

FORWARD MODELLING PADA ANOMALI GAYABERAT MODEL FAULT MENGGUNAKAN MATLAB MATHWORKS

Alika Tabriz Adhani, Mega Anggitarizka*, Zahrah Meidina, Rahmat Catur Wibowo

Teknik Geofisika, Universitas Lampung, Jl. Prof. Sumatri Brojonegoro No. 1, Lampung 35145, Indonesia.

*Corresponding author. Email: megaanggitarizka@gmail.com

Manuscript received: 15 December 2021; Received in revised form: 14 August 2022; Accepted: 15 Oktober 2022

Abstrak

Metode gayaberat yakni sebuah metode geofisika yang diterapkan saat mengetahui kondisi di bawah permukaan bumi dari perbedaan rapat massa batuan di bawah permukaan. Eksplorasi gayaberat membutuhkan gambaran awal sebagai acuan dari pengukuran. Pemodelan sintesis yang dilakukan kali ini merupakan pemodelan ke depan anomali *fault* yang dilakukan dengan bantuan *software* Grav2dc dan Matlab Mathworks. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil pemodelan sintesis menggunakan *software* Grav2dc dan Matlab Mathworks sekaligus menguji program yang dibangun mampu berjalan secara optimal maupun tidak. Parameter model yang digunakan yaitu nilai massa jenis sebesar 1 kg/m^3 dengan kedalaman plat dalam 50 m, kedalaman plat dangkal 150 m dan letak sesar pada kedalaman 150 m dengan ketebalan 40 m. Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan dua buah *software* yaitu: Grav2dc dan Matlab MathWorks untuk membandingkan sekaligus menguji apakah hasil pengolahan menggunakan *software* Matlab MathWorks sesuai dengan model sintesis hasil pengolahan menggunakan *software* Grav2dc. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini yaitu model *fault* yang diperoleh dari pengolahan menggunakan *software* Matlab MathWorks dan Grav2dc dengan parameter model berupa densitas dan kedalaman, dengan densitas dan kedalaman berperan saat membentuk nilai perubahan gayaberat.

Kata Kunci: *forward modelling*; metode gayaberat; *fault*.

Abstract

The gravity method is one of the geophysical methods utilized to determine the subsurface conditions of the earth according to differences in rock mass density below the surface. In the exploration of gravity requires an initial description as a reference for measurement. The synthetic modelling carried out this time is a forward modelling of fault anomalies carried out with the help of Grav2dc and Matlab Mathworks software. This study aims to compare the results of synthetic modelling using Grav2dc software and Matlab Mathworks as well as to test whether the program built can run well or not. The model parameters utilized are the density value of 1 kg/m^3 with a deep plate depth of 50 m, a shallow plate depth of 150 m and the location of the fault at a depth of 150 m with a thickness of 40 m. The data processing in this study used two pieces of software, are Grav2dc and Matlab MathWorks to compare and test whether the processing results using Matlab MathWorks software were in accordance with the synthetic model processed using Grav2dc software. The results obtained from this study are the fault model obtained from processing using Matlab MathWorks and Grav2dc software with model parameters in the form of density and depth, where density and depth have a role in shaping the value of the change in gravity.

Keywords: forward modelling; gravity method; faults.

Pendahuluan

Gravitasi merupakan metode geofisika yang biasa dipakai saat mengidentifikasi struktur yang ditemukan pada bagian bawah permukaan bumi. Pengukuran gravitasi ini mampu dilatarbelakangi oleh perubahan medan gravitasi pada bumi oleh perbedaan densitas secara lateral. Gravitasi ini sering dikaitkan dengan hukum gravitasi Newton atau gaya tarik-menarik yang melibatkan dua benda yang sebanding massa benda tersebut serta berbanding terbalik dengan jarak pusat gravitasi kuadrat. Gravitasi dimanfaatkan untuk memberikan informasi struktur geologi yang ditemukan di permukaan tanah yang bisa diamati ataupun tertutup oleh Tanah. (Frifita et al., 2016; Panjaitan & Subagio, 2015; Stagpoole et al., 2016; Oruç et al., 2013).

