

Aplikasi Metode Gravity Dengan Data Satelit Untuk Identifikasi Struktur Bawah Permukaan (Studi Kasus Semenanjung Muria)

Hilda Ayu Noor Aulia Anisa¹⁾, Rina Dwi Indriyana¹⁾, dan M. Irham¹⁾

¹⁾Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang
E-mail: hilda@st.fisika.undip.ac.id

ABSTRACT

Mass distribution beneath Muria Peninsula was conducted with gravity methods to describe the subsurface mass distribution of the Muris peninsula. Anomalous data obtained from bgi.omp.obs. 3D modeling using Grablox and Bloxer software. 3D modeling results obtained five incisions consisting of two Eastern-directed incisions to the West, and three incisions pointing north to the South. The modeling results indicate a fault in the north of the study area and trails East to West, and a fault that extends over the Muria Mountain, north to south direction. Muria Basin with density of rock type 2.0 g / cc to 2.35 g / cc. The area is due to the seditation of the muria peninsular, and the form of the continuous basin of Javanese anticlorium.

Keywords: Gravity Method, density, gradient analysis, upward continuation, 3D modelling

ABSTRAK

Penelitian di Semenanjung Muria dengan metode *gravity* untuk menggambarkan distribusi massa bawah permukaan semenanjung Muris. Data anomali diperoleh dari *bgi.omp.obs*. Pemodelan 3D menggunakan *software Grablox dan Bloxer*. Hasil pemodelan 3D didapatkan lima sayatan yang terdiri dari dua sayatan berarah Timur ke Barat, dan tiga sayatan berarah Utara ke Selatan. Hasil pemodelan menunjukkan adanya sesar di sebelah utara daerah penelitian dan berarah Timur ke Barat, dan sesar yang membentang melewati gunung muria, berarah Utara ke Selatan. Cekungan muria dengan rapat massa jenis batuan 2.0 g/cc hingga 2.35 g/cc. Daerah tersebut diakibatkan adanya proses sedimentasi semenanjung muria, dan bentuk cekungan yang menerus dari antiklorium jawa..

Kata kunci: metode gravity, rapat massa jenis, analisis gradien, upward continuation, pemodelan 3 D

PENDAHULUAN

Secara fisiografis, daerah Jawa Tengah dibagi menjadi enam zona fisiografi, yaitu: Dataran Aluvial Jawa Utara, Gunungapi Kuarter, Antiklinorium Bogor – Serayu Utara – Kendeng, Depresi Jawa Tengah, Pegunungan Serayu Selatan, dan Pegunungan Selatan Jawa (Van Bemmelen, 1949). Berdasarkan pembagian zona ini, Gunungapi Muria merupakan daerah penelitian yang termasuk dalam zona Gunungapi Kuarter di Jawa Tengah.

Gunungapi Muria terletak di Semenanjung Muria, secara administrasi terletak di bagian Utara Pulau Jawa, provinsi Jawa Tengah, tepatnya di

kabupaten Jepara. Semenanjung Muria termasuk ke dalam wilayah kabupaten Jepara, kabupaten kudas, dan kabupaten Pati. Semenanjung Muria secara umum dibentuk oleh hasil dari kegiatan vulkanisme Gunungapi Muria dan Gunungapi Genuk. Aktivitas vulkanisme kemudian diikuti oleh proses eksogen, mulai dari pelapukan, erosi, transportasi, dan sedimentasi di sekeliling Gunungapi tersebut yang berlanjut sampai ke lepas pantai, sehingga membentuk endapan rombakan berupa endapan lahar dan aluvium (Bronto dan Mulyaningsih, 2007). Semenanjung Muriaterdiri dari Gunung Muria yang sudah tidak aktif atau padam, dan dua

gunung yang lebih kecil yaitu Gunung Genuk di bagian Utara, dan Gunung Patiayam di bagian Selatan. Jenis batuan yang menyusun Gunung Muria terdiri dari satuan batuan Tufa Muria dan Lava Muria (Dina., dkk. 2016). Sesar Mendatar Sinistral Muria-Kebumen terbentuk karena adanya perubahan pola suduksi pada Pulau Jawa, awalnya berpola Meratus berubah menjadi pola Jawa, hal tersebut karena Sesar Muria-Kebumen memiliki arah pelurusan yang sama dengan pola subduksi Meratus (Satyana, 2002).

Keberadaan kedua sesar ini didasarkan pada penafsiran data *gravity* (Untung. 1974), Kelurusan Citra Landsat (Geologi UGM, 1994), dan data seismik (Pramono, dkk., 1990). Namun, pada peta geologi daerah penelitian tidak menunjukkan keberadaan Sesar Mendatar Muria-Kebumen. Data citra satelit yang digunakan diharapkan dapat mengidentifikasi keberadaan sesar regional Muria atau struktur geologi lain yang berada di Semenanjung Muria. Data yang diperoleh dari website <http://bgi.omp.obs-mip.fr>, berupa Anomali *Bouguer* Lengkap. Kemudian dilakukan pemisahan anomali regional-residual, kemudian dilakukan pemodelan 3D dan interpretasi. Pemodelan 3D dilakukan sebagai salah satu bahan interpretasi untuk meninjau lebih lanjut struktur geologi regional yang berada di Semenanjung Muria dengan menggunakan software oasis montaj dan grablox bloxer untuk membedakan hasil pemodelan 3D dari kedua software tersebut.

DASAR TEORI

Metode Gravity

Metode *gravity* adalah salah satu metode eksplorasi geofisika yang digunakan untuk mengukur variasi medan *gravity* bumi akibat adanya perbedaan rapat massa antar batuan di bawah permukaan dan perbedaan topografi di permukaan bumi (lembah atau bukit) (Sarkowi, 2014). Teori yang paling mendasar dalam metode gayaberat adalah hukum gravitasi Newton. Hukum

gravitasi Newton yang menyatakan bahwa gaya tarik menarik antara dua buah benda adalah sebanding dengan massa kedua benda tersebut dan berbanding terbalik dengan jarak kuadrat antara pusat massa kedua benda tersebut.

