

KOREKSI GAYA BERAT AKIBAT CURAH HUJAN PADA PENGUKURAN GAYA BERAT MIKRO ANTAR-WAKTU LAPANGAN PANAS BUMI KAMOJANG 2006-2007

*Ahmad Zaenudin*¹

¹*Jurusan Teknik Geofisika, FT Universitas Lampung*

Email : zae_unila@yahoo.com

Abstract

Shallow groundwater level changes cause seasonal gravity anomaly. Changes in groundwater level is directly related to rainfall, when heavy rainfall, groundwater level rises rapidly and then declined gradually. Gravity anomaly due to the season is important to take into account noise. Changes in groundwater level due to rainfall is calculated using empirical equations, and the Gravity response calculated using the approach of an infinite Bouguer slab correction by entering the porosity factor.

The rainy season in the Kamojang geothermal field occur between November to June and dry season between July to October. The highest rainfall in 24 hours occurred on December 8 by 75 mm. From the empirical calculations showed that changes in groundwater level due to rainfall period November 2006-June 2006 amounted to -1.502 m and July 2007-June 2006 amounted to +0.396 m. Based on the approach slab Bouguer corrected gravity anomaly not to cause inter-time respectively -18.89 and +5.98 mikrogal mikrogal for porosity of 30%. Changes in groundwater level is negative (a reduction of groundwater) caused gravity anomaly time inter-negative, and vice versa. Correction of the gravity anomaly due to inter-time rainfall should not be ignored because of the gravity anomaly at the time inter-geothermal field is usually small.

Key words: rainfall, groundwater level, inter-period gravity anomaly

Abstrak

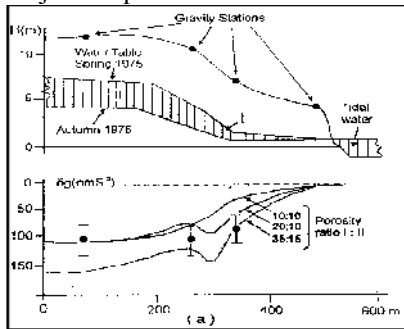
Perubahan muka air tanah dangkal penyebab anomali gaya berat musiman. Perubahan muka air tanah berhubungan langsung dengan curah hujan, ketika curah hujan tinggi, muka airtanah naik pesat dan kemudian menurun secara gradual. Anomali gaya berat akibat musim merupakan noise yang penting untuk diperhitungkan. Perubahan muka air tanah akibat curah hujan dihitung menggunakan persamaan empiris, dan respon gaya beratnya dihitung menggunakan pendekatan koreksi slab Bouguer tak hingga dengan memasukkan faktor porositas.

Musim penghujan dilapangan panas bumi Kamojang terjadi antara November-Juni dan kemarau antara Juli-Oktober. Curah hujan tertinggi dalam 24 jam terjadi pada 8 Desember sebesar 75 mm. Dari perhitungan persamaan empiris didapatkan bahwa perubahan muka airtanah akibat curah hujan periode November 2006-Juni 2006 sebesar -1,502 m dan Juli 2007-Juni 2006 sebesar +0,396 m. Berdasarkan pendekatan koreksi slab Bouguer tak hingga menyebabkan anomali gayaberat antar-waktu masing-masing sebesar -18,89 mikrogal dan +5,98 mikrogal untuk porositas 30%. Perubahan muka airtanah negatif (pengurangan airtanah) menyebabkan anomali gayaberat antar-waktu negatif, dan sebaliknya. Koreksi anomali gayaberat antar-waktu akibat curah hujan ini tidak boleh diabaikan karena anomali gayaberat antar-waktu pada lapangan panasbumi biasanya kecil.

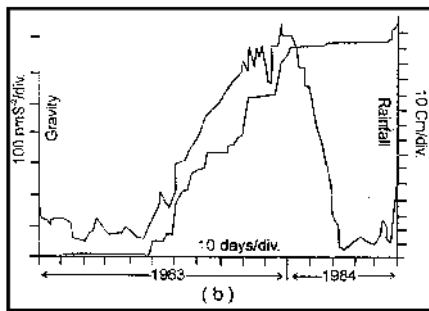
Kata kunci : curah hujan, muka airtanah, anomali gayaberat antar-waktu

PENDAHULUAN

Lambert dan Beamoont (1977) pada tahun 1975 mengamati perubahan gayaberat terhadap perubahan musim dan perubahan muka air tanah dari musim semi dan musim gugur di Cap Pele yang mencapai orde 10 μ Gal seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Gookind (1986) mempelajari hubungan antara perubahan nilai gayaberat dan data hidrologi [7]. Perubahan jangka pendek akibat hujan memberikan koreksi sebesar 10 μ Gal dan perubahan musim memberikan perubahan nilai gayaberat 5–10 μ Gal seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



