

# Aplikasi Teknologi Geomatika untuk Pemetaan Penurunan Tanah (*Land Subsidence*) di Pesisir Kota Semarang

A. Hartoko\*, A. Wirasatria, M. Helmi dan B. Rochaddi

Pusat Database Spasial

Pusat Studi Geomatika Perikanan dan Kelautan, Fak. Perikanan dan Ilmu Kelautan - UNDIP

e-mail : agushartoko@yahoo.com

## Abstrak

Beberapa fenomena alam di kawasan pesisir dan kemudian menjadi bencana alam yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari diantaranya banjir, rob, longsor, gunung meletus, tsunami dan yang terjadi di Kota Semarang khususnya, adalah penurunan tanah (*land-subsidence*). Penelitian dilakukan dengan melakukan pengukuran perubahan ketinggian tanah berdasarkan 60 Titik Tinggi Geodesi (TTG-Bakosurtanal) maupun Bench Mark (BM) yang ada di kota Semarang dan data posisi koordinat masing-masing dengan GPS (Global Positioning System). Data geodetik yang diperoleh di transformasi menjadi data numerik, dan proses analisa geo-statistik dilakukan dengan metoda Kriging memakai perangkat lunak ER Mapper 6.4 (Licensed user) dan Arc GIS. Di samping data hasil pengukuran dilapangan, digunakan juga data Spaceshuttle Radar for Terrain Model (SRTM) untuk membentuk citra kontur 3 dimensi, juga menggunakan data citra Landsat\_ETM. Berdasarkan data pengukuran yang dilakukan di lapangan dan rangkaian analisis spasial maka dapat dibuat plot laju penurunan tanah dan diketahui bahwa laju penurunan tanah Kota Semarang berkisar antara 1-9 cm/tahun, sehingga memerlukan pemetaan ulang, evaluasi tata ruang dan peraturan daerah.

**Kata kunci** : penurunan tanah, kawasan pesisir, geo-statistik

## Abstract

Several natural phenomena at coastal zone that later become natural disaster are flooding, high water-tide flood (locally known as "rob"), land slide, mount eruption, tsunami waves and specific natural phenomena that happened at Semarang coastal city is land-subsidence. Aims of the research are field measurement of actual land-subsidence, by means of land height differences by time and built a spatial plot and data base. Field measurement was done with measurement of land height differences by means of land-height differences based 60 Geodetic Land Height positions set by Indonesian Bureau of Land Mapping and private Bench Mark (BM) at Semarang, with its geodetic positions by GPS (Global Positioning System). Both field and geodetic data collected was then transformed into a numeric series of data to be processed for geostatistic known as Kriging method become a raster layer data, that later used for spatial analysis using ER Mapper 6.4 (Licensed user) and Arc GIS software. Geodetic datum used was WGS84 on UTM map projection. Beside the field data that was transformed into a raster layer data, a Spaceshuttle Radar for Terrain Model (SRTM) data for contour and 3 dimension analysis and a Landsat\_ETM satellite data was also used as value added to the data (metadata). Based on the analysis of field data measurement and spatial plot it is revealed that the rate of land-subsidence at Semarang ranged 1-9 cm/year, widely distributed throughout the city, especially at the most densed populated zone. Therefore remapping as well as re-evaluation of the City Spatial Planning and Regulations was inevitable.

**Kata kunci** : land subsidence, coastal zone, geostatistic

## Pendahuluan

Beberapa fenomena alam dan kemudian menjadi bencana alam yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari diantaranya banjir, rob, longsor, gunung meletus, tsunami dan lainnya. Salah satu cara untuk

menghindari dan mengurangi dampak tersebut dari bencana alam adalah dengan mengaplikasikan dari pengetahuan yang dikembangkan manusia. Diantaranya adalah aplikasi teknologi geomatika yang dapat menganalisa berbagai data kebunian itu sendiri

seperti data oseanografis (pasang-surut air laut dll), kontur/ elevasi permukaan bumi, geologi, hidrologi, curah hujan dll. Contoh fenomena alam yang terjadi di Kota Semarang adalah penurunan tanah (land-subsidence).

