

STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN KOTA SEMARANG BERDASARKAN DATA GAYABERAT

Subsurface Structure of Semarang City Based on Gravity Data

Dadan Dani Wardhana¹, Hery Harjono¹ dan Sudaryanto¹

¹ Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI

ABSTRAK Kota Semarang merupakan kota yang berkembang dari pemukiman tua yang dibangun pada endapan alluvial yang berumur sangat muda. Beberapa fenomena alam yang muncul seiring dengan perkembangan kota Semarang, diantaranya penurunan muka tanah, terjadi banjir rob, dan di beberapa kawasan terjadi longsor. Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengetahui penyebab dari fenomena tersebut. Pada penelitian ini telah dilakukan studi gayaberat untuk mengidentifikasi kaitan antara struktur bawah permukaan dengan fenomena penurunan muka tanah. Analisis struktur bawah permukaan dilakukan melalui interpretasi kualitatif terhadap peta anomali gayaberat Bouguer dan anomali residual. Sedangkan interpretasi kuantitatif dibuat model 2-dimensi gayaberat dan model inversi 2-dimensi tahananjenis. Hasil penelitian memperlihatkan rentang anomali Bouguer antara -15 sampai 10 mGal, berada pada zona anomali rendah. Pola struktur yang tergambar didominasi oleh arah baratlaut-tenggara. Anomali di timur relatif lebih tinggi daripada yang di barat yang menunjukkan bahwa *basement* di bagian timur lebih dangkal dibandingkan dengan yang di sebelah barat. Tiga penampang model gayaberat dibuat dalam 7 lapisan dengan densitas berturut-turut 1,85gr/cc, 2,00gr/cc, 2,20 gr/cc, 2,30 gr/cc, 2,45 gr/cc, 2,6 gr/cc dan 2,85 gr/cc. Hasilnya menggambarkan bahwa dominasi sesar naik dan geser yang terus

aktif mengontrol batuan penyusun kota Semarang.

Kata Kunci: Struktur bawah permukaan, Penurunan Tanah, Semarang, Gayaberat.

ABSTRACT Semarang City is a growing city of the old settlement that was built on the very young alluvial deposits. Some natural phenomena that rises with the city development, such as land subsidence, tidal flooding, and landslides occurred in some areas. There have been many studies conducted to determine the cause of the phenomenon. In order to identify correlation between the subsurface structure with land subsidence phenomenon, we conducted gravity study. Analysis of the subsurface structure has been done through a qualitative interpretation of Bouguer gravity anomaly and the residual anomaly map. The quantitative interpretation was done to 2-dimensional gravity models and 2-dimensional resistivity inversion models. The results of the study show Bouguer anomaly ranges between -15 to 10 mGal; it is at a low anomaly zone. Structure pattern depicted is dominated by northwest-southeast direction. Anomalies in the eastern comparatively higher than in the west, it showed the basement in the eastern part shallower than those in the west. Three cross-section gravity models were made in 7 layers with successive density 1.85gr/cc, 2.00gr/cc, 2.20 gr/cc, 2.30 gr/cc, 2.45 gr/cc, 2.6 gr/cc and 2.85 gr/cc. The results illustrate that the dominance of reverse fault and shear continues to actively control the rocks in Semarang City.

Keywords: Subsurface Structure, Land Subsidence, Semarang, Gravity.

Naskah masuk : 9 Januari 2014
Naskah revisi : 9 Mei 2014
Naskah diterima : 25 Mei 2014

Dadan Dhani Wardhana
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
Komplek LIPI, Jl. Sangkuriang, Bandung 40135
E-mail : dhanswardhana@yahoo.com

PENDAHULUAN

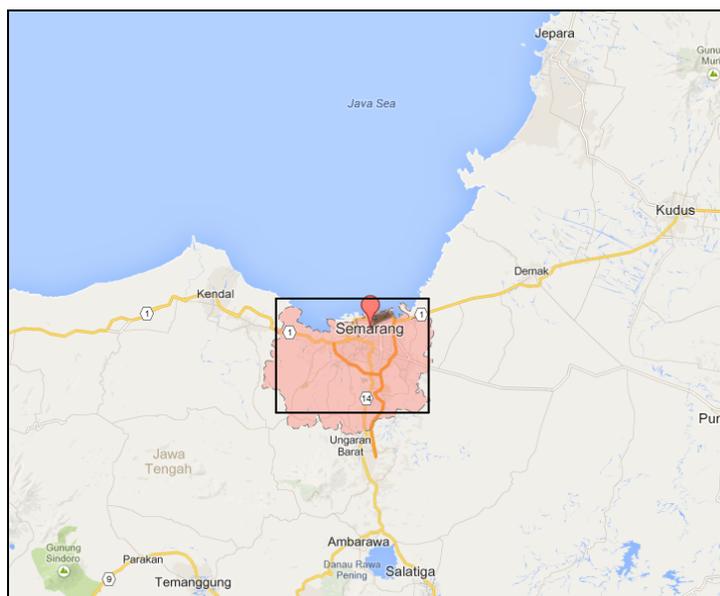
Kota Semarang merupakan kota yang berkembang dari pemukiman tua yang dibangun pada endapan alluvial. Sejalan dengan waktu, kota ini berkembang pesat dan menjadi ibukota propinsi serta merupakan salah satu kota penting di Indonesia. Perkembangan ini, seperti kota-kota besar di Indonesia lainnya, dibarengi oleh munculnya masalah daya dukung wilayah yang tidak berimbang dan memicu permasalahan yang lebih kompleks yang bersifat sosio-ekonomis-kultural. Contoh paling kentara adalah penurunan muka tanah yang telah diketahui secara umum. Sayekti *et al.*, 2008, dalam Murwanto, (2008) menyebutkan bahwa penurunan tanah di kota Semarang berkisar $<0,6$ hingga >3 cm/th. Penurunan yang cukup besar terjadi di bagian utara, yaitu sekitar pelabuhan Tanjung Emas, Stasiun Poncol hingga Stasiun Tawang. Hasil penelitian FT Undip pada tahun 2005 menyebutkan kawasan Tawang, Pelabuhan, Kota lama, Tanah Mas mengalami penurunan 5 – 10 cm/th

Sejumlah studi, khususnya geologi dan keteknikan, telah dilakukan untuk mengetahui penyebab penurunan muka tanah di Kota Semarang. Hasil-hasil menunjukkan adanya korelasi antara pengambilan airtanah, endapan alluvial muda, dan pembebanan kota. Tetapi beberapa hal yang masih menjadi pertanyaan,

