

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Salah satu teknologi telekomunikasi yang berkembang sekarang ini adalah teknologi pencitraan bumi. Teknologi ini membantu manusia mengetahui sifat-sifat permukaan bumi tanpa harus melakukan observasi terlebih dahulu. Untuk pencitraan bumi sendiri, umumnya digunakan sensor optik sebagai sensor pencitraan yang menggunakan sumber cahaya matahari untuk pencitraan. Namun ada juga sensor radar yang menggunakan sumber sendiri berupa gelombang elektromagnetik.

Synthetic aperture radar adalah teknik pemetaan radar udara (atau pesawat ruang angkasa) untuk menghasilkan peta resolusi tinggi dari permukaan daerah sasaran. Teknologi ini merupakan salah satu teknologi yang menjanjikan sebagai teknologi pencitraan bumi, dibandingkan sensor optik. Sensor radar yang tidak tergantung cahaya matahari mampu beroperasi di siang hari maupun malam hari. Selain itu mampu beroperasi baik cuaca buruk maupun cerah sebab sensor radar menggunakan sumber sendiri.

Pada bab ini akan dibahas teori penunjang mengenai teori radar itu sendiri beserta fungsinya, kelebihan dan kekurangan pencitraan bumi menggunakan sensor radar, perbedaan *synthetic aperture radar* dan *real aperture radar*, parameter-parameter yang dibutuhkan untuk pencitraan menggunakan sensor radar, pengertian GUI SCILAB dan fungsi-fungsi komponen-komponen yang ada pada GUI SCILAB ketika menjalankan simulasinya.

2.2 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. Pantulan dari gelombang yang dipancarkan tadi digunakan untuk mendeteksi obyek. Sinyal yang dipancarkan dari suatu benda dapat ditangkap oleh



radar kemudian dianalisa untuk mengetahui lokasi dan bahkan jenis benda tersebut. Walaupun sinyal yang diterima relatif lemah, namun radar dapat dengan mudah mendeteksi dan memperkuat sinyal tersebut.

Walaupun cuaca sedang buruk seperti hujan lebat dan berkabut, namun dengan menggunakan radar, informasi berupa jarak dan kecepatan suatu obyek dari posisi radar masih bisa didapatkan. Selain itu, radar dapat melihat obyek pada jarak yang sangat jauh (ratusan kilometer).

Radar dipasang berdasarkan kegunaannya, pemasangan yang biasa dilakukan antara lain di pinggir pantai, bandara, kapal, pesawat udara, atap mobil, atap panser, dan tempat yang dirahasiakan.

Radar merupakan aplikasi dari prinsip pemancaran gelombang radio untuk mendeteksi obyek yang tidak mungkin dilihat secara *direct visual*. Radar memanfaatkan pemancaran gelombang radio dan menggunakan gelombang pantulnya untuk mendeteksi jarak relatif target, yang memungkinkan untuk mendeteksi keberadaan suatu obyek dalam jarak yang jauh.

Pengamatan dilakukan terhadap intensitas gelombang radio yang diterima sensor dan waktu yang diperlukan gelombang mulai saat dipancarkan, dipantulkan oleh obyek, dan diterima kembali oleh sensor. Waktu yang diperlukan oleh gelombang tersebut dinamakan *time delay*, kemudian apabila dikalikan dengan kecepatan cahaya akan menghasilkan dua kali jarak antara radar dengan objek.

Pada permukaan bumi, pulsa gelombang radar dipancarkan ke segala arah, sebagian pantulannya diterima kembali oleh sensor. Pantulan ini memiliki intensitas yang lebih lemah dibandingkan ketika dipancarkan dan memiliki polarisasi yang spesifik vertikal atau horisontal yang tidak harus sama dengan ketika pertama dipancarkan.

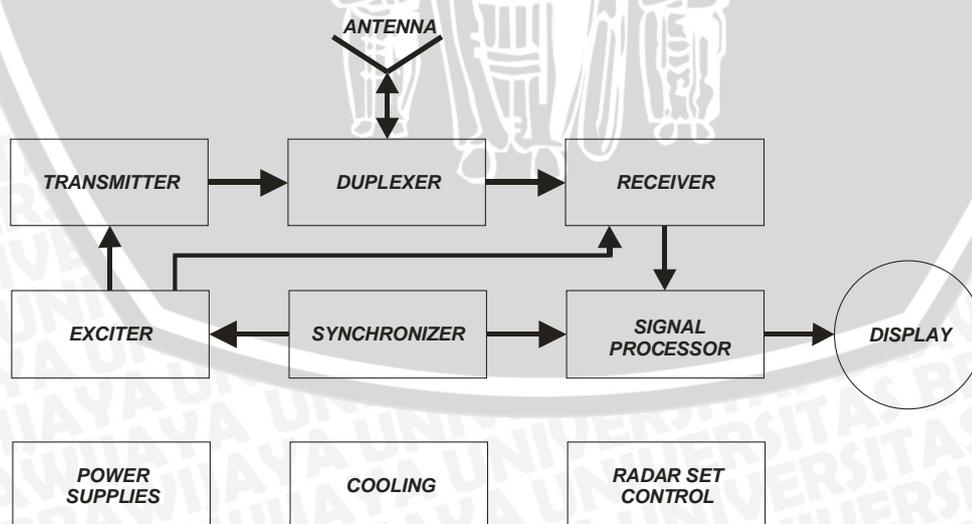
Setiap gelombang elektromagnetik memiliki fenomena yang berbeda-beda sesuai dengan karakteristiknya masing-masing. Karakteristik gelombang ini berhubungan dengan frekuensi. Radar menggunakan spektrum gelombang elektromagnetik pada rentang frekuensi 300 MHz hingga 30 GHz atau panjang gelombang 1 cm hingga 1 meter dengan polarisasi gelombang *single vertikal* atau *horizontal plane*. Citra radar yang diperoleh merepresentasikan jumlah energi pantul yang diterima oleh sensor. Besar kecilnya panjang gelombang yang digunakan

berpengaruh pada citra yang diperoleh. Semakin besar panjang gelombangnya maka semakin kuat daya tembus gelombangnya. Hal ini berlaku dengan catatan bahwa semakin tinggi nilai konstanta dielektriknya maka semakin sulit untuk ditembus.

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.

Dalam pesawat terbang pun sebenarnya penggunaan radar sangat signifikan. Dalam situs Wikipedia disebutkan, pesawat peringatan dini (*Airborne Early Warning - AEW*) adalah sebuah sistem radar yang dibawa oleh sebuah pesawat terbang yang dirancang untuk mendeteksi pesawat terbang lain. Radar ini dapat membedakan antara pesawat terbang kawan dan pesawat terbang musuh dari jarak jauh. Pesawat peringatan dini digunakan dalam operasi penerbangan defensif maupun ofensif. Secara ofensif, sistem ini bertugas untuk mengarahkan pesawat tempur ke targetnya. Secara defensif, sistem bertugas untuk mengawasi serangan musuh.



Gambar 2.1. Blok diagram suatu sistem radar *typical*
(Sumber: Skolnik, 1990 : 4.1).

Bentuk dasar dari radar terdiri dari pemancaran gelombang elektromagnetik oleh antena pemancar; yang mana dihasilkan oleh sebuah osilator, Sebuah antena penerima dan perangkat pendeteksi energi (*receiver*). Berdasarkan Gambar 2.1 radar mempunyai beberapa bagian yang fungsinya dijelaskan sebagai berikut :

<i>Antenna</i>	: untuk memancarkan dan menerima sinyal
<i>Duplexer</i>	: mengatur penggunaan antena, sebagai pemancar atau penerima
<i>Transmitter</i>	: menghasilkan bentuk gelombang dan menguatkan sinyal
<i>Exciter</i>	: membangkitkan frekuensi pembawa
<i>Synchronizer</i>	: membangkitkan sinyal sinkronisasi
<i>Receiver</i>	: memproses sinyal yang diterima
<i>Signal Processor</i>	: menerjemahkan sinyal yang diterima <i>receiver</i>
<i>Display</i>	: menampilkan hasil proses yang dilakukan.

Radar (*Radio Detection And Ranging*) bekerja pada gelombang elektromagnetik berupa gelombang radio dan gelombang mikro, dengan panjang gelombang beberapa millimeter hingga sekitar satu meter. Gelombang radio dan gelombang mikro tersebut dipancarkan ke seluruh permukaan bumi dan pantulannya terdeteksi oleh sistem radar yang selanjutnya digunakan untuk mendeteksi objek. Sehingga dengan demikian sistem ini sering disebut dengan penginderaan jauh aktif.

2.2.1 Panjang Gelombang dan Frekuensi Radar

Besar kecilnya panjang gelombang elektromagnetik berpengaruh terhadap penetrasi gelombang tersebut pada objek di permukaan bumi. Semakin besar panjang gelombang yang digunakan maka semakin kuat daya penetrasi gelombang tersebut.

