

Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Formasi Jatibarang Berdasarkan Metode Gaya berat

Dika Aprilia Susanti¹, Dwi Pujiastuti¹, Lina Handayani²

¹Laboratorium Bumi Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas

²Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Bandung

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 13 Januari 2021
Direvisi: 24 Agustus 2021
Diterima: 18 Januari 2022

Kata kunci:

anomali Tinggi
anomali Rendah
kedalaman Basement
metode Gaya berat
percepatan Gravitasi

Keywords:

high Anomaly
low Anomaly
basement Depth
gravity Method
gravitational Acceleration

Penulis Korespondensi:

Dika Aprilia Susanti
Email: dikaaprilias370@gmail.com

ABSTRAK

Metode gaya berat digunakan untuk mengukur variasi percepatan gravitasi yang timbul akibat perbedaan densitas antar batuan bawah permukaan. Penelitian ini dilakukan di daerah Indramayu Jawa Barat dengan tujuan untuk menentukan sebaran anomali gaya berat bawah permukaan yang dapat menggambarkan Formasi Jatibarang dan kedalaman basement (batuan dasar). Pengolahan data yang dilakukan meliputi koreksi Bouguer, udara bebas, *terrain*, lintang, pasang surut, dan koreksi apungan. Pemisahan anomali regional dan residual dan pemodelan ke depan. Hasil pengolahan menghasilkan peta anomali Bouguer, peta anomali regional dan peta anomali residual. Pemodelan bawah permukaan menggambarkan perlapisan batuan yang didominasi oleh batuan sedimen yaitu batuan pasir yang membentuk lembah kecil di bagian atas daerah penelitian, batuan lempung hingga kedalaman 200 meter, serta batuan tuff hingga kedalaman 700 meter di bagian tengah daerah penelitian, kemudian batuan dasar di bawahnya.

The gravity method is used to measure variations in the gravitational acceleration arising from density differences of subsurface rocks. This research was conducted in Indramayu, West Java with the aim to determine the distribution of the gravity anomaly, which might illustrate the property of the Jatibarang Formation and the depth of the basement. Data processing includes corrections, which consisted of simple Bouguer, free-air, terrain, latitude, tide, and drift correction. Separation of regional and residual anomalies, and forward modeling. The results are Bouguer anomaly, residual anomaly, and regional anomaly maps. The sub-surface modeling showed the layering that was dominated by sedimentary rocks, namely sandstone in the middle of the study area, clay up to a depth of 200 meters, tuff to a depth of 700 meters, and basement.

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved.

I. PENDAHULUAN

Cekungan sedimen adalah suatu depresi yang menjadi tempat terakumulasinya endapan sedimen dan berperan sebagai wadah pengendapan serta pematangan sedimen yang mengandung hidrokarbon (Boggs Jr, 2006). Struktur cekungan dapat diidentifikasi berdasarkan analisis geologi dan geofisika. Analisis geologi memperkirakan keberadaan cekungan berdasarkan tektonika, fisiografi serta tatanan geologi regional suatu wilayah. Analisis geofisika menggunakan data geofisika berdasarkan parameter fisis tertentu untuk dilakukan interpretasi untuk pemodelan geologi bawah permukaan (Setiadi and Pratama, 2018). Data gaya berat dan geologi dapat diolah untuk identifikasi struktur dan pola sub-cekungan sehingga ditemukan daerah-daerah menarik untuk eksplorasi lebih lanjut.

Pada prinsipnya metode gaya berat digunakan karena kemampuannya yang mampu mendeteksi kedalaman batuan dasar (*basement*) dari cekungan sedimen lebih dalam dibandingkan metode geofisika yang lain, selain itu metode ini adalah metode yang paling efektif dalam penelitian awal cekungan sedimen. Metode gaya berat memiliki unsur ambiguitas yang cukup tinggi. Ambiguitas tersebut diakibatkan oleh nilai densitas dan kedalaman batuan sebagai sumber anomali. Anomali tinggi pada data gaya berat dapat diinterpretasikan sebagai batuan dengan densitas tinggi atau *basement* dekat permukaan. Anomali rendah disebabkan oleh sedimen yang tebal dan *basement* yang dalam.

