

IDENTIFIKASI GERAKAN TANAH MELALUI KAJIAN GAYA BERAT DI SEKITAR AREA LUMPUR SIDOARJO

EDDY SUPRIYANA*¹, BUDY SANTOSO¹, TATANG PADMAWIDJAJA²

¹*Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran,
Jl. Raya Bandung-Sumedang Km. 21, Jatinagor 45363*

²*Pusat Survey Geologi
Badan Geologi, Bandung*

Abstrak. Kajian potensi gerakan tanah disekitar kawasan terdampak lumpur sidoarjo (LUSI) berdasarkan data gayaberat terdapat disebelah barat kolam lumpur. Potensi gerakan tanah ini diidentifikasi oleh beberapa fenomena yang terjadi di lokasi penelitian, seperti semburan gas baru (*bubble*), retakan tanah, dan amblesan. Berdasarkan data gayaberat terukur dengan selang waktu pengukuran yang berbeda diperoleh indikasi yang menunjukkan perubahan medan gravitasi atau perubahan variasi rapat massa. Perubahan rapat massa tersebut mengindikasikan lokasi tersebut telah mengalami deformasi berupa pergerakan tanah yang ditunjukkan oleh perubahan estimasi fluida dan lumpur. Berdasarkan data gayaberat dengan analisis *second vertical derivative (SVD)*, diperoleh indikasi struktur sesar naik yang menunjukkan adanya luapan lumpur.

Kata kunci: Gayaberat, Lumpur Sidoarjo, *Second Vertical Derivative*, Pergerakan Tanah.

Abstract. *The study of the potential of land movement around the area affected by Sidoarjo mud based on gravity data is located on the west side of the mud pool. The potential of this soil movement is identified by several phenomena occurring at the study site, such as new gas bursts (bubble), cracks, and subsidence. Based on measured gravity data with different measurement intervals obtained indications that indicate changes in gravitational fields or changes in mass density variations. The change in mass density indicates that the location has undergone a deformation in the form of a soil movement indicated by changes in fluid and sludge estimates. Based on gravity data with second vertical derivative (SVD) analysis, an indication of a normal fault structure indicating a mudflow.*

Keywords: Gravity, Sidoarjo Mud, *Second Vertical Derivative*, Land Movement.

1. Pendahuluan

Lumpur Lapindo atau Lumpur Sidoarjo (LUSI) merupakan peristiwa menyemburnya lumpur panas di Dusun Balongnongo, Desa Renokenongo, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Kondisi luapan Lumpur Sidoarjo sampai saat ini masih menyisakan keresahan bagi warga Porong Sidoarjo. Lokasi penelitian terletak di luar kawasan Lumpur Sidoarjo, yaitu : Kecamatan Porong, Kecamatan Tanggulangin, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur.

Geologi daerah penelitian didominasi oleh batuan sedimen. Sedimen alluvium dengan ketebalan lebih besar dari 330 meter sebagai endapan laut dangkal yang menempati daerah Porong dan sekitarnya [1], dimana sedimen tersebut dipengaruhi oleh struktur dangkal yang membentuk rekahan maupun gaya horizontal dari aktifitas lumpur Sidoarjo.

2. Metode Penelitian, Pengumpulan dan Analisis Data

2.1 Metode Penelitian

Dampak Lumpur Sidoarjo di luar area LUSI membuat amblesan maupun tembusan gas di sekitar Siringbarat, Tanggulangin dan Candipari [2]. Secara tektonik daerah Porong Sidoarjo terletak pada Lajur Kendeng dan Lajur Solo-Gunungapi Kwartir [3]. Pola anomali regional daerah Malang [1]

*email: budi@geophys.unpad.ac.id

dan pola anomali regional daerah Surabaya [4], membentuk pola lengkungan yang berarah Baratdaya – Timurlaut yang diindikasikan sebagai struktur regional. Daerah terdampak di luar kawasan Lumpur Sidoarjo mengalami amblasan serta pergerakan tanah. Fenomena pergerakan tanah dan amblasan akibat Lumpur Sidoarjo (LUSI) dapat diamati dengan menggunakan metode gayaberat.

2.2 Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam akuisisi data gayaberat menggunakan Metode Looping, yaitu pengukuran dimulai dan diakhiri di titik yang sama, dengan menggunakan Metode Looping maka data-data yang diperoleh disetiap titik pengukuran dapat dikoreksi.

