

JURNAL

# Sains dan Teknologi

Terakreditasi Dirjen DIKTI No.: 56/DIKTI/Kep/2005

Volume 12, No. 2, Agustus 2006

ISSN 0853-733X

## J. Sains Tek.



J. Sains  
Tek.

Vol. 12

No. 2

Hlm.  
71 - 136

Bandar Lampung  
Agustus 2006

ISSN  
0853-733X

**Jurnal**  
**Sains dan Teknologi**  
ISSN 0853-733X

Terakreditasi Dirjen DIKTI SK No.: 26/DIKTI/Kep/2005 diperbarui dengan  
SK No.: 56/DIKTI/Kep/2005

Terbit 3 kali setahun pada bulan April, Agustus dan Desember berisi tulisan ilmiah hasil penelitian dasar dan terapan serta telaahan (review) tentang ilmu pengetahuan alam dan teknologi

**Penanggung Jawab**

Sugeng P. Harianto

**Ketua Penyunting**

Sutopo Hadi

**Wakil Ketua Penyunting**

Nandi Haerudin

**Penyunting Ahli**

H. Kirbani Sri Broto Puspito (UGM)

M. Arif Yudiarto (BPPT Lampung)

Sarjiya Antonius (LIPI Bogor)

Wasinton Simanjuntak (Unila)

G. Nugroho Susanto (Unila)

Rochmah Agustrina (Unila)

R.Y. Perry Burhan (ITS)

Hendra Gunawan (ITB)

Kamsul Abraha (UGM)

Edy Tri Baskoro (ITB)

Tati Suhartati (Unila)

Wamiliana (Unila)

Akhmaloka (ITB)

Dwi Asmi (Unila)

Warsono (Unila)

Sumardi (Unila)

Warsito (Unila)

**Penyunting Pelaksana**

Bambang Irawan

M. Kanedi

Karyanto

Amanto

**Administrasi/TU**

M. Yusuf

**Alamat Penyunting dan Tata Usaha**

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung

Jl. S. Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145 Telp. (0721) 701609 Pes. 706 Fax (0721) 704625;

E-mail: jsainstek@yahoo.com dan sutopo\_hadi@yahoo.com.au

Rekening Bank BNI 1946 Cabang Unila, a.n. Sutopo Hadi, No. 0070705713.

**J. Sains Tek.** diterbitkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Terbit Pertama Kali Tahun 1995 dengan nama Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi

Jurnal ini terbit di bawah tanggung jawab: Muhajir Utomo (Rektor), Pembina/Pengarah: Tirza Hanum (Pembantu Rektor I), John Hendri (Ketua Lembaga Penelitian), Sugeng P. Harianto (Dekan FMIPA)

**Daftar Isi**

	<b>Halaman</b>
Interkalasi <i>N</i> -Butilamonium de Dalam Layer Tetratitanat melalui Metode <i>Chimie Douce</i> <b>Hari Sutrisno dan Endang Dwi Siswani</b>	71-77
Pemurnian dan Karakterisasi Protease Intraseluler dari Bakteri <i>Pseudomonas cocovenenans</i> B 154 <b>Wawan Agustina dan Zufahair</b>	78-82
Penelitian Amblesan Tanah di Kawasan Industri Kaligawe Semarang Menggunakan Metode Gayaberatmikro 4D <b>Supriyadi, Djoko Santoso, Wawan Gunawan A.Kadir, M. Sarkowi , A. Zaenudin</b>	83-90
Efek Antimikroba Ekstrak Metanol Daun Sapu Jagad ( <i>Isotoma longifolia</i> ) terhadap <i>Escherichia coli</i> <b>M. Yulis Hamidy, Ira Safitri, 'Inayah, Dasni Syafril, Dafit Firmansyah</b>	91-96
Studi Biologi Pemanfaatan Osmolit Organik Taurin pada Larva Kerapu Macan ( <i>Epinephelus fuscoguttatus</i> , Forskal) <b>Endang L. Widiastuti dan Nismah</b>	97-102
Decomposition Ability of Soil Microfungi Isolated from Sumberjaya Coffee Plantation, West Lampung <b>Bambang Irawan and Yulianty</b>	103-106
New Technology for Recycling Scrap Brass and Its Application for Environment Friendly-Water Supply System <b>Nurul Taufiqu Rochman</b>	107-112
Analisis Pengaruh Perubahan Sifat Fisika Batuan terhadap Tingkat Maturasi Hidrokarbon pada Batuan Reservoir <b>Ordas Dewanto</b>	113-120
Pelabelan Total Sisi Tak Beraturan Untuk Graf Bipartit Lengkap $K_{2,n}$ <b>Asmiati</b>	121-124
Karakterisasi Pektin dari Daun Cincau Hijau ( <i>Premna oblongifolia</i> L. Miers.) <b>Susilawati, Samsu Udayana Nurdin, Assadi</b>	125-129
Synthesis, Characterization and the Antifungal Activity Test of Diphenyltin(IV) Disalicylate and Diacetylsalicylate <b>Sutopo Hadi</b>	130-136
<b>Surat Pernyataan Penulis Artikel</b>	L1
<b>Cara Berlangganan</b>	L2
<b>Pedoman Penulisan Makalah</b>	L3
<b>Instructions to Authors</b>	L4
<b>Indeks Penulis</b>	L5
<b>Indeks Subyek</b>	L5

Makalah yang diterbitkan dalam Jurnal edisi ini telah dinilai dan ditelaah oleh tim reviewer:

Prof. Effendy, Ph.D., Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang  
Dr. Akhmaloka, Departmen Kimia, FMIPA ITB, Bandung  
Dr. Satria Bijaksana, Departmen Fisika, FMIPA ITB, Bandung  
Dr. Edy Tri Baskoro, Departmen Matematika, FMIPA ITB, Bandung  
Dr. Sarjiya Antonius, PusLit Biologi LIPI Bogor  
Dr. M.A. Syamsul Arif, Jurusan Tanah, Fak. Pertanian, Unila, Bandar Lampung  
Dr. Warsono., Jurusan Matematika, FMIPA Unila, Bandar Lampung  
Dr. Nugroho G. Susanto, Jurusan Biologi, FMIPA, Unila, Bandar Lampung  
Dr. Tati Suhartati, Jurusan Kimia, FMIPA, Unila, Bandar Lampung  
Dwi Asmi, Ph.D., Jurusan Fisika, FMIPA, Unila, Bandar Lampung  
Dr. Wasinton Simanjuntak, Jurusan Kimia, FMIPA, Unila, Bandar Lampung  
Dr. Warsito, Jurusan Fisika, FMIPA, Unila, Bandar Lampung

# PENELITIAN AMBLESAN TANAH DI KAWASAN INDUSTRI KALIGAWA SEMARANG MENGGUNAKAN METODE GAYABERATMIKRO 4D

Supriyadi<sup>1,2</sup>, Djoko Santoso<sup>2</sup>, Wawan Gunawan A.Kadir<sup>2</sup>, M. Sarkowi<sup>2,3</sup>, A. Zaenudin<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika Unniversitas Negeri Semarang

<sup>2</sup>Departemen Teknik Geofisika ITB,

<sup>3</sup>Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung

Diterima 16 Januarii 2006, perbaikan 28 Agustus 2006, disetujui untuk diterbitkan 6 September 2006

## ABSTRACT

The microgravity 4D research has been carried out in Kaligawe industrial area Semarang to identify subsidence. The research has been carried out two times, namely on Jun 04, Feb 05 using Lacoste & Romberg G1158 gravimeter which is equipped by alliod to measure gravity on each station and Lacoste & Romberg G508 gravimeter to observe the tide. The research findings indicate that the research area experience subsidence. This is indicated by time lapse microgravity value that has positive value on Jun 04 – Feb 05. Based on the vertical gradient of gravity time lapse value showed that the subsidence caused by pumping groundwater for industry will give a negative anomaly. The results of gravity measurement show that it's an effective method to identify the subsidence.

**Keywords :** *microgravity 4D, subsidence*

## 1. PENDAHULUAN

Kota Semarang terdiri dari dua bagian, dataran rendah yang biasa disebut Semarang Bawah dan daerah perbukitan yang biasa disebut Semarang Atas. Khususnya di Semarang Bawah diduga telah mengalami amblesan permukaan tanah, sebagaimana telah dikemukakan oleh beberapa peneliti. Muhrozi melakukan pengukuran beda tinggi dengan pengukuran sipat datar, mendapatkan laju amblesan tanah di daerah Semarang sebesar 1– 5 cm/tahun<sup>1</sup>). Marsudi<sup>2</sup>) dengan menggunakan simulasi model konsolidasi memprediksi amblesan tanah untuk tahun 2013 di beberapa daerah Semarang, seperti Tanjung Mas akan ambles sebesar 1,53 m, Tambaklorok sebesar 1,52 m, Tawang sebesar 0,94 m, Pengapon sebesar 0,88 m, PRPP sebesar 0,88 m, Tanah Mas sebesar 1,14 m, STM Perkapalan sebesar 0,85 m, P3B Jl. Singosari sebesar 0,65 m dan Simpang Lima sebesar 0,38 m. Wahyudi melakukan evaluasi dan analisis penurunan tanah dengan data beda tinggi di daerah pelabuhan Tanjung Mas dan sekitarnya berkisar 6,5 cm/tahun<sup>3</sup>). Sedangkan Sutanto dengan menggunakan metode GPS menyimpulkan bahwa laju amblesan tanah di daerah Semarang adalah 11,5 cm/ tahun<sup>4</sup>). Pada tahun 2001, Tobing dkk.<sup>5</sup>) melakukan penyelidikan geologi teknik amblesan tanah daerah Semarang dan sekitarnya. Berdasarkan hasil evaluasi tahap I dan II

dapat diketahui bahwa penurunan yang terjadi di daerah ini berkisar antara 1-17 cm /tahun.

Berdasarkan hasil penelitian di atas terlihat bahwa amblesan tanah daerah Semarang yang diinformasikan oleh peneliti satu dengan lainnya berbeda. Perbedaan ini disebabkan oleh metode yang digunakan. Selain itu penelitian dengan menggunakan metode geofisika untuk pemantauan amblesan tanah belum dilakukan. Kenyataan ini mendorong untuk dilakukannya penelitian amblesan tanah di Semarang dengan menerapkan metode gayaberat antar waktu. Metode ini digunakan dengan pertimbangan bahwa metode tersebut memberikan data gayaberat yang lebih teliti (dalam orde mikroGal) dan telah diterapkan diberbagai bidang, misalnya untuk pemantauan lapangan panas bumi dan gas<sup>6-9</sup>), pemantauan aktivitas gunung api<sup>10-11</sup>), pemantauan hidrogeologi<sup>12</sup>), dan pemantauan amblesan tanah di daerah pertambangan<sup>13</sup>).

### 1.1. Anomali gayaberat mikro antar waktu

Anomali gayaberat yang diamati adalah akibat adanya variasi massa dan besaran suatu material di bawah dan sekitar titik pengukuran. Untuk benda 3 dimensi dengan distribusi rapat massa  $\rho = (\alpha, \beta, \gamma)$ , efek gayaberat di titik P(x,y,z) pada permukaan dalam selang waktu tertentu (tt) dinyatakan oleh Kadir<sup>14</sup>):

$$\Delta g(x, y, z, \Delta t) = G \int_0^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\Delta \rho(\alpha, \beta, \gamma, \Delta t)(z - \gamma)}{[(x - \alpha)^2 + (y - \beta)^2 + (z - \gamma)^2]^{\frac{3}{2}}} d\alpha.d\beta.d\gamma \quad (1)$$