Dalam mempelajari bentuk serta struktur berupa cekungan regional, digunakan gravimetri yang merupakan gravitasi untuk penyelidikan air tanah di lingkungan granit. Dengan data penelitian berupa bentuk anomali gaya berat, dapat diselidiki perbedaan antara batuan beku lapuk dan tidak lapuk serta mana lapisan yang merupakan akuifer. Gravitasi juga dapat digunakan untuk mengukur gaya relatif dan absolut. Adapun pengolahan data gravitasi dilakukan untuk mereduksi data percepatan medan dengan menggunakan beberapa koreksi untuk memberikan *data bouguer* yang lengkap. Data gravitasi dapat dipengaruhi oleh efek lintang pada bumi. Selain itu juga dipengaruhi oleh perbedaan gravitasi bumi yang beragam di satu lokasi dengan lokasi lainnya oleh bentuk bumi yang tidak sepenuhnya berbentuk bulat. Efek udara bebas pun berpengaruh dalam data gravitasi (Kirsch, 2009).

Dalam pengolahan gravitasi dikenal dengan pemodelan ke depan atau yang biasa disebut *forward modeling* bekerja dengan sistematis menghitung data secara teoritis di permukaan bumi untuk menduga atau

mendekati bentuk dari *subsurface anomaly* berdasarkan data yang dimiliki. Apabila terdapat respon yang tidak sesuai atau tidak cocok dengan data maka model yang dipakai dapat mewakili suatu kondisi yang terdapat di bawah permukaan pada lokasi pengukuran (Makhrani, 2013). Contohnya yaitu keterdapatannya suatu intrusi di bawah permukaan bumi berupa balok padat mempunyai nilai kedalaman dan densitas tertentu, maka dengan adanya pengukuran serta perhitungan akan didapat nilai gravitasi yang kemudian diolah menjadi suatu grafik. Adapun pemodelan kedepan dapat diaplikasikan menggunakan *software* Matlab MathWorks dengan mengintegrasikan matematika, visualisasi, dan pemrograman ke dalam model yang mudah digunakan untuk memecahkan masalah yang dinyatakan dalam notasi matematika umum. Teknis dari pemodelan ke depan diawali dengan menyiapkan model geologi yang diperoleh dari daerah penelitian yang model tersebut didapat dari berbagai data yang tersedia di lapangan, data ini dapat berupa data lubang bor, data seismik, data sekunder dari literatur atau data langsung dari lapangan. Densitas pada data tersebut diasumsikan memiliki nilai yang konstan di bawah diskontinuitas. Gravitasi dapat berkaitan dengan adanya distribusi massa di titik dangkal yaitu kerak bumi. Kemudian gravitasi diperhitungkan menggunakan algoritma tertentu lalu dibandingkan dengan gravitasi observasi. Adapun model harus diperbaiki jika terdapat perbedaan nilai antar keduanya dengan cara mengubah densitas maupun lapisannya. Hal ini dapat mengurangi adanya ketidakrelevan data.

Pemodelan ke depan yang dilakukan adalah pemodelan data *gravity* sintesis dengan model anomali berupa *fault*. *Fault* merupakan zona rekahan yang tercipta pada dua blok batuan. Rekahan tersebut tercipta oleh pergerakan atau dinamika lempeng bumi. Penelitian ini dimaksudkan untuk menguji keakuratan pengolahan yang

dilakukan sehingga ke depannya dapat dijadikan pedoman yang baik.

Metode Penelitian

Penelitian ini memakai laptop yang berspesifikasi prosesor *core i3* yang memiliki 4 GB RAM serta diterapkan pada bahasa pemrograman Matlab Mathworks yakni *software open source* guna melaksanakan komputasi program. Di samping itu, parameter model sintetis dalam bentuk harga densitas batuan serta kedalaman anomali menerapkan metode gayaberat. Di penelitian ini juga dilaksanakan dengan *forward modelling*, hal tersebut disebabkan karena data yang dipakai adalah data sintetis. Kajian ini sangat penting dilaksanakan sebab guna mengetahui percepatan nilai gaya berat.