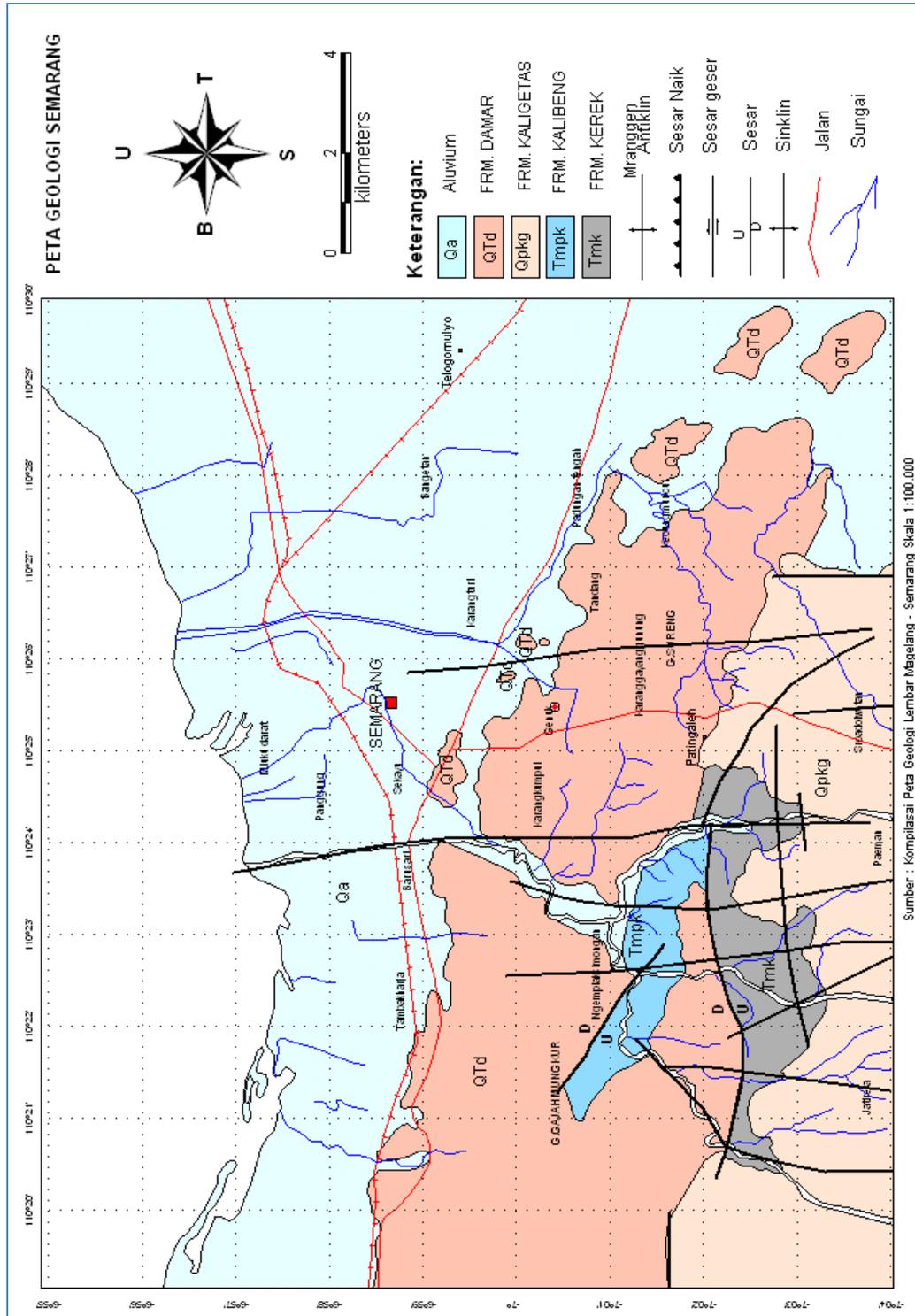
mengingat hampir sejumlah data belum mengungkapkannya apakah ada peran tektonik yang melibatkan *basement* (batuan dasar)? Sarah *et al.* (2012 dan 2013) menyebutkan bahwa hasil pemodelan 2D menunjukkan bahwa penurunan tanah di Semarang umumnya lebih disebabkan oleh penurunan muka air tanah dan pembebanan permukaan. Murwanto (2008) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa penurunan muka tanah di Kota Semarang dikontrol oleh patahan yang ada atau sangat dipengaruhi oleh proses tektonik. Hal ini didasarkan pada kajian peta amblesan tanah, peta struktur geologi dan pola morfologi yang menunjukkan bahwa pola amblesan tanah berhubungan dengan pola struktur patahan. Berkaitan dengan hal tersebut, untuk dapat menjelaskannya diperlukan pemahaman geologi yang mendasar tentang penyebabnya melalui pengamatan yang terukur. Berkaitan dengan hal tersebut maka dilakukan penelitian bawah permukaan dengan menggunakan metode gayaberat di bawah Kota Semarang.

LOKASI PENELITIAN

Secara administrasi daerah penelitian terletak di wilayah Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Kota Semarang memiliki luas wilayah 373,70 Km², dan secara geografis terletak pada koordinat 110°16'20" - 110 ° 30'29" Bujur Timur dan 6°55'34" - 7°07'04" Lintang Selatan.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian



Gambar 2. Peta Geologi Semarang yang disederhanakan (Thanden *et al.*, 1996)

Kota Semarang sangat dipengaruhi oleh keadaan alam yang mempunyai ciri khas yaitu terdiri dari daerah perbukitan, dataran rendah dan daerah pantai dengan kemiringan tanah berkisar antara 0 sampai 40 persen dan ketinggian antara 0,75 - 348,00 m dpl (Gambar 1).

Geologi Kota Semarang

Geologi Kota Semarang didominasi oleh endapan alluvial berumur Kuartar terutama yang menempati bagian utara. Di bagian Selatan yang berupa tinggian didominasi oleh batuan vulkanik dan tampak beberapa struktur patahan. Adapun stratigrafi yang melandasi Kota Semarang dijelaskan secara singkat di bawah ini (Thanden *et al.*, 1996)

- a. Aluvium
Merupakan endapan aluvium pantai, sungai dan danau. Endapan pantai litologinya terdiri dari lempung, lanau dan pasir dan campuran diantaranya mencapai ketebalan 50 m atau lebih. Berumur Holosen.
- b. Seri Batuan Gunungapi Gajah Mungkur dan Kaligesik
Batuan gunungapi Gajah Mungkur berupa lava andesit sedangkan batuan Gunungapi Kaligesik berupa lava basalt, berwarna abu-abu kehitaman. Berumur Plietocene-Holocene
- c. Formasi Jongkong
Breksi andesit hornblende augit dan aliran lava, sebelumnya disebut batuan gunungapi Ungaran Lama. Breksi andesit berwarna coklat kehitaman. Berumur Plietocene
- d. Formasi Damar
Batumannya terdiri dari batu pasir tufaan, konglomerat, dan breksivulkanik. Batu pasir tufaan berwarna kuning kecoklatan berbutir halus-kasar. Berumur Plio-Plietocene
- e. Formasi Kaligetis
Batumannya terdiri dari breksi dan lahar dengan sisipan lava dan tuf halus sampai kasar, setempat di bagian bawahnya ditemukan batu lempung mengandung moluska dan batu pasir tufaan. Halus-sedang, porositas sedang, Berumur Plio-Plietocene
- f. Formasi Kalibeng
Batumannya terdiri dari napal, batupasir tufaan dan batu gamping. Berumur Miocene-Pliocene