Persamaan 1 jika perubahan gayaberat tidak diikuti dengan perubahan geometri dan volume benda maka dapat didekati dengan Persamaan 2:

$$\Delta g(x, y, z, \Delta t) \cong K \Delta \rho(x, y, z, \Delta t) \quad (2)$$

dengan K adalah fungsi Green yang berhubungan dengan geometri dan volume benda anomali. Anomali gayaberat mikro antar waktu merupakan selisih antara gayaberat mikro pada periode  $t'$  dan  $t$ .

$$\Delta g(x, y, z, \Delta t) = g(x, y, z, t') - g(x, y, z, t) \quad (3)$$

## 1.2. Amblesan tanah

Adanya pergerakan tektonik pada suatu tempat akan berakibat pada terjadinya perubahan posisi dan elevasi suatu tempat. Berdasarkan hukum Newton bahwa nilai gaya berat ditentukan oleh massa dan jarak, semakin besar massa maka nilai gaya berat yang terukur akan semakin besar demikian pula sebaliknya. Nilai gaya berat normal suatu titik dipermukaan bumi yang terletak pada lintang  $\varphi$  dan tinggi  $h$  dari ellipsoid diberikan oleh Kahar<sup>15)</sup> (Persamaan 4):

$$g(\varphi) = 978032.700(1 + 0.0053024 \sin^2 \varphi - 0.0000058 \sin^2 2\varphi) \quad \text{mGal} \quad (4)$$

Perubahan permukaan tanah (elevasi stasion) ke arah vertikal tersebut dikenal sebagai amblesan atau *subsidence*. Harga gayaberat akibat perubahan elevasi dapat diestimasi dengan derivatif vertikal Persamaan gayaberat ellipsoid yang terdapat pada Persamaan 5-7 berikut ini:

$$g_{\varphi, h} = g_{\varphi} + \frac{\partial g_{\varphi}}{\partial h} h \quad (5)$$

$$\frac{\partial g_{\varphi}}{\partial h} = -\frac{2g_{\varphi}}{a} (1 + f + m - 2f \sin^2 \varphi) \quad (6)$$

$$\frac{\partial g_{\varphi}}{\partial h} = -0.308765 \text{ mGal/meter, untuk } \varphi = 7.5^\circ \quad (7)$$

## 1.3. Gradien vertikal gayaberat

Gradien gayaberat dikembangkan dari besaran gradien diferensial, dimana gradien ditentukan dari suatu interval yang merupakan *finite difference* data gayaberat lapangan. Gradien ini sering disebut juga sebagai turunan vertikal pertama atau FVD (*First Vertical Derivative*). Harga FVD hasil pengukuran berbeda hasil yang diturunkan dari gayaberat Persamaan 7. Untuk pengukuran gayaberat dengan tiga beda elevasi tower, yaitu  $h_{(i-1)}$ ,  $h_{(i)}$ , dan  $h_{(i+1)}$ , dapat digunakan Persamaan 8 di bawah ini:

$$\frac{\partial g}{\partial h} = \left( \frac{g_{(i-1)} - g_{(i)}}{h_{(i-1)} - h_{(i)}} \right) \text{ mGal/m} \quad (8)$$

## 2. METODE PENELITIAN

Kegiatan yang dilakukan adalah :

- Simulasi anomali gayaberatmikro yang disebabkan oleh amblesan tanah
- Simulasi  $g(\text{FVD})$  untuk menunjukkan anomali gayaberat yang dipengaruhi oleh perubahan kedalaman muka airtanah.
- Survei gayaberat untuk memprediksi gejala amblesan tanah
- Pengumpulan data curah hujan yang diperoleh dari instansi terkait, yaitu Stasiun Klimatologi BMG Semarang, dan Stasiun Maritim Semarang
- Pengolahan data gayaberat
- Analisis anomali gayaberat antar waktu dalam hubungannya dengan *subsidence* dan interpretasi.

### 2.1. Simulasi anomali gayaberatmikro yang disebabkan oleh amblesan tanah

Untuk keperluan simulasi ini digunakan Persamaan 4 dan 7. Awalnya diasumsikan pengukuran pada titik dipermukaan bumi yang belum mengalami amblesan. Pada selang waktu tertentu dilakukan pengukuran pada titik yang sama yang telah mengalami perubahan posisi secara vertikal. Hasil simulasi seperti tampak pada Gambar 1.

Berdasarkan model amblesan tanah dan respon gayaberat (Gambar 1), setiap penambahan amblesan akan memberikan harga gayaberat yang lebih besar yang disebabkan oleh perubahan elevasi yang terjadi. Respon anomali gayaberat untuk ketinggian yang lebih rendah ditunjukkan oleh harga yang lebih besar atau  $g(t_3) > g(t_2) > g(t_1) > g(t_0)$ .

