

BERKALA FISIKA

Jurnal Fisika Teori, Eksperimen dan Fisika Aplikasi

Volume 13

Nomor 2

Edisi Khusus April 2010

Persamaan Fokker Planck dan Aplikasinya Dalam Astrofisika.....	A1
..... <i>Dwi Satya Palupi</i>	
Konsep Massa Ekonomis Sebagai Ukuran Kelembaman Pelaku Ekonomi Dalam Ruang Harga (Kajian Mekanika Kuantum Dalam Ekonomi Mikro)..... <i>Bachtiar Rifai, Dwi Satya Palupi, Muhammad Farchani Rosyid</i>	A7
Studi Awal Pemodelan Perlakuan <i>Virotherapy</i> Yang Menggunakan Virus Campak Pada Tumor Paru-Paru Tikus.....	A13
..... <i>Agus Kartono, Sunjono, Ardian Arif</i>	
Measurement of Viscosity and Sucrose Concentration In Aqueous Solution Using Portable Brix Meter.....	A23
..... <i>Eko Hidayanto, Teruo Tanabe and Jun Kawai</i>	
Sistem Pendekripsi Suhu dan Asap Pada Ruangan Tertutup Memanfaatkan Sensor LM35 Dan Sensor AF30.....	B1
..... <i>Ilona Usman dan Hasmi Ardhi</i>	
Model Panel Surya Cerdas Dengan Sensor Pelacak Cahaya Matahari Otomatis Berbasis Mikrokontroler.....	B7
..... <i>Dewanto Harjunowibowo</i>	
Pengembangan Sistem Pengukuran Gejala Fisis Longsor Sistem Elektronik Dan Optik	B15
..... <i>Bambang Widiyatmoko, Dwi Hanto, dan Prabowo Puranto</i>	
Optimasi Prototipe Turbin Angin Menggunakan Metode <i>Conjugate Gradient</i>	B25
..... <i>Bilalodin dan Sugito</i>	
Pembuatan ADC (Analog to Digital Converter) Untuk Rancang Bangun Instrumentasi Temperatur Tinggi Menggunakan Prinsip Defleksi Laser He-Ne Sebagai Bagian Dari Sistem Kendali Operasi Di Bidang Industri..... <i>Nur Kadarisman, Sumarna, Dadan Rosana</i>	B31
Arus Terobosan Pada Transistor Dwikutub Struktur Hetero Si/Si _{1-x} Gex/Si Anisotropik Melewati Basis Tergradasi (<i>Graded Base</i>).....	B39
..... <i>Lilik Hasanah dan Khairurrijal</i>	

ISSN : 1410-9662

BERKALA FISIKA

Diterbitkan oleh Badan Penerbit Jurusan Fisika Universitas Diponegoro Semarang
Terbit Pertama kali : Tahun 1998

Penyantun :

Dekan Fakultas MIPA Universitas Diponegoro
Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Diponegoro

Dewan Redaksi:

Ketua
Dr. Muhammad Nur, DEA (UNDIP, Semarang)

Anggota :

Prof. Dr. Wahyu Setia Budi, MS (UNDIP, Semarang)
Dr. Wawan Gunawan A. Kadir (ITB, Bandung)
Drs. Tony Yulianto, MT (UNDIP, Semarang)
Dr. Kamsul Abraha (UGM, Yogyakarta)
Drs. Dwi P. Sasongko, MSi (UNDIP, Semarang)
Dr. A. Ratdomopurbo (Vulkanologi, Yogyakarta)
Dr. Ardianto (BATAN Pusat, Jakarta)
Drs. Catur Edi Widodo, MT (UNDIP, Semarang)
Dr. K.A. Zaini Thosin (LIPI, PUSPITEK, Serpong)
Drs. Heri Purwanto, MSc (UNS, Solo)
Ir. Hernowo Damusaputro, MT (UNDIP, Semarang)

Sekretaris :

Dr. Heri Sutanto, M.Si dan Dr. Eng. Eko Hidayanto, M.Si

Bendahara :

Dr. Iis Nurhasanah, M.Si dan Drs. K. Sofjan Firdausi

Produksi & Distribusi :

Zaenul Muhlisin, M.Si, Taat Guswantoro, S.Si dan Ari Bawono P., S.Si

Alamat Penerbit/Redaksi

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Diponegoro, Gedung Dekanat Lantai II, Kampus
FMIPA UNDIP Tembalang Semarang 50275 Telp & Fax. (024) 749-9933

BERKALA FISIKA adalah jurnal saintifik yang diterbitkan secara periodik 3 bulanan. Jurnal ini memuat kajian-kajian Fisika baik kajian teoretik maupun hasil eksperimen. Jurnal ini juga memberi ruang yang luas bagi kajian – kajian aplikasi fisika dalam bidang teknologi, ilmi-ilmu hayati dan kedokteran.

