

**ANALISIS DAN SIMULASI PARAMETER RADAR TERHADAP PERFORMANSI
SYNTHETIC APERTURE RADAR PADA TAHAP AWAL PENCITRAAN SENSOR
RADAR**

**PROPOSAL SKRIPSI
KONSENTRASI TELEKOMUNIKASI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

ZAINAL ABIDIN

NIM. 105060301111015-63

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013**

LEMBAR PERSETUJUAN
ANALISIS DAN SIMULASI PARAMETER RADAR TERHADAP PERFORMANSI
***SYNTHETIC APERTURE RADAR (SAR)* PADA TAHAP AWAL PENCITRAAN**
SENSOR RADAR

SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :
ZAINAL ABIDIN
NIM. 105060301111015-63

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II

Dwi Fadila K., S.T., M.T.
NIP. 19720630 200003 1 002

M. Fauzan Edy Purnomo , S.T., M.T.
NIP. 19710609 200003 1 005

ANALISIS DAN SIMULASI PARAMETER RADAR TERHADAP PERFORMANSI SYNTHETIC APERTURE RADAR PADA TAHAP AWAL PENCITRAAN SENSOR RADAR

Zainal Abidin¹, Dwi Fadila K., S.T., M.T.², M. Fauzan Edy Purnomo, S.T., M.T.²
¹ Mahasiswa Teknik Elektro Univ. Brawijaya, ² Dosen Teknik Elektro Univ. Brawijaya
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
Email: nal9492@gmail.com

Abstract - Synthetic aperture radar airborne radar mapping is a technique to generate high-resolution maps of the target area. There are three stages to produce the image when radar sensor is used. The first stage is design parameter SAR. This study is made to analyze and simulate the design parameters of the Synthetic Aperture Radar performance in imaging at using radar sensor. The analysis showed that parameter Ground Swath Width and SNR per Pulse affected by Platform Altitude. Ground Swath Width 313 kilometers and SNR per Pulse -132 dB were generated at 620 km Altitude. Whereas 404 km and -137 dB were generated at 800 km. Other parameters were Slant Range Resolution and Ground Resolution that affected by Bandwidth. 7 meters Slant Range Resolution and 27 meters Ground Resolution were generated at 14 MHz Bandwidth. Whereas 0,99 meters and 2 meters were generated at 150 MHz Bandwidth. Azimuth Resolution affected by the Carrier Frequency value. It was generated 3 meters Azimuth Resolution at 1,27 GHz Carrier Frequency and 0,44 meters at 9,6 GHz.

Index Terms – Synthetic Aperture Radar, radar parameters, radar resolution, radar imaging, SCILAB.

Abstrak - Synthetic aperture radar adalah teknik pemetaan radar udara untuk menghasilkan peta resolusi tinggi dari daerah sasaran. Dalam melakukan pencitraan menggunakan synthetic aperture radar, terdapat tiga tahap untuk menghasilkan citra tersebut. Tahap pertamanya adalah parameter desain SAR. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mensimulasikan parameter radar terhadap performansi Synthetic Aperture Radar. Hasil analisis menunjukkan Ground Swath Width dan SNR per Pulse dipengaruhi Platform Altitude. Ground Swath Width sebesar 313 kilometer dengan SNR per Pulse sebesar -132 dB dihasilkan pada Altitude 620 km dan 404 km dengan SNR per Pulse -137 dB pada 800 km. Sedangkan parameter Slant Range Resolution dan Ground Resolution dipengaruhi oleh nilai Bandwidth. Slant Range Resolution 7 meter dengan Ground Resolution 27 meter dihasilkan pada Bandwidth 14 MHz dan Slant Range Resolution 0,99 meter dengan Ground Resolution 2 meter dihasilkan pada Bandwidth 150 MHz. Azimuth Resolution dipengaruhi oleh nilai Carrier Frequency. Azimuth Resolution sebesar 3 meter dihasilkan pada Carrier Frequency 1,27 GHz dan 0,44 meter dihasilkan pada Carrier Frequency 9,6 GHz.

Kata kunci – Synthetic Aperture Radar, parameter radar, resolusi radar, pencitraan radar, SCILAB.

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, manusia membutuhkan perkembangan teknologi yang berimbang dengan berkembangnya kebutuhan manusia. Beberapa kebutuhan manusia antara lain adalah mengetahui keadaan bumi tanpa harus melakukan observasi mengelilingi bumi, mengetahui curah hujan, mengetahui titik api dan sejenisnya. Sehingga teknologi yang dibutuhkan tidak jauh dari teknologi telekomunikasi.

Dari kebutuhan-kebutuhan yang telah disebutkan, nampak bahwa pencitraan bumi sangat diperlukan. Terdapat dua cara dalam pencitraan bumi. Salah satunya adalah pencitraan menggunakan radar. Umumnya, pencitraan dilakukan menggunakan sensor optik. Namun, sensor optik memiliki beberapa kekurangan yang dapat ditutupi jika menggunakan sensor radar.

Banyak negara sudah menggunakan sensor SAR sebagai sensor pencitraan. Indonesia mulai merintis untuk mengembangkan sensor SAR meskipun belum sepenuhnya dapat dipenuhi. Sedangkan negara-negara lain sudah melakukan pengembangan sejak bertahun-tahun lalu.

SCILAB adalah sebuah bahasa dengan (*High Performance*) kinerja tinggi untuk komputasi masalah teknik. Didalam nya terdapat GUI SCILAB yang dapat digunakan dalam simulasi desain parameter SAR yang akan dibuat dalam penelitian ini.

Oleh karena itu, penelitian ini akan menganalisis SAR yang telah ada dan mensimulasikan desain parameter radar terhadap performansi Synthetic Aperture Radar yang merupakan tahap pertama untuk mendapatkan citra sensor radar. Parameter-parameter tersebut antara lain Ground Swath Width, SNR per Pulse, Slant Range Resolution, Ground Resolution, dan Azimuth Resolution.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1. Radar

Radar adalah singkatan dari *radio detection and ranging* yang dalam Bahasa Indonesianya berarti deteksi dan penjangkauan melalui gelombang radio. Radar menggunakan sistem gelombang elektromagnetik berupa gelombang radio dan gelombang mikro yang digunakan untuk mendeteksi, mengukur jarak dan membuat peta benda-benda seperti posisi pesawat terbang, kendaraan bermotor dan informasi cuaca/hujan.^[1]

Ketika menggunakan radar, tentunya memiliki tujuan yang ingin dicapai dari tiga hal di bawah ini:

1. Mendeteksi kehadiran sebuah objek dari jarak jauh. Umumnya objek tersebut bergerak, seperti pesawat terbang. Tapi radar juga bisa digunakan mendeteksi objek-objek yang terkubur di dalam tanah. Dalam beberapa kasus, radar bisa mengenali tipe pesawat yang dideteksinya.
2. Mendeteksi kecepatan sebuah objek
3. Memetakan sesuatu, misalnya orbit satelit dan pesawat ruang angkasa.