### 2.2. Simulasi $g(\text{FVD})$ dan $g(\text{FVD})$ antar waktu

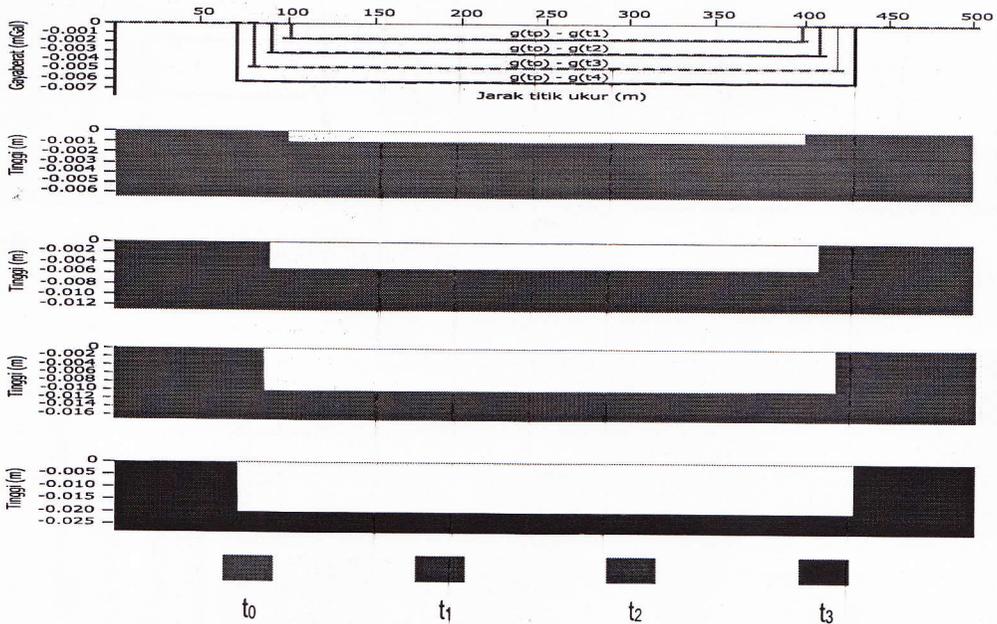
Simulasi ini bertujuan untuk memperoleh informasi hubungan anomali gayaberatmikro dengan amblesan tanah, anomali gayaberatmikro dengan penurunan muka airtanah, dan gayaberatmikro dengan imbuhan airtanah. Simulasi ini berdasarkan persamaan 8. Hasil simulasi seperti pada Gambar 2 di bawah ini.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa perbandingan respon  $g(\text{FVD})$  untuk tiga pengukuran pada periode  $t_1$ ,  $t_2$ , dan  $t_3$  (Gambar 2a) memperlihatkan bahwa harga  $g(\text{FVD})$  adalah sama, yaitu sebesar 308,76 mikroGal/m, seberapa besar apapun permukaan tanah tersebut mengalami amlesan. Pada Gambar 2b, karena harga  $g(\text{FVD})$  untuk setiap periode pengukuran sama, maka  $g(\text{FVD})$  antar waktu sama dengan nol.

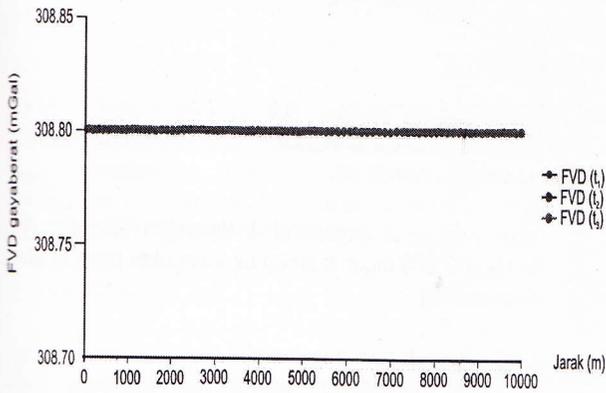
Simulasi pada Gambar 2c, 2d, 2e, dan 2f menunjukkan bahwa pengurangan massa bawah permukaan (penurunan muka airtanah) dapat ditunjukkan dengan anomali  $g(\text{FVD})$  dan  $g(\text{FVD})$  antar waktu. Pengurangan

airtanah atau penurunan muka airtanah memberikan respon  $g(\text{FVD})$  positif, dan  $g(\text{FVD})$  antar waktu negatif,

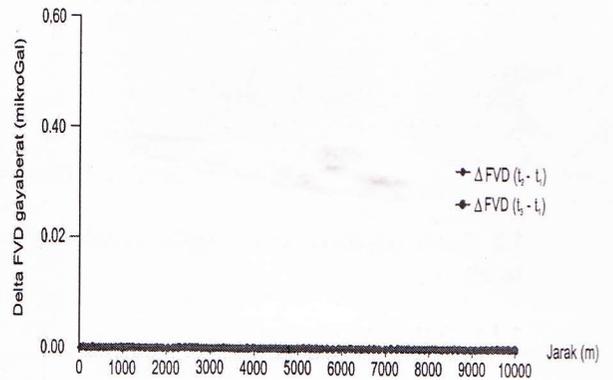
sebaliknya imbuan airtanah akan memberikan respon  $g(\text{FVD})$  antar waktu positif.



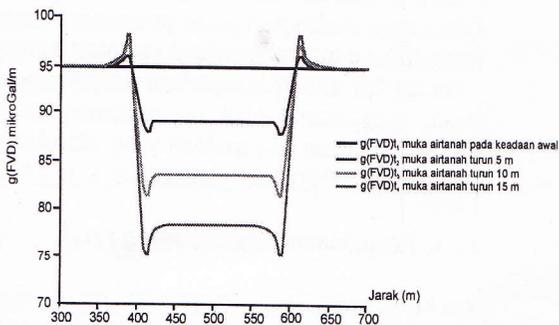
Gambar 1. Anomali gayaberat dan bentuk amblesan pada saat  $t_0$  sampai dengan  $t_3$



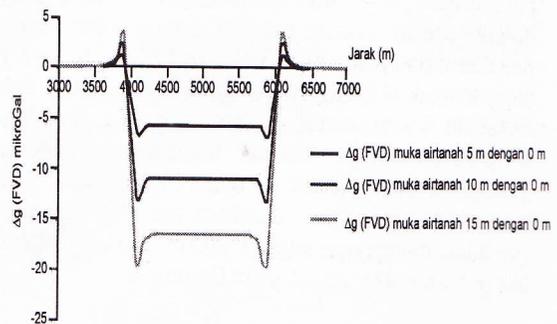
Gambar 2a. Respon  $g(\text{FVD})$  akibat amblesan tanah pada periode  $t_1$ ,  $t_2$  dan  $t_3$



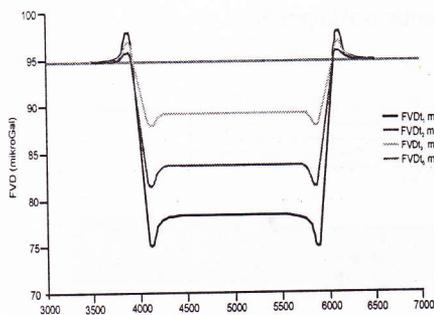
Gambar 2b. Anomali  $g(\text{FVD})$  antar waktu akibat amblesan tanah periode  $(t_2-t_1)$  dan  $(t_3-t_1)$



