

Evaluasi Wilayah dan Pengenalan Lokasi untuk Keperluan Rekayasa

Ishak Hanafiah Ismullah¹⁾

Abstrak

Berbagai macam karakteristik kondisi permukaan wilayah sangat penting bagi ilmuwan atau siapapun yang bergerak di bidang tanah, khususnya geologist, geografer, teknik sipil, urban dan perencanaan tata ruang, arsitek, pengembang real estate dan semua yang ingin mengevaluasi suatu wilayah untuk berbagai penggunaan lahan. Teknik Interpretasi foto udara dan citra satelit untuk keperluan rekayasa sudah dimanfaatkan lebih dari tiga dekade, akan tetapi penggunaan citra radar dan metoda radar apertur sintetik interferometri baru saja dimulai dan sangat menjanjikan, khususnya untuk wilayah Indonesia dimana 20% dari wilayah Indonesia selalu tertutup awan sepanjang tahun. Tulisan ini mencoba menjelaskan pemanfaatan foto udara, citra satelit dan teknik radar untuk evaluasi wilayah.

Kata-kata kunci : Pencitraan Radar, Radar Apertur Sintetik Interferometris, Model Tinggi Permukaan Digital

Abstract

For the scientist or people who dealing with a certain area, the landform is really important, especially for the geologist, geographer, civil engineer, urban and regional planner, architect, real estate developer and all those who will evaluate the area for the certain land use. Aerial photo and satellite image interpretation techniques applied to engineering studies have been used since more than three decades, however the use of radar images and Interferometric Synthetic Aperture Radar (INSAR) method has just begun and become one of the promising techniques for Indonesia, this is due to 20% of Indonesia region is covered by cloud all year long. This paper explained the use of aerial photo, satellite imagery and radar techniques for terrain evaluation.

Keywords : Radar Imaging, Interferometric Synthetic Aperture Radar, Digital Elevation Model.

1. Pendahuluan

Sejak diluncurkannya satelit Landsat sekitar 30 tahun yang lalu, yang kemudian diluncurkan beberapa satelit sumber alam lainnya, sangat menunjang dan membantu kita yang bergerak dalam mengevaluasi suatu wilayah. Pada tahun-tahun terakhir ini, penggunaan sistim penginderaan jauh seperti Infra merah dan Radar, memungkinkan penginderaan untuk wilayah yang mempunyai kondisi maupun kendala tertentu. Disamping itu dengan tersedianya peralatan interpretasi baik manual maupun digital, sangat membantu dalam melakukan kajian teknis untuk suatu wilayah.

Teknik interpretasi yang diterapkan pada suatu wilayah, khususnya untuk keperluan rekayasa, dapat dikelompokkan dalam tiga kategori (Patrie, G and Kennie, 1991) :

- Inventarisasi regional (wilayah), meliputi tataguna lahan, sumber material konstruksi, jaringan hidrologi, stabilitas lereng, topografi dan kondisi tanah.
- Survey koridor untuk penelusuran dan rute lokasi jalan raya, saluran irigasi, jembatan, ataupun jaringan listrik dan rel kereta api.
- Penyelidikan lokasi jembatan, bangunan pengontrol banjir, lokasi terowongan, dan bangunan teknis lainnya.

Teknik interpretasi foto udara dan citra satelit diterapkan untuk kajian teknis, meliputi pengenalan dasar bentuk tanah, yang diindikasikan oleh elemen-elemen pola pada foto udara maupun citra satelit. Elemen-elemen tersebut terdiri dari, bentuk topografi/obyek, ukuran, ketinggian, pola jaringan hidrologi, tekstur, derajat ke-abuan (*tone*), keseragaman, jenis tumbuhan, budaya manusia, serta kondisi lingkungan.

1) Pengajar Evaluasi Kawasan pada Program Magister-S2 Sistim dan Teknik Jalan Raya – ITB.