Kota Semarang terletak di pantai utara Jawa Tengah, mempunyai kawasan kota atas di bagian Selatan dan kota bawah di bagian utara. Batas antara kota atas dan kota bawah adalah garis pantai lama. Menurut peta lama Belanda diketahui bahwa garis pantai lama tersusun pada abad 9 (tahun 900), seperti pantai Sam Po Kong dan pantai Bergota (Bos & Niermeyer, 1947). Secara keseluruhan di kota Semarang terdapat tiga jenis tanah yaitu fluvial, denudasional dan vulkanik. Secara geologis kota bawah yang merupakan dataran aluvial dari proses pengendapan yang terpapar sejauh 6 km dari garis pantai (di bagian barat), sejauh 3,5 km di bagian tengah dan sejauh 14 km di bagian timur. Dataran kota bawah mempunyai kemiringan kurang dari  $1^{\circ}$ , yaitu antara  $0,17-0,26^{\circ}$  dengan elevasi dari 0-17m untuk bagian barat dan kemiringan antara  $0,07-0,2^{\circ}$  dan elevasi 17-21m di bagian timur. Dataran sedimentasi aluvial (Qa) secara umum terdiri dari sedimentasi pasir dan liat dengan variasi ketebalan sekitar 3-50m (Van Bemmelen; 1970). Sedang sedimen aluvial sepanjang sungai berkisar 1-3m yang terdiri dari bongkahan dan kerikil di dasar sungai, ditutupi oleh lapisan pasir dan liat. Berdasarkan korelasi peta yang dibuat oleh Thaden *et al.*, (1975), sejarah morfologis kota Semarang dimulai dengan adanya pengangkatan oleh aktivitas tektonik dari batuan sedimen pada formasi Damar dan lapisan laut pada akhir masa Pleistosen sekitar 1,8 juta – 10.000 tahun, yang memulai pembentukan kawasan perbukitan kota Semarang atas, yang diikuti dengan formasi dataran sedimentasi aluvial kota bawah pada periode Holosen sekitar 10.000 tahun. Diduga endapan aluvial adalah hasil dari proses fluvial dan proses marine, yang diindikasikan dengan adanya pertumbuhan sedimentasi kawasan pantai ke arah pantai utara.

Aplikasi teknologi geomatika untuk menganalisis kesesuaian suatu perairan mempunyai keunggulan yaitu membantu memperoleh data lebih cepat dalam waktu bersamaan dalam areal yang luas. Data satelit sebagai data dasar dapat diproses sesuai dengan faktor atau tema yang akan ditampilkan, kemudian dimanfaatkan untuk berbagai keperluan (proses metadata) (Hartoko, 2006) di wilayah pesisir seperti dasar dalam pengelolaan lahan pertambakan. Selama ini pemilihan lahan budidaya dan analisa kesesuaian lahan terutama di perairan laut dan

pesisir hanya didasarkan pengukuran lapangan pada titik sampel lapangan saja, sehingga tidak pernah diketahui analisa secara spasial secara akurat berdasarkan data lapangan. Sehingga penentuan lokasi/wilayah budidaya laut dapat dilakukan secara lebih akurat dan tidak berdasarkan "perasaan" (by feeling) (Hartoko & Helmi, 2005b). Aplikasi teknologi geomatika juga dapat dipergunakan untuk berbagai keperluan seperti untuk modeling wilayah rawan bencana gelombang tsunami untuk wilayah pesisir (Aceh, Padang, Jogja dll), sehingga bisa mengantisipasi potensi kerugian dan meminimalisir kerugian yang akan terjadi, seperti untuk wilayah pemukiman dan lainnya (Hartoko & Helmi, 2005a; Hartoko & Helmi, 2005b).

