

PREDIKSI BATAS CEKUNGAN JAWA TIMUR UTARA DENGAN PEGUNUNGAN SELATAN DI DAERAH MAGETAN – PLAOSAN DENGAN METODE GRAVITASI

Dewi Wijayanti R, Tony Yulianto, M.Irham Nurwidyanto
Laboratorium Geofisika, Jurusan Fisika FMIPA UNDIP

ABSTRACT—*Geophysics investigation with the gravity method to anticipate the existence of boundary of North East Java Basin with the South Mountains in Magetan-Plaosan have been done at 2 - 11 December 2004 by using gravitometer La Coste & Romberg type G-1177, and resulted 50 station. Data measured field is the observation gravitation, position, height and terrain correction for A until D zone. To obtain the complete Bouguer anomaly, reduction of field data was performed with standart correction. Bouguer density of rock is obtained 2,30 gram/cm³. Regional and residual anomaly was obtained from filtering of complete bouguer anomaly I by using polynomial surface fitting. The quantitative analysis of second order residual anomaly was performed by using Grav2DC for windows. The modelling resulted Lawu lava with density 2.35 gram / cm³ and culminate deepness is 300 m, Tuf Jobolarangan with density 2.20 gram / cm³ and culminate deepness is 300 m, sediment rock with density 2.10 gram / cm³ and culminate deepness is 123.84 m, Igneous rock with density 2.70 gram / cm³ and culminate deepness is 1721.53 m. Basin boundary marked with the existence of sediment rock ang igneous rock in subsurface of the area. Interpretation of modelling indicate that Magetan-Ploosan area anticipated to represent the south boundary of North East Java Basin with the South Mountains.*

Keynotes : Gravity, terrain correction, Bougeur anomaly

I. PENDAHULUAN

Diantara sifat fisis batuan yang mampu membedakan antara satu macam batuan dengan yang lainnya adalah massa jenis batuan. Distribusi massa jenis yang tidak homogen pada batuan penyusun kulit bumi akan memberikan variasi harga medan gravitasi di permukaan bumi. Di samping itu bentuk bumi yang ellipsoid dan mempunyai relief yang tidak teratur akan memberikan pengaruh pada adanya variasi medan

gravitasi. Metode gravitasi adalah metode penelitian dalam geofisika yang didasarkan pada adanya variasi medan gravitasi akibat variasi rapat massa batuan di permukaan bumi.

Penelitian ini didasarkan atas penelitian yang dilakukan oleh Hazuardi dkk (2004) yaitu pembuatan jalur kalibrasi, dari penelitian ini diperoleh data-data sebagai berikut:

Tabel 1. Data penelitian pembuatan jalur kalibrasi

Kode	Lokasi	Koordinat		Elevasi (m)	Harga Gayaberat
		Latitude	Longitude		
HBM - 01	Kec. Maospati	07°35'38"	111°26'25"	93,201	978.062.870
HBM - 02	Kec. Magetan	07°39'34"	111°19'19"	393,667	978.060.485
HBM - 03	Kec. Plaosan	07°41'03"	111°15'05"	566,79	977.983.609
HBM - 04	Mess Migas Sarangan	07°40'22"	111°13'27"	1349,669	977.887.764
HBM - 05	Selatan titik pengamatan Vulkanologi Cemoro Sewu	07°39'55"	111°11'29"	1894,929	977.773.005

Sumber. Laporan Penelitian PUSDIKLAT MIGAS Cepu

Dari tabel di atas (tabel 1) terlihat perbedaan harga gayaberat yang signifikan antara titik HBM 02 dengan HBM 03 dengan beda tinggi 173,132 meter mempunyai beda harga gayaberat 76,876 miligal sedangkan untuk titik HBM 03 dengan HBM 04 dengan beda tinggi 782,870 meter hanya mempunyai beda harga gayaberat mencapai 95,845 miligal. Perbedaan ini sangat mencolok untuk beda tinggi yang sangat jauh (selisih sekitar 609,748 meter) sedangkan selisih harga gayaberat hanya sekitar 18,969 miligal yang secara teoritis pada keadaan normal tidak mungkin terjadi. Bila dilihat dari peta anomali Bouguer Jawa - Madura (Untung dan Sato, 1974) tampak bahwa diantara Magetan dan Plaosan merupakan batas antara "Low gravity anomaly". Kearah utara nilai anomali menjadi negatif sedangkan kearah selatan anomalnya positif.

