

# ***BERKALA FISIKA***

**Jurnal Fisika Teori, Eksperimen dan Fisika Aplikasi**

**Volume 13**

**Nomor 2**

**Edisi Khusus April 2010**

Persamaan Fokker Planck dan Aplikasinya Dalam Astrofisika..... ..... <i>Dwi Satya Palupi</i>	A1
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..... ..... <i>Agus Kartono, Sunjono, Ardian Arif</i>	A13
Measurement of Viscosity and Sucrose Concentration In Aqueous Solution Using Portable Brix Meter..... ..... <i>Eko Hidayanto, Teruo Tanabe and Jun Kawai</i>	A23
Sistem Pendeteksi Suhu dan Asap Pada Ruangan Tertutup Memanfaatkan Sensor LM35 Dan Sensor AF30..... ..... <i>Ilona Usuman dan Hasmi Ardhi</i>	B1
Model Panel Surya Cerdas Dengan Sensor Pelacak Cahaya Matahari Otomatis Berbasis Mikrokontroler..... <i>Dewanto Harjunowibowo</i>	B7
Pengembangan Sistem Pengukuran Gejala Fisis Longsor Sistem Elektronik Dan Optik ..... ..... <i>Bambang Widiyatmoko, Dwi Hanto, dan Prabowo Puranto</i>	B15
Optimasi Prototipe Turbin Angin Menggunakan Metode <i>Conjugate Gradient</i> ..... <i>Bilalodin dan Sugito</i>	B25
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 <sub>1-x</sub> Gex/Si Anisotropik Melewati Basis Tergradasi ( <i>Graded Base</i> )..... ..... <i>Lilik Hasanah dan Khairurrijal</i>	B39

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 Danusaputro, 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 $\text{LiTaO}_3$ dan $\text{LiTaFe}_2\text{O}_3$ ..... ..... <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 <i>Heating Mantel</i> ..... ..... <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 Keseimbangan Benda..... ..... <i>Kuncoro Asih Nugroho</i>	C39
Tungku Sekam Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pada Sterilisasi Media Jamur Tiram..... ..... <i>R. D. Puspita<sup>1</sup>, Desna<sup>1</sup>, A.D. Husin, Irzaman, H. Darmasetiawan, Siswadi</i>	C45
Pengaruh Aliran Gas Nitrogen Pada Karakteristik Listrik Film Gan Yang Ditumbuhkan Di Atas Substrat Silikon (111) Dengan Teknik Sol Gel Spincoating ..... ..... <i>Yuyu R.Tayubi, Dadi Rusdiana</i>	C49
Penerapan Film Tipis $\text{Ba}_{0.25}\text{Sr}_{0.75}\text{TiO}_3$ (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 $2A_g^-$ 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>	D1
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  
.....*Ahmad Zaenudin*
- Model Pembelajaran Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Ipa-Asesmen Dan Pembelajaran Tematik Calon Guru Sekolah Dasar.....** E1  
.....*Parsaoran Siahaan dan Liliarsari*
- Penerapan Pendekatan *Modified Free Inquiry* Sebagai Upaya Meningkatkan Kreativitas Mahasiswa Calon Guru Dalam Mengembangkan Jenis Eksperimen Dan Pemahaman Terhadap Materi Fisika.....** E7  
.....*Siti Khanafiyah, Ani Rusilowati*
- Kajian Efektivitas Pembelajaran Fisika Dalam Meningkatkan *Technological Literacy* Dan Kreativitas Siswa Smp Melalui Implementasi Program Pendidikan Teknologi Dasar (PTD).....** E15  
.....*Didi T Chandra*
- Pengaruh Format Soal Dalam Bentuk Animasi Terhadap Validitas Dan Reliabilitas Tes Pemahaman Konsep Pembiasan Cahaya.....** E25  
.....*Andi Suhandi, Achmad Samsudin, dan Agus Setiawan*
- Desain Model Pembelajaran Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Dalam Pembelajaran IPA (Fisika) Sekolah Menengah Pertama Di Kota Bandung.....** E31  
.....*Mohammad Taufik, N.S. Sukmadinata, Ishak Abdulhak, Bernard Y. Tumbelaka*



**Koreksi Gayaberat akibat Curah Hujan Pada Pengukuran  
Gayabermikro Antar-Waktu Lapangan Panasbumi Kamojang 2006-2007**