Kedua benda tertentu yang dipisahkan oleh jarak tertentu akan memiliki gaya tarik menarik yang besarnya dinyatakan oleh Persamaan (2.1) (Grandis, 2009):

$$\vec{F}(r) = G \frac{M_1 \cdot M_2}{r^2} \hat{r} \quad (2.1)$$

Dengan $\vec{F}(r)$ merupakan gaya tarik menarik yang bekerja pada M_2 karena adanya M_1 , G adalah konstanta universal gayaberat ($6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$), M_1 adalah massa benda 1 (kg), M_2 massa benda 2 (kg) dan r merupakan jarak antar pusat massa (m).

Analisa Gradien

Horizontal Gradien

Horizontal Gradien digunakan untuk menentukan lokasi batas kontak rapat massa jenis horizontal dari data gravitasi (Cordell, 1979). Metode horizontal gradien dapat mendeteksi struktur geologi dalam maupun dangkal. Horizontal Gradien dapat digunakan untuk menekankan anomali tinggi yang terdapat di data *gravity*, nilai maksimum ini menunjukkan kepadatan lateral pada kontras yang diidentifikasi sebagai sesar. Besarnya horizontal gradien pada sumbu x dan y didefinisikan oleh Persamaan (2.2) (Cordell dan Graunch, 1985).

$$HG' = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2} \quad (2.2)$$

$\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)$ dan $\left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)$ merupakan turunan pertama horizontal gradien, ∂x merupakan gradien di sumbu x, ∂y merupakan gradien di sumbu y, dan Δg merupakan anomal gayaberat. Satuan dari HG pada penurunan pertama adalah $\text{mGal} \cdot \text{m}^{-1}$. Pada turunan kedua horizontal gradien didapatkan Persamaan (2.3) (Cordell dan Graunch, 1985).

$$HG'' = \sqrt{\left(\frac{\partial^2 g}{\partial x^2}\right)^2 + \left(\frac{\partial^2 g}{\partial y^2}\right)^2} \quad (2.3)$$

Untuk penurunan kedua di sumbu x, $\left(\frac{\partial^2 g}{\partial x^2}\right)$ dan $\left(\frac{\partial^2 g}{\partial y^2}\right)$ dianggap nol. Satuan dari penurunan kedua HG pada penurunan kedua adalah mGal.m⁻².

Patahan Muria

Terdapat dua patahan besar yang membelah puncak Gunungapi Muria yaitu, patahan yang memanjang dari puncak Gunungapi Muria menerus ke arah Gunungapi Genuk di Utara melalui desa Tempur, disebut sebagai patahan Tempur. Patahan tersebut merupakan patahan menyerong (*oblique*), dimana tebing bagian Timur sebagai *foot wall* sedangkan tebing bagian Barat sebagai *hanging wall*, dan patahan Rahtawu, karena melalui desa Rahtawu. Patahan Rahtawu merupakan patahan menyerong (*oblique*), dimana tebing bagian Barat yang sangat curam merupakan *foot wall* dengan *triangular faset*, sedangkan tebing bagian Timur yang menyingkapkan selang-seling batuan tuf dan breksi serta air terjun sebagai *hanging wall* (Astjario dan Kusnida, 2007).

Secara fisiografis, Pulau Jawa dikontrol oleh dua sesar mendatar regional (Satyana dan Purwaningsih, 2002). Sesar mendatar yang berukuran regional ini adalah Sesar Mendatar Pamanukan-Cilacap dan Sesar Mendatar Sesar Muria-Kebumen. Penemuan pertama kali keberadaan kedua sesar besar ini berdasarkan identifikasi data *gravity* (Untung, 1974), Kelurusan Citra Landsat (Geologi UGM, 1994), sesar permukaan (Kastowo, 1975), dan data seismik (Pramono, dkk., 1990), menunjukkan keberadaan sesar besar ini, meskipun tidak secara terus menerus tetapi bias dikorelasikan secara regional.

METHODOLOGI

Data yang dipakai pada penelitian ini adalah data sekunder, yaitu data satelit berupa Anomali

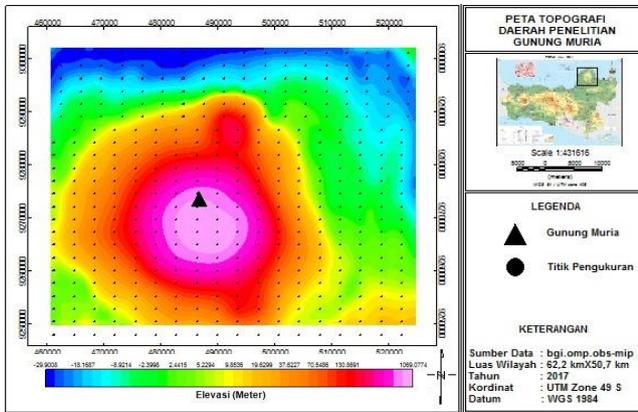
Bouguer Lengkap yang diunduh melalui website <http://bgi.omp.obs-mip.fr> pada tanggal 16 Juni 2017 pukul 11.11 wib. Daerah penelitian berada di semenanjung Gunung Muria dengan batas wilayah geografis yaitu, 6° - 7°6'25" - 8°00'LS LU dan 110° - 112° BT . Data yang digunakan adalah data Anomali *Bouguer* Lengkap dengan jumlah data 375.

