

**ANTENA ARRAY BEAM STEERING UNTUK SENSOR SYNTHETIC APERTURE RADAR (SAR) PADA UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) MENGGUNAKAN SOFTWARE IE3D**

**Herli Mia Haqu<sup>1)</sup> Asrizal<sup>2)</sup> Yohandri<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA UNP, email: Herlimiahaqu6@gmail.com

<sup>2)</sup>Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA UNP

Yohandri@gmail.com

**ABSTRACT**

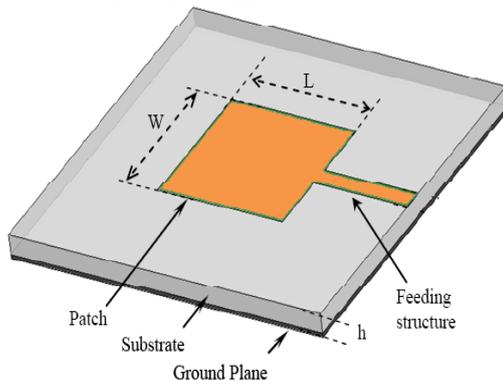
*Sensor Synthetic Aperture Radar (SAR) work using the side looking of the system that is useful to distinguish the signal reflections from the left side or the right side at the same distance from the surface of the object or target. SAR sensors are taken using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and mounted on one side of the plane that caused the UAV requires a load balancer. One way to overcome this is to install the antenna under the fuselage, the radiation to be emitted toward the side known as beam steering antenna techniques. This study simulates the design of the antenna array to determine the influence of the dimensions of the antenna on the characteristics of the antenna array. Simulations carried out by varying the length and width of the feeding patch antenna array. The influence of the dimensions antenna on the antenna characteristics are used as a reference in determining the dimensions of the antenna array beam steering antenna characteristics for SAR sensors on the UAV. The software is used in this simulation software IE3D with the type of substrate pillar packing (NPC-H220A) having a dielectric constant of 2.17, thickness of 3.2 mm and a loss  $\delta = 0.0005$ . Results of this research showed that the greater the length of the patch then it works the lower frequencies and viceversa. While wide-feeding affect the size of the antenna input impedance of the greater width of feeding the input impedance greater viceversa. Based on simulation results that have been done of the obtained reflection coefficient -18.01 dB antenna beam steering with 20° at a frequency of 1.270 GHz, the simulation results satisfy for the antenna of SAR sensors on the UAV.*

**Keywords :** Remote Sensing, Antenna mikrostrip array, Antena beam steering

**PENDAHULUAN**

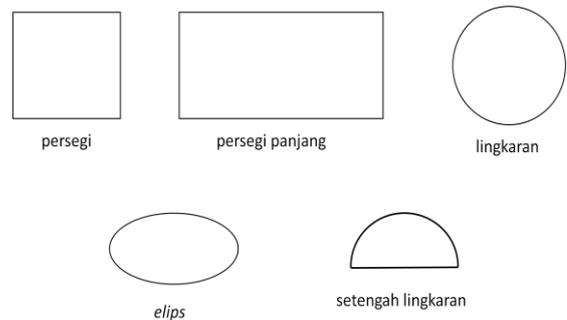
Antena mikrostrip untuk sensor SAR sudah dikembangkan dengan radiasi yang tegak lurus terhadap permukaan antena. Kondisi ini menyebabkan antena harus dipasang miring pada sisi pesawat untuk keperluan pandangan samping radar. Pemasangan pada salah satu sisi pesawat mengakibatkan pesawat membutuhkan beban penyeimbang dibagian sisi yang lainnya sehingga beban pesawat semakin besar. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan ini adalah antena dipasang di bawah badan pesawat sehingga tidak diperlukan beban penyeimbang.

Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki bentuk seperti potongan atau bidang yang sangat tipis secara fisik tetapi mampu bekerja pada frekuensi yang sangat tinggi<sup>[1]</sup>



Gambar 1. Geometri Dasar Antena Mikrostrip<sup>[2]</sup>

Antena mikrostrip memiliki bentuk patch yang bermacam-macam diantaranya berupa persegi, persegi panjang, melingkar, segitiga, elips, setengah lingkaran, dan lainnya. Bentuk patch yang sering digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk Patch Antena

Bentuk patch persegi dan patch lingkaran merupakan bentuk yang populer karena kemudahan dalam analisis dan fabrikasi. Selain itu, antena ini merupakan antena yang sederhana dan mudah dalam pembuatannya yakni dengan menggunakan teknologi modern pencetak lintasan<sup>[3]</sup>. Perhitungan untuk merancang dimensi antena persegi panjang dapat digunakan beberapa persamaan berikut:

$$W = \frac{c}{2 f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \tag{1}$$

Persamaan (1) merupakan persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan lebar patch.

Dimana,  $c$  merupakan kecepatan cahaya di ruang bebas,  $f_0$  adalah frekuensi kerja dari antenna,  $\epsilon_r$  adalah konstanta dielektrik dari bahan substrat. Panjang *patch* ( $L$ ) dapat ditentukan menggunakan persamaan:

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{reff}+0.3)\left(\frac{h}{W}+0.264\right)}{(\epsilon_{reff}+0.3)\left(\frac{h}{W}+0.8\right)} \quad (2)$$

Pada persamaan (2)  $h$  adalah tinggi substrat, sedangkan  $\epsilon_{reff}$  merupakan konstanta dielektrik relative yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

Panjang *patch* dapat dirumuskan pada persamaan (4):

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

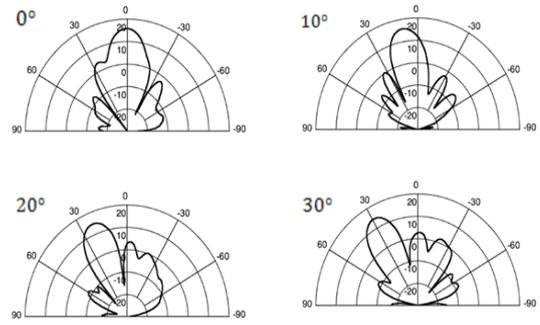
dengan  $L_{eff}$  adalah panjang *patch* efektif yang dapat ditentukan dengan

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (5)$$

Antena mikrostrip akan mengalami kendala saat menerima tegangan yang cukup besar jika garis mikrostrip langsung dihubungkan ke kabel koaksial. Hal ini diatasi dengan menggunakan penghubung elektromagnetik atau dengan penghubung celah dan sebuah bidang pencatu pandu gelombang<sup>[4]</sup> atau yang biasa dikenal dengan teknik *feeding*.

