

Pemodelan bawah permukaan zona subduksi Daerah Selatan Jawa Barat berdasarkan data anomali medan gravitasi

Muhammad Isom Ashar, Irham M.N, dan Danusaputro H.

Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

E-mail: muhammadisomashar@gmail.com

ABSTRACT

The southern part of western Java is a subduction path between the Indo- Australian plate and Eurasian plate which still active. Subduction paths can also be identified by geophysical methods. One of geophysics method that can be used is the gravity method. The gravity method can describe the form of subsurface rocks based on the variations of the earth's gravitational field which generated by differences in density (mass density) between rocks. This research was conducted to know the condition of subsurface by doing 2D modeling. Anomaly data obtained from bgi.omp.obs. At the regional anomaly, 2D modeling was performed showing the rock density and there is subduction in the south of West Java. The rock ocean plate has a density of 3.14 g/cm^3 . Continental plate has a density of 2.51 g/cm^3 , the rock which has been deformed has a density of 2.29 g/cm^3 , sedimentary rock has density 2.11 g/cm^3 and bedrocks have density 2.36 g/cm^3 . From the subduction model can be sloped between 11° to 13°

Keywords: Subduction, West Java, Gravity method, Density

ABSTRAK

Bagian selatan Jawa barat merupakan jalur subduksi antara lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia yang masih aktif. Jalur subduksi juga dapat diidentifikasi dengan metode geofisika. Salah satu metode geifisika yang dapat digunakan adalah metode gravitasi. Metode gravitasi dapat menggambarkan bentuk batuan bawah permukaan berdasarkan variasi medan gravitasi bumi yang ditimbulkan oleh perbedaan densitas (rapat massa) antar batuan . Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan dengan melakukan pemodelan 2D. Data anomali diperoleh dari bgi.omp.obs. Pada anomali regional dibuat pemodelan 2D yang menunjukkan densitas batuan dan adanya subduksi di daerah selatan Jawa Barat. Batuan lempeng samudra memiliki densitas 3.14 g/cm^3 . Lempeng benua memiliki densitas 2.51 g/cm^3 , batuan yang terdeformasi memiliki densitas 2.29 g/cm^3 , batuan sedimen dengan densitas 2.11 g/cm^3 dan batuan batuan dasar dengan densitas 2.36 g/cm^3 . Dari model subduksi yang di dapat mempunyai kemiringan antara 11° sampai 13° .

Kata kunci : Subduksi, Jawa Barat, Metode Gravitasi, Densitas

PENDAHULUAN

Tingginya aktivitas tektonik Indonesia di sebabkan posisi Indonesia berada di daerah pertemuan antar lempeng. Secara tektonik Indonesia berada dalam zona tumbukan tiga lempeng yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Samudera Pasifik, dan lempeng Eurasia [1]. Lempeng Indo-Australia yang bertumbukan dengan lempeng Eurasia sepanjang Sumatra,

Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara. Zona subduksi di samudera Indonesia merupakan hasil interaksi lempeng Indo-Australia yang bergerak ke timur laut dengan lempeng Eurasia yang bergerak rerlatif ke tenggara dan cenderung stabil.

Lempeng-lempeng yang saling bertumbukan akan berinteraksi baik horizontal maupun vertikal. Interaksi tersebut akan membentuk pegunungan lipatan, jalur gunung

api atau magmatik, dan sistem persesaran [2]. Gunung api dapat terbentuk pada jarak 125 km sampai 175 km di atas lempeng yang tersubduksi [3]. Di Jawa Barat terdapat beberapa aktifitas vulkanik seperti gunung Salak, Gede, Galunggung dan Ciremai.

Metode gravitasi adalah salah satu metode geofisika yang dapat menggambarkan bentuk batuan bawah permukaan berdasarkan variasi medan gravitasi bumi yang ditimbulkan oleh perbedaan densitas (rapat massa) antar batuan[4]. Pada prinsipnya metode ini digunakan karena kemampuannya membedakan densitas dari satu sumber anomali terhadap densitas lingkungan sekitarnya.