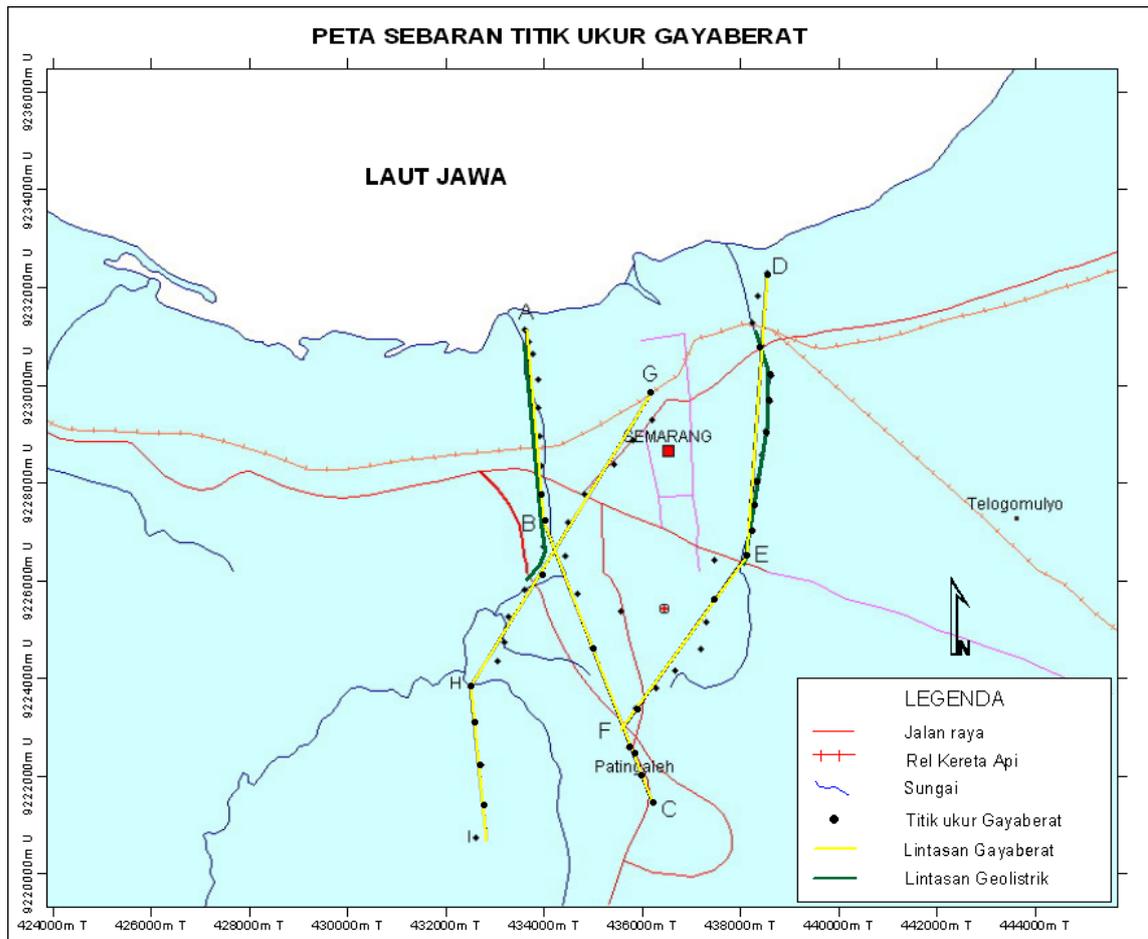
- g. Formasi Kerek
Perselingan batu lempung, napal, batu pasir tufaan, konglomerat, breksi vulkanik dan batu gamping. Berumur Miocene

Struktur geologi di daerah Semarang umumnya berupa sesar yang terdiri dari sesar normal, sesar geser dan sesar naik. Sesar normal relatif berarah barat-timur sebagian agak cembung ke arah utara, sesar geser berarah utara selatan hingga barat laut-tenggara, sedangkan sesar normal relatif berarah barat-timur. Sesar-sesar tersebut umumnya terjadi pada batuan Formasi Kerek, Formasi Kalibening dan Formasi Damar yang berumur kuartar dan tersier. Geseran-geseran intensif sering terlihat pada batuan napal dan batu lempung, yang terlihat jelas pada Formasi Kalibiuk di daerah Manyaran dan Tinjomoyo. Struktur sesar ini merupakan salah satu penyebab daerah tersebut mempunyai jalur “lemah”, sehingga daerahnya mudah tererosi dan terjadi gerakan tanah.

Poedjoprajitno *et al.*, (2008) menuliskan bahwa daerah Semarang dan sekitarnya telah mengalami beberapa periode deformasi. Sesar-sesar yang dihasilkan pada zaman Tersier terutama berarah utara-selatan, timur laut-barat daya dan barat-timur. Sesar yang berarah umum utara-selatan merupakan sesar mengangan. Sesar yang berarah umum timur laut-barat daya merupakan sesar normal, sedangkan sesar yang berarah barat-timur merupakan sesar mengiri. Pada zaman Kuartar, sesar-sesar ini teraktifkan kembali. Sesar yang berarah utara-selatan teraktifkan lagi sebagai sesar mengiri, dan Sesar Kaligarang termasuk dalam kelompok ini. Sesar yang berarah timur laut-barat daya teraktifkan lagi sebagai sesar naik, termasuk di dalamnya Sesar Kali Pengkol dan Sesar Kali Kreo, sedangkan sesar yang berarah barat-timur teraktifkan lagi sebagai sesar naik mengangan.

METODE

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui struktur bawah permukaan Kota Semarang dengan menggunakan metode gayaberas (*gravity*) terutama untuk mengetahui struktur dalam yang menggambarkan batuan dasar dan kemungkinan terdapatnya patahan.



Gambar 3. Peta Lintasan Gayaberat.

Pengukuran Gayaberat

Metode gayaberat merupakan metode geofisika yang memanfaatkan medan gravitasi bumi untuk menggambarkan batuan bawah permukaan berdasarkan keragaman rapat masanya. Pengukuran gayaberat lapangan banyak mengandung nilai-nilai yang bukan berasal dari refleksi bawah permukaan. Oleh karena itu sebelum ditafsirkan lebih jauh diperlukan suatu proses reduksi yang berupa koreksi-koreksi terhadap nilai gayaberat hasil pengukuran lapangan. Koreksi-koreksi tersebut terdiri dari koreksi pasang-surut (*tide correction*), koreksi apungan (*drift correction*), koreksi udara bebas (*free air correction*), koreksi Bouguer (*Bouguer correction*) dan koreksi medan (*terrain correction*).