Resolusi radar diartikan dengan kemampuan radar untuk memvisualisasikan suatu objek dengan benar yaitu bisa membedakan objek yang letaknya berdekatan. Resolusi radar yang digambarkan pada bentuk sel-sel resolusi pada sistem radar ini tergantung pada dua parameter yaitu panjang pulsa dan lebar sorot antenna. Panjang pulsa atau disebut juga durasi pulsa radar ditentukan oleh lamanya antenna melepas atau memancarkan gelombang elektromagnetik. Resolusi radar terbagi atas 2 bagian menurut arahnya, yaitu :

- Resolusi Searah Lintasan (*Azimuth Resolution*)
- Resolusi Melintang Lintasan (*Range Resolution*)

Untuk pencitraan bumi sendiri, dibagi menjadi dua, yaitu pencitraan menggunakan sensor optik dan pencitraan dengan menggunakan sensor radar. Namun, pencitraan optik lebih sering digunakan dibandingkan dengan sensor radar. Sedangkan ketika pencitraan menggunakan sensor radar terdapat beberapa kelebihan yang tidak dimiliki oleh sensor optik. Kelebihan tersebut diantaranya adalah :

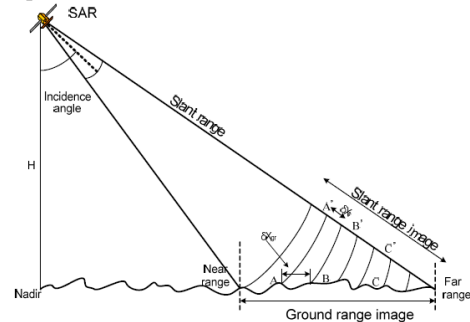
- Sensor radar dapat beroperasi baik siang maupun malam. Karena sensor SAR bersifat aktif (memiliki sumber gelombang sendiri) maka sensor dapat dioperasikan baik siang maupun malam^[2].
- Sensor radar dapat menembus awan. Spektrum gelombang yang digunakan oleh sensor SAR secara umum dapat menembus awan, sehingga observasi suatu daerah tidak terganggu oleh adanya awan di atmosfer daerah tersebut
- Saat beroperasi, sensor radar melihat ke sisi kanan sementara sensor optik biasanya terpasang melihat tegak lurus ke bawah.

Synthetic Aperture Radar (SAR) adalah salah satu kelas spesifik dari radar. Dinamakan sintetik karena tidak menggunakan antenna panjang secara spesifik. Konsepnya adalah memanfaatkan frekuensi dari sinyal radar sepanjang jalur spektrum untuk membedakan dua penyebaran pada pancaran antenna. Hal ini menyebabkan tercipta kesan seolah-olah digunakan antenna panjang dengan mengkombinasikan informasi dari berbagai gelombang yang diterima.

Parameter-parameter *synthetic aperture radar* didapat dari beberapa persamaan. Berikut adalah beberapa parameter *synthetic aperture radar* beserta variabel / masukan (*input*) yang dibutuhkan diantaranya adalah *Slant Range Center*, *Maximum Slant Range*, *Minimum Slant Range*, *Ground Swath Width*, *Wavelength*, *Synthetic Aperture Length*, *Image Size*, *Antenna Length*, *Antenna Width*, *Average RF Power*, *Signal Power*, *Noise Power*, *Signal To Noise Ratio*, *Bandwidth Doppler*, *Start Sampling*, *Stop Sampling*, *Slant Range Resolution*, *Ground Resolution*, dan *Azimuth Resolution*.

a. *Slant Range Center*

Slant Range Center adalah besar jarak terdekat dari radar menuju target objek. *Slant Range Center* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Gambar *Slant Range*^[3]

$$R_C = \frac{h}{\cos \theta_{LA}} \quad (1)$$

Keterangan :

- R_C : *Slant Range Center* (m)
- h : Ketinggian radar (m)
- θ_{LA} : *Look Angle* ($^\circ$)

b. *Maximum Slant Range*

Maximum Slant Range adalah besar jarak maksimum yang dapat disapu oleh sebuah pulsa yang sejajar dengan letak objek sapuan. Pada Gambar 1. dilambangkan dengan istilah *Far Range*.

$$R_{max} = \frac{h}{\cos(\theta_{LA} + \frac{\theta_{ra}}{2})} \quad (2)$$

Keterangan:

- R_{max} : *Maximum Slant Range* (m)
- θ_{ra} : *Elevation Beamwidth* ($^\circ$)

c. *Minimum Slant Range*

Minimum Slant Range adalah besar jarak minimum yang dapat disapu oleh sebuah pulsa yang sejajar dengan letak objek sapuan. Pada Gambar 1 dilambangkan dengan istilah *Near Range*.

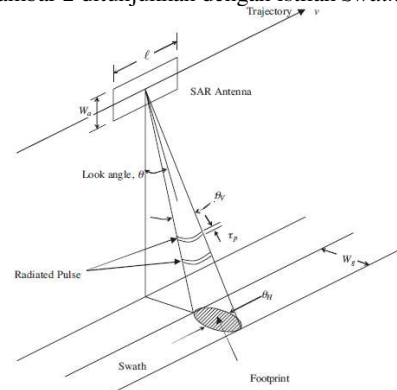
$$R_{min} = \frac{h}{\cos(\theta_{LA} - \frac{\theta_{ra}}{2})} \quad (3)$$

Keterangan:

- R_{min} : *Minimum Slant Range* (m)

d. *Ground Swath Width*

Ground Swath Width adalah besar lebar sapuan yang dapat dilakukan oleh radar di permukaan bumi. Pada Gambar 2 ditunjukkan dengan istilah *Swath*.