Kajian Hasil Pembuatan Tiga Macam Ukuran Lubang Berbentuk Persegi Panjang Pada Tubuh Tungku Sekam..... <i>H.Darmasetiawan, Irzaman, Demijati, Siswadi</i>	C1
Uji Sifat Listrik Film Tipis LiTao ₃ dan LiTaFe ₂ O ₃ ,..... <i>M.N.Indro, B. Sastri, L. Nady, E. Ridwan, H.Syafutra, Irzaman, Siswadi</i>	C5
Kajian Efisiensi Energi Proses Penyulingan Dan Sifat Fisik Hasil Penyulingan Minyak Serai Dapur Menggunakan Tungku Sekam Dan Heating Mantel <i>E. Rohaeti, N. G. Pamungkas, Irzaman</i>	C13
Prototipe Pemanas Air Tenaga Surya Menggunakan Karbon Sebagai Penampung Kalor <i>Wihantoro, Agus Yanto dan Sunardi</i>	C21
Analisis Korelasi Kondisi Pembuatan Film Tipis Polipropilen (PP) dan Sifat-Sifat Mekaniknya Dengan Metode Uji Tarik <i>Kartika Sari, Rahmat Satoto</i>	C27
Penentuan Gaya Tolak Menolak Magnet Antar Dua Magnet Permanet Menggunakan Metode Kesetimbangan Benda..... <i>Kuncoro Asih Nugroho</i>	C39
Tungku Sekam Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pada Sterilasasi Media Jamur Tiram..... <i>R. D. Puspita¹, Desna¹, A.D. Husin, Irzaman, H. Darmasetiawan, Siswadi</i>	C45
Pengaruh Aliran Gas Nitrogen Pada Karakteristik Listrik Film Gan Yang Ditumbuhan Di Atas Substrat Silikon (111) Dengan Teknik Sol Gel Spincoating <i>Yuyu R.Tayubi, Dadi Rusdiana</i>	C49
Penerapan Film Tipis Ba _{0.25} Sr _{0.75} TiO ₃ (BST) Yang Didadah Ferium Oksida Sebagai Sensor Suhu Berbantuan Mikrokontroler <i>A. Ardian, L. Nady, R. Erviansyah, H. Syafutra, Irzaman, Siswadi</i>	C53
Karakterisasi Dinamika Tingkat Tenaga Eksitasi 2Ag ⁻ Pada Karotenoid Spheroidene Menggunakan Spektroskopi Ultra Cepat Pisah Waktu..... <i>Mega Novita, Jubhar Mangimbulude, Ferdy S. Rondonuwu</i>	C65
Membangun Filter Berdasarkan Model Amblesan dan Dinamika Muka Air Tanah Untuk Memisahkan Sumber Anomali Gaya Berat Mikro Antar Waktu	<i>Supriyadi</i>
Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Gunung Merbabu – Merapi Berdasarkan Pemodelan 3D Anomali Bouguer..... <i>Muh Sarkowi</i>	D11