Ditinjau dari sisi geologi regional, wilayah Magetan dan sekitarnya masuk dalam Zone Kendeng, Cekungan Jawa Timur Utara. Batas selatan Zone Kendeng adalah Busur Vulkanik Jawa Selatan dan batas tersebut adalah terletak antara Plaosan - Magetan, yang merupakan kaki Gunung Lawu sebelah Timur - Utara. Diduga perbedaan yang sangat menyolok ini disebabkan oleh suatu kondisi geologi bawah permukaan yang mempengaruhinya, hal tersebut diduga berasal dari adanya batas cekungan sedimentasi zone Kendeng dengan Busur Vulkanik Jawa Selatan atau penyebab lainnya. Dari uraian-uraian di atas perlu dilakukan penelitian lanjutan guna mencari jawaban atas timbulnya anomali tersebut sehingga dapat diketahui secara pasti penyebab dari timbulnya anomali gayaberat tersebut

II. TEORI MEDAN GRAVITASI

Hukum Newton tentang gravitasi universal menyatakan bahwa besarnya gaya tarik-menarik antara dua partikel bermassa m_1 dan m_2 yang terpisah sejauh r adalah berbanding lurus dengan hasil kali kedua massanya dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya dan dinyatakan dalam persamaan berikut (Sears & Zemansky, 1982) :

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1)$$

besaran G adalah konstanta gravitasi universal yang besarnya adalah $6,67 \times 10^{-8} \text{ g}^{-1} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-2}$.

Gaya persatuan massa pada suatu partikel yang terletak di sembarang titik yang berada sejauh r dari m_1 didefinisikan sebagai medan gravitasi yang dinyatakan dengan persamaan :

$$E(\vec{r}) = -G \frac{m_1}{r^3} \vec{r} \quad (2)$$

dengan $\vec{r} = r\hat{r}$

tanda negatif menyatakan bahwa medan gravitasi tersebut memiliki arah yang berlawanan dengan vektor satuan \hat{r} .

Jika $r = R_e$ adalah jari-jari bumi, $m_1 = m_e$ sebagai massa bumi dan menganggap bumi homogen berbentuk bola serta tidak berotasi, maka besarnya medan gravitasi bumi adalah :

$$g = |-E(\vec{r})| = G \frac{m_e}{R_e^2} \quad (3)$$

karena medan gravitasi merupakan medan yang konservatif, maka medan gravitasi dinyatakan sebagai gradien dari suatu fungsi potensial skalar $u(\vec{r})$ sebagai berikut :

$$E(\vec{r}) = -\nabla u(\vec{r}) \quad (4)$$

dengan $u(\vec{r}) = -\frac{Gm_e}{r}$ merupakan potensial

gravitasi yang diakibatkan massa bumi m_e , karena itu potensial di suatu titik pada ruang bersifat penjumlahan, sedangkan potensial gravitasi dari suatu distribusi massa yang kontinu pada titik p di luar distribusi massa tersebut merupakan suatu bentuk integral, jika massa yang terdistribusi kontinu tersebut mempunyai rapat massa $\rho(\vec{r}_o)$ di dalam volume V , maka potensial pada titik P diluar V seperti yang terlihat pada Gambar 1 adalah :

$$\begin{aligned} U_p(\vec{r}) &= -\int_V \frac{Gdm}{|\vec{r} - \vec{r}_o|} \\ &= -G \int_V \frac{\rho(\vec{r}_o) d^3\vec{r}_o}{|\vec{r} - \vec{r}_o|} \end{aligned} \quad (5)$$

dengan

$$|\vec{r} - \vec{r}_o| = \sqrt{r^2 + r_o^2 - 2rr_o \cos \gamma}$$

1177, GPS, Kompas Geologi, Peta topografi (skala 1 : 50.000), Jam atau timer.