METODE PENELITIAN

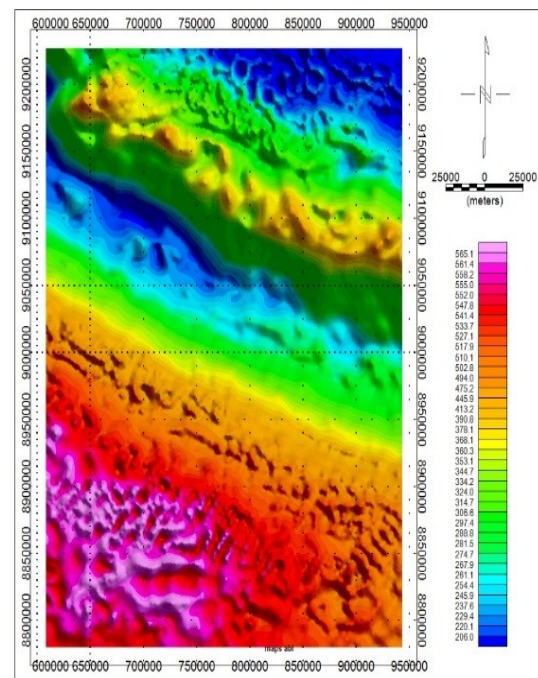
Data gravitasi yang digunakan adalah data sekunder yang merupakan peta anomali medan gravitasi (<http://bgi.omp.obs,2016>). Pengolahan selanjutnya adalah proyeksi ke bidang datar. Proses ini dilakukan karena anomali masih terletak pada titik titik pengukuran yang tidak teratur. Untuk memudahkan interpretasi maka data tersebut harus dibawa ke suatu bidang datar dengan *grid* yang teratur. Metode pengangkatan ke bidang datar yang digunakan adalah metode sumber ekuivalen titik massa [5]. Pada metode ini suatu sumber ekuivalen titik titik massa diskrit terletak pada suatu bidang datar dengan kedalaman menurut syarat batas di bawah permukaan *reference spheroid*. Anomali gravitasi dihitung kembali berdasarkan titik titik massa tersebut ke suatu bidang datar dengan *grid* teratur pada ketinggian tertentu.

Setelah proses proyeksi ke bidang datar untuk mendapatkan anomali medan gravitasi regional dengan menggunakan metode kontinuitas ke atas [6]. Pengangkatan dilakukan secara bertahap hingga memperoleh kontur yang relatif stabil. Pemodelan struktur bawah permukaan dilakukan dengan cara pemodelan ke depan (*forward modelling*) pada anomali residual dalam area anomali yang mencolok. Pemodelan ini memberi gambaran model 2-D yang

diasumsikan mendekati bentuk bawah permukaan yang sesungguhnya. Pemodelan ini menggunakan perangkat *Oasis Montaj*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk melakukan proses interpretasi maka dilakukan pembuatan kontur nilai anomali gravitasi. Luas daerah penelitian sekitar 300 x 400 km dengan jarak spasi pengukuran antar sekitar 4000 m. Kontur anomali gravitasi (*Bouguer Anomaly*) ditunjukkan pada Gambar 1.

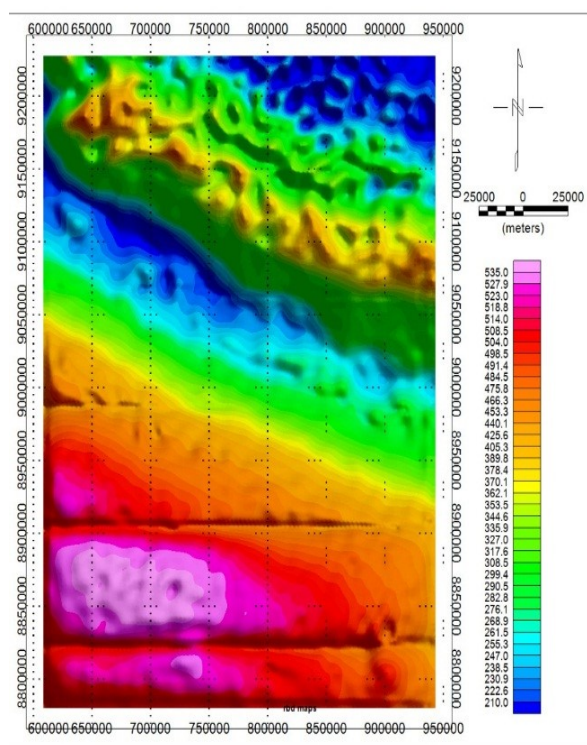


Gambar 1 Kontur anomali gravitasi (*Bouguer Anomaly*)

Nilai anomali tinggi berada di Barat Daya di perkiraan batuan yang memiliki densitas tinggi. Sementara nilai anomali rendah berada di Timur Laut yang memiliki densitas lebih rendah. Daerah yang menarik untuk diteliti lebih lanjut adalah area di tengah antara anomali berdensitas tinggi dan anomali rendah.