Beberapa penelitian lain yang pernah menggunakan metode gaya berat untuk memodelkan struktur bawah permukaan dari cekungan sedimen adalah penelitian yang dilakukan oleh Wardhana *et al.* (2014) untuk memodelkan struktur bawah permukaan kota Semarang, Hasan and Nurwidyanto, (2008) untuk melakukan estimasi penyebaran sedimen Cekungan Jawa Timur serta (Handyarso and Padmawidjaja, 2017) yang menggunakan metode gaya berat untuk memodelkan struktur geologi bawah permukaan Cekungan Bintuni.

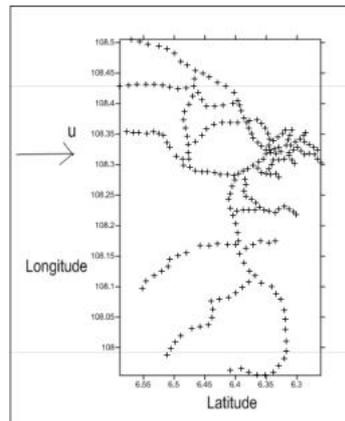
Dalam penelitian ini akan dilakukan penentuan sebaran anomali, penentuan kedalaman batuan dasar (*basement*) untuk memperkirakan model lapisan bawah permukaan Formasi Jatibarang. Penelitian menggunakan metode gaya berat dilakukan pada daerah Indramayu Formasi Jatibarang. Metode gaya berat dapat digunakan untuk membuat model struktur bawah permukaan yang akan digunakan sebagai acuan untuk melakukan interpretasi. Dengan melakukan interpretasi tersebut diharapkan dapat memberikan informasi dan gambaran yang lebih baik tentang kondisi daerah Indramayu Formasi Jatibarang.

II. METODE

Gravimeter yang digunakan dalam penelitian ini adalah Gravimeter Lacoste Romberg. Gravimeter Lacoste Romberg mempunyai pembacaan dari 0 sampai dengan 7000 mGal, dengan ketelitian 0,01 mGal dan *drift* rata-rata kurang dari 1 mGal setiap bulannya. Untuk operasionalnya, alat ini memerlukan temperatur tetap sehingga dilengkapi dengan thermostat untuk menjaga keadaan temperatur supaya tetap. Dengan adanya thermostat ini, diperlukan baterai 12 V, disamping untuk pembacaan benang palang (*cross hair*) dan *Bubble Level*.

2.1 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian adalah data gaya berat daerah Jatibarang yang diperoleh dari Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia) Bandung. Proses pengolahan data dimulai dengan konversi pembacaan gravimeter ke miligal yang bertujuan untuk memperoleh nilai anomali bouguer di setiap titik pengamatan. Kemudian dilakukan koreksi pasang surut (*tide correction*) untuk mengurangi pengaruh gaya gravitasi bumi, bulan dan matahari terhadap data yang diperoleh, serta koreksi apungan (*drift correction*) yang bertujuan untuk menghilangkan gangguan yang disebabkan oleh guncangan alat pada saat di bawa. Daerah pengukuran gaya berat yang ditentukan adalah Formasi Jatibarang di Indramayu Jawa Barat. Jumlah titik pengukuran sebanyak 235 titik dengan persebaran yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Peta Persebaran Titik Pengukuran Gaya berat Daerah Penelitian