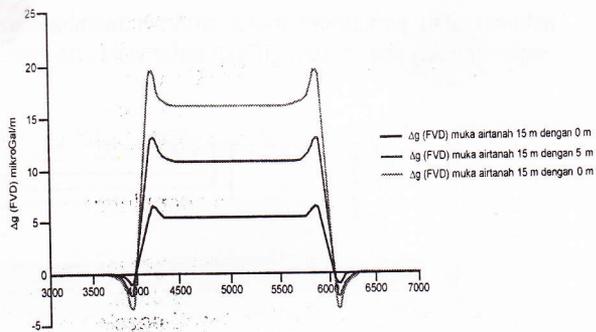
Gambar 2c. Respon  $g(\text{FVD})$  akibat penurunan muka airtanah 0, 5, 10, dan 15 m



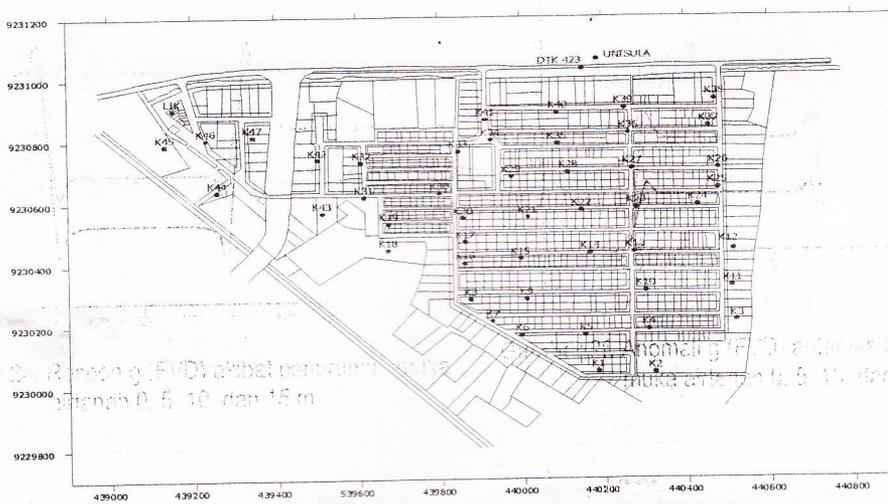
Gambar 2d. Anomali  $g(\text{FVD})$  antar waktu akibat penurunan muka airtanah 0, 5, 10, 15 m



Gambar 2e. Respon g (FVD) akibat penurunan muka airtanah 0, 5, 10, dan 15 m



Gambar 2f. Anomali g (FVD) antar waktu akibat penurunan muka airtanah 0, 5, 10, dan 15 m



Gambar 3. Distribusi titik ukur di daerah penelitian

### 2.3. Survei gayaberat untuk memprediksi amblesan tanah

#### 2.3.1. Distribusi titik ukur

Diperlukan satu titik referensi pengukuran sehingga penyimpangan yang terjadi dapat dikoreksi. Mengingat Semarang bagian utara merupakan daerah yang relatif tidak stabil yang diindikasikan dengan adanya amblesan permukaan tanah. Sehingga penentuan titik referensi pengukuran yang kemudian dijadikan titik base dipilih daerah bagian selatan. Sebagai titik base pengukuran gayaberat dan posisi adalah titik lokasi KOP A. Yani 15 yang terletak di Taman Diponegoro dekat Rumah Sakit Elizabeth daerah kawasan Semarang atas. Titik base pengukuran dipilih karena berdasarkan informasi geologi daerah tersebut relatif stabil dan tidak mengalami amblesan. Distribusi titik ukur di lokasi penelitian mempunyai interval 200 m, dan berjumlah 47 titik (K1 s/d K 47) seperti pada Gambar 3.

#### 2.3.2. Peralatan

Pada penelitian ini digunakan 2 gravimeter, yaitu gravimeter Lacoste & Romberg tipe G1158 digunakan

untuk mengukur gayaberat di lapangan (Gambar 4a), dan tipe G 508 digunakan untuk mengukur pasang surut (Gambar 4b).

#### 2.3.3. Pengukuran gayaberat

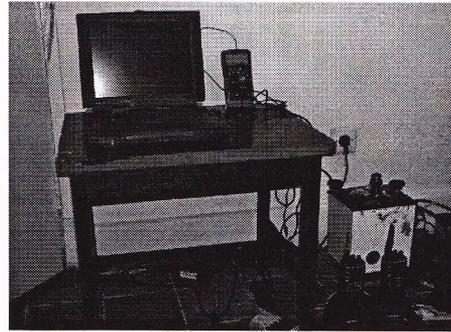
Pengukuran gayaberat dengan menggunakan metode gayaberat mikro 4D pada dasarnya melakukan pengukuran gayaberat pada titik yang sama secara berulang dalam antar periode tertentu. Pada setiap periode urutan titik ukur harus sama dengan periode sebelumnya. Sedangkan untuk gradien vertikalnya pada setiap titik, gravitometer diletakkan pada ketinggian 0 meter dan 0,5 m. Untuk keperluan penelitian amblesan tanah disarankan pengukuran dilakukan lebih dari 2 kali. Dalam tulisan ini penelitian yang dilakukan adalah periode Juni 2004 dan Pebruari 2005.