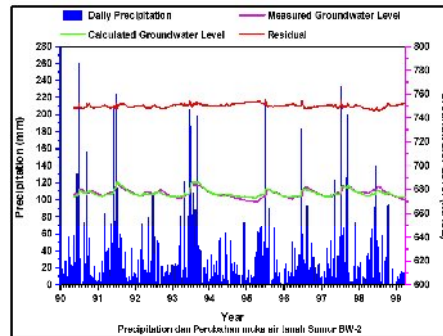
Gambar 1. Perubahan gayaberat teramati dan model 2-D perubahan muka air tanah (Lambert dan Beamoont, 1977)[7].



Gambar 2. Pembacaan gayaberat dan data curah hujan (Gookind, 1986)

Akasaka dan Nakanishi (2000), melakukan pengukuran curah hujan, kedalaman muka airtanah dan gayaberat di daerah panasbumi Oguni Jepang, yang digunakan untuk koreksi pengukuran gayaberat mikro antar waktu di daerah tersebut[1]. Hasil

pengukuran curah hujan dan perubahan kedalaman muka airtanah ditunjukkan pada Gambar 3. Pada musim penghujan ketinggian air tanah berada pada nilai maksimum kemudian turun secara bertahap seiring dengan pergantian musim.



Gambar 3. Perubahan curah hujan dan perubahan muka air tanah di S-BW-2 (Akasaka dan Nakanishi, 2000)

Akasaka & Nakanishi (2000)[1] mengoreksi efek perubahan muka airtanah dengan menerapkan model *Empirical Exponential Decreas* dari Yuhara dan Seno (1969), menurut persamaan :

$$H(t) = H_1 + \alpha \sum R_n \exp \{-c(t-t_n)\} \quad (1)$$

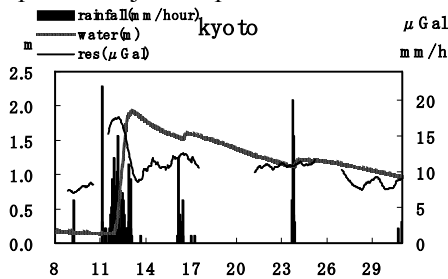
Dengan H_1 adalah muka airtanah sebelum hujan, t merepresentasikan waktu, α dan c adalah konstanta, R_n precipitation pada hari t_n -th dari mulai pengukuran (dalam mm).

Fujimitsu, dkk (2000) mengoreksi pengaruh airtanah dangkal dengan menerapkan teknik statistik (*multivariate regression model*), yang dibentuk oleh:

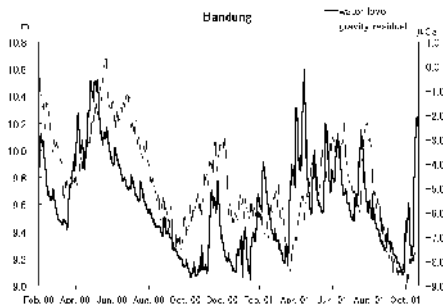
$$y_t = \sum \beta_i x_{i-1} + \varepsilon_i \quad (2)$$

Persamaan ini menghubungkan perubahan muka airtanah dangkal dengan perubahan gayaberat observasi. Dimana y_t adalah kriteria variasi, x_t explanatory variate dengan β_i koefisien regresi, m adalah derajat optimum fit, dan ε_i adalah ‘white noise’[3].

Takemoto dkk. (2002) melakukan pengukuran gayaberat mikro secara kontinyu menggunakan *superconducting gravimeter* di Kyoto dan Bandung untuk mengetahui pengaruh perubahan curah hujan, tekanan dan perubahan muka air tanah terhadap nilai gayaberat observasi. Hasil pengukuran mendapatkan nilai perubahan gayaberat-mikro di Kyoto sebesar 9 μGal akibat curah hujan sebesar 210 mm selama periode 11-13 September 2000 seperti ditunjukkan pada Gambar 4[8]. Sedangkan hasil pengukuran di Bandung mendapatkan terjadinya perubahan gayaberat sebesar 4,2 – 4,4 μGal akibat kenaikan muka air tanah sebesar 1 meter dan menunjukkan adanya time lag sekitar 13 – 20 hari seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Perbandingan antara perubahan gayaberat dan perubahan muka air tanah akibat curah hujan sebesar 210 mm selama periode 11-13 September 2000 (Takemoto dkk., 2002).



Gambar 5. Perubahan gayaberat dan perubahan muka air tanah di Bandung [8].