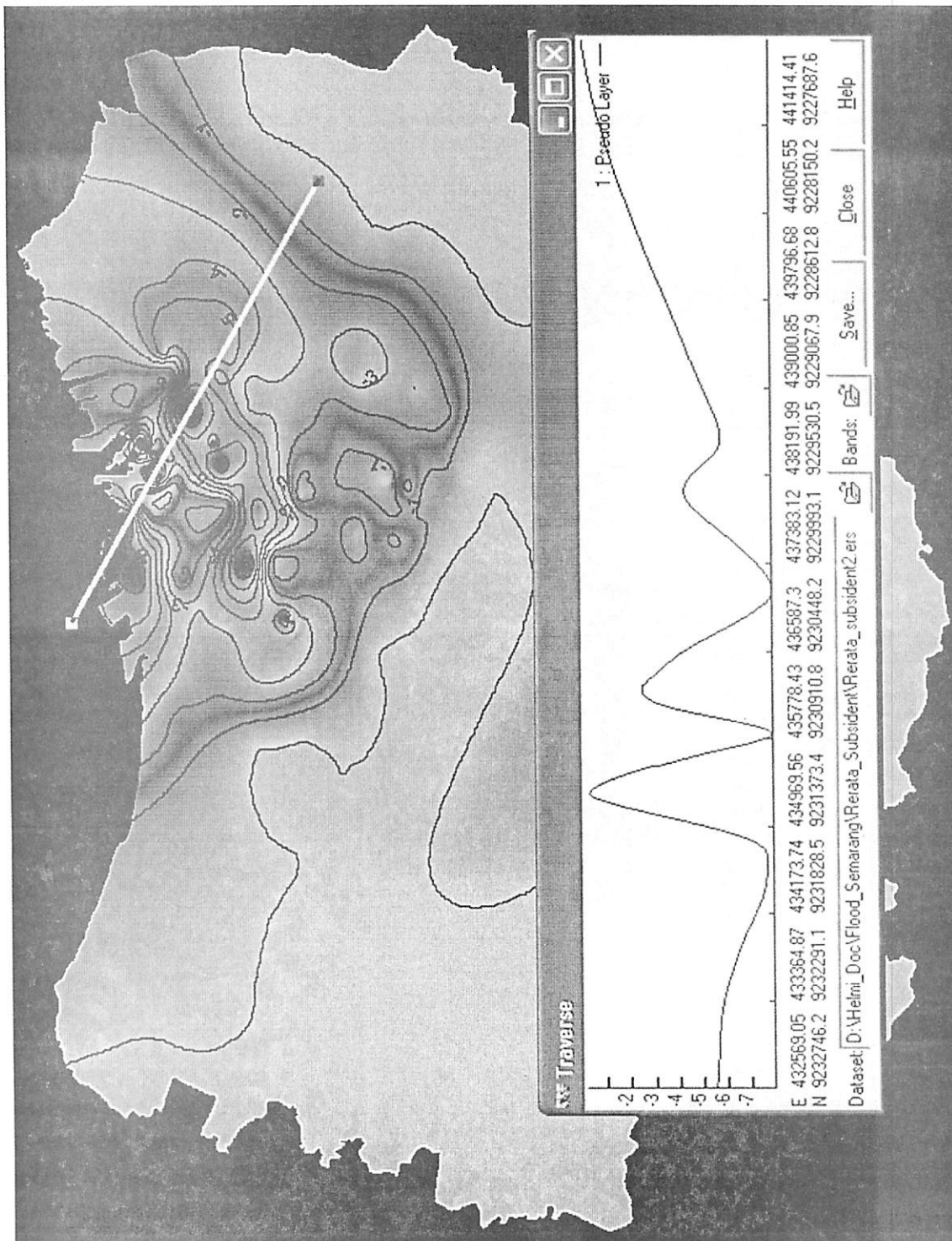
Tujuan penelitian adalah untuk melakukan pengukuran lapangan pada titik tinggi geodesi untuk mendapatkan beda ketinggian atau penurunan tanah (land-subsidence) serta membuat basis data dan analisis spasial laju penurunan tanah kota Semarang.

