



PEMODELAN SINTETIK GRADIEN GAYABERAT UNTUK IDENTIFIKASI SESAR

Ahmad Zaenudin¹, Muh Sarkowi¹, dan Suharno¹

¹Jurusan Teknik Geofisika, FT, Universitas Lampung

Jl. Sumantri Brjonegoro No 1 Gedung Meneng Bandar Lampung, 35145

Surel: zae_unila@yahoo.com

ABSTRACT

Fault is fracture zone in rocks that have experienced a shift. Faults occur along cracks in the earth's crust that are slip between the two sides of the fault. As a result of this shift, the fault plane has a density contrast of rock, either vertically or horizontally. The density contrast can be identified by gravity methods, and gravity gradient. However, the signal of some type of fault is still not very aesthetically unique, so that further study is needed. Characterization is done by modeling synthetic fault. 2D synthetic modeling using software Grav2DC. On Synthetic Model 2D, and then analyzed gravity gradient. Gradient analysis is used to determine the location / position of the contact area in the subsurface faults. Then analyzed the amplitude and wavelength (spectrum analyzer). Synthetic spectrum analysis performed on the data to strengthen the analysis of the characteristics of the resulting anomalies horizontal gradient method. Spectrum analysis is done by comparing the frequency range generated by the spectrum of Bouguer anomaly with anomalous its horizontal gradient. The spectrum shows the low-frequency horizontal gradient. Low-frequency wavelength width means that it can be seen that the horizontal gradient anomalies serve to clarify or anomalies in the region.

Keywords: Fault, gravity gradient, spectrum analysis

PENDAHULUAN

Sesar atau *fault* adalah rekahan yang mengalami geser-geseran yang jelas. Pergeseran dapat berkisar dari beberapa milimeter sampai ratusan meter dan panjangnya dapat mencapai beberapa desimeter hingga ribuan meter. Sesar dapat terjadi pada segala jenis batuan. Akibat terjadinya pergeseran itu, sesar akan mengubah perkembangan topografi, mengontrol air permukaan dan bawah permukaan, merusak stratigrafi batuan dan sebagainya. Ada beberapa tipe sesar, diantaranya : (1) Sesar Normal, (2) Sesar Naik (*thrust fault*) dan (3) Sesar Geser (*strike-slip or transform, or wrench fault*).

Identifikasi dan karakteristik sesar (*fault*) sangat penting untuk melihat implikasi pensesaran terhadap keadaan bawah permukaan, baik kebencanaan (gempa bumi) maupun sumber daya yang terbentuk setelah pensesaran. Hampir 95 persen lebih gempa bumi terjadi di daerah batas antar lempeng kerak bumi dan di daerah sesar. Identifikasi

dan pemetaan sesar dangkal dan dalam sangat diperlukan di dalam eksplorasi minyak dan gas bumi, deteksi gempa, geothermal, dan perpindahan air tanah. Identifikasi sesar (*fault*) dan rekahan (*fracture*) adalah hal yang esensial dalam interpretasi data medan potensial (gayaberat dan magnetik).

Dari studi pendahuluan yang telah dilakukan oleh peneliti, sesar dapat diidentifikasi dengan metoda gradient gayaberat, baik gradien horizontal maupun gradien vertikal. Akan tetapi sinyal dari beberapa tipe sesar masih belum terlihat unik, sehingga diperlukan studi lanjut. Pada penelitian ini, dikembangkan metoda simulasi 2D gayaberat untuk identifikasi sesar melalui metoda gradien gayaberat.

METODE PENELITIAN

Respon Gayaberat Model Sintetik

Pemodelan sintetik dibuat dengan pendekatan perhitungan respon gayaberat dengan menggunakan benda prisma sisi tegak dengan spasi Δx dan Δy . Kesesuaian model benda di lapangan bergantung pada jumlah dan dimensi prisma yang disusun. Dengan mengambil lebar sisi horisontal a dan b pada arah α dan β , kedalaman puncak dan dasar adalah h_t dan h_b , maka komponen vertikal gayaberat pada $z=0$ adalah:

$$\Delta g_z(x, y, 0) = K\Delta\rho \int_{h_t}^{h_b} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{S(\alpha, \beta, z)}{\sqrt{z^2 + \alpha^2} + \sqrt{z^2 + \beta^2} + \sqrt{z^2 + \frac{z^2}{2}}} d\alpha d\beta dz \quad (1)$$

dimana :