2.3 Metode Analisis Data

Analisis data gayaberat dilakukan untuk memperoleh sub-cekungan yang mengindikasikan amblasan/pergerakan tanah, dan kemiringan berdasarkan *gradient gravity*, sehingga diperoleh zona lemah dan kemiringan litologinya. Pemodelan gravitasi dilakukan untuk mendapatkan struktur sesar. Persamaan yang digunakan dalam analisis data, yaitu:

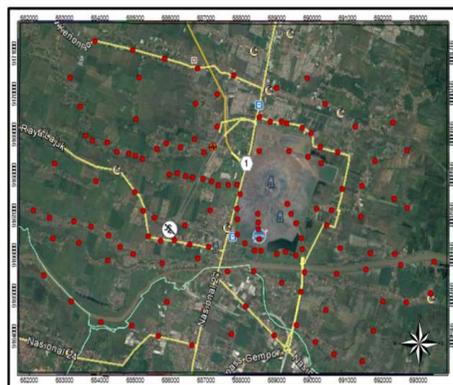
$$g_{\text{obs}} = g_{\text{BS}} + \Delta r \quad (1)$$

$$DG_{\text{obs}} = G_{\text{obs-awal}} - G_{\text{obs-akhir}} \quad (2)$$

dengan g_{obs} adalah gravitasi pengamatan (mGal), g_{BS} adalah nilai gravitasi di titik *base station* (BS) dan Δr merupakan selisih pembacaan alat *gravity meter*.

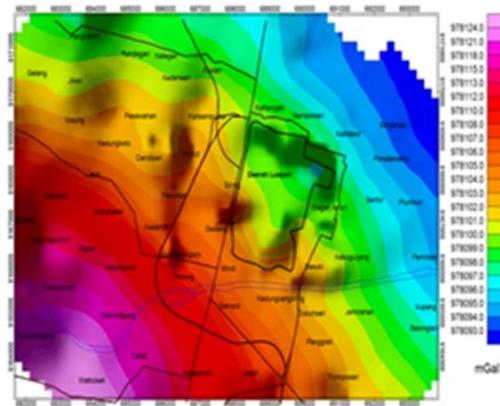
3. Hasil dan Pembahasan

Data yang diperoleh dalam pengukuran gayaberat sebanyak 136 titik, yang tersebar secara acak disekitar daerah luapan lumpur dan sekitarnya, dengan spasi antar titik (250 – 500) meter. Gambar 1 menunjukkan peta titik pengukuran gayaberat. Pemilihan titik pengukuran lebih banyak di daerah barat LUSI. Pemilihan daerah pengukuran karena daerah tersebut sering terjadi amblasan tanah, keluarnya *bubble-bubble gas*, dan keluarnya air beserta lumpur.



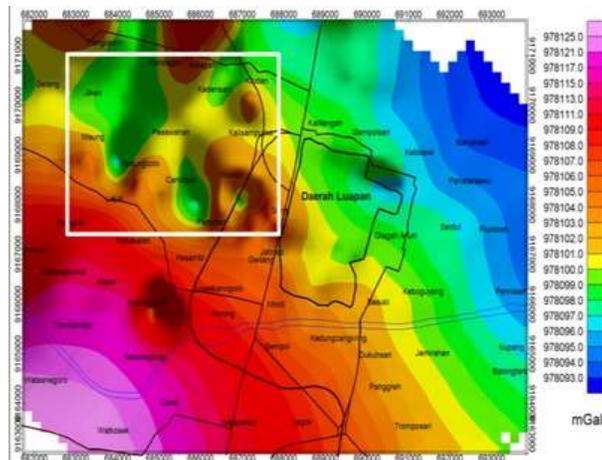
Gambar 1. Peta titik pengukuran gayaberat

Kajian gravitasi pengamatan (G_{obs}) dilakukan untuk mengidentifikasi deformasi, yang meliputi perubahan nilai rapat massa pada bulan Agustus 2009, Desember 2009, dan Juli 2010. Gambar 2 menampilkan peta gravitasi pengamatan (G_{obs}) bulan Agustus 2009. Peta ini belum dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola perubahan nilai rapat massa, karena belum mencirikan adanya perubahan nilai tersebut. Hasil peta gravitasi pengamatan (G_{obs}) bulan Agustus 2009 menunjukkan pola yang berarah Barat Daya – Timur Laut, dengan nilai paling tinggi (warna merah) berada disebelah Barat Daya mengarah ke Gunung Penanggungan dengan nilai 978124 mgal. Anomali rendah (warna biru) terdapat disebelah Timur Laut mengarah ke Desa Panatarsewu dengan nilai 978093 mgal.



