



## ANALISIS ANOMALI GAYABERAT ANTAR WAKTU UNTUK PEMANTAUAN AMBLESAN TANAH DI KOTA SEMARANG

Yossi Meida Malanda<sup>✉</sup> Supriyadi, Suharto Linuwih

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang,  
Indonesia, 50229

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*

Diterima Maret 2013

Disetujui Maret 2013

Dipublikasikan Mei 2013

*Keywords:*

Land Subsidence, Anomaly,  
Tidal, Drift

### Abstrak

Pemantauan amblesan tanah telah dilakukan pada Bulan Mei dan Oktober 2012 dengan metode gayaberat antar waktu, setelah dilakukan koreksi pasang surut, koreksi apungan, dan koreksi curah hujan maka dapat diketahui bahwa amblesan tanah terparah terjadi di Gereja Boysa, 109, dan Gudang Altex dengan nilai anomali gayaberat lebih besar dari 0.8 mGal, sedangkan pantai Marina, Agility, Kantor ESDM, Mollitex, Puri Anjasmoro, Kampung Laut, Komijen, Pelabuhan, Kaligawe, RMJ Kaligawe, SPBE Arteri, Cipto 4, dan Cipto 5 memiliki nilai anomali gayaberat sebesar 0.2-0.8 mGal. Selain terjadi amblesan tanah, Kota Semarang juga mengalami pengurangan air tanah yang terjadi di daerah Puri Bima Sakti, Kelinci, Pompa, 106, Barito, Kh. Wahid Hasim, Pasar Boom Lama, SMKN 10, Dadapsari, dan SMA 14 dengan nilai anomali sebesar -0.1 hingga -0.5 mGal. Titik yang lain relatif stabil karena nilai anomalnya rendah yaitu sekitar 0.1 hingga -0.1 mGal.

### Abstract

Land subsidence monitoring have been conducted in May and October 2012 method of gravity time lapse, after correction tides, drift correction, and the correction of rainfall it is known that severe land subsidence occurred in the Boysa Church, 109, and Altex Warehouse with anomalous values gravity greater than 0.8 mGal, while the Marina beach, Agility, Office of Energy and Mineral Resources, Mollitex, Puri Anjasmoro, Kampung Laut, Komijen, Ports, Kaligawe, RMJ Kaligawe, SPBE arteries, Cipto 4, and Cipto 5 gravity anomaly values of 0.2-0.8 mGal. In addition to soil subsidence occurs, Semarang city also experienced a reduction in groundwater that occur in the Puri Bima Sakti, Rabbit, Pump, 106, Barito, Kh. Wahid Hasim, Boom Lama Market, SMK 10, Dadapsari, and SMA 14 with anomalous values of -0.1 to -0.5 mGal. Another point that is relatively stable due to low value anomalies are approximately 0.1 to -0.1 mGal.

## PENDAHULUAN

Seiring dengan pesatnya pembangunan di Kota Semarang yang dilakukan di berbagai sektor menyebabkan pula terjadinya lonjakan penduduk yang cukup tinggi. Kebutuhan air minum masyarakat sebagian besar diambil dari air tanah. Pemompaan air tanah yang berlebihan dengan cara membuat sumur bor tanpa memperhatikan kemampuan akuifer menyebabkan terjadi penurunan muka air tanah (Dahrin et al., 2007). Penurunan muka air tanah akibat pengambilan air tanah yang berlebihan menyebabkan amblesan. Amblesan tanah merupakan gerakan vertikal ke bawah dari tanah (Jambrik, 2006).

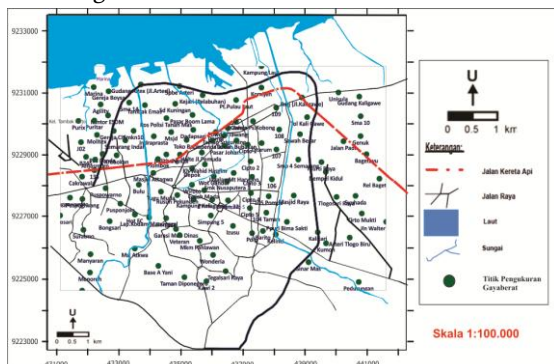
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui daerah-daerah yang mengalami amblesan tanah di Kota Semarang. Metode yang digunakan untuk mengetahui peristiwa amblesan adalah metode gayaberat antar waktu. Metode gayaberat antar waktu merupakan pengembangan dari metode gayaberat dengan dimensi keempatnya adalah waktu.

