

PENGENALAN TEKNOLOGI RADAR UNTUK PEMETAAN SPASIAL DI KAWASAN TROPIS

Haniah, Yudo Prasetyo *)

Abstract

For tropical areas that often cloudy and experiencing rain, sensors based on optical satellite remote sensing often encounter difficulties. This sensor is not able to optimally image region of interest due to clouds and rain obscured. Instead of wave-based sensor that uses microwave active sensors such as Radio Detection and Ranging (RADAR) has advantages capable to image in various weather conditions, day and night, including coverage through the thick clouds and rain. Therefore, the radar system can help assess the level of physical and non physical damage a wider area in quick time so that the scale of regional management priorities can be determined effectively and efficiently. Ability of SAR to penetrate clouds, covering the surface of the earth with their own signals, and can accurately measure distances, making the SAR is used for various applications, such as: Monitoring of ice at sea, cartography, surface deformation detection, monitoring of glaciers, food crop production forecasting, mapping forest, ocean wave spectral, city planning, monitoring, disaster monitoring and shoreline

Key words: Mapping, Radar, SAR, Sensor, Tropical

Pendahuluan

Radars atau *radio detection and ranging* dapat berupa suatu teknik atau alat (Hanssen, 2001). Gelombang elektromagnetik yang dipancarkan radar berupa gelombang radio dan gelombang mikro. Pantulan dari gelombang yang dipancarkan tadi digunakan untuk mendeteksi objek.

Radars pada awalnya dikembangkan saat perang dunia ke II tahun 1940. Penggunaan radar sebagai sensor untuk melakukan penginderaan jauh kemudian semakin berkembang, *Real Aperture Radar* (RAR) yang disebut juga *Side Looking Airborne Radar* (SLAR) muncul. Tidak berhenti disitu, pada tahun 1970 *Jet Propulsion Laboratory* melakukan penelitian untuk mengembangkan RAR menjadi SAR (*Synthetic Aperture Radar*).

Salah satu metode dari SAR yang saat ini sedang berkembang adalah InSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*). InSAR adalah teknik penginderaan jauh yang menggunakan citra hasil dari satelit radar, untuk mengekstraksi informasi tiga dimensi dari permukaan bumi dengan pengamatan fasa gelombang radar.

Citra yang diperoleh dari satelit radar berisi dua informasi penting. Informasi tersebut adalah daya sinyal pancar berupa fasa dan amplitudo yang dipengaruhi oleh banyaknya gelombang yang dipancarkan serta dipantulkan kembali. Pada saat gelombang dipancarkan dilakukan pengukuran fasa. Untuk mengukur deformasi permukaan bumi dengan InSAR, menggunakan metode pengulangan lintasan (*repeat-pass*) dimana wahana melintas pada posisi yang hampir sama pada dua waktu yang berbeda. *Digital Elevation Model* (DEM) diperoleh dari pasangan citra SAR A dan B dimana citra SAR A dan B tersebut diambil dalam waktu yang relatif singkat. Dari pasangan citra tersebut, hanya diperoleh infor-

masi topografi permukaan bumi, namun pengaruh deformasi tidak terlihat. Untuk mengetahui adanya deformasi, maka citra A harus dipasangkan dengan citra C dimana citra C merupakan citra SAR yang diperoleh dalam selang waktu yang cukup lama setelah pengambilannya citra A dan B, sehingga dengan membandingkan citra A dan C diperoleh informasi tentang adanya deformasi permukaan bumi. Dengan pengurangan interferogram hasil pasangan citra tersebut dapat digunakan untuk mendeteksi deformasi dengan ketelitian yang cukup tinggi. Metode tersebut dikenal dengan *Differential InSAR*.

Berbagai macam karakteristik kondisi permukaan wilayah sangat penting bagi setiap disiplin ilmu 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 metode InSAR baru saja dimulai dan sangat menjanjikan, khususnya untuk wilayah Indonesia, dimana 20% untuk wilayah Indonesia selalu tertutup awan sepanjang tahun.

