



Analisis Continuous Wavelet Transform (CWT) Anomali Residual Medan Gravitasi Di Situs Geologi Karangsambung Kebumen Jawa Tengah

Wahyu Hidayat, Wrego Seno Giamboro

Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

Alamat Jl SWK 104 (Lingkar Utara), Condongcatur, Yogyakarta 55823

Email : wahyu.hidayat@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Metode gravitasi merupakan metode geofisika yang bersifat pasif yang memberikan informasi distribusi densitas batuan di bawah permukaan. Metode gravitasi memiliki kelemahan pada tingkat ambiguitas dalam menentukan kedalaman anomali. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kedalaman anomali menggunakan analisis *Continuous Wavelet Transform* (CWT) untuk mengatasi nilai ambiguitas, sehingga hasil yang didapatkan memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Metode penelitian adalah survei/akuisisi data dan analisis data. Penelitian ini dilakukan di Karangsambung Kebumen Jawa Tengah dengan akuisisi data gravitasi sebanyak 56 titik pengukuran. Hasil akuisisi data kemudian dianalisis meliputi pembacaan ke mGal, koreksi tinggi alat, drift, pasang surut, *g* lintang, koreksi udara bebas, koreksi Bouguer, dan koreksi medan. Hasil dari koreksi ini didapatkan nilai Anomali Bouguer Lengkap (ABL) yang kemudian direduksi ke bidang datar dan *filter* anomali regional - residual. Tahapan selanjutnya adalah analisa CWT dengan pembuatan sayatan pada peta anomali residual. Hasil penelitian menunjukkan sumber anomali berada pada kedalaman antara $\pm 39,2 - 122,9$ meter.

Kata kunci: anomali; *continuous wavelet transform* (CWT); gravitasi

ABSTRACT

Gravity method is a passive geophysical method that provides information on the distribution of rock density below the surface. The gravity method has a weakness at the level of ambiguity in determining the depth of the anomaly. This study aims to determine the depth of the anomaly using Continuous Wavelet Transform (CWT) analysis to overcome the value of ambiguity, so that the results obtained have a high degree of accuracy. The research method is data survey / acquisition and data analysis. This research was conducted in Karangsambung Kebumen, Central Java with the acquisition of gravitational data as many as 56 measurement points. The results of data acquisition then analyzed included reading to mGal, tool height correction, drift, tides, latitude, free air correction, Bouguer correction, and field correction. The results of this correction obtained Complete Bouguer Anomalies (ABL) values which were then reduced to flat fields and regional-residual anomaly filters. The next step is CWT analysis by making incisions on residual anomaly maps. The results showed that the source of the anomaly was between $\pm 39.2 - 122.9$ meters.

Keywords: anomaly; *continuous wavelet transform* (CWT); gravity

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Terdapatnya batuan Pra-Tersier di Pulau Jawa ditunjukkan oleh singkapan batuan Komplek Melange di Ciletuh Jawa Barat, Lok Ulo di daerah Karangsambung dan kompleks batuan metamorf Perbukitan Jiwo di daerah Bayat, Jawa Tengah yang diduga berlanjut ke arah Pegunungan Meratus di ujung tenggara Pulau Kalimantan (Asikin, 1974; Hamilton, 1979; Suparka, 1988; Parkinson et al., 1998) menjadi hal yang sangat menarik untuk diteliti khususnya daerah Karangsambung. Karangsambung terletak di Kabupaten Kebumen Provinsi Jawa Tengah. Karangsambung memiliki banyak sekali fenomena geologi yang masih menjadi misteri dan menarik untuk dikaji. Metode gravitasi merupakan salah satu metode penyelidikan dalam geofisika. Metode gravitasi didasarkan pada variasi medan gravitasi bumi. Salah satu sifat fisis batuan yang dapat membedakan satu macam batuan dengan batuan lainnya adalah massa jenis batuan. Adanya distribusi massa jenis yang tidak merata pada batuan penyusun kerak bumi akan menyebabkan nilai medan gravitasi di permukaan bumi bervariasi (Lilie, 1999). Metode gravitasi memanfaatkan sifat inilah maka digunakan metode gravitasi untuk menyelidiki struktur bawah permukaan. Kelemahan dari metode gravitasi adalah tingkat ambiguitasnya yang tinggi, terutama menentukan kedalaman sumber anomali. Salah satu metode untuk mengurangi tingkat ambiguitas kedalaman menggunakan metode CWT (Hidayat, 2012). CWT adalah metoda dekomposisi waktu-frekuensi (*time-frequency decomposition*) atau dikenal juga sebagai dekomposisi *spectral* yang dapat mengkarakterisasi suatu eson seismik pada frekuensi tertentu. Metode ini merupakan pengembangan dari Fast Fourier Transform (FFT) dari setiap *time window* secara kontinu sampai diperoleh frekuensi target (Castagna J., 2005).