Karakterisasi Zona Sliding Di Perbukitan Ranggawulung Subang Dengan Metoda Geolistrik Tahanan Jenis.....	D19
.....Kusnahadi Susanto, Ahmad Zaenudin	
Koreksi Gaya Berat Akibat Curah Hujan Pada Pengukuran Gaya Berat Mikro Antar-Waktu Lapangan Panas Bumi Kamojang 2006-2007.....	D25
<i>Ahmad Zaenudin</i>	
Model Pembelajaran Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Ipa-Asesmen Dan Pembelajaran Tematik Calon Guru Sekolah Dasar.....	E1
<i>Parsaoran Siahaan dan Liliasari</i>	
Penerapan Pendekatan <i>Modified Free Inquiry</i> Sebagai Upaya Meningkatkan Kreativitas Mahasiswa Calon Guru Dalam Mengembangkan Jenis Eksperimen Dan Pemahaman Terhadap Materi Fisika.....	E7
<i>Siti Khanafiyah, Ani Rusilowati</i>	
Kajian Efektivitas Pembelajaran Fisika Dalam Meningkatkan <i>Technological Literacy</i> Dan Kreativitas Siswa Smp Melalui Implementasi Program Pendidikan Teknologi Dasar (PTD).....	E15
<i>Didi T Chandra</i>	
Pengaruh Format Soal Dalam Bentuk Animasi Terhadap Validitas Dan Reliabilitas Tes Pemahaman Konsep Pembiasan Cahaya.....	E25
<i>Andi Suhandi, Achmad Samsudin , dan Agus Setiawan</i>	
Desain Model Pembelajaran Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Dalam Pembelajaran IPA (Fisika) Sekolah Menengah Pertama Di Kota Bandung.....	E31
<i>Mohammad Taufik, N.S. Sukmadinata, Ishak Abdulhak, Bernard Y. Tumbelaka</i>	

KARAKTERISASI ZONA SLIDING DI PERBUKITAN RANGGAWULUNG SUBANG DENGAN METODA GEOLISTRIK TAHANAN JENIS

Kusnadi Susanto¹, Ahmad Zaenudin²

¹⁾Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Padjadjaran

²⁾Jurusan Teknik geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Email : zae_unila@yahoo.com

Abstract

Subang Ranggawulung Hills is a road connecting Bandung- Subang which is landslide-prone. Landslides have occurred in the area and now the potential for ground movement is still visible which is characterized by crack and wave roads and buildings sideway. This study characterizes the sliding zone and the direction of movement of ground geoelectric resistivity method. Geoelectrical resistivity method to detect the existence of a sliding zone of the layer surface lapsed causes that caused Landslides. Of geoelectric resistivity cross-section indicates that the contact area between the layers with a certain slope at a depth of about 3-10 m below ground surface. Fields marked with a contact layer of low resistivity value of about 5-10 m which is consistent on all tracks. By observing these results can be seen that the hills Ranggawulung potential for the occurrence of landslides, although slow moving.

Key words: *landslides, low resistivity*

Abstrak

Perbukitan Ranggawulung Subang merupakan jalan penghubung Bandung-Subang yang rawan longsor. Bencana longsor pernah terjadi di daerah tersebut dan sekarang potensi pergerakan tanah masih terlihat yang dicirikan dengan retak dan bergelombangnya jalan dan miringnya bangunan. Penelitian ini mengkarakterisasi zona sliding dan arah gerakan tanah metoda geolistrik tahanan jenis. Metoda geolistrik tahanan jenis mampu mendeteksi keberadaan zona sliding penyebab tergelincirnya lapisan permukaan yang menyebabkan terjadinya lonsor. Dari penampang geolistrik tahanan jenis mengindikasikan adanya bidang kontak antar lapisan dengan kemiringan tertentu pada kedalaman sekitar 3-10 m dibawah permukaan tanah. Bidang kontak lapisan ditandai dengan nilai tahanan jenis rendah sekitar 5-10 Ωm yang konsisten pada semua lintasan. Dengan mengamati hasil ini dapat diketahui bahwa perbukitan Ranggawulung berpotensi untuk terjadinya longsor walaupun pergerakannya lambat.

Kata kunci : *longsor, tahanan jenis rendah*

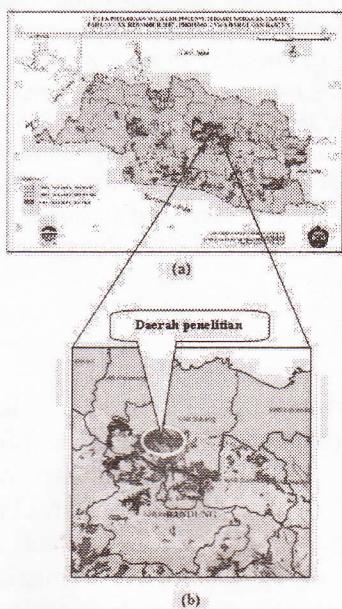
PENDAHULUAN

Bencana tanah lonsor terjadi karena adanya gangguan kesetimbangan lereng secara gravitasional yang disebabkan oleh bertambahnya beban material pembentuk lereng. Air yang meresap ke bawah permukaan bumi akan tersimpan di dalam pori-pori batuan, sehingga akan menambah beban material tersebut. Hal ini akibat daya dukung (gaya kohesi) tanah berkang [6]. Mekanisme tanah longsor yang umum terjadi diakibatkan oleh