#### 2.3.4. Pengukuran koreksi pasang surut

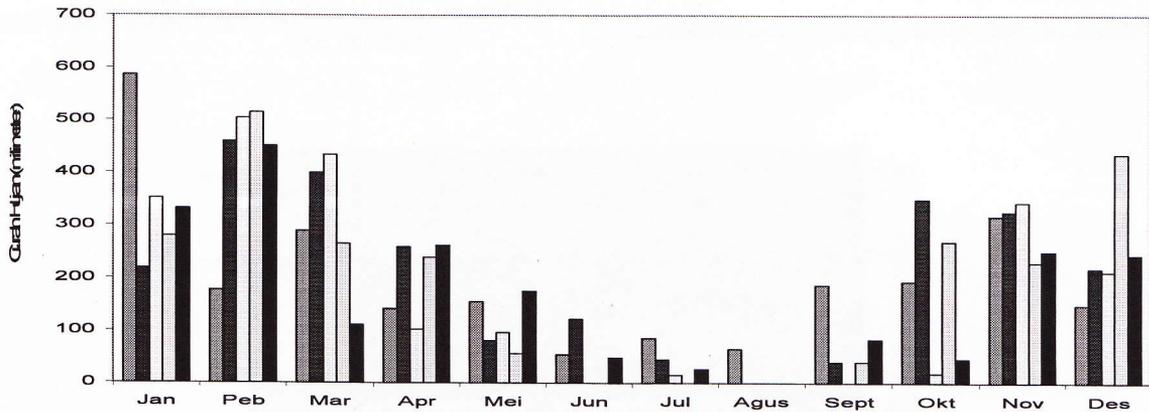
Koreksi pasang surut gayaberat dapat ditentukan dengan dua cara: menghitung perubahan gayaberat karena perubahan posisi bulan dan matahari terhadap bumi dan dengan melakukan pengukuran gayaberat secara langsung dan kontinu menggunakan gravimeter



Gambar 4a. Gravimeter Lacoste & Romberg G1158



Gambar 4b. Gravimeter tipe G508 untuk pengukuran pasang surut



Gambar 5. Curah hujan selama 5 tahun (2001-2005) di lokasi penelitian

yang mampu membaca dan menyimpan hasil pengukuran secara otomatis. Pada penelitian ini kami melakukan pengamatan pasang surut gayaberat dengan menggunakan gravimeter Lacoste & Romber G508 yang telah dilengkapi *feedback* faktor (Gambar 4b).

#### 2.4. Curah hujan

Analisis data curah hujan selama 5 tahun (2001-2005) yang diperoleh dari Stasiun Klimatologi Semarang untuk daerah penelitian seperti pada Gambar 9. Berdasarkan data ini diperoleh informasi bahwa secara umum pada bulan Januari curah hujan tinggi, dan mulai menurun pada bulan selanjutnya sampai bulan Agustus, dan naik kembali di bulan September sampai Desember. Kondisi semacam ini akan mempengaruhi kondisi airtanah (terjadi penurunan muka airtanah), dan jika terjadi pemompaan airtanah akan mempercepat proses amblesan tanah.

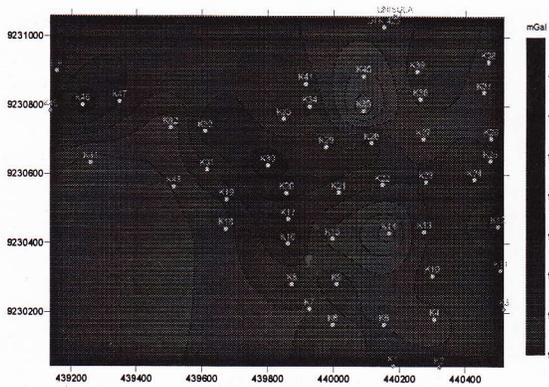
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Anomali Gayaberatmikro 4D

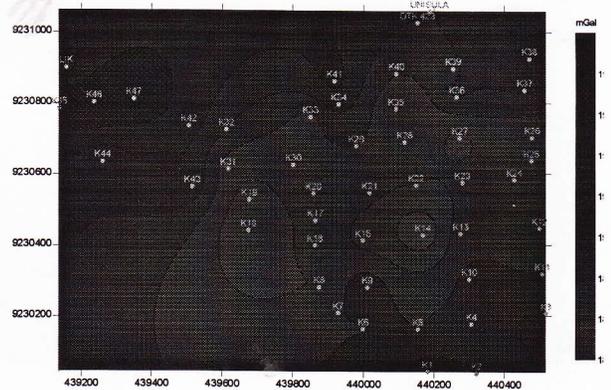
Anomali gayaberatmikro tiap pengukuran diperoleh dengan melakukan koreksi data pengukuran dengan koreksi pasang surut gayaberat dan drift untuk tiap looping pengukuran (Gambar 6a dan 6b).

Berdasarkan hasil pengukuran Juni 2004 menunjukkan bahwa anomali gayaberat lokal maksimum berada di sekitar titik K30, K45, K46, K47, dan harga minimumnya terletak di titik K14, K 35, K44. Sedangkan hasil pengukuran Pebruari 2005 menunjukkan bahwa nilai maksimum gayaberat lokal berada di titik K 45, K 46, K47, dan harga minimumnya terletak di titik K 14. Hasil ini menunjukkan bahwa di sekitar titik K 45, K46 dan K 47 merupakan daerah yang rendah dibandingkan dengan daerah yang lain, sedangkan daerah sekitar titik K14 mempunyai ketinggian yang lebih besar dibandingkan dengan daerah lain.

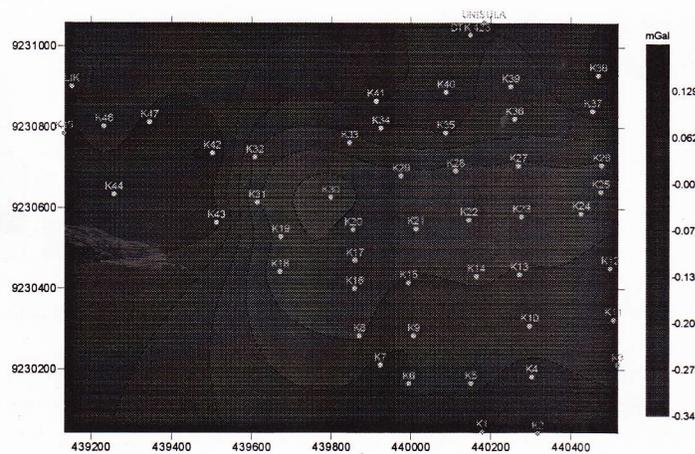
Nilai gayaberat lokal masing masing periode pengukuran dipengaruhi oleh ketinggian stasiun pengukuran. Nilai gayaberat lokal tinggi antara 19,28 s.d 19,36 mGal menunjukkan daerah tersebut terletak pada daerah topografinya rendah. Nilai gayaberat lokal rendah antara 18,8 s.d 19,05 mGal menunjukkan daerah tersebut terletak pada daerah yang topografinya tinggi. Hal ini diindikasikan oleh semakin tinggi titik amat maka gayaberat lokal semakin kecil. Berdasarkan uraian di atas diduga bahwa penyebab perubahan nilai gayaberat yang dominan di daerah penelitian adalah pengambilan air untuk keperluan industri dan tambahan massa air oleh curah hujan yang terjadi selama selama antar waktu Juni 2004 – Pebruari 2005. Perubahan nilai gayaberat ini menunjukkan bahwa di daerah penelitian mengalami amblesan tanah.