Setelah didapatkan nilai Anomali *Bouguer* Lengkap yang didapatkan dari website <http://bgi.omp.obs-mip.fr>, maka selanjutnya data tersebut dikonversi ke UTM dengan *software Surfer*. Selanjutnya dilakukan pengangkatan ke atas dengan metode *Upward Continuation*. Untuk memisahkan anomali regional dan residual. Hasil dari metode ini adalah anomali regional. Selanjutnya anomali regional dikurangkan terhadap anomali *Bouguer* lengkap, sehingga diperoleh anomali residual. Pemodelan yang dilakukan adalah 3D dengan metode inversi menggunakan *software Grablox* dan *Bloxer*, kemudian dilakukan pemodelan 3D dengan menggunakan *software Oasis Montaj*. Dari hasil pemodelan dengan kedua *software* tersebut dilihat perbedaannya. Setelah itu, dilakukan interpretasi yang dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi kualitatif dengan cara menganalisa kontur anomali *bouguer* lengkap, sedangkan interpretasi kuantitatif dengan cara membuat model 3D struktur bawah permukaan dan dikorelasikan dengan informasi geologi serta rapat massa jenis batuan daerah penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Topografi Daerah Penelitian

Topografi daerah penelitian digambarkan pada Gambar 1. Daerah penelitian ini memiliki ketinggian antara -29 meter hingga 1069 meter.



Gambar 1. Peta Topografi

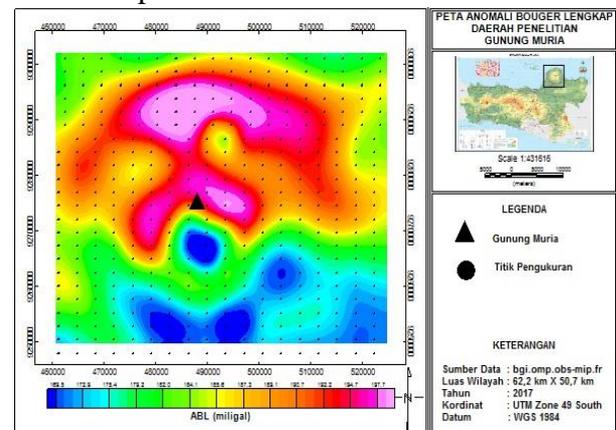
Topografi rendah yang terletak disebelah utara daerah penelitian merupakan daerah yang berasosiasi dengan pantai dan pesisir utara jawa, dengan *range* nilai -29 meter hingga -2 meter Untuk daerah dengan nilai topografi sedang merupakan daerah yang terletak pada dataran rendah dan dekat dengan daerah pesisir. Daerah tersebut memiliki nilai elevasi berkisar dari 2 meter hingga 37 meter diatas permukaan laut. Pada topografi tinggi merupakan daerah yang berasosiasi dengan dataran tinggi dan daerah pegunungan muria.

Anomali Bouguer Lengkap

Data anomali *Bouguer* lengkap yang digunakan merupakan data satelit yang didapatkan dari website <http://bgi.omp.obs-mip.fr>. Luas daerah penelitian 62,2 km x 50,7 km, dengan jumlah titik sebanyak 375 titik. Kemudian data tersebut dikonversi ke UTM lalu dilakukan proses *gridding* di software *Geosoft Oasis-Montaj* maka diperoleh persebaran massa jenis batuan di bawah permukaan ditunjukkan pada Gambar 4.2. Berdasarkan peta anomali *Bouguer* lengkap, daerah penelitian memiliki 3 zona massa jenis batuan yang terdiri dari rapat massa jenis rendah, sedang, dan tinggi. Pada peta anomali *Bouguer* lengkap terlihat bahwa nilai anomali pada daerah penelitian berkisar antara 169.5 mGal hingga

197.7 mGal. Anomali rendah ditunjukkan dengan warna biru pada rentang nilai 169.5 mGal hingga 179.2 mGal yang tersebar di sebelah Selatan daerah penelitian, dan tengah daerah penelitian. Nilai anomali *Bouguer* lengkap yang rendah ini diasumsikan sebagai daerah yang memiliki sebaran massa jenis batuan yang rendah. Nilai sebaran massa jenis batuan yang rendah disebelah selatan daerah penelitian dapat diasumsikan adanya keterdapatan endapan sedimen alluvial akibat proses pengendapan daerah pesisir dan rawa-rawa pasca massa interglasial, atau dapat diasumsikan sebagai sebuah cekungan akibat proses tektonisme.

Sedangkan nilai *Bouguer* rendah pada tengah daerah penelitian diindikasikan terjadinya robohan pada puncak muria, yang diakibatkan oleh erupsi muria purba, sehingga akibat robohan membentuk nilai *Bouguer* rendah di bawah permukaan.



Gambar 2. Peta Anomali Bouguer Lengkap

Anomali sedang pada rentang nilai 179.2 mGal hingga 187.3 mGal yang tersebar di beberapa titik sebelah Selatan, Baratdaya dan Baratlaut daerah penelitian. Nilai anomali *Bouguer* lengkap yang rendah ini diasumsikan sebagai daerah yang memiliki rapat massa jenis yang sedang. Anomali *Bouguer* yang bernilai sedang, mayoritas terletak di lereng Gunung Muria yang diindikasikan terbentuk karena akibat endapan vulkanik, sehingga belum mengalami kompaksi secara sempurna.

Anomali tinggi ditunjukkan dengan rentang nilai 187.3 mGal hingga 197.7 mGal dan berada di tengah daerah penelitian. Nilai anomali *Bouguer* lengkap yang tinggi ini berasosiasi pada daerah yang memiliki massa jenis batuan yang besar. Kemungkinan pada daerah ini terdiri dari batuan yang telah terkompaksi cukup lama dan berusia tua. Nilai anomali *Bouguer* lengkap yang tinggi ini juga terletak pada Gunung Muria, sehingga mengindikasikan di sekitar daerah tersebut tersusun dari batuan vulkanik yang berusia tua. Pada anomali *Bouguer* terdapat pasangan klosur tinggi dan rendah yang saling berdekatan. Zona tersebut dapat diidentifikasi sebagai zona diskontinuitas yang diindikasikan adanya sesar.