**Ahmad Zaenudin<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Geofisika, FT Universitas Lampung  
Email : zae\_unila@yahoo.com



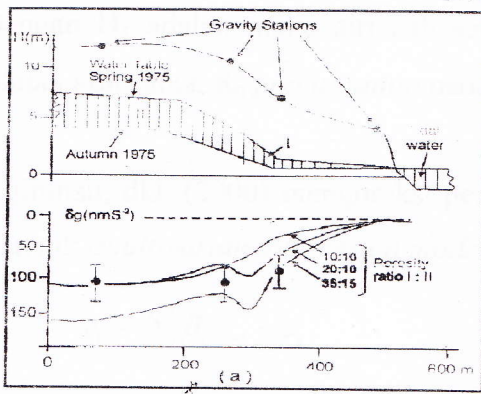
Perubahan muka airtanah dangkal penyebab anomali gayaberat musiman. Perubahan muka airtanah berhubungan langsung dengan curah hujan, ketika curah hujan tinggi, muka airtanah naik pesat dan kemudian menurun secara gradual. Anomali gayaberat akibat musim merupakan noise yang penting untuk diperhitungkan.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

Musim penghujan di lapangan panasbumi 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.

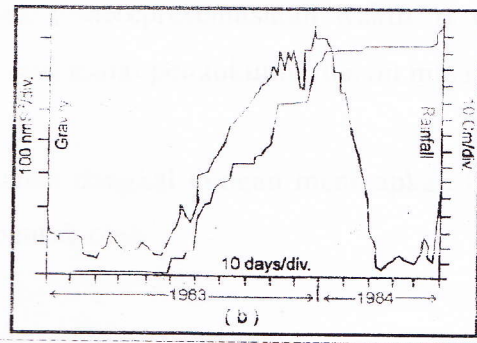
Kata kunci : *curah hujan, muka airtanah, anomali gayaberat antar-waktu*

## 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  $\mu$ Gal seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Gookind (1986) mempelajari hubungan antara perubahan nilai gayaberat dan data hidrologi. Perubahan jangka pendek akibat hujan memberikan koreksi sebesar 10  $\mu$ Gal dan perubahan musim memberikan perubahan nilai gayaberat 5-10  $\mu$ Gal seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

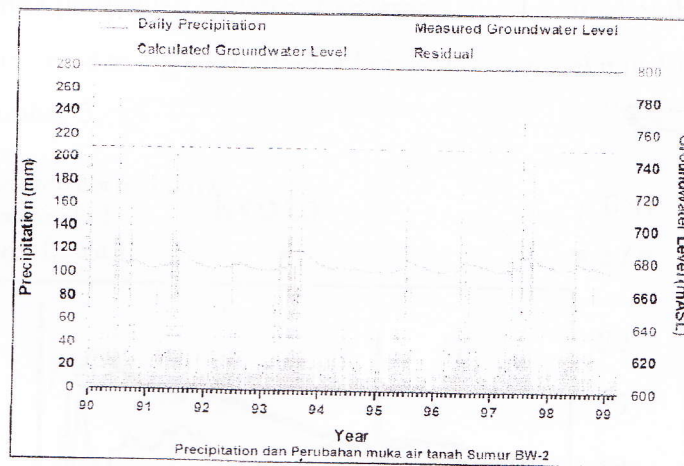


Gambar 1. Perubahan gayaberat teramati dan model 2-D perubahan muka air tanah (Lambert dan Beamoont, 1977)



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. 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) mengoreksi efek perubahan muka airtanah dengan menerapkan model *Empirical Exponential Decrease* dari Yuhara dan Seno (1969), menurut persamaan :

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



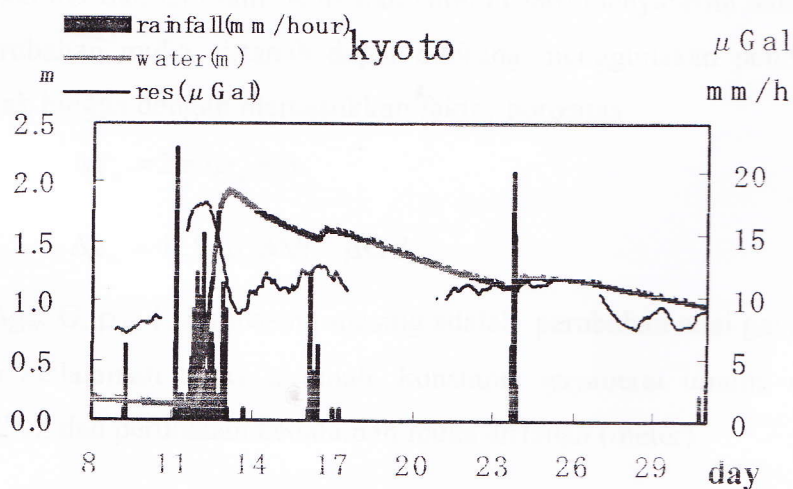
Dengan  $H_1$  adalah muka airtanah sebelum hujan,  $t$  merepresentasikan waktu,  $\alpha$  dan  $c$  adalah konstanta,  $R_n$  *precipitation* pada hari  $t_n$ -th dari mulai pengukuran (dalam mm).