Teknologi Radar

Radars

Radars (*Radio Detection And Ranging*) bekerja pada gelombang elektromagnetik berupa gelombang radio dan gelombang mikro, dengan panjang gelombang beberapa milimeter 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.

1. Panjang Gelombang dan Frekuensi

Besar kecilnya panjang gelombang elektromagnetik mempengaruhi terhadap penetrasi gelombang tersebut pada objek di permukaan bumi. Semakin besar panjang gelombang yang diguna-

*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

kan maka semakin kuat daya penetrasi gelombang tersebut.

Panjang gelombang dikelompokkan menurut band - band. 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.

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

Aplikasi dari band-band tersebut pada sistem radar dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut :

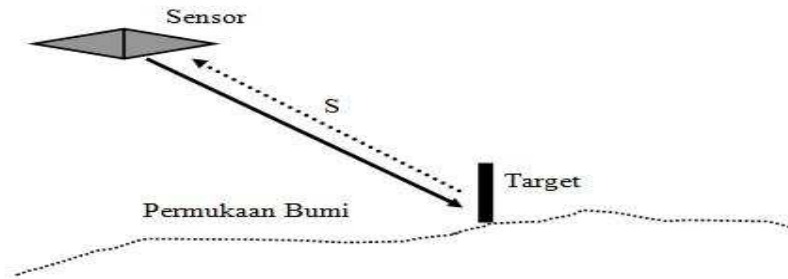
Tabel 2.2 Aplikasi-aplikasi gelombang radar

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 ERS1 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

2. Pencitraan dengan Radar

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 penjarannya mulai dari sensor sampai ke target dan kembali lagi ke sensor.



Gambar Cara kerja radar. Sensor memancarkan gelombang elektromagnetik ke target dan diterima kembali oleh sensor untuk menentukan jarak (S)

Pengukuran jarak antara sensor dengan target menggunakan rumus :

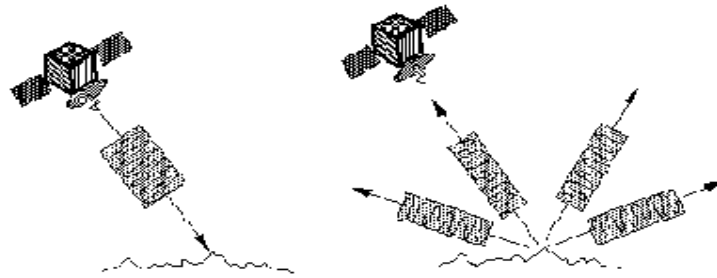
$$S = \frac{c\Delta t}{2} \quad (1)$$

c = Kecepatan cahaya.

S = Jarak antara sensor dengan target di permukaan bumi.

Δt = Waktu tempuh gelombang elektromagnetik.