Pada dasarnya anomali Bouguer adalah selisih antara nilai gayaberat pengukuran yang telah

direduksi ke bidang referensi ukuran dengan nilai gayaberat teoritis pada bidang referensi hitungan tertentu di suatu titik. Secara matematis Anomali Bouguer dihitung dengan menggunakan formula di bawah ini (Telford *et al.*, 1982)

$$BA = (g_o + FAC - BC + TC) - g_n \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- BA : anomali Bouguer
 - g_o : nilai g observasi (pengukuran)
 - FAC : koreksi bebas udara
 - BC : koreksi Bouguer
 - TC : koreksi medan
 - g_n : nilai g normal atau g teoritis
- $$= 978,0318 \{1+ 0,0053024 (\sin^2\theta) - 0,0000058 (\sin^22\theta)\}$$

Pengukuran gayaberat di lapangan dilakukan dengan menggunakan alat gravimeter Lacoste & Romberg type G-804. Pengukuran gayaberat dilakukan mengikuti jalan-jalan dan lokasi yang mudah dijangkau mulai dari pantai ke selatan dengan interval bervariasi 0,5km s.d. 1km. Dalam penyelidikan ini telah diperoleh data gayaberat sebanyak 52 titik ukur.

Untuk memperoleh informasi lebih dalam dilakukan pemisahan anomali regional dan anomali residual dari anomali Bouguer melalui pendekatan metode polinomial dari orde kesatu sampai orde keempat. Tujuan pemisahan ini adalah untuk mengetahui pola-pola anomali yang dapat menggambarkan keberadaan struktur bawah permukaan dari yang terdalam hingga paling dangkal. Interpretasi kualitatif akan dilakukan pada peta anomali Bouguer, anomali

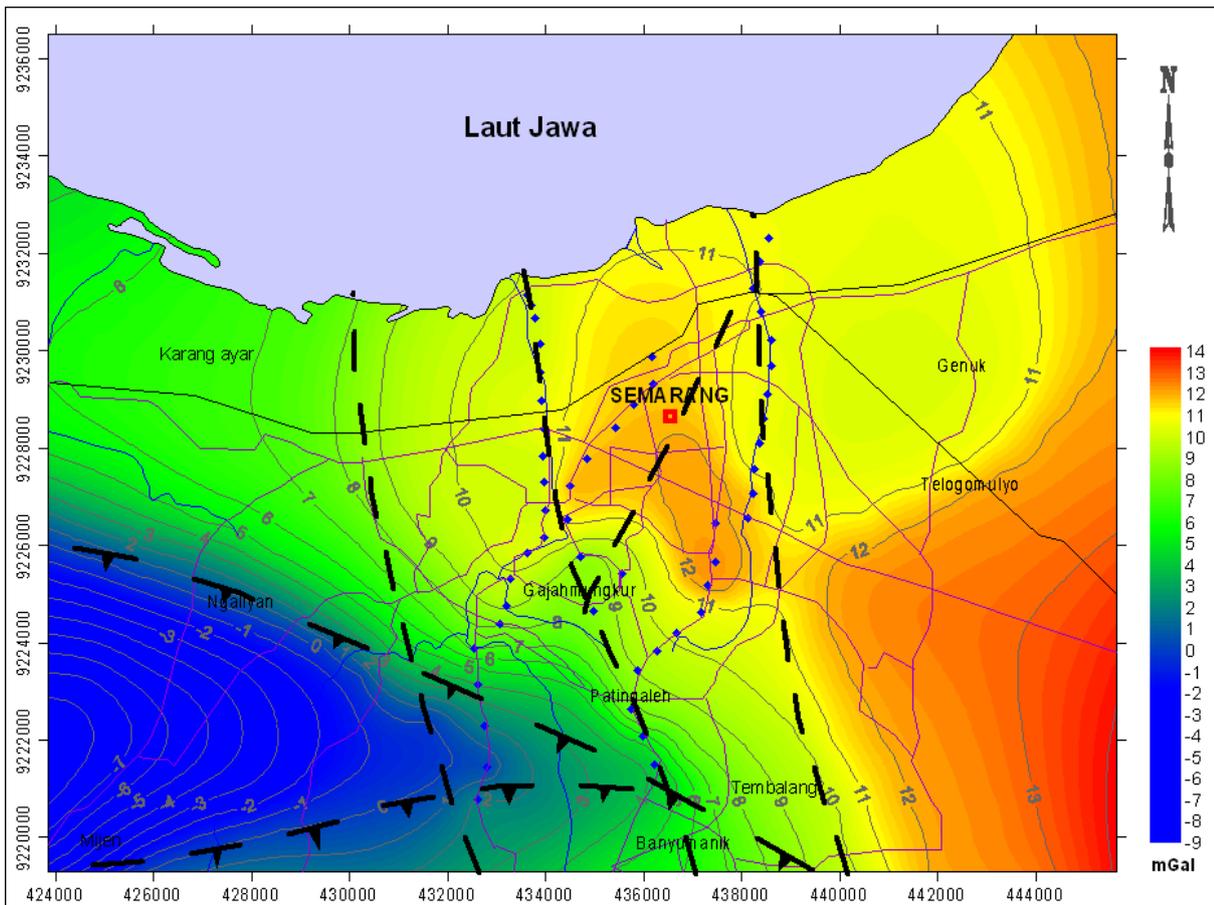
residual polinomial orde ke-1, orde-2, orde ke-3 dan orde ke-4

Untuk kepentingan interpretasi kuantitatif, selain dibuat peta anomali juga dilakukan pemodelan gayaberat. Untuk pemodelan digunakan perangkat lunak Gravity and Magnetic modeling, GMSys 2-D yang merupakan menu dari Oasis Montaj.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Anomali Bouguer

Semua data pengukuran gayaberat di lapangan, setelah melalui proses reduksi dan koreksi digambarkan dalam bentuk peta anomali Bouguer (Gambar 4). Perlu dikemukakan bahwa peta



Gambar 4. Peta anomali Bouguer gayaberat daerah Semarang yang merupakan hasil penggabungan anomali hasil pengukuran dan peta Bouguer regional yang diterbitkan oleh Pusat Survei Geologi. Warna hitam menunjukkan patahan-patahan yang diambil dari Peta Geologi (Thanden *et al.*, 1996).