Gravimetri yakni sebuah metode geofisika yang mengkaji keadaan di bawah permukaan bumi dari perbedaan kerapatan batuan di bawah permukaan bumi, dan mengkaji perbedaan medan gravitasi dari sebuah titik pengamatan dengan titik pengamatan yang lain. Konsep anomali gayaberat lebih menitikberatkan terhadap aspek perbedaan gayaberat yang diukur dari nilai gayaberat acuan. Perbedaan gravitasi membuktikan variasi kepadatan massa di daerah dengan garis horizontal maupun vertikal. Besaran kedalaman dan arah anomali densitas diperoleh dengan perhitungan, rekonstruksi, serta interpretasi model gaya berat terukur. Nilai gravitasi yang diukur adalah gaya total yang diterapkan oleh titik-titik oleh sumber yang berbeda. Berbagai sumber yang dapat berpengaruh terhadap pengukuran adalah:

1. Efek medan.

2. Perbedaan garis lintang di permukaan bumi.
3. Perbedaan ketinggian permukaan bumi (elevasi).
4. Perubahan kerapatan massa di lokasi.
5. Posisi bumi dalam pergerakan tata surya (efek pasang surut).

Beberapa modifikasi dan pengurangan dilakukan guna mencegah efek gravitasi dari komponen yang tidak diinginkan.

Forward modelling di metode gayaberat berdasarkan perhitungan medan gayaberat oleh berbagai distribusi massa maupun topografi, pada domain spasial sehingga penelitian ini amat berperan terhadap dunia teknik. Nilai gayaberat yang berubah di masing-masing titik permukaan bumi mampu dimanfaatkan guna melaksanakan interpolasi serta prediksi di bidang konstruksi (Hirt and Kuhn, 2014).

Forward modelling membuktikan kalkulasi hasil medan gayaberat dari berbagai distribusi massa sumber. Pondasi *forward modelling* yakni hukum gayaberat universal Newton (1687) berkata bahwasannya gaya tarik F yang melibatkan 2 buah benda akan berbanding lurus dengan produk massa m , M , sekaligus berbanding terbalik terhadap kuadrat jarak r :

$$F = G \frac{mM}{r^2} \quad (1)$$

dengan:

F = Gaya gravitasi (N)

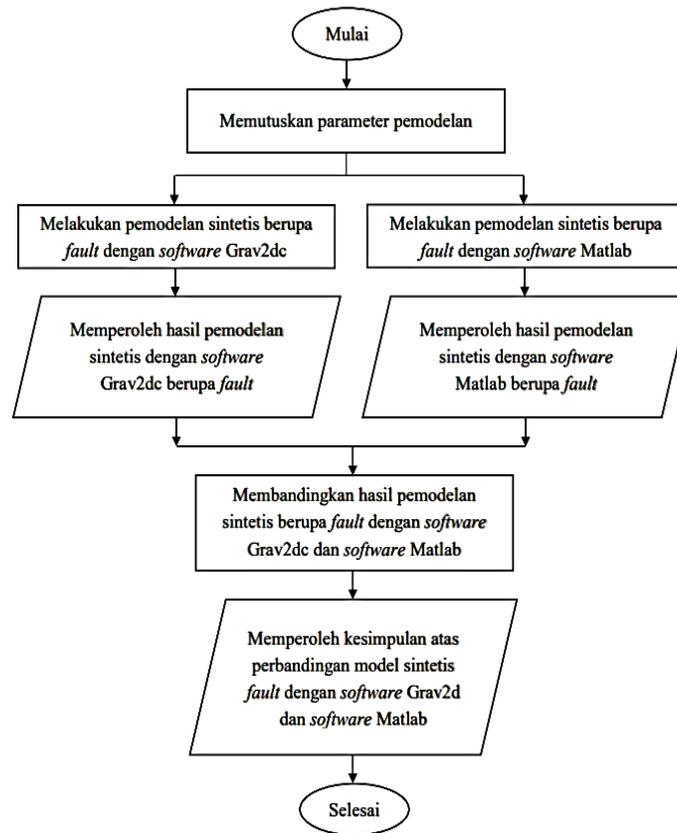
G = Konstanta gravitasi ($6,67384 \times 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$)

m = Massa benda 1 (kg)

M = Massa benda 2 (kg)

r = Jarak pusat kedua benda (m)

Gambar 1 adalah *flow chart* yang dilakukan dalam penelitian ini.