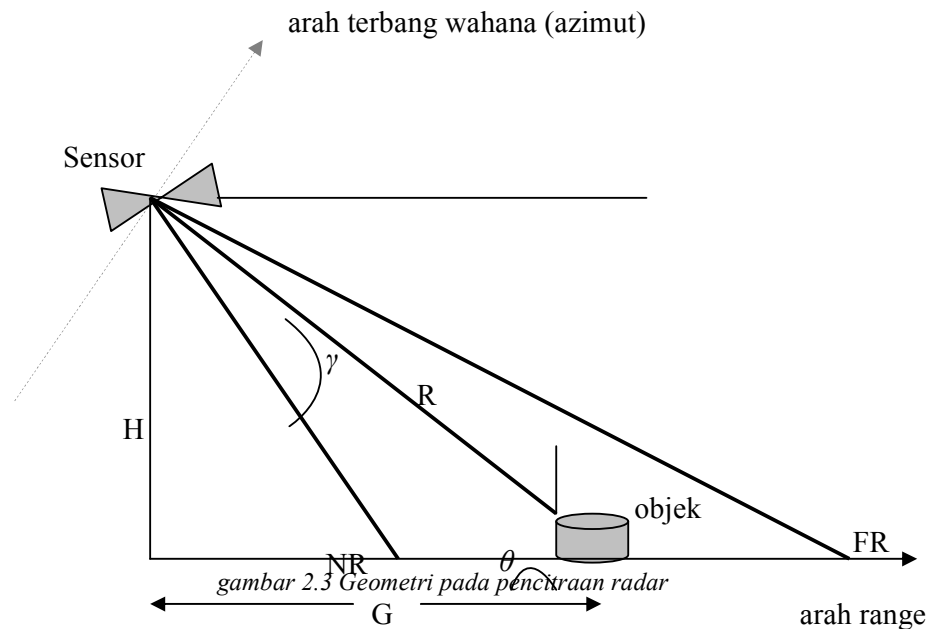
Pada permukaan bumi, pulsa gelombang radar dipancarkan ke segala arah, sebagian pantulannya diterima kembali oleh sensor. Intensitas dari gelombang pantulan ini sangat lemah dibandingkan ketika dipancarkan.



Gambar Gelombang radar yang dipancarkan satelit, kemudian dipantulkan kembali kesegala arah oleh permukaan bumi dan sebagian diterima kembali oleh satelit

Ketika wahana memancarkan radar, memiliki bentuk geometri tersendiri. Berikut ini adalah faktor-faktor geometri pada pencitraan radar, yaitu :

- Incidence Angle
Merupakan sudut yang dibentuk antara pancaran gelombang radar dengan garis yang tegak lurus terhadap permukaan objek.
- Depression Angle
Adalah sudut yang dibentuk dari arah horizontal ke arah garis pancaran gelombang radar.
- Look Angle
Merupakan sudut antara utara geografis dan arah pancaran gelombang radar atau dengan garis yang tegak lurus arah terbang wahana.
- Look Direction
Merupakan arah antena saat melakukan pencitraan



Dengan :

θ = Incidence angle
 γ = Depression angle
 H = Tinggi terbang
 G = Ground range

FR = far Range
 R = slant range
 NR = Near Range

3. 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.

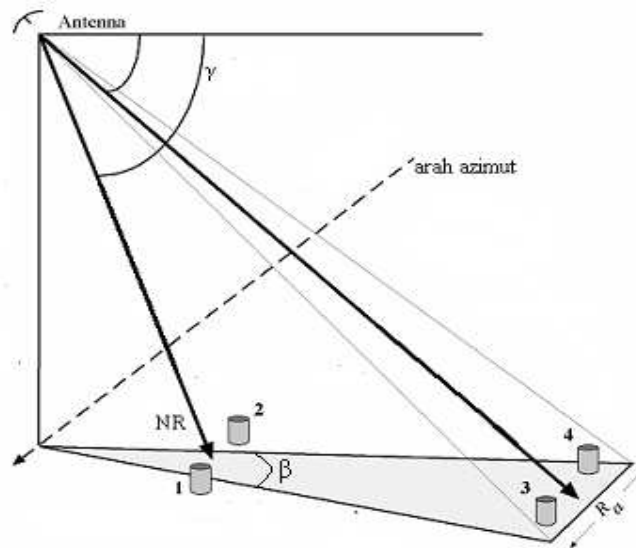
Resolusi radar terbagi atas 2 bagian menurut arahnya, yaitu :

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

Resolusi Searah Lintasan (*Azimuth Resolution*)

Resolusi pada arah azimuth (r_a) 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.