terdapatnya tanah pelapukan hasil letusan gunung api yang komposisinya sebagian besar di dominasi oleh lempung dengan sedikit pasir. Pada musim kemarau, tanah pelapukan dan batuan di bawahnya mengalami pemanasan dan pengeringan sehingga membentuk rongga udara (pori) dan rekahan. Pada saat musim hujan datang, tanah pelapukan yang berada di atas batuan kedap air pada perbukitan/punggungan (dengan kemiringan sedang dan terjal) diguyur

oleh air hujan, sehingga air meresap dan merembes masuk ke dalam pori dan retakan sehingga berpotensi mengakibatkan tanah longsor bila curah hujannya tinggi. Kerawanan suatu daerah akan bencana tanah longsor akan diperparah, jika di lokasi tersebut tidak terdapat tanaman keras berakar kuat dan dalam. Adanya resapan air yang sampai pada lapisan tanah kedap air, dapat mempercepat terjadinya gerakan tanah (tanah longsor). Dalam penelitian ini diharapkan potensi bahaya tanah longsor dapat diketahui dengan baik.

Daerah Ranggawulung merupakan daerah yang memiliki infrastruktur yang cukup vital dalam transportasi. Jalan ini menghubungkan antara Bandung dengan Subang dan wilayah utara Jawa Barat. BMKG menunjukkan bahwa daerah ini termasuk daerah rawan gerakan tanah tinggi, seperti ditunjukkan oleh Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1 Peta potensi gerakan tanah/longsor (a) Jawa Barat (b) Subang

Pada tahun 2009 daerah Ranggawulung memperlihatkan kelabihannya ditandai dengan retaknya

jalan raya, miringnya bangunan pemukiman penduduk dan miringnya tiang-tiang listrik disekitar daerah tersebut, seperti terlihat pada Gambar 2.

METODE PENELITIAN

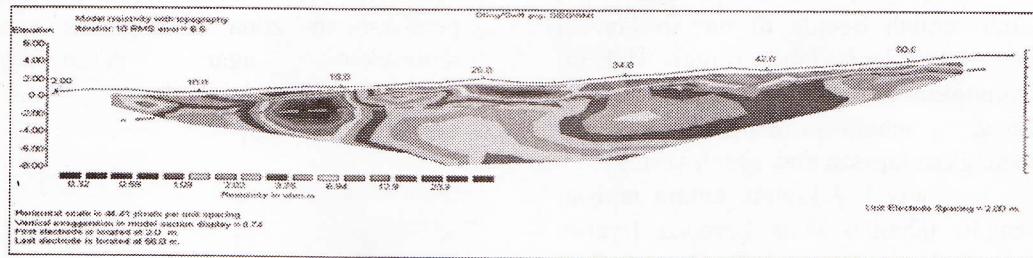
Potensi tanah longsor dapat diteliti dengan memanfaatkan teknologi geofisika. Salah satu metoda geofisika yang dapat digunakan dalam penelitian potensi tanah longsor adalah metoda Geolistrik Tahanan Jenis. Metoda geolistrik tahanan jenis (2D) secara profiling dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi bawah permukaan bumi, termasuk menentukan bidang gelincir (*sliding*) longsoran. Metoda ini mendeteksi sifat kelistrikan bumi dan sangat peka terhadap material yang mengandung air.

Konfigurasi geolistrik yang diaplikasikan untuk mendeteksi bidang kontak ini adalah kongurasi Wenner. Dari studi skala laboratorium menunjukkan bahwa konfigurasi ini mampu memberikan gambaran kontras tahanan jenis secara lateral lebih baik dibandingkan dengan konfigurasi Schlumberger, Pole-Pole dan Pole-Dipole. Penampang yang dihasilkan dari konfigurasi ini memiliki tingkat resolusi yang baik ke arah vertikal dan horizontal, nampun kelamahannya adalah kedalaman pengukuran yang sangat terbatas.