Gambar 2. Pencitraan Geometri Radar^[4]

$$x_{max} = R_{max} \sin \left(\theta_{LA} + \frac{\vartheta_{ra}}{2} \right) \quad (4)$$

$$x_{min} = R_{min} \sin \left(\theta_{LA} - \frac{\vartheta_{ra}}{2} \right) \quad (5)$$

$$W_g = x_{max} - x_{min} \quad (6)$$

Keterangan:

W_g : Ground Swath Width (m)

x_{max} : Maximum Range (m)

x_{min} : Minimum Range (m)

e. Wavelength

Untuk panjang gelombang dalam radar sendiri, diketahui bahwa daya sinyal berbanding lurus dengan panjang gelombang jika semua parameter lainnya tetap konstan.

$$\lambda = \frac{c}{f_c} \quad (7)$$

Keterangan:

λ : Wavelength (m)

c : Kecepatan Cahaya ($3 \cdot 10^8$ m/s)

f_c : Carrier Frequency (Hz)

f. Synthetic Aperture Length

Synthetic Aperture Length adalah panjang atau jarak radar *synthetic aperture* beroperasi.

$$L_{syn} = \frac{\lambda R_c}{\lambda / \vartheta_{az}} \quad (8)$$

Keterangan:

L_{syn} : Synthetic Aperture Length (m)

ϑ_{az} : Azimuth Beamwidth (rad)

g. Image Size

Image Size adalah luas sapuan radar yang disebabkan oleh setiap pancaran pulsa. *Image Size* merupakan hasil perkalian dari *Ground Swath Width* dengan *Total Azimuth Distance*. Dimana *Total Azimuth Distance* adalah panjang sapuan radar pada sumbu azimuth.

$$is = W_g A_D \quad (9)$$

Keterangan:

is : Image Size (m^2)

A_D : Total Azimuth Distance (m)

i. Antenna Length

Antenna Length adalah besar panjang antenna yang dapat diketahui melalui besar beamwidth pada sudut azimuthnya.

$$l = \frac{\lambda}{\vartheta_{az}} \quad (10)$$

Keterangan:

l : Antenna Length (m)

ϑ_{az} : Azimuth Beamwidth (rad)

j. Antenna Width

Antenna Width adalah besar lebar antenna yang dapat diketahui melalui besar beamwidth pada sudut rangenya.

$$w = \frac{\lambda}{\vartheta_{ra}} \quad (11)$$

Keterangan:

w : Antenna Width (m)

ϑ_{ra} : Elevation Beamwidth (rad)

k. Average RF Power

Average RF Power adalah daya rata-rata transmitter memancarkan gelombang selama kurun satu

periode waktu. *Average RF Power* merupakan hasil perkalian dari *Peak Output Power* dengan *Pulsewidth* dan *Pulse Repetition Frequency* (PRF). *Pulse Width* adalah panjang waktu daya pancaran ON untuk setiap transmisi. Sedangkan *Pulse Repetition Frequency* adalah jumlah pulsa pancaran ditransmisikan setiap detik.

$$P_{ave} = P_{op} C_p PRF \quad (12)$$

Keterangan:

P_{ave} : Average RF Power (Watt)

C_p : Pulsewidth (s)

PRF : Pulse Repetition Frequency (Hz)

l. Signal Power

Signal Power adalah daya echo yang diterima dalam watt pada terminal antenna penerima efektif aperture A dalam meter persegi yang menghadap target.

$$S = \frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4} \quad (13)$$

$$S_{dB} = 10 \log S \quad (14)$$

Keterangan:

S : Signal Power

S_{dB} : Signal Power (dB)

P_t : Output Power (Watt)

G : Gain

σ : Radar Cross Section

R : Jarak (dalam hal ini adalah R_c)

m. Noise Power

Noise Power adalah besar daya dari sinyal gangguan yang ada. *Noise* ini dapat diperkirakan melalui parameter-parameter tertentu.

$$N_0 = kT_0 B_n F \quad (15)$$

$$N_{0dB} = 10 \log (kT_0) + 10 \log B_n + NF \quad (16)$$

Keterangan:

N_0 : Noise Power

N_{0dB} : Noise Power (dB)

k : Konstanta Boltzman ($1,38 \times 10^{-23}$)

T_0 : Suhu Acuan (290^0)

B_n : Bandwidth (Hz)

F : Noise Factor

NF : Noise Figure

n. Signal To Noise Ratio

Signal To Noise Ratio adalah perbandingan antara daya sinyal yang diinginkan terhadap daya *noise* yang diterima pada suatu titik pengukuran. SNR ini adalah suatu parameter untuk menunjukkan tingkat kualitas sinyal penerimaan pada sistem komunikasi analog, dimana semakin besar harga SNR maka kualitas akan semakin baik.

$$SNR = \frac{S}{N_0} \quad (17)$$

$$SNR_{dB} = 10 \log (SNR) = S_{dB} - N_{0dB} \quad (18)$$

Keterangan:

SNR : Signal To Noise Ratio

SNR_{dB} : Signal To Noise Ratio (dB)

o. Bandwidth Doppler

Bandwidth Doppler adalah ukuran perluasan spektral karena adanya perubahan kanal terhadap waktu yang diakibatkan oleh pergeseran frekuensi.

$$B_D = \frac{2v}{l} \quad (19)$$

Keterangan:

B_D : *Bandwidth Doppler* (Hz)

v : *Platform Speed* (m/s)

p. *Start Sampling*

Sampling adalah cara pengumpulan data jika hanya elemen sampel (sebagian dari elemen populasi) yang diteliti. Untuk radar, *sampling* tidak dilakukan setiap saat guna menghemat daya yang digunakan. *Sampling* dilakukan hanya pada saat tertentu saja yaitu saat pantulan sinyal telah kembali diterima oleh receiver. Sinyal akan masuk dapat diketahui menggunakan rumus dibawah ini.

$$T_s = \left(\frac{2R_{min} 10^{-6}}{c} \right) \quad (20)$$

Keterangan:

T_s : *Start Sampling* (s)

R_{min} : *Minimum Slant Range* (m)

q. *Stop Sampling*

Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa *sampling* pada sebuah radar tidak dilakukan seterusnya namun dilakukan hanya pada saat tertentu saja. Sinyal akan selesai dicuplik dapat diketahui menggunakan rumus dibawah ini.