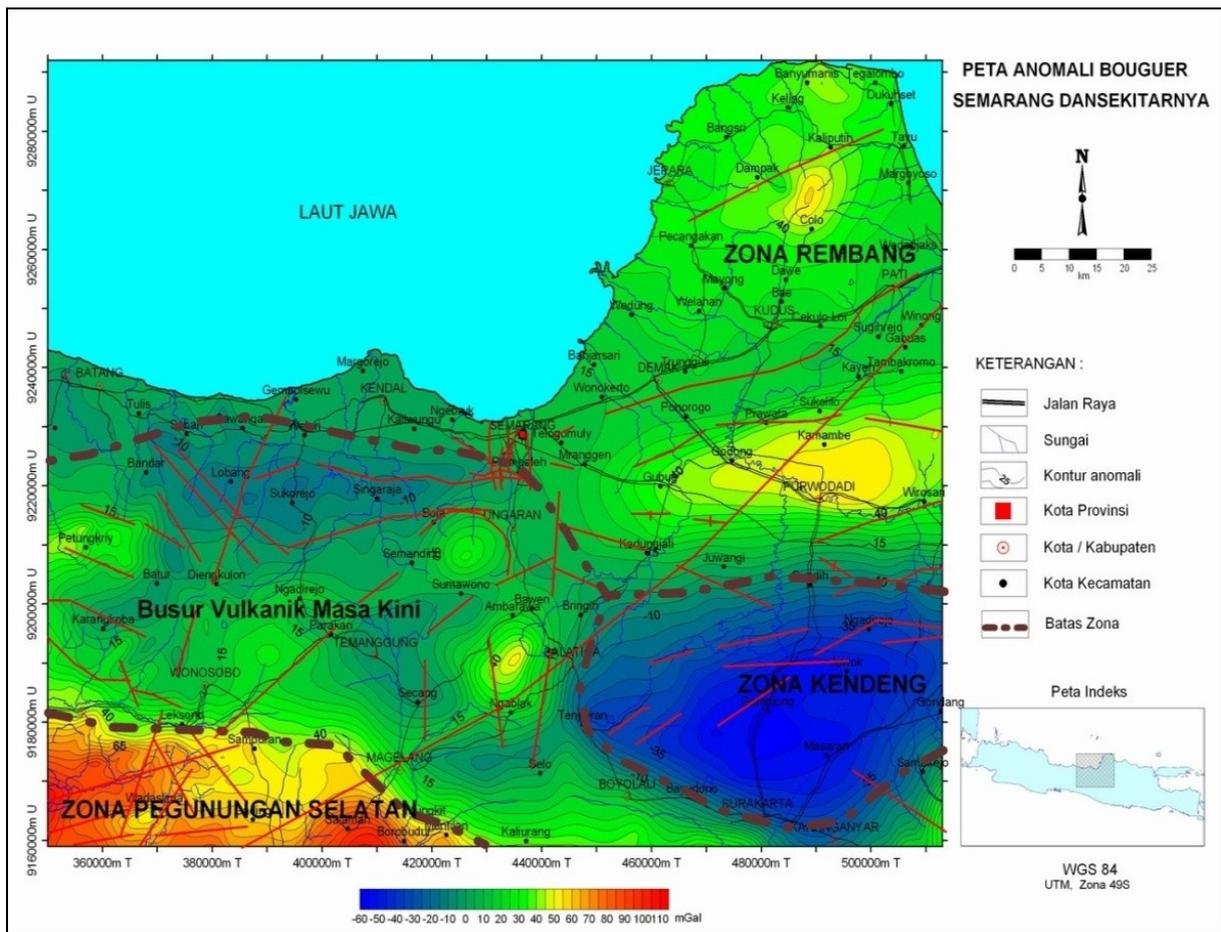
Tabel 1. Fisiografi Jawa Tengah berdasarkan Anomali Bouguer

No.	Fisiografi Jawa Tengah	Anomali Bouguer
1	Zona Kendeng	-60 s.d -10 mgal
2	Busur Vulkanik Masa Kini	-15 s.d. 30 mgal
3	Zona Rembang	0 s.d. 50 mgal
4	Zona Pegunungan Selatan	50 s.d. 110 mgal

anomali yang dibuat merupakan hasil penggabungan dengan peta anomali Bouguer regional dari Pusat Survei Geologi.

Pada Gambar 4 tampak anomali Bouguer memiliki kecenderungan berarah barat-timur, dengan pengecualian di bagian tengah yang

memiliki arah utara-selatan. Rentang anomali di lokasi penelitian berkisar antara -10 s.d. 15 mgal. Dalam rentang tersebut anomali dikelompokkan menjadi anomali rendah < 0 mgal, sedang antara 0 s.d. 10 mgal dan anomali tinggi >10 mgal. Anomali tinggi berada di tengah memanjang ke arah timur dan sedikit membelok ke tenggara.



Gambar 5. Peta anomali Regional Jawa Tengah (kompilasi peta Bouguer PSG).

Dari anomali tersebut tampak jelas bahwa semakin ke timur batuan dasar semakin dangkal. Di bagian tengah, sekitar Taman Budaya Raden Saleh, tampak tinggian yang berarah utara-selatan dan kemungkinan dikontrol oleh patahan berarah utara-selatan.

Anomali rendah mendominasi bagian barat dan tampak anomali negatif berarah timur-barat yang mencerminkan adanya cekungan yang relatif dalam. Cekungan ini tampaknya di utara dikontrol oleh dua patahan yang berarah barat-laut-tenggara, sedangkan bagian selatan dikontrol oleh patahan berarah timur-barat.

Untuk melihat Semarang dan sekitarnya dari perkembangan geologi regional, maka perlu dilihat anomali Bouguer regional Jawa Tengah. Untuk itu dibuat peta regional yang lebih luas meliputi sebagian besar Jawa Tengah (Gambar 5). Berdasarkan peta anomali Bouguer Jawa Tengah, rentang anomali yang tergambar dalam peta adalah -60 s.d. 110 mgal. Bila dikelompokkan secara sederhana untuk rentang tersebut mendapatkan sedikitnya empat zona anomali yang berkaitan dengan proses-proses tektonik. Hasil lengkapnya ada pada table 1 berikut ini.

Dari peta tersebut (Gambar 5) tampak fisiografi Jawa Tengah dicirikan oleh anomali Bouguer yang relatif berbeda. Zona Rembang di utara, dicirikan oleh anomali antara 0-50 mgal. Di bagian tengah, Busur vulkanik masa kini dan Zona Kendeng dimanifestasikan oleh kehadiran anomali negatif yakni Zona Kendeng dan anomali berarah barat-timur di selatan Kendal. Di bagian selatan, Zona Pegunungan Selatan dicirikan oleh anomali relatif tinggi. Dari gambaran tersebut bagian tengah dan utara, termasuk Kota Semarang, dilandasi oleh batuan dasar yang relatif dalam. Boleh jadi masing-masing zona ini di batasi oleh struktur yang berarah barat-timur.

Kota Semarang dan sekitarnya berada pada zona Rembang. Di sebelah selatannya terdapat anomali yang relatif rendah dengan arah barat-timur. Anomali rendah yang memanjang hingga mendekati Batang ini dikontrol oleh struktur berarah barat-timur (lihat pembahasan anomali residual). Untuk mengetahui perkembangan struktur lebih jauh, maka dibuat pemisahan anomali Bouguer dari pengaruh anomali regional dengan menggunakan teknik polinomial.