Catatan : Usulan makalah dikirimkan pada tanggal 24 Februari 2003 dan dinilai oleh peer reviewer pada tanggal 26 Februari 2003 – 13 Mei 2003. Revisi penulisan dilakukan antara tanggal 13 Mei 2003 hingga 12 Juni 2003.

2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Hasil Interpretasi Citra

a. Kualifikasi interpreter

Jelas sekali bahwa seorang yang bertugas melakukan interpretasi citra, disamping harus berwawasan yang luas, dia harus mampu melihat stereoskopis dan tidak buta warna. Hal ini sangat berpengaruh terhadap hasil akhir.

b. Kondisi foto udara dan citra satelit

Skala foto maupun citra satelit umumnya dapat dipilih sesuai dengan tujuannya, misalnya citra satelit yang mempunyai cakupan luas, dengan skala 1 : 100.000 hingga 1 : 250.000 sangat baik untuk pengenalan liputan lahan, jaringan hidrologi dan pengenalan material konstruksi yang terdapat di lokasi tersebut.

Penggunaan foto udara skala 1 : 20.000 hingga 1 : 30.000 sangat baik untuk analisa permukaan lahan serta survey lokasi jalur/koridor maupun saluran irigasi.

Penggunaan foto udara skala 1 : 5.000 untuk kajian teknis, meliputi pengukuran profil pada skala 1 : 1.000 (perbesaran 5x dari skala foto), terutama untuk hitungan galian dan timbunan (*Cut and Fill*) serta survey perkerasan.

c. Faktor alam

Faktor alam harus dipertimbangkan dalam misi perencanaan, khususnya rencana pembuatan jalan raya. Bentuk topografi serta perubahan-perubahan yang terjadi, sangat mungkin diakibatkan oleh ketidakstabilan tanah, permukaan yang lembab, kondisi tumbuh-tumbuhan yang ada. Meskipun informasi ini didapat langsung dari satelit, namun hal ini perlu diuji lebih lanjut dengan survey langsung/pengecekan ke lapangan.

d. Pengolahan

Untuk interpretasi manual/analog sering digunakan stereoskop, baik stereoskop saku maupun stereoskop cermin. Sebagai pelengkap stereoskop cermin digunakan tongkat paralaks, yang dapat digunakan untuk mengukur paralaks suatu titik di foto udara, yang kemudian dapat dihitung ketinggian titik/lokasi tersebut. Interpretasi digital untuk citra satelit berkembang sejalan dengan berkembangnya komputer dan perangkat lunaknya, cukup mudah dan sangat cepat, sedang citra radar akan dijelaskan tersendiri pada bab berikut.

3. Pencitraan Radar

Khusus untuk Indonesia metoda ini cukup menjanjikan, karena sekitar 20 % wilayah Indonesia hampir sepanjang tahun tertutup awan, yang tidak memungkinkan dilakukan pemotretan udara secara konvensional.

Pada sistem RADAR (*Radio Detection and Ranging*), sensor mengirim sinyal dengan panjang gelombang tertentu (gelombang mikro) ke obyek/permukaan bumi dan sinyal pantulnya diterima kembali oleh sensor yang sama, sehingga sistem ini sering disebut dengan sistem aktif.