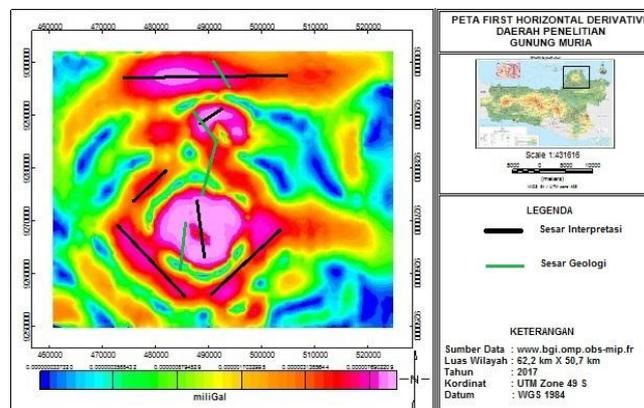
pertama dan kedua yang ditunjukkan pada gambar 3.

Analisis Gradien

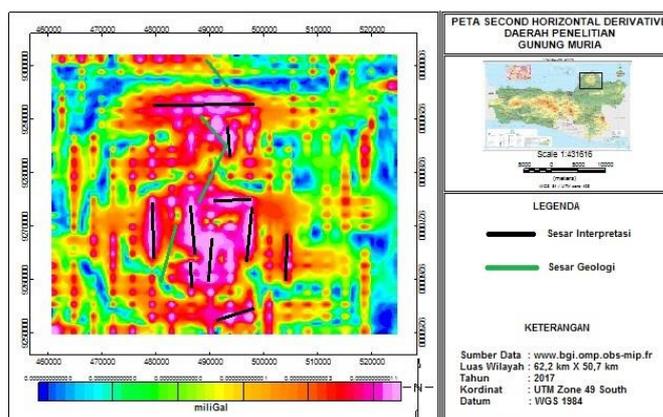
Interpretasi gradien merupakan teknik interpretasi dengan menggunakan metode *gradient* atau metode turunan terhadap persamaan *laplace*. Dalam interpretasi gradien dengan melakukan perhitungan secara turunan terhadap sumbu x, sumbu y dan sumbu z persamaan *laplace*. Analisis gradien terdiri empat jenis yaitu *first horizontal gradient*, *second horizontal gradient*, *first vertical gradient* dan *second vertical gradient*. Tujuan dilakukannya analisis gradien yaitu untuk melihat batas kontak batuan, dan identifikasi struktur bawah permukaan.

Analisis Horizontal Gradient

Analisa *gradient* pada bidang horizontal bertujuan untuk menentukan lokasi batas kontak rapat massa jenis horizontal dari data gravitasi (Cordell, 1979). Metode horizontal gradien dapat mendeteksi struktur geologi dalam maupun dangkal. Horizontal Gradien dapat digunakan untuk menekankan anomali tinggi yang terdapat di data *gravity*, nilai maksimum ini menunjukkan kepadatan lateral pada kontras yang diidentifikasi sebagai sesar. Pada daerah penelitian muria dilakukan analisa *gradient* terhadap bidang horizontal pada orde pertama kedua, hasil dari horizontal *gradient* pada orde



(a)



(b)

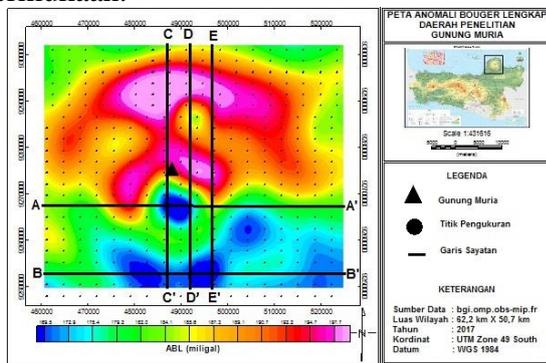
Gambar 3. Hasil analisa *gradient* horizontal daerah penelitian (a) hasil *first horizontal gradient*, dan (b) hasil *second horizontal gradient*

Hasil analisa *gradient* horizontal pada orde pertama didapat nilai maksimum pada daerah penelitian terletak ditengah daerah penelitian. Hal ini menunjukkan hasil dari analisa *gradient* horizontal orde pertama menunjukkan batas wilayah dari tubuh gunung muria yang ditunjukkan dengan nilai *gradient* maksimum. Selain itu nilai *gradient* maksimum mendominasi daerah tengah penelitian dan utara penelitian. Pada daerah utara penelitian nilai *gradient* maksimum mengelilingi daerah yang terduga sebagai puncak dari gunung

geneuk. Secara keseluruhan pada hasil horizontal *gradient* orde pertama lebih cenderung mengidentifikasi batasan dari tubuh gunung muria dan gunung geneuk. Pada hasil analisa *gradient* horizontal orde kedua diperoleh nilai maksimum dominan terletak ditengah daerah penelitian. Dari hasil analisa *gradient* orde kedua diperoleh beberapa sesar lokal yang terindikasi terletak di daerah gunung muria. Sesar lokal ini terasosiasi dengan nilai *gradient* horizontal maksimum. Namun letak sesar hasil *gradient* horizontal tidak berkorelasi dengan letak sesar geologi dipermukaan.

Interpretasi Kuantitatif

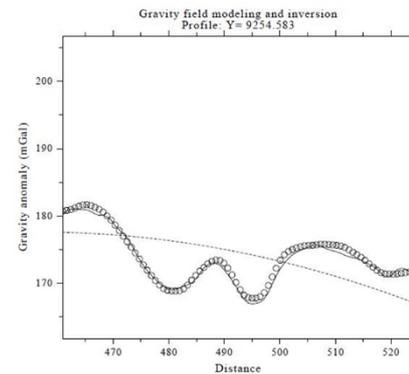
Pemodelan bawah permukaan dilakukan dengan menggunakan 5 lintasan sayatan pada anomali *Bouguer* lengkap. Lintasan sayatan pemodelan melintang dari Barat ke Timur dan Utara Selatan, hal tersebut dapat dilakukan untuk memetakan sesar yang berada di bawah permukaan.