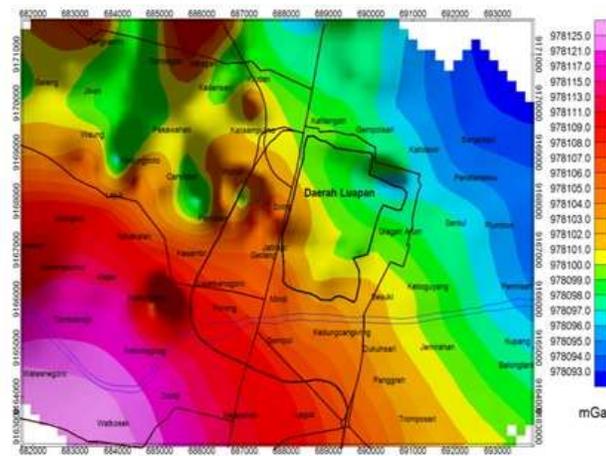
Gambar 2. Peta Gravitasi Pengamatan (G_{obs}) bulan Agustus 2009

Gambar 3 menampilkan peta gravitasi pengamatan (G_{obs}) bulan Desember 2009. Pola kontur pada peta G_{obs} bulan Desember 2009 hampir sama dengan peta G_{obs} bulan Agustus 2009, yaitu berarah Barat Daya – Timur Laut, dengan rentang nilai gravitasi : (978093 – 978125) mgal, tetapi peta G_{obs} bulan Desember 2009 menunjukkan adanya perubahan bentuk kontur yang berada pada daerah barat LUSI, ditandai dengan kotak berwarna putih pada peta. Perubahan pola ini diduga karena adanya perubahan nilai rapat massa di bawah permukaan.

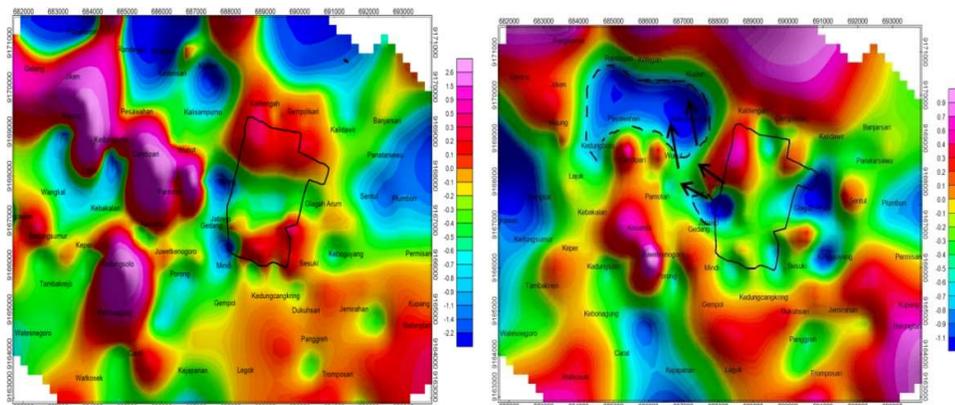


Gambar 3. Peta gravitasi pengamatan (G_{obs}) bulan Desember 2009

Gambar 4 menampilkan peta gravitasi pengamatan (G_{obs}) bulan Juli 2010. Kontur pada peta gravitasi pengamatan (G_{obs}) bulan Juli 2010 mempunyai pola yang berbeda dibandingkan dengan peta sebelumnya. Gravitasi pengamatan (G_{obs}) tinggi berada di sebelah Barat Daya dengan nilai 978124 mgal, sedangkan nilai G_{obs} rendah terdapat pada daerah Timur Laut dengan nilai 978093 mgal. Perubahan nilai gravitasi pengamatan (G_{obs}) pada 3 selang waktu pengukuran, akan terlihat jika dilakukan proses pengurangan nilai gravitasi pengamatan (DG_{obs}) dari ketiga selang waktu tersebut. Selisih nilai gravitasi pengamatan (DG_{obs}) akan menunjukkan pola zona positif (+) dan pola zona negatif. Zona positif merupakan zona kuat yang mengindikasikan adanya pengangkatan (*uplift*), sedangkan zona negatif merupakan zona lemah akibat berkurangnya rapat massa, akibatnya terjadinya rekahan dan berpotensi mengalami pergerakan tanah.