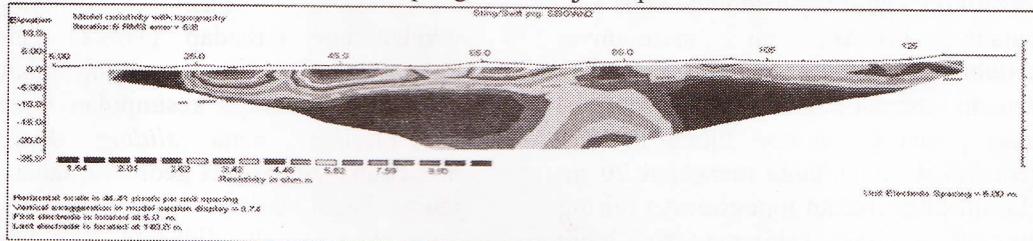
Resistimeter digunakan untuk penelitian ini adalah resistivimeter multichannel SuperStings RS/IP 8 Channel dengan banyak elektroda yang digunakan sebanyak 28 buah. Jarak elektroda yang dipakai 2 m dan 5 m. Pengukuran dilakukan pada 5 lintasan, dimana arah lintasan searah punggungan atau searah bidang gerakan tanah, di sebelah kiri dan kanan jalan. Pengukuran geolistrik tahanan jenis dilakukan pada tanggal 2 – 3 Oktober 2009. Pengolahan data menggunakan software Res2DInversi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

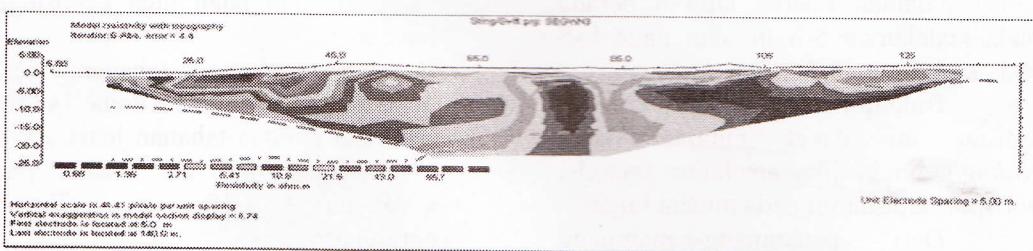
Hasil inversi penampang tahanan jenis pada masing-masing lintasan diperlihatkan pada Gambar 3, 4, 5, 6 dan 7..



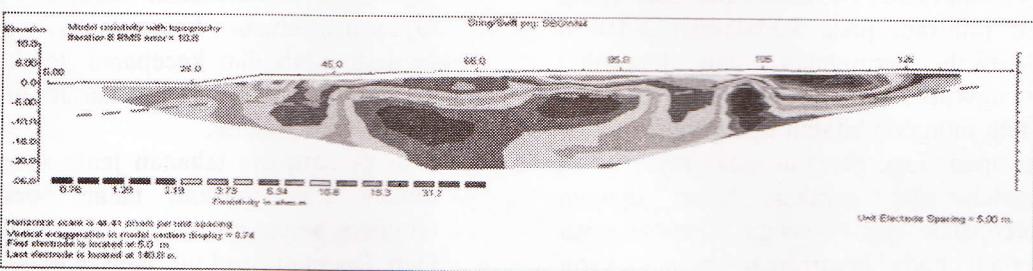
Gambar 3. Penampang tahanan jenis pada Lintasan L-1



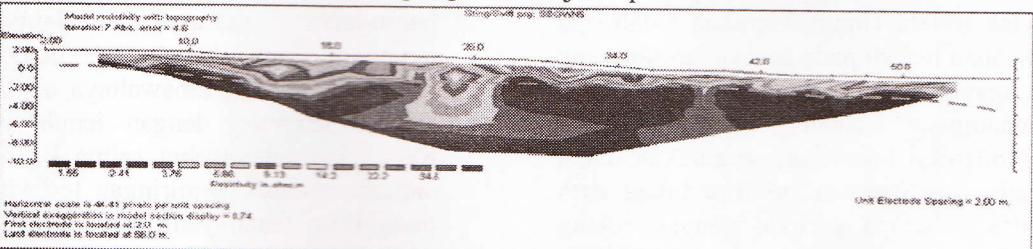
Gambar 4. Penampang tahanan jenis pada Lintasan L-2