Secara garis besar pengolahan data gayaberat adalah sebagai berikut :

- a) Konversi bacaan ke satuan milligal dengan factor konversi bawaan *Gravity La Coste and Romberg G-1177*.
- b) Melakukan koreksi drift pada setiap titik pengamatan
- c) Menentukan nilai koreksi pasang surut. Koreksi pasang-surut dihitung dengan menggunakan program pasut yang berbasis DOS. Data yang dimasukkan berupa koordinat longitude dan latitude lembar peta daerah penelitian yaitu batas kanan , tengah dan kiri. Koreksi pasang-surut ditunjukkan pada lampiran I.
- d) Menghitung harga gravitasi observasi
- e) Menghitung harga gravitasi normal
- f) Gravitasi normal di hitung dengan menggunakan rumus IAG tahun 1980
- g) Menghitung densitas batuan
- h) Penentuan rapat massa bouguer menggunakan metode nettleton dan metode analitis, yang menghasilkan densitas bouguer 2,30 gr/cm³.
- i) Menentukan harga koreksi bouguer
- j) Menentukan harga koreksi medan
- k) Koreksi medan dihitung dengan menggunakan diagram *Hammer*, untuk zona A sampai D ditentukan dilapangan sedangkan untuk zona lain dihitung dengan menggunakan tabel *Hammer*.
- l) Menghitung anomali bouguer lengkap.
- m) Memisahkan anomali bouguer lengkap dengan metode *polynomial surface fitting* dengan metode *polynomial surface fitting* untuk mendapatkan anomali regional dan residualnya

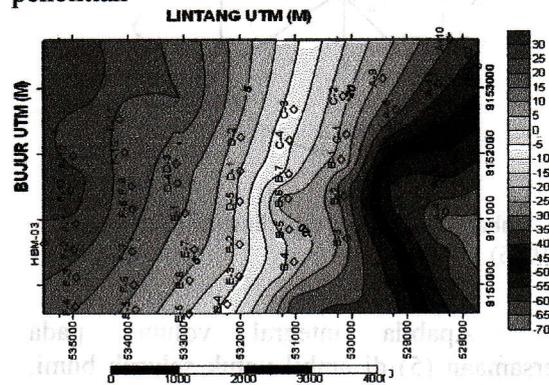
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1. Anomali Bouguer Lengkap

Anomali Bouguer Lengkap merupakan hasil dari reduksi Bouguer dan reduksi medan terhadap anomali gravitasi udara bebas. Reduksi udara bebas tidak memperhitungkan massa yang ada diantara topografi dengan sferoid referensi. Faktor massa yang ada ini direduksi dengan melakukan reduksi Bouguer, sedangkan massa yang berada diluar bidang bouguer dan

tidak tereduksi dalam reduksi bouguer, direduksi dengan reduksi *medan*.

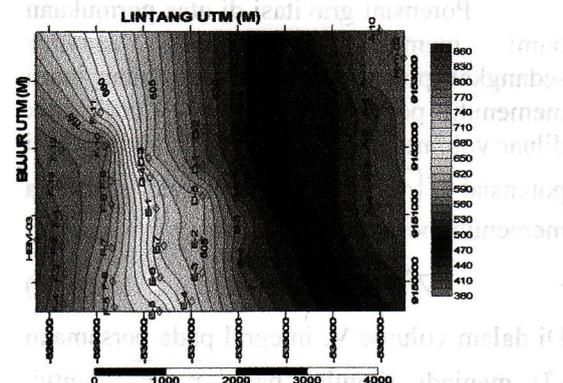
Kontur anomali bouguer lengkap di topografi menunjukkan pola yang mendekati sama dengan pola anomali topografi. Ini menunjukkan bahwa benda anomali memang mempunyai peran dalam pembentukan topografi daerah ini. Kontur anomali bouguer lengkap ditunjukkan oleh Gambar 2 terlihat adanya kontur yang mulai menutup di daerah timur-tenggara daerah penelitian