Gambar 6a. Peta anomali gayaberat lokal periode Juni 2004



Gambar 6b. Peta anomali gayaberat lokal periode Februari 2005



Gambar 7. Peta anomali gayaberatmikro antar waktu

Sedangkan anomali gayaberatmikro antar waktu merupakan selisih antara anomali gayaberatmikro periode akhir dengan awal (Gambar 7).

Anomali gayaberat mikro antar waktu diperlihatkan pada Gambar 7, menunjukkan bahwa daerah tersebut mengalami amblesan tanah atau respon gayaberat akibat amblesan tanah lebih besar dibandingkan respon gayaberat akibat penurunan airtanah. Daerah dengan nilai anomali gayaberat maksimum (positif) terletak di titik K42, K43, K44, K45, K46, K47. Daerah yang mempunyai respon gayaberat positif mengindikasikan bahwa daerah tersebut mengalami amblesan tanah.

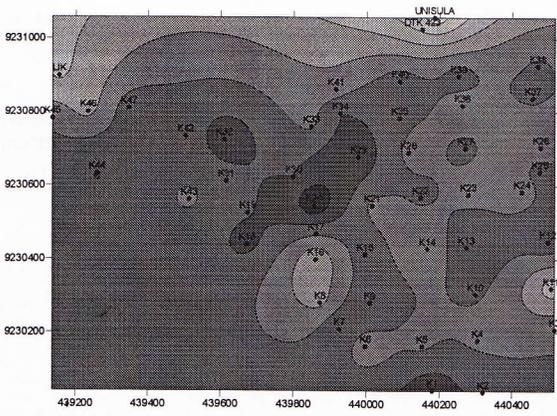
Anomali gayaberat mikro antar waktu minimum (negatif) menunjukkan bahwa respon gayaberat akibat pengurangan airtanah lebih besar dibandingkan dengan respon gayaberat akibat amblesan. Daerah dengan nilai anomali gayaberat negatif besar terletak di titik K30. Di sekitar daerah ini terdapat industri yang melakukan pengambilan air cukup banyak.

Anomali gayaberat mikro antar waktu yang mendekati nol menunjukkan bahwa daerah tersebut stabil atau respon amblesan tanah hampir sama dengan respon penurunan airtanah. Daerah dengan nilai anomali gayaberat mendekati nol terletak di K38, K41, dan K46.

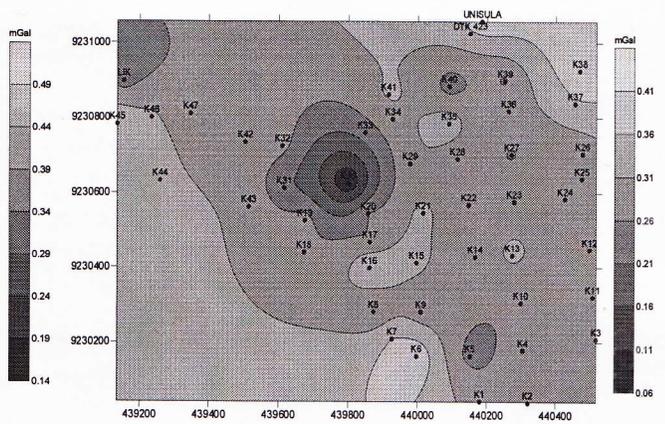
### 3.2. Anomali Gradien Vertikal Gayaberat, g (FVD)

Berdasarkan Persamaan 8, gradien vertikal gayaberat untuk tiap periode pada setiap titik merupakan selisih gayaberat hasil pengukuran yang sudah dikoreksi pasang surut dan koreksi drift pada posisi 0 m dengan 0,5 m. Peta gradien vertikalnya ditunjukkan pada Gambar 8.

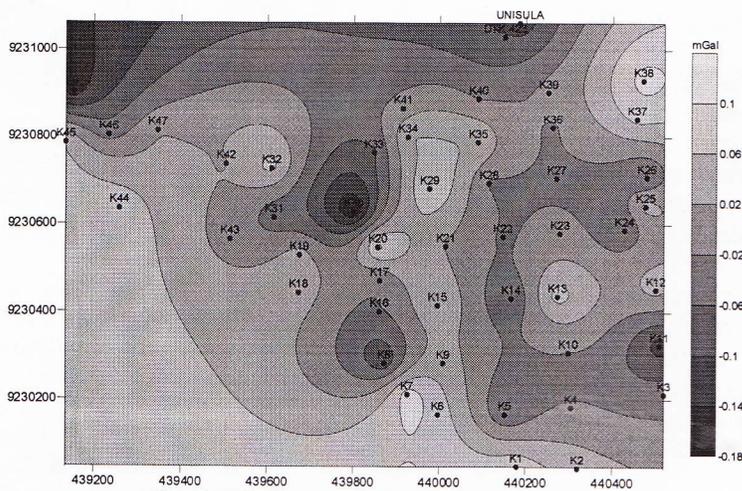
Dari dua kali pengukuran gradien vertikal gayaberat didapatkan dua peta gradien vertikal gayaberat periode Juni 2004 (Gambar 8a) dan peta gradien vertikal gayaberat periode Nopember 2005 (Gambar 8b). Nilai gradien vertikal gayaberat untuk waktu pengukuran Juni 2004 dan Nopember 2005 harganya selalu positif (+). Peta gradien vertikal gayaberat periode Juni 2004