Hokkanen dkk. (2004) melakukan studi hubungan antara perubahan gayaberat dengan perubahan curah hujan dan aliran air tanah dengan

menggunakan SGT020 di Kirkkonummi, Finlandia. Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan gayaberat positif di bagian Selatan daerah penelitian yang berkorelasi dengan arah aliran air tanah di daerah tersebut[5].

Pemodelan untuk mengetahui perubahan muka airtanah sangat sulit mencapai hasil yang baik karena kondisi hidrogeologi yang kompleks, seperti : jenis tanah, struktur tanah, porositas akuifer dan lain-lain. Allis dan Hunt (1986) menyatakan bahwa respon gayaberat akibat perubahan muka airtanah dapat dihitung menggunakan pendekatan koreksi slab Bouguer tak hingga dengan memasukkan faktor porositas :

$$\Delta g_w = 2\pi G \rho_w \phi \Delta h \quad (3)$$

$$\Delta g_w = 41,93 \rho_w \phi \Delta h \quad \mu\text{Gal} \quad (4)$$

dengan : Δg_w , G , ρ_w , ϕ , Δh masing masing adalah perubahan nilai gayaberat akibat adanya perubahan kedalaman muka airtanah, konstanta gayaberat umum, densitas air (gr/cc), porositas (%), dan perubahan kedalaman muka airtanah (meter)[2].

METODE PENELITIAN

Curah hujan di lapangan panasbumi diukur dan dicatat di stasiun klimatologi terdekat yaitu Stasiun Paseh. Data yang digunakan mencakup data curah hujan selama 2 tahun, yaitu 2006 hingga 2007. Data ini dipakai untuk menghitung fluktuasi airtanah setempat secara pendekatan.

Fluktuasi airtanah akibat curah hujan di lapangan panasbumi Kamojang dihitung menggunakan persamaan (1) yaitu *Empirical Exponential Decreases* dari Yuhara dan Seno (1969). Dimana $H(t)$ menunjukkan muka airtanah pada waktu (t) tertentu. H_1 adalah muka airtanah sebelum hujan, t

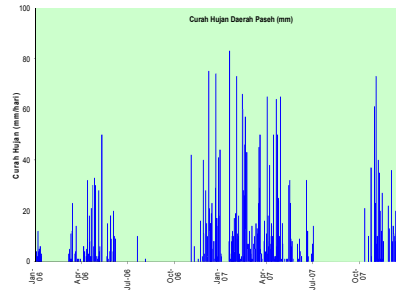
merepresentasikan waktu, α dan c adalah konstanta, R_n *precipitation* pada hari t_n -th dari mulai pengukuran (dalam mm). Selisih $H(t)$ pada periode pengukuran gayaberat tertentu digunakan sebagai perbedaan muka airtanah.

Selanjutnya, untuk menghitung respon gayaberat akibat perubahan muka airtanah ini digunakan persamaan slab Bouguer tak hingga, seperti pada persamaan 3 dan 4.

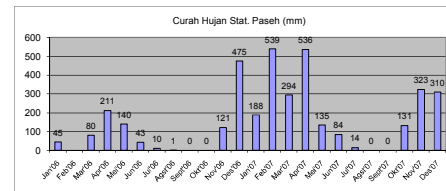
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data curah pada Stasiun Paseh sebagai stasiun Klimatologi terdekat menunjukkan curah hujan harian seperti pada Gambar 6 dan curah hujan komulatif bulanan pada Gambar 7 di bawah ini. Dalam periode 2006-2007 ini curah hujan tertinggi (musim penghujan) terjadi sekitar bulan November-Juni. Dengan curah hujan maksimum dalam 24 jam terjadi pada tanggal 8 Desember 2006 sebesar 75 mm. Musim kemarau terjadi pada bulan Juli-Oktober.

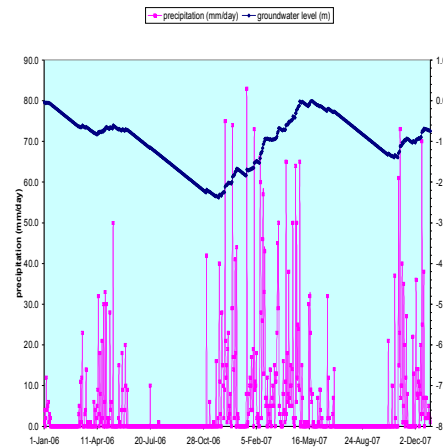
Dari data curah hujan ini kemudian dihitung perubahan muka airtanah harian $H(t)$ sepanjang 2006-2007 dengan menggunakan persamaan 1. Dimana konstanta yang digunakan masing-masing $\alpha = 0,00932$ dan $c = 0,00985$ (day^{-1}). Konstanta ini berhubungan dengan *precipitation* lapisan tanah dalam menyerap air dari curah hujan. Dari perhitungan ini di dapatkan perubahan muka airtanah harian sepanjang tahun, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 6. Curah hujan harian Stasiun Paseh tahun 2006-2007



