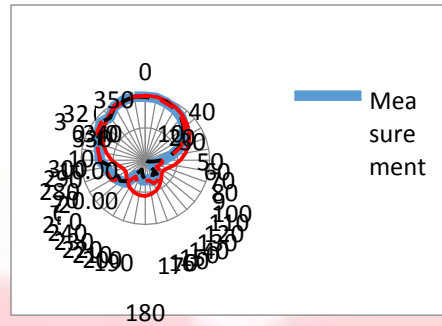
Tabel 4. Performa *Return Loss* dan *Bandwidth* Antena Patch Persegi

Pengamatan	Kebutuhan	Simulasi	Realisasi
<i>Return Loss</i> di 1.27 GHz	10 dB	-22.0682 dB	-15.434 dB
<i>Bandwidth</i>	10 MHz	49.6 MHz	30 MHz

4.3 Pengukuran Pola Radiasi Patch Lingkaran



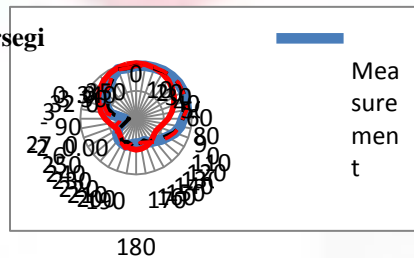
Gambar 4. Polaradiasi Secara Azimut pada Frekuensi 1.27 GHz Patch Lingkaran



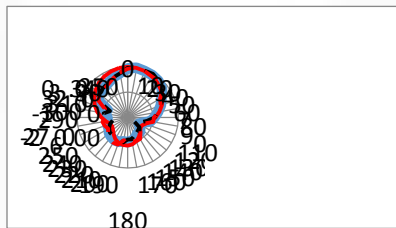
Gambar 5. Polaradiasi Secara Elevasi pada Frekuensi 1.27 GHz Patch Lingkaran

Dari data diatas disimpulkan bahwa pengukuran polaradiasi baik azimuth maupun elevasi sudah mendekati hasil simulasi. Perbedaan nilai penerimaan pada sudut-sudut tertentu diakibatkan oleh kondisi lingkungan yang kurang ideal pada saat pengukuran. Pada saat pengukuran azimuth didapatkan nilai variasi medan rata-rata sebesar 0.35 dB dan pada elevasi sebesar 0.91 dB.

4.4 Pengukuran Polaradiasi Patch Persegi



Gambar 6. Polaradiasi Secara Azimut Pada Frekuensi 1.27 GHz Patch Persegi



Gambar 7. Polaradiasi Secara Elevasi Pada Frekuensi 1.27 GHz Patch Persegi

Dari data diatas disimpulkan bahwa pengukuran polaradiasi baik azimuth maupun elevasi sudah mendekati hasil simulasi. Perbedaan nilai penerimaan pada sudut-sudut tertentu diakibatkan oleh kondisi lingkungan yang kurang ideal pada saat pengukuran. Pada saat pengukuran azimuth didapatkan nilai variasi medan rata-rata sebesar 0.73 dB dan pada elevasi sebesar 1.21 dB.

4.5 Pengukuran Axial Ratio Patch Lingkaran

Nilai axial ratio minimum dan maksimum adalah nilai axial ratio yang sudah dihitung dengan mempertimbangkan nilai variasi medan pada saat pengukuran di sudut dan frekuensi tertentu. Untuk lebih jelasnya, nilai axial ratio dihadirkan dalam table berikut,

Tabel 5. Hasil Pengukuran Axial Ratio Patch Lingkaran

Frekuensi	Axial Ratio rata-rata	Axial Ratio Minimum	Axial Ratio Maksimum
1.24	3.23	3.42	3.06
1.25	3.47	3.74	4.05
1.26	2.57	2.63	2.51
1.27	1.51	1.65	2.02
1.28	1.15	1.23	1.08
1.29	0.53	0.59	0.57
1.30	1.16	1.12	1.19

Dari data pengukuran yang didapat, menunjukkan bahwa nilai *axial ratio* minimum terdapat pada frekuensi 1.29 GHz sebesar 0.53 dB sementara dari rentang frekuensi yang diukur, frekuensi 1.24 dan 1.25 GHz yang sudah tidak menunjukkan kesirkularan polarisasi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa *bandwidth axial ratio* hasil pengukuran adalah 40 MHz yaitu dari 1.26 – 1.30 GHz.

4.6 Pengukuran Axial Ratio Patch Persegi

Tabel 6. Hasil Pengukuran Axial Ratio Patch Persegi

Frekuensi	Axial Ratio rata-rata	Axial Ratio Minimum	Axial Ratio Maksimum
1.24	4.13	4.31	3.96
1.25	3.48	3.59	3.37
1.26	3.22	3.29	3.15
1.27	3.11	3.25	2.97
1.28	3.02	3.01	3.04
1.29	2.03	2.07	2.00
1.30	1.09	1.18	1.01

Dari data pengukuran yang didapat, menunjukkan bahwa nilai *axial ratio* minimum terdapat pada frekuensi 1.3 GHz sebesar 1.09 dB sementara dari rentang frekuensi yang diukur, frekuensi 1.24, 1.25, 1.26, 1.27, dan 1.28 GHz yang sudah tidak menunjukkan kesirkularan polarisasi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa *bandwidth axial ratio* hasil pengukuran adalah 10 MHz yaitu dari 1.29 – 1.30 GHz.