Gambar Resolusi searah lintasan (*Azimuth Resolution*)

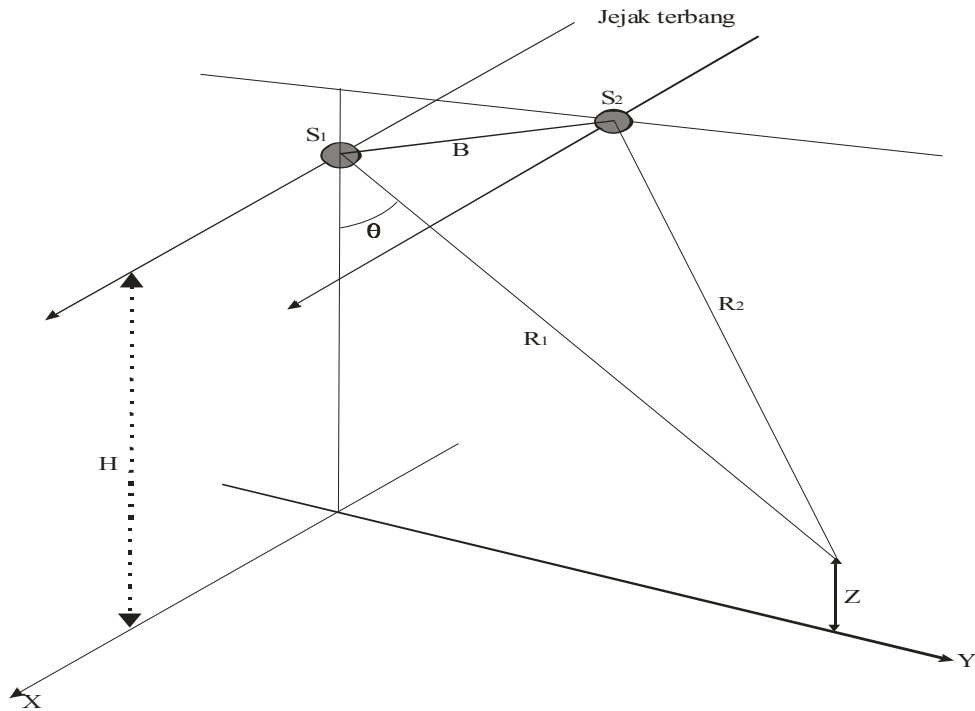
Dari gambar 2.4 diatas terlihat bahwa semakin besar lebar sorot (β) akan mengakibatkan resolusi azimuth yang rendah. Begitu pula semakin jauh objek dari antenna maka resolusi azimuth akan semakin besar (resolusinya rendah). Pada gambar 2.4, objek 1 dan 2 bisa dipisahkan (tampak sebagai dua objek yang berbeda), namun objek 3 dan 4 tidak bisa dibedakan masing-masing objeknya, sehingga tampak sebagai satu objek.

InSAR dan DInSAR

Interferometry Synthetic Aperture Radar (InSAR)
InSAR merupakan suatu teknik penginderaan jauh yang digunakan untuk mengekstreksi informasi tiga dimensi dari permukaan bumi dengan pengamatan fasa gelombang radar. Pada awalnya radar interfero-

metri digunakan untuk pengamatan permukaan bulan dan planet venus. Pada tahun 1974 teknik ini diaplikasikan pertama kali di bidang pemetaan. Agar diperoleh topografi dari citra, harus dipenuhi dua buah syarat, yaitu objek di permukaan bumi yang akan dicitrakan dapat terlihat dengan jelas, dan bentuk geometri pengamatan citra tersebut memiliki posisi tiga dimensi yang cukup sehingga daerah yang dipetakan dapat diketahui topografinya. Kedua hal tersebut hanya dapat dipenuhi oleh teknik InSAR.

Teknik interferometri mencitrakan suatu objek di permukaan bumi dengan cara melakukan pengamatan terhadap beda fasa dua gelombang pendar yang berasal dari satu objek.



Gambar Geometri SAR Interferometri

Pada gambar 3.0 diatas tampak bahwa S_1 dan S_2 merupakan 2 buah sensor yang berbeda, memancarkan gelombang radar pada suatu objek dengan tinggi objek tersebut sebesar Z dari bidang referensi.