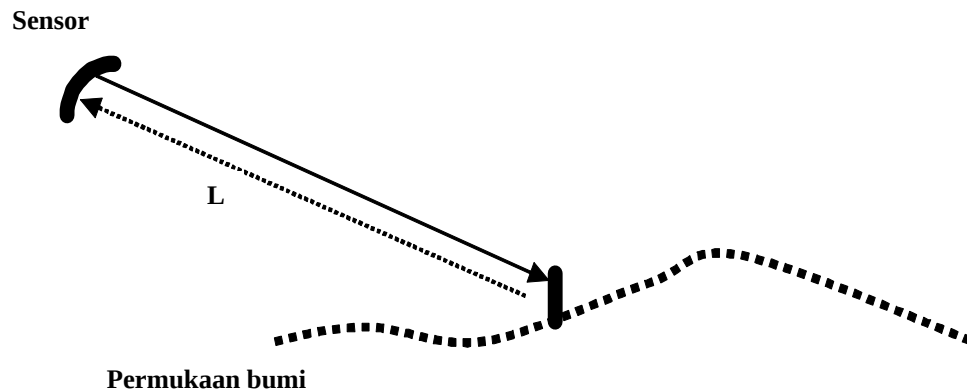
Panjang gelombang mikro yang digunakan berkisar pada rentang 1 milimeter hingga 1 meter, atau pada frekuensi sekitar 300 MHz hingga 30 GHz, dengan demikian sistem radar mampu menembus awan. Tabel-1 Di bawah ini menunjukkan Panjang gelombang dan Frekuensi yang digunakan pada sistem radar. (Ishak H. Ismullah, 2002).

3.1 Konsep radar

Prinsip utama sistem radar adalah mengukur jarak dari sensor ke target. Karena pada sistem ini menggunakan radiasi iluminasi yang dipancarkan sendiri oleh sensor, maka sistem ini tidak tergantung dari cahaya matahari. Dengan demikian sistem ini dapat bekerja terus menerus baik siang maupun malam, meski distorsi atmosfer dapat terjadi dalam sistem ini. Konsep umum cara kerja radar lihat Gambar 1.

Tabel 1. Panjang gelombang dan frekuensi yang digunakan sistem radar

Saluran	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



Gambar 1. Konsep umum cara kerja radar

(L= Penjaralan gelombang elektromagnetik dari sensor ke target dan kembali ke sensor)

Pada awalnya penggunaan sistem radar pada pemetaan/penginderaan jauh, dilakukan dengan sistem radar aperture riil (*Real Aperture Radar -RAR*), di mana pada sistem ini digunakan antena cukup panjang sekitar 4 hingga 6 meter atau lebih panjang. Makin panjang antena akan didapat resolusi makin baik (Sabin, 1978), akan tetapi sulit penempatannya di wahana, khususnya pesawat terbang.

3.2 Radar aperture sintetis (*Synthetic Aperture Radar /SAR*)

Berawal dari kelemahan pada radar aperture riil yang memerlukan antena panjang untuk mendapatkan ketelitian tinggi, maka berkembang teknik baru dalam sistem penginderaan radar dengan antena yang relatif kecil yang dinamakan radar aperture sintetis (*Synthetic Aperture Radar*).

Pada radar aperture sintetis, digunakan antena yang cukup pendek, akan tetapi dilakukan modifikasi dalam perekaman data dan teknik pengolahan, sedemikian hingga terjadi sintetisasi dan terbentuk antena yang panjang. (Hartl P, 1996).

Akibat dari pembentukan antena sintetis ini, akan terjadi lebar sorot yang sangat kecil, tanpa memerlukan antena yang panjang. Pengoperasian sistem radar aperture sintetis cukup kompleks. Prinsip utama pengoperasiannya adalah memperhitungkan gerakan wahana sepanjang lintasan, mentransformasikan antena tunggal yang cukup pendek menjadi rangkaian antena yang cukup panjang secara matematik (atau secara elektronik) sebagai bagian perekaman data dan teknik pengolahan. Pada Gambar 2 menunjukkan antena "riil" ber-urutan sepanjang lintasan wahana, dan urutan posisi antena ini diolah sehingga terbentuk antena sintetis yang panjang. Makin jauh jarak tanahnya (*ground range*), makin panjang antena sintetis yang terbentuk.

4. Radar Apertur Sintetik Interferometris

Pengembangan teknik ini pada awalnya dilakukan oleh group yang ada di JPL (*Jet Propulsion Laboratory*), dimana sistem SAR dikembangkan dengan menggunakan dua antena yang dicoba dipasang di pesawat terbang, baik melintang pesawat (*across track*) maupun memanjang pesawat (*along track*) pada tahun 1984. Jarak antara kedua antena sering disebut Basis (*Baseline*), dimana basis ini menjadi sangat penting dan sangat berpengaruh terhadap pengolahan INSAR. (Hanssen R, 2001).