Parameter-parameter antenna yang menentukan karakteristik antenna selain dimensi adalah *gain*, *bandwidth*, polarisasi dan *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR). Perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima teradiasi secara isotropik membentuk *gain*. Daerah rentang frekuensi antenna agar dapat bekerja secara efektif dikenal dengan *bandwidth* antenna<sup>[3]</sup>. Di sisi lain, Polarisasi antenna merupakan polarisasi dari gelombang yang ditransmisikan oleh antenna. VSWR merupakan perbandingan antara amplitudo berdiri maksimum ( $V_{maks}$ ) dengan amplitudo gelombang berdiri minimum ( $V_{min}$ ). Pada transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirim ( $V_0^+$ ), dan tegangan yang di-refleksikan ( $V_0^-$ )<sup>[5]</sup>.

*Beam steering* antenna merupakan suatu teknik untuk membentuk sudut balok miring<sup>[6]</sup>. Tahap refleksi gradien dibutuhkan untuk mengarahkan sudut ke arah tertentu yang selanjutnya menentukan frekuensi dan menghitung tegangan yang sesuai untuk setiap garis bias<sup>[7]</sup>. Pola radiasi diukur untuk setiap set kontrol tegangan sesuai dengan beberapa sudut yang diinginkan. Sementara keuntungan menggunakan teknik *beam steering* antenna yakni mampu meningkatkan *gain* antenna yang berarti antenna semakin lebih baik lagi<sup>[8]</sup>. Rancangan teknik *Beam steering* antenna pada beberapa sudut dapat dilihat dan dijelaskan pada Gambar 3.



Gambar 3. Contoh Rancangan *Steering* untuk Beberapa Sudut<sup>[8]</sup>

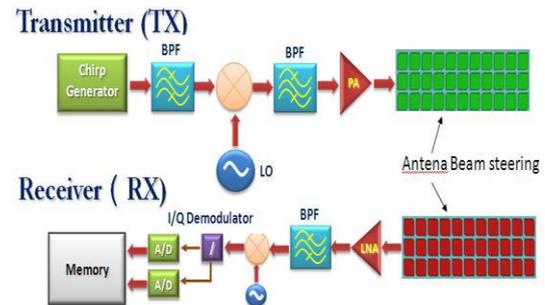
Teknik *beamsteering* antenna dapat dilakukan dengan mengubah frekuensi operasi atau dengan mengubah fase *shifter*. Hubungan fase *shifter* dan sudut *beam* dapat dilihat pada persamaan (6):

$$\Delta\phi = \frac{2\pi d \sin \theta}{\lambda} \quad (6)$$

dengan  $d$  = jarak antara elemen *patch* sementara  $\theta$  = sudut *beam* yang diharapkan.

Antena mikrostrip disusun dengan beberapa konfigurasi untuk mengantisipasi perolehan *gain* yang kurang baik jika menggunakan antenna elemen tunggal. Susunan antenna ini lebih dikenal sebagai antenna *array*. Pola antenna *array* terbentuk dari beberapa macam konfigurasi antenna *array* dengan elemen identik, adapun pola tersebut diantaranya: *linier*, *planar*, dan *circular*.

Sensor SAR menggunakan sistem pandangan samping. Lintasan pandangan samping ini digunakan untuk mensintesis antenna yang sangat panjang. Dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah, bahwa secara umum sensor SAR dibangun oleh blok pemancar, penerima, dan antenna.



Gambar 4. Blok Diagram Sensor SAR<sup>[9]</sup>

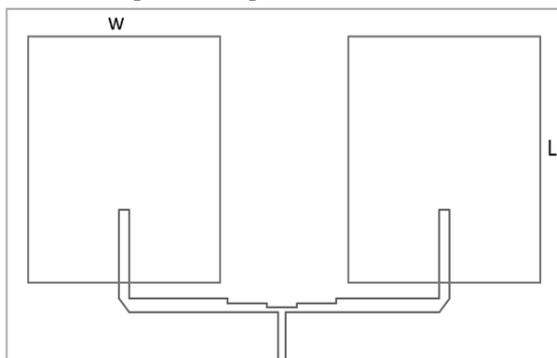
## METODE PENELITIAN

Perancangan dan penciptaan sebuah model terkomputerisasi dari sistem nyata atau yang diusulkan dengan tujuan untuk melakukan eksperimen numerik untuk memberi penjelasan yang lebih baik mengenai sifat dari sistem dengan beberapa variasi keadaan yang diberikan dikenal dengan metode penelitian simulasi<sup>[6]</sup>. Penelitian simulasi dapat diartikan sebagai suatu teknik meniru proses-proses yang terjadi dalam suatu sistem bantuan perangkat kom-

puter dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari secara ilmiah.

Penelitian metode simulasi biasanya memiliki hasil yang lebih ideal daripada aslinya. Penelitian ini biasanya dilakukan untuk menghemat biaya penelitian yang mungkin akan menghabiskan biaya yang cukup besar. Penelitian metode ini juga banyak digunakan oleh peneliti yang ingin menganalisa suatu kejadian sebelum melakukan penelitian secara langsung. Penelitian dapat membantu dalam memprediksi kendala-kendala yang akan terjadi pada penelitian yang akan dilakukan secara langsung. Penelitian simulasi tidak akan luput dari analisa numerik dan biasanya memanfaatkan perangkat komputer terutama pada penelitian ilmiah yang tidak berhubungan dengan manusia secara langsung.

Antena didesain agar mampu bekerja pada frekuensi 1,27 GHz. Frekuensi ini akan menjadi nilai parameter dalam menentukan parameter-parameter lainnya seperti dimensi *patch*, lebar *feeding*, dan dimensi *slot aperture*. Desain dimensi yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.