2.1.1 Koreksi Metode Gaya berat

1. Koreksi Apungan (*drift correction*)

Koreksi apungan merupakan koreksi pada data gaya berat akibat adanya perbedaan pembacaan nilai gravitasi di stasiun yang sama pada waktu yang berbeda. Perbedaan tersebut disebabkan karena terjadinya guncangan pegas dan perubahan temperatur pada alat *gravimeter* selama proses perjalanan dari satu stasiun ke stasiun berikutnya. Untuk menghilangkan efek tersebut, proses akuisisi data atau pengukuran dirancang dalam suatu lintasan tertutup sehingga besar penyimpangan tersebut dapat diketahui menggunakan Persamaan 1

$$drift = \frac{base_f - base_i}{t_f - t_i} \quad (1)$$

dengan $base_f$ adalah pembacaan di base akhir, $base_i$ adalah pembacaan di base awal, t_f adalah waktu baca di base akhir dan t_i adalah waktu baca di base awal.

2. Koreksi Pasang Surut (*tide correction*)

Koreksi pasang surut disebabkan oleh perubahan hasil pengamatan percepatan gravitasi yang disebabkan oleh interaksi gravitasi bulan dan matahari terhadap bumi maupun *gravimeter*. Pengaruh gaya gravitasi bulan dan matahari menyebabkan perubahan bentuk permukaan air laut dan berubahnya bentuk bumi (*earth distortion*). Koreksi pasang surut dilakukan untuk menghilangkan efek pasang surut data gaya berat.

$$tide(t) = tide(i) + \left(\frac{tide[i+1] - tide(i)}{t[i+1] - t(i)} \right) (t - t(i)) \quad (2)$$

$tide(t)$ adalah waktu tide sebagai fungsi waktu, $tide(i)$ adalah nilai tide ke- i , $t(i)$ adalah waktu ke- i , sedangkan t adalah waktu pada $t(i) \leq t < t[i+1]$.

3. Koreksi Lintang (*latitude correction*)

Koreksi lintang digunakan untuk mengoreksi gaya berat di setiap lintang geografis yang disebabkan oleh adanya gaya sentrifugal dan bentuk ellipsoide. Koreksi ini menghasilkan nilai anomali medan gaya berat. Medan anomali tersebut merupakan selisih antara medan gaya berat observasi dengan medan gaya berat teoritis. Pada umumnya koreksi lintang digunakan untuk mendapatkan harga gaya berat teoritis jika jarak pengukuran berorde 1-2 km menggunakan Persamaan 3 sebagai berikut:

$$g(w) = 978031,85(1 + 0,0052884 \sin^2 \omega - 0,0000059 \sin^2 2\omega) mgal \quad (3)$$

4. Koreksi Udara Bebas (*free air correction*)

Koreksi udara bebas merupakan koreksi akibat perbedaan ketinggian sebesar h dengan mengabaikan adanya massa yang terletak antara titik amat dengan *sferoid* referensi. Koreksi dilakukan untuk mendapatkan anomali medan gaya berat di topografi. Bila g diukur di permukaan bumi pada h

tertentu, di atas permukaan laut, maka harus dikoreksi terhadap ketinggian sebelum dibandingkan dengan g_0 , untuk menentukan koreksi udara bebas digunakan Persamaan 4 sebagai berikut,

$$FAC = g - g_{obs} = 2 \frac{g_0}{R_0} \approx 0.9406h \quad (h \text{ dalam } feet) \quad (4)$$

5. Koreksi Bouguer

Koreksi ini memperhitungkan pengaruh lempengan massa yang dianggap tak terhingga dengan tebal h (meter) dan rapat massa ρ ($gram/cm^3$). Dengan menganggap bahwa stasiun pengamat pada pusat silinder tegak yang tingginya h dengan jari-jari tak hingga dan mempunyai rapat massa yang sama. Harga koreksi Bouguer dapat ditentukan dengan Persamaan 5 sebagai berikut:

$$BC = 2\pi G\rho h = 0.04188\rho h \quad (5)$$

Dengan BC adalah Koreksi Bouguer (mGal) dan h adalah ketinggian stasiun pengamatan

6. Koreksi Medan

Koreksi medan merupakan nilai gravitasi yang terukur saat dipengaruhi oleh keadaan topografi sekitar saat melakukan pengukuran berupa bukit maupun lembah. Untuk mempermudah koreksi di lapangan telah dibuat *hammer chart* yaitu dengan membagi daerah penelitian menjadi daerah-daerah dibatasi oleh lengkungannya (kompartemen) yang disebut *terrain chart*.