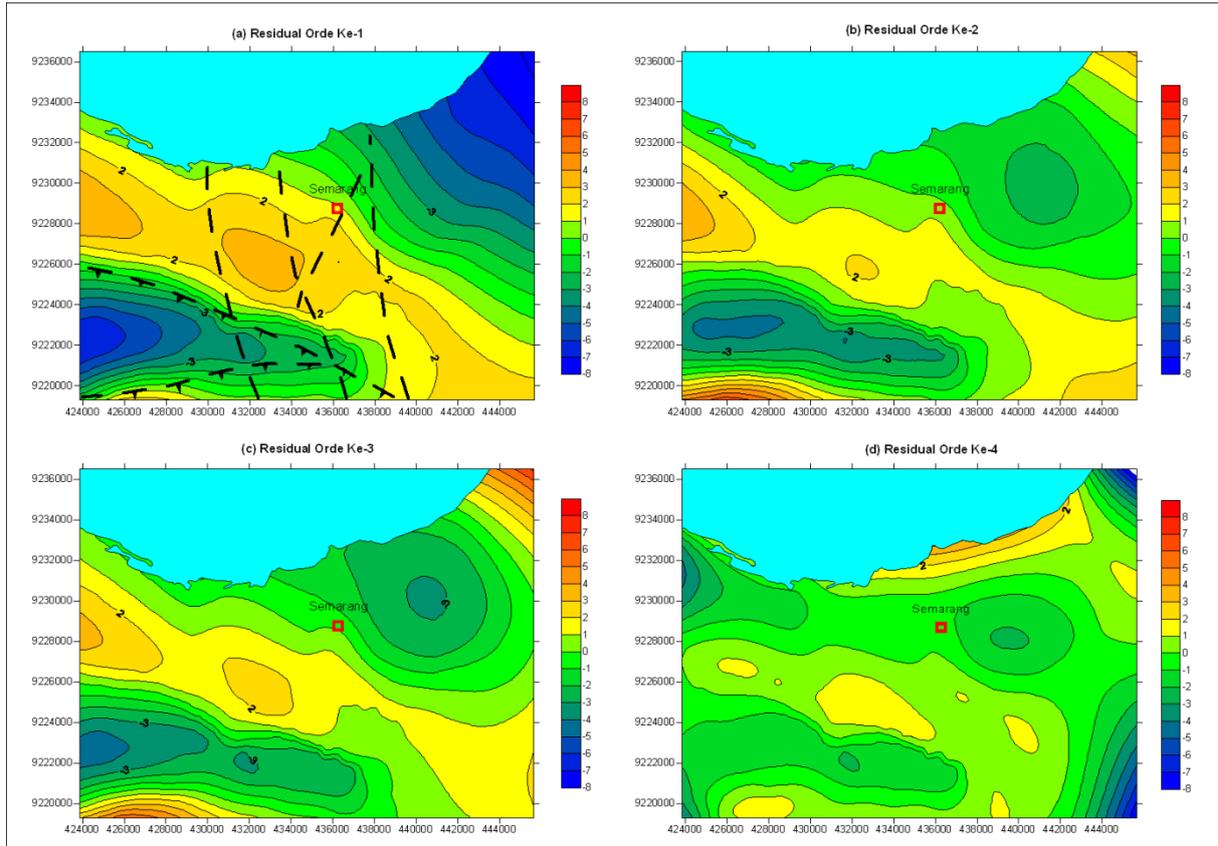
Anomali Residual Polinomial

Anomali Bouguer menggambarkan semua anomali yang disebabkan oleh semua struktur batuan di bawah, sedangkan untuk melihat anomali yang hanya dipengaruhi oleh penyebab tertentu, dibuat anomali residual dengan cara mengurangkan anomali Bouguer dengan anomali regional memakai persamaan analitik polinomial untuk orde pangkat 1 sampai 4. Karena diturunkan dari anomali Bouguer, maka luasan area akan berpengaruh terhadap kedalaman anomali residualnya. Semakin luas area maka memungkinkan mendapatkan anomali residu untuk orde ke-1 yang semakin dalam, atau semakin tua. Dengan demikian anomali residual ke-4 menggambarkan keadaan geologi yang lebih muda.

Peta anomali residual orde ke-1 (Gambar 6) menggambarkan pola anomali struktur paling dalam untuk luasan area penelitian. Anomali relatif tinggi terlihat punggung yang memanjang berarah barat-laut-tenggara, dan terpotong-potong struktur berarah utara-selatan terutama di bagian tengah peta. Struktur tinggian ini tampak hingga anomali residual ke-3, bahkan pada anomali ke-4 masih tampak pengaruh tinggian tersebut. Hal ini menandakan bahwa proses pengangkatan berjalan cukup lama. Boleh jadi tinggian ini yang memisahkan Zona Rembang dengan zona di selatannya.

Kalau kita melihat wilayah Semarang, sejak awal (Tersier?) Semarang berada pada anomali residual yang rendah, bahkan sebagian besar di bawah memiliki anomali negatif. Gambar 6, memperlihatkan

bagaimana pola anomali dari posisi yang sangat dalam (residual-1) hingga ke posisi yang relatif dangkal (residual-4). Pada anomali residual ke-4 tampak anomali negatif mengecil dan di bagian utara muncul anomali positif. Apakah ini menandakan bahwa penurunan hanya terjadi di bagian selatan? Atau dengan kata lain, intensitas penurunan (tektonik) berkurang? Perlu disampaikan bahwa di utara, terutama di laut, tidak ada kontrol titik pengamatan, sehingga menyulitkan dalam penafsiran. Meski demikian tampak kecenderungan anomali rendah berkurang pada residual orde ke-4. Jadi, diduga bahwa intensitas penurunan tektonik (*tectonic subsidence*) mulai berkurang pada orde ke-3.