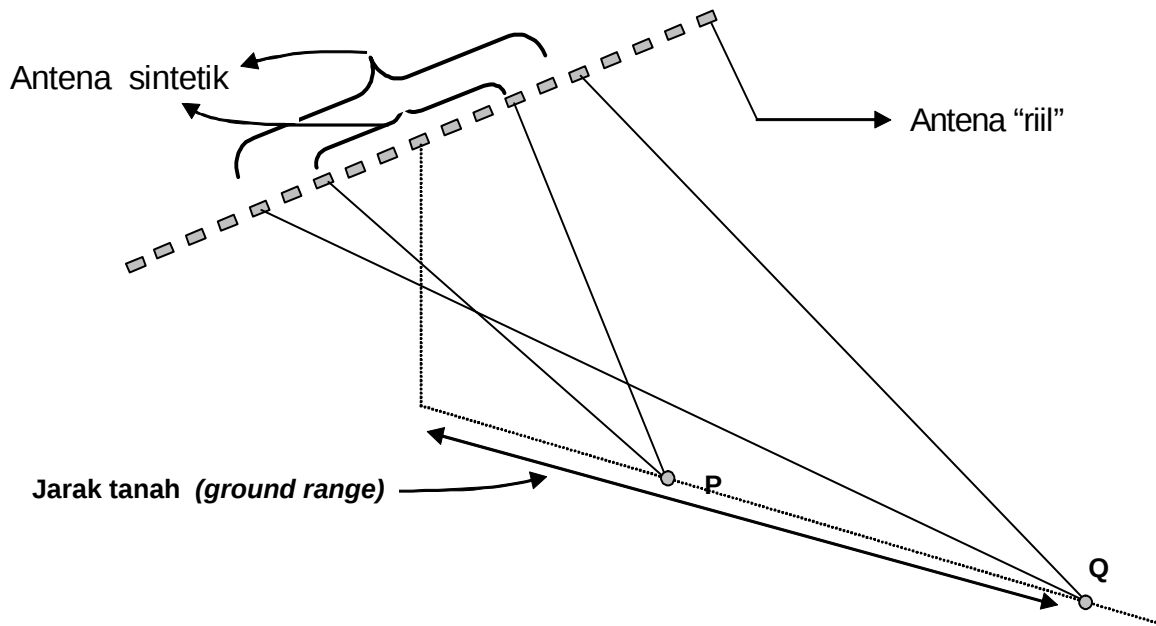
Prinsip utama dari Radar Interferometri adalah, sensor radar memancarkan gelombang mikro ke permukaan bumi melalui salah satu antena dan sinyal pantulnya di terima oleh kedua antena pada pesawat tersebut. Sinyal yang diterima oleh antena radar terdiri dari amplitudo, yang sangat tergantung dari intensitas dari sinyal pantul dari permukaan bumi, serta fasa. Dengan diketahuinya panjang gelombang dari radiasi yang dipancarkan, fasa yang terekam dapat diperhitungkan untuk mengukur jarak.

Dengan diketahuinya jarak antara pesawat dengan obyek serta jarak antara kedua antena, maka selalu dapat dihitung tinggi suatu obyek di atas suatu referensi tertentu, berdasarkan beda fasa yang dihasilkan antara pencitraan pertama (*Master*) dan pencitraan kedua (*Slave*).

Dari beda fasa yang terdapat di tiap piksel, dihitung tinggi dari setiap piksel tersebut, kemudian dengan cara yang sama dihitung semua tinggi di semua piksel, sehingga didapat suatu model tinggi permukaan digital. (*DEM-Digital Elevation Model*).