## Materi dan Metode

Materi penelitian adalah Titik Tinggi Geodesi (TTG) yang ada di kota Semarang, data SRTM dan data satelite Landsat\_ETM. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan melakukan pengukuran perubahan ketinggian tanah pada 60 Titik Tinggi Geodesi (TTG-Bakosurtanal) maupun Bench Mark (BM) swasta lainnya yang ada di kota Semarang, disertai dengan data posisi koordinat masing masing TTG tersebut dengan GPS (Global Positioning System). Selanjutnya data geodetik yang diperoleh di transformasi menjadi data numerik dan dilakukan proses analisa geo-statistik dengan metoda Kriging (Hartoko & Helmi, 2005b) dengan perangkat lunak ER\_Mapper 6.4 (Licensed user) dan Arc\_GIS. Datum geodetik yang digunakan adalah WGS84 dan proyeksi peta UTM. Di samping data hasil pengukuran di lapangan, digunakan juga data Spaceshuttle Radar for Terrain Model (SRTM) untuk pembentukan citra kontur 3 dimensi, data citra Landsat\_ETM untuk 'overlay' terhadap data raster yang dihasilkan dari pengukuran lapangan dan ekstraksi luasan tutupan lahan hunian/ perkotaan metadata yang telah dilakukan dalam konsep metadata data spasial (Hartoko, 2007).

## Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data pengukuran yang dilakukan di lapangan dan rangkaian analisis spasial maka dapat dibuat plot laju penurunan tanah Kota Semarang adalah berkisar antara 1-9 cm/tahun seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Laju penurunan tanah (land-subsidence)-cm/tahun di Kota Semarang berdasarkan data lapangan



**Gambar 2.** 'Overlay' laju penurunan tanah pada wilayah hunian/ perkotaan data Landsat\_ETM

Data hasil pengukuran ini perlu diketahui dan sadari oleh semua pihak baik masyarakat luas, pelaksana pemerintahan (eksekutif) maupun pelaksana pembuat peraturan (legislatif) sehingga dapat saling mengontrol dan memberi masukan guna perbaikannya dimasa datang. Selanjutnya plot hasil pengukuran lapangan yang di 'overlay'kan pada citra Landsat\_ETM, dapat dipakai untuk mengetahui kawasan yang terjadi proses penurunan tanah tersebut pada posisi lahan perkotaan sebenarnya. Sehingga dapat digunakan mengetahui daerah rawan banjir, rawan "rob", kerawanan infrastruktur jalan, bangunan pelabuhan, bandara, lahan industri, perumahan dll seperti pada gambar 2. Selanjutnya data tersebut seharusnya menjadi landasan bagi evaluasi Tata Ruang dan Tata Kota, karena seperti jaringan saluran kota (sistem drainase kota) sudah terjadi penurunan dan tidak akan berfungsi sebagai mana mestinya.

Lebih jauh dengan menggunakan data kontur, elevasi yang diproses menjadi citra Digital Elevation Model (DEM) lebih lanjut dapat dibuat suatu model spasial dengan "indeks kerentanan" (vulnerability index) akibat laju penurunan tanah (subsidence) tersebut berdasarkan data jarak dari garis pantai, jarak dari muara sungai dan elevasi tanah, serta juga dapat ditambah dengan data lainnya seperti jenis tanah, faktor geologis, hidrologis dll.

Ujung dari semua hal tersebut di atas adalah nilai manfaat yang harus dapat didayagunakan oleh manusia sendiri. Diantaranya adalah dalam penanganan fenomena "rob", banjir, perencanaan sistyem saluran/ drainase, ruas jalan, infrastruktur dll secara menyeluruh dan tidak secara parsial perlu dibuat dalam suatu cetak biru Evaluasi Tata Ruang Kota, meski dalam pelaksanaannya dapat dilakukan secara bertahap sesuai kemampuan keuangan Pemda Kota Semarang. Berdasarkan hasil analisa data laju penurunan tanah yang ditumpang susunkan pada citra Landsat wilayah Kota Semarang maka dapat kita ketahui bahwa beberapa kawasan seperti pelabuhan, bandara, perumahan dan perkotaan lainnya, beberapa ruas jalan, sungai, saluran terbukti sangat rentan terhadap fenomena laju penurunan tanah tersebut.