Gambar 2. Peta kontur anomaly Bouguer lengkap

IV.2. Anomali Bouguer Lengkap di Bidang Datar

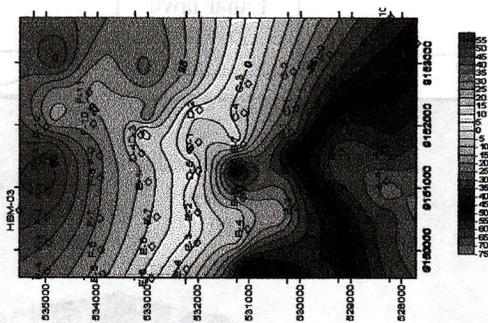
Bentuk dari topografi (Gambar 3) yang tidak rata dapat menyebabkan distorsi pada anomali gravitasi, yang disebabkan oleh bervariasinya jarak vertikal antara sumber anomali terhadap titik pengukuran di permukaan topografi. Untuk menghilangkan distorsi yang mungkin terjadi maka anomali bouguer lengkap di bawa ke suatu bidang datar dengan ketinggian tertentu.



Gambar 3. Peta kontur topografi

Proses membawa anomali ke suatu bidang datar dilakukan dengan menggunakan metode yang diajukan oleh Dampney (1969) dengan asumsi sumber anomali berupa sekumpulan sumber ekuivalen titik massa yang terdistribusi pada suatu bidang datar dengan kedalaman sumber ekuivalen titik massa ($h-z_i$) adalah 2500meter di bawah sferoida referensi dan dihitung responnya pada ketinggian 900 meter diatas sferoida referensi (Gambar 4)

Penentuan massa ekuivalen disini berdasarkan kesimpulan dari percobaan yang dilakukan tentang kedalaman optimum dari massa ekuivalen harus memenuhi persamaan $2,5\Delta x < h - z_i < 6\Delta x$. Dalam penelitian ini dicoba diambil ketinggian 100 - 1300 meter dari sferoida referensi tetapi pola kontur **Error! Bookmark not defined.** pada ketinggian 900 meter menunjukkan pola anomali regional dan pola anomali residual paling jelas.



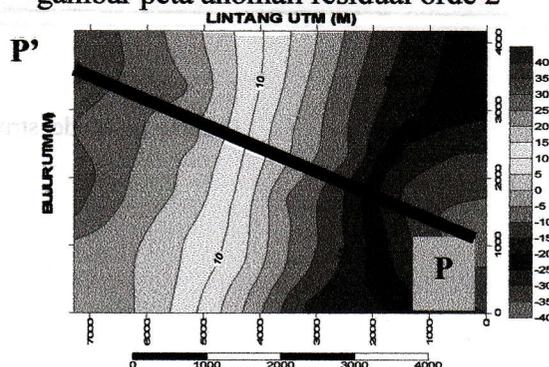
Gambar 4. Kontur anomali Bouguer Lengkap di bidang datar dengan ketinggian 900 meter.

Pola kontur anomali bouguer lengkap di bidang datar yang ditunjukkan oleh Gambar 4 memperlihatkan pola yang mendekati sama dengan pola anomali topografi. Ini menunjukkan bahwa benda anomali memang mempunyai peran dalam pembentukan topografi daerah ini.

Konsentrasi penyebaran anomali bouguer lengkap pada gambar di atas mempresentasikan anomali gravitasi yang dipengaruhi oleh distribusi rapat massa batuan penyusunnya. Harga anomali bouguer lengkap yang diperoleh berkisar antara -75

