



## IDENTIFIKASI PERUBAHAN KEDALAMAN AIR TANAH MENGUNAKAN METODE GAYABERAT MIKRO ANTAR WAKTU DAERAH SEKARAN DAN SEKITARNYA

Ahmad Qosim <sup>✉</sup>, Supriyadi

Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia  
Gedung D7 Lt. 2, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

### Info Artikel

Diterima September 2014  
Disetujui Oktober 2014  
Dipublikasikan November  
2014

*Keywords:*  
*groundwater; rainfall; gravity*

### Abstrak

Penelitian telah dilakukan di daerah sekaran dan sekitarnya untuk mengetahui dinamika air tanah. Sebagai daerah resapan, pada daerah ini tidak terjadi pengambilan air tanah dalam jumlah yang besar sehingga pengambilan air tanah oleh masyarakat tidak berdampak signifikan pada perubahan muka air tanah. Metode yang digunakan adalah anomali gayaberat mikro antar waktu yang mengukur perubahan densitas batuan selama rentang waktu tertentu. Perubahan densitas batuan tersebut dapat disebabkan oleh dinamika air tanah. Peningkatan muka air tanah akibat adanya resapan air hujan diperhitungkan dan dikoreksi sehingga diperoleh gambaran dinamika air tanah dengan menghilangkan pengaruh hujan. Selain itu, juga digunakan metode gradient vertikal mikro antar waktu yang dapat mendeteksi perubahan ketinggian muka air tanah.

Hasil dari pengolahan anomali gayaberat mikro antar waktu dan koreksi imbuhan resapan air hujan selama periode pengukuran diperoleh daerah yang stabil adalah daerah Gerbang Unnes hingga Perumahan Sekar Gading. Berdasarkan respon anomali gayaberat mikro antar waktu yang terkoreksi curah hujan dan gradien vertikal gayaberat mikro antar waktu didapatkan daerah yang mengalami kenaikan air tanah yaitu di daerah Banaran, Kampus Mipa hingga Teknik Unnes dan Sekaran bagian selatan.

### Abstract

*Research has been done in the area and surrounding of Sekaran to know the dynamics of the water table. As the diffusion area, the area has no water consumption occurs in large numbers until the taking of groundwater by the public is not a significant impact on changes in the water table. The method used is time lapse microgravity anomaly to measure changes in rock density during certain time periods. Changes in rock density can be caused by groundwater dynamics. The increase of the water table due to the rain water seepage calculated and corrected until obtained a groundwater dynamics to eliminate the influence of rainfall. Moreover, the method is also used time lapse gradient vertical microgravity anomaly that can detect changes in elevation of the water table.*

*The results of the processing of time lapse microgravity anomaly and additive correction rain water catchment areas obtained during the measurement period is the stable area Unnes Gate to the Housing Sekar Gading. Under the time lapse microgravity anomaly response corrected rainfall and time lapse gradient vertical microgravity anomaly obtained which increased the ground water in the area Banaran, Campus of Mathematic and Science Faculty to Engineering Faculty and South of Sekaran.*

## PENDAHULUAN

Kota Semarang merupakan kota metropolitan. Sebagai kota yang berpenduduk padat, kebutuhan air bersih terus meningkat terutama yang berasal dari air tanah untuk berbagai keperluan. Kelurahan Sekaran merupakan wilayah Semarang yang terletak dibagian selatan dan merupakan daerah perbukitan. Sebagai daerah resapan, pada daerah ini diharapkan pengambilan air tanah tidak dilakukan secara besar-besaran sehingga pengambilan air tanah oleh masyarakat tidak berdampak signifikan pada perubahan muka air tanah. Penyebab dinamika air tanah diantaranya adalah adanya pengambilan air tanah, curah hujan, dan lain sebagainya.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi bawah tanah adalah Metode gayaberat. Metode ini dapat digunakan untuk pemantauan kondisi bawah permukaan dikenal dengan metode gayaberat mikro antar waktu. Untuk mengetahui penyebab anomali gayaberat mikro antar waktu yang disebabkan oleh dinamika air tanah dapat digunakan metode gradien vertikal (Sarkowi 2008).