CWT umumnya digunakan dalam metode seismik refleksi. Pada penelitian ini akan dikembangkan penerapannya pada analisis sinyal metode gravitasi.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa kedalaman sumber anomali bawah permukaan berdasarkan penampang anomali residual medan gravitasi menggunakan metode CWT pada daerah situs geologi Karangsembung Kabupaten Kebumen Jawa Tengah.

II. METODE

Secara garis besar penelitian ini terdiri dari akuisisi data, pengolahan dan interpretasi. Akuisisi data dilakukan pada 56 titik pengukuran yang berada disekitar area situs geologi Karangsembung Kebumen Jawa Tengah. Daerah penelitian memiliki dimensi 3,6 x 2,5 km (350893 mE - 354532 mE dan 9165958 mN - 9168502 mN) dengan morfologi perbukitan, lembah dan sungai. Hasil akuisisi data kemudian dilakukan pengolahan data meliputi: konversi data pengukuran ke mGal, koreksi tinggi alat, koreksi *drift*, koreksi pasang surut, koreksi g lintang, koreksi udara bebas, koreksi Bouguer, dan koreksi medan. Hasil dari koreksi ini didapatkan nilai anomali Bouguer lengkap di topografi (Blakely, 1995).

Bentuk topografi yang tidak rata dapat menyebabkan distorsi pada anomali gravitasi, yang disebabkan oleh jarak vertikal yang bervariasi antara sumber anomali terhadap titik pengukuran di topografi. Untuk menghilangkan distorsi yang mungkin terjadi, maka ABL di topografi dibawa ke suatu bidang datar dengan ketinggian tertentu. Proses membawa anomali ke suatu bidang datar dilakukan dengan metode yang diajukan Dampney (1969), dengan asumsi sumber anomali berupa ekuivalen titik massa yang terdistribusi pada suatu bidang datar dengan kedalaman tertentu di bawah sferoida acuan. ABL merupakan representasi anomali regional (dalam) dan residual (dangkal). Pada penelitian ini dilakukan pemisahan anomali regional dengan residual menggunakan metode *polynomial surface fitting*. Estimasi kedalaman anomali menggunakan metode CWT, analisa dilakukan dengan membuat sayatan pada peta anomali residual.

Analisa CWT digunakan untuk menentukan kedalaman dari pusat-pusat anomali yang menyebabkan variasi percepatan gravitasi di permukaan bumi. Analisis CWT dilakukan dengan mengubah nilai-nilai variabel pada skala spektrum, interval skala, nilai frekuensi dasar, dan nilai iterasi. Keempat variabel tersebut berperan penting dalam menentukan letak kedalaman anomali residual yang menyebabkan percepatan gravitasi. Penentuan keempat variabel tersebut tetap mengikuti kesesuaiannya dengan kondisi geologi dan informasi geologi yang terdapat di wilayah survei penelitian.

Ya Xu et al. (2009) memformulasikan *wavelet transform* dengan mengasumsikan bahwa $f(x)$ adalah fungsi integral kuadrat, *wavelet* tersebut dapat dirumuskan sebagai

$$WT_f(s,b) = \frac{1}{\sqrt{s}} \int_{\mathbb{R}} f(x) \psi\left(\frac{b-x}{s}\right) dx = f(x) * \psi_s(x) \quad (1)$$

Keterangan: ψ_s adalah fungsi *wavelet basis* atau *mother wavelet*, b adalah faktorskala, s adalah parameter translasi, \mathbb{R} adalah domain integral, $\psi_s(x)$ adalah dilatasi dari *wavelet basis*, $*$ merupakan konvolusi. Pada domain frekuensi, persamaan (1) dapat dirumuskan oleh :

$$WT_f(s,b) = \frac{\sqrt{s}}{2\pi} \int_{\mathbb{R}} F(k) \psi(sk) e^{ikb} dk \quad (2)$$

(sk) adalah transformasi *Fourier* dari $\psi_s(x)$.