$S(\alpha, \beta) =$ distribusi fungsi undak rectangular

$$= 1 \text{ untuk } \frac{-a}{2} \leq \alpha \leq \frac{a}{2} \text{ dan } \frac{-b}{2} \leq \beta \leq \frac{b}{2}$$

$= 0$ untuk lainnya

Plouff (1976), menghitung respon gayaberat yang disebabkan oleh model benda berbentuk prisma:

$$g = G\Delta\rho \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 \mu_{ijk} \left[z_k \arctan \frac{x_i y_i}{z_k R_{ijk}} - x_i \log R_{ijk} + y_i - y_i \log R_{ijk} + x_i \right] \quad (2)$$

dimana: $R_{ijk} = \sqrt{x_i^2 + y_j^2 + z_k^2}$, $\mu_{ijk} = -1^i -1^j -1^k$

Metoda Horizontal Gradien

Pengertian *horizontal gradient* pada data anomali gayaberat adalah perubahan nilai anomali gayaberat dari satu titik ke titik lainnya dengan jarak tertentu. *Horizontal gradient* dari anomali gayaberat yang disebabkan oleh suatu *body* cenderung untuk menunjukkan tepian dari *body*-nya tersebut. Jadi metode *horizontal gradient* dapat digunakan untuk menentukan lokasi batas kontak kontras densitas horisontal dari data gaya berat (Cordell, 1979).

Kelebihan dari metode *horizontal gradient* adalah metode ini tidak rentan terhadap *noise* karena hanya memerlukan perhitungan turunan horizontal pertama yang dikuadratkan dari data (Salem. A., 2005). Metode ini dapat digunakan untuk menggambarkan struktur bawah permukaan yang dangkal maupun dalam. Amplitudo dari *horizontal gradient* ditunjukkan sebagai berikut (Cordell and Grauch, 1985) :

$$HG = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2} \quad (3)$$

dimana $\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)$ dan $\left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)$ adalah turunan horizontal gayaberat pada arah x dan y . Satuan dari HG adalah mGal/m.

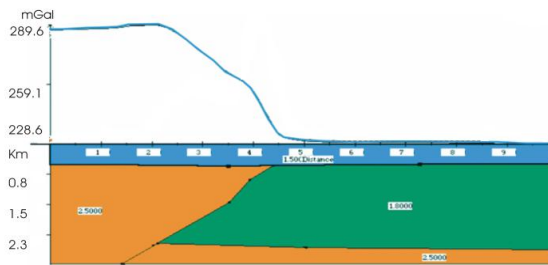
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Model Sintetik Sesar secara 2D

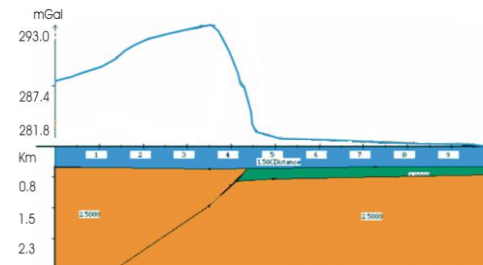
Interpretasi gayaberat memberikan hasil yang bermacam-macam. Untuk dapat lebih memberikan keyakinan hasil interpretasi, maka dibutuhkan informasi geologi daerah tersebut dan metode-metode analisa yang dapat membantu interpretasi, salah satunya yaitu metode *horizontal gradient*. Untuk mengetahui bagaimana respon metode *horizontal gradient* ini bekerja terhadap adanya suatu struktur geologi bawah permukaan, maka dilakukan terlebih dahulu simulasi penggunaan metode ini pada data sintetik.

Langkah awal dalam pengerjaan simulasi metode *horizontal gradient* adalah dengan membuat model sederhana penampang struktur geologi bawah permukaan dengan menggunakan *software* Grav2D. Struktur geologi yang dibuat untuk simulasi ini

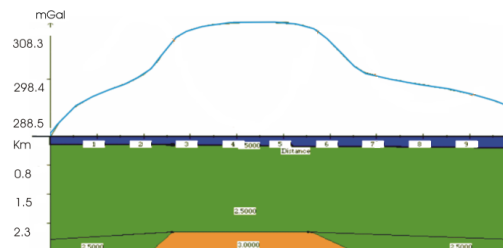
adalah struktur sesar naik (1), sesar naik (2) dan intrusi (Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3). Pembuatan model sintesis ini bertujuan untuk mengetahui respon anomali yang dihasilkan struktur geologi bawah permukaannya.