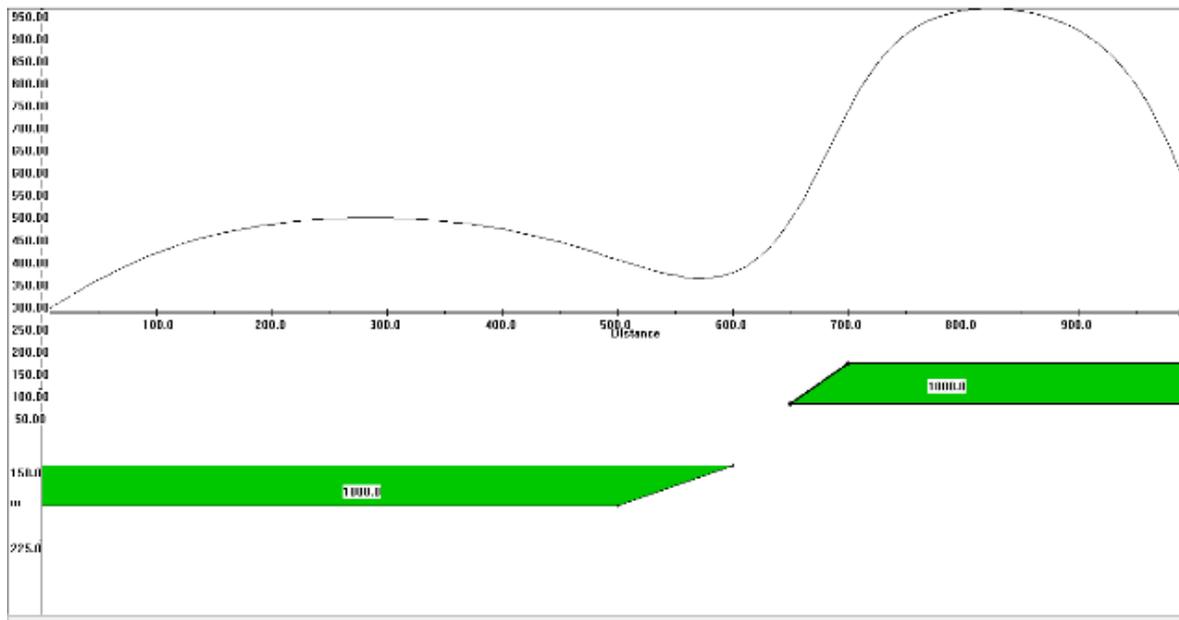


Gambar 1. Flowchart penelitian.

Hasil dan Pembahasan

Pemodelan *gravity* yang berbentuk model anomali *fault* dilakukan dengan bantuan *software* Matlab MathWorks. Penggunaan data parameter model nilai massa jenis serta

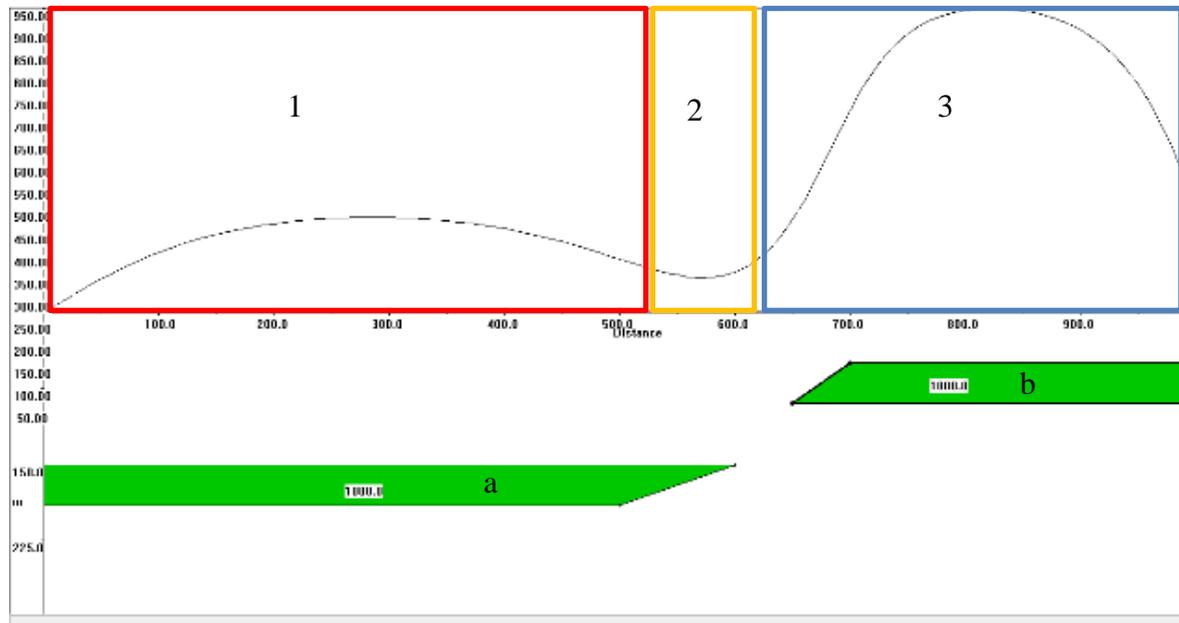
kedalaman di pemodelan *fault* dimaksudkan guna membuktikan apakah program yang dibuat mampu berjalan serta menggambarkan anomali *gravity* model *fault* bawah permukaan dengan baik.