R_1 dan R_2 adalah jarak geometris objek terhadap sensor radar, disebut juga *Slant Range*. Fasa kedua sinyal tersebut memenuhi persamaan (Gens & Genderen 1995) :

$$\Phi_1 = \frac{2\pi}{\lambda} R_1 \quad \Phi_2 = \frac{2\pi}{\lambda} R_2 \quad (1)$$

Sehingga beda fase (Φ) antara kedua sinyal yang diterima dari elemen permukaan yang sama pada kedua posisi antena dapat dituliskan sebagai persamaan 2.9 [Gens R.et.

$$\Phi = \frac{4\pi}{\lambda} (R_1 - R_2) \quad (2)$$

Dengan
 Φ = Beda fase.
 Λ = Panjang gelombang.

r_1 dan r_2 = jarak antara masing-masing antena dengan objek yang sama.
Maka dapat dihitung tinggi titik Z dengan persamaan 2.10 [Gens, 1995] :

$$z(x, y) = H - R_1 \cos \theta \quad (3)$$

Dengan :
 H = tinggi terbang θ = incidence angle

Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar (DInSAR)

Teknik Penginderaan Jauh dengan InSAR sering digunakan untuk pemantauan perubahan (deformasi) suatu area sampai ketelitian orde cm. Untuk mendapatkan orde ketelitian seperti itu, maka metode pengolahan data InSAR dilakukan dengan cara di differensialkan. Pada metode ini digunakan beberapa pasang interferogram sekaligus untuk mendeteksi perubahan permukaan topografi dengan ketelitian yang sangat tinggi.

Pola interferensi dari 2 citra (*master* dan *slave*) SAR pada daerah yang sama, diperoleh dengan cara 2 kali lintasan bergantung pada topografi yang dicitrakan. Pada citra hasil lintasan pertama diperoleh nilai fasa, begitu pun dengan citra kedua pada lintasan kedua diperoleh juga nilai fasa. Jika terjadi perbedaan fasa antara pencitraan lintasan pertama dengan lintasan kedua, maka akan terlihat *fringes* (rumbai - rumbai) pada interferogram yang dinamakan *displacement fringes*.

Pada interferogram terdapat 2 macam *fringe* utama, yaitu *displacement fringe* yang diakibatkan karena pergeseran permukaan topografi, kedua adalah *topographic fringe* yang diakibatkan bentuk topografi.

Untuk mendapatkan *displacement fringe* saja pada suatu interferogram, harus dilakukan pengurangan (*subtract*) komponen topografi dari fase interfero-

gram dengan cara melakukan pengurangan (*differencing*) beda fase. Proses ini dijelaskan pada diagram 2.1 di bawah :