Gambar 8a. Peta anomali g (FVD) periode Juni 2004



Gambar 8b. Peta anomali g (FVD) periode Pebruari 2005



Gambar 9. Peta anomali g (FVD) antar waktu

menunjukkan keadaan bawah permukaan (muka air tanah) pada awal musim kemarau, sedangkan Peta gradien vertikal gayaberat periode Nopember 2005 menunjukkan keadaan kemarau akhir. Karena keduanya sama-sama musim kemarau, maka keadaan bulan Nopember 2005 menunjukkan muka air tanah yang lebih dalam dari keadaan Juni 2004. Dimana selama musim ini pemompaan air dengan intensif terus dilakukan.

Hasil pengukuran Juni 2004 menunjukkan bahwa g(FVD) maksimum berada di titik K8, K11, K16, LIK, dan nilai minimumnya berada di titik K 18, K19, K20, K29, K30, K32, dan K34. Untuk pengukuran Pebruari 2005 menunjukkan bahwa nilai maksimum berada di titik K6, K7, K13, K15, K16, K21, K25, K38, K41, K44, K46, dan nilai minimumnya berada di titik K20, K30, K31, K33, dan K40.

Sedangkan anomali g(FVD) antar waktu merupakan selisih antara g(FVD) periode Pebruari 2005 dengan g(FVD) periode Juni 2004. Peta anomalnya seperti pada Gambar 9.

Pada peta anomali gradien vertikal gayaberat antar waktu Periode Juni 2004 – Nopember 2005, pengurangan massa air (penurunan muka air tanah) ditunjukkan dengan harga gradien vertikal gayaberat antar waktu negatif besar, imbuhan airtanah ditunjukkan oleh anomali gradien vertikal gayaberat antar waktu positif besar, dan batas-batas anomali ditunjukkan oleh harga mendekati nol.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian amblesan tanah dengan menggunakan metode gayaberatmikro 4D memberikan hasil yang dapat digunakan untuk menduga daerah yang mengalami amblesan tanah. Hal ini ditunjukkan oleh anomali gayaberat lokal, anomali gayaberatmikro antar waktu yang positif, dan g (FVD) nol. Penyebab terjadinya amblesan tanah di lokasi penelitian diduga karena pengambilan air yang diindikasikan oleh nilai anomali g (FVD) antar waktu negatif. Penelitian akan semakin baik jika pengukuran dilakukan minimal 3 kali dengan periode musim yang berbeda, mengingat perubahan gayaberat di titik ukur dipengaruhi oleh

dinimaka airtanah. Selain itu perlu data tambahan untuk justifikasi yang berupa data beda tinggi titik ukur (leveling) dan curah hujan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Muhrozi. 1996. Studi penentuan penurunan permukaan tanah di Semarang Bawah, *Laporan Penelitian DPPM*, FT SIPIL UNDIP, Semarang
2. Marsudi. 2000. Prediksi laju amblesan tanah di dataran aluvial Semarang propinsi Jawa Tengah, Disertasi S-3, Departemen teknik Geologi Program Pascasarjana ITB, Bandung
3. Wahyudi. 2000. Evaluation and Analysis of Land Subsidence in Tanjung Emas Harbaour in Semarang, *Proceedings of the Sixth AESEAP Triennial Conference*, p. 509 – 514
4. Sutanto, H. 2002. Spatial modelling of land subsidence and sea level rise in a coastal urban setting, case study : Semarang, central Java, Indonesia, M.Sc thesis at the International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation ( ITC ), the Netherlands.
5. Tobing, Syarif, Murdohardono. 2001. Penyelidikan geologi teknik amblesan tanah daerah Semarang dan sekitarnya, Laporan penelitian, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Direktorat Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral, Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral
6. Allis, R.G, and Hunt, T.M. 1986. Analysis of exploration induced gravity changes at Wairakei geothermal field. *Geophysics*. 51: 1647 – 1660
7. Here, J.L., Fergusson, J.F., Aiken, C.L.V., and Bradly, J.L. 1999. The 4D microgravity method for waterflood surveillance : A model study for the Prudoe Bay reservoir, Alaska. *Geophysics* 64, p. 78 – 87
8. Sihwanto dan Sukrisno. 2000. Konservasi airtanah di daerah Semarang, Laporan penelitian Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung. tidak dipublikasikan
9. Van Galderen, M., Haagmans, R., and Bilker, M. 1999. Gravity changes and natural gas extraction in Groningen, *Geophysical Prospecting*, Vol. 47, 979 – 993
10. Johnsen, R.C, and Roberts, C.W. 1985. Temporal and areal gravity investigation at Long Valley caldera, California, *J. Geophysic.Res.* 90.1120 – 11218
11. Rundle, J.B. 1982. Deformation, gravity and potential change due to volcanic . the crust, *J. Geophysic.Res.* 87, 10729 – 10744
12. Lambert, A., C. Beamont. 1997. Nanovariations in gravity due to seasasonal groundwater movement studies : Implication for the gravitational detections of tectonics movements, *J. Geophysic.Res.* 82. 297 – 306
13. Lyness, D. 1985. The gravimetric detection of mining subsidence, *Geophysical Prospecting*, Vol. 33, p. 567 – 576
14. Kadir W.G.A, M.T. Zen, L. Hendrajaya, D. Santoso and S. Sukmono. 1996. Gravity evidence for the thinning of the crust around the North Sumatra area, *Proceeding of Indonesian Petroleum Association* 25, p.81-91
15. Kahar, J. 1990. Potensial gayaberat dalam penentuan bentuk dan besar bumi, *Kontribusi Fisika ITB*, Vol. 1, No. 2A, Juli 1990