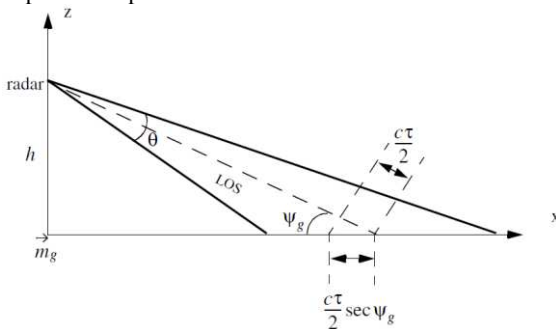
$$T_f = \left(\frac{2R_{max} 10^{-6}}{c} \right) \quad (21)$$

Keterangan:

T_f : *Stop Sampling* (s)

r. *Slant Range Resolution*

Slant Range Resolution adalah resolusi pada jarak terpendek antara radar dengan objek sapuan yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Definisi *range cell* di permukaan tanah^[5]

$$D_s = \frac{c}{2B_n} \quad (22)$$

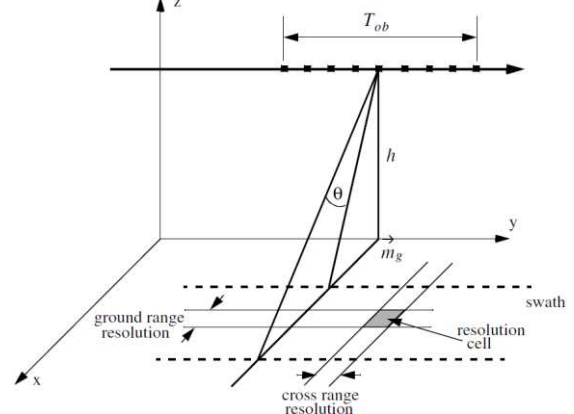
Keterangan:

D_s : *Slant Range Resolution* (m)

s. *Ground Resolution*

Resolusi pada arah *ground* merupakan resolusi yang melintang dengan arah terbang wahana. Dengan

kata lain yaitu kemampuan dari radar untuk membedakan objek yang berlainan yang melintang lintasan wahana.



Gambar 4. Definisi sel resolusi^[5]

$$D_g = \frac{c}{2B_n \sin \theta_{LA}} \quad (23)$$

Keterangan:

D_g : *Ground Resolution* (m)

t. *Azimuth Resolution*

Resolusi pada arah azimut (D_v) merupakan resolusi yang sejajar dengan arah terbang wahana. Dengan kata lain yaitu kemampuan dari radar untuk membedakan objek yang berlainan yang searah lintasan wahana.

$$D_v = \frac{l}{2} \quad (24)$$

Keterangan:

D_v : *Azimuth Resolution* (m)

2. SCILAB

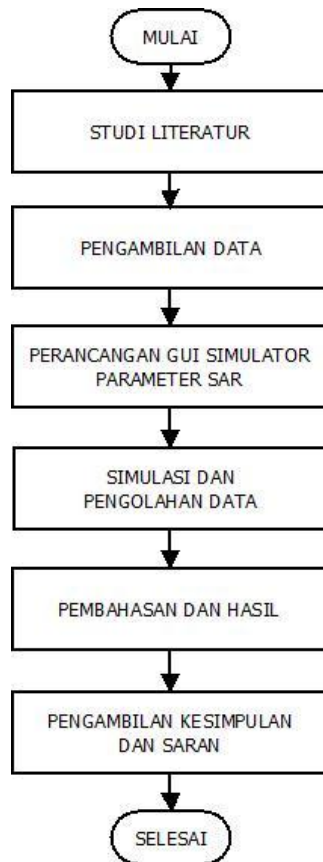
SCILAB adalah sebuah bahasa dengan (*High Performance*) kinerja tinggi untuk komputasi masalah teknik. SCILAB mengintegrasikan komputasi, visualisasi, dan pemrograman dalam suatu model yang sangat mudah untuk dipakai dimana masalah-masalah dan penyelesaiannya diekspresikan dalam notasi matematika yang sering digunakan^[7]. Penggunaan SCILAB meliputi bidang-bidang:

- Matematika dan Komputasi
- Pembentukan Algorithm
- Akuisisi Data
- Pemodelan, Simulasi, dan Pembuatan *Prototype*
- Analisa Data, Eksplorasi, dan Visualisasi
- Grafik Keilmuan dan Bidang Rekayasa

III. METODE PENELITIAN

Kajian yang digunakan dalam penelitian ini adalah kajian yang bersifat analisis kuantitatif yang melibatkan formula dari beberapa parameter. Kemudian dilanjutkan analisis kualitatif untuk menentukan variabel terbaik untuk parameter-parameter yang dianalisis tersebut. Analisis tersebut adalah analisis parameter radar dari hasil simulasi parameter radar terhadap performansi *Synthetic Aperture Radar* (SAR) pada tahap awal pencitraan menggunakan sensor radar. Namun, tidak

semua parameter yang disimulasikan dilanjutkan dengan analisis. Parameter yang dianalisis adalah *Ground Swath Width*, *SNR per Pulse*, *Slant Range Resolution*, *Ground Resolution*, dan *Azimuth Resolution*.



Gambar 5. Diagram alir perencanaan penelitian

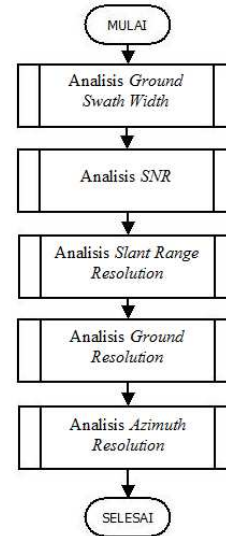
Studi literatur disini merupakan tahapan memahami dan mempelajari konsep-konsep yang terkait dengan radar secara umum yang kemudian dikhususkan ke konsep-konsep tentang parameter-parameter *Synthetic Aperture Radar*. Konsep-konsep tersebut antara lain adalah:

- Pengertian radar dan sistemnya beserta pembagian radar.
- Pencitraan menggunakan sensor radar.
- *Aperture Radar* secara umumnya yang kemudian dikhususkan ke jenis *Synthetic Aperture Radar*.
- Parameter-parameter yang mendukung pencitraan menggunakan *Synthetic Aperture Radar*.
- Pengertian GUI SCILAB beserta isinya.
- Pembuatan GUI SCILAB sebagai simulator parameter SAR melalui komponen - komponennya.