Prinsip dari metode ini adalah pengukuran gaya berat secara berulang (Davis et al., 2008) baik harian, mingguan, bulanan, maupun tahunan dengan menggunakan gravimeter yang teliti dalam orde  $\mu\text{Gal}$  dan pengukuran elevasi yang teliti. Anomali tinggi mengindikasikan adanya amblesan tanah (Otonavrilna & Pudja, 2009). Lokasi penelitian secara geografis terletak pada koordinat  $110,375^\circ$  Bujur Timur dan  $6,939^\circ-7,029^\circ$  Lintang Selatan.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Pengukuran data gayaberat di Semarang untuk penelitian ini dilakukan sebanyak dua kali pengukuran yaitu: Mei 2012 dan Oktober 2012. Lokasi pengambilan data gayaberat di Kota Semarang terdiri dari 121 titik pengukuran. Pada Gambar 1 ditunjukkan distribusi titik ukur gayaberat di Kota Semarang.



Gambar 1. Distribusi Titik Ukur Gayaberat

### Peralatan Penelitian

Peralatan dan perlengkapan yang digunakan dalam survei gayaberat terdiri atas:

Gravimeter Scintrex Autograv CG-5  
Global Positioning System (GPS), Garmin  
Peta Semarang  
Kamera Digital  
Buku Lapangan  
Alat Tulis

### Pengambilan Data Lapangan

Pengukuran data gayaberat di Kota Semarang untuk penelitian ini dilakukan sebanyak dua kali pengukuran yaitu: Mei 2012 dan Oktober 2012. Alat ukur yang digunakan adalah Gravimeter Scintrex Autograv CG-5 dan penentuan posisi titik digunakan GPS. Pemilihan lokasi pengambilan data gayaberat di lapangan ditentukan dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

Letak titik pengamatan harus jelas dan mudah dikenal sehingga apabila dikemudian hari dilakukan pengukuran ulang akan mudah menemukannya.

Lokasi titik amat harus stabil, bebas dari gangguan-gangguan seperti getaran mesin, kendaraan dan lain-lain.

Lokasi titik amat harus terbuka sehingga GPS mampu menerima sinyal dari satelit dengan baik tanpa ada penghalang.

### Pengolahan Data

Data pengukuran gayaberat masing-masing periode dikoreksi dengan koreksi pasang surut dan koreksi apungan untuk mendapatkan peta kontur Mei dan Oktober 2012. Kemudian dilakukan koreksi curah hujan sehingga didapatkan peta anomali gayaberat dengan respon positif menunjukkan adanya amblesan tanah. Proses selanjutnya untuk mempertajam kenampakan geologi pada daerah penyelidikan digunakan software Surfer 10.

### Koreksi Pasang Surut (Tide Correction)

Koreksi ini disebabkan karena pengaruh gaya tarik yang dialami bumi akibat massa bulan dan matahari. Koreksi pasang surut ini selalu ditambahkan pada pembacaan gayaberat.

$$gst = gs + t \quad (1)$$

dengan :

$gst$  : pembacaan gayaberat dalam satuan terkoreksi tide.

$gs$  : pembacaan gayaberat dalam satuan gayaberat.

$t$  : koreksi tide

Pengukuran pasang surut dilakukan dengan alat gravimeter yang diletakkan di base. Cara menghitung koreksi pasang surut (tide) yaitu dengan cara mengalikan faktor  $x$  dari persamaan yang kita peroleh dari grafik tide dengan waktu (jam) pada saat data diambil.

#### Koreksi Apungan (Drift Correction)

Koreksi ini diterapkan akibat adanya perbedaan pembacaan gayaberat dari stasiun yang sama dalam waktu yang berbeda. Hal ini dapat terjadi karena adanya guncangan pegas alat pengukur gayaberat selama proses perpindahan dari stasiun satu ke stasiun lainnya.