Berdasarkan peta geologi kondisi geologi Semarang daerah Sekaran dan sekitarnya terletak pada batas antara dua formasi yang menyusun kota Semarang, yaitu Formasi Kaligetas dan Formasi Kalibiuk dibagian utara. Pada satuan breksi vulkanik Formasi Kaligetas terdapat satuan breksi vulkanik, aliran lava, tuf, batupasir tufan dan batu lempung. Batuan gunungapi yang melapuk berwarna coklat-kemerahan mempunyai ketebalan berkisar antara 50 meter sampai 200 meter. Formasi Kalibiuk atau Kerek merupakan perselingan batu lempung, napal, batu pasir tufan, konglomerat, breksi vulkanik dan batu gamping. Lapisan tipis konglomerat terdapat dalam batu lempung di Kali Kripik dan di batupasir. Batu gamping umumnya berlapis, kristalin dan pasiran mempunyai ketebalan total lebih dari 400 meter.

Berdasarkan Peta Cekungan Air Bawah Tanah (CAT) Provinsi Jawa Tengah daerah Sekaran tergolong Kelompok Akuifer Produk Gunung Api Muda (Said & Sukrisna 1988). Kelompok akuifer ini terdapat di daerah kaki Gunung Ungaran. Penyebarannya mulai dari daerah Klepu di bagian selatan dan berlanjut ke utara ke daerah Ungaran, kemudian terus melingkar ke barat hingga ke daerah Gunungpati dan Boja. Di perbukitan Gombel bagian barat, tepatnya di daerah Sukorejo-Tinjomoyo aliran ABT berubah menjadi "*discharge*". Hal ini disebabkan karena pemunculan Formasi Kalibiuk (sedimen laut) yang secara stratigrafi terletak dibawah Formasi Damar, litologi terdiri dari lempung dan napal sehingga berfungsi sebagai lapisan kedap air. Di perbukitan Gombel bagian timur terjadi hal yang sama, yaitu pemunculan Formasi Kalibiuk yang kedap air di daerah Jerukwangi-Pengkol.

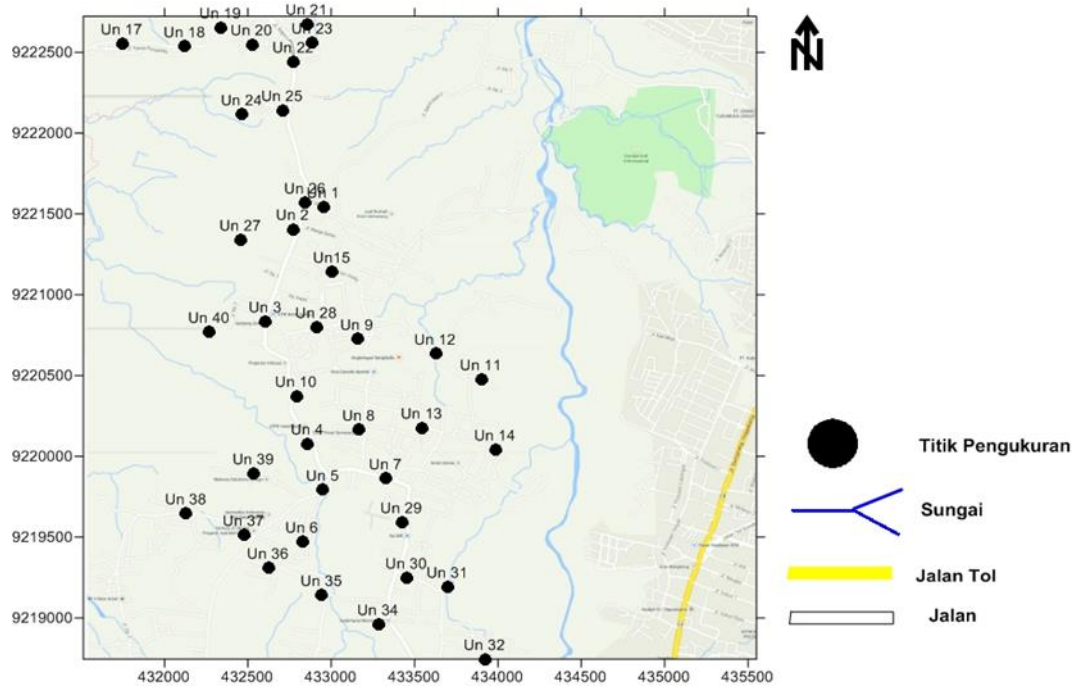
Metode gayaberat dapat digunakan untuk menentukan besar gayaberat dari suatu tempat atau untuk menggambarkan keadaan bawah permukaan berdasarkan variasi medan gayaberat bumi yang diakibatkan oleh perbedaan densitas batuan bawah permukaan. Parameter yang diselidiki adalah perbedaan medan gayaberat dari suatu titik observasi terhadap titik observasi lainnya (Telford *et al.* 1990).