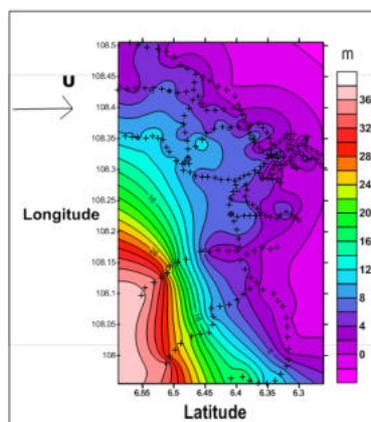
7. Anomali Bouguer

Pada dasarnya anomali Bouguer adalah selisih antara harga gaya berat pengamatan dengan harga gaya berat teoritis yang seharusnya terukur untuk titik pengamatan tersebut. Harga gaya berat teoritis adalah harga gaya berat normal pada titik pengamatan yang telah dikoreksi dengan koreksi udara bebas, koreksi bouguer, dan koreksi medan. Harga anomali Bouguer dapat ditentukan dengan persamaan 7 sebagai berikut,

$$BA = g_{obs} - (g(\omega) - FAC + BC - TC) \quad (7)$$

Dengan BA adalah Bouguer Anomali, g_{obs} adalah harga gaya berat pengamatan yang sudah dikoreksi dengan koreksi pasang surut dan koreksi *drift*, $g(\phi)$ adalah harga gaya berat teoritis di tempat pengamatan, FAC adalah koreksi udara bebas, BC adalah koreksi Bouguer, sedangkan TC adalah koreksi medan.

Data topografi daerah penelitian yang didapat dari pengukuran GPS menunjukkan kondisi topografi yang rata. Berdasarkan peta topografi (Gambar 2) topografi tinggi yang ditandai dengan warna kuning hingga merah muda mendominasi di bagian timur sedangkan topografi rendah yang ditandai dengan warna hijau hingga biru tua dan ungu yang dominan di bagian barat hingga ke utara. Daerah penelitian mempunyai topografi rendah yang mendominasi dibandingkan dengan topografi tinggi.

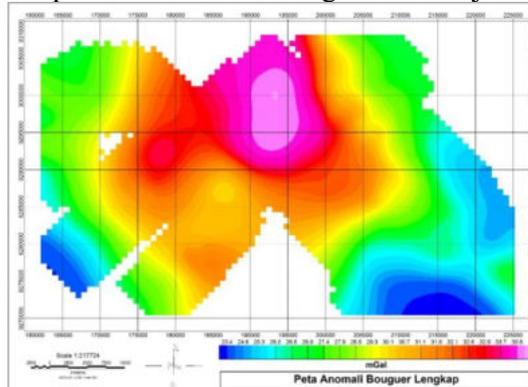


Gambar 2 Kontur Topografi Daerah Penelitian

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Anomali Bouguer Lengkap

Nilai anomali Bouguer lengkap daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3, nilai anomali bouguer lengkap berkisar antara 23,4 mGal hingga 35,6 mGal. Nilai anomali tinggi dominan di bagian utara dan menyebar di bagian tengah daerah penelitian yang ditandai dengan warna kuning hingga merah muda, nilai anomali rendah dominan di bagian timur hingga tenggara serta menyebar dibagian tepi daerah penelitian ditandai dengan warna hijau hingga biru tua.