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

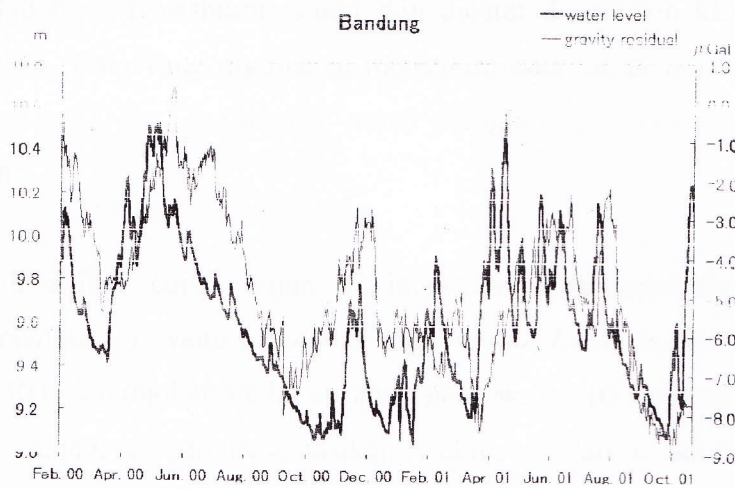
$$y_t = \sum \beta_i x_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Persamaan ini menghubungkan perubahan muka airtanah dangkal dengan perubahan gayaberat observasi. Dimana  $y_t$  adalah kriteria variasi,  $x_t$  *explanatory variate* dengan  $\beta_i$  koefisien regresi,  $m$  adalah derajat *optimum fit*, dan  $\varepsilon_t$  adalah 'white noise'.

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  $\mu$ Gal akibat curah hujan sebesar 210 mm selama periode 11-13 September 2000 seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Sedangkan hasil pengukuran di Bandung mendapatkan terjadinya perubahan gayaberat sebesar 4,2 – 4,4  $\mu$ 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 (Takemoto dkk., 2002).

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.

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 :  $\Delta g_w$ ,  $G$ ,  $\rho_w$ ,  $\phi$ ,  $\Delta h$  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).

## 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.

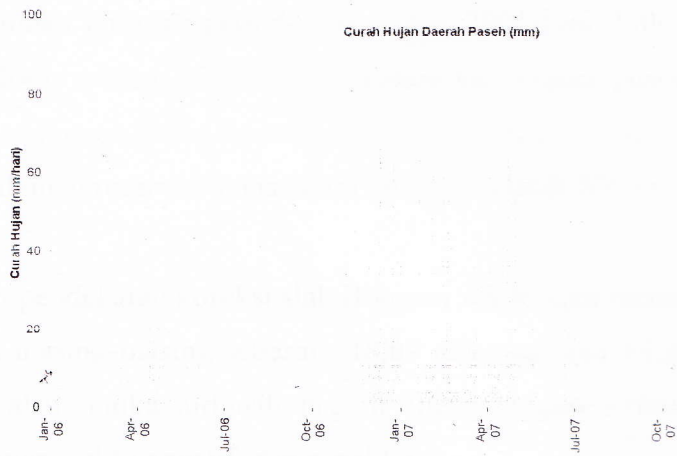
Fluktuasi airtanah akibat curah hujan di lapangan panasbumi Kamojang dihitung menggunakan persamaan (1) yaitu *Empirical Exponensial Decrease* dari Yuhara dan Seno (1969). Dimana  $H(t)$  menunjukkan muka airtanah pada waktu ( $t$ ) tertentu.  $H_1$  adalah muka airtanah sebelum hujan,  $t$  merepresentasikan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