Panjang gelombang dikelompokkan menurut pita-pita. Panjang gelombang yang akan digunakan pada sistem radar bergantung pada aplikasi yang akan dikerjakan. Radar menggunakan satu atau lebih jenis *band* dalam melakukan penginderaan jauh. Radar menggunakan spektrum gelombang elektromagnetik pada rentang frekuensi 300 MHz hingga 30 GHz seperti dalam Tabel 2.1. Sedangkan aplikasi dari pita-pita tersebut pada sistem radar dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1. Panjang gelombang radar dan frekuensinya yang digunakan dalam penginderaan jauh

Band	Panjang Gelombang (cm)	Frekuensi (MHz)
Ka	0,8 - 1,1	40.000 - 26.500
K	1,1 - 1,7	26.500 - 18.000
Ku	1,7 - 2,4	18.000 - 12.500
X	2,4 - 3,8	12.500 - 8.000
C	3,8 - 7,5	8.000 - 4.000
S	7,5 - 15,0	4.000 - 2.000
L	15,0 - 30,0	2.000 - 1.000
P	30,0 - 100,0	1.000 - 300

Tabel 2.2. Aplikasi-aplikasi gelombang radar

Band	Panjang Gelombang (cm)	Frekuensi (GHz)	Aplikasi
X	2,4 - 3,8	12,5 - 8	Militer dan survey pemetaan
C	3,8 - 7,5	8 - 4	Pada radar ruang angkasa seperti ERS 1 dan RADARSAT
S	7,5 - 15	4 - 2	Pada sistem Almaz
L	15 - 30	2 - 1	Pada SEASAT dan JERS1
P	30 - 100	0,3 - 0,001	USA JPL - AirSAR

Sensor gelombang mikro dapat digunakan baik pada sistem sensor aktif maupun pasif. Penginderaan jauh menggunakan sumber tenaga gelombang mikro memberikan dua macam kemampuan yang berbeda, yaitu :

- Gelombang mikro yang dapat menembus atmosfer dalam segala keadaan sehingga menghasilkan kenampakan permukaan bumi walaupun atmosfer tertutup awan, salju, hujan rintik-rintik, kabut dan sebagainya. Panjang gelombang mikro yang digunakan sesuai dengan kondisi fisik atmosfer sebagaimana disebutkan di atas. Tipe gelombang mikro ini digunakan pada sistem sensor aktif.
- Gelombang mikro yang dapat secara langsung dipantul, diemisikan, dan diiluminasi oleh permukaan dan menghasilkan kenampakan permukaan bumi pada waktu siang dan malam hari, sehingga dapat dimanfaatkan selama 24 jam setiap hari. Perlu diketahui bahwa gelombang mikro semacam ini berasal dari radiasi cahaya matahari. Oleh karenanya gelombang mikro ini dikenal dengan

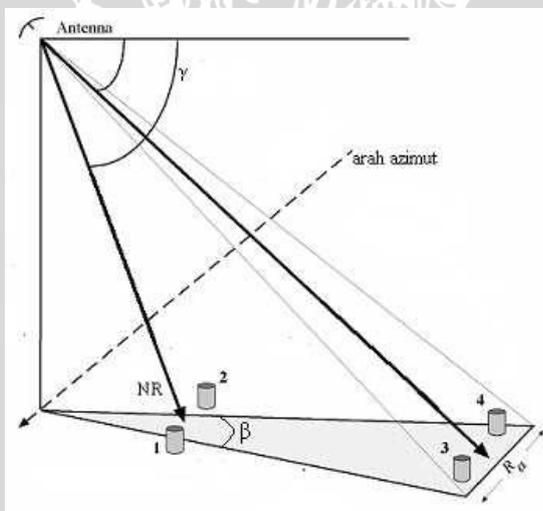
gelombang mikro sistem sensor pasif. Perbedaannya dengan panjang gelombang tampak adalah tampilannya pada sebuah citra.

2.2.2 Resolusi Radar

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*)

Resolusi pada arah azimut (D_v) merupakan resolusi yang sejajar dengan arah terbang wahana. Dengan kata lain kemampuan dari radar untuk membedakan objek yang berlainan yang searah lintasan wahana. Resolusi searah lintasan tergantung pada lebar sorot (β) dari gelombang mikro yang dipancarkan dan jarak dari wahana ke objek.



Gambar 2.2. Resolusi searah lintasan (*Azimuth Resolution*)
(Sumber: Haniah, Yudo Prasetyo).

Dari Gambar 2.2 diatas terlihat bahwa semakin besar lebar sorot (β) akan mengakibatkan resolusi azimuth yang rendah. Begitu pula semakin jauh objek dari antenna maka resolusi azimuth akan semakin besar. Pada Gambar 2.2, objek 1 dan 2 bisa

dipisahkan (tampak sebagai dua objek yang berbeda), namun objek 3 dan 4 tidak bisa dibedakan masing-masing objeknya, sehingga tampak sebagai satu objek.

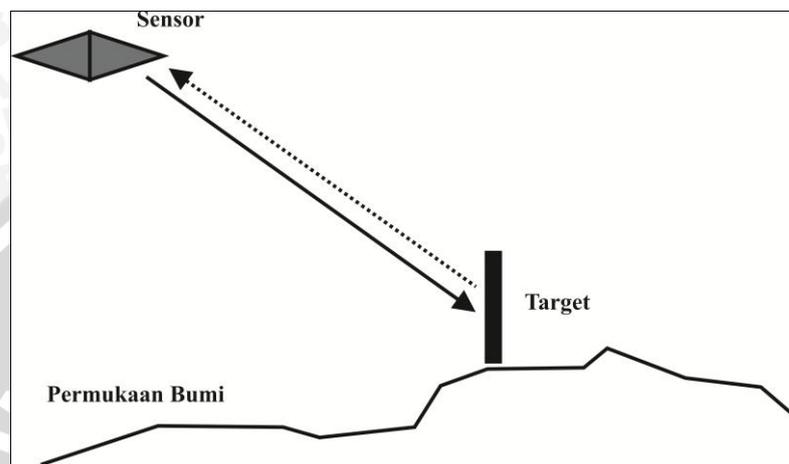
2.2.3 Pencitraan dengan Radar

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. Berbeda dengan sensor optik yang bergantung pada sinar matahari sebagai sumber radiasi, tentu saja sensor optik hanya dapat bekerja pada siang hari.
- 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. Berbeda dengan spektrum cahaya yang digunakan oleh sensor optik yang dapat terhalang oleh awan. Hal ini sangat terasa di daerah khatulistiwa (*equator*) dimana tingkat penguapan air sangat tinggi sehingga seringkali wilayah yang ingin diamati tertutup awan. Jika menggunakan satelit bersensor optik, maka harus menunggu sampai awannya berpindah tertiu angin.
- Saat beroperasi, sensor radar melihat ke sisi kanan sementara sensor optik biasanya terpasang melihat tegak lurus ke bawah. Karena itu citra yang terekam oleh SAR memiliki sudut yang berbeda dengan citra optik.

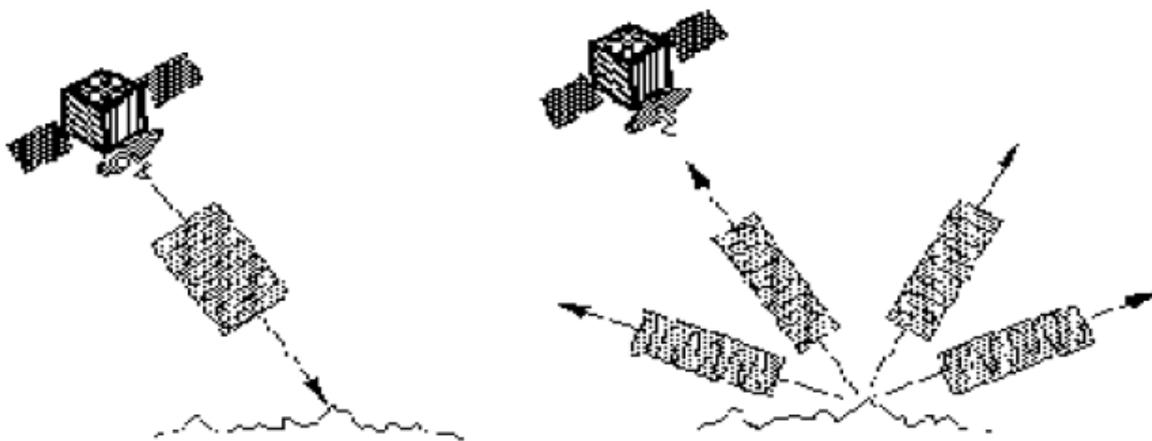
Pencitraan radar dilakukan ke arah samping tergantung arah terbang wahana yang digunakan, baik itu pesawat atau satelit. Oleh sebab itu, radar dalam melakukan pencitraan memiliki geometri tersendiri. Geometri pencitraan radar diantaranya yaitu: *Incident angle* (sudut yang dibentuk antara pancaran gelombang radar dengan garis yang tegak lurus terhadap permukaan obyek), *depression angle* (sudut yang dibentuk dari arah horisontal ke arah garis pancaran gelombang radar), *Look Angle* (sudut antara utara geografis dan arah pancaran gelombang radar atau dengan garis tegak lurus arah terbang wahana), *look direction* (arah antenna saat melakukan pencitraan).

Konsep radar adalah mengukur jarak dari sensor ke target dengan wahana pesawat terbang atau satelit yang dilakukan ke arah miring (*side looking*). Ukuran jarak tersebut didapat dengan mengukur waktu yang diperlukan gelombang elektromagnetik selama penjalarnya mulai dari sensor sampai ke target dan kembali lagi ke sensor. Sensor memancarkan gelombang elektromagnetik ke target dan diterima kembali oleh sensor untuk menentukan jarak (S) seperti dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Cara kerja radar
(Sumber: Haniah, Yudo Prasetyo).

Pada permukaan bumi, pulsa gelombang radar dipancarkan ke segala arah, sebagian pantulannya diterima kembali oleh sensor. Intensitas dari gelombang pantulan ini sangat lemah dibandingkan ketika dipancarkan seperti yang digambarkan pada Gambar 2.4. Gelombang radar yang dipancarkan satelit, kemudian dipantulkan kembali ke segala arah oleh permukaan bumi dan sebagian diterima kembali oleh satelit.



Gambar 2.4. Pancaran gelombang radar
(Sumber: Haniah, Yudo Prasetyo).

2.2.4 Real Aperture Radar

Dalam ilmu optik *aperture* berarti lubang atau bukaan yang dapat dilewati oleh cahaya. Dalam SAR, *aperture* mengacu kepada ukuran sensor yang digunakan. Karena sensor SAR berupa antenna, maka istilah *aperture* mengacu kepada ukuran antenna, baik panjang maupun lebarnya.