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa spesifikasi macam-macam radar dari berbagai negara.

Tahap perancangan GUI Simulator Parameter SAR menggunakan program SCILAB untuk membentuk simulator parameter SAR.

Pembahasan dan hasil merupakan metode untuk menganalisis berdasarkan hasil perhitungan dan data sekunder yang didapatkan. Parameter-parameter tertentu dicatat hasilnya dari masing-masing radar, kemudian dibandingkan dalam bentuk grafik.



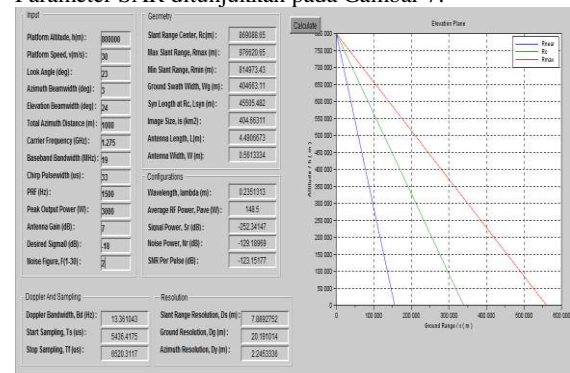
Gambar 6. Diagram alir analisis parameter

Gambar 6 merupakan diagram alir analisis parameter. Dalam tahap analisis parameter, tidak semua parameter hasil simulasi dianalisis. Namun hanya beberapa parameter yang dianalisis. Diantaranya adalah analisis *Ground Swath Width*, analisis SNR, analisis *Slant Range Resolution*, analisis *Ground Resolution*, dan analisis *Azimuth Resolution*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perancangan GUI SIMULATOR SAR

Hasil perancangan GUI SIMULATOR Desain Parameter SAR ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan Simulasi Desain Parameter *Synthetic Aperture Radar*

Dalam gambar 7, terdapat beberapa pengelompokan parameter. Diantaranya adalah *Geometry*, *Configurations*, *Doppler And Sampling*, *Resolution*, dan *Axis / Grafik*.

2. Analisis parameter *Ground Swath Width*

Dalam perhitungan parameter, dibutuhkan data sekunder berupa spesifikasi dari masing-masing radar.

Tabel 1. Spesifikasi SAR [8]

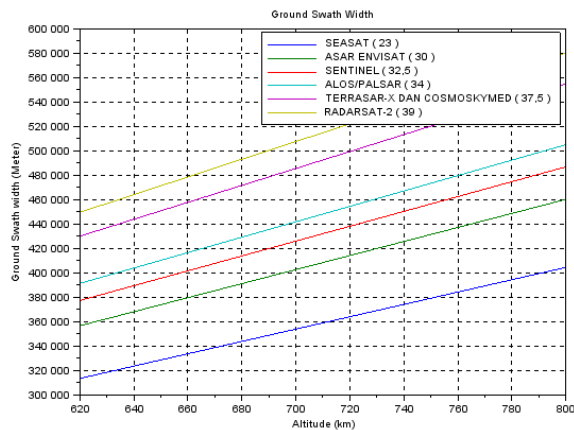
Radar	Look Angle	σ_{AB}	Bandwidth (B_n)	Altitude (km)
SEASAT	23°	-18	19	800
ASAR ENVISAT	15-45°	-20	16	800
ALOS/PALSAR	8°-60°	-23	14	691
RADARSAT-2	20°-58°	-21	100	798
TERRASAR-X		-19	150	660
COSMOS KYMED	20-55	-22	100	620
SENTINEL	2°-45° (IWS) 23° (SW1)- 45° (SW6) 2°- 48° (extra wide)	-25	100	693

Berdasarkan persamaan 2, 3, 4, 5, 6, dan Tabel 1, didapatkan hasil *Ground Swath Width* dengan variasi *Look Angle* dan *Platform Altitude* pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil perhitungan *Ground Swath Width*

Radar	<i>Ground Swath Width</i> (kilometer)					
	620 km	660 km	691 km	693 km	798 km	800 km
SEASAT(23°)	313	333	349	350	403	404
ASAR ENVISAT (30°)	356	379	397	398	459	460
ALOS/PALSAR (34°)	391	416	436	437	503	505
RADARSAT-2 (39°)	449	478	501	502	578	580
TERRASAR-X dan COSMO SKYMED (37.5°)	430	457	479	480	553	555
SENTINEL (32.5°)	377	401	420	421	485	487

Berikut adalah tampilan Tabel 2 dalam bentuk grafik.



Gambar 8. Grafik *Altitude* terhadap *Ground Swath Width* variasi *Look Angle*

Dari Grafik terlihat bahwa semakin besar nilai *Platform Altitude* (h) maka semakin baik parameter *Ground Swath Width*. Semakin besar nilai *Platform Altitude* (h) maka semakin besar nilai *Ground Swath Width*. Hal ini dibuktikan pada setiap garis yang menunjukkan semakin ke kanan semakin naik. Begitu pula dengan *Look Angle*. Semakin besar nilai *Look Angle*, maka semakin besar pula nilai *Ground Swath Width*. Hal ini ditunjukkan dengan perbedaan warna pada setiap plot.

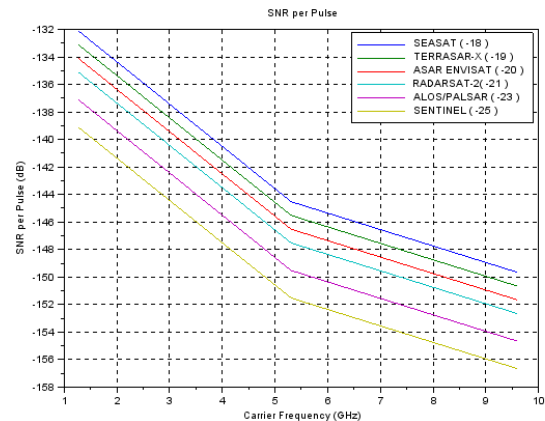
3. Analisis parameter *SNR per Pulse*

Parameter *SNR per Pulse* dipengaruhi beberapa variabel. Diantaranya adalah besar nilai *Carrier Frequency*, *Radar Cross Section*, *Platform Altitude* dan *Bandwidth*. Untuk analisis SNR sendiri, dibagi menjadi 2. Analisis SNR yang pertama adalah analisis SNR dengan variasi *Carrier Frequency* dan *Radar Cross Section*. Sedangkan analisis SNR yang kedua adalah Analisis SNR dengan variasi *Platform Altitude* (h) dan *Bandwidth* (B_n). Berdasarkan persamaan 1, 7, 13, 14 dan tabel 1, didapatkan hasil *SNR per Pulse* dengan variasi *Carrier Frequency* dan *Radar Cross Section* pada Tabel 3 dan hasil *SNR per Pulse* dengan variasi *Platform Altitude* dan *Bandwidth* pada Tabel 4.