Parameter yang mempengaruhi pengolahan INSAR adalah,

1. Panjang gelombang yang digunakan



Gambar 2. Konsep rangkaian antena "riil" dalam pembentukan antena sintetik (Lillesands & Kiefer 1994)

2. Panjang Basis (jarak antara dua antena)
3. Sudut penginderaan (*Incidence angle*)
4. Beda fasa

Problem yang harus diperhatikan dalam pengolahan INSAR adalah,

- a. Pengaruh atmosfer
- b. Pengaruh beda waktu pencitraan
- c. Pengaruh Tutupan lahan (untuk daerah dengan vegetasi lebat, tidak dapat ditembus oleh panjang gelombang yang pendek).
- d. Pengaruh gerakan pesawat
- e. Pengaruh suhu

Sebagai contoh, Gambar-3 berikut ini menunjukkan hasil pengolahan radar apertur sintetik interferometris, berupa peta garis kontur dan model tinggi permukaan dijital, yang sangat membantu dalam memberikan informasi wilayah untuk keperluan rekayasa di wilayah yang selalu tertutup awan. (Untuk wilayah yang tidak berawan akan didapat hasil yang sama, tapi dengan metoda Fotogrametri).

5. Tahap-Tahap Analisa

Setiap proyek teknik merupakan hal yang unik, termasuk dalam perencanaan jalan raya. Dalam menganalisa citra untuk suatu kajian teknis dilakukan meliputi tahap-tahap sebagai berikut :

5.1 Perencanaan awal

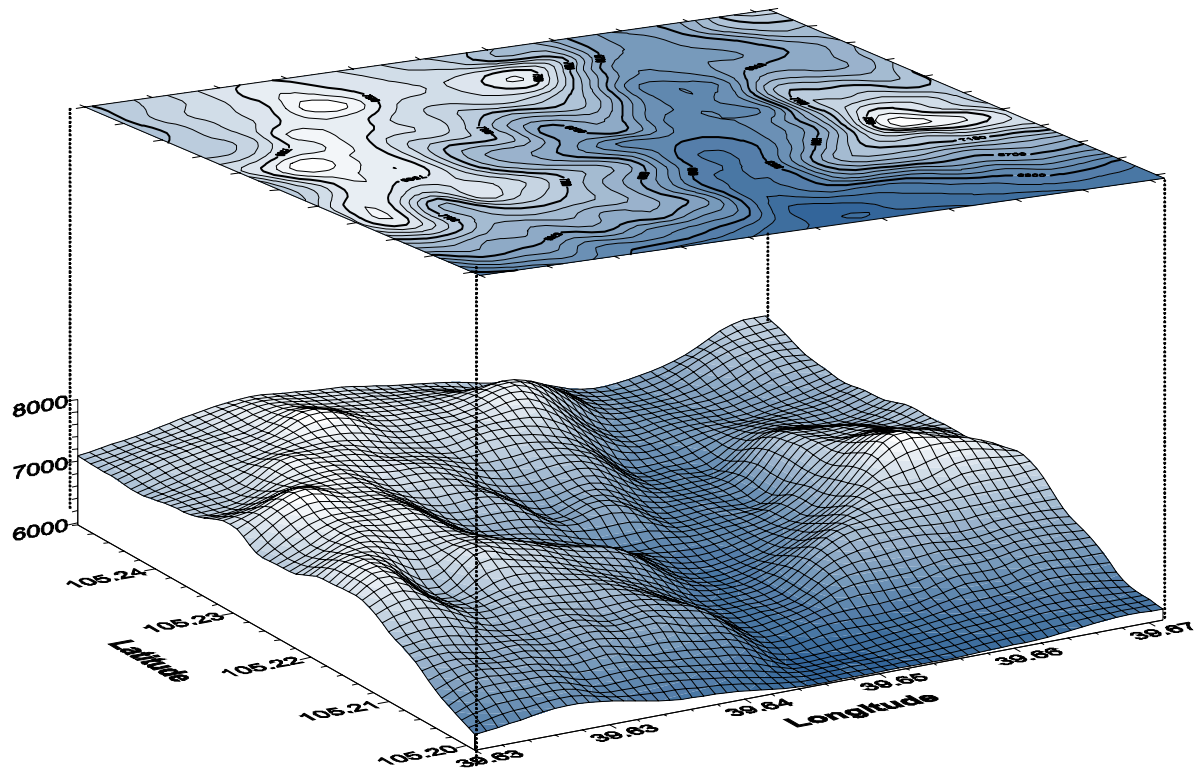
- a. Lakukan inventarisasi dalam bentuk daftar survey yang akan dilaksanakan serta faktor-faktor yang mempengaruhinya.
- b. Apakah sudah ada foto udara, citra satelit atau citra radar yang mencakup area tersebut. Bila belum, perlu dicari atau diadakan cakupan baru.
- c. Bila memang diperlukan cakupan baru, harus dipertimbangkan seperti, penggunaan sensor, musim tahunan, waktu penerbangan, skala, arah terbang, data pendukung lapangan serta analisa biaya yang berbasis efisiensi.