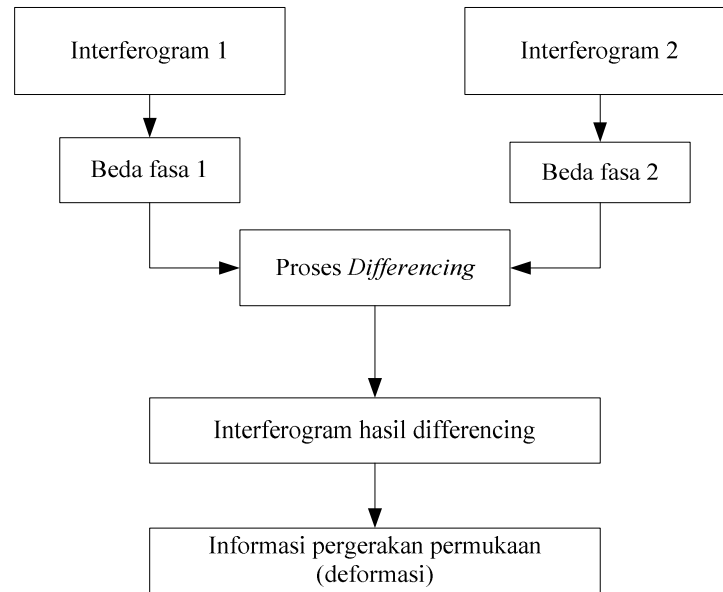


Diagram Metode Differential Interferometry untuk suatu daerah yang sama

Ketika interferogram 1 dihasilkan dari citra dengan metode InSAR hasil pengulangan 2 kali lintasan dengan selang waktu yang relatif pendek, maka beda fasa 1 berisi informasi topografik, tapi ketika interferogram 2 dihasilkan dari citra dengan metode InSAR hasil pengulangan 2 kali lintasan dengan selang waktu yang sangat panjang, maka beda fasa yang dihasilkan adalah beda fasa yang dipengaruhi oleh bentuk topografik dan pergeseran permukaan (deformasi).

Kesimpulan

Pilihan jenis sensor satelit penginderaan jauh yang tepat akan sangat mendukung untuk menghasilkan informasi yang berkualitas sesuai dengan tujuan aplikasi. Untuk daerah tropis yang kerap berawan dan mengalami hujan, sensor satelit penginderaan jauh berbasis optik sering menemui kesulitan. Sensor ini tidak mampu secara optimal mencitrakan daerah yang diinginkan karena terhalangi awan dan hujan. Sebaliknya sensor berbasis gelombang *microwave* yang menggunakan sensor aktif seperti *Radio Detection and Ranging* (RADAR) memiliki kelebihan mampu mencitra dalam berbagai kondisi cuaca, siang dan malam hari, termasuk menembus liputan awan tebal dan hujan.

Referensi

1. Abidin H.Z., H. Andreas, R. Djaja, D. Darmawan, and M. Gamal, 2008. *Land Subsidence Characteristic of Jakarta Between 1997 and 2005, as Estimated Using GPS Surveys*. Springer: New York

2. Allies R.G., S.D. Johnson, G.D. Nash, and D. Benoit, 1999. *A Model For The Shallow Thermal Regime At Dixie Valley Geothermal Field*. Geothermal Resources Council Trans: California
3. Aritoshi M., I. Hajime, and O. Taku, 2006. *InSAR application to the land subsidence area in Singapore*. Conference of the Remote Sensing Society of Japan: Japan
4. Crosseto and Aragues, 1999. *Radargrammetry and SAR Interferometry for DEM Generation: Validation and Data Fusion*. CEOS SAR: Toulouse
5. Crosseto M., B. Crippa, E. Biescas, O. Monserrat, and M. Agudo, 2004. *State-Of-The-Art Of Land Deformation Monitoring Using Differential SAR Interferometry*. Springer: New York
6. Crosseto M., B. Crippa, O. Monserrat, M. Agudo, and E. Biescas, 2004. *Land Subsidence Measurement With Sar Interferometric Data*. ESA: Salzburg
7. Sutanta, 2002. *Spatial Modelling of The Impact of Land Subsidence and Sea Level Rise in A Coastal Urban Setting (Case Study: Semarang, Jawa Tengah, Indonesia)*. Thesis. ITC-Enschede: The Netherlands
8. Sterzai P., F. Mancini, C. Corazatto, C.D. Agata, G. Diolaiuti, 2003. *Contribution of SAR Interferometry (InSAR) To Study of Alpine Glaciers The Example of Forni Glacier (Central Alps, Italy)*. Instituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale: Trieste

9. Teatini P., M. Ferronato, G. Gambolati, W. Bertoni, and M. Gonella, 2005. *A Century of Land Subsidence in Ravenna Italy*. Springer-Verlag: New York
10. TRE, 2004. *Detecting And Monitoring Ground Movement Using Satellite Borne Radar – InSAR*. TRE: Milan
11. TRE, 2007. *Subsidence in Shanghai by POLIMI PS Technique*. TRE: Milan