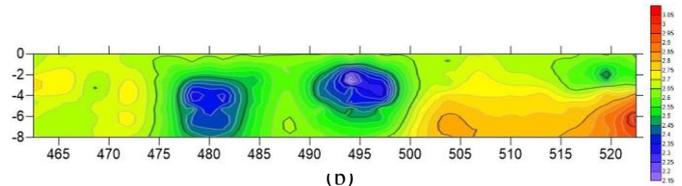
Gambar 4. Kontur anomali *Bouguer* dengan empat lintasan sayatan untuk pemodelan bawah permukaan

Dilakukan lima sayatan pada daerah penelitian, yang membentang secara *vertical* dari utara ke selatan yang melewati daerah dengan indikasi terdapatnya cekungan yang memisahkan muria pada interglasial, yaitu sayatan (C-C'), sayatan (D-D'), dan Sayatan (E-E'). Selain itu juga terdapat sayatan yang berarah timur ke barat untuk mengetahui kondisi bawah permukaan daerah yang terindikasi adanya cekungan, yaitu sayatan

(A-A') dan sayatan (B-B'). Pada gambar 5. (b) dan (c) hasil pemodelan sayatan A-A' diperoleh bahwa daerah yang terindikasi adanya cekungan terdiri dari nilai rapat massa jenis rendah dengan range 2.15 g/cc hingga 2.35 g/cc yang dikelilinginya terdapat batuan intrusi yang dihasilkan karena proses vulkanik dengan range nilai 2.9 g/cc hingga 3.05 g/cc.



(a)



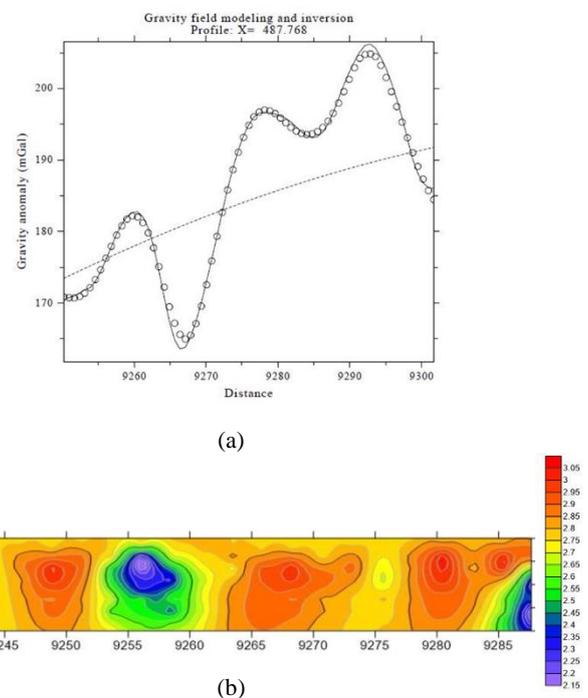
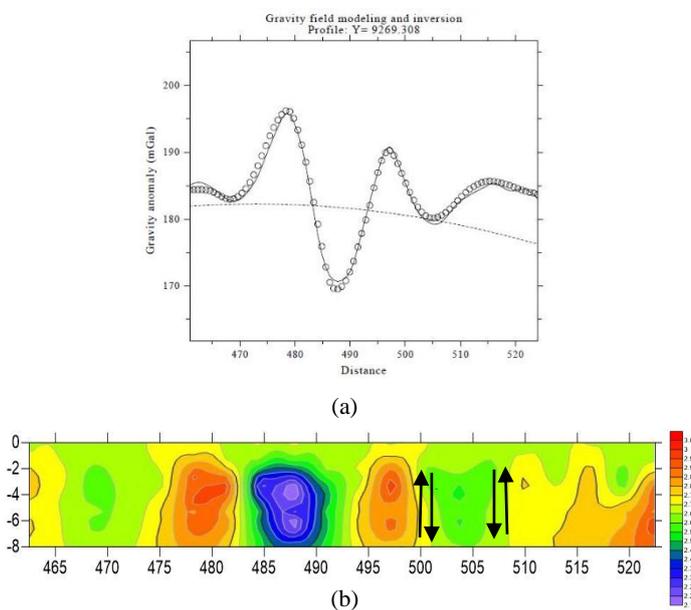
(b)

Gambar 5. Hasil Pemodelan Struktur Bawah Permukaan pada lintasan sayatan daerah penelitian (A-A'), (a) Hasil Grafik Sayatan (A-A'), (b) Hasil Penampang Rapat Massa Jenis Bawah Permukaan *Software Grabblox*

Pada sayatan A-A' cekungan yang berasosiasi dengan nilai rapat massa jenis rendah dibagian tengah diakibatkan oleh bentuk dari antikloriaum jawa timur yang memanjang kearah barat dan membentuk cekungan di utara semenanjung muria. Nilai rapat massa jenis rendah berafiliasi dengan satuan batuan sedimen dan gamping yang terbentuk akibat pengendapan di bawah samudra. Nilai rapat massa jenis rendah yang muncul mengkonfirmasi bahwa daerah tersebut dahulu pernah terendam oleh air laut, sehingga banyak ditemukan satuan batuan sedimen yang

mayoritas bernilai rapat massa jenis rendah. Sebaran daerah yang memiliki nilai rapat massa jenis tinggi merupakan bentuan intrusi yang diakibatkan oleh proses vulkanik pada masa pembentukan yang naik keatas dan membeku dipermukaan. Satuan batuan ini terdiri dari breksi andesit, dan tuff yang terletak dipermukaan. Pada gambar 4.8 terdapat indikasi sesar yang terletak di timur daerah penelitian dengan adanya perubahan nilai rapat massa jenis yang sangat signifikan dan terlihat dari analisa *gradient* pada gambar 6.