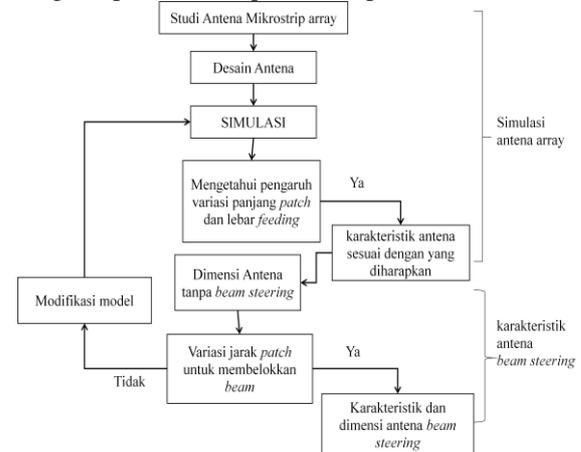
Gambar 5. Dimensi Antena Mikrostrip 2 Elemen

Bentuk *patch* yang digunakan pada penelitian ini adalah persegi 2 elemen *array*. Jenis substrat yang digunakan adalah Nippon pillar packing (NPC-H220A) dengan konstanta dielektrik 2,17 dan tebal substrat 3,2 mm sementara nilai  $\delta = 0,0005$ . Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini adalah IE3D dan *Microsoft Excel 2003*. Perangkat lunak IE3D merupakan perangkat yang nantinya akan menampilkan hasil simulasi dari input ataupun rancangan yang dilakukan.

Pada penelitian simulasi model antena *array beam steering* terdapat beberapa variabel diantaranya meliputi : Variabel bebas, penelitian simulasi ini akan mengubah nilai panjang dimensi *patch* dan lebar dimensi *feeding* antena. Variabel terikat, dengan mengubah-ubah variabel bebas maka dapat diperoleh karakteristik antena. Karakteristik antena yang dipengaruhi variabel bebas tersebut diantaranya: gain antena yang dipengaruhi oleh intensitas radiasi dan masukan total, maka intensitas radiasi dan masukan total dapat divariasikan.

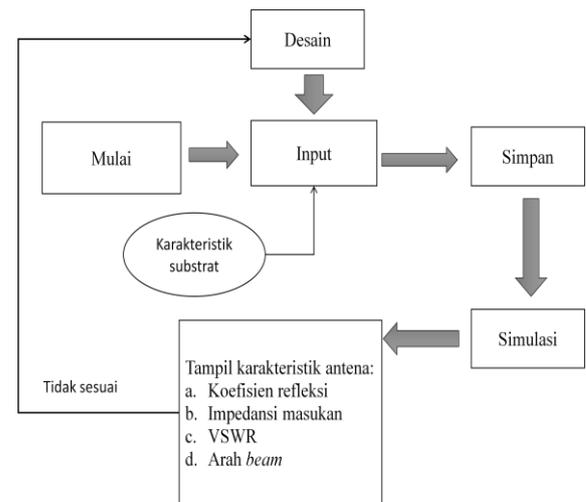
Studi tentang antena seperti bentuk antena, jenis antena dan parameter antena dibutuhkan pada langkah awal saat melakukan penelitian karena akan

mempengaruhi hasil penelitian ini. Pada penelitian ini difokuskan pada antena mikrostrip *array*, maka perlunya studi tentang *array* untuk antena mikrostrip. Diagram penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Penelitian

Karakteristik antena akan berubah saat *beam* dibelokkan sehingga dimensi antena dimodifikasi kembali agar memperoleh *beam steering* yang baik dengan karakteristik antena yang lebih efektif untuk sensor SAR pada UAV. Diagram simulasi untuk penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Simulasi Software IE3D

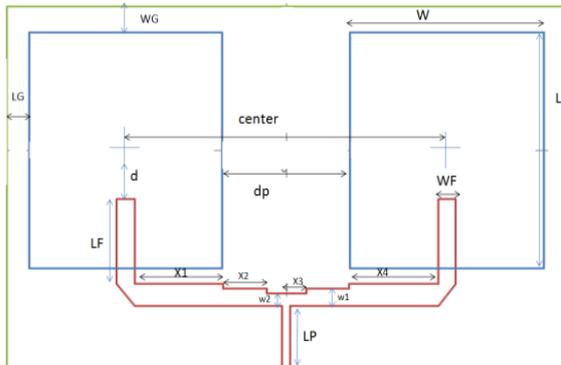
Gambar 7 menjelaskan bahwa nilai desain yang telah dirancang dimasukkan ke halaman IE3D dan disimpan. Desain antena dapat disimulasikan dengan menentukan *range* kerja gelombang saat simulasi dan jumlah titik yang akan disimulasikan. Semakin banyak titik yang dimasukkan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk simulasi. Hal ini juga bergantung terhadap panjang *range* kerja gelombang yang diinginkan.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

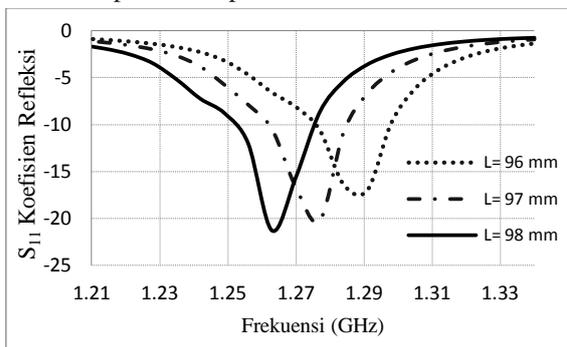
Penelitian simulasi ini menghasilkan desain dan spesifikasi antena mikrostrip *array* variasi arah *beam*. Hasil simulasi berupa data dan grafik yang

menunjukkan pengaruh panjang *patch* dan lebar *feeding* yang didesain terhadap karakteristik antenna. Desain dimensi antenna yang akan mempengaruhi karakteristik antenna dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Dimensi Antena Mikrostrip 2 Elemen