Gambar 1. Model struktur sesar naik (1)



Gambar 2. Model struktur sesar naik (2)



Gambar 3. Model intrusi

Model sintesis struktur sesar naik (1), yaitu sesar naik dengan jarak antara *hanging wall* dan *footwall* yang tebal (± 1.6 km) dan sesar naik (2) dengan jarak antara *hanging wall* dan *footwall* yang tipis (± 200 m). Tujuan pembuatan dua jenis sesar naik ini adalah untuk mengetahui sensitifitas metode *horizontal gradient* ini terhadap ketebalan lapisan suatu struktur.

Model sintesis Gambar 1 dan Gambar 2 berupa lapisan *hanging wall* struktur dengan densitas $2,5 \text{ gr/cm}^3$, lapisan *footwall* dengan densitas $1,8 \text{ gr/cm}^3$ dan lapisan tipis paling atas yang menutupi sesar mempunyai densitas $1,5 \text{ gr/cm}^3$. Model sintesis ke-3 (Gambar 3) adalah model struktur intrusi berada pada kedalaman $\pm 2,5$ km dan mempunyai densitas 3 gr/cm^3 . Lapisan yang menutupi intrusi tersebut mempunyai densitas $2,5 \text{ gr/cm}^3$ dan lapisan tipis paling atas mempunyai densitas sama seperti struktur-struktur sebelumnya, yaitu $1,5 \text{ gr/cm}^3$.

Langkah selanjutnya adalah men-*sampling* kurva anomali gayaberasat ini sehingga dihasilkan data gayaberasatnya. Data gayaberasat ini merupakan data masukan untuk

pengolahan dengan metode *horizontal gradient*. Keluaran dari metode *horizontal gradient* ini dibuat dalam bentuk kurva juga, sehingga dapat langsung dibandingkan dengan kurva anomali Bouguer.

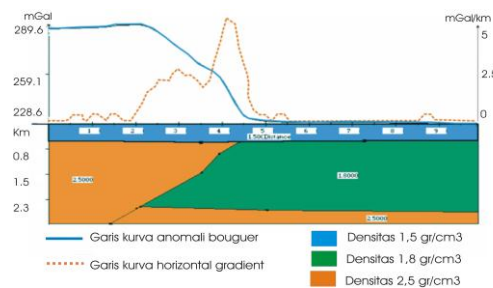
2. Analisa Metode *Horizontal Gradient*

Spasi pen-*sampling*-an model sintetis dibuat dalam dua jenis, yaitu *sampling* spasi rapat (spasi 1,4 m) dan *sampling* spasi renggang (spasi 5,5 m). Tujuan dibuatnya dua jenis spasi pen-*sampling*-an ini adalah untuk mengetahui keefektifan metode *horizontal gradient* terhadap spasi pengambilan data.

Setelah didapatkan data *sampling* gayaberat, langkah selanjutnya adalah penggunaan rumus *horizontal gradient*. Karena model sintetis dibuat hanya dalam bentuk penampang, maka rumus *horizontal gradient* yang digunakan hanya pada arah x.

$$HG = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2}$$

dimana $\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)$ adalah turunan horizontal gayaberat pada arah x. Nilai-nilai keluaran dari rumus *horizontal gradient* diatas lalu dibuat dalam bentuk kurva dan dikompilasikan dengan kurva anomali gayaberat seperti pada Gambar 4.

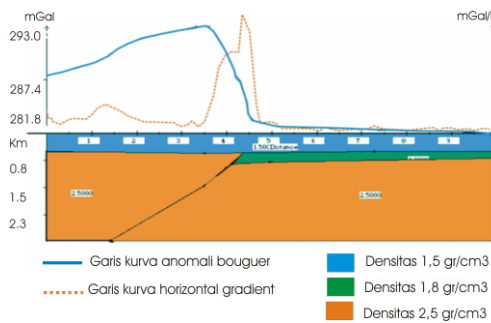


Gambar 4. Kurva anomali gayaberat dan kurva *horizontal gradient* sesar naik (1) spasi rapat