Koreksi apungan ini selalu dikurangkan terhadap pembacaan gravimeter.

$$g_{std} = g_{st} - D \quad (2)$$

dimana :

$g_{std}$  : nilai anomali gayaberat terkoreksi pasang surut dan apungan.

#### Koreksi Curah Hujan

Koreksi ini digunakan untuk menghilangkan pengaruh curah hujan terhadap pembacaan nilai gayaberat, untuk melakukan koreksi digunakan data curah hujan periode Mei – Oktober 2012 daerah Semarang. Koreksi curah hujan dilakukan dengan membagi wilayah penelitian menjadi 6 bagian disesuaikan dengan lokasi pemantauan curah hujan dengan menggunakan persamaan eksponensial (persamaan 3) seperti yang diberikan oleh (Yuhara & Seno yang disitasi Akasaka C. & Nakanishi S. (2000)), dapat dilakukan pendekatan empiris untuk hubungan presipitasi dengan perubahan ketinggian muka air tanah.

$$H(t) = H_1 + \alpha \sum_n R_n \exp \{-c(t - t_n)\} \quad (3)$$

dimana:

$H_1$  =ketinggian air mula-mula

$t$  =waktu

$t_n$  =waktu ke-n

$\alpha$  =konstanta penyerapan ( $\alpha = 0.00932$ )

$c$  =konstanta penguapan ( $c = 0.00985$ )

$R_n$  =presipitasi pada hari ke-n dari mula-mula (mm)

Nilai ( $H_1$ ) untuk keadaan awal dianggap nol sehingga kita mendapatkan nilai  $\Delta h$  dari pendekatan empiris di lokasi penelitian. Pada Gambar 3.8 dapat dilihat perubahan muka air tanah di wilayah Tlogosari dan sekitarnya sebesar 48.62 cm sedangkan perubahan muka air tanah di Bandara A Yani 38.65 cm, Tanjung Mas 40.19 cm, Semarang Barat 49.43 cm, Candi 37.98 cm, dan Klipang 21.84 cm. Kemudian  $\Delta g$  akibat perubahan ketinggian air tanah

dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4) yang diberikan oleh Allis, R.G. & Hunt, T.M. (1984).

$$\Delta g = 2\pi G \phi \rho_w \Delta h \quad (4)$$

dimana :

$\Delta g$  :perubahan nilai gayaberat karena adanya perubahan tinggi air tanah ( $\mu\text{Gal} = 10^{-8} \text{ m/s}^2$ )

$\rho_w$  : densitas air tanah (gr/cc)

$\phi$  : porositas dari reservoar tanah (%)

$\Delta h$  : perubahan kedalaman muka air tanah (meter)

$G$  : konstanta gayaberat universal ( $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ sec}^{-2}$ )

Apabila porositas batuan 30% (Marsudi, 2000) dan densitas air 1 gr/cc maka setiap terjadi perubahan air tanah 1 m akan terjadi perubahan nilai gayaberat sebesar 12.579 Gal. Dengan demikian perubahan harga gayaberat di Tlogosari 6.12  $\mu\text{Gal}$ , Bandara A. Yani 4.86  $\mu\text{Gal}$ , Tanjung Mas 5.06  $\mu\text{Gal}$ , Semarang Barat 6.22  $\mu\text{Gal}$ , Candi 4.78  $\mu\text{Gal}$ , dan Klipang 2.75  $\mu\text{Gal}$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Gayaberat Observasi

Gayaberat observasi adalah nilai gayaberat hasil pengukuran yang telah diikatkan dengan nilai gayaberat absolut. Pada penelitian ini digunakan titik ikat di Taman Gajah Mungkur yang memiliki nilai gayaberat 978098.542 mGal. Nilai gayaberat yang lebih besar menunjukkan daerah dengan topografi rendah dan sebaliknya di daerah dengan topografi tinggi memberikan nilai gayaberat yang kecil. Dari data pengukuran gayaberat yang dilakukan pada Bulan Mei-Oktober 2012. Pengukuran gayaberat pada Bulan Mei (Gambar 2) memiliki harga gayaberat maksimal 978119.520 mGal dan minimal sebesar 978098.542 mGal, sedangkan pengukuran gayaberat Bulan Oktober (Gambar 3) memiliki harga gayaberat maksimal sebesar 978119.508 dan minimal sebesar 978098.542.