Gambar 6. Peta Anomali Bouguer Residual dari Orde Ke-1 sampai Orde ke-4

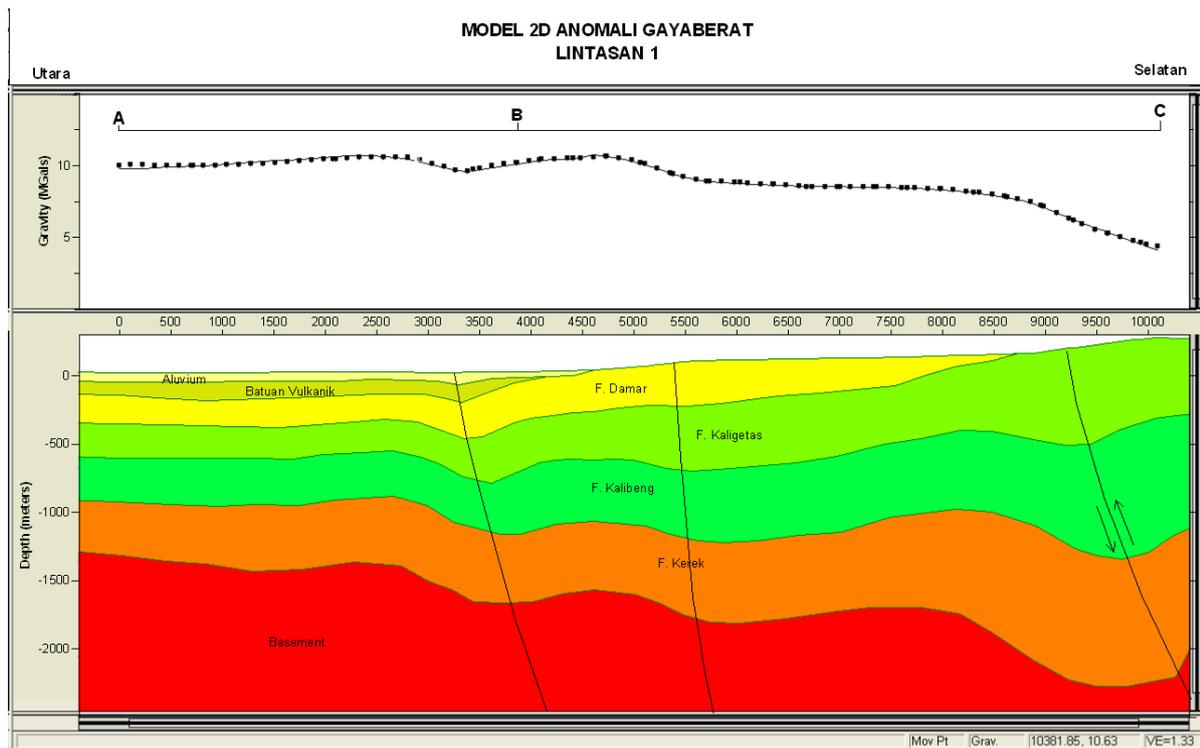
Model Gayaberat 2 Dimensi

Untuk melihat gambaran struktur batuan bawah permukaan dan kemungkinan adanya struktur geologi yang mengontrolnya maka dibuat model penampang 2D gayaberat. Dengan mengacu pada peta geologi lembar Magelang dan Semarang (Thanden *et al.*,1996), sedikitnya ada 6 lapisan

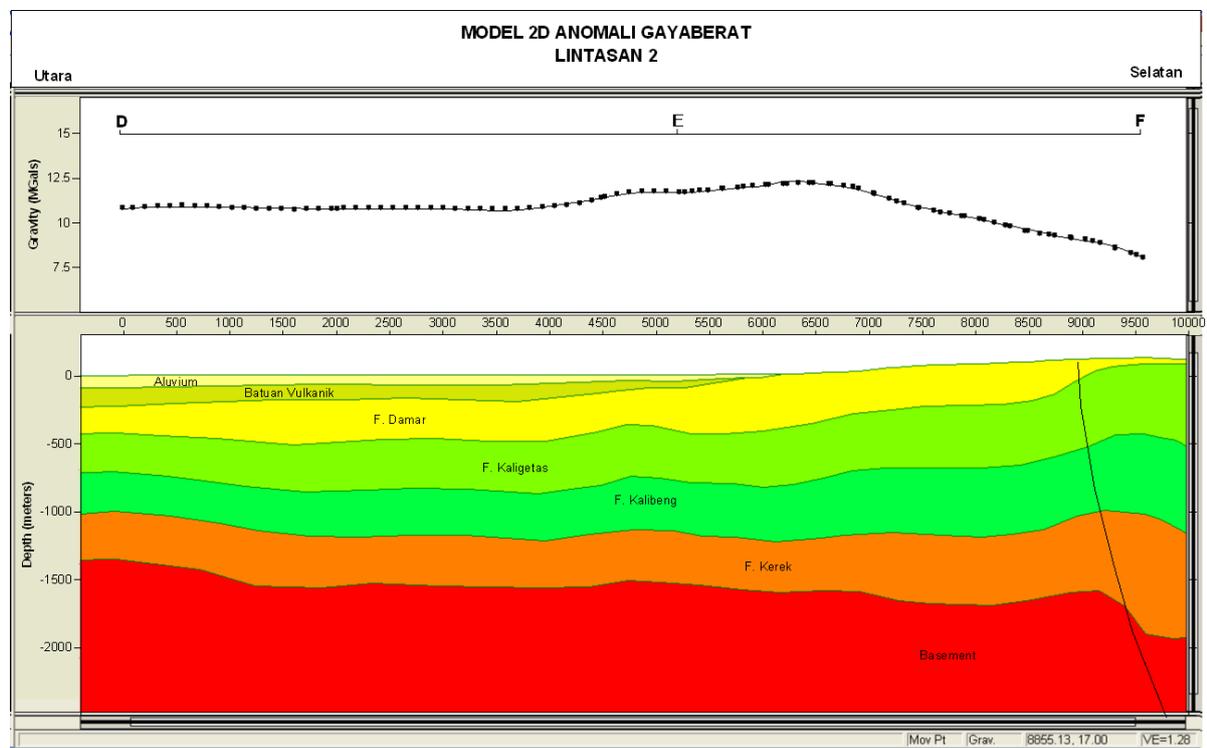
batuan yang menyusun Kota Semarang dengan rentang densitas dari 1.85 s.d. 2.85 gr/cc, sedangkan untuk background density dipakai 2.67 gr/cc. Berikut adalah nilai densitas tiap batuan yang dipakai dalam pemodelan kedepan anomali gayaberat Kota Semarang.

Tabel 2. Hubungan litologi dengan densitas batuan.

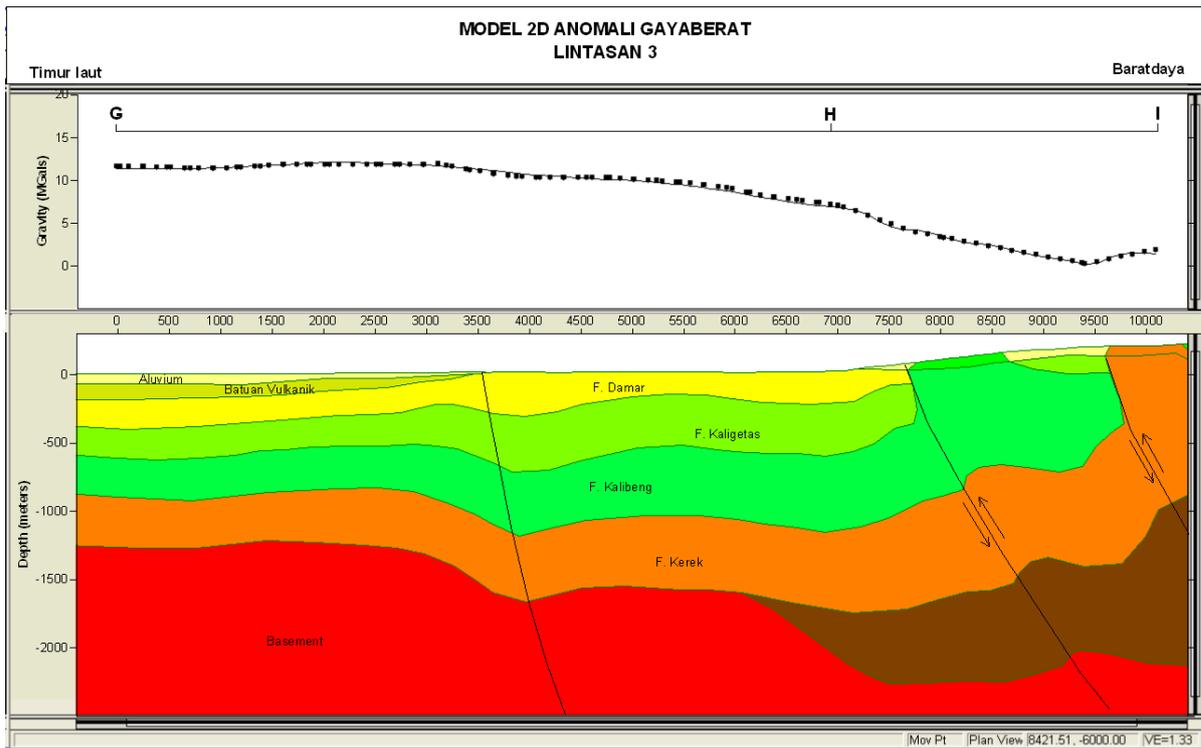
No.	Litologi	Densitas (gr/cc)
1	Aluvium	1.85
2	Batuan Vulkanik	2.00
3	Formasi Damar	2.20
4	Formasi Kaligetas	2.30
5	Formasi Kalibeng	2.45
6	Formasi Kerek	2.60
7	Basement	2.85



Gambar 7. Model Gayaberat Lintasan 1 (A-B-C).