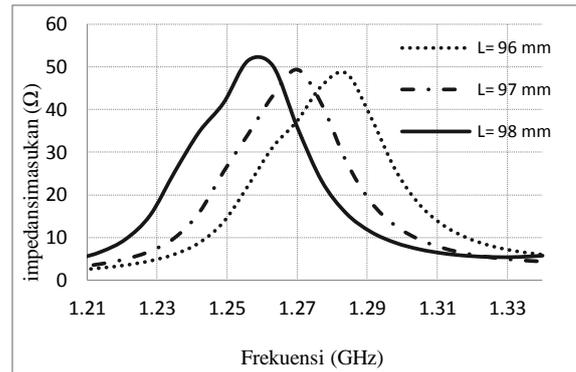
Hasil penelitian ini meliputi pengaruh dimensi antenna terhadap karakteristik antenna diantaranya, hubungan variasi panjang *patch* terhadap koefisien refleksi sehingga diperoleh karakteristik antenna yang baru. Nilai koefisien refleksi antenna dan frekuensi kerja merupakan salah satu hasil simulasi yang akan dipertimbangkan untuk menentukan dimensi antenna yang baik. Hubungan frekuensi terhadap koefisien refleksi dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hubungan Frekuensi dengan Koefisien Refleksi dengan Variasi Panjang *Patch*

Panjang *patch* 96 mm memiliki nilai koefisien refleksi -17,010 pada frekuensi 1,291 GHz. Antena dengan panjang *patch* 97 mm memiliki koefisien refleksi -20,22 pada frekuensi 1,277 GHz. Panjang dimensi *patch* divariasikan kembali dengan nilai panjang 98 mm memiliki koefisien refleksi -21,300 pada frekuensi 1,263 GHz. Data hasil penelitian ini menunjukkan bahwa frekuensi kerja suatu antenna berbanding terbalik dengan panjang *patch*.

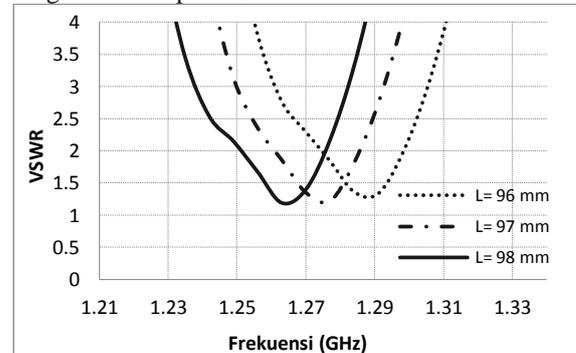
Simulasi yang dilakukan bukan hanya untuk memperoleh nilai frekuensi kerja saja. Antena ini didesain untuk dipasangkan pada suatu instrumen maka impedansi masukannya harus 50 Ω. Nilai impedansi masukan disesuaikan dengan karakteristik antenna umumnya agar dapat digunakan pada instrumen lainnya yang telah ditetapkan. Hasil impedansi masukan antenna dari variasi panjang *patch* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Pengaruh Frekuensi Terhadap Impedansi Masukan dengan Variasi Panjang *Patch*

Panjang *patch* tidak berpengaruh besar terhadap impedansi masukan karena nilai impedansi masukannya tidak jauh berbeda jika panjang *patch* divariasikan. Impedansi masukan yang baik terjadi pada panjang *patch* 97 mm yakni sebesar 49,31 Ω yang berada pada frekuensi 1,270 GHz. Impedansi masukan antenna pada panjang *patch* 98 mm adalah 51,44 Ω berada pada frekuensi kerja 1,256 GHz. Jika nilai panjang *patch* 96 mm maka impedansi masukan antenna bernilai 48,42 Ω yang berada pada frekuensi kerja 1,284 GHz.

Nilai VSWR juga harus dipertimbangkan untuk memperoleh antenna yang baik, bukan hanya frekuensi kerja dan impedansi masukan antenna saja. Nilai VSWR juga dapat diperoleh dari variasi panjang *patch*. Pengaruh panjang *patch* terhadap VSWR dapat dilihat pada grafik hubungan frekuensi dengan VSWR pada Gambar 11.

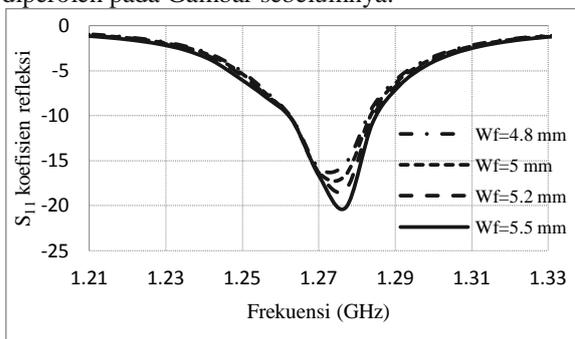


Gambar 11. Hubungan Frekuensi terhadap Nilai VSWR dengan Variasi Panjang *Patch*.

Nilai VSWR pada frekuensi 1,270 GHz adalah 1,344 dengan panjang *patch* sebesar 97 mm. Nilai VSWR minimum pada ukuran *patch* lainnya juga mendekati 1,344 atau  $\leq 2$  tetapi tidak berada pada frekuensi kerja 1,270 GHz seperti yang dibutuhkan. Simulasi ini juga membuktikan bahwa panjang *patch* antenna tidak berpengaruh besar terhadap VSWR tetapi tetap berpengaruh terhadap frekuensi kerja. Hal ini terlihat pada panjang *patch* 96 mm dengan VSWR bernilai 1,329 pada frekuensi 1,291 GHz. Pada panjang *patch* diubah menjadi 98 mm diperoleh VSWR sebesar 1,188 pada nilai frekuensi 1,263 GHz.

Hasil simulasi yang telah diungkapkan pada Gambar 9 hingga gambar 11 tersebut menunjukkan hubungan frekuensi dengan koefisien refleksi, impedansi masukan dan VSWR. Hal ini menjelaskan bahwa antenna yang baik dan sesuai dengan parameter yang diinginkan memiliki panjang  $L=97$  mm sedangkan untuk lebarnya digunakan  $W=98$  mm.