Metode gayaberat mikro antar waktu merupakan pengembangan dari metode gayaberat dengan dimensi keempatnya adalah waktu. Pengukuran dari metode gayaberat mikro antar waktu dilakukan secara berulang baik secara harian, mingguan, bulanan, maupun tahunan dengan menggunakan gravimeter dengan ketelitian dalam orde  $\mu\text{Gal}$  (Supriyadi 2008). Anomali gayaberat mikro antar waktu merupakan perubahan atau perbedaan nilai gayaberat terukur dalam suatu titik pada selang waktu pengukuran. Pengurangan air tanah akan memberikan respon anomali gayaberat mikro antar waktu yang negatif, sedangkan menambahkan air tanah memberikan respon gayaberat mikro antar waktu positif (Sarkowi *et al.* 2005).

Gradien vertikal gayaberat mikro antar waktu merupakan selisih nilai gradien vertikal periode sekarang dengan sebelumnya. Gradien vertikal gayaberat mikro antar waktu negatif menunjukkan penurunan rapat massa, sedangkan gradien vertikal gayaberat mikro antar waktu positif menunjukkan peningkatan rapat massa. Metode ini merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mengetahui adanya dinamika air tanah.

**METODE PENELITIAN**

Penelitian dinamika air tanah dengan menggunakan metode pengukuran gayaberat dilakukan dikawasan Sekaran dan sekitarnya (Gambar 1). pengukuran dilakukan secara berulang dititik yang sama dalam rentang waktu tertentu maka pengambilan data dilakukan dua kali yakni pada musim penghujan (Mei 2013) dan musim kemarau (Oktober 2013). Anomali gayaberat mikro antar waktu diperoleh dengan mengurangkan hasil pengukuran gayaberat pada bulan Mei dengan bulan Oktober. Anomali yang diperoleh merupakan gabungan dari respon beda musim, respon penurunan tanah dan dinamika air tanah di daerah penelitian, oleh karena itu perlu pengolahan lebih lanjut untuk memperoleh nilai anomali yang disebabkan karena dinamika air tanah.



**Gambar 1.** Lokasi Titik Pengukuran Gayaberat

Pengolahan yang dilakukan selanjutnya adalah dengan mengoreksi dampak penambahan air tanah akibat imbuhan air hujan. Saat terjadi hujan, muka air tanah akan mengalami kenaikan dan akan kembali turun kembali secara perlahan. Menurut Yuhara dan Seno dalam Akasaka dan Nakanishi (2000) hubungan perubahan muka air tanah akibat hujan adalah

$$H_2(t) = H_1 + \alpha \sum_n R_n e^{-c(t-t_n)} \tag{1}$$

Perubahan gayaberat akibat adanya dinamika muka air tanah dapat menggunakan pendekatan koreksi bouguer sederhana dengan memasukkan variabel porositas (Sarkowi 2008):

$$\Delta g = 2\pi G \phi \rho_w \Delta h \tag{2}$$

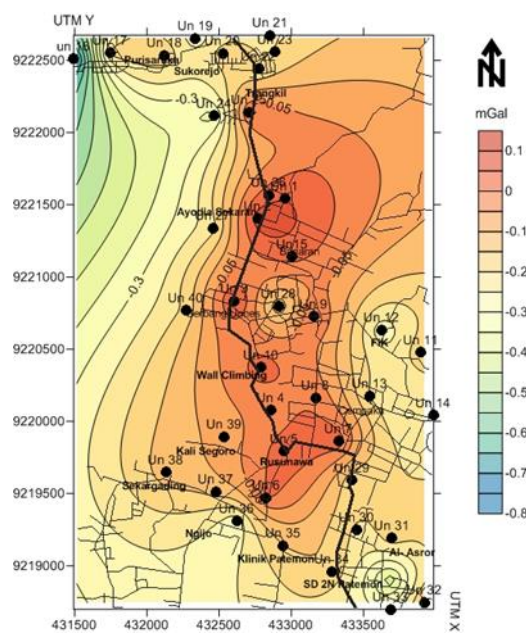
Selain perhitungan anomali gayaberat mikro antar waktu dan mengoreksi efek resapan air hujan, untuk memperjelas daerah yang mengalami penurunan muka air tanah atau kenaikan muka air tanah selama periode pengukuran, dilakukan perhitungan gradien vertikal gayaberat untuk tiap periode. Anomali gradien vertikal gayaberat mikro antar waktu akan memberikan gambaran tentang dinamika air tanah daerah penelitian. Gradien vertikal gayaberat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$\frac{\partial g}{\partial z} = \left( \frac{g_{(i-1)} - g_i}{h_{(i-1)} - h_i} \right) \text{mGal/m} \tag{3}$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Peta anomali gayaberat mikro antar waktu (Gambar 2) menunjukkan adanya daerah yang mempunyai respon positif (0.05 sampai 0.10 mGal). Hal tersebut menunjukkan adanya penambahan