Menurut antenna yang digunakan untuk pencitraan radar, radar dikelompokkan menjadi 2, yaitu *Real Aperture Radar* (RAR) dan *Synthetic Aperture Radar* (SAR).

Pada sistem *Real Aperture Radar* (RAR) digunakan antenna “sesungguhnya”, artinya tingkat resolusi citra radar sebanding dengan panjang antenna yang digunakan. Harga l (panjang antenna) yang semakin besar maka harga D_v (resolusi arah azimuth) semakin kecil. Dengan kata lain, semakin tinggi resolusi citra radar yang diinginkan, semakin panjang pula antenna yang harus digunakan.

Untuk cara kerja RAR diantaranya adalah sebagai berikut :

- Pemancar membangkitkan pulsa radar dengan pita tertentu
- Pulsa diarahkan ke objek tertentu oleh antenna
- Pancaran pulsa membentuk berkas seperti kipas dengan arah tegak lurus terhadap jalur terbang
- Pulsa berbalik ke sensor dan diteruskan ke penerima.
- Penerima mengubah pulsa radar balik menjadi sinyal video (elektrik)
- Antenna berfungsi ganda sehingga perlu diatur oleh TR (*Transmited-Receive*) *switch* (*duplexer*).

2.2.5 Synthetic Aperture Radar

Synthetic Aperture Radar (SAR) adalah salah satu kelas spesifik dari radar. Dinamakan sintetik karena tidak menggunakan antenna panjang secara spesifik seperti pada *Real Aperture Radar* (RAR). Konsepnya adalah memanfaatkan frekuensi dari sinyal radar sepanjang jalur spektrum untuk membedakan dua penyebaran pada pancaran antenna. Faktor yang menentukan pada proses ini adalah kepanduan radar, yaitu fasa seperti halnya amplitudo gelombang yang diterima dan disimpan untuk digunakan pada proses selanjutnya. Dalam hal ini fasa tersebut harus stabil pada periode pengiriman dan penerimaan sinyal. Hal ini menyebabkan tercipta kesan seolah-olah digunakan antenna panjang dengan mengkombinasikan informasi dari berbagai gelombang yang diterima.

Tidak seperti RAR yang memiliki kelemahan, SAR menggunakan prinsip *Doppler*. Penalaran gelombang memiliki frekuensi tertentu dan apabila diperoleh suatu frekuensi dengan cara menerapkan prinsip *Doppler*, maka frekuensi tersebut dinamakan frekuensi *Doppler*. Perbedaan frekuensi yang terjadi akan mengakibatkan hasil citra untuk tiap objek berbeda tanpa perlu menggunakan antena yang panjang. Pada saat wahana bergerak melewati target sambil melakukan pencitraan, maka obyek terekam pada selang waktu tertentu dengan frekuensi yang berbeda-beda. Frekuensi yang tertinggi adalah obyek yang memiliki jarak relatif terdekat dengan sensor.

Teknik ini bertujuan untuk menyempurnakan teknik dari RAR yang kurang praktis karena harus menggunakan antena yang panjang, maka dikembangkan sistem SAR (*Synthetic Aperture Radar*). Dalam sistem ini, digunakan antena yang relatif kecil dan mampu menggantikan antena yang panjang. Perbedaannya dengan sistem RAR, pada sistem SAR gelombang tidak dideteksi secara bersama-sama. Sebagai pengganti, selama antena yang kecil bergerak sepanjang lintasan, sinyal yang diterima di setiap posisi direkam, kemudian dikombinasikan dengan sistem pengolahan data.

Dalam SAR ini menggunakan sistem *Doppler* dimana prinsip *Doppler* itu sendiri menyatakan bahwa frekuensi suatu sumber bunyi akan terdengar berubah apabila sumber bunyi tersebut berubah posisinya relatif terhadap sensor (pendengar). Prinsip *Doppler* ini berlaku pula untuk gelombang elektromagnetik. Dengan adanya prinsip *Doppler* ini maka akan terjadi perubahan frekuensi kemudian dinamakan “Perubahan Frekuensi Doppler” (*The Doppler Frequency Shift*).

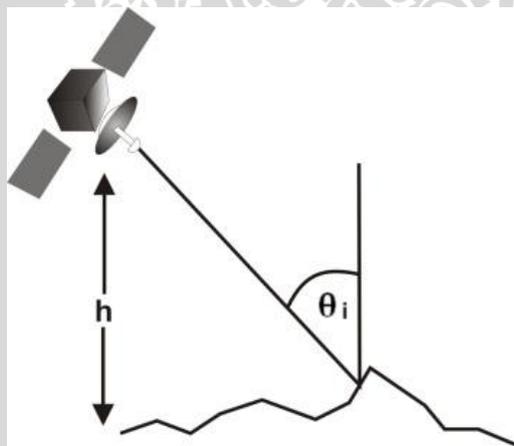
Synthetic Aperture Radar (SAR) merupakan salah satu teknik penginderaan jauh sistem aktif yang menggunakan daerah gelombang mikro dari spektrum elektromagnetik antara frekuensi 0.3 GHz sampai 300 GHz (atau bila dinyatakan dengan panjang gelombang, antara 1 m sampai 1 mm). Suatu sistem SAR terdiri atas pemancar (*transmitter*), penerima (*receiver*), dan sistem elektronis untuk memproses dan merekam data. Bagian pemancar akan mengirimkan pulsa gelombang mikro secara kontinu yang terfokus dalam suatu *beam* ke permukaan bumi dengan arah menyamping (*side looking*). Antena penerima akan menerima bagian dari energi yang kemudian dihamburkan (*backscattered*) oleh objek untuk kemudian direkam dan diproses lebih lanjut. Masing-masing gelombang mikro tersebut dapat dideskripsikan dengan amplitudo (simpangan / amplitudo gelombang) dan fasa (fase gelombang). Karena mempunyai sumber energi sendiri tanpa tergantung dengan sumber energi matahari, *Synthetic Aperture Radar* dapat beroperasi siang maupun

malam dalam segala kondisi cuaca (karena gelombang mikro dapat menembus awan, asap, dan hujan). Gelombang mikro juga memiliki kemampuan untuk menembus lapisan permukaan, sebagai contoh kanopi vegetasi, lebih dalam daripada panjang gelombang optis. Radar juga sensitif terhadap kekasaran permukaan, bentuk dan orientasi objek, kelembaban, sifat listrik, dan gerakan dalam permukaan yang disinari. Informasi unik yang diberikan citra SAR seperti ini dapat dipakai sebagai komplemen satu sama lain dengan citra-citra optis.

Parameter-parameter *synthetic aperture radar* didapat dari beberapa persamaan. Berikut adalah beberapa parameter *synthetic aperture radar* beserta variabel / masukan (*input*) yang dibutuhkan.

2.2.5.1 Platform Altitude

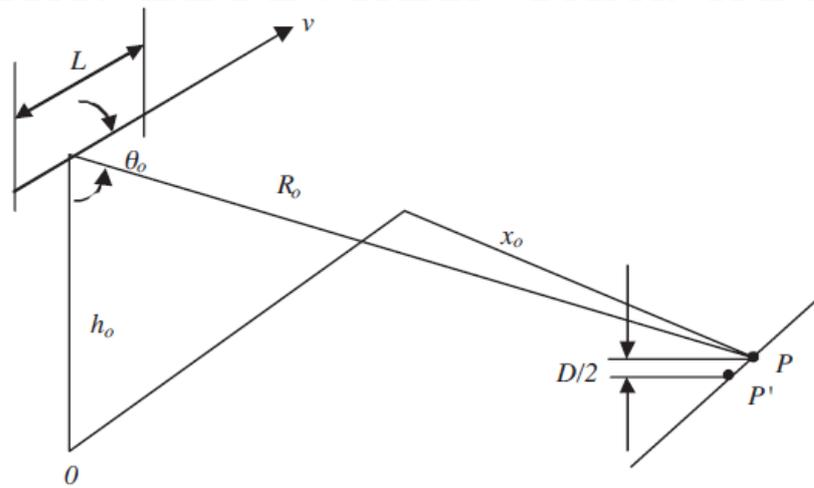
Platform Altitude (h) merupakan ketinggian dari radar yang digunakan. Pada Gambar 2.5, ditunjukkan oleh konstanta h . Yaitu jarak antara radar dengan permukaan bumi secara tegak lurus.



Gambar 2.5. Parameter radar
(Sumber <http://southport.jpl.nasa.gov/desc/n>)

2.2.5.2 Platform Speed

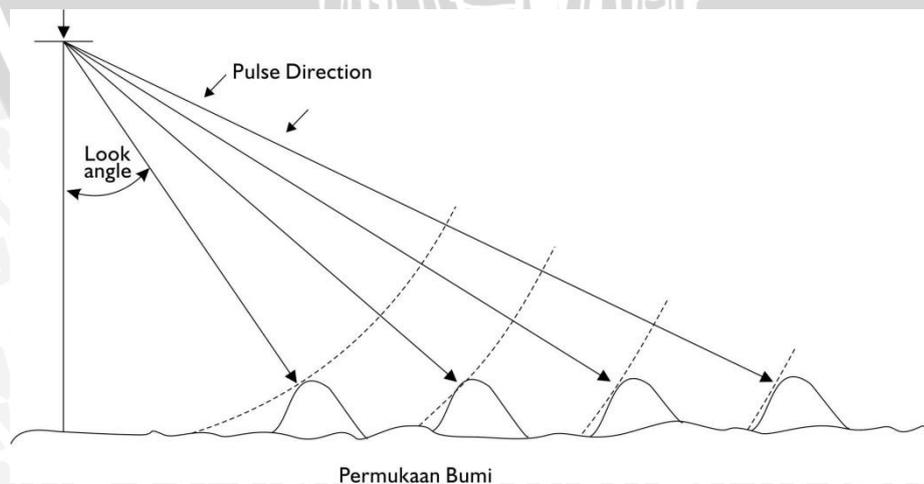
Platform Speed (v) merupakan kecepatan gerak azimuth radar. Dimana diambil contoh pada kegiatan ini, target berada pada jarak tertentu pada sumbu *range*. Pada Gambar 2.6, ditunjukkan oleh konstanta v .