andesit dari satuan lava muria. Satuan batuan tersebut mengisi kaldera dan mengendap dipermukaan. Dari hasil model tersebut juga tampak bahwa kaldera muria dikelilingi oleh oleh beberapa puncak lainnya yang bersifat lebih massif dan kompak dengan nilai rapat massa jenis yang tinggi yaitu range 2.95 g/cc hingga 3.05 g/cc. selain itu dari model oasis dan grabblox juga diperoleh adanya intrusi batuan yang erletak di sebelah timur daerah penelitian dan teriindikasi merupakan sesar yang terbentuk akibat proses vulkanik muria.



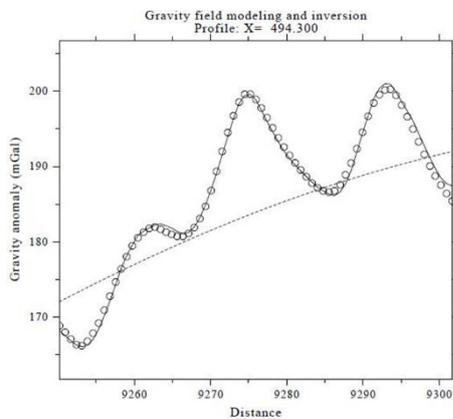
Gambar 6. Hasil Pemodelan Struktur Bawah Permukaan pada lintasan sayatan daerah penelitian (B-B'), (a) Hasil Grafik Sayatan (B-B'), (b) Hasil Penampang Rapat Massa Jenis Bawah Permukaan *Software Grabblox*,

Gambar 7. Hasil Pemodelan Struktur Bawah Permukaan pada lintasan sayatan daerah penelitian (C-C'), (a) Hasil Grafik Sayatan (C-C'), (b) Hasil Penampang Rapat Massa Jenis Bawah Permukaan *Software Grabblox*.

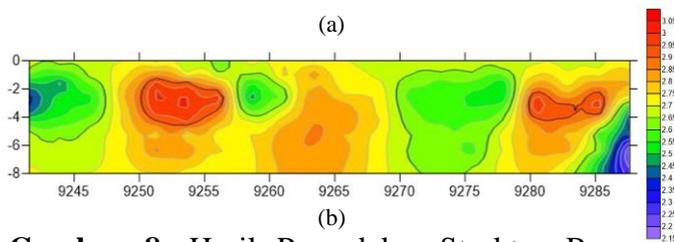
Pada gambar 6. (b), hasil bawah permukaan yang membentang secara horizontal di puncak gunung muria, terdapat kesuaian antara model grabblox dengan model yang dihasilkan oleh oasis. Hal ini diperoleh adanya nilai rapat massa jenis sangat rendah yang teretak dibawah puncak muria. Nilai rapat massa jenis rendah tersebut memiliki range 2.15 g/cc hingga 2.35 g/cc. Rapat massa jenis rendah tersebut diindikasikan karena adanya robohan gravitasi yang terisi oleh batuan

Pada gambar 7. (b), hasil dari pomedalan bawah permukaan yang membentang secara *vertical* dari utara ke selatan dapat diperoleh adanya beberapa indikasi sesar di bawah permukaan. Indikasi adanya sesar terdapat disebelah utara daerah penelitian yang memanjang kearah timur daerah penenelitian.

Indikasi ini sesar ini juga dapat dilihat dari hasil analisa *gradient* pada gambar 3. Sayatan yang membentang *vertical* melewati puncak muria juga diperoleh nilai denistas yang sangat rendah di puncak muria. Hal ini diindikasikan merupakan kalder muria yang terbentuk akibat erupsi muria purba. Selain itu nilai rapat massa jenis rendah disebelah selatan daerah penelitian dipengaruhi karena adanya cekungan di daerah tersebut. Sedangkan indikasi adanya patahan didapatkan dari hasil analisa *gradient* yang kemudia dicocokkan dengan model yang terdapat di utara daerah penelitian.



(a)

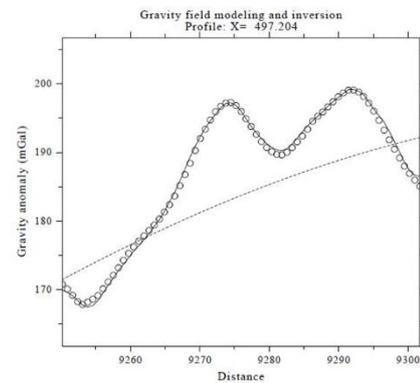


(b)

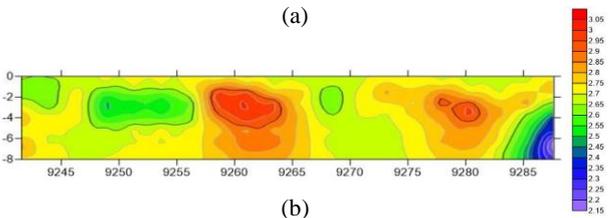
Gambar 8. Hasil Pemodelan Struktur Bawah Permukaan pada lintasan sayatan daerah penelitian (D-D'), (a) Hasil Grafik Sayatan (D-D'), (b) Hasil Penampang Rapat Massa Jenis Bawah Permukaan *Software Grabblox*.