Gambar 7. Curah hujan rata-rata bulanan Stasiun Paseh tahun 2006-2007



Gambar 8. Hubungan antara curah hujan dan perubahan muka airtanah

Dari Gambar 8 menunjukkan bahwa curah hujan menyebabkan perubahan muka airtanah secara gradual. Ketika hujan turun, muka airtanah naik cepat dan setelah itu menurun secara gradual. Perubahan muka airtanah meningkat cepat dari bulan November-Juni. Perubahan muka airtanah periode November 2006-Juni 2006 sebesar -1,502 m dan Juli 2007-Juni 2006 sebesar +0,396 m. Berdasarkan kajian pustaka dan pengukuran sumur penduduk kedalaman muka airtanah tak tertekan rata-rata lapangan Kamojang adalah 5-10 m, dan kedalaman reservoir panasbumi rata-rata adalah 700 m (Kamah dkk, 2005)[6].

Berdasarkan pendekatan koreksi slab Bouguer tak hingga menyebabkan anomali gayaberat antar-waktu masing-masing sebesar -18,89 mikrogal dan +5,98 mikrogal untuk porositas 30%. Perubahan muka airtanah negatif (pengurangan airtanah) menyebabkan anomali gayaberat antar-waktu negatif, dan sebaliknya.

Anomali gayaberatmikro akibat curah hujan ini tidak dapat diabaikan, karena nilainya cukup besar jika dibandingkan dengan anomali gayaberatmikro antar waktu akibat perubahan massa reservoir. Karena perubahan massa reservoir berada pada kedalaman yang relatif dalam (>1000 m) sedangkan perubahan muka airtanah terjadi pada kedalaman dangkal (< 100 m).

KESIMPULAN DAN SARAN

Koreksi gayaberat akibat curah hujan tidak dapat diabaikan dalam monitoring gayaberatmikro antar waktu lapangan panasbumi, karena nilainya relatif besar jika dibandingkan dengan anomali gayaberat akibat perubahan massa reservoir. Anomali gayaberat akibat curah hujan pada lapangan Panasbumi Kamojang periode November 2006-Juni 2006 sebesar -

18,89 mikrogal dan periode Juli 2007-Juni 2006 sebesar +5,98 mikrogal.

Penggunaan konstanta α dan c yang berhubungan dengan *precipitation* setiap lapangan sangat spesifik, sehingga perlu dicermati lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Akasaka, C., dan Nakanishi, S. (2000) : A evaluation of the background noise for microgravity monitoring in the Oguni field, Japan, *Proceeding of 25th Stanford Geothermal Workshop*, 24-26 January 2000.
- [2]. Allis, R.G., dan Hunt, T.M. (1986) : Analisis of exploration induced gravity changes at Wairakei geothermal field, *Geophysics*, **51**, 1647-1660.
- [3]. Fujimitshu, Y., Nishijima, J., Shimosako, N., Ehara, S., dan Ikeda, K. (2000) : Reservoir Monitoring by Repeat Gravity Measurements at The Takigami Geothermal Field, Central Kyushu, Japan, *Proceeding Word Geothermal Congress*, Kyushu-Tohoku, Japan, 573 – 577.
- [4]. Goodkind, J.M. (1986) : Continuous measurement of nontidal variations of gravity, *Journal Geophysics Research*, **91**, 9125-9134
- [5]. Hokkanen, Tero, M., Pirttivaara, Mika, P. (2004) : Monitoring Groundwater Flow with Ultra High Precision Gravimeter Measurements, *Proceeding Geological Society of America Conference – Denver November 7-10,2004*, 173.
- [6]. Kamah, M.Y., Dwikorianto, T., Zuhro, A.A., Sunaryo, D., dan Hasibuan, A. (2005) : The productive feed zones identified based on Spinner data and application in the reservoir potential review of Kamojang geothermal field area, Indonesia,

- Proceeding WGC 2005*, Antalya, Turkey, 1-6.
- [7] Lambert, A., Beamont, C. (1977) : Nanovariations in gravity due to seasasonal groundwater movement studies : Implications for the *gravitational* detections of tectonics movements, *Journal Geophysics Resarch*, **82**, 297-306.
- [8]. Takemoto, S., Y. Fukuda, T. Higashi, S. Ogasawara, M. Abe, S. Dwipa, D. S.Kusuma and A. Andan. (2002) : Effect of groundwater changes on SG observations in Kyoto and Bandung. *Bulletin d'Information des Marees Terrestres (BIM)*, **136**, 10,839-10848.