Gambar 2.6. Ilustrasi SAR
(Sumber: Y. K. Chan and V. C. Koo)

2.2.5.3 Look Angle

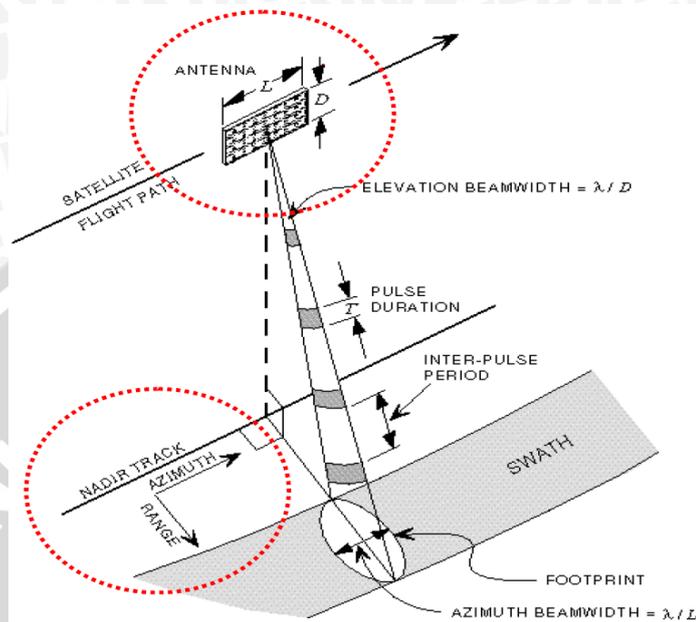
Look Angle adalah sudut antara letak objek dari radar diukur terhadap garis gravitasi bumi. Untuk lebih jelasnya akan diperlihatkan pada Gambar 2.7. Beberapa yang menyebutnya sebagai *incidence angle*. Sebenarnya besar dari *look angle* dan *incidence angle* memiliki besar yang sama. Namun pengertiannya saja yang berbeda. Untuk gambar dari *incidence angle* sendiri dapat dilihat pada Gambar 2.5 dimana dilambangkan θ_i . Untuk pengertian *incidence angle* sendiri adalah besar sudut antara letak radar dari objek diukur terhadap garis normal objek. Dilihat dari gambarnya, *look angle* dan *incidence angle* memiliki sudut yang sama besar. Namun perlu diperhatikan bahwa pengertian dari kedua istilah ini berbeda.



Gambar 2.7. Pengiriman Pulsa
(Sumber: www.lapan.go.id)

2.2.5.4 Azimuth Beamwidth

Azimuth Beamwidth adalah besar *beamwidth* pulsa yang dipancarkan dilihat pada sumbu azimuth. *Azimuth Beamwidth* sendiri dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. SAR geometry
(Sumber: www.lapan.go.id)

2.2.5.5 Bandwidth

Bandwidth adalah luas atau lebar cakupan frekuensi yang digunakan oleh sinyal dalam medium transmisi. Dalam kerangka ini, *bandwidth* dapat diartikan sebagai perbedaan antara komponen sinyal frekuensi tinggi dan sinyal frekuensi rendah. Frekuensi sinyal diukur dalam satuan Hertz.

2.2.5.6 Carrier Frequency

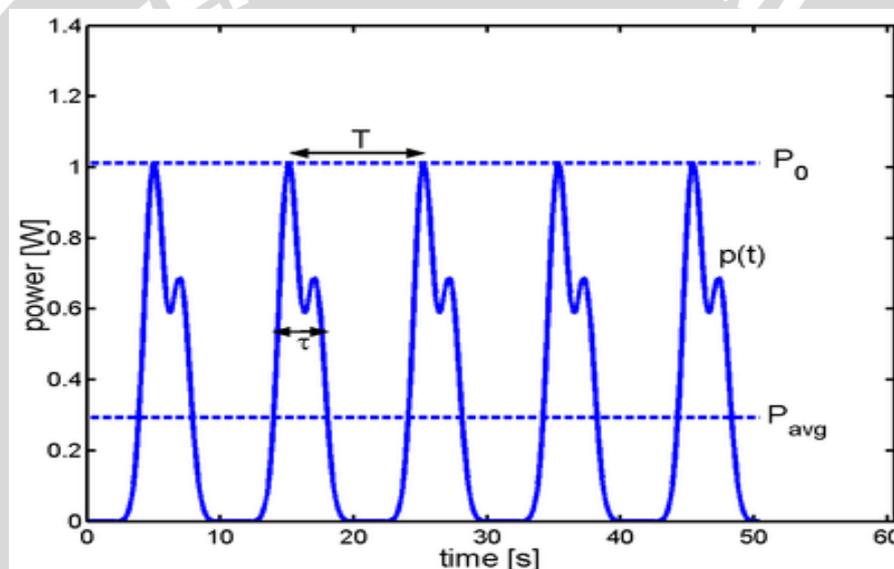
Untuk menghitung frekuensi, seseorang menetapkan jarak waktu, menghitung jumlah kejadian peristiwa, dan membagi hitungan ini dengan panjang jarak waktu. Pada Sistem Satuan Internasional, hasil perhitungan ini dinyatakan dalam satuan hertz (Hz) yaitu nama pakar fisika Jerman Heinrich Rudolf Hertz yang menemukan fenomena ini pertama kali. Frekuensi sebesar 1 Hz menyatakan peristiwa yang terjadi satu kali per detik.

Secara alternatif, seseorang bisa mengukur waktu antara dua buah kejadian / peristiwa (dan menyebutnya sebagai periode), lalu memperhitungkan frekuensi (f) sebagai hasil kebalikan dari periode (T).

Gelombang / sinyal carrier adalah gelombang radio yang mempunyai frekuensi jauh lebih tinggi dari frekuensi sinyal informasi. Berbeda dengan sinyal suara yang mempunyai frekuensi beragam / variabel dengan range 20 Hz hingga 20 kHz, sinyal carrier ditentukan pada satu frekuensi saja. Frekuensi sinyal carrier ditetapkan dalam suatu alokasi frekuensi yang ditentukan oleh badan yang berwenang.

2.2.5.7 Peak Output Power

Peak Output Power adalah daya puncak keluaran dari pulsa yang dipancarkan. Untuk kali ini, digunakan istilah *Peak Power*. *Peak Power* (P_T) sendiri adalah daya sinyal RMS dari pemancar selama waktu pulsa menyala. *Peak Power* pada gambar 2.9 ditunjukkan oleh P_0 .



Gambar 2.9. Peak Power
(Sumber: www.powersupplywiki.com)

Daya pengirim P , adalah daya RF dalam watt yang didefinisikan pada terminal input dari antenna pemancar. Umumnya level dayanya akan menjadi sedikit lebih rendah dibandingkan pada terminal output dari pemancar radar karena kerugian saluran transmisi antara pemancar dan antenna. Kebanyakan desain radar mengirimkan sederetan pulsa RF yang memiliki daya yang sama secara terus menerus. Dan mereka membuat antenna yang umumnya untuk mengirim dan menerima. Sebuah *duplexer* diperlukan untuk sistem ini untuk mengisolasi daya tinggi dari pemancar radar dengan sistem penerima yang sensitif.

Beberapa radar mengirimkan secara terus menerus, seringkali melalui antenna pemancaran dan penerimaan yang terpisah. Mereka disebut gelombang kontinu (CW)

radar. Desain ini sebagian besar beroperasi pada frekuensi tunggal, tetapi sistem CW pita lebar baru-baru ini telah dibuktikan pada frekuensi gelombang mikro. Isolasi pengiriman / penerimaan untuk aplikasi *surveillans* operasional radar CW masih menjadi masalah yang sulit.

Pemancar pulsa merupakan puncak-daya-terbatas terhadap beberapa tipikal megawatts dari daya pulsa pada band radar gelombang mikro. Meskipun hal ini mungkin terlihat seperti daya yang besar, energi pulsa yang ditransmisikan terlalu kecil untuk operasi pada rentang radar tertentu jika durasi pulsa dikurangi sampai beberapa nanodetik untuk memperoleh resolusi tinggi dalam jangkauan tertentu. Untuk alasan ini, radar resolusi tinggi biasanya mengirimkan pulsa relatif lama, dikodekan dalam fasa atau frekuensi, untuk meningkatkan energi pulsa. *Range Resolution* yang tinggi didapatkan dari sinyal yang diterima oleh suatu proses yang akan dengan istilah kompresi pulsa, yang mengurangi lebar respon dan meningkatkan SNR dari respon yang terkompresi dari poin refleksi individu dari target.

Sistem radar resolusi tinggi menempatkan kebutuhan khusus pada gelombang yang ditransmisikan dalam hal bandwidth dan stabilitas fase. *Fidelity* dalam hal fase yang tidak diinginkan dan *ripple amplitudo* atas bandwidth yang ditransmisikan dan stabilitas fase jangka pendek yang baik perlu dipertahankan dalam batas yang ditentukan, untuk menghindari kerugian di SNR, mengurangi *dynamic range*, dan distorsi dalam respon yang diproses untuk target.

Daya yang ditransmisikan dari radar *phased-array* adalah daya yang ditransmisikan dari setiap elemen *array* dikalikan dengan jumlah elemen.