s/d 55 mgal. Distribusi anomali dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu anomali tinggi dengan kisaran nilai antara 25 s/d 55 mgal ditandai dengan warna kuning kemerahan. Anomali tinggi ini terdistribusi di daerah barat daerah penelitian yaitu di daerah sekitar kecamatan Plaosan, anomali tinggi mencerminkan adanya batuan yang mempunyai densitas tinggi terdistribusi di daerah tersebut. Anomali sedang pada kisaran -35 s/d 15 mgal ditandai dengan warna hijau-kekuningan, anomali ini tersebar di daerah tengah daerah penelitian tepatnya di daerah desa Nitikan. Anomali sedang mencerminkan adanya batuan dengan densitas sedang. Anomali rendah ditandai dengan warna ungu-biru berkisar antara -75 s/d -40, anomali rendah ini terdapat di daerah timur daerah penelitian yaitu di sekitar kecamatan Magetan, anomali rendah menandakan adanya batuan dengan densitas rendah. Adanya kontur anomali rendah yang turun sangat tajam dibanding dengan kontur-kontur yang lainnya. Hal ini dapat di interpretasikan bahwa kontur anomali rendah merupakan batuan sedimen, kontur anomali sedang merupakan batuan transisi dan kontur anomali tinggi merupakan batuan beku. Jadi batas cekungan ini diduga berada di sekitar daerah Magetan.

Pemisahan dilakukan terhadap anomali bouguer lengkap di bidang datar 900 meter dengan *metode polynomial surface fitting* untuk mengetahui anomaly regional dan residualnya. Setelah itu, dilakukan pemodelan terhadap anomali residual orde 2 dengan membuat sayatan P-P'. Gambar 5 dibawah ini menunjukkan gambar peta anomali residual orde 2