Proyeksi bidang datar

Anomali Bouguer lengkap yang didapatkan masih terdistorsi oleh efek topografi sehingga mengakibatkan kesalahan dalam interpretasi [7]. Data anomali Bouguer lengkap perlu diproyeksikan terlebih dahulu ke bidang datar agar memudahkan interpretasi dan memisahkan anomali regional maupun anomali residual. Gambar 2 menunjukkan peta kontur anomali medan gravitasi hasil proyeksi bidang datar. Menurut metode Dampney syarat batas kedalaman sekitar 11000 m sampai 27000 m. Dari beberapa hasil kontur didapatkan kedalaman bidang ekuivalen massa $h = 26000$ m yang menunjukkan nilai anomali realistis.

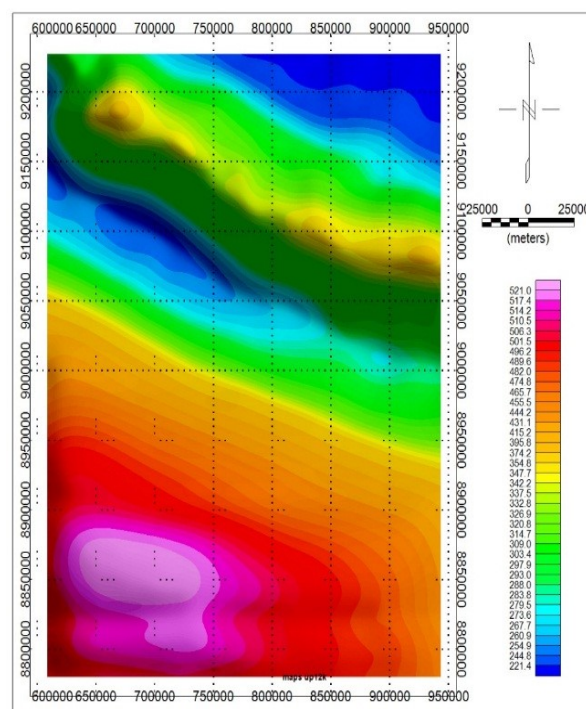


Gambar 2 Kontur anomali hasil proyeksi bidang datar

Pemisahan anomali regional dan residual

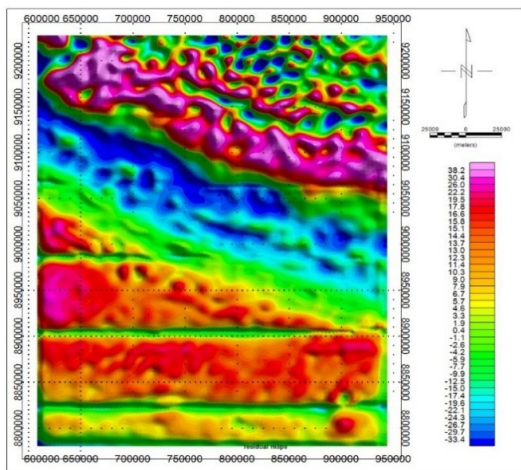
Proses selanjutnya adalah pemisahan anomali regional dan anomali residual menggunakan metode kontinuitas ke atas [8]

bertujuan untuk mengetahui sumber anomali dalam dan sumber anomali dangkal. Hasil dari metode kontinuitas ke atas adalah anomali regional. Untuk mendapatkan kontur yang stabil dilakukan secara bertahap pada setiap ketinggian dengan cara coba coba. Pada ketinggian 12.000 meter didapatkan pola kontur yang stabil. Persebaran nilai anomali gravitasi positif tertinggi berada di bagian selatan daerah penelitian yang tersusun dari batuan-batuan berdensitas tinggi. Berbeda dengan disebelah utara daerah penelitian, bagian lebih rendah, yang artinya daerah sebelah utara tersusun oleh batuan sedimen yang memiliki umur lebih muda dan dapat ditafsirkan bagian tengah diisi oleh sistem subduksi atau pertemuan dari dua batuan sedimen yang berumur sangat tua. Gambar 3 menunjukkan anomali regional. Nilai anomali residual yang didapat dari pengurangan anomali bouguer terhadap anomali regional memberikan gambaran bawah permukaan dangkal [9].