Gambar 5. Penampang tahanan jenis pada Lintasan L-3



Gambar 6. Penampang tahanan jenis pada Lintasan L-4



Gambar 7. Penampang tahanan jenis pada Lintasan L-5

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada DP2M-DIKTI yang telah membiayai penelitian ini hingga Tahun-1, dan Laboratorium Geofisika, Jurusan Fisika, FMIPA-UNPAD yang fasilitas resistivitimeter dalam survey lapangan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Dobrin, *Geophysical Prospecting*, 1985, 2nd edition, Jhon Willey and Sons.
- [2]. Friedel .S, Thielen. A, Springman. SM., 2006. *Investigation of a slope endangered by rainfall-induced landslides using 3D resistivity tomography and geotechnical testing*. ScienceDirect. Elsevier Journal of Applied Geophysics 60 (2006) 100–114.
- [3]. Highland and Johnson, 2004, *Landslides Types and Processes*, <http://pbs.usgs.gov/2004/3072>
- [4]. Loke, M.H., and Barkers, R.D., 1996, *Rapid Least-square Inversion of Apparent Resistivity Pseudosection by A Quasi-Newton Method*, Geophysical Prospecting, vol. 44
- [5]. Parasnis, *Principles of Applied Geophysics 3th edition*, Chapman and Hall, 1979.
- [6]. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2007, *Pengenalan Gerakan Tanah*, <http://www.vsi.esdm.go.id>
- [7]. Taib, M.I.T., 2004, *Eksplorasi Geolistrik*, Diktat KuliahMetoda Geolistrik, Departemen Teknik Geofisika, ITB, Bandung

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

Ahmad Zaenudin¹

¹Jurusan 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

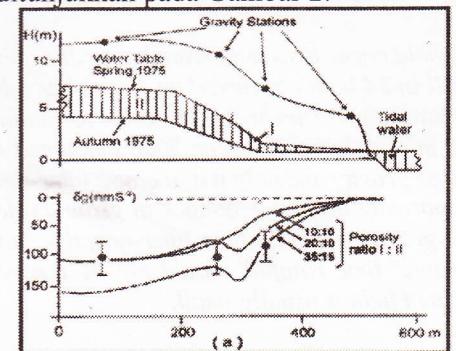
Perubahan muka air tanah dangkal penyebab anomali gaya berat musiman. Perubahan muka air tanah berhubungan langsung dengan curah hujan, ketika curah hujan tinggi, muka airtanah naik pesat dan kemudian menurun secara gradual. Anomali gaya berat akibat musim merupakan noise yang penting untuk diperhitungkan. 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.

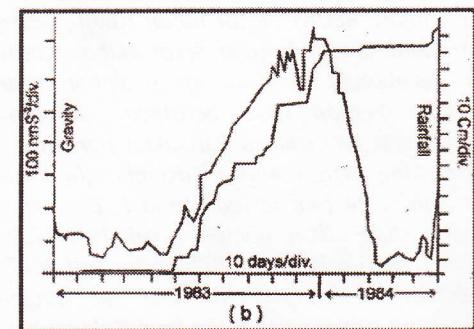
Kata kunci : curah hujan, muka airtanah, anomali gayaberat antar-waktu

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 $10 \mu\text{Gal}$ 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 $10 \mu\text{Gal}$ dan perubahan musim memberikan perubahan nilai gayaberat $5-10 \mu\text{Gal}$ seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



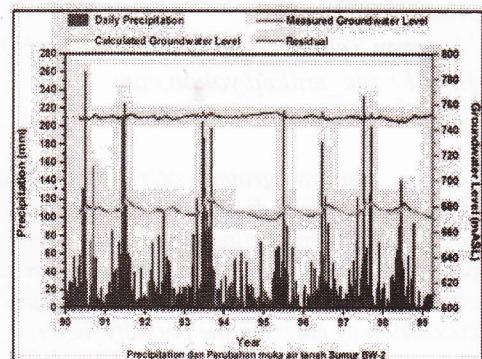
Gambar 1. Perubahan gayaberat teramati dan model 2-D perubahan muka air tanah (Lambert dan Beamoont, 1977)[7].