Pada gambar 8. (b) merupakan hasil pemodelan bawah permukaan pada sayatan D-D' yang membentang *vertical* dari Utara ke Selatan yang melewati puncak muria yang memiliki nilai rapat massa jenis bawah permukaan yang sangat rendah dan indikasi cekungan di sebelah Selatan daerah penelitian. Dari hasil model tersebut terdapat beberapa indikasi adanya sesar bawah permukaan yang tereletak di sebelah Utara daerah

penelitian. Hal ini dikarenakan adanya perubahan nilai rapat massa jenis yang berubah secara signifikan disebelah Utara penelitian. Indikasi tersebut munculnya nilai rapat massa jenis yang bernilai tinggi dengan range 2.95 g/cc hingga 3.05 g/cc yang diindikasikan merupakan intrusi batuan yang bersebelahan dengan batuan yang bernilai rapat massa jenis rendah dengan range 2.15 g/cc hingga 2.35 g/cc.



(a)

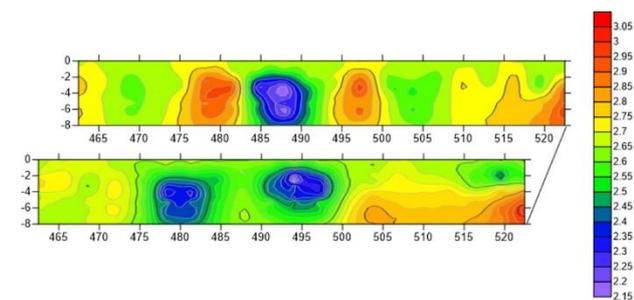


(b)

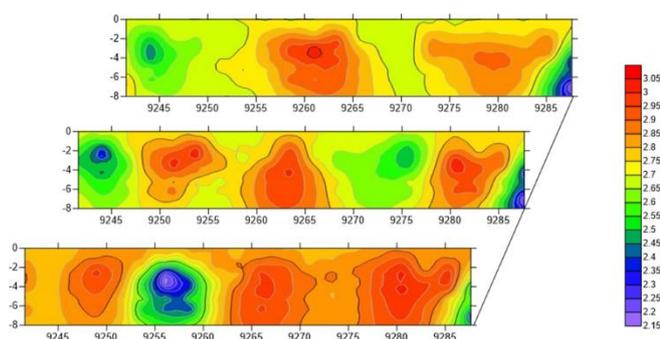
Gambar 9. Hasil Pemodelan Struktur Bawah Permukaan pada lintasan sayatan daerah penelitian (E-E'), (a) Hasil Grafik Sayatan (E-E'), (b) Hasil Penampang Rapat Massa Jenis Bawah Permukaan *Software Grabblox*

Pada gambar 9. (b) merupakan hasil pemodelan bawah permukaan pada sayatan E-E' yang membentang *vertical* dari Utara ke Selatan yang melewati daerah sebelah timur puncak muria yang memiliki nilai rapat massa jenis bawah permukaan yang sangat rendah dan indikasi cekungan di sebelah Selatan daerah penelitian. Dari hasil model tersebut terdapat beberapa indikasi adanya sesar bawah permukaan yang tereletak di sebelah Utara daerah penelitian. Hal ini dikarenakan adanya perubahan nilai rapat massa jenis yang berubah

secara signifikan disebelah Utara penelitian. Indikasi tersebut munculnya nilai rapat massa jenis yang bernilai tinggi dengan range 2.95 g/cc hingga 3.05 g/cc yang diindikasikan merupakan intrusi batuan yang bersebelahan dengan batuan yang bernilai rapat massa jenis rendah dengan range 2.15 g/cc hingga 2.45 g/cc.



Gambar 10. Hasil *Stacking* Penampang Rapat Massa Jenis Bawah Permukaan pada *Section Y*



Gambar 11. Hasil *Stacking* Penampang Rapat Massa Jenis Bawah Permukaan pada *Section X*

Pada gambar 10 hasil section diperoleh bahwa indikasi adanya cekungan terlihat disebelah selatan daerah penelitian dengan munculnya nilai rapat massa jenis bawah permukaan dengan range nilai 2.15 g/cc hingga 2.35 g/cc, nilai rapat jenis yang rendah diakibatkan akibat daerah tersebut tersusun atas satuan sedimen dan alluvial dipermukaan yang belum terkompaksi sempurna. Nilai rapat jenis massa yang rendah tersebut memanjang dari barat ke timur yang merupakan keminoran dari antiklorium di utara jawa. Namun nilai rapat massa jenis rendah tidak menurus ke utara karena berbatasan dengan pegunungan muria. Nilai rapat massa jenis rendah di puncak muria lebih diakibatkan oleh adanya robohan

gravitasi yang diindikasikan yaitu terbentuknya kaldera dipermukaan muria, yang kemudian terisi oleh satuan lava muria yang terdiri dari andesit, tuff, dan breksia.

Pada gambar 11 diperoleh bahwa kondisi bawah permukaan muria pada sayatan X pada lintasan pertama diperoleh adanya nilai rapat massa jenis batuan yang sangat rendah ditengah daerah penelitian. Rapat massa jenis rendah tersebut diindikasikan merupakan kaldera muria yang terbentuk akibat erupsi muria purba yang kemudian mengalami robohan dan terisi oleh satuan lava muria. Kaldera muria tersebut hanya terlihat pada lintasan pertama aja, dan tidak menerus ke arah timur.