Tabel 3. Perhitungan *SNR* dengan variasi *Carrier Frequency* dan *RCS*

Radar	σ_{AB}	<i>SNR per Pulse</i> (dB)				
		1,27 GHz	1,275 GHz	5,3 GHz	5,331 GHz	9,6 GHz
SEASAT	-18	-132	-132	-144	-144	-149
TERRASAR-X	-19	-133	-133	-145	-145	-150
ASAR ENVISAT	-20	-134	-134	-146	-146	-151
RADARSAT-2	-21	-135	-135	-147	-147	-152
ALOS/PALSAR	-23	-137	-137	-149	-149	-154
SENTINEL	-25	-139	-139	-151	-151	-156

Berikut adalah tampilan Tabel 3 dalam bentuk grafik.



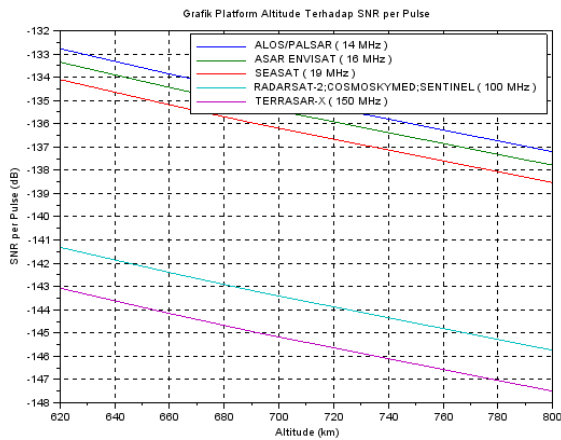
Gambar 9. Grafik *Carrier Frequency* terhadap *SNR* variasi *RCS*

Dari gambar 9 terlihat bahwa semakin besar nilai *Carrier Frequency* semakin buruk nilai *SNR per Pulse*. Semakin besar nilai *Carrier Frequency* maka semakin kecil nilai *SNR per Pulse*. Hal ini dibuktikan pada setiap garis yang menunjukkan semakin ke kanan semakin turun. Begitu pula dengan *Radar Cross Section*. Semakin besar nilai *Radar Cross Section*, maka semakin besar pula nilai *SNR per Pulse*. Hal ini ditunjukkan dengan perbedaan warna pada setiap plot.

Tabel 4. Hasil perhitungan *SNR per Pulse* dengan variasi Platform Altitude dan Bandwidth

Radar	B_n (GHz)	SNR per Pulse (dB)					
		620 km	660 km	691 km	693 km	798 km	800 km
ALOS/PALSAR	14	-132	-133	-134	-144	-149	-137
ASAR ENVISAT	16	-133	-134	-135	-145	-150	-137
SEASAT	19	-134	-135	-135	-146	-151	-138
RADARSAT-2, COSMO SKYMED, SENTINEL	100	-141	-142	-143	-147	-152	-145
TERRASAR-X	150	-143	-144	-144	-149	-154	-147

Berikut adalah tampilan Tabel 4 dalam bentuk grafik.



Gambar 10. Grafik Platform Altitude terhadap *SNR per Pulse* dengan variasi Bandwidth

Dari gambar 10 terlihat bahwa semakin besar nilai Platform Altitude (h) maka semakin buruk nilai *SNR per Pulse*. Semakin besar nilai Platform Altitude (h) maka semakin kecil nilai *SNR per Pulse*. Hal ini dibuktikan pada setiap garis yang menunjukkan semakin ke kanan semakin turun. Begitu pula dengan Bandwidth (B_n). Semakin besar nilai Bandwidth (B_n) maka semakin kecil nilai *SNR per Pulse*. Hal ini ditunjukkan dengan perbedaan warna pada setiap plot.

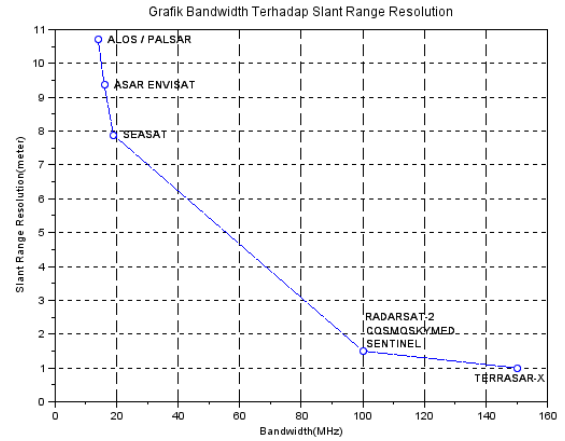
4. Analisis Slant Range Resolution

Berdasarkan persamaan 22 dan Tabel 1, didapatkan hasil *Slant Range Resolution* dengan variasi Look Angle dan Platform Altitude pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil perhitungan *Slant Range Resolution* (D_s)

Radar	B_n (MHz)	Slant Range Resolution (meter)
SEASAT	19	7,8892752
ASAR ENVISAT	16	9,3685143
ALOS/PALSAR	14	10,706874
RADARSAT-2 COSMOSKYMED SENTINEL	100	1,4989623
TERRASAR-X	150	0,9993082

Berikut adalah tampilan Tabel 5 dalam bentuk grafik.