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 Exponensial Decreas* dari Yuhara dan Seno (1969), menurut persamaan :

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

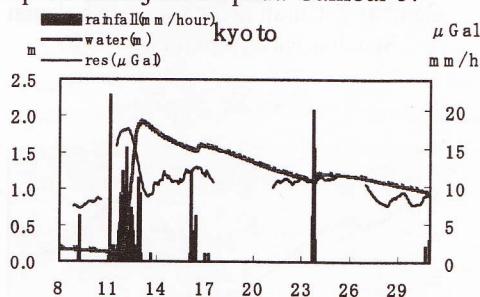
Dengan H_1 adalah muka airtanah sebelum hujan, t merepresentasikan waktu, α dan c adalah konstanta, R_n precipitation pada hari t_n -th dari mulai pengukuran (dalam mm).

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

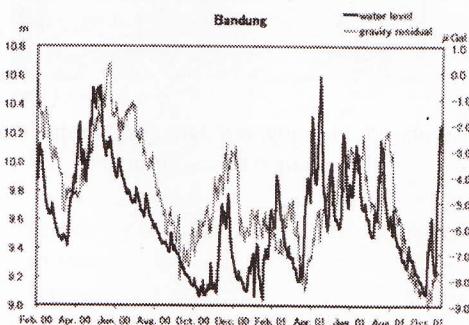
$$y_t = \sum \beta_i x_{i-1} + \varepsilon_i \quad (2)$$

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 $9 \mu\text{Gal}$ 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 $4,2 - 4,4 \mu\text{Gal}$ 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 statisun klimatologi terdekat yaitu Statsun 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 Exponensial Decreas* dari Yuhara dan Seno (1969). Dimana $H(t)$ menunjukkan muka airtanah pada waktu (t) tertentu. H_1 adalah muka airtanah sebelum hujan, t

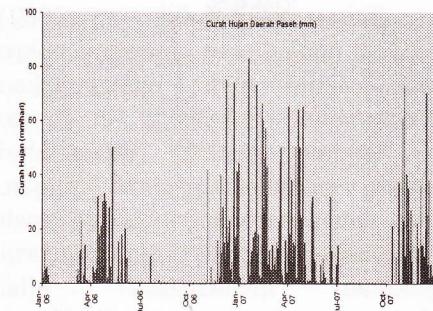
merepresentasikan waktu, α dan c adalah konstanta, R_n *precipitation* pada hari t_n -th dari mulai pengukuran (dalam mm). Selisih $H(t)$ pada periode pengukuran gayaberat tertentu digunakan sebagai perbedaan muka airtanah.

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

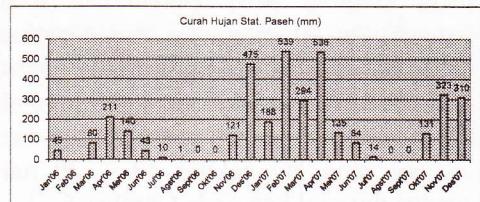
HASIL DAN PEMBAHASAN

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-Okttober.

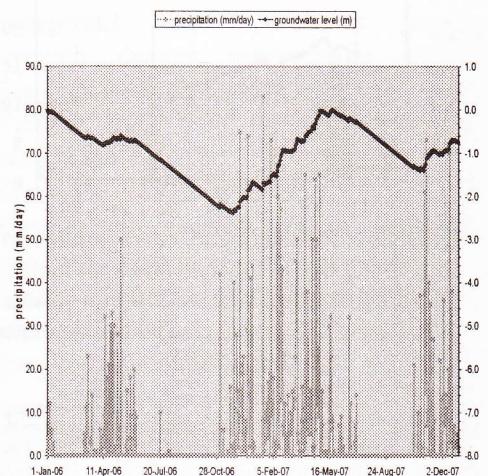
Dari data curah hujan ini kemudian dihitung perubahan muka airtanah harian $H(t)$ sepanjang 2006-2007 dengan menggunakan persamaan 1. Dimana konstanta yang digunakan masing-masing $\alpha = 0,00932$ dan $c = 0,00985$ (day^{-1}). Konstanta ini berhubungan dengan *precipitation* lapisan tanah dalam menyerap air dari curah hujan. Dari perhitungan ini didapatkan 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, *Procceding 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 besed 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., Beumont, C. (1977) : Nanovariations in gravity due to seasonal 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.