Faktor skala dapat diperoleh menggunakan persamaan:

$$Fs = \frac{F_c}{s \cdot \Delta} \quad (3)$$

F_s adalah persamaan frekuensi dari *wavelet transform* pada skala s , F_c adalah pusat frekuensi dari fungsi *wavelet basis*, dan Δ adalah *sampling rate*. Umumnya *wavelet transform* dalam skala besar dapat digunakan untuk memisahkan suatu anomali. *Wavelet* dapat digunakan untuk menganalisa anomali sesuai dengan beberapa kriteria seperti persamaan antara sinyal dan *mother wavelets*. Ya Xu et al. (2009) mempelajari tentang properti dari *halo wavelet* pada domain frekuensi dan mengaplikasikan untuk memisahkan anomali regional. Fungsi dasar dari *halo wavelet* yaitu modifikasi dari *morlet wavelet* dirumuskan sebagai berikut:

$$\psi(k) = e^{-\left(|\vec{k}| - |\vec{k}_0|\right)^2 / 2} \quad (4)$$

Grant and West. (1965) mempelajari hubungan antara energi spektrum dari anomali dan kedalaman rata-rata dari tubuh batuan sesuai dengan asumsi statistik. Ya Xu et al. (2009) merumuskan energi spektrum dari anomali sebagai berikut:

$$\langle E(k) \rangle = 4\pi M^2 \langle e^{-2hk} \rangle \langle 1 - e^{-tk} \rangle \langle S^2(k) \rangle \quad (5)$$

Dengan $\langle \rangle$ adalah *ensemble average*, M adalah momen magnet atau volume satuan, h adalah kedalaman *top* dari tubuh batuan, t adalah ketebalan tubuh batuan, k adalah bilangan gelombang radial, $S(k)$ adalah faktor untuk ukuran horizontal dari tubuh batuan. Dari **Persamaan 5** ditemukan faktor kedalaman $\langle e^{-2hk} \rangle$ mendominasi spektrum, efek dari ekstensi faktor $\langle 1 - e^{-tk} \rangle$ dan faktor horizontal $\langle S^2(k) \rangle$ yang relatif kecil, terutama di bagian frekuensi rendah. Energi spektrum dapat disederhanakan menjadi:

$$E(r) \approx Ae^{-2hk} \quad (6)$$

dan

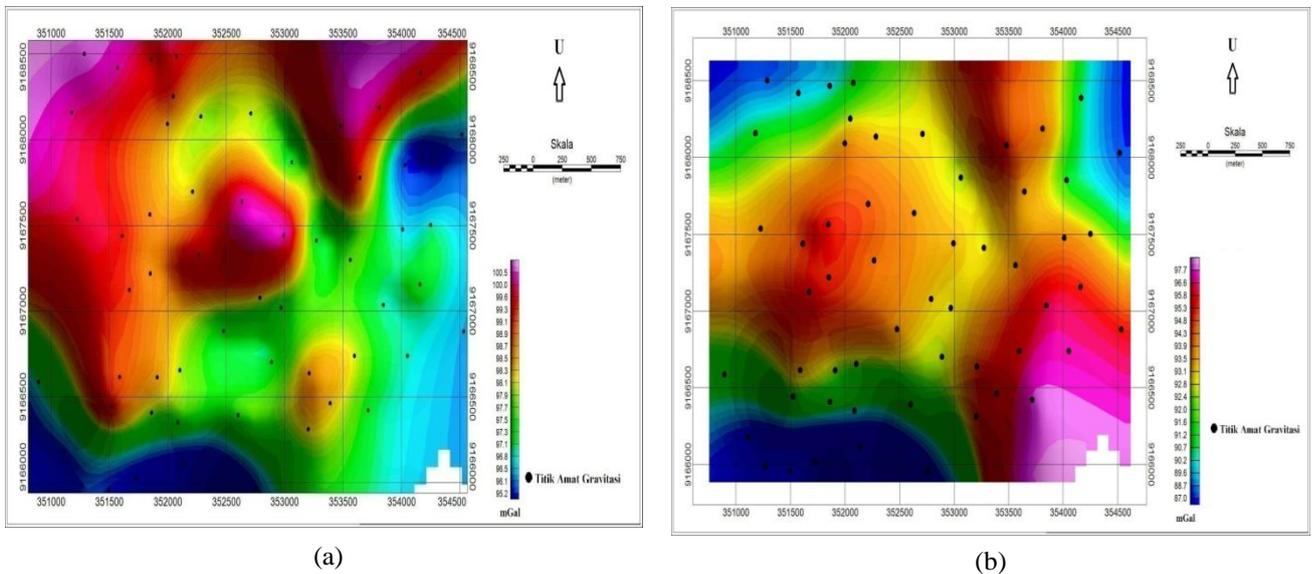
$$\ln(E(r)) \approx -2hk + A' \quad (7)$$