Gambar 3 Kontur anomali regional

Gambar 4 merupakan peta kontur anomali residual memiliki rentang nilai 38,2 mgal sampai -33,4 Mgal. Terdapat anomali positif sangat besar di sebelah utara daerah yang menunjukkan basement dangkal dan terdapat anomali rendah di bagian tengah dengan pola memanjang dari Timur ke Barat yang menunjukkan kaitanya dengan penunjaman lempeng samudra.

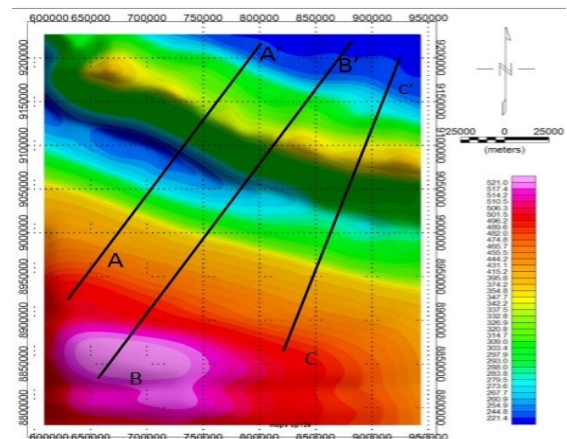


Gambar 4 Kontur anomali residual

Pemodelan 2-D

Pemodelan struktur bertujuan untuk melihat kondisi bawah permukaan dan dikorelasikan dengan penampang geologi. Pemodelan struktur menggunakan 3 lintasan pada anomali regional. Hal ini dilakukan untuk melihat struktur subduksi dan batuan pembentuknya. Anomali regional dipilih karena memiliki sumber anomali dalam sesuai dengan keberadaan struktur subduksi. Peta anomali regional dengan 3 lintasan ditunjukkan pada Gambar 5.

Hasil pemodelan struktur bawah permukaan ditunjukkan pada Gambar 6. Model bawah permukaan lintasan juga terdiri dari lima jenis batuan, Batuan daerah selatan merupakan lempeng samudra yang bergerak terus ke arah utara sampai menumbuk lempeng benua, pergerakan terjadi akibat arus konveksi yang kuat