Gambar 11. Grafik Bandwidth (B_n) terhadap *Slant Range Resolution* (D_s)

Dari gambar 11 terlihat bahwa semakin besar nilai Bandwidth (B_n) maka semakin baik nilai *Slant Range Resolution* (D_s). Semakin besar nilai Bandwidth (B_n) maka semakin kecil nilai *Slant Range Resolution* (D_s). Hal ini dibuktikan pada garis yang menunjukkan semakin ke kanan semakin turun. Dimana semakin ke kanan menunjukkan nilai Bandwidth (B_n) yang semakin besar, dan semakin turun menunjukkan nilai *Slant Range Resolution* (D_s) yang semakin kecil.

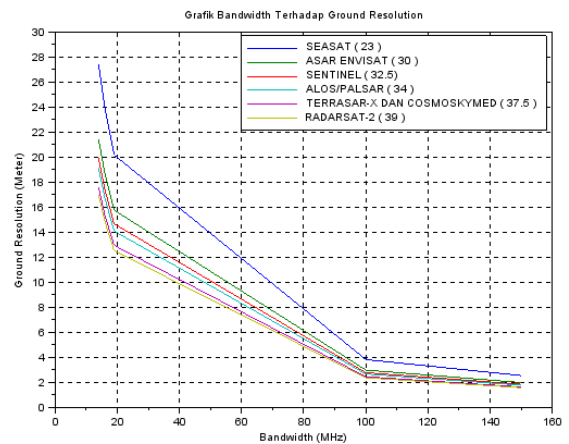
5. Analisis Ground Resolution

Berdasarkan persamaan 23 dan Tabel 1, didapatkan hasil *Ground Resolution* dengan variasi Look Angle dan Bandwidth pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil perhitungan *Ground Resolution* (D_g)

Radar	Look Angle	Ground Resolution (meter)				
		14 MHz	16 MHz	19 MHz	100 MHz	150 MHz
SEASAT	23°	27	23	20	3	2
ASAR ENVISAT	30°	21	18	15	2	1
ALOS /PALSAR	34°	19	16	14	2	1
RADARSAT-2	39°	17	14	12	2	1
COSMO SKYMED	37,5°	17	15	12	2	1
TERRASAR-X		17	15	12	2	1
SENTINEL	32,5°	19	17	14	2	1

Berikut adalah tampilan Tabel 6 dalam bentuk grafik.



Gambar 12. Grafik Bandwidth (B_n) terhadap *Ground Resolution* (D_g) dengan variasi Look Angle (θ)

Dari Grafik terlihat bahwa semakin besar nilai *Bandwidth* (B_n) maka semakin baik nilai *Ground Resolution* (D_g). Semakin besar nilai *Bandwidth* (B_n) maka semakin kecil nilai *Ground Resolution* (D_g). Hal ini dibuktikan pada garis yang menunjukkan semakin ke kanan semakin turun. Begitu pula dengan *Look Angle*. Semakin besar nilai *Look Angle* maka semakin kecil nilai *Ground Resolution* (D_g). Hal ini ditunjukkan dengan perbedaan warna pada setiap plot.

6. Analisis Azimuth Resolution

Dalam perhitungan *Azimuth Resolution*, *Elevation Beamwidth* dikonversi dahulu dalam bentuk radian. Berikut adalah hasil dari *sample* konversi *Elevation Beamwidth* ditampilkan dalam table 7 berikut.

Tabel 7. Hasil dari *sample* konversi *Elevation Beamwidth*

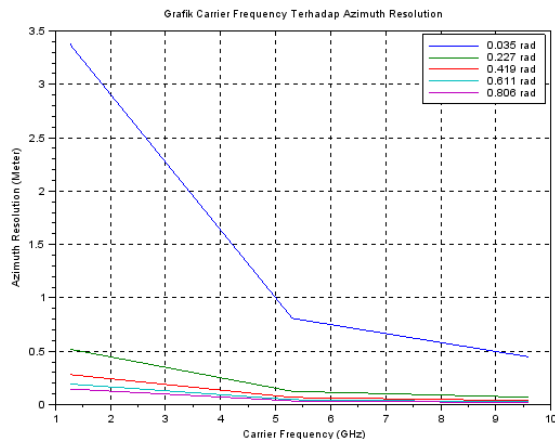
θ_{deg}	θ_{rad}
2°	0,035
13°	0,2269
24°	0,4189
35°	0,6109
46°	0,8029

Berdasarkan persamaan 24 dan Tabel 1, didapatkan hasil *Azimuth Resolution* dengan variasi *Elevation Beamwidth* dan *Azimuth Resolution* pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Hasil perhitungan *Azimuth Resolution* (D_v)

ϑ_{ra}	<i>Azimuth Resolution</i> (meter)				
	1,27 GHz	1,275 GHz	5,3 GHz	5,331 GHz	9,6 GHz
2°	3,38	3,36	0,81	0,80	0,44
13°	0,52	0,51	0,12	0,12	0,06
24°	0,28	0,28	0,06	0,06	0,03
35°	0,19	0,19	0,04	0,04	0,02
46°	0,14	0,14	0,03	0,03	0,01

Berikut adalah tampilan Tabel 8 dalam bentuk grafik.



Gambar 13. Grafik *Carrier Frequency* (f_c) terhadap *Azimuth Resolution* (D_v) dengan variasi *Elevation Beamwidth* (rad)

Dari Grafik terlihat bahwa semakin besar nilai *Carrier Frequency* (f_c) maka semakin baik nilai *Azimuth Resolution* (D_v). Semakin besar nilai *Carrier Frequency* (f_c) maka semakin kecil nilai *Azimuth Resolution* (D_v). Hal ini dibuktikan pada garis yang menunjukkan semakin ke kanan semakin turun. Begitu pula dengan *Elevation Beamwidth* (ϑ_{ra}). Semakin besar nilai *Elevation Beamwidth* (ϑ_{ra}) maka semakin kecil nilai *Azimuth Resolution* (D_v). Hal ini ditunjukkan dengan perbedaan warna pada setiap plot.