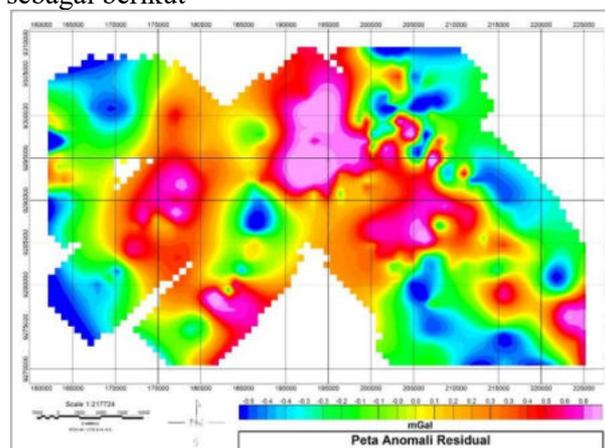
Gambar 3 Peta Anomali Bouguer Lengkap

3.2 Pemisahan Anomali Regional dan Residual

Anomali gaya berat yang terukur di permukaan merupakan gabungan (superposisi) dari berbagai macam sumber. Kedalaman anomali yang ada di bawah permukaan salah satunya merupakan *target event* (target survei) sehingga harus dilakukan pemisahan baik yang berada di zona dangkal (residual) maupun yang berada di zona dalam (regional). Pemisahan anomali regional dengan residual dilakukan dengan metode kontinuitas ke atas (*upward continuation*). Anomali residual diperoleh dari selisih anomali bouguer dan anomali regional.

1. Anomali Residual

Hasil dari perhitungan yang kemudian diplot ke bentuk peta kontur sehingga diperoleh anomali residual (Gambar 4) sebagai berikut

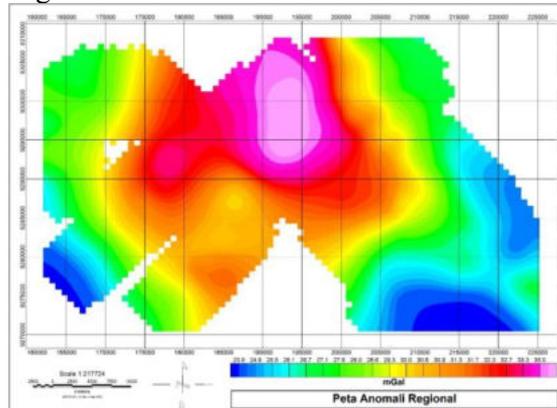


Gambar 4 Peta Anomali Residual

Nilai anomali residual ini sudah tidak terpengaruh kondisi topografi, karena anomali ini sudah berada di bidang datar. Anomali tinggi berada di timur daerah penelitian yang ditandai dengan warna kuning hingga merah muda dan anomali rendah berada di utara hingga barat laut daerah penelitian yang ditandai dengan warna hijau hingga biru tua. Anomali tertinggi berada di tengah daerah penelitian.

2. Anomali Regional

Ada beberapa kriteria dalam proses pengambilan anomali ini, yaitu pola konturnya sudah menampakkan kecenderungan yang sama serta terlihat lebih *smooth*. Hasilnya diperoleh dalam bentuk anomali regional (Gambar 5) sebagai berikut:

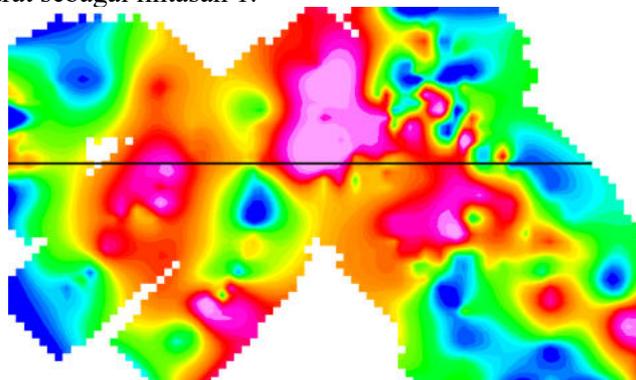


Gambar 5 Peta Anomali Regional

Dari hasil kontur yang diperoleh dapat dilihat bahwa anomali berkisar antara 29,3 mGal hingga 35,0 mGal. Anomali tinggi berada di utara dan menyebar di bagian tengah daerah penelitian yang ditandai dengan warna kuning hingga merah muda dan anomali rendah berada di timur hingga tenggara daerah penelitian atau di bagian tepi daerah penelitian yang ditandai dengan warna hijau hingga biru tua.

3.3 Hasil Pemodelan

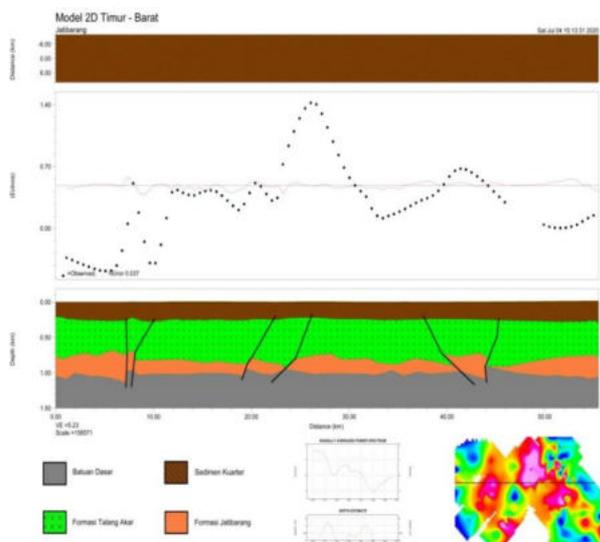
Setelah diperoleh peta kontur anomali residual yang merupakan anomali yang bersumber dari lokal daerah penelitian, maka dibuat sayatan/lintasan pada peta tersebut. Hal ini dilakukan untuk interpretasi bawah permukaan dengan menggunakan pemodelan. Diambil sayatan memanjang dari arah timurhingga ke arah barat sebagai lintasan 1.



Gambar 6 Sayatan untuk lintasan 2

Pemodelan lintasan 1 (Gambar 7) dibuat dengan arah barat-timur Diperoleh *error* sebesar 0,037 persen. Model bawah permukaan Lintasan 1 (Gambar 7) memperlihatkan bahwa formasi 1 dengan warna hijau adalah Formasi Talang Akar. Menurut (Heryanto, 2006) Formasi Talang Akar dibagi menjadi dua (Heryanto, 2004), yaitu bagian atas dan bagian bawah. Bagian bawah dikuasai oleh batu pasir kuarsa berbutir kasar sampai konglomerat dengan sisipan konglomerat, batu lumpur dan batu bara, sedangkan bagian atas terdiri atas perselingan batu pasir dan batu lempung. Dari lintasan 1 (Gambar 7) didapatkan di area tersebut adalah batu pasir dan batu lempung. Sehingga Formasi Talang Akar memiliki dominan batu pasir dengan densitas $1,2 \text{ gr/cm}^3$ dan batu lempung dengan densitas $1,6 \text{ gr/cm}^3$ hingga kedalaman 700 m. Di bagian bawah Formasi Talang Akar terdapat Formasi Jatibarang yang ditunjukkan oleh warna jingga, berdasarkan referensi tersusun atas endapan vulkanik berupa tufa dengan persilangan batu lempung serpih (Doust and Noble, 2008). Formasi Jatibarang yang terdapat di lintasan 1 memiliki dominan tuff dengan densitas 2 gr/cm^3 hingga

kedalaman 1000 m. Di bagian bawah Formasi Jatibarang ini terdapat batuan dasar (*basement*) hingga kedalaman 1500 m.