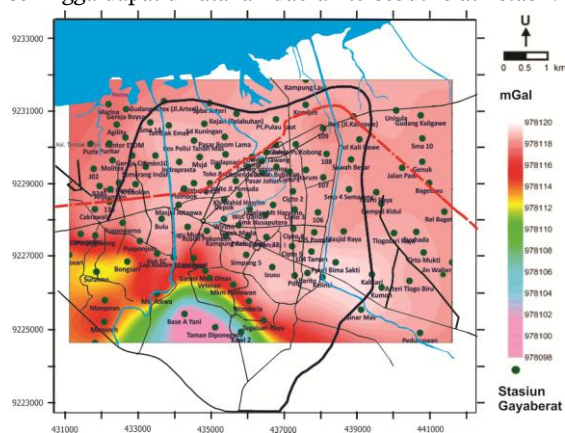
### Anomali Gayaberat Antar Waktu

Setelah dilakukan koreksi pasang surut, koreksi apungan, dan curah hujan maka respon anomali positif yang mengindikasikan adanya penambahan air tanah bisa dihilangkan sehingga respon positif ini hanya disebabkan oleh amblesan tanah. Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa daerah Molitex, Kantor ESDM, B345, Puri Tar, Agility, Gereja Boysa, Gudang Altex (Jl. Arteri), SPBE Arteri, Kejari (Pelabuhan), Kampung Laut, Marina, Komijen, 109, Kaligawe, Cipto 4, Cipto 5,

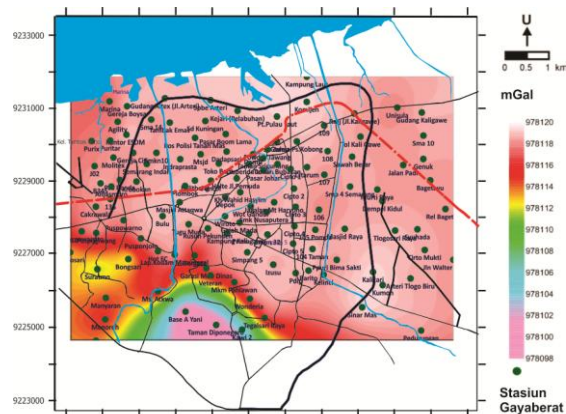
dan Masjid Raya mengalami amblesan tanah karena memiliki respon positif. Amblesan tanah di daerah tersebut diduga disebabkan pengambilan air tanah yang berlebihan dan konsolidasi akibat beban tanah urug ataupun bangunan dengan nilai anomali gayaberat sebesar 0.1 hingga 0.875 mGal. Nilai anomali tertinggi terdapat di daerah Gereja Boysa, Gudang Altex dan 109 dengan nilai anomali gayaberat lebih dari 0.8 mGal.

Pengurangan air tanah yang dominan terjadi pada daerah sekitar SMA 14, Tambak Mas, Pos Polisi, Indraprasta, Masjid, Dadapsari, Pasar Boom Lama, Pos Polisi Tanah Mas, SD Kuningan, Kh Wahid Hasim, Jagalan, Wot gandul, SMK Nusa Putra 1, 107, 106, Unisula, 105 (Pompa), 104 (Taman), Puri Bima Sakti, Izusu, PDIP, Barito, dan Kelinci dengan nilai gayaberat sebesar -0.1 hingga -0.480 mGal. Pengurangan air tanah biasanya disebabkan oleh pemompaan air tanah secara besar-besaran sehingga meskipun ada penambahan air dari hujan tetapi tidak sebanding dengan besarnya pengambilan air tanah. Puri Bima Sakti, Barito, 106, Kelinci, Pompa, Wahid Hasim, Pasar Boom Lama, SMKN 10, Dadapsari merupakan daerah padat penduduk sehingga konsumsi air tanahnya tinggi yang menyebabkan terjadinya pengurangan air tanah.