Dengan, A dan A' adalah koefisien konstan, h adalah kedalaman rata-rata dari tubuh sumber. Analisis CWT dilakukan dengan menggunakan software Matlab 2009a dengan membuat *script* berdasarkan **Persamaan 7**.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Reduksi Ke Bidang Datar

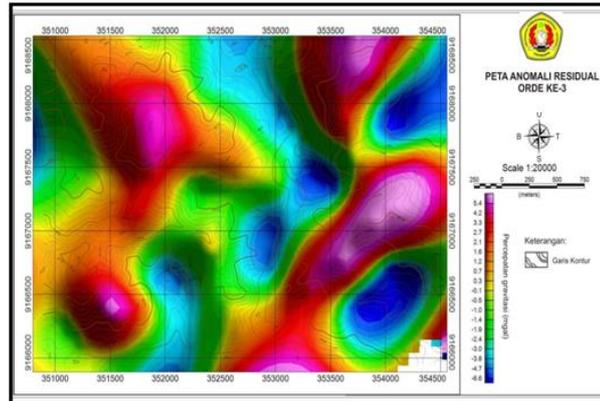
Hasil akhir pengolahan data metode gravitasi adalah anomali Bouguer lengkap (**Gambar 1a**). Nilai anomali Bouguer lengkap masih terpengaruh oleh topografi yang tidak rata dapat menyebabkan distorsi pada anomali gravitasi. Distorsi anomali ini disebabkan oleh jarak vertikal yang bervariasi antara sumber anomali terhadap titik pengukuran di topografi. Untuk menghilangkan distorsi yang terjadi, maka anomali Bouguer lengkap di topografi dibawa ke suatu bidang datar dengan ketinggian tertentu. Proses membawa anomali ke suatu bidang datar dilakukan dengan metode yang diajukan Dampney (1969), dengan asumsi sumber anomali berupa ekivalen titik massa yang terdistribusi pada suatu bidang datar dengan kedalaman tertentu di bawah sferoida referensi. Dalam penelitian ini kedalaman sumber ekivalen titik massa adalah 1080 meter di bawah sferoida referensi dan dihitung responnya pada ketinggian 280 meter di atas sferoida referensi (**Gambar 1b**). Hasil proyeksi ke bidang datar merepresentasikan kondisi geologi bawah permukaan sebenarnya.



Gambar 1. (a) Peta Anomali Bouguer lengkap di topografi bidang datar, (b) Peta Anomali Bouguer lengkap dibidang datar

3.2. Pemisahan Anomali Regional dengan Residual

Metode pemisahan anomali yang digunakan yaitu metode *polynomial surface fitting*. Metode ini menghasilkan anomali residual yang baik pada orde yang tinggi. Setelah dilakukan percobaan *trial dan error* dan analisa *polynomial surface fitting* diperoleh hasil terbaik pada orde ke-3 (**Gambar 2**).