5.2 Pengumpulan data

- a. Mengumpulkan data pendukung di lapangan, meliputi kelembaban tanah, temperatur tanah, dimana hal ini digunakan untuk membantu interpretasi pada tahap berikutnya.
- b. Pengumpulan peta topografi jika memang daerah tersebut pernah dipetakan. Jika belum, diperlukan pengadaan citra satelit atau citra radar di daerah tersebut melalui stasiun-stasiun bumi, yang ada.

5.3 Analisa data

- a. Pembuatan mosaik meliputi wilayah yang bersangkutan. Mosaik ini diperlukan untuk tinjauan wilayah yang luas, yang berhubungan dengan kondisi geologi, iklim, lingkungan serta faktor budaya manusia. Mosaik tersebut dapat disiapkan



Gambar 3. Peta garis kontur dan model tinggi permukaan digital (DEM-Digital Elevation Model) hasil pengolahan INSAR

baik dari foto udara, citra satelit maupun citra radar. Sifat mosaik dapat terkontrol, baik posisi maupun skalanya atau tidak terkontrol, sangat tergantung pada proyeknya.

- b. Meninjau keadaan literatur untuk mengidentifikasi obyek-obyek yang ada yang berhubungan dengan informasi tentang jenis, rangkaian dan perluasan arah lateral dan tegak susunan geologi yang ada. Misalnya, tentang air tanah dan catatan pengeboran, catatan geologi dan geofisika dll.
- c. Konsep pengembangan daerah harus diperhatikan. Umumnya konsep dilakukan secara tiga dimensi, dan diperlihatkan bentuk model tiga dimensinya. Untuk hal ini sering digunakan model tinggi permukaan bumi digital dari wilayah tersebut.
- d. Melakukan analisa detail/rinci dengan menggunakan skala foto yang cukup besar (1 : 5.000) dibantu informasi lain baik survey lapangan maupun citra satelit. Pada akhir-akhir ini digunakan perangkat yang dikenal dengan Sistem Informasi Geografik, yaitu pengumpulan semua data dengan geo-referensi yang sama kemudian data-data tersebut dimanipulasi (tumpang susun/overlay) sehingga dapat dianalisa berdasarkan semua ketentuan yang ada.

6. Hasil Akhir

Secara umum hasil akhir yang diharapkan dalam proses Evaluasi wilayah dan Pengenalan lokasi untuk keperluan rekayasa, meliputi hal-hal sebagai berikut,

- a. Kondisi Topografi permukaan bumi yang mencakup wilayah tersebut. Kondisi ini secara mudah didapat dari pengolahan fotogrametri maupun penggunaan citra satelit, dengan menurunkan model tinggi permukaan bumi digital untuk wilayah tersebut.
- b. Inventarisasi material konstruksi yang terdapat di wilayah tersebut, untuk menunjang pelaksanaan konstruksi pada tahap berikutnya. Proses ini didapat melalui pengolahan interpretasi foto udara maupun interpretasi citra satelit, baik pengolahan digital maupun manual.
- c. Pembuatan peta tanah (*soil maps*) untuk wilayah tersebut serta mengevaluasinya. Dengan melakukan interpretasi foto udara digabung dengan citra satelit, dapat diturunkan peta tanah wilayah tersebut, setelah dilakukan pengecekan dilapangan (*field check*).