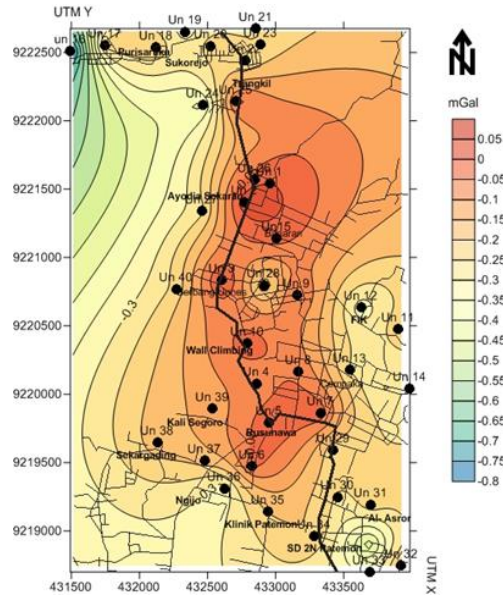
densitas batuan akibat dari adanya penambahan muka air tanah ataupun karena adanya pemadatan tanah di sekitarnya. Daerah yang mengalami peningkatan densitas tersebut adalah Un 1, Un 2, Un 5, Un 6, Un 7, Un 10, dan Un 26 (perumahan Ayodia Sekaran, Gerbang Unnes hingga Rusunawa dan Perumahan Sekar Gading). Respon anomali gayaberat mikro antar waktu yang bernilai negatif (-0,05 sampai -0,80 mGal) menunjukkan adanya penurunan muka air tanah. Penurunan ini disebabkan oleh adanya pengambilan air tanah untuk kebutuhan penduduk dan adanya daerah *discharge* yang merupakan daerah yang mempunyai kecenderungan tidak menyimpan air. Daerah *discharge* ini terdapat di formasi kerek yang termasuk dalam daerah penelitian. Pada daerah yang mempunyai respon anomali gayaberat mikro antar waktu 0 menunjukkan tidak adanya perubahan kedalaman muka air tanah atau laju pengurangan air tanah sama dengan laju infiltrasi air hujan. Daerah yang stabil ini adalah Un 4, Un 8, Un 9, dan Un 25 (Fakultas Mipa hingga Gg. Jeruk).



**Gambar 2.** Peta Anomali Gayaberat Mikro Antar Waktu Oktober-Mei 2013

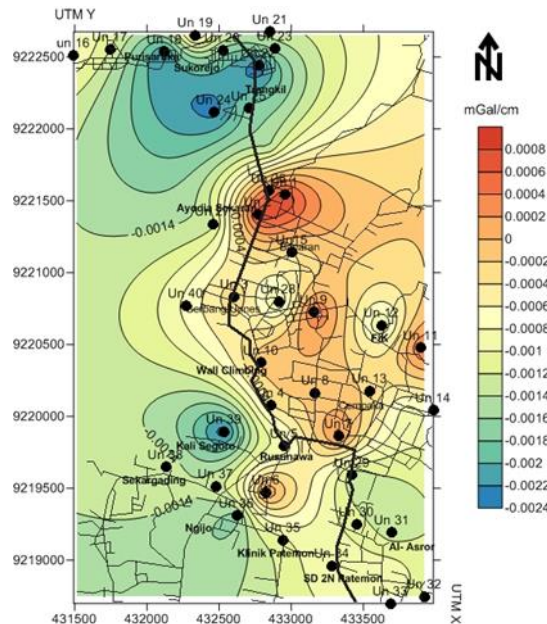
Koreksi curah hujan dilakukan untuk mengetahui dinamika air tanah pada selang waktu tertentu dengan menghilangkan faktor imbuhan air akibat adanya kejadian hujan. Nilai anomali gayaberat yang ditimbulkan oleh adanya hujan selama bulan Mei sampai Oktober yaitu sebesar 0,0472 mGal. Hasil anomali gayaberat mikro antar waktu Oktober-Mei dengan koreksi curah hujan ditunjukkan pada Gambar 3.