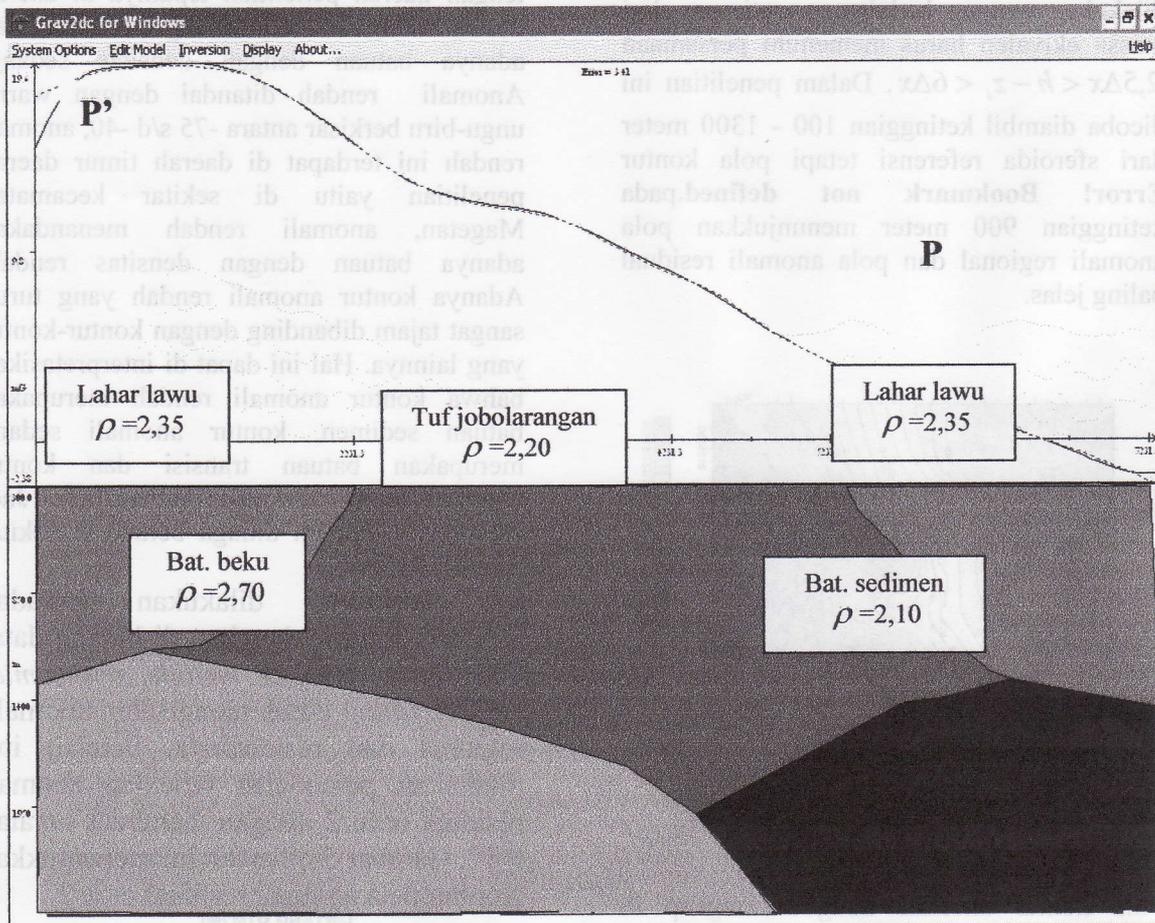
Gambar 5. Peta anomali residual orde 2

IV.3. Analisis Kuantitatif Hasil Pemodelan

Struktur hasil pemodelan Grav2DC for Windows ditunjukkan pada Gambar 6 dengan mengambil cross line P-P', yang ditunjukkan gambar berdasarkan peta geologi daerah Magetan dijelaskan bahwa secara umum struktur pelapisan bawah

permukaan daerah Magetan adalah lahar lawu, tuf jobolarangan.

Sayatan P-P' berarah barat-timur, di daerah ini terdapat kondisi topografi yang mulai naik dari timur ke barat. Dari sayatan ini diperoleh 4 buah poligon dengan kecocokan antara model dengan kurva sebesar 3,41%.



Gambar 6. Model struktur geologi penampang P-P'

Dari model struktur geologi penampang P-P' diperoleh empat lapisan (gambar IV-11). lapisan I dengan warna hijau mempunyai kontras densitas $\Delta\rho = 0,05 \text{ gr/cm}^3$, dan diinterpretasikan sebagai lahar lawu dengan kedalaman puncak 300m. Lapisan II dengan warna biru muda mempunyai kontras densitas $\Delta\rho = -0,10 \text{ gr/cm}^3$, sehingga lapisan II ini mempunyai densitas batuan sebesar $2,20 \text{ gr/cm}^2$ dan diinterpretasikan sebagai tuf jobolarangan, lapisan ini mempunyai kedalaman puncak 300 m. Untuk lapisan III dengan warna biru tua mempunyai kontras densitas sebesar $\Delta\rho = -0,20 \text{ gr/cm}^3$ sehingga model ini mempunyai densitas sebesar $\rho = 2,10 \text{ gr/cm}^3$ dan diinterpretasikan sebagai batuan sedimen. Lapisan ini mempunyai kedalaman puncak 1234,84 meter. Lapisan IV dengan warna kuning orange mempunyai kontras densitas $\Delta\rho = 0,40 \text{ gr/cm}^3$ sehingga mempunyai densitas sebesar $\rho = 2,70 \text{ gr/cm}^3$ dan diinterpretasikan sebagai batu beku dengan kedalaman puncak sebesar 1721,53 meter.

Hasil pemodelan diatas menunjukkan sebaran jenis batuan yang ada di daerah penelitian, terlihat bahwa lahar lawu terdistribusi merata di daerah penelitian, sedangkan di bagian tengah daerah penelitian dapat dijumpai adanya tuf jobolarangan yang menerobos ke permukaan sehingga di daerah ini tidak dijumpai lahar lawu. Batuan sedimen terletak di bagaian timur derah penelitian ini atau tepatnya di derah Magetan mengingat daerah ini dekat dengan daerah Maospati yang rata-rata jenis batuan di permukaanya adalah batuan sedimen, kemudian daerah selanjutnya adalah batuan beku. Batas cekungan ditandai dengan adanya batuan sedimen yang berhimpit dengan batuan beku.

Batas cekungan ditandai dengan adanya batasan antara batuan beku dengan batuan sedimen. Batuan sedimen merupakan batuan utama pembentuk suatu cekungan sedangkan batuan beku umumnya berupa batuan vulkanik. Dari gambar pemodelan di atas terlihat batuan beku berhimpit dengan batuan sediment, jadi diperkirakan daerah

Magetan-Plaosan ini merupakan batas cekungan Jawa Timur Utara dengan Pegunungan Selatan.