Gambar 4. Peta gravitasi pengamatan (G_{obs}) bulan Juli 2010



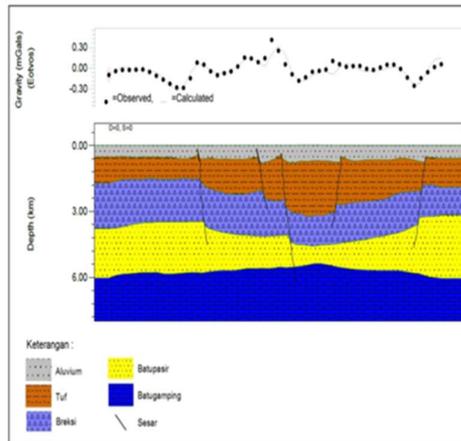
Gambar 5. (a) Peta selisih nilai gravitasi pengamatan (ΔG_{obs} Agustus - Desember) 2009 (b) Peta selisih nilai gravitasi pengamatan (ΔG_{obs} Agustus 2009 - Juli 2010)

Gambar 5 (a) menampilkan peta selisih nilai gravitasi pengamatan (DG_{obs} Agustus - Desember) 2009. Peta selisih nilai gravitasi pengamatan (DG_{obs}) pada selang waktu Agustus hingga Desember 2009 menunjukkan adanya pola penurunan nilai rapat massa (warna biru) dan peningkatan rapat

massa (warna merah) di sebelah Barat LUSI. Secara umum di sebelah Barat lebih banyak mengalami peningkatan nilai rapat massa, sedangkan nilai rapat massa rendah terdapat dekat kolam LUSI. Gambar 5 (b) menampilkan Peta Selisih Nilai Gravitasi Pengamatan (DG_{obs} Agustus 2009 – Juli 2010). Berdasarkan selang waktu ini diperoleh bahwa penurunan nilai rapat massa cenderung bergeser ke utara dari barat LUSI (ditunjukkan dengan tanda panah). Akumulasi nilai rapat massa redah cenderung berada di utara. Apabila diamati data yang telah diperoleh ada kemungkinan arah amblasan menuju ke arah utara, sehingga perlu dilakukan monitoring lebih lanjut agar dapat diketahui perkembangannya.

Gambar 6 menampilkan penampang geologi bawah permukaan di daerah Porong berdasarkan data gravity. Penampang gravitasi berarah Barat-Timur dengan dengan panjang lintasan 12 km, estimasi kedalaman 6 km dan terdiri dari 5 lapisan batuan. Lapisan batuan paling bawah merupakan batugamping, sedangkan lapisan di atasnya terdapat batupasir vulkanik, kemudian endapan vulkanik berupa batu breksi dan tuf dan lapisan paling atas merupakan lapisan Aluvium.

Pada penampang gravitasi terdapat indikasi struktur patahan yang berada tepat di daerah luapan lumpur. Patahan ini diduga merupakan patahan Watukosek. Pengaruh dari adanya luapan lumpur, menghasilkan suatu patahan-patahan kecil lainnya yang berada di daerah luapan lumpur. Patahan – patahan disekitar patahan Watukosek tersebut, diindikasikan terbentuk karena adanya deformasi yang membentuk patahan. Struktur patahan ini diduga merupakan jalur keluarnya semburan baru maupun tembusan gas di sekitar kawasan terdampak LUSI. Hal ini mengakibatkan terbentuknya rongga – rongga di bawah permukaan, sehingga keluarnya material ke permukaan. Rongga – rongga ini diduga dapat menjadi salah satu faktor terjadinya amblesan atau gerakan tanah.

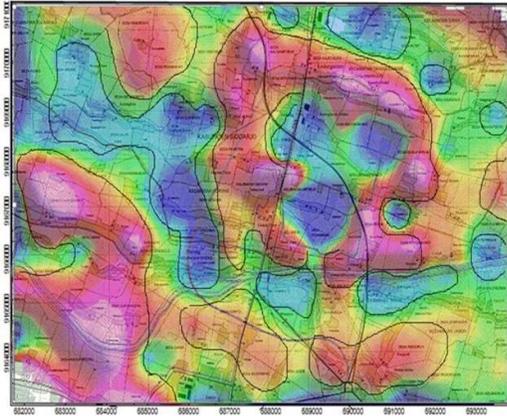


Gambar 6. Penampang geologi bawah permukaan di daerah Porong berdasarkan data gravity