4.7 Pengukuran Gain Patch Lingkaran

Tabel 7. Hasil Pengukuran Gain Patch Lingkaran

Gain Simulasi	Gain Pengukuran
4.4820312	3.49943

Dari hasil simulasi dan pengukuran terdapat perbedaan. Perbedaan yang terjadi disebabkan oleh kondisi lingkungan yang tidak ideal saat pengukuran sehingga pengukuran menjadi kurang akurat. Antena hasil simulasi dan realisasi telah diverifikasi memiliki gain 3.49943 dBi, berbeda 0.98 dB dari hasil simulasi, Namun ini nantinya akan dijadikan referensi untuk menyusun antena hingga mencapai gain dari spesifikasi sistem CP-SAR baik *Onboard μ SAT* maupun *Onboard UAV*.

4.8 Pengukuran Gain Patch Persegi

Tabel 8. Hasil Pengukuran Gain Patch Persegi

Gain Simulasi	Gain Pengukuran
4.1744	4.142703

Dari hasil simulasi dan pengukuran terdapat perbedaan. Perbedaan yang terjadi disebabkan oleh kondisi lingkungan yang tidak ideal saat pengukuran sehingga pengukuran menjadi kurang akurat. Antena hasil simulasi dan realisasi telah diverifikasi memiliki gain 4.142703 dBi, berbeda 0.031697 dB dari hasil simulasi, Namun ini nantinya akan dijadikan referensi untuk menyusun antena hingga mencapai gain dari spesifikasi sistem CP-SAR baik *Onboard μ SAT* maupun *Onboard UAV*.

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari seluruh proses perancangan dan realisasi antenna mikrostrip berpolarisasi sirkular catuan *proximity coupled* dengan bentuk *patch* lingkaran dan persegi adalah sebagai berikut.

1. *Bandwidth* yang digunakan ialah irisan antara *bandwidth impedansi* dan *axial ratio*, maka untuk *patch* lingkaran didapat *bandwidth* sebesar 27 MHz dengan rentang frekuensi 1.26 – 1.287 GHz. Untuk *patch* persegi didapat *bandwidth* 5 Mhz dengan rentang frekuensi 1.285-1.29 GHz.
2. Untuk *patch* persegi tidak memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan. *Bandwidth axial ratio* yaitu sebesar 10 MHz, dan terjadi pergeseran frekuensi dimana rentang frekuensi yang dihasilkan ialah 1.29 – 1.30 GHz. Dan *bandwidth* akhir yang digunakan (irisian antara *bandwidth impedansi* dan *axial ratio*) nilainya tidak memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan.
3. Dari hasil simulasi dan verifikasi terhadap dua bentuk *patch* yang berbeda, didapatkan hasil bahwa performansi *patch* lingkaran lebih bagus dibandingkan dengan *patch* persegi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yohandri, H. Kuze, J.T. Sri Sumantyo. "Development of Circularly Polarized Microstrip Antennas for CP-SAR System Installed on Unmanned Aerial Vehicle". Dissertation Chiba University.2011
- [2] Rizki Akbar, P., J.T. Sri Sumantyo, Hiroaki Kuze. "A Novel Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar (CP-SAR) System Onboard A Spaceborne Platform". International Journal of Remote Sensing.2010
- [3] Merna Baharudin, J.T. Sri Sumantyo. "Circularly Polarized Microstrip Antennas With Proximity Coupled Feed for Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar". INTECH.2011
- [4] Yohandri, J.T. Sri Sumantyo, H.Kuze. "Circularly Polarized Array Antennas for Synthetic Aperture Radar" . PIERS, Vol.7, No.6.2011
- [5] Rizki Akbar, P., J.T. Sri Sumantyo, Hiroaki Kuze. "CP-SAR UAV Development". International Archives of The Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Volume XXXVIII, Part 8, Kyoto Japan.2010
- [6] Yohandri, Wissan, V., Firmansyah, I., Rizki Akbar, P., J.T. Sri Sumantyo, Hiroaki Kuze. "Development of Circularly Polarized Array Antenna for Synthetic Aperture Radar Sensor Installed On UAV". Progress In Electromagnetic Research C, Vol.19, 119-133.2011
- [7] J.T. Sri Sumantyo. "Development of Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar Onboard Unmanned Aerial Vehicle (CP-SAR UAV)". IEEE.2012
- [8] Agus Dwi Prasetyo, Heroe Wijanto, J.T. Sri Sumantyo, Arifin Nugroho. "RHCP-LHCP Dual-Circularly Polarized Antenna Design for Circularly-Polarized Synthetic Aperture Radar Onboard Microsatellite (mSAT CP-SAR)". Thesis Telkom University. 2013
- [9] Balanis, Cosnstantine A., "Antenna Theory Analysis and Design 3rd edition". United Stated: Wiliey InterScience