- d. Stabilitas lereng (*Slope stability*). Berdasarkan informasi topografi, kondisi tanah, kelembaban tanah, curah hujan, liputan lahan (vegetasi dsb), dapat diperkirakan kondisi stabilitas lereng di wilayah tersebut.
- e. Pola Jaringan air (hidrologi). Dengan bantuan model tinggi permukaan digital, dan interpretasi foto udara, cukup mudah didapat pola jaringan hidrologi dari suatu wilayah. Wilayah berair juga sangat mudah dideteksi dengan menggunakan citra infra merah.
- f. Inventarisasi sumber-sumber daya alam dan liputan lahan. Informasi sumber daya alam didapat dari pengolahan data satelit, termasuk penggunaan data yang dihasilkan oleh pencitraan dengan sensor thermal, ditambah dengan survey lapangan (*field check*).
- g. Analisa perkembangan urban. Dengan menggunakan foto udara dan citra satelit, dapat dideteksi arah perkembangan urban, dan dengan citra-citra tersebut dengan cukup mudah membantu analisa tata ruang/wilayah didaerah rencana konstruksi.

7. Kesimpulan

Dari uraian diatas dapat diambil kesimpulan, bahwa dengan adanya perkembangan pencitraan satelit yang mempunyai resolusi spasial maupun resolusi spektral yang makin tinggi, akan menunjang pengadaan informasi yang lebih detail dengan keakuratan yang makin tinggi. Disamping itu data-data satelit makin mudah didapat dan cenderung makin “murah”, mengingat bahwa saat ini sangat banyak stasiun bumi, baik di Indonesia maupun di sekitar wilayah Indonesia (Singapura, Thailand, Australia, India).

Pengadaan foto udara dan pengolahannya cukup mudah di Indonesia, terutama untuk daerah-daerah yang “cerah”. Sedangkan untuk wilayah yang selalu tertutup awan, hanya dapat diatasi dengan survey langsung ke lapangan, atau dengan pemanfaatan citra radar.

Mengingat bahwa penggunaan citra foto udara maupun citra satelit dapat dikatakan tanpa kontak langsung ke lapangan, maka unsur perselisihan yang sering terjadi di lapangan dapat diperkecil, terutama dalam hitungan luas area yang menyangkut masalah pemilikan tanah dan ganti rugi.

Daftar Pustaka

- Hanssen, R., 2001, “*Radar Interferometry Data Interpretation and Error Analysis*”, Kluwer Academi Publisher. Dordrecht, The Netherlands.
- Hartl, P., 1996, “*Synthetic Aperture Radar, Theory and Applications*”, Faculty of Geodesy-Delf University of Technology, Lecture Note.
- Ishak H. Ismullah, 2002, “*Model Tinggi Permukaan Dijital Hasil Pengolahan Radar Interferometri Satelit, Studi Kasus Wilayah Gunung Cikurai – Jawa Barat*”. Disertasi Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Bandung.
- Lillesands T.M. and R.W. Kiefer, 1994, “*Remote Sensing and Image Interpretation*”, John Wiley and Son. New York, USA.
- Petrie, G and T.J.M. Kennie, 1991, “*Terrain Modeling in Surveying and Civil Engineering*”. McGraw-Hill, Inc. London, England.
- Sabin, F., 1978, “*Remote Sensing Principles and Interpretation*”, W.H. Freeman and Company, San Francisco, USA.