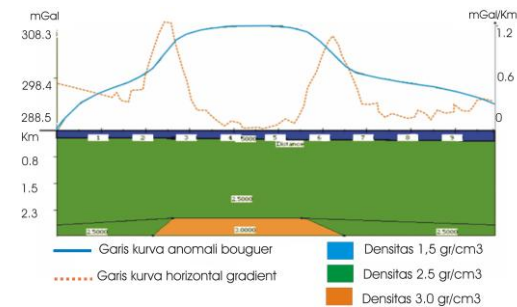
2.1. Model Sintetik dengan Spasi Rapat

Dari Gambar 4 dapat dilihat, nilai tertinggi dari kurva *horizontal gradient* adalah 5 mGal/m. Nilai tertinggi tersebut menunjuk kepada slope dari kurva anomali Bouguer yang juga merupakan batas kontak kontras densitas horisontal atau lokasi struktur sesar naik (1). Pada Gambar 5, model struktur sesar naik (2), dimana jarak antara *hanging*

wall dan *footwall* berdekatan, nilai tertinggi dari kurva *horizontal gradient* adalah 1,6 mGal/m. Nilai kurva *horizontal gradient* ini menunjuk kepada batas kontak kontras densitas horisontal atau lokasi struktur sesar naik (2). Dibandingkan dengan model struktur sesar naik (1), nilai tertinggi kurva *horizontal gradient* model sesar naik (2) ini lebih rendah.



Gambar 5. Kurva anomali gayaberat dan kurva *horizontal gradient* sesar naik (2) spasi rapat



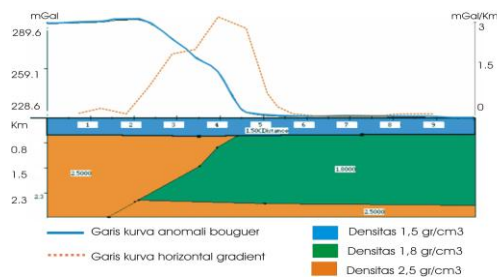
Gambar 6. Kurva anomali gayaberat dan kurva *horizontal gradient* intrusi spasi rapat

Gambar 6 menunjukkan kurva *horizontal gradient* dari model sintesis intrusi menghasilkan dua nilai tertinggi yaitu +/- 1,2 mGal/m. Dua nilai tertinggi kurva *horizontal gradient* ini menunjuk kepada batas horisontal dari bodi intrusi.

Dari model sintesis pada Gambar 4. s.d. 6 diatas, dapat diketahui bahwa nilai tertinggi dari kurva *horizontal gradient* merupakan nilai dari *slope* kurva anomali Bouguer. Nilai dari *slope* kurva anomali Bouguer merupakan daerah batas kontak kontras densitas horisontal yang disebabkan oleh karena adanya struktur geologi bawah permukaan. Jadi, metode *horizontal gradient* dapat digunakan untuk membantu menentukan batas kontak kontras densitas horisontal dari model sintesis dengan spasi rapat.

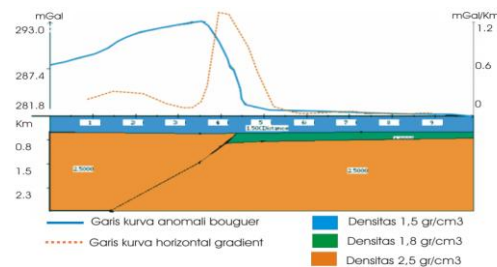
2.2. Model Sintetik dengan Spasi Renggang

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai tertinggi kurva *horizontal gradient* dari model sintesis sesar naik (1) spasi renggang adalah 3 mGal/m, nilainya lebih rendah dibandingkan model sintesis sesar naik (1) dengan spasi rapat. Walaupun demikian, metode *horizontal gradient* ini masih dapat digunakan untuk menentukan batas kontak kontras densitas karena nilainya masih relatif lebih tinggi dibandingkan sekitarnya.