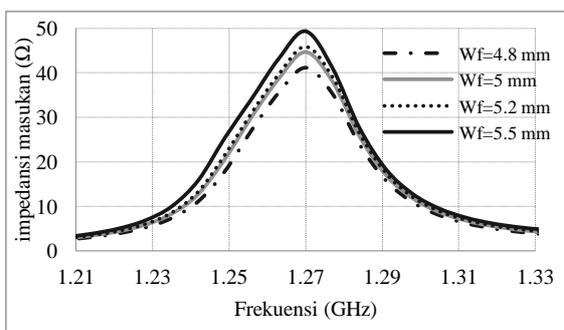
Antena pada penelitian ini menggunakan 2 elemen *patch* dengan ukuran yang sama. Untuk menghubungkan kedua elemen tersebut dibutuhkan *feeding* yang cocok agar impedansi masukannya sesuai. Nilai impedansi masukan yang sesuai dapat disimulasikan dengan memvariasikan lebar *feeding* seperti yang terlihat pada Gambar 12 dengan menggunakan nilai panjang dan lebar *patch* yang telah diperoleh pada Gambar sebelumnya.



Gambar 12. Perbandingan Nilai Koefisien Refleksi Terhadap Frekuensi dengan Variasi Lebar Feeding

Koefisien refleksi antenna juga dipengaruhi oleh besar kecilnya ukuran *feeding* antenna yang digunakan. Pada lebar *feeding* 4,8 mm, koefisien refleksinya 15,800 berada pada frekuensi 1,270 GHz. Nilai koefisien refleksi yang baik saat penelitian ini adalah 16,68 dB pada frekuensi 1,270 dengan lebar *feeding* 5 mm sementara pada frekuensi 1,277 lebih baik yakni sebesar 20,22 dB dengan lebar *feeding* 5,5 mm. Data ini dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan dimensi antenna lain dalam memperoleh karakteristik antenna yang dibutuhkan.

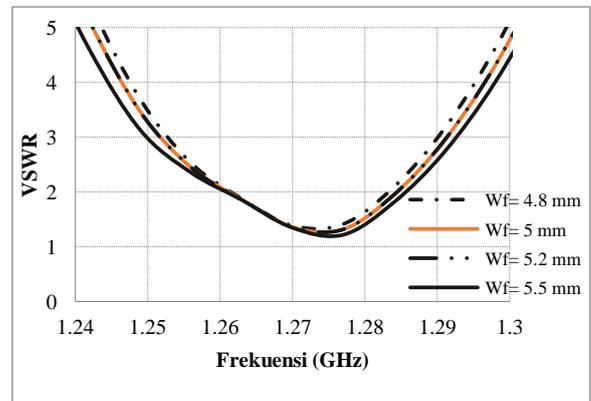
*Feeding* akan mempengaruhi karakteristik antenna sama halnya dengan *patch*, sehingga pengaruh variasi lebar *feeding* terhadap impedansi masukan dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Hubungan Frekuensi terhadap Impedansi Masukan dengan Variasi Feeding

Pengaruh lebar *feeding* terhadap impedansi masukan dapat dilihat pada lebar *feeding* 5,5 mm yang memiliki impedansi masukan sebesar 49,31Ω. Sedangkan pada lebar *feeding* sebesar 4,8 mm jauh lebih kecil yakni hanya sebesar 41,14 Ω. Perubahan impedansi masukan pada lebar *feeding* lebih besar dari 5 mm lebih sedikit dari lebar *feeding* kurang dari 5 mm. Frekuensi antenna tetap berada pada frekuensi 1,270 GHz karena tidak dipengaruhi lebar *feeding* tersebut. Variasi *feeding* terhadap frekuensi memperoleh hubungan sebanding yakni semakin besar lebar *feeding* maka nilai impedansi masukan akan semakin tinggi.

Lebar *feeding* yang telah divariasikan juga mempengaruhi nilai VSWR. Nilai VSWR dapat dibandingkan dengan frekuensi, sama halnya dengan karakteristik lainnya. Perbandingan VSWR dengan frekuensi dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Perbandingan Frekuensi terhadap VSWR dengan Variasi Feeding

Pada Gambar 14 dapat membuktikan bahwa lebar *feeding* juga mempengaruhi nilai VSWR tapi hanya berpengaruh kecil. Karena jika lebar *feeding* sebesar 4,8 mm, nilai VSWR sebesar 1,387 sedangkan jika lebar *feeding* 5 mm, 5,1 mm dan 5,2 mm nilai VSWR sama yakni 1,356. Jika lebar *feeding* diperbesar menjadi 5,5 mm maka nilai VSWR menjadi 1,344 sehingga ini dianggap lebih baik.

Simulasi yang telah dilakukan dengan memvariasikan panjang *patch* dan lebar *feeding* diperoleh kesimpulan ukuran dimensi antenna yang baik. Hasil yang diperoleh mendekati karakteristik antenna yang diharapkan untuk sensor SAR pada UAV. Adapun dimensi antenna yang baik dari simulasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

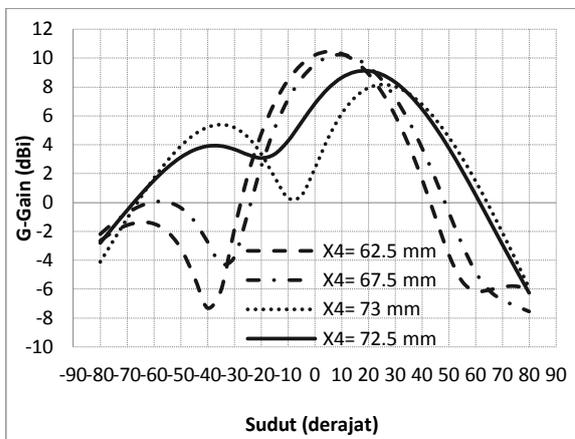
Dimensi *patch* dan *feeding* yang diperoleh tersebut akan digunakan sebagai acuan dalam variasi arah *beam*. Data yang diperoleh dari penelitian ini juga dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam mengetahui pengaruh dimensi antenna terhadap karakteristiknya. Seiring dengan diperolehnya dimensi antenna maka simulasi tahap pertama selesai. Variasi terhadap jarak dari *patch* pertama dan *patch* kedua ke celah *feeding* menggunakan dimensi antenna yang diperoleh pada tahap sebelumnya.