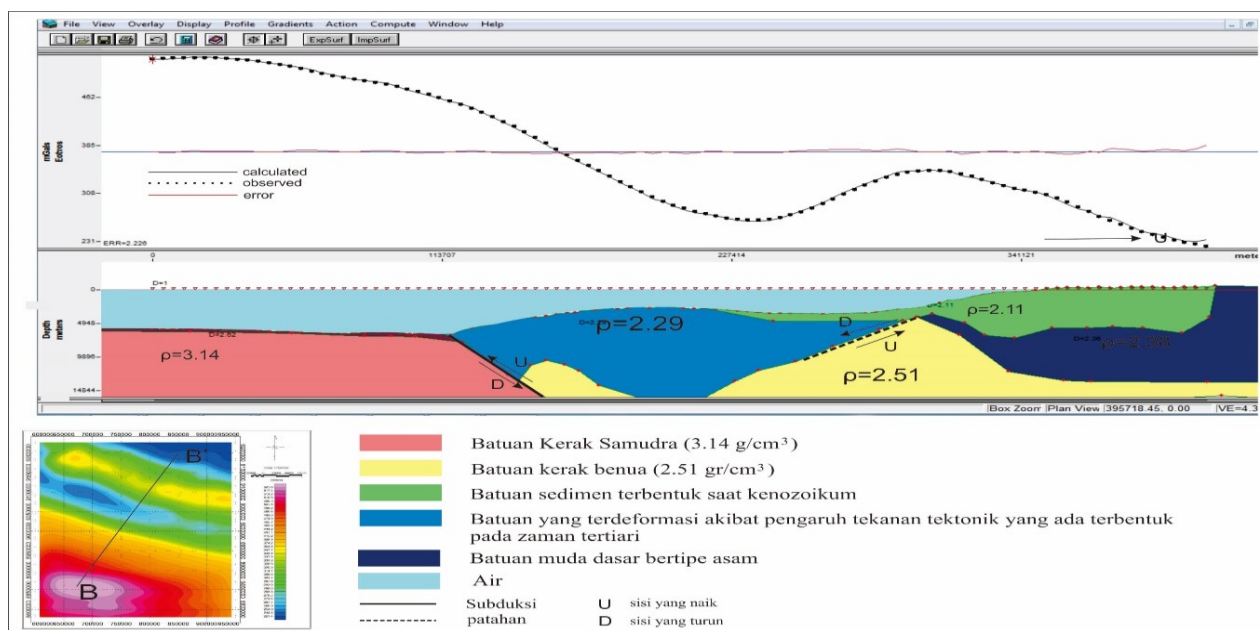


Gambar 5 Peta anomali regional dengan 3 lintasan

dalam astenosfer. Karena lempeng samudra memiliki densitas yang lebih tinggi maka lempeng samudra menunjam di bawah lempeng benua sampai astenosfer dan lempeng samudra akan mencair menjadi magma.

Lempeng samudra memiliki densitas 3,14 g/cc. Di sebelah utaranya sama dengan densitas 2,29 g/cc terdapat batuan yang terdeformasi yaitu perubahan pada tubuh batuan akibat gaya yang bekerja padanya perubahan yang terjadi berupa posisi, bentuk dan volume. Di sebelah utaranya terdapat batuan sedimen dengan densitas 2,11 g/cc. Batuan sedimen sering disebut batuan endapan yang terbentuk dari endapan material yang terbawa oleh air ataupun angin. Material yang terbawa biasanya berupa pasir maupun tanah dan mengalami proses pemadatan hingga menjadi batuan sedimen. Di sebelah utaranya adalah basement jawa dengan densitas 2,39 g/cc akibat proses penunjaman yang terjadi sampai saat ini batuan dasar inilah yang menyebabkan munculnya gunung gunung api. Dibawahnya terdapat lempeng benua dengan densitas 2,51 g/cc.

Lempeng benua mempunyai lapisan yang lebih tebal dibandingkan lempeng samudra. Dorongan dari lempeng samudra menjadikan lempeng benua terangkat ke atas dan membentuk suatu lipatan ataupun patahan.



Gambar 6 Pemodelan struktur bawah permukaan pada lintasan-2

Di dalam model sangat terlihat jelas lipatan lempeng benua akibat bertabrakan dengan lempeng samudra yang mengakibatkan lempeng benua terdorong ke atas. Terdapat juga patahan di atas lempeng benua dengan batuan yang terdeformasi ataupun batuan sedimen yang pelamparannya sampai dengan batuan dasar.

Model bawah permukaan lintasan juga terdiri dari lima jenis batuan, Batuan daerah selatan merupakan lempeng samudra yang bergerak terus ke arah utara sampai menumbuk lempeng benua, pergerakan terjadi akibat arus konveksi yang kuat dalam astenosfer, karena lempeng samudra memiliki densitas yang lebih tinggi maka lempeng samudra menunjam di bawah lempeng benua sampai astenosfer dan lempeng samudra akan mencair menjadi magma. Lempeng samudra memiliki densitas 3,14 g/cc. Di sebelah utaranya sama dengan densitas 2,29 g/cc terdapat batuan yang terdeformasi yaitu perubahan pada tubuh batuan akibat gaya yang bekerja padanya perubahan yang terjadi berupa posisi, bentuk dan volume. Disebelah utaranya terdapat batuan sedimen dengan densitas 2,11 g/cc. Batuan sedimen sering disebut batuan endapan yang terbentuk dari endapan material yang dibawa oleh air ataupun angin. Material

yang terbawa biasanya berupa pasir maupun tanah dan mengalami proses pemadatan hingga menjadi batuan sedimen. Di sebelah utaranya adalah basement jawa dengan densitas 2,39 g/cc akibat proses penunjaman yang terjadi sampai saat ini batuan dasar inilah yang menyebabkan munculnya gunung gunung api. Dibawahnya terdapat lempeng benua dengan densitas 2,51 g/cc. Lempeng benua mempunyai lapisan yang lebih tebal dibandingkan lempeng samudra. Dorongan dari lempeng samudra menjadikan lempeng benua terangkat ke atas dan membentuk suatu lipatan ataupun patahan. Di dalam model sangat terlihat jelas lipatan lempeng benua akibat bertabrakan dengan lempeng samudra yang mengakibatkan lempeng benua terdorong ke atas. Terdapat juga patahan di atas lempeng benua dengan batuan yang terdeformasi ataupun batuan sedimen yang pelamparannya sampai dengan batuan dasar.