Gambar 5.7. Kurva anomali gayaberat dan kurva *horizontal gradient* sesar naik (1) spasi renggang

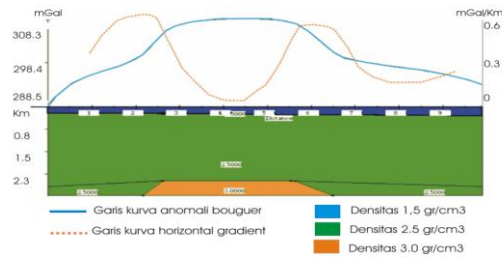
Penurunan nilai dari kurva *horizontal gradient* akibat pen-*sampling*-an yang renggang (Gambar 8) juga terjadi pada model sesar naik (2), nilai kurva tertingginya adalah 1,2 mGal/m. Walaupun mengalami penurunan, kurva *horizontal gradient* ini masih dapat digunakan untuk menentukan batas kontak kontras horisontal karena nilainya masih relatif lebih tinggi dibandingkan sekitarnya.



Gambar 8. Kurva anomali gayaberat dan *horizontal gradient* sesar naik (2) spasi renggang

Nilai kurva *horizontal gradient* dari dua buah puncak yang menunjukkan batas kontak kontras densitas horisontal dari model intrusi yang di-*sampling* renggang (Gambar 9) juga mengalami penurunan. Pada pen-*sampling*-an spasi rapat nilai tertinggi kurva *horizontal gradient* adalah 1,2 mGal/m sedangkan pada spasi renggang adalah 0,6 mGal/m. Sama seperti dua model spasi renggang sebelumnya, kurva *horizontal gradient* ini masih dapat digunakan untuk menentukan batas kontak kontras densitas horisontal dari model intrusi. Jadi, dari hasil pemodelan tentang metode *horizontal gradient* gayaberat menunjukkan bahwa metode *horizontal gradient* gayaberat dapat digunakan untuk membantu interpretasi anomali gayaberat, yaitu untuk menentukan lokasi batas kontak kontras densitas horisontal dari anomali gayaberat pada benda anomali yang

lapisan strukturnya tebal maupun tipis dan benda-benda anomali yang di-*sampling* rapat maupun renggang.

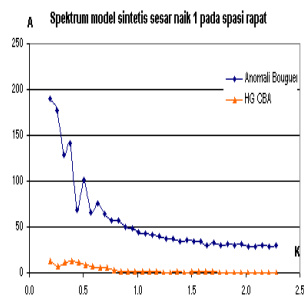


Gambar 9. Kurva anomali gayaberat dan kurva *horizontal gradient* intrusi spasi renggang

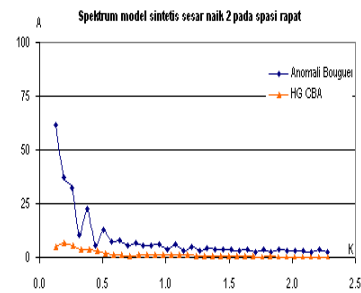
3. Analisa Spektrum (frekuensi)

Analisa spektrum pada data sintetis dilakukan untuk memperkuat analisa tentang karakteristik anomali yang dihasilkan metode *horizontal gradient*. Analisa spektrum dilakukan dengan cara membandingkan cakupan frekuensi yang berkaitan dengan jenis anomali yang dihasilkan pada spektrum anomali Bouguer dengan anomali *horizontal gradient*-nya. Analisa spektrum dilakukan di setiap model sintetis pada spasi yang rapat dan spasi yang renggang. Spektrum dari tiga model sintetis spasi rapat yang dibuat (Gambar 10 s.d. 12). Dapat diketahui bahwa spektrum *horizontal gradient* menunjukkan frekuensi rendah walaupun amplitudonya rendah. Frekuensi rendah berarti panjang gelombangnya lebar sehingga dapat diketahui bahwa anomali *horizontal gradient* berfungsi untuk memperjelas anomali yang dalam atau regional.

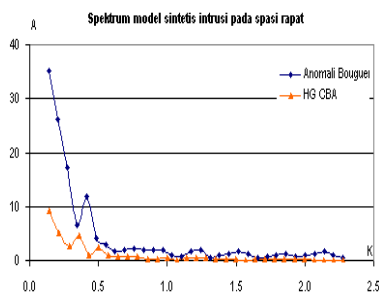
Spektrum dari tiga model sintetis spasi renggang yang dibuat (Gambar 13 s.d. 15) dapat diketahui bahwa spektrum *horizontal gradient* juga menunjuk kepada frekuensi rendah. Frekuensi rendah berarti panjang gelombangnya lebar sehingga dapat diketahui bahwa anomali *horizontal gradient* berfungsi untuk memperjelas anomali yang dalam atau regional.



