

Pemodelan 3D Bawah Permukaan Pulau Timor Barat Berdasarkan Data Anomali Gravitasi

Maria M. L. Bria¹, Jehunias L. Tanesib², Jonshon Tarigan³

Program Studi Fisika, Universitas Nusa Cendana, Kupang, Indonesia

Email korespondensi: riabriaa@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan pemodelan tiga dimensi (3D) bawah permukaan pulau Timor Barat menggunakan metode gravitasi yang bertujuan untuk mengetahui jenis batuan dasar dibawah permukaan pulau Timor Barat. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari www.bandaarcgeophysics.co.uk yang diukur langsung atau yang disurvei oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung antara 1977-1979. Data tersebut sudah dikenakan koreksi. Interpretasi dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi kualitatif dilakukan berdasarkan model kontur anomali gravitasi Bouguer lengkap pulau Timor Barat, sedangkan interpretasi kuantitatif dilakukan berdasarkan hasil pemodelan tiga dimensi (3D) pulau Timor Barat. Berdasarkan hasil interpretasi kualitatif, diperoleh variasi anomali Bouguer lengkap dari -70 mGal sampai 220 mGal. Nilai anomali Bouguer lengkap dikelompokkan menjadi dua yaitu anomali negatif dan anomali positif. Anomali negatif dengan nilai 0 sampai 220 mGal berada di bagian utara pulau Timor Barat. Hasil interpretasi kuantitatif pemodelan tiga dimensi (3D) tiap lapisan didapatkan beberapa jenis batuan dibawah permukaan pulau timor barat yaitu batuan pasir, gamping, dolomit, sekis, kuarsa, granulit, genis, marmer, sabak, dan amfibolit. Dari keseluruhan lapisan pemodelan tiga dimensi (3D) diduga bahwa batuan dasar pulau Timor Barat adalah batuan amfibolit yaitu batuan metamorf yang terdapat pada kedalaman 11,1 km sampai 30 km.

Masuk:

27 Februari 2022

Diterima:

26 Maret 2022

Diterbitkan:

28 Maret 2022

Kata kunci:

Gravitasi, Anomali Bouguer Lengkap, Pemodelan Tiga Dimensi (3D), Bawah Permukaan Pulau Timor Barat

1. Pendahuluan

Pulau Timor merupakan salah satu pulau yang berada di Nusa Tenggara Timur selain Flores dan Sumba. Pulau Timor terbagi menjadi dua bagian mengikuti sumbu pulau yaitu sebagian besar pada sisi selatan termasuk dalam kerak benua Australia (*continental crust*), sedangkan pada bagian utara berada di atas kerak samudera (*oceanic crust*) yang termasuk dalam lempeng Eurasia [1]. Geologi pulau Timor tercermin oleh terdapatnya aneka ragam batuan dari berbagai umur dan batuan - batuan tersebut umumnya bersentuhan secara struktur dan terdapatnya batuan yang sangat bervariasi yang menutupi hampir 40% dari pulau tersebut. Batuan yang ditemukan di pulau Timor terdiri dari batuan sedimen, batuan beku, dan batuan malihan. Fisiografi pulau Timor dapat dibagi menjadi dua kawasan yaitu Timor Barat dan Timor Timur (Timor leste)[2].

Metode gravitasi merupakan salah satu metode geofisika yang didasarkan pada variasi medan gravitasi di permukaan bumi. Variasi nilai medan gravitasi dikarenakan distribusi massa jenis yang tidak homogen pada batuan penyusun kerak bumi [3]. Selain itu, variasi nilai medan gravitasi disebabkan juga oleh posisi titik amat di permukaan bumi yang dikarenakan oleh bentuk bumi yang tidak bulat sempurna dan relief bumi yang beragam. Dengan menerapkan metode gravitasi dapat diketahui nilai anomali gravitasi yang dapat memberikan gambaran struktur geometri di bawah permukaan bumi [4].

Penelitian dengan metode gravitasi pernah dilakukan oleh [5] di daratan pulau Timor bagian barat dan [6], [1] di pulau Timor dan sekitarnya. Tanesib membuat pemodelan pulau Timor secara 2 dimensi (2D), dan 3 dimensi (3D) sedangkan Simamora dan Untung melakukan interpretasi secara kuantitatif mengenai batuan dasar pulau Timor tanpa melakukan pemodelan dan diduga batuan dasar (basement rock) pulau Timor adalah batuan metamorf. Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui batuan dasar pulau Timor bagian barat dengan pemodelan 3D berdasarkan data anomali gravitasi.

2. Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari www.bandaarcgeophysics.co.uk. Data tersebut merupakan data yang diukur langsung atau yang disurvei oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung antara 1977-1979 (Simamora dan Untung 1983). Data tersebut sudah dikenakan koreksi.

2.1 Transformasi Koordinat dari Derajat ke UTM (*Universal Transverse Mercator*)

Anomali Bouguer lengkap merupakan nilai anomali di suatu tempat yang terukur di permukaan bumi yang diperoleh melalui perhitungan dengan melibatkan seluruh faktor koreksi. Data anomali Bouguer lengkap yang diperoleh masih berada dalam koordinat geografis dengan satuan derajat sehingga perlu ditransformasi ke universal transverse mercator (UTM) dalam satuan meter agar lebih mudah diinterpretasi.

2.2 Pemodelan Tiga Dimensi (3D)

Pemodelan yang dilakukan pada penelitian ini adalah pemodelan 3D dengan menggunakan software Grablox 1.6e dan Bloxer 1.6e. Pemodelan ini dibagi menjadi dua tahapan yaitu pemodelan ke depan (*forward modeling*) dan pemodelan inversi (*inverse modeling*). Pemodelan ke depan dilakukan untuk mendapatkan atau menghasilkan data perhitungan teoritik untuk suatu konfigurasi atau nilai parameter model tertentu, yang nantinya diharapkan dapat menggambarkan keadaan struktur bawah permukaan bumi [7]. Pemodelan ke depan dilakukan dengan membuat model awal berupa blok mayor dan blok minor pada program grablox 1.6e dengan menentukan model awal berupa ukuran yang terdiri dari blok utama (blok mayor) dan blok-blok kecil (blok minor). Blok utama menggambarkan luasan (volume) daerah penelitian dan blok-blok kecil menggambarkan sebaran densitas. Model awal yang telah ditentukan, selanjutnya dilakukan pemodelan inversi yang dimulai dari inversi base, inversi densitas dan inversi ketinggian blok. Setelah dilakukan ketiga inversi ini maka diperoleh hasil pemodelan 3D struktur bawah permukaan. Pemodelan inversi diawali dengan melakukan pencocokan antara geometri model awal yang dibuat dengan geometri data gravitasi menggunakan software grablox. Setelah melakukan pencocokan antara geometri model awal dan data gravitasi, maka akan dilakukan proses komputasi. Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses komputasi dimulai dari inversi base, inversi densitas dan inversi ketinggian blok. Inversi base bertujuan untuk menyesuaikan anomali gravitasi positif dan negatif yaitu dengan meminimalkan ketidak cocokan antara data pengukuran dan perhitungan. Inversi density bertujuan untuk mengetahui variasi kepadatan absolute bawah permukaan daerah penelitian dimana medan gravitasi telah diukur serta meminimalkan kesalahan data perhitungan dan data pengukuran [8]. Inversi terakhir yang dilakukan pada anomali Bouguer lengkap adalah inverse height. Tujuan dari inversi ini adalah untuk mendapatkan tingkat kedalaman blok.