Analisis sudut kemiringan

Besar kemiringan sudut dapat dihitung dengan mengetahui titik koordinat bujur dan kedalaman menggunakan hubungan *invers*

tangen. Model yang diperoleh kemudian dihitung kemiringan sudutnya. Gambar 8 adalah grafik kemiringan sudut lempeng samudra. Grafik lintasan A, sudut $\theta = \tan^{-1}(-0.2007) = 11^\circ$. Grafik lintasan B, sudut $\theta = \tan^{-1}(-0.2341) = 13^\circ$. Grafik lintasan C, sudut $\theta = \tan^{-1}(-0.1975) = 11^\circ$

Menurut Beck dan Lehner dalam Indriana (2008) secara umum sudut inklinasi yaitu antara $5^\circ - 10^\circ$. Semakin besar sudut penunjaman maka lempeng menunjam dengan curam yang berhadapan langsung dengan lipatan yang dalam, dan lempeng yang mempunyai penunjaman kecil berhadapan dengan pegunungan aktif. Dengan demikian terdapat hubungan antara sudut subduksi dan sistem vulkanisme [10].



sudut kemiringan $\theta = \tan^{-1}(-2.007) = 11^\circ$

Gambar 7 Contoh perhitungan Grafik kemiringan subduksi

KESIMPULAN

Pemodelan menunjukkan adanya subduksi di laut selatan Jawa Barat. Dari model subduksi yang diperoleh mempunyai sudut inklinasi sebesar 11° sampai dengan 13° . Dari sistem subduksi mempunyai hubungan dengan terbentuknya sistem vulkanisme yang berada di laut selatan selatan Jawa Barat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Katili, J.A., 1973, *Volcanism and Plate Tectonics in Indonesian Island Arc, Tectonophys.*,
- [2] Soeria-Atmadja, R., Suparka, S., Abdullah, C., Noeradi,D., dan Sutanto, 1998

Magmatism in Western Indonesia,the Trapping of the Sunda Block and the Gateways to the East of Sundaland. Journal of Asian Earth Sciences.16 (1), p.1- 12.

- [3] Kearey, P., Klepeis, K.A., Vine, F.J., , 1996, *Global Tectonics*, 2nd ed. Oxford: Blackwell
- [4] Telford, M.W., Gerdart, L.P., Sheriff, R. E., dan Keus, D. A., 1990, *Applied Geophysics*, Cambrige University Press
- [5] Talwani, M., 1959, *Rapid Gravity Computations for Two-Dimensional Bodies With Application to The Mendocino Submarine Fracture Zone*, J. Geophys. Res., 64(1), 49–59.
- [6] Van Bemmelen, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia*. Martinus Nishoff The Hague.
- [7] Syafri I., Budiadi E., dan Sudradjat A., 2013, *Geotectonic Configuration of Kulon Progo Area, Yogyakarta*, Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 8 No. 4 ,hal 185-190
- [8] Sugianti K., Mulyadi D., dan Sarah D., *Klasifikasi Tingkat Kerentanan Gerakan Tanah Daerah Sumedang Selatan Menggunakan Metode Storie*, Riset Geologi dan Pertambangan 24 (2), 91-102
- [9] Emma Y.P.,Sonia R., Dessy S., 2016, *Foraminifera Biofases Changing of Limestone at Baron Beach and Serpeng, Yogyakarta Province.*, Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral, Vol. 17, Nomer 2, hal 61-71.
- [10] Indriana, R.D., 2008, *Analisa Sudut Kemiringan Lempeng Subduksi di Selatan Jawa Tengan dan Jawa Timur Berdasarkan Anomali Gravitasi dan Implikasi Tektonik Vulkanik*, Berkala fisika, No 3, Vol 11 hal 89 - 96