Gambar 10. Spektrum anomali Bouguer dan spektrum *horizontal gradient* dari model sintetis sesar naik (1) pada spasi rapat

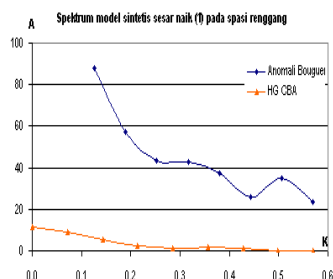


Gambar 11. Spektrum anomali Bouguer dan spektrum *horizontal gradient*-nya dari model sintetis sesar naik (2) pada spasi rapat.

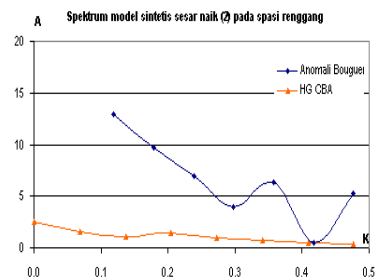


Gambar 12. Spektrum anomali Bouguer dan spektrum *horizontal gradient*-nya dari model sintetis intrusi pada spasi rapat.

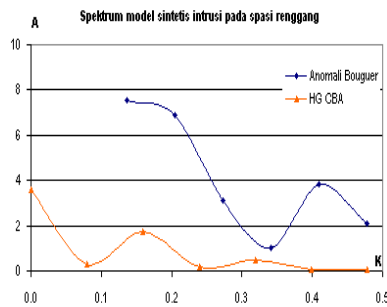
Dari Gambar 13 s.d. 15, dapat diketahui bahwa nilai frekuensi dan amplitudo dari model sintetis spasi renggang lebih rendah dibandingkan dengan spektrum *horizontal gradient* spasi rapat. Nilai frekuensi yang lebih rendah ini berkaitan dengan nilai *horizontal gradient* pada model sintetis spasi renggang daripada nilai *horizontal gradient* pada model sintetis spasi rapat.



Gambar 13. Spektrum anomali Bouguer dan spektrum *horizontal gradient*-nya dari model sintetis sesar naik (1) pada spasi renggang



Gambar 14. Spektrum anomali Bouguer dan spektrum *horizontal gradient*-nya dari model sintetis sesar naik (2) pada spasi renggang



Gambar 15. Spektrum anomali Bouguer dan spektrum *horizontal gradient*-nya dari model sintetis intrusi pada spasi renggang

KESIMPULAN

1. Metode *horizontal gradient* dapat digunakan untuk membantu menentukan batas kontak kontras densitas horisontal dari model sintetis dengan spasi rapat.
2. Spektrum *horizontal gradient* menunjukkan frekuensi rendah walaupun amplitudonya rendah. Frekuensi rendah berarti panjang gelombangnya lebar sehingga dapat diketahui bahwa anomali *horizontal gradient* berfungsi untuk memperjelas anomali yang dalam atau regional.
3. Nilai frekuensi yang lebih rendah ini berkaitan dengan nilai *horizontal gradient* pada model sintetis spasi renggang daripada nilai *horizontal gradient* pada model sintetis spasi rapat.

DAFTAR PUSTAKA

- Blakely, R. J. (1996). *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Cordell, L., 1979, *Gravimetric Expression of Graben Faulting in Santa Fe Country and Espanola Basin, New Mexico*. New Mexico. Geol. Sot. Guidebook, 30th Field Conf., 59-64.
- Cordell, L and Grauch, V. J. S., 1985, *Mapping Basement Magnetization Zones from Aeromagnetic Data in San Juan Basin, New Mexico*, in Hinze, W. J., Ed., *The Utility of Regional Gravity and Magnetic Anomaly Maps*, Sot. Explor. Geophys., 181 & 197.



Salem, A., 2005, *Subsurface Structural Mapping Using Gravity Data of Hohi Geothermal Area, Central Kyushu, Japan*, Proceedings World Geothermal Congress, Turkey.

Sarkowi M. (2010). Identifikasi Struktur Daerah Panasbumi Ulubelu Berdasarkan Analisa Data SVD Anomali Bouguer. *Jurnal Ilmiah Saintek MIPA*, Agustus 2010.

Telford, W. M., Goldrat, L. P and sheriff, R. P. (1990). *Applied Geophysics* -2nd edition. Cambridge University Press. Cambridge.