Gambar 2. Respon model anomali *gravity* pada Grav2dc.

Gambar 2 merupakan respon pemodelan anomali *gravity* sintetik yang dilakukan dengan bantuan *software* Grav2dc. Adapun nilai massa jenis yang digunakan sebesar 1 kg/m³ dengan kedalaman plat dalam 50 m,

kedalaman plat dangkal 150 m, dengan letak patahan pada kedalaman 150 m setebal 40 m. Parameter ini dipilih hanya sebagai contoh model sintetik.



Gambar 3. Analisis respon model anomali *gravity* pada Grav2dc.

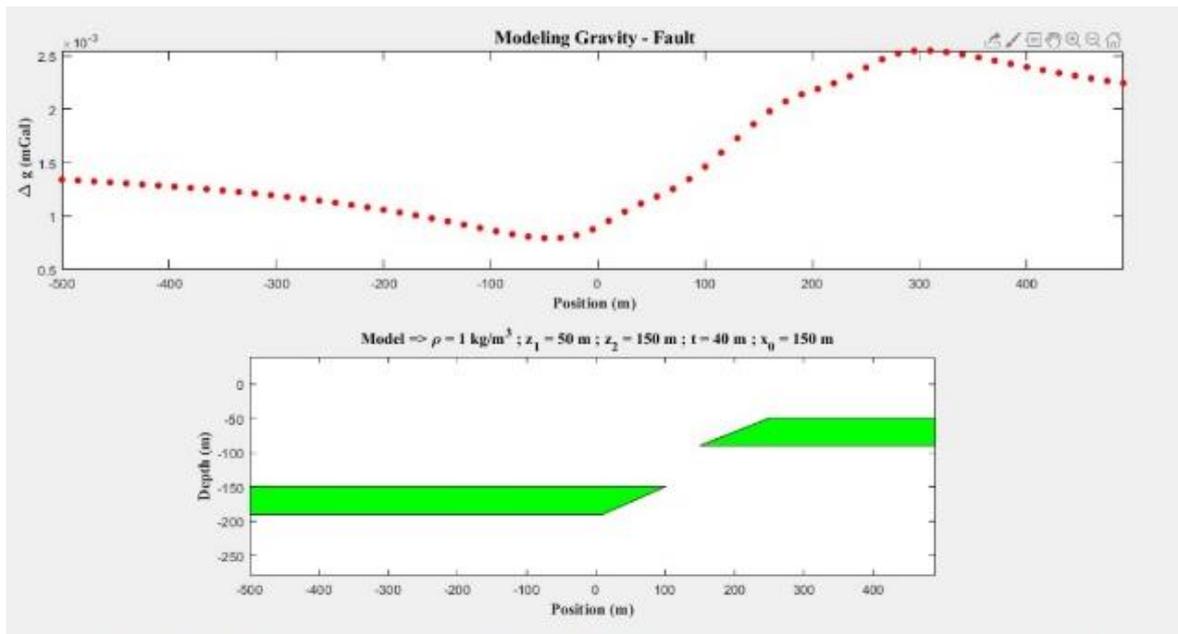
Model *fault* yang diperoleh merupakan jenis *reverse fault* yang dicirikan dengan *hanging wall* (a) berada di bawah *foot wall* (b).