Anomali yang bernilai negatif menunjukkan adanya penurunan muka air tanah dalam periode Mei sampai Oktober 2013. Daerah yang stabil Un 3, Un 5, Un 6, Un 7, Un 10, Un 15, dan Un 26, yaitu daerah Gerbang Unnes hingga Perumahan Sekar Gading. Pada daerah ini tidak terjadi pengambilan air dalam skala besar karena tidak terjadi perubahan ketinggian muka air tanah. Sedangkan Un 1 dan Un 2 (Perumahan Ayodia Sekaran dan Jl. Marga Satwa) mempunyai nilai anomali yang bernilai positif menunjukkan adanya penambahan massa atau peningkatan densitas batuan di daerah tersebut.



**Gambar 3.** Peta Anomali Gayaberat Mikro Antar Waktu Oktober-Mei 2013 dengan Koreksi Curah Hujan

Perhitungan gradien vertikal gayaberat mikro antar waktu dilakukan untuk mengetahui daerah penelitian yang mengalami penurunan muka air tanah dengan menghilangkan faktor amblesan atau penurunan tanah. Dari peta gradien vertikal gayaberat mikro antar waktu (Gambar 4) terlihat bahwa respon anomalnya bernilai  $-0,0024$  sampai  $0,0008$  mGal/cm. Gradien vertikal gayaberat mikro antar waktu yang bernilai negatif menunjukkan adanya penurunan muka air tanah. Sedangkan gradien vertikal gayaberat mikro antar waktu yang bernilai positif menunjukkan adanya penambahan massa air pada daerah tersebut. Daerah yang mempunyai respon gradien vertikal gayaberat mikro antar waktu positif adalah Un 1, Un 2, Un 7, Un 9, Un 11, dan Un 26 (Banaran dan Kampus Mipa hingga Teknik Unnes). Kenaikan muka air tanah ini disebabkan karena adanya imbunan dari resapan air hujan yang terjadi selama periode pengukuran.



**Gambar 4.** Peta Gradien Vertikal Gayaberat Mikro Antar Waktu Mei-Oktober 2013

## SIMPULAN

Anomali gayaberat mikro antar waktu menunjukkan nilai positif (+) mengindikasikan kenaikan muka air tanah, negatif (-) mengindikasikan adanya penurunan muka air tanah. Pehitungan gradien vertikal mikro antar waktu menunjukkan nilai positif (+) yang mengindikasikan adanya peningkatan muka air tanah, sedangkan respon gradien vertikal antar waktu yang bernilai negatif (-) menunjukkan adanya penurunan muka air tanah.

Daerah yang mengalami peningkatan air tanah adalah Un 1, Un 2, Un7, Un 9, Un 11 dan Un 26 yaitu daerah Banaran, Kampus Mipa hingga Teknik Unnes dan Sekaran bagian selatan. Daerah yang mengalami penurunan muka air tanah cukup signifikan adalah Un 22, Un 24 dan Un 39 yaitu daerah Perumahan Trangkil dan Kalisegoro.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chitoshi Akasaka & Shigetaka Nakanishi. 2000. Correction of Background Gravity Changes Due to Precipitation: Oguni Geothermal Field, Japan. *Proceedings World Geothermal Congress 2000*. Kyushu - Tohoku, Japan.
- Said H.D. dan Sukrisna. 1988. Peta Hidrogeologi Indonesia, Lembar : VII Semarang. Bandung : Direktorat Geologi Tata Lingkungan.
- Sarkowi M. 2008. Gradient Vertikal Gayaberat Mikro Antar Waktu dan Hubungannya dengan Dinamika Air Tanah. Lampung: Universitas Lampung
- Supriyadi. 2008. Pemisahan Antara Anomali Gayaberat Akibat Amblesan dengan Penurunan Muka Air Tanah pada Data Gayaberat Mikro Antar Waktu menggunakan mbf (Model Based Filter) Dan Analisanya Studi Kasus Dataran Aluvial Semarang. Bandung: Disertasi ITB.
- Telford WM, Geldart LP, Sheriff RE. 1990. Applied Geophysics Second Edition. *Cambridge University Press*. New York.