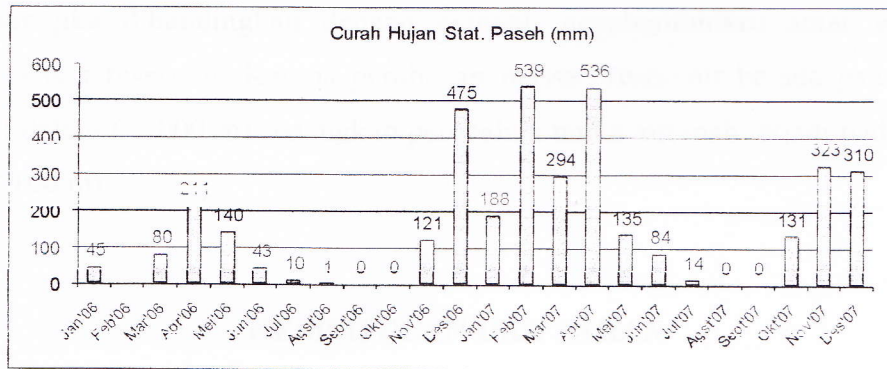
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Data curah pada Stasiun Paseh sebagai stasiun Klimatologi terdekat menunjukkan curah hujan harian seperti pada Gambar 6 dan curah hujan kumulatif 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.

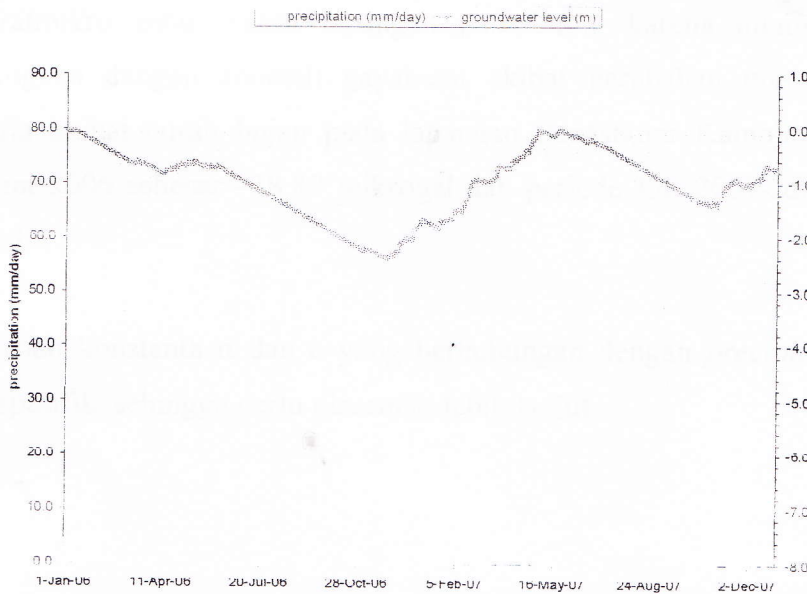
Dari data curah hujan ini kemudian dihitung perubahan muka airtanah harian  $H(t)$  sepanjang 2006-2007 dengan menggunakan persamaan 1. Dimana konstanta yang digunakan masing-masing  $\alpha = 0,00932$  dan  $c = 0,00985$  ( $\text{day}^{-1}$ ). Konstanta ini berhubungan dengan *precipitation* lapisan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



Gambar 7. Curah hujan harian Statsiun Pasesh tahun 2006-2007



Gambar 7. Curah hujan rata rata bulanan Statsiun Pasesh tahun 2006-2007



Gambar 8 Hubungan antara curah hujan dan perubahan muka airtanah  
 Dari Gambar 8 menunjukan 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).

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  $\alpha$  dan  $c$  yang berhubungan dengan *precipitation* setiap lapangan sangat spesifik, sehingga perlu dicermati lebih lanjut.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Akasaka, C., dan Nakanishi, S. (2000) : A evaluation of the background noise for microgravity monitoring in the Oguni field, Japan, *Proceeding of 25<sup>th</sup> Stanford Geothermal Workshop*, 24-26 January 2000.

Allis, R.G., dan Hunt, T.M. (1986) : Analisis of exploration induced gravity changes at Wairakei geothermal field. *Geophysics*, **51**, 1647-1660.

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.

Goodkind, J.M. (1986) : Continuous measurement of nontidal variations of gravity, *Journal Geophysics Research*, **91**, 9125-9134

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.

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.

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.

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.