Pada gambar 3 terdapat model *fault* yang menunjukkan respon anomali dengan dua buah puncak (ditandai dengan nomor 1 dan 3) dan satu buah lembah (ditandai dengan nomor 2).

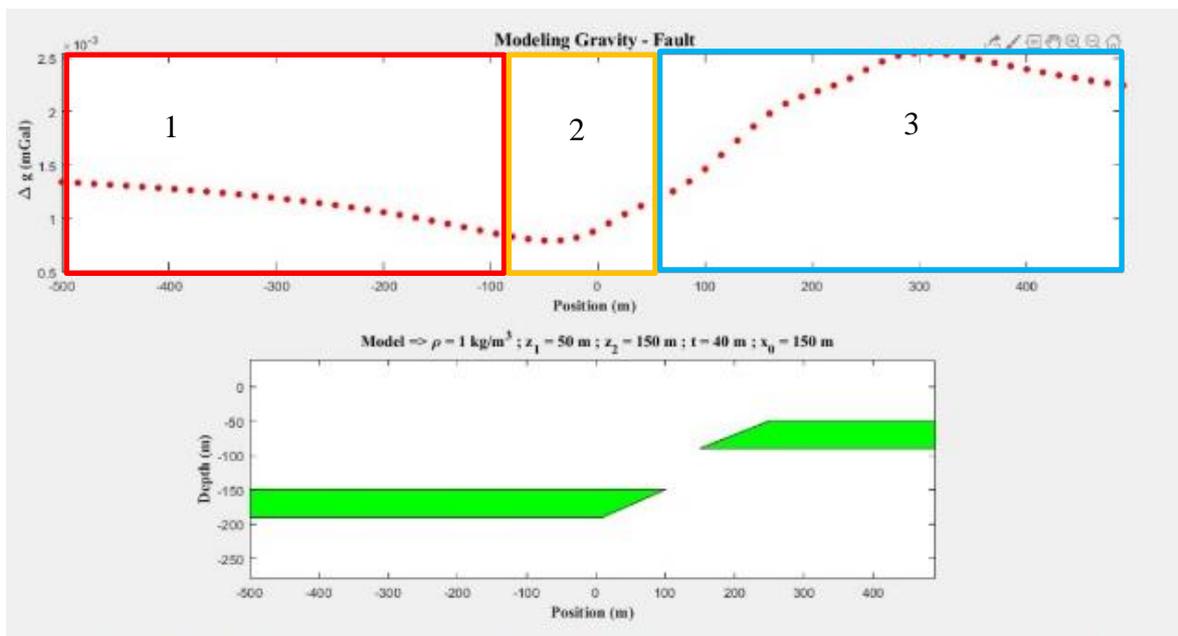
Gambar 3 merupakan hasil pengolahan model *fault* sintetik yang dilakukan dengan *software* Grav2dc. Daerah yang diberi tanda kotak merah (nomor 1) merupakan gelombang yang ditimbulkan oleh anomali a. Puncak gelombang tampak lebih landai dikarenakan posisi anomali yang dalam dan jauh dari permukaan. Daerah yang diberi tanda kotak biru (nomor 3) merupakan gelombang yang ditimbulkan oleh anomali b. Puncak gelombang tampak lebih menungging dikarenakan posisi anomali

yang lebih dangkal dan dekat dengan permukaan. Sedangkan pada kotak orange (nomor 2) merupakan daerah tempat *fault* terjadi, yang diindikasikan dengan respon kurva yang menurun secara drastis.

Pemodelan pada gambar 4 merupakan pemodelan yang dilakukan dengan bantuan *software* Matlab Mathworks dengan parameter yang sama dengan pemodelan yang dilakukan pada gambar 2. Hasil profil pemodelan sintetik pada gambar 5 membuktikan bahwasannya perubahan arah kurva anomali *fault* secara signifikan yang menandai ditemukannya *fault*. Hasil pemodelan serta kurva di atas mempunyai respon yang mirip dengan pemodelan dan hasil kurva yang dilakukan dengan bantuan *software* Grav2Dc. Dari hal tersebut, program mampu berjalan secara optimal serta berhasil.



Gambar 4. Pemodelan dengan *software* Matlab MathWorks.



Gambar 5. Analisis respon model anomali *gravity* pada Matlab MathWorks.