Gambar 8. Model Gayaberat Lintasan 2 (D-E-F).



Gambar 9. Model Gayaberat Lintasan 3 (G-H-I).

Penampang model gayaberat untuk lintasan 1 (Gambar 7), melewati 3 lokasi sesar. Dari utara ke selatan pertama dijumpai 2 sesar geser dan di sebelah selatan adanya sesar naik. Model 2-dimensi gayaberat untuk lintasan 2 (Gambar 8), memperlihatkan, perlapisan relatif datar dengan kemiringan kearah selatan. Sesar yang ada berada pada jarak 6800m berupa sesar geser. Pada penampang Lintasan 3 (Gambar 9), tampak struktur batuan mulai rumit, di mana dua sesar naik mengontrol terangkatnya batuan tersier ke permukaan di sebelah selatan. Dan kearah utara melewati posisi sesar geser. Ketiga penampang memperlihatkan ketebalan lapisan batuan semakin besar ke arah selatan yang menunjukkan bahwa intensitas penurunan semakin tinggi ke arah selatan. Selain itu semakin muda ketebalan lapisan batuan juga cenderung berkurang. Diduga pengurangan intensitas penurunan mulai berkurang menjelang akhir Tersier ketika Formasi Damar mulai diendapkan.

Implikasi Terhadap Geologi Kota Semarang

Berdasarkan analisa pada peta anomali Bouguer, anomali residual dan model penampang

gayaberat tampak bahwa sejak awal wilayah Semarang dan sekitarnya berada pada cekungan dimana diendapkan F. Kerek dan F. Kalibeng. Cekungan yang dibatasi oleh tinggian yang berarah baratlaut-tenggara ini terus berkembang hingga Kuartar yang ditandai oleh endapan-endapan dari F. Kaligetas, F. Damar, F. Jongkong dan endapan-endapan gunungapi muda.

Dari analisis peta anomali residual, terlihat anomali rendah di bagian tengah Kota Semarang, sedangkan di bagian utara cenderung tinggi (Gambar 6 (d) Residual orde ke-4). Boleh jadi proses penurunan (tektonik) diduga telah berkurang atau terhenti. Hal ini ditandai oleh Formasi Damar cenderung lebih tipis dibandingkan lapisan-lapisan sebelumnya, bahkan sebagian telah mulai tererosi. Selain itu, patahan-patahan berarah utara-selatan tampaknya tidak aktif. Akan tetapi patahan yang berarah timur-barat perlu diketahui apakah masih aktif atau tidak. Dengan demikian, studi gayaberat ini menjelaskan bahwa penurunan tanah yang terjadi di Kota Semarang tidak berkaitan langsung dengan aktivitas tektonik tetapi lebih banyak disebabkan oleh faktor endapan yang masih sangat muda (belum terkonsolidasi sepenuhnya)

dan faktor antropogenik seperti pengambilan airtanah yang berlebihan.

KESIMPULAN

Rentang anomali Bouguer di Kota Semarang antara -10 s.d. 15, bila dibandingkan dengan peta anomali Bouguer regional Jawa termasuk pada zona rendah. Dari anomali residual tampak bahwa sejak awal Kota Semarang berada pada anomali rendah. Keadaan ini terus berlanjut sampai kala Kuartar, boleh jadi intensitas penurunan tektonik mengecil atau terhenti sama sekali. Karena itu sementara ini disimpulkan bahwa proses penurunan tanah yang terjadi di Kota Semarang saat ini tidak berkaitan langsung dengan aktivitas tektonik tetapi lebih disebabkan pada kondisi geologi yang didominasi oleh endapan berumur muda dan kegiatan antropogenik seperti pengambilan airtanah yang berlebihan.

Hal lain yang perlu dikaji lebih jauh adalah munculnya anomali positif pada residual ke-4. Apakah hal ini terkait dengan pengangkatan atau penurunan yang intensitasnya mengecil atau terhenti? Pengamatan geologi untuk mengetahui gerak-gerak vertikal dan pengamatan geodetik dengan menggunakan GPS akan membantu memecahkan masalah ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI yang telah memberi kesempatan untuk penelitian ini. Ucapan serupa kepada Tim Penelitian Semarang atas kerjasamanya terutama dalam diskusi-diskusi yang memperkaya tulisan ini. Terimakasih khusus kami tujukan kepada Sdr. Suyatno, Teknisi Senior Puslit Geoteknologi-LIPI yang telah membantu pengukuran di lapangan dan pengolahan data di laboratorium.

Ucapan serupa kami tujukan kepada Sdr. Ii Somantri yang ikut membantu selama pengambilan data di lapangan. Penelitian ini dibiayai oleh DIPA Puslit Geoteknologi tahun 2013.

DAFTAR PUSTAKA

- Murwanto, H., 2008. Kajian Geologi Untuk Identifikasi Bencana Di Wilayah Kota Semarang. <http://helmymurwanto.wordpress.com/2008/12/31/kajian-geologi-untuk-identifikasi-bencana-di-wilayah-kota-semarang/>
- Poedjoprajitno, S., Wahyuiono, E., dan Citra, A., 2008. Reaktivasi Sesar Kali Garang, Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 3 No. 3 September 2008: 129-138, Bandung
- Sarah, D., Soebowo, E., Syahbana, A.J., Murdohardono, D., Setiawan, T., Mulyono, A., dan Satriyo, N.A., 2012. Perhitungan Penurunan Tanah Lintasan Bandarharjo-Poncol, Kota Semarang Berdasarkan Pemodelan 2 Dimensi, Prosiding Pemaparan Geoteknologi LIPI 2012, Bandung
- Sarah, D., Soebowo, E., Mulyono, A., Satriyo, N.A., 2013. Model geologi teknik daerah amblesan tanah kota Semarang bagian Barat, Prosiding Pemaparan Geoteknologi LIPI 2013, Bandung.
- Telford, W.M., L.P. Geldart, R.E. Sheriff, and D.A. Keys, 1982. Applied Geophysics. Cambridge University Press, Cambridge.
- Thanden, RE., H. Sumadirdja, PW. Richards, K. Sutisna, 1996. Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang, Jawa skala 1:100.000, Pusat Survey Geologi, Bandung.