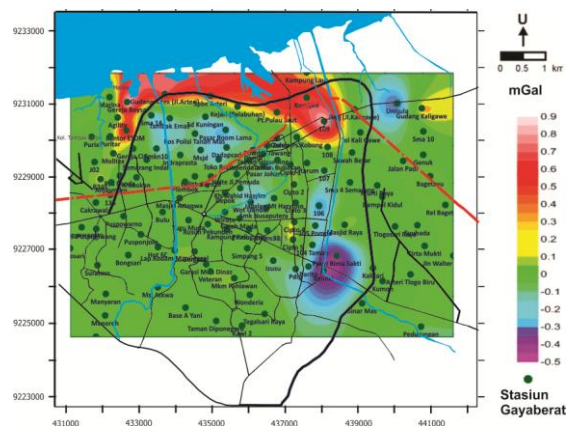
Unisula mengalami pengurangan air tanah karena merupakan daerah industri sehingga melakukan pemompaan air tanah secara besar-besaran yang menyebabkan terjadinya pengurangan air tanah. Pengurangan air tanah terbesar terdapat di daerah Puri Bima Sakti dan Kelinci dengan nilai anomali gayaberat lebih kecil dari -0.4 mGal. Titik-titik lain juga mengalami dinamika airtanah ataupun amblesan tanah namun nilai anomali gayaberat yang teramati sangat kecil berkisar dari 0.1 hingga -0.1 sehingga dapat dikatakan daerah tersebut relatif stabil.



Gambar 2. Peta Kontur Mei



Gambar 3. Peta Kontur Oktober



Gambar 4. Peta Anomali Gayaberat Antar Waktu

## SIMPULAN

Pengukuran gayaberat secara periodik dapat digunakan untuk mengetahui perubahan permukaan tanah. Dari peta anomali gayaberat antar waktu yang telah dikorelasikan dengan peta laju amblesan tanah dengan metode sipat datar dapat disimpulkan bahwa daerah yang diduga mengalami amblesan tanah terbesar adalah Gudang Altex, Gereja Boysa, dan 109 dengan nilai anomali gayaberat diatas 0.8 mGal, sedangkan Pantai Marina, Gereja Boysa, Agility, Kantor ESDM, Mollitex, Puri Anjasmoro, Kampung Laut, Komijen, Pelabuhan, Kaligawe, RMJ Kaligawe, SPBE Arteri, 109, Cipto 4, dan Cipto 5 memiliki nilai anomali gayaberat sebesar 0.1 hingga 0.8 mGal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akasaka, C. & S. Nakanishi. 2000. Correction of Background Gravity Changes Due to Precipitation in the Oguni Geothermal Field, Japan. *Proceedings World Geothermal Congress*, pp. 2471-2475.

- Allis R.G. & T.H. Hunt. 1984. Modelling The Gravity Changes at Wairakei Geothermal Field. Proc. 6<sup>th</sup> NZ Geothermal Workshop:117-121.
- Dahrin, D., Sarkowi, W.G.A. Kadir, & S. Minardi. 2007. Penurunan Volume Airtanah Daerah Semarang berdasarkan Pemodelan 3D Gayaberat Antar Waktu. Jurnal Geoaplika,(2)1:11-17.
- Davis, K., Y. Li, & M. Batzle. 2008. Time-Lapse Gravity Monitoring: A Systematic 4D Approach with Application to Aquifer Storage and Recovery. Journal of Applied Geophysics, (73)6: 61-69.
- Jambrik, R. 2006. Analysis of Water Level and Subsidence Data from Thorez Open-Pit Mine, Hungary. Mine Water and The Enviromental,(14)2: 13-22.
- Marsudi. 2000. Prediksi Laju Amblesan Tanah di Dataran Alluvial Semarang Propinsi Jawa Tengah. Disertasi. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Octonovrilna, L. & I.P. Pudja. 2009. Analisa Perbandingan Anomaly Gravitasi dengan Persebaran Intrusi Air Asin. Jurnal Meteorologi dan Geofisika, (10)1: 39-57.