Gambar 7 Hasil pemodelan bawah permukaan lintasan 1

Dominasi batuan sedimen (batu pasir, lempung, tuff serta sisipan konglomerat) menunjukkan bahwa pada saat pengendapan formasi ini berada jalur gunung api. Juga terbentuk patahan-patahan yang tidak saling terkoneksi, memungkinkan terperangkapnya minyak dan gas bumi yang bermigrasi dari Formasi Talang Akar yang berada pada area depresi di sekitar Formasi Jatibarang melalui lapisan pembawa atau patahan tersebut.

IV. KESIMPULAN

Nilai anomali Bouguer lengkap daerah penelitian Nilai anomali bouguer lengkap daerah penelitian. Berdasarkan peta anomali residual, anomali tinggi berada di timur daerah penelitian yang ditandai dengan warna kuning hingga merah muda dan anomali rendah berada di utara hingga barat laut daerah penelitian yang ditandai dengan warna hijau hingga biru tua. Anomali tertinggi berada di tengah daerah penelitian. Berdasarkan peta anomali regional, anomali tinggi berada di timur daerah penelitian yang ditandai dengan warna kuning hingga merah muda dan anomali rendah berada di utara hingga barat laut daerah penelitian yang ditandai dengan warna hijau hingga biru tua. Anomali tertinggi berada di tengah daerah penelitian.

Pemodelan struktur bawah permukaan daerah penelitian didominasi oleh batuan sedimen. Terdapat batuan pasir di bagian tengah daerah penelitian, batuan lempung hingga kedalaman 200 m, batuan tufa hingga kedalaman 700 m serta batuan dasar. Kedalaman batuan dasar (*basement*) yang diperoleh adalah 500 m dengan kedalaman maksimal 1500 m serta terlihat adanya patahan yang terbentuk dan dapat menjadi perangkap hidrokarbon.

DAFTAR PUSTAKA

- Boggs Jr, S. (2006), "Principal of Sedimentology and Stratigraphy 4th edition, Hal 550-553", Pearson Education, inc., Upper Saddle River New Jersey.
- Doust, H. and Noble, R.A. (2008), "Petroleum systems of Indonesia", *Marine and Petroleum Geology*, Elsevier, Vol. 25 No. 2, pp. 103–129.
- Handyarso, A. and Padmawidjaja, T. (2017), "Struktur Geologi Bawah Permukaan Cekungan Bintuni Berdasarkan Data Gaya Berat", *Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral*, Vol. 18 No. 2, pp. 53–65.
- Hasan, M.A. and Nurwidyanto, M.I. (2008), "Estimasi Penyebaran Sedimen Cekungan Jawa Timur Dengan Metode Gravity", *BERKALA FISIKA*, Vol. 11 No. 4, pp. 137–145.

- Heryanto, R. (2004), “Batuan Sumber dan diagenesis Batupasir Formasi Talangakar di Daerah Merlung, Sub Cekungan Jambi”, *Journal Sumberdaya Geologi*, Vol. 14 No. 3, pp. 134–147.
- Heryanto, R. (2006), “Perbandingan karakteristik lingkungan pengendapan, batuan sumber, dan diagenesis Formasi Lakat di lereng timur laut dengan Formasi Talangakar di tenggara Pegunungan Tigapuluh, Jambi”, *Indonesian Journal on Geoscience*, Vol. 1 No. 4, pp. 173–184.
- Setiadi, I. and Pratama, A.W. (2018), “Pola Struktur dan Konfigurasi Geologi Bawah Permukaan Cekungan Jawa Barat Utara berdasarkan Analisis Gayaberat”, *Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral*, Vol. 19 No. 2, pp. 59–72.
- Wardhana, D.D., Harjono, H. and Sudaryanto, S. (2014), “Struktur bawah permukaan Kota Semarang berdasarkan data gayaberat”, *RISSET Geologi Dan Pertambangan*, Vol. 24 No. 1, pp. 53–64.