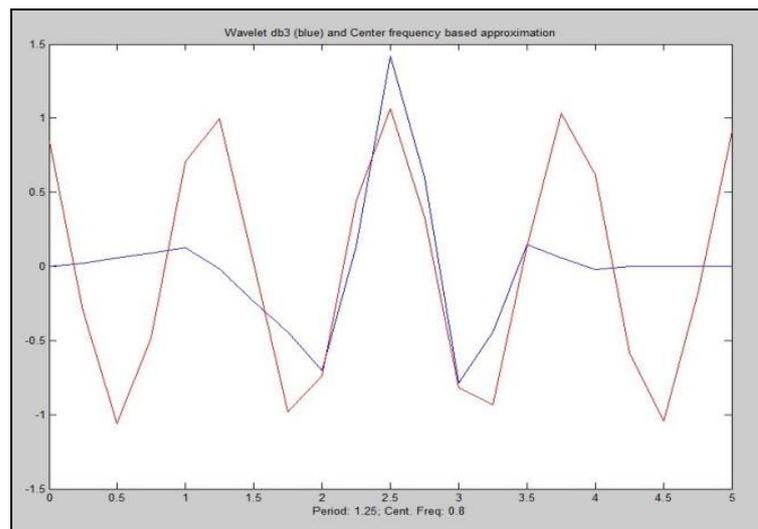


Gambar 2. Peta anomali residual hasil *surface fitting* orde ke-3

Gambar 2 merupakan peta anomali residual. Peta ini merepresentasikan pengaruh anomali lokal/dangkal. Peta anomali residual menunjukkan anomali tinggi berkisar dari 1.2 – 6 mGal pada bagian barat dan timur, dikelilingi oleh anomali sedang (-0,3 s/d 1,1 mGal) dan rendah (-6 s/d- 0,2 mGal). Anomali tinggi tersebut dipisahkan oleh anomali rendah ada bagian tengahnya. Berdasarkan korelasi dengan peta geologi daerah penelitian, anomali tinggi disebabkan oleh keberadaan batuan basalt, rijang, metamorf sekis dan filit yang merupakan bagian dari kompleks Melange Lok Ulo serta adanya intrusi diabas. Batuan tersebut bersifat resistan terhadap erosi, sehingga tidak mudah tergerus karena perubahan cuaca. Batuan metamorf dan beku umumnya memiliki densitas yang tinggi, berkisar antara 2,35 – 3,54 gr/cc (Telford et al., 1990). Keterdapatan anomali tinggi pada bagian timur diperkirakan akibat intrusi batuan beku diabas. Diabas tersingkap di permukaan pada koordinat 353543 mE, 9166369 mN sehingga diperkirakan anomali tinggi disekitarnya masih merupakan kemenerusan dari intrusi tersebut.

3.3. Estimasi Kedalaman menggunakan CWT

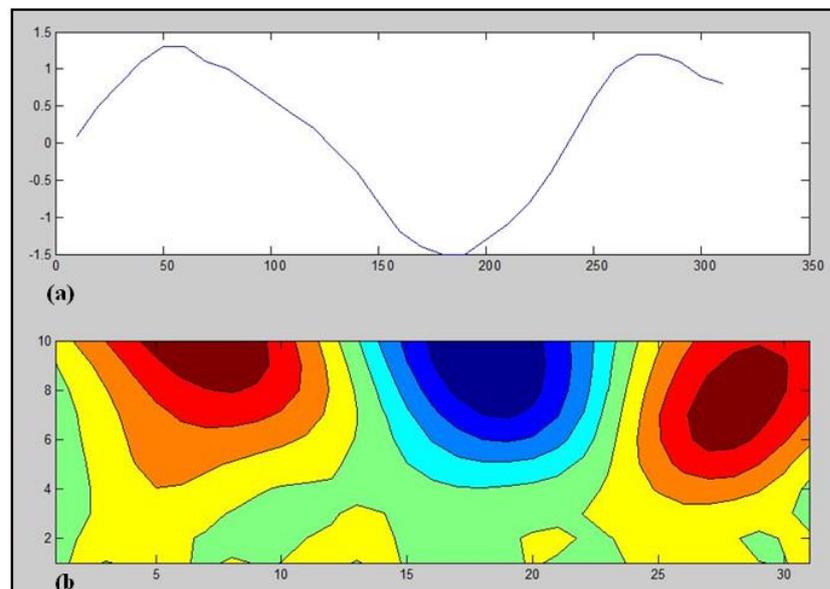
Transformasi waktu ke frekuensi pada metode CWT dilakukan secara terus menerus dari *mother wavelet* melalui pergeseran (*shift*) dan penskalaan (*scale*) sehingga diperoleh nilai kedalaman dari *pseudo wavenumber*. **Gambar 3** merupakan hasil sayatan pada peta anomali residual hubungan antara posisi sumber anomali dengan frekuensi. Perhitungan dilakukan dengan parameter interval sayatan per 100 meter dengan *famili wavelet* daubeschies (db) 3 (warna biru) sehingga memperoleh perkiraan titik - titik kedalaman.