V. KESIMPULAN

Kajian kuantitatif anomali residual orde 2 menghasilkan 4 bentuk model lapisan batuan yaitu, lahar lawu dengan densitas $2,35 \text{ gram/cm}^3$ dengan kedalaman 300 meter, tuf jobolarangan dengan densitas $2,20 \text{ gram/cm}^3$ dan kedalaman 300 meter, batuan sedimen dengan densitas $2,10 \text{ gram/cm}^3$ dan kedalaman 1234,84 meter dan batuan beku dengan densitas $2,70 \text{ gram/cm}^3$ dan kedalaman 1721,53 meter.

Interpretasi terhadap hasil pemodelan menunjukkan bahwa daerah Magetan-Plaosan diduga merupakan batas selatan Cekungan Jawa Timur utara dengan Pegunungan Selatan

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Bemmelen V, R. W., 1949, *The Geology of Indonesia*, NIA, Martinus Nijhoff, The Haque, Nederland
2. Blakely and Richard, J., 1995, *Potensial Theory In Gravity and Magnetik Applications*, Cambridge University Press. Cambridge
3. Dampney, C.N.G., 1969, The Equivalent Source Technique, *Geophysics*, V.34. No.1. p.39-53
4. Harsono, P., 1983, *Biostratigrafi dan Paleogeografi Cekungan Jawa Utara Suatu Pendekatan Baru*, Disertasi S-3 Institut Teknologi Bandung, Institut Teknologi Bandung, Bandung
5. Hazuardi, Triyono FX.Y., Pandoyo S.H., Hutabarat, P., Wahyudi, 2004, *Pengukuran dan Penetapan Titik Kalibrasi Gayaberat pada Lintasan Maospati – Cemoro Sewu Kabupaten Magetan, Jawa Timur*, Laporan Penelitian. PUSDIKLAT MIGAS Cepu
6. Komite Gayaberat Nasional, 1992, *Buku Petunjuk untuk Operator Gravity meter Lacoste dan Romberg*, Bakorsurtanal, Cibinong
7. Kurniawan, A.S., 2001, *Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Gunung Bromo Berdasarkan Hasil*

- Pengukuran Gravitasi*, Skripsi S-1 Fisika FMIPA Universitas Diponegoro. Semarang
8. **Milton and Dobrin, B., 1960**, *Introduction to Geophysical Prospecting*, Second Edition, Mc. Graw Hill Book Company. New York
 9. **Nettleton, L. L., 1976**, *Gravity and Magnetism In Oil Prospecting*, MC Graw Hill. New York
 10. **Pandoyo, S.H., 2004**, *In House Training Gravity*, Pusat Pendidikan dan Pelatihan Minyak dan Gas Bumi, Cepu
 11. **Sears & Zemansky, 1982**, *Fisika Untuk Universitas 1*, Binacipta, Bandung
 12. **Setyawan. A., 2005**. *Analisis Data Gravitasi Untuk Menafsirkan Kondisi Geologi Bawah Permukaan di Daerah Semarang, Jawa Tengah*, Tesis S-2 F. MIPA UGM, Yogyakarta
 13. **Talwani, M., J.L Worzel dan M. Landisman, 1959**, Rapid Gravity Computation for Two-Dimensional Bodies with Application to The Mendocino Submarine Fracture Zone, *Geophysics*, vol.64, p.49-59
 14. **Telford, W.M, Geldart, L.P., Sheriff, R.E., Keys, D.A., 1976**, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, Cambridge
 15. **Untung, M., dan Sato Y., 1978**, *Gravity and Geological Studies in Java*, Indonesia. Directorate General of Mines Geological Survey of Indonesia
 16. **Yulisasongko, M.F., 2003**, *Analisis Data Gravitasi Untuk Mengetahui Kondisi Geologi Bawah permukaan Di Daerah Kasihan, Tegalombo, Pacitan, Jawa Timur*. Skripsi S-1 Jurusan Fisika FMIPA UGM, Yogyakarta