KESIMPULAN

1. Telah dilakukan analisis gradien yang meliputi *gradient* horizontal dan *gradient* vertical. Berdasarkan hasil analisa *gradient* menunjukkan bahwa terdapatnya indikasi sesar disebelah utara daerah penelitian yang berarah Timur ke Barat, dan juga di tengah daerah penelitian yang berarah Utara ke Selatan, dan hasil analisa *gradient* baik horizontal atau *vertical* membentuk pola batasan – batasan dari tubuh gunung muria.
2. Kondisi geologi bawah permukaan gunung muria terdiri dari cekungan muria dengan nilai rapat massa jenis batuan 2.0 g/cc hingga 2.35 g/cc yang terletak disebelah selatan daerah penelitian. Daerah tersebut diakibatkan adanya proses sedimentasi semenanjung muria, dan bentuk cekungan yang menerus dari antiklorium jawa. Selain itu di daerah tangan penelitian diperoleh adanya kaldera muria yang terbentuk akibat robohan dinding puncak muria karena erupsi muria purba dengan nilai densitas 2.2 g/cc hingga 2.4 g/cc, yang kemudian

diiiisi dengan satuan lava muria. Sedangkan indikasi adanya sesar ditemukan dengan adanya beberapa nilai rapat massa jenis batuan yang berubah secara signifikan di utara daerah penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, E.M. 1942, *The Dynamics of Faulting and Dyke Formation with Application to Britain*, Oliver and Boyd, Edinburgh, h 206.
- Astjario, P., dan Kusnida, D, 2007. *Penafsiran struktur geologi Semenanjung Muria dari data citra satelit*, *Jurnal Geologi Kelautan*, Vol.5 No.2 Agustus 2007, 63-71.
- Blakely, R.J,1995. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*, USA, Cambridge University Press.
- Blakely, R. J, 1996. *Potential Theory in gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Bronto, Sutikno; Mulyaningsih. S, 2007, *Jurnal: Gunung api maar di Semenanjung Muria*, *Jurnal Geologi Indonesia*. Vol.2no.1.
- Dampney, C. N. G, 1969, *The Equivalent Source Technique*, *Geophysics*, 34, 1, 39-53.
- Geologi UGM, 1994, *Geologi Daerah Pegunungan Selatan: Suatu Kontribusi, Pertemuan Ilmiah Ulang Tahun ke-10 Stasiun Lapangan Geologi "Prof. R. Soeroso Notohadiprawiro"* Bayat, Klaten 3-4 Februari.
- Grandis, H, 2009. *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*, HAGI, Jakarta.
- Gupta, H. dan Ray, S, 2007. *An Outline of the Geology of Indonesian*. IAGA.Jakarta.hal11-36
- Kastowo, 1975, *Peta Lembar Majenang, Jawa, Skala 1 : 100.000*, Direktorat Geologi, Bandung.
- NEWJEC, 1996, *Feasibility Study of NPP in Muria Peninsula. Volcanology Report*, New Japan Engineering Consultans, Jakarta.
- NTT, 2000, *Volcanology Report National Technical Team Report*. Jakarta.
- Pramono, H., Wu, C.H.C., dan Noble, R.A, 1990, *A new oil kitchen and petroleum bearing subbasin in the offshore NW Java Area*, *Proceedings Inodesian Petroleum Association (IPA) 19th Annual Convention*, hal. 253-278.
- Purnomo, Jarot, (2013). *Pemisahan Anomali Regional-Residual pada Metode Gravity Menggunakan Metode Moving Average, Polynomial dan Inversion*. *Indonesian Journal of Applied Physic* (2013) Vol. 3 No. 1, hlm. 10-20. ISSN: 2089-0133.
- Saragih, Rika, (2016). *Identifikasi Sesar Sumatra di Sumatra Barat Bagian Tengah Berdasarkan Analisis Data Gravitasi*, Tesis, Departemen Fisika, UGM.
- Kadir, W. G, (2000). *Eksplorasi Gravity dan Magnetik*. Bandung:Departemen Teknik Geofisika IT.
- Rahma, Manrulu, 2012, *Pemodelan Bawah Permukaan Gunungapi Merapi Berdasarkan Anomali Gravity Setelah Letusan Besar 2010*, Tesis, UGM Jogjakarta.
- Reynolds, J. M, (2011). *An Introduction to Applied and Enviromental Geophysics*. Chichester: John Wiley and Sons.
- Sarkowi, M. (2014). *Eksplorasi Gravity*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Satyana, A.H, Purwaningsih, Margaretha E.M, 2002, *Lekukan Struktur Jawa Tengah: Suatu Segmentasi Sesar Mendatar*. Indonesian Association of Geologist (IAGI). Geological of Yogyakarta. Yogyakarta.
- Sebangkit, Tugas Tribagus, 2008. *Aplikasi Gravity Mikro 4d Untuk Pemantauan Aliran Fluida Pada Lapangan Panasbumi Kamojang*. Skripsi Jurusan Teknik Geofisika. ITB. Bandung.
- Situmorang, 1976. *The Western Indonesian Fault an Tectonic Significant with*

Relation to Wrench Fault Tectonic,
Geological Society of Amerika.

Sudiro, T.W, 1973, *The structural units of the Java Sea, Indon.* Petroleum Assoc. Petroleum Geologist Conv., Houston, Texas.

Suwarti dan Wikarno, 1992, *Peta Geologi Lembar Kudus, Jawa Tengah: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Skala 1 : 100.000, 1 lembar.*

Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E., (1990). *Applied Geophysics 2nd Edition.* Cambridge: Cambridge University Press.

Torkis, R, 2012. *Analisa dan Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Metode Gravity di Daerah Prospek Panas Bumi Gunung Lawu.* Depok: Universitas Indonesia.

Tulak, N, 2011, *Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Daerah Yapen dan Mamberamo Papua berdasarkan Anomali Gravitasi,* Tesis, Program Pascasarjana S2 Ilmu Fisika MIPA, Universitas Gajahmada, Yogyakarta.

Untung, M, (ed), 1974, *Peta Anomali Bouguer Jawa dan Madura Skala 1 : 1000.000,* Direktorat Geologi, Bandung.

Van Bemmelen, R.W, *The Geology of Indonesia vol. 1A, 2nd edn.* The Haque Martinus Nijhoff, Netherlands (1949).

Wardana, D, 2008. *Penelitian Gravity di Daerah Perbatasan Cekungan Bogor dan Cekungan JawaBaratUtara.* Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI. Bandung.