Di kedua model, diperoleh bahwasannya parameter model yaitu densitas dengan kedalaman berperan yang amat penting saat membentuk nilai perubahan gayaberat, seperti yang sudah dijelaskan di Katrinavia et al. (2015). Di kedua model, diperoleh perbedaan nilai percepatan gayaberat sebagaimana persamaan percepatan gayaberat sama dengan perkalian konstanta gayaberat dengan massa bumi dibagi jari-jari bumi, pada hal ini diasumsikan

kedalaman. Kemudian diperoleh pemodelan *fault* mempunyai nilai yang melampaui pemodelan intrusi sebab kedalaman pemodelan *fault* lebih dangkal dari pemodelan intrusi. Program pemodelan tersebut jika menerapkan model geometri yang beragam, diharapkan menerapkan formula yang dicocokkan dengan model geometri tersebut.

Kesimpulan

Pemodelan sintetik yang menunjukkan perubahan kurva anomali secara signifikan menandakan adanya *fault*. Kedua hasil pemodelan sintesis yang dilakukan, baik yang diolah menggunakan *software* Grav2dc dan *software* Matlab Mathworks menunjukkan respon anomali yang hampir sama. Hasil kedua model tersebut juga memperlihatkan bahwasannya parameter model yaitu densitas serta kedalaman berperan penting saat membentuk perubahan gayaberat. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwasannya program yang dirancang dan dijalankan dengan *software* Matlab Mathworks sukses dan dapat menggambarkan respon *subsurface anomaly* dengan baik.

Ucapan Terima Kasih

Rasa terima kasih peneliti haturkan terhadap para dosen yang membimbing di penulisan dan penyempurnaan jurnal ini hingga mampu terselesaikan dengan baik, serta para teman-teman dan seluruh pihak yang sudah berkontribusi di penulisan jurnal ini.

Daftar Pustaka

- Frifita, N., Arfaoui, M.S., and Zargouni, F. 2016. *Relationship Between Surface and Subsurface Structures of the Northern Atlas Foreland of Tunisia Deduced from Regional Gravity Analysis*. Journal of Geophysics and Engineering. 13(4), pp.634 – 645. <https://doi.org/10.1088/1742-2132/13/4/634>
- Hirt, C. and Kuhn, M. 2014. *Band-limited topographic mass distribution generates full-spectrum gravity field: Gravity forward modeling in the spectral and spatial domains revisited*. Journal of Geophysical Research: Solid Earth. 119, 3646 – 3661. <https://doi.org/10.1002/2013JB010900>
- Katrinavia, Y.P., Setyawan, A. Dan Supriyadi. 2015. *Pemodelan Anomali Gaya Berat Akibat Curah Hujan dan Dinamika Air Tanah di Daerah Semarang*. Jurnal Fisika Indonesia. 19(56), pp. 42 – 44. <https://doi.org/10.22146/jfi.24358>
- Kirsch, R. 2009. *Groundwater Geophysics, 2nd Ed.* Springer, Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-88405-7>
- Makhrani. 2013. *Optimalisasi Desain Parameter Sekunder Untuk Data Resistivitas Pseudo 3D*. Positron: Berkala Ilmiah Fisika. 3(1), pp. 24 – 33. <http://dx.doi.org/10.26418/positron.v3i1.5416>
- Oruç, B., Sertçelik, I., Kafadar, Ö. and Selim, H.H. 2013. *Structural Interpretation of The Erzurum Basin, Eastern Turkey, Using Curvature Gravity Gradient Tensor and Gravity Inversion of Basement Relief*. Journal of Applied Geophysics. 88, pp. 105 – 113. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2012.10.006>
- Panjaitan, S. and Subagio. 2015. *Prospek Sumber Daya Energi Berdasarkan Analisis Pola Anomali Gaya Berat di Daerah Biak dan Sekitarnya, Papua*. Jurnal Geologi Kelautan. 13(2), pp. 87-97. <http://dx.doi.org/10.32693/jgk.13.2.2015.264>
- Stagpoole, V., Tontini, F.C., Barretto, J., Davy, B. and Edbrooke, S.W. 2016. *Inversion of magnetic and gravity data reveals subsurface igneous bodies in Northland, New Zealand*. New Zealand Journal of Geology and Geophysics. 59(3) pp. 416 – 425. <https://doi.org/10.1080/00288306.2016.1162178>