Seperti diketahui bahwa proses penurunan tanah salah satunya disebabkan karena adanya pengambilan air tanah pada zona jebakan air tanah dangkal, terutama diwilayah kota bawah, sehingga terjadi proses pemadatan (compaction) secara vertikal yang selanjutnya menjadi proses penurunan tanah atau (land-subsidence).

Langkah langkah mitigasi yang dapat dilakukan diantaranya adalah: dengan pembuatan danau,

waduk, polder pada lokasi 'cekungan-cekungan' di wilayah batas antara kota atas dan kota bawah, sehingga terjadi proses "recharge" atau pengisian air tanah kembali untuk keseimbangan air tanah (water balance) sehingga diharapkan tidak terjadi/ mengurangi proses penurunan tanah.

Secara realistis tidak dapat mengembalikan kawasan lahan yang telah mengalami penurunan, maka jalan keluarnya adalah dengan pembuatan peta baru dengan kontur baru, melakukan desain ulang untuk jaringan jalan, jaringan saluran (drainase), menentukan titik dan garis 'pile' baru kawasan kota bawah dengan kemiringan yang disetujui bersama semua 'stakeholder'. Pembatasan penebangan, penggundulan vegetasi di kawasan kota atas/ perbukitan. Program reboisasi kota atas dan kota bawah. Pembatasan ijin perumahan horizontal/ datar baik di kota atas dan kota bawah, di sarankan mulai membangun type perumahan vertikal (rusun dan apartemen) untuk meningkatkan kembali daya serap air tanah. Evaluasi ijin dan pengawasan pengambilan air tanah dangkal di kawasan kota bawah dan atas. Pemetaan ulang kontur dan tata guna lahan, evaluasi Tata Ruang dan PERDA.

Selanjutnya adalah kesadaran (awareness), kepedulian, tanggapan (responses), partisipasi aktif (active participation) dan aksi nyata (action plan) kita semua menghadapi fenomena tersebut terutama untuk menghindari dan mengurangi dampak negatif bencana alam dan kerugian yang akan kita alami.

## Daftar Pustaka

- Hartoko, A. dan Helmi, M. 2004. *Development of Multilayer Ecosystem Parameter Model*. Journal of Coastal Development. Vol. 7(3).
- Hartoko, A dan Helmi, M. 2005a. *Sudah Saatnya Pemerintah Daerah Mempunyai Peta Rawan Bencana Pesisir. Gempa dan Tsunami*. Gramedia. ISBN:979-709-174-0. Jakarta. Hal 104-107 (562pp).
- Hartoko, A. dan Helmi, M. 2005b. *Tsunami of Aceh: The Role of Marine Geomatic and Society*. Preceding of Joint Conference "The Indonesians Institute of Science and The Netherlands Institute of Science. Yogyakarta.
- Hartoko, A. 2006. *Sector Strategy Study of Information System Ministry of Marine Affairs and Fisheries*. Review Report MMAF and ADB. Jakarta.
- Hartoko, A. 2007. *Vertical temperature, The Fate of Up Welling and Spatial Distribution of Fish Biomass*

- of North Papua Waters*, Journal of Coastal Development. Vol 10(3).
- Thaden. 1975. *Peta Geologi Lembar Semarang*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Gelologi (P3G). Bandung.
- Van Bemmelen, RW. 1970. *The Geology of Indonesia. General Geology*. Martinus Nijhoff. Netherlands.
- Bos, P.R. JF. Niermayer. 1947. *Atlas Der Gehele Aarade*. J.B. Wolters. Groningen. Batavia.