2.2.5.8 Antenna Gain

Gain adalah karakter antena yang terkait dengan kemampuan antena mengarahkan radiasi sinyalnya, atau penerimaan sinyal dari arah tertentu. *Gain* bukanlah kuantitas yang dapat diukur dalam satuan fisis pada umumnya seperti watt, ohm, atau lainnya, melainkan suatu bentuk perbandingan. Oleh karena itu, satuan yang digunakan untuk *gain* adalah desibel. *Gain* dari sebuah antena adalah kualitas nyala yang besarnya lebih kecil daripada penguatan antena tersebut.

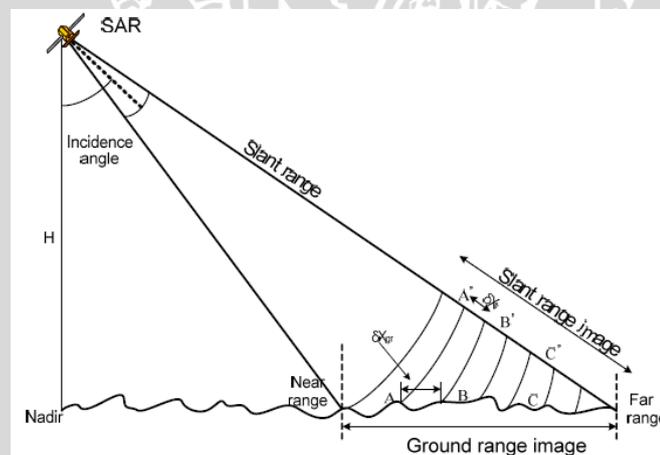
Gain dari antena (G), yang didefinisikan pada transmisi, adalah rasio maksimum intensitas radiasi relatif yang ditransmisikan dengan yang dari radiator isotropik *lossless* dengan daya RF masukan yang sama (yaitu, relatif terhadap radiator hipotetis yang

memancarkan semua daya masukan secara merata ke segala arah). Gain antenna juga merupakan *directivity* antenna yang dikalikan dengan aperture efisiensi faktor yang terkait dengan kerugian daya resistif. *Directivity* adalah rasio nilai maksimum intensitas radiasi yang ditransmisikan dengan nilai rata-rata intensitas radiasi yang ditetapkan untuk antenna pemancar.

Gain yang terkait dengan fisik aperture antenna dapat direalisasikan oleh kerapatan daya koheren yang mengintegrasikan insiden yang merata (antenna penerima) tanpa *loss* pada *aperture*. Untuk kebanyakan sistem *wideband* dengan antenna sederhana, seperti reflektor parabola dialiri oleh umpan primer tunggal, ini bisa dicapai dalam beberapa desibel. Aperture yang efektif diperoleh dengan antenna *array narrowband* yang besar dengan mode *phase-steered* bahkan lebih mendekati aperture fisik, tetapi *bandwidth* inheren terbatas untuk berbagai pesawat konvensional aperture yang dikendalikan oleh *phase-shifter* di aperturennya.

2.2.5.9 Slant Range Center

Slant Range Center adalah besar jarak terdekat dari radar menuju target objek. *Slant Range Center* dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Gambar *Slant Range*
(Sumber: Sun H. Song, Tae B. Oh, Young K. Kwag)

Dari gambar terlihat *incidence angle* θ_i dan telah dijelaskan sebelumnya bahwa besar *incidence angle* θ_i dengan besar *Look Angle* θ_{LA} memiliki besar yang sama. Maka secara matematis *Slant Range Center* digambarkan dengan rumus berikut ini :

$$R_C = \frac{h}{\cos \theta_{LA}} \quad (2.1)$$

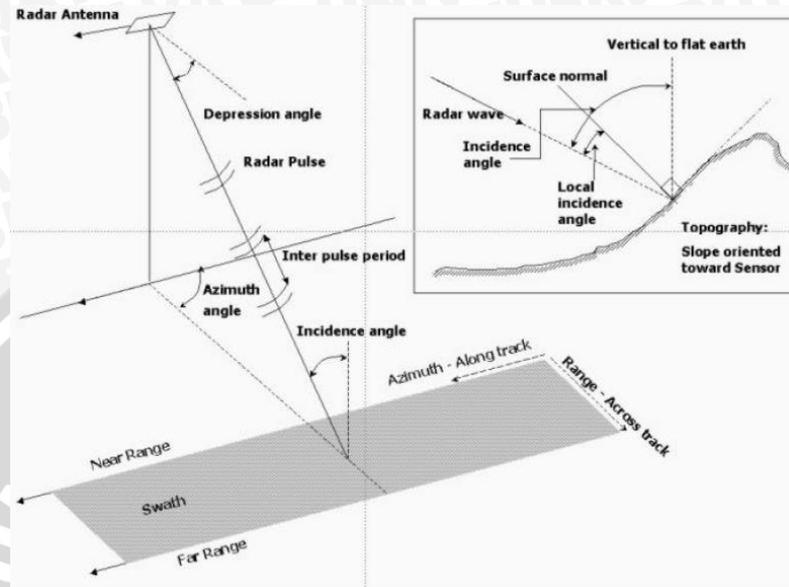
Keterangan :

R_C : *Slant Range Center* (m)

h : Ketinggian radar (m)

θ_{LA} : Look Angle ($^{\circ}$)

2.2.5.10 Maximum Slant Range



Gambar 2.11. Near Range dan Far Range
(Sumber : Kul INDERAJA)

Maximum Slant Range adalah besar jarak maksimum yang dapat disapu oleh sebuah pulsa yang sejajar dengan letak objek sapuan. Pada Gambar 2.11 dilambangkan dengan istilah *Far Range*. Untuk perhitungan *Maximum Slant Range* dibutuhkan nilai *Look Angle* dan *Elevation Beamwidth*. *Elevation Beamwidth* adalah besar beamwidth pulsa yang dipancarkan dilihat pada sumbu *range*. *Elevation Beamwidth* sendiri dapat dilihat pada Gambar 2.8.

$$R_{max} = \frac{h}{\cos(\theta_{LA} + \frac{\vartheta_{ra}}{2})} \quad (2.2)$$

Keterangan:

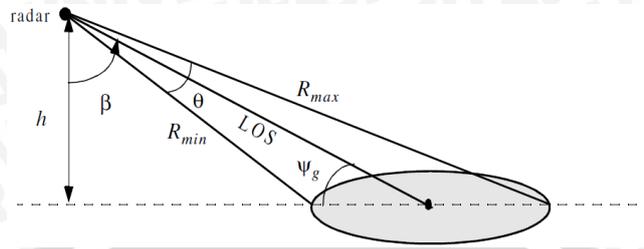
R_{max} : *Maximum Slant Range* (m)

ϑ_{ra} : *Elevation Beamwidth* ($^{\circ}$)

2.2.5.11 Minimum Slant Range

Suatu radar mengirim pulse terhadap target memiliki sebuah besaran beamwidth yang menyebabkan suatu sapuan radar tidak hanya sebuah garis lurus saja tetapi memiliki sebuah luasan. Dalam luasan tersebut, terdapat jarak minimum dan jarak maksimum yang didapatkan dari hasil pancaran pulsa yang tergantung beamwidthnya.

Minimum Slant Range adalah besar jarak minimum yang dapat disapu oleh sebuah pulsa yang sejajar dengan letak objek sapuan. Pada Gambar 2.12 dilambangkan dengan istilah *Near Range*.



Gambar 2.12. Definisi range minimum dan maksimum

(Sumber : Bessem R. Mahafza)

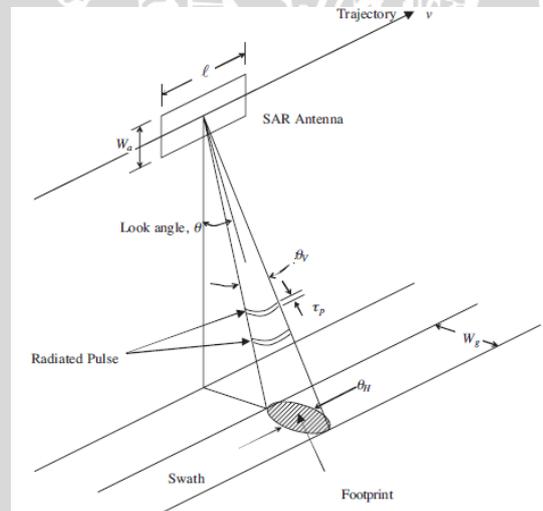
$$R_{min} = \frac{h}{\cos(\theta_{LA} - \frac{\vartheta_{ra}}{2})} \quad (2.3)$$

Keterangan:

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

2.2.5.12 Ground Swath Width

Ground Swath Width adalah besar lebar sapuan pada sumbu *range* yang dapat dilakukan oleh radar di permukaan bumi. Pada Gambar 2.13 ditunjukkan dengan *Swath*.