Gambar 3. Hasil posisi *wavelet*, periode dan frekuensi

Dengan menggunakan db 3, diperoleh gambaran anomali yang terbebas dari aliasing. Pada data yang sama, diperoleh gambaran anomali seperti pada **Gambar 4**. **Gambar 4a** adalah hubungan nilai anomali Bouguer residual (mGal) vs jarak (meter). **Gambar 4b**. merupakan bentuk perkiraan penyebab anomali yang mempengaruhi **Gambar 4a**. Nilai anomali tinggi (warna merah) mengindikasikan daerah tersebut memiliki densitas relatif lebih besar dengan daerah

(warna biru). Nilai kedalaman yang diperoleh dari metode CWT merupakan nilai kedalaman pada tiap titik data. Hasil penelitian menunjukkan sumber anomali berdasarkan analisa CWT rata - rata berada pada kedalaman antara $\pm 39,2$ sd 122,9 meter yang paling mempengaruhi nilai percepatan anomali gravitasi didaerah tersebut.



Gambar 4. Anomali gravitasi *non-aliasing* hasil analisa CWT

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan sumber anomali berdasarkan peta anomali residual menunjukkan anomali tinggi berkisar antara 1.2 – 6 mGal, anomali sedang-0,3 s/d 1,1 mGal dan rendah -6 s/d- 0,2 mGal. Anomali tinggi ekuivalen dengan tingkat densitas batuan yang tinggi yang berkorelasi dengan batuan beku dan metamorf, sedangkan anomali sedang dan rendah ekuivalen dengan batuan dengan tingkat densitas sedang-rendah yang berasal dari batuan sedimen. Berdasarkan analisa CWT rata - rata berada pada kedalaman antara $\pm 39,2$ sd 122,9 meter yang paling mempengaruhi nilai percepatan anomali gravitasi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami ucapkan terimakasih kepada LP2M UPN “Veteran” Yogyakarta atas pendanaan yang diberikan dan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) BIKK Karangsembung Kebumen sebagai mitra penelitian yang telah banyak membantu dalam kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Asikin, S. (1974). *Evolusi Geologi Jawa Tengah dan Sekitarnya, Ditinjau dari Segi Teori Tektonik Dunia yang Baru*. Bandung: Disertasi Doktor. Dept. Teknik Geologi ITB.
- Blakely, R.J., 1995, *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*, Cambridge University Press, USA.
- Castagna J., 2005, *Spectral Decomposition of Seismic Data with Continuous Wavelet Transform*, University of Oklahoma, Norman, USA,
- Dampney, C.N.G., 1969, The Equivalent Source Technique, *Geophysics Vol.34, no.1, P. 39 – 35*.
- Grant, F. S and G. F., West. (1965). *Interpretation theory in applied geophysics*. New York: McGaw - Hill Inc.
- Hamilton. (1979). *Tectonics of the Indonesian region*. Reston: U.S. Govt. Print. Off.,.
- Hidayat, W. (2012). Regional Structure Modelling at Menggala and Its Surrounding Area. *First Earth Science International Seminar UPN “Veteran” Yogyakarta* (hal. 282 - 293). Yogyakarta: UPN “Veteran” Yogyakarta.
- Lilie J., R. (1999). *Whole Earth Geophysics: An Introductory textbook for geologists and geophysicists*. London: Prentic e- Hall, Inc.
- Parkinson, C.D., Miyaazaki, K., Akita, K., Barber, A.J., and Carswell, D.A., 1998. An Overview and Tectonic Synthesis of The Prae-Tertiary Very High Pressure Metamorphic and Associated Rocks of Java, Sulawesi and Kalimantan, Indonesia. *The Island Arc*, Volume 7, Pages 184-200.

- Prasetyadi, C., 2011. Evolusi Tektonik Paleogen Jawa Bagian Timur. *Disertasi Jurusan Teknik Geologi ITB*. Tidak dipublikasikan
- Suparka, ME., 1988 Studi Petrologi dan Pola Kimia Kompleks Ofiolit Karangsembung Utara Luk Ulo, Jawa Tengah. *Disertasi Jurusan Teknik Geologi ITB*. Tidak dipublikasikan
- Telford, L. P. Geldart, R. E. Sheriff, Robert E. Sheriff. (1990). *AppliedPhysics*. Cambridge University Press
- Ya Xu, Tianyao Hao, Zhiwei Li, Qiuliang Duan and Lili Zhang. 2009, Regional gravity anomaly separation using wavelet transform and spectrum analysis. *Journal of Geophysics and Engineering*, Volume 6, Number 3.