V. PENUTUP

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi dari parameter radar terhadap performansi *Synthetic Aperture Radar* pada tahap awal pencitraan menggunakan sensor radar, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Hasil simulasi menggunakan GUI SCILAB versi 5.4.1 dari Desain Parameter *Synthetic Aperture Radar* yang terdiri atas 19 parameter radar berhasil dilakukan seperti gambar 8.
- Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis dari parameter radar, maka didapatkan
 - Parameter *Ground Swath Width* dipengaruhi beberapa variabel. Diantaranya adalah *Platform Altitude* dan *Look Angle*. Semakin besar nilai *Platform Altitude* (h) maka semakin besar nilai *Ground Swath Width*. Hal ini dibuktikan pada hasil perhitungan tabel 2. *Ground Swath Width* sebesar 404 kilometer dihasilkan pada *Platform Altitude* 800 kilometer dan 313 kilometer pada *Platform Altitude* 620 kilometer dengan *Look Angle* yang sama besar yaitu 23°. Begitu juga dengan parameter *Look Angle* terhadap *Ground Swath Width*.
 - Parameter *SNR per Pulse* dipengaruhi beberapa variabel. Diantaranya adalah besar nilai *Carrier Frequency*, *Radar Cross Section*, *Platform Altitude* dan *Bandwidth*. Semakin besar nilai *Carrier Frequency* maka semakin kecil nilai *SNR per Pulse*. Hal ini dibuktikan pada hasil perhitungan tabel 2. *SNR per Pulse* sebesar -132 dB dihasilkan pada *Carrier Frequency* sebesar 1,27 GHz dan -132 dB pada *Carrier Frequency* 1,275 GHz dengan *RCS* -18 dB. Namun, *SNR per Pulse* berbanding lurus dengan *Radar Cross Section*. Semakin besar nilai *Radar Cross Section* maka semakin besar juga nilai *SNR per Pulse*.

Untuk *Platform Altitude*, semakin besar nilai *Platform Altitude* maka semakin kecil nilai *SNR per Pulse*. Hal ini dibuktikan pada hasil perhitungan tabel 3. *SNR per Pulse* sebesar -132 dB dihasilkan pada *Platform Altitude* 620 kilometer dan -137 dB pada *Platform Altitude* 800 kilometer dengan *Bandwidth* sebesar 14 MHz. Begitu juga dengan *Bandwidth*. Semakin besar nilai *Bandwidth* maka semakin kecil nilai *SNR per Pulse*.

- Parameter *Slant Range Resolution* dipengaruhi besar nilai *Bandwidth*. Semakin besar nilai *Bandwidth* (B_n) maka semakin kecil nilai *Slant Range Resolution*. Hal ini dibuktikan pada hasil perhitungan tabel 4. *Slant Range Resolution* sebesar 10 meter dihasilkan pada

Bandwidth (B_n) 14 MHz dan 0,9993 meter pada *Bandwidth* (B_n) 150 MHz.

- Parameter *Ground Resolution* dipengaruhi beberapa variabel. Diantaranya adalah besar nilai *Bandwidth* (B_n) dan *Look Angle*. Semakin besar nilai *Bandwidth* (B_n) maka semakin kecil nilai *Ground Resolution*. Hal ini dibuktikan pada hasil perhitungan tabel 4.33. *Ground Resolution* sebesar 27,402 meter dihasilkan pada *Bandwidth* (B_n) 14 MHz dan 2,558 meter pada *Bandwidth* (B_n) 150 MHz pada *Look Angle* 23^0 . Begitu juga dengan *Look Angle*.
- Parameter *Azimuth Resolution* dipengaruhi beberapa variabel. Diantaranya adalah besar nilai *Carrier Frequency* (f_c) dan *Elevation Beamwidth* (rad). Semakin besar nilai *Carrier Frequency* (f_c) maka semakin kecil nilai *Azimuth Resolution*. Hal ini dibuktikan pada hasil perhitungan tabel 6. *Azimuth Resolution* sebesar 3,3813 meter dihasilkan pada *Carrier Frequency* (f_c) 1,27 GHz dan 3,368 meter pada *Carrier Frequency* (f_c) 1,275 GHz pada *Elevation Beamwidth* 2^0 .

Untuk *Elevation Beamwidth* (rad), semakin besar nilai *Elevation Beamwidth* (rad), maka semakin kecil nilai *Azimuth Resolution*. Hal ini dibuktikan pada hasil perhitungan tabel 8. *Azimuth Resolution* sebesar 3,3813 meter dihasilkan pada *Elevation Beamwidth* 2^0 dan 0,1470 meter pada *Elevation Beamwidth* 46^0 pada *Carrier Frequency* (f_c) 1,27 GHz.

2. Saran

Berdasarkan analisis dan simulasi parameter radar yang dilakukan, didapatkan beberapa saran untuk perkembangan penelitian berikutnya. Diantaranya adalah:

1. Untuk simulasi, bisa dilanjutkan ke tahapan kedua dan tahapan ketiga dalam pencitraan menggunakan sensor radar.
2. Pada simulasi Desain Parameter *Synthetic Aperture Radar*, bersifat hanya satu arah saja yaitu hanya dimasukan pada kotak tertentu saja. Ini dapat dikembangkan dengan dua arah, yaitu memasukkan nilai parameter yang diinginkan dan mengeluarkan variable yang dibutuhkan.
3. Pada analisis parameter, analisis parameter dapat dilakukan pada parameter selain *Ground Swath Width*, *SNR per Pulse*, *Slant Range Resolution*, *Ground Resolution*, dan *Azimuth Resolution*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Edde, Byron. (1999). *Radar Principles, Technology, Applications*. IEEE
- [2] Bhattacharyya, Asoke K. & Sengupta, Dipak L. (1991). *Radar Cross Section Analysis And Control*. Boston, London : Artech House.
- [3] Song, Sun H., Oh, Tae B., Kwag, Young K. (2009). *Geo-Location Error Correction Using Sensors Parameters Extracted from Spaceborne SAR Raw Data*. Korea : Korea Aerospace University Seoul.
- [4] Chan, Y. K. & Koo, V. C. (2008). *An Introduction To Synthetic Aperture Radar (SAR)*. Malaysia : Faculty of Engineering & Technology Multimedia University.

- [5] Mahafza, Bassem R. (2000). *Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB*. London : Champman & Hall/CRC.
- [6] Skolnik, Merrill. (2008). *Radar Handbook Third Edition*. USA : The McGraw-Hill Companies.
- [7] Arief, Saifuddin. (2003). *Sekilas Tentang Scilab*. Dokumen tidak dipublikasikan. IlmuKomputer.com.
- [8] Massonet, Didier & Souyris, Jean-Claude. (2008). *Imaging With Synthetic Aperture Radar*. Swiss : Taylor and Francis Group, LLC.