Pendugaan daerah yang berpotensi mengalami pergerakan tanah, berdasarkan daerah – daerah yang memiliki nilai gravitasi rendah, ditinjau dari peta gravitasi pengamatan (G_{obs}) bulan Juli 2010. Nilai gravitasi rendah berbanding lurus dengan nilai rapat massa yang rendah pula. Pada daerah yang memiliki nilai gravitasi rendah diindikasikan sebagai zona lemah, yang rawan terjadinya amblesan maupun pergerakan tanah lainnya. Gambar 7 menampilkan zonasi daerah yang berpotensi mengalami pergerakan tanah berdasarkan nilai gravitasi pengamatan.

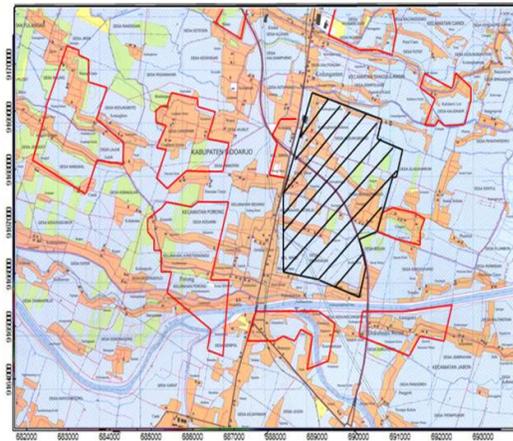
Zona dengan warna merah diindikasikan sebagai zona yang aman dari potensi terjadinya gerakan tanah, merupakan zona kuat atau zona yang memiliki nilai rapat massa tinggi. Zona dengan warna biru merupakan zona yang diindikasikan sebagai zona yang berpotensi mengalami pergerakan

tanah, merupakan zona lemah atau zona yang memiliki nilai rapat massa yang rendah akibat pengurangan rapat massa di daerah tersebut yang dikontrol dengan data tembusan gas metana, sehingga diduga rawan terjadi pergerakan tanah.



Gambar 7. Zonasi daerah yang berpotensi mengalami pergerakan tanah berdasarkan nilai gravitasi pengamatan

Gambar 8 menampilkan peta zonasi potensi gerakan tanah dari peta Bakosurtanal. Daerah yang ditandai dengan garis warna merah merupakan daerah yang diindikasikan berpotensi mengalami pergerakan tanah. Berdasarkan peta zonasi potensi gerakan tanah, didapatkan beberapa daerah yang berpotensi mengalami pergerakan tanah, yaitu : Waung, Kedungboto, Lajuk, Candipari, Kesambi, Juwetkenegoro, Porong, Kebonagung, Carat, Gempol, Siring , Kalitengah, Ngaban, Kalidawir dan Pantarsewu.



Gambar 8. Peta zonasi potensi gerakan tanah dari peta Bakosurtanal

4. Kesimpulan

Pergerakan tanah di sekitar Lumpur Sidoarjo terdapat di sebelah Barat diindikasikan dengan nilai rapat massa rendah yang menunjukkan adanya struktur rekahan dan patahan. Struktur rekahan dan patahan merupakan zona lemah, air dan lumpur akan mudah masuk pada zona tersebut sehingga mempercepat terjadinya pergerakan tanah. Struktur patahan ini diperoleh berdasarkan pemodelan gayaberat dengan metode *second vertical derivative*. Daerah terdampak yang mengalami pergerakan tanah disekitar area Lumpur Sidoarjo sebanyak 15 kecamatan.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terimakasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi yang telah mendanai penelitian, serta Dekan FMIPA Unpad yang telah membantu dan mengizinkan kami dalam melakukan penelitian ini.

Daftar Pustaka

1. Nazar Buyung drr, (1994). *Peta Anomali Gayaberat Lembar Malang*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
2. Ahmad Zaenudin. Indra Badri, Tatang Padmawidjaja, Hanik Hamida. (2011). *Lumpur Sidoarjo*, Badan Geologi
3. Santosa, S. dan Suwarti, T. (1992) *Peta Geologi Lembar Malang*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
4. Syarif, N., Suhariono., Subagio (1994). *Peta Anomali Bouguer Lembar Surabaya, Jawa* . Pusat Survei Geologi Bandung.