Tabel 1. Ukuran Dimensi Antena Array

Parameter	Ukuran (mm)	Parameter	Ukuran (mm)
L	97	X4	63
W	98	L <sub>R</sub>	19
d <sub>p</sub>	65	W <sub>R</sub>	4
L <sub>F</sub>	35	W <sub>X1</sub>	5.5
W <sub>F</sub>	5.5	W <sub>X2</sub>	2.5
d	15	W <sub>X3</sub>	1.5
X1	50	L <sub>GRD</sub>	11
X2	15	W <sub>GRD</sub>	11
X3	15		

Dimensi antenna sebelumnya mengalami beberapa kali perubahan nilai dimensi. Mengubah jarak *patch* ke celah *feeding* sama halnya mengubah *feeding*. Impedansi masukan sering mengalami perubahan saat variasi ini maka beberapa ukuran *feeding* juga harus divariasikan kembali.

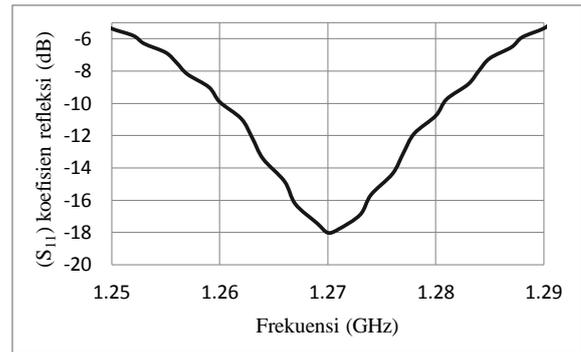
*Feeding* salah satu *patch* didesain lebih panjang untuk membelokkan arah *beam* tersebut. Simulasi dilakukan dengan memvariasikan beberapa nilai variasi jarak yang dilakukan untuk mengarahkan *beam* sehingga dapat menghasilkan simulasi yang baik. Perbandingan sudut polarisasi sebelum dibelokkan dengan yang sudah dibelokkan yang dapat dilihat pada Gambar 15 dengan membandingkan sudut dan nilai *gain* antenna.



Gambar 15. Perbandingan Sudut terhadap Gain Antena dengan Variasi Jarak Feeding ke Patch Antena

Jika nilai X4 = 62,5 mm maka *beam* masih mendekati 0° dengan *gain* 10,466 dBi. Jika nilai X4 di perbesar menjadi 73 mm, diperoleh sudutnya 25° sedangkan *gain* kecil yakni 8,178 dBi. Jika nilai X4 diperkecil lagi menjadi 72,5 mm maka nilai *gain* sebesar 9,099 dBi dengan sudut *beam* 20°. Nilai ini dianggap baik karena mempertimbangkan nilai *gain* dan arah *beam*.

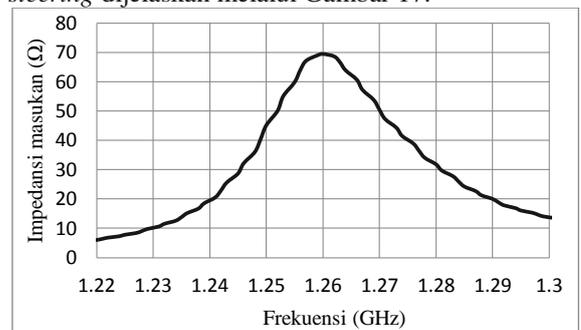
Arah *beam* yang diperoleh mendekati karakteristik antenna sebelum arah *beam* dibelokkan maka karakteristik *beam steering* antenna mikrostrip array memperoleh nilai koefisien refleksi *beam steering* antenna yang dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Hubungan Frekuensi terhadap Koefisien Refleksi dengan Variasi Antena Beam Steering

Gambar 16 menunjukkan antenna bekerja pada frekuensi 1,26 GHz sampai 1,28 GHz dengan frekuensi pusat 1,270 GHz. Koefisien refleksi pada antenna ini diperoleh sebesar -18,01 dB. Saat arah *beam* sudah digeser, beberapa parameter dimensi antenna diubah agar antenna tetap berada pada frekuensi kerja 1,270 GHz. Hubungan frekuensi dan koefisien refleksi juga dapat menjelaskan nilai *bandwidth* yang merupakan daerah rentang frekuensi antenna agar dapat bekerja secara efektif. Nilai *bandwidth* dapat diperoleh dari selisih frekuensi tertinggi dengan frekuensi terendah saat koefisien refleksi ≤ -10 dB dibagi dengan frekuensi pusatnya. Hasil ini selanjutnya dikali 100% sehingga *bandwidth* pada antenna ini bernilai 1,57 GHz.

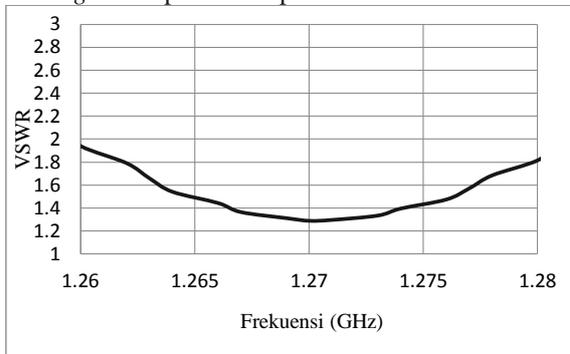
Impedansi masukan antenna juga akan berubah setelah *beam* dibelokkan sehingga diperoleh hubungan frekuensi dengan impedansi masukan antenna *beam steering* dijelaskan melalui Gambar 17.



Gambar 17. Hubungan Frekuensi dengan Impedansi Masukan Antena Beam Steering 20°

Nilai impedansi masukan antenna setelah arah *beam* dibelokkan menjadi 20° adalah 50,43 Ω pada frekuensi 1,270 GHz. Hal ini berbeda dengan desain tanpa *beam steering* yang memiliki nilai impedansi masukan lebih kecil yakni 49,31 Ω. Impedansi masukan antenna pada frekuensi 1,26 GHz ini, yakni mencapai 69,45 Ω hal ini jauh dari yang diinginkan. Impedansi masukan yang dihasilkan dari penelitian ini mendekati nilai impedansi yang baik yakni 50 Ω pada frekuensi 1,270 GHz. Hasil penelitian ini dapat membuktikan bahwa penelitian ini dapat dilanjutkan tanpa memvariasikan nilai dimensi kembali.

Karakteristik antenna bukan hanya koefisien refleksi dan impedansi masukan saja, tetapi juga menghasilkan nilai VSWR. Antena yang baik memiliki  $VSWR \leq 2$ , hasil simulasi dari antenna *beam steering*  $20^\circ$  dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Hubungan Frekuensi dengan Nilai VSWR Antena *Beam Steering*

Gambar 18 menunjukkan bahwa nilai VSWR pada frekuensi 1,26 GHz sampai frekuensi 1,28 GHz bernilai  $\leq 2$ . Simulasi antenna pada *beam*  $20^\circ$  yang telah dilakukan ini menghasilkan nilai VSWR yang cukup efektif. Nilai VSWR pada frekuensi 1,270 GHz adalah 1,288. Nilai VSWR yang diperoleh ini sesuai dengan syarat karakteristik antenna yang diharapkan. Penelitian ini dapat dilanjutkan tanpa mengubah parameter lain yang juga akan mengubah nilai VSWR seperti yang sudah dijabarkan pada penjelasan sebelumnya.

### Pembahasan

Simulasi yang telah dilakukan memperoleh hubungan frekuensi dengan koefisien refleksi untuk variasi *patch* yang telah ditunjukkan pada Gambar 9. Hubungan ini menjelaskan bahwa semakin besar panjang *patch* semakin kecil frekuensi kerja antenna begitu sebaliknya<sup>[9]</sup>. Simulasi ini memperoleh perbedaan hasil jika digunakan dimensi secara perhitungan rumus. Variasi nilai panjang *patch* perlu dilakukan beberapa kali variasi dengan rentang nilai 90-100 mm. Simulasi ini memperoleh panjang *patch* 97 mm dengan menetapkan lebar *patch* 98 mm maka diperoleh frekuensi kerja sebesar 1,270 GHz. Frekuensi kerja yang diperoleh pada penelitian ini sesuai dengan frekuensi yang diharapkan agar dapat digunakan pada UAV.

Simulasi ini menghasilkan impedansi masukan, bukan hanya frekuensi kerja. Pada simulasi variasi panjang *patch*, nilai impedansi masukan tidak berpengaruh besar. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 10 yang menunjukkan bahwa impedansi masukan mendekati 50  $\Omega$ . Lebar *patch* sangat menentukan frekuensi kerja yang dapat dilihat pada hasil penelitian simulasi sebelumnya, bukan impedansi masukan. Impedansi masukan yang diperoleh dari simulasi yang dilakukan saat panjang *patch* 97 mm adalah 49,44  $\Omega$ . Impedansi masukan yang diperoleh pada penelitian ini dapat digunakan karena nilainya sudah

mendekati 50  $\Omega$ . Antena yang baik memiliki impedansi masukan 50  $\Omega$ , karena keterbatasan yang peneliti miliki dan penelitian ini masih tahap simulasi maka impedansi masukan 49,44  $\Omega$  tetapi nilai ini masih bisa digunakan karena masih bisa dianggap baik. Nilai 49,44  $\Omega$  sudah dianggap baik, sehingga tidak diperlukan simulasi ulang. Penelitian selanjutnya dapat menginovasi agar nilai impedansi masukannya mencapai 50  $\Omega$  dengan mengubah dimensi *feeding* dan melakukan simulasi kembali. Hal ini berkaitan dengan hasil penelitian variasi *feeding*.

Kinerja antenna bukan hanya ditentukan oleh frekuensi kerja dan impedansi masukan saja, tetapi nilai VSWR juga menentukan. Hubungan frekuensi terhadap nilai VSWR dapat dilihat pada Gambar 11 yang menunjukkan nilai VSWR dari antenna yang telah disimulasikan sebesar 1,344 pada panjang *patch* 97 mm hal ini sesuai dengan ketetapan bahwa nilai  $VSWR \leq 2$ . Nilai  $VSWR \leq 2$  ditetapkan karena selalu terjadi refleksi ketika saluran keadaan *matching* maka tidak mungkin bernilai 1 maka jika VSWR bernilai  $\leq 2$  sudah dianggap baik. Hasil penelitian yang sudah bernilai  $\leq 2$  dapat digunakan.

Dimensi antenna yang memiliki karakteristik antenna mikrostrip antenna *array beam steering* yang diinginkan dapat diperoleh dari hubungan variasi lebar *feeding* terhadap karakteristik antenna. Pada Gambar 12 yang menunjukkan hubungan frekuensi dengan koefisien refleksi, terlihat bahwa frekuensi kerja antenna tidak berubah saat lebar *feeding* diubah. Nilai frekuensi antenna tetap berada pada 1,270 GHz yang telah diperoleh sebelumnya. Simulasi ini membuktikan bahwa *feeding* tidak mempengaruhi frekuensi kerja. Hasil penelitian ini juga telah membuktikan bahwa dimensi *feeding* menentukan nilai impedansi masukan<sup>[10]</sup>.

Nilai *patch* yang sudah diperoleh, digunakan dalam mendapatkan *feeding* yang baik untuk antenna sebesar 50 $\Omega$ . Dari simulasi yang dilakukan dan dapat dilihat pada Gambar 13 menunjukkan bahwa semakin besar lebar *feeding* maka semakin tinggi nilai impedansi masukan antenna<sup>[9]</sup>. Lebar *feeding* dapat divariasikan untuk memperoleh Impedansi masukan antenna bernilai 50  $\Omega$ . Sementara itu, simulasi yang telah dilakukan memperoleh impedansi masukan sebesar 49,31  $\Omega$  dengan lebar *feeding* 5.5 mm. Perbedaan nilai impedansi masukan ini masih bisa diterima karena persentasenya hanya 0,85% dari nilai yang diharapkan.

Lebar *feeding* yang divariasikan tidak hanya mempengaruhi nilai frekuensi kerja dan impedansi masukan, tetapi juga mempengaruhi nilai VSWR. Gambar 14 menjelaskan hubungan frekuensi dengan VSWR dari hasil simulasi yang dilakukan tersebut. Hasil simulasi menunjukkan bahwa VSWR tidak dipengaruhi besar atau kecilnya lebar *feeding*. Maka nilai VSWR antenna ini adalah 1.288 pada frekuensi 1,270 GHz. Nilai VSWR sesuai dengan syarat yang berlaku yakni  $VSWR \leq 2$ <sup>[5]</sup>.

Dimensi antenna yang telah diperoleh tersebut selanjutnya dapat dilakukan pembelokan arah *beam* dengan membedakan jarak *feeding* terhadap *patch* pertama dengan *patch* kedua. Hasil dari cara ini adalah perbandingan sudut terhadap *gain* antenna dengan variasi jarak *feeding* ke *patch* antenna yang ditunjukkan pada Gambar 15. Dari hubungan ini diperoleh arah *beam* menjadi  $20^\circ$  pada saat  $X_4=72,5$  mm. Pada Gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa semakin jauh jarak *feeding* ke *patch* yang satu maka semakin jauh sudut yang terbentuk. Jika dilihat pada  $X_4=73$  mm antenna memiliki sudut  $25^\circ$  dengan nilai *gain* 8,178 dBi. Hal ini menunjukkan bahwa antenna kurang baik jika karena jauh dari nilai *gain* yang diinginkan yakni 14,32 dBi<sup>[9]</sup>. Sementara pada sudut  $20^\circ$  dengan  $X_4=72,5$  mm memiliki nilai *gain* 9,099 dBi yang juga belum sesuai dengan yang diharapkan tetapi lebih baik dari sudut  $25^\circ$ . Perbedaan ini terjadi karena lebar *feeding* tidak disesuaikan lagi.

Dari simulasi yang telah dilakukan dengan memvariasikan parameter-parameter terkait seperti yang telah dijelaskan sebelumnya maka diperoleh dimensi akhir antenna mikrostrip *array beam steering*  $20^\circ$  yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Dimensi Antena Array Beam Steering  $20^\circ$

Parameter	Ukuran (mm)	Parameter	Ukuran (mm)
L	97	$X_4$	72.5
W	98	$L_R$	19
$d_p$	65	$W_R$	5
$L_F$	25	$W_{X1}$	5.5
$W_F$	5.5	$W_{X2}$	2.5
d	25	$W_{X3}$	1.5
$X_1$	25	$L_{GRD}$	11
$X_2$	20	$W_{GRD}$	11
$X_3$	20		

Data dari Tabel 2 ini digunakan untuk menghasilkan antenna yang dapat dipasang pada bagian badan pesawat tanpa awak. Karakteristik antenna yang didesain telah sesuai dengan karakteristik antenna yang diharapkan untuk sensor SAR dan *beam* antenna ini sudah dibelokkan menjadi  $20^\circ$ . Dari simulasi yang dilakukan, antenna dapat dipasang pada bagian badan pesawat sesuai dengan tujuan dari penelitian ini.

## KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan telah dapat menjawab pertanyaan dari masalah-masalah yang telah diungkapkan sebelumnya. Simulasi yang dilakukan memperoleh hasil simulasi desain antenna *array beam steering* untuk aplikasi sensor SAR pada pesawat tanpa awak adalah adanya pengaruh panjang *patch* terhadap frekuensi kerja antenna. Frekuensi kerja antenna akan semakin tinggi jika panjang *patch* diperkecil begitu sebaliknya. Lebar *feeding* juga mempengaruhi nilai impedansi masukan antenna. Impedansi masukan akan semakin besar jika lebar *feeding* di-

perbesar. Hasil simulasi ini dapat dijadikan acuan dalam menentukan model karakteristik antenna yang diinginkan untuk sensor SAR pada pesawat tanpa awak. Model karakteristik antenna *array beam steering* untuk sensor SAR pada pesawat tanpa awak menggunakan perangkat lunak IE3D menghasilkan arah *beam*  $20^\circ$  yang bekerja pada frekuensi 1,27 GHz dengan nilai impedansi masukan 50,43  $\Omega$  dan nilai VSWR sebesar 1,288. Karakteristik antenna diperoleh dari dimensi antenna yang dapat dilihat pada Tabel 2.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Thennarasan Sabapathy dkk, 2013.. "Electronically reconfigurable Beam Steering Antenna Using Embedded RF Pin Based Parabolic Array (ERPPA)". *Progress In Electromagnetics Research*, Vol.140, 241-261.
- [2] Waluyo dan Dyan Nastiti Novikasari, (2013). "Desain Dan Simulasi Antena Microstrip Semicircular Half U-Slot Untuk Aplikasi Modem Gsm 1800 MHZ", jurnal ELTEK, Vol 11 No. 02, oktober 2013 ISSN 1693-4024.
- [3] Balanis, Constantine A, 2005. "Antenna Theory Analysis and Design", 3th ed, John Wiley & Sons Inc., Kanada.
- [4] James J.R. dan Hall P.S., "Handbook of Microstrip Antenna", Vol.1, Short Run Press Ltd., England.1989.
- [5] Hanafiah, Ali, 2008. "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Segiempat Planar Array 4 Elemen dengan Pencatutan Aperture-Coupled untuk Aplikasi CPE pada Wimax", Laporan Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Indonesia, Depok: Universitas Indonesia.
- [6] Kelton, W.D., R.P. Sadowski dan D.T. Sturrock. (2007), "Simulation with Arena, 4th ed.". McGraw-Hill.
- [7] Sievenpiper, Daniel., (2003). "Two-Dimensional Beam Steering Using An Electrically Tunable Impedance Surface", IEEE Transaction On Antennas And Propagation, Vol. 51, No.10.
- [8] Minh Thuy Le, Quoc Cuong Nguyen, dan Tan phu Vuong. "Design of High-Gain and Beam Steering Antennas Using Planar Folded-Line Metamaterial Structure". International Journal of Antennas and Propagation. Volume 2014, article ID 302580.
- [9] Yohandri, V. Wissan, I. Firmansyah, P. Rizki Akbar, J.T. Sri Sumantyo, and H. Kuze, (2011). "Development of Circularly Polarized Array Antenna for Synthetic Aperture Radar Sensor Installed on UAV, Progress in Electromagnetics Research C, Vol. 19, pp. 119-133.
- [10] Yohandri, (2012). "Development of Circular Polarized Microstrip Antennas for CP-SAR System Installed on Unmanned Aerial Vehicle". Chiba. Universitas Chiba.