Gambar 2.13. Pencitraan geometri radar

(Sumber: Y. K. Chan and V. C. Koo)

$$W_g = x_{max} - x_{min} \quad (2.4)$$

$$x_{max} = R_{max} \sin(\theta_{LA} + \frac{\vartheta_{ra}}{2}) \quad (2.5)$$

$$x_{min} = R_{min} \sin(\theta_{LA} - \frac{\vartheta_{ra}}{2}) \quad (2.6)$$

Keterangan:

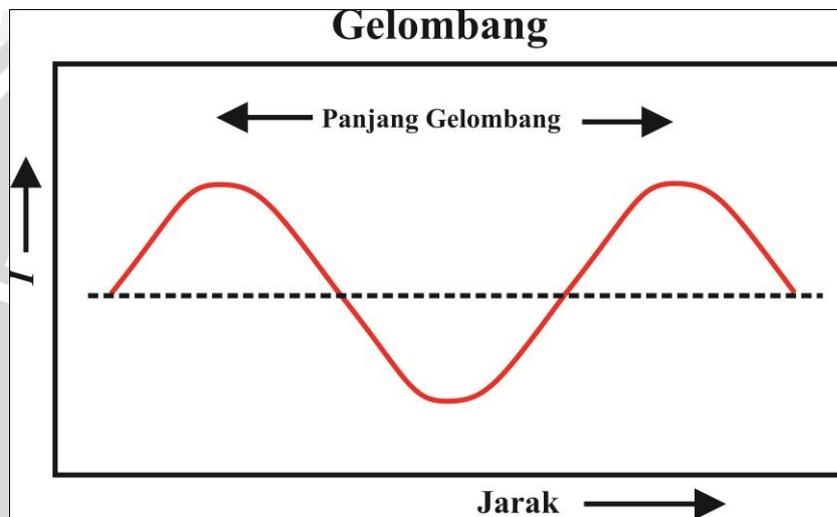
W_g : *Ground Swath Width* (m)

x_{max} : *Maximum Range* (m)

x_{min} : *Minimum Range* (m)

2.2.5.13 Wavelength

Panjang gelombang adalah sebuah jarak antara satuan berulang dari sebuah pola gelombang. Biasanya memiliki denotasi huruf Yunani *lambda* (λ). Dalam sebuah gelombang sinus, panjang gelombang adalah jarak antara puncak seperti gambar 2.14.



Gambar 2.14. Gelombang
(Sumber : www.id.wikipedia.org)

Axis x mewakili panjang, dan I mewakili kuantitas yang bervariasi (misalnya tekanan udara untuk sebuah gelombang suara atau kekuatan listrik atau medan magnet untuk cahaya), pada suatu titik dalam fungsi waktu x .

Panjang gelombang λ berbanding terbalik terhadap frekuensi f , jumlah puncak untuk melewati sebuah titik dalam sebuah waktu yang diberikan. Panjang gelombang sama dengan kecepatan jenis gelombang dibagi oleh frekuensi gelombang. Ketika berhadapan dengan radiasi elektromagnetik dalam ruang hampa, kecepatan ini adalah kecepatan cahaya c , untuk sinyal (gelombang) di udara, ini merupakan kecepatan suara di udara.

Untuk panjang gelombang dalam radar sendiri, diketahui bahwa daya sinyal berbanding lurus dengan panjang gelombang jika semua parameter lainnya tetap atau konstan. Dari pernyataan tersebut timbul dapat menimbulkan pertanyaan apakah ini bisa menghasilkan respon distorsi yang diproses ke sasaran. Pusat gelombang radar

wideband umumnya akan berkisar dari sekitar sepertiga meter ke bawah. Di atas satu meter bandwidth fraksional yang diperlukan untuk mencapai berbagai resolusi yang lebih baik dari beberapa meter cenderung menjadi terlalu tinggi untuk desain radar praktis. Namun, bahkan pada sepertiga meter, kekuatan sinyal echo dihitung bervariasi secara signifikan selama rentang nilai panjang gelombang yang terkait dengan bandwidth yang dibutuhkan untuk resolusi rentang tinggi (misalnya, dengan hampir kelipatan dua untuk satu-setengah meter range resolusi).

Sebenarnya, situasinya lebih rumit. Pertama, target RCS adalah fungsi kompleks panjang gelombang. Kedua, *gain* antena dari *aperture* ideal berbanding terbalik dengan kuadrat panjang gelombang. Pemahaman yang lebih baik dari masalah ini diperoleh dengan menyatakan dalam hal antena penerima *aperture*, yang untuk sebagian besar aplikasi radar bernilai konstan. Besar daya sinyal sendiri adalah sebagai berikut.

$$S = \frac{P_1 \left(\frac{4\pi A}{\lambda^2} \right)^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4 L} = \frac{P_1 A^2 \sigma}{4\pi \lambda^2 R^4 L} \quad (2.7)$$

Dari persamaan ini, daya sinyal echo, dengan asumsi *Aperture* yang efektif tetap, dapat dilihat bervariasi terbalik bukan langsung dengan kuadrat dari panjang gelombang.

Tiga kondisi antena penerima dapat ditemui dibandingkan dengan panjang gelombang:

- (1) *aperture* yang konstan (antena besar)
- (2) *gain* yang konstan (antena kecil)
- (3) variabel *aperture* dan *gain* (antena menengah)

Hanya pada kondisi pertama biasanya berlaku untuk desain radar dengan operasional resolusi tinggi. Untuk banyak tujuan, bandwidth fraksional dan dengan demikian panjang gelombang fraksional kurang dari 20%. Variasi daya yang dihasilkan echo pada panjang gelombang untuk *aperture* konstan kurang dari 2 dB. Meskipun hal ini mungkin tampak signifikan, biasanya tidak menjadi pertimbangan utama bagi sebagian besar desain radar *wideband*.

$$\lambda = \frac{c}{f_c} \quad (2.8)$$

Keterangan:

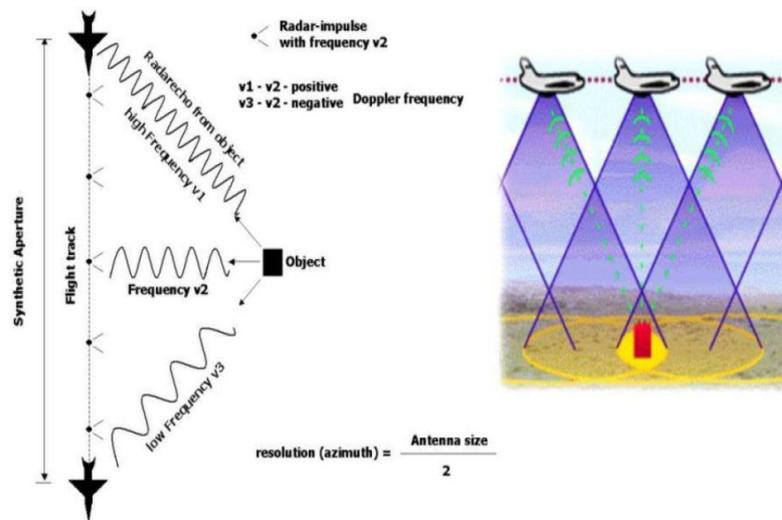
λ : *Wavelength* (m)

c : Kecepatan Cahaya (3.10^8 m/s)

f_c : Carrier Frequency (Hz)

2.2.5.14 Synthetic Aperture Length

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



Gambar 2.15. Skema perekaman radar
(Sumber : Kul INDERAJA)

$$L_{syn} = \frac{\lambda R_C}{\lambda / \vartheta_{az}} \quad (2.9)$$

Keterangan:

L_{syn} : Synthetic Aperture Length (m)

ϑ_{az} : Azimuth Beamwidth (rad)

2.2.5.15 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.

$$is = W_g A_D \quad (2.10)$$

Keterangan:

is : Image Size (m^2)

A_D : Total Azimuth Distance (m)

2.2.5.16 Antenna Length

Antenna Length adalah besar panjang antena yang dapat diketahui melalui besar beamwidth pada sudut azimuthnya. Berikut adalah rumusnya.

$$l = \frac{\lambda}{\vartheta_{az}} \quad (2.11)$$

Keterangan:

l : *Antenna Length* (m)

ϑ_{az} : *Azimuth Beamwidth* (rad)

2.2.5.17 Antenna Width

Antenna Width adalah besar lebar antena yang dapat diketahui melalui besar beamwidth pada sudut rangenya. Berikut adalah rumusnya.

$$w = \frac{\lambda}{\vartheta_{ra}} \quad (2.12)$$

Keterangan:

w : *Antenna Width* (m)

ϑ_{ra} : *Elevation Beamwidth* (rad)

2.2.5.18 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. Dalam beberapa sistem dan model, PRF akan selalu tetap, dan dapat pula berubah-ubah. Persamaan dalam perhitungan *Average RF Power* dapat dilihat dibawah ini.

$$P_{ave} = P_{op} C_p PRF \quad (2.13)$$

Keterangan:

P_{ave} : *Average RF Power* (Watt)

C_p : *Pulsewidth* (s)

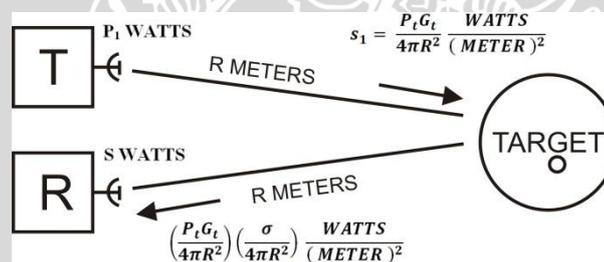
PRF : *Pulse Repetition Frequency* (Hz)

2.2.5.19 Signal Power

Gambar 2.16 menggambarkan salah satu metode turunan dari daya echo radar yang diterima dalam kondisi propagasi ruang hampa. Daya RF dalam watt dari pemancar adalah P_t . Insiden rapat daya di target pada kisaran R dalam satuan meter untuk transmisi antenna gain G , ke arah sasaran diberikan dalam watt per meter persegi dirumuskan sebagai berikut:

$$s_t = \frac{P_t G_t}{4\pi R^2} \quad (2.14)$$

Target menyebarkan daya gelombang datang ke segala arah, termasuk kembali ke radar. Pada titik ini kita asumsikan bahwa sasaran pada suatu kisaran R cukup kecil sehingga dapat merata diterangi oleh beam radar antenna dan bahwa dengan batas *range-delay* yang relatif kecil dibandingkan *pulse width* yang ditransmisikan (juga disebut *pulse length* dan *pulse duration*). Daya yang tersebar ke arah radar dari target *radar cross section* (RCS), yang terlihat oleh radar, dari σ dalam meter persegi sehingga kemudian $s_1 \sigma$. sehingga kepadatan daya echo dalam watt per meter persegi di radar antenna penerima dari persamaan 2.14 menjadi s_1 yang dirumuskan



Gambar 2.16. Elemen persamaan radar
(Sumber : Donald R. Wehner)

$$G = \frac{4\pi A}{\lambda^2} \quad (2.15)$$

$$A = \frac{\lambda^2 G_r}{4\pi} (\text{METERS})^2 \quad (2.16)$$

$$S = \left(\frac{P_t G_t}{4\pi^2}\right) \left(\frac{\sigma}{4\pi R^2}\right) (A) \text{ WATTS} \quad (2.17)$$

$$= \left(\frac{P_t G_t}{4\pi^2}\right) \left(\frac{\sigma}{4\pi R^2}\right) \left(\frac{\lambda^2 G_r}{4\pi}\right) \text{ WATTS}$$

$$= \left(\frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{4\pi^2}\right) \text{ WATTS FOR } G_t = G_r$$

$$S_1 = s_1 \sigma \times \frac{1}{4\pi R^2} = \frac{P_1 G_1}{4\pi R^2} \sigma \times \frac{1}{4\pi R^2} \quad (2.18)$$

Daya echo yang diterima dalam watt pada terminal antenna penerima efektif aperture A dalam meter persegi yang menghadap target adalah

$$S = s_1 A = \frac{P_1 G_1}{4\pi R^2} \sigma \times \frac{1}{4\pi R^2} \times A \quad (2.19)$$

Antena aperture efektif, yang didefinisikan untuk penerimaan, adalah rasio dari daya yang diterima yang disampaikan pada terminal antenna dengan rapat daya gelombang datang. Dari teori dasar antenna, *gain* dari antenna berkaitan dengan efektif aperture antenna A dengan rumus berikut:

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} A \quad 2. (20)$$

Aperture efektif antenna yang besar dalam hal panjang gelombang dapat mendekati aperture antenna fisik dari antenna merata, penerangan area *inphase* dan rugi termal rendah. Daya echo yang diterima pada antenna penerima dengan gain G, dari persamaan 2.19 dan persamaan 2.20 dinyatakan sebagai

$$S = \frac{P_1 G_1}{4\pi R^2} \sigma \times \frac{1}{4\pi R^2} \times \frac{\lambda^2 G_1}{4\pi} = \frac{P_1 G_1 G_r \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4} \quad (2.21)$$

Gain antenna untuk radar monostatic, di mana satu antenna digunakan untuk mengirim maupun menerima, adalah $G = G_1 = G_r$. Daya echo sinyal yang diterima berdasarkan persamaan 2.21, bila diterapkan pada radar monostatic, karena itu menjadi

$$S = \frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4} \quad (2.22)$$

$$S_{dB} = 10 \log S \quad (2.23)$$

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)

2.2.5.20 Noise Power

Noise adalah sinyal-sinyal yang tidak diinginkan yang selalu ada dalam suatu sistem transmisi. *Noise* ini akan mengganggu kualitas dari sinyal terima yang diinginkan dan akhirnya mengganggu proses penerimaan dan pengiriman data.

Noise Power sendiri adalah besar daya dari sinyal gangguan yang ada. *Noise* ini dapat diperkirakan melalui parameter-parameter tertentu. Berikut adalah rumus untuk mengetahui salah satu *Noise*:

$$N_0 = kT_0B_nF \quad (2.24)$$

$$N_{0dB} = 10 \log (kT_0) + 10 \log B_n + NF \quad (2.25)$$

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*

2.2.5.21 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. Satuan dari SNR ini biasanya dalam dB.

$$SNR = \frac{S}{N_0} \quad (2.26)$$

$$SNR_{dB} = 10 \log (SNR) = S_{dB} - N_{0dB} \quad (2.27)$$

Keterangan:

SNR : *Signal To Noise Ratio*

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

2.2.5.22 Bandwidth Doppler

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

$$B_D = \frac{2v}{l} \quad (2.28)$$

Keterangan:

B_D : *Bandwidth Doppler* (Hz)

v : *Platform Speed* (m/s)

2.2.5.23 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.

$$T_s = \left(\frac{2R_{min} 10^{-6}}{c} \right) \quad (2.29)$$

Keterangan:

T_s : *Start Sampling* (s)

2.2.5.24 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.

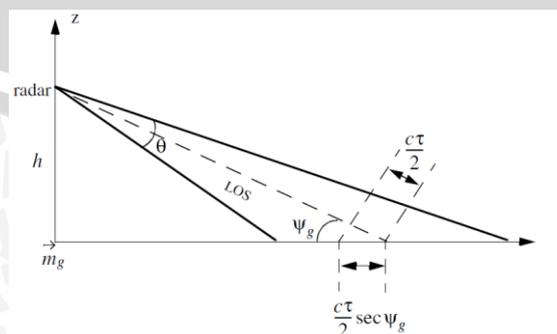
$$T_f = \left(\frac{2R_{max} 10^{-6}}{c} \right) \quad (2.30)$$

Keterangan:

T_f : *Stop Sampling* (s)

2.2.5.25 Slant Range Resolution

Slant Range Resolution adalah resolusi pada jarak terpendek antara radar dengan objek sapuan yang dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17. Definisi range cell di permukaan tanah
(Sumber : Bassem R. Mahafza)

Besar nilai *Slant Range Resolution* seperti ditunjukkan pada gambar adalah

$$D_s = \frac{c\tau}{2} \quad (2.31)$$

Dimana diketahui bahwa pulse width (τ) nilai nya berbanding terbalik dengan bandwidth (B_n).

$$\tau = \frac{1}{B_n} \quad (2.32)$$

Sehingga didapatkan nilai *Slant Range Resolution* sebesar

$$D_s = \frac{c}{2B_n} \quad (2.33)$$

Keterangan:

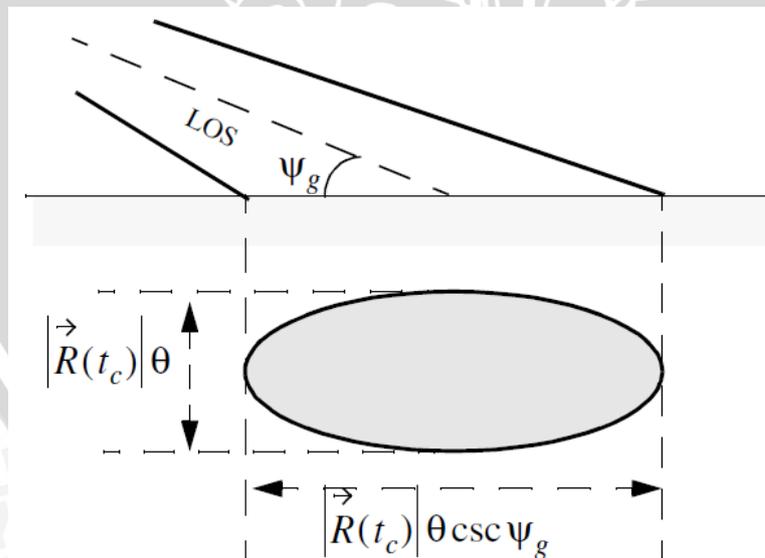
D_s : *Slant Range Resolution* (m)

2.2.5.26 Ground Resolution

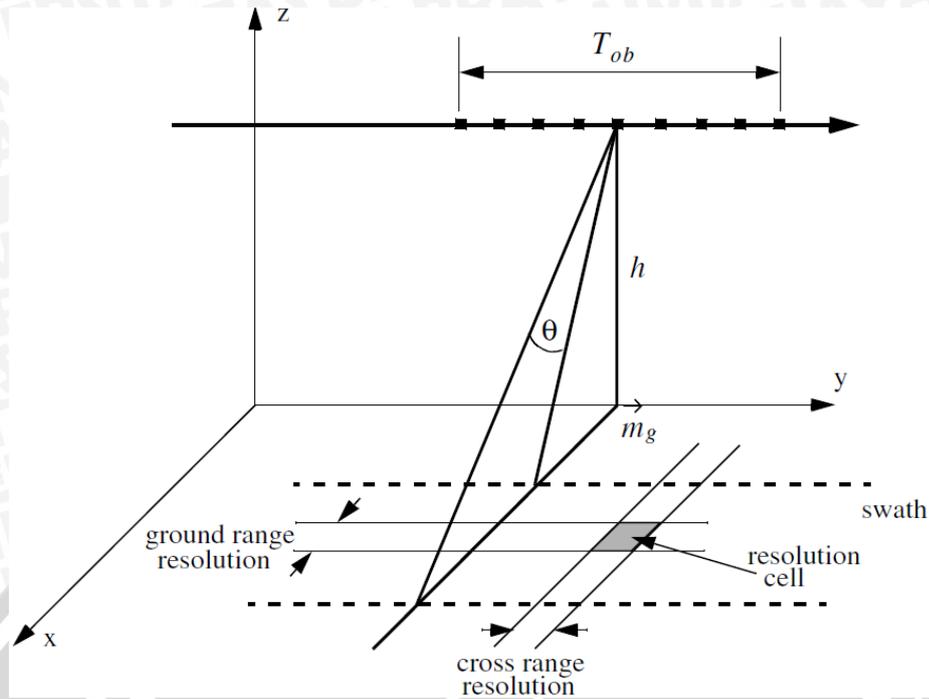
Resolusi pada arah *ground* merupakan resolusi yang melintang dengan arah terbang wahana. Dengan kata lain yaitu kemampuan dari radar untuk membedakan objek yang berlainan yang melintang lintasan wahana.

Kualitas gambar SAR sangat bergantung pada ukuran sel resolusi peta yang ditunjukkan pada Gambar 2.18. Range resolution, ΔR , dihitung pada beam LOS, dan dirumuskan sebagai berikut

$$\Delta R = (c\tau)/2 \quad (2.34)$$



Gambar 2.18. Definisi *footprint*
(Sumber : Bassem R. Mahafza)



Gambar 2.19. Definisi sel resolusi
(Sumber : Bassem R. Mahafza)

dimana τ adalah *pulse width*. Dari geometri pada Gambar 2.18. luasnya proyeksi *range cell ground* ΔR_g dihitung sebagai berikut

$$\Delta R_g = \frac{c\tau}{2} \sec \psi_g \quad (2.35)$$

Azimuth resolution atau *cross range resolution* untuk antenna sebenarnya dengan 3 dB beamwidth θ (radians) pada jarak R adalah

$$\Delta A_r = \theta R \quad (2.36)$$

Bagaimanapun juga, lebar beamwidth antenna sebanding dengan ukuran aperture,

$$\theta \approx \frac{\lambda}{L} \quad (2.37)$$

dimana λ adalah panjang gelombang dan L adalah panjang aperture.

$$\Delta A = \frac{\lambda R}{2L} \quad (2.38)$$

Dan karena ukuran efektif *synthetic aperture* adalah dua kali dari *real array*, resolusi *azimuth* untuk *synthetic array* kemudian dirumuskan

$$\Delta A_r = \frac{\lambda R}{L} \quad (2.39)$$

Dari Gambar 2.17 terlihat bahwa

$$\cos \psi_g = \sin \theta_{LA} \quad (2.40)$$

sehingga dari persamaan 2.32, persamaan 2.35 dan persamaan 2.40, didapatkan nilai

Ground Resolution (ΔR_g atau D_g)

$$D_g = \frac{c}{2B_n \sin \theta_{LA}} \quad (2.41)$$

Keterangan:

D_g : *Ground Resolution* (m)

2.2.5.27 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. Resolusi searah azimuth tergantung pada lebar sorot (β) dari gelombang mikro yang dipancarkan dan jarak dari wahana ke objek.

$$D_v = \frac{l}{2} \quad (2.42)$$

Keterangan:

D_v : *Azimuth Resolution* (m)

2.3 SCILAB

Sampai saat ini, jika membicarakan pemrograman berorientasi visual, tentu tidak jauh dari sederetan bahasa pemrograman, seperti visual basic, Delphi, visual C++, visual Fox Pro, dan lainnya yang memang didesain secara khusus untuk itu.

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. 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

Perangkat lunak ini hampir serupa dengan Matlab yang telah lebih dulu dikenal di Indonesia. Perangkat lunak ini dapat digunakan oleh berbagai kalangan, baik kalangan akademis maupun praktisi yang bergerak di bidang pemodelan komputer.

Pada awalnya Scilab dikembangkan oleh INRIA dan ENPC, Perancis, dan sekarang pengembangan dan pemeliharaan Scilab dilakukan oleh konsorsium SCILAB. Beberapa kelebihan SCILAB antara lain :

- Bebas biaya (*freecharge*)
- Tersedia untuk berbagai sistem operasi seperti Windows, Mac OS/X, Unix dan Linux

Bentuk interface default dari Scilab 5.4.1 dibagi menjadi 3 window utama yaitu : *File Browser*, *Scilab Console* dan *Variable Browser*. Pada *Variable Browser*, variabel yang telah digunakan dapat dilihat dimensi, dan tipenya. *Variable Browser* memudahkan untuk mengingat variabel yang telah digunakan, terutama jika banyak variabel yang digunakan. Jika di-klik dua kali pada salah satu variabel, maka akan dibukakan jendela *Variable Editor*. *Variable Editor* memungkinkan untuk melihat isi variabel dalam bentuk spreadsheet, selanjutnya nilai variabel-variabel dapat diubah menggunakan *Variable Editor*. Plot dapat dicapai dengan cara memilih variabel yang akan diplot lalu mengeklik tombol plot dan memilih tipe plot.

Kelengkapan pada sistem SCILAB sebagai sebuah sistem, SCILAB tersusun dari 5 bagian utama yaitu :

- *Development Environment*
- *SCILAB Mathematical Function Library*
- *SCILAB Language*
- *Graphics*
- *SCILAB Application Program Interface (API)*

Development Environment merupakan sekumpulan perangkat dan fasilitas yang membantu dalam penggunaan fungsi-fungsi dan file-file SCILAB. Beberapa perangkat ini adalah *Graphical User Interface (GUI)*. Termasuk di dalamnya adalah *SCILAB Console*, *Scipad* sebagai sebuah editor dan *debugger*, juga terdapat *application* untuk mengkonversi bahasa MATLAB menjadi SCILAB dan bantuan berupa *SCILAB help* dan *SCILAB Demonstrations*.

SCILAB Mathematical Function Library merupakan sekumpulan algoritma komputasi mulai dari fungsi-fungsi dasar seperti *sum*, *sin*, *cos*, dan *complex arithmetic*, sampai dengan fungsi-fungsi yang lebih kompleks seperti *matrix inverse*, *matrix eigenvalues*, dan *Fast Fourier Transforms*.

SCILAB Language merupakan suatu *high-level matrix / array language* dengan *control flow statement*, *functions*, *data structures*, *input/output*, dan fitur-fitur *object-*

oriented programming. Ini memungkinkan untuk melakukan kedua hal baik “pemrograman dalam lingkup sederhana” untuk mendapatkan hasil yang cepat, dan “pemrograman dalam lingkup yang lebih besar” untuk memperoleh hasil-hasil dan aplikasi yang kompleks.

Graphics merupakan salah satu fasilitas SCILAB untuk menampilkan *vector* dan *matrix* sebagai suatu grafik. Didalamnya melibatkan *high-level functions* (fungsi-fungsi level tinggi) untuk visualisasi data dua dimensi dan data tiga dimensi, *image processing*, *animation*, dan *presentation graphics*. Ini juga melibatkan fungsi level rendah yang memungkinkan untuk membiasakan diri untuk memunculkan grafik mulai dari bentuk yang sederhana sampai dengan tingkatan *Graphical User Interface* pada aplikasi SCILAB.

SCILAB *Application Program Interface* (API) merupakan suatu *library* yang memungkinkan program yang telah ditulis dalam bahasa C dan Fortran mampu berinteraksi dengan SCILAB. Ini melibatkan fasilitas untuk pemanggilan *routines* dari SCILAB (*dynamic linking*), pemanggilan SCILAB sebagai sebuah *computational engine*, dan untuk membaca serta menuliskannya.

GUIDE atau GUI builder merupakan sebuah *Graphical User Interface* (GUI) yang dibangun dengan obyek grafik seperti tombol (*button*), kotak teks, *slider*, *menu* dan lain-lain. Aplikasi yang menggunakan GUI umumnya lebih mudah dipelajari dan digunakan karena orang yang menjalankannya tidak perlu mengetahui perintah yang ada dan bagaimana kerjanya.

Komponen palet pada GUI SCILAB terdiri dari beberapa *uicontrol* (kontrol *user interface*), seperti pada bahasa pemrograman *visual* lainnya, yaitu: *pushbutton*, *togglebutton*, *radiobutton*, *checkbox*, *edit*, *text*, *slider*, *frames*, *listboxes*, *popup menu*, dan *axes* dan lainnya.

Semua kontrol pada GUIDE dapat dimunculkan pada *layout/figure* dengan cara *men-drag* kiri kontrol yang diinginkan ke *figure*. Adapun penjelasan fungsi masing-masing kontrol yang digunakan pada penulisan ini sebagai berikut:

- *.Pushbutton*

Pushbutton merupakan jenis kontrol berupa tombol tekan yang akan menghasilkan tindakan jika diklik, misalnya tombol *OK*, *Cancel*, Hitung, Hapus, dan sebagainya.

- *Radio Button*

Radio Button digunakan untuk memilih atau menandai satu pilihan dari beberapa pilihan yang ada. Misalnya, sewaktu membuat aplikasi operasi Matematika (penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian).

- *Edit dan Text*

Edit Text digunakan untuk memasukkan atau memodifikasi suatu *text* yang di-*input*-kan dari *keyboard*, sedangkan *static text* hanya berguna untuk menampilkan *text* / tulisan, sehingga tidak bisa memodifikasi / mengedit *text* tersebut kecuali melalui *property inspector*.

- *Frame*

Frame merupakan kotak tertutup yang dapat digunakan untuk mengelompokkan kontrol-kontrol yang berhubungan. Tidak seperti kontrol lainnya, *frames* tidak memiliki rutin *callback*.

- *Checkbox*

Kontrol *checkboxes* berguna jika akan menyediakan beberapa pilihan mandiri atau tidak bergantung dengan pilihan-pilihan lainnya. Contoh aplikasi penggunaan *checkboxes* adalah ketika diminta untuk memilih hobi. Karena hobi bisa lebih dari satu, maka dapat mengklik *checkboxes* lebih dari satu kali.

- *Slider*

Slider berguna jika menginginkan *input* nilai tidak menggunakan *keyboard*, tetapi hanya dengan cara menggeser *slider* secara vertikal maupun horizontal ke nilai yang diinginkan. Dengan menggunakan *slider*, akan lebih fleksibel dalam melakukan pemasukan nilai data karena dapat mengatur sendiri nilai *max* / *min*, serta *sliderstep*.

- *Popup Menu*

Popup Menu berguna menampilkan daftar pilihan yang didefinisikan pada *String Property* ketika mengklik tanda panah pada aplikasi dan memiliki fungsi yang sama seperti *radio button*. Ketika tidak dibuka, *popup menu* hanya menampilkan satu item yang menjadi pilihan pertama pada *String Property*. *Popupmenu* sangat bermanfaat ketika ingin memberi sebuah pilihan tanpa jarak, tidak seperti *radiobutton*.

- *Axes*

Axes berguna untuk menampilkan sebuah grafik atau gambar (*image*). *Axes* sebenarnya tidak masuk dalam *UIControl*, tetapi *axes* dapat memprogram agar pemakai dapat berinteraksi dengan *axes* dan obyek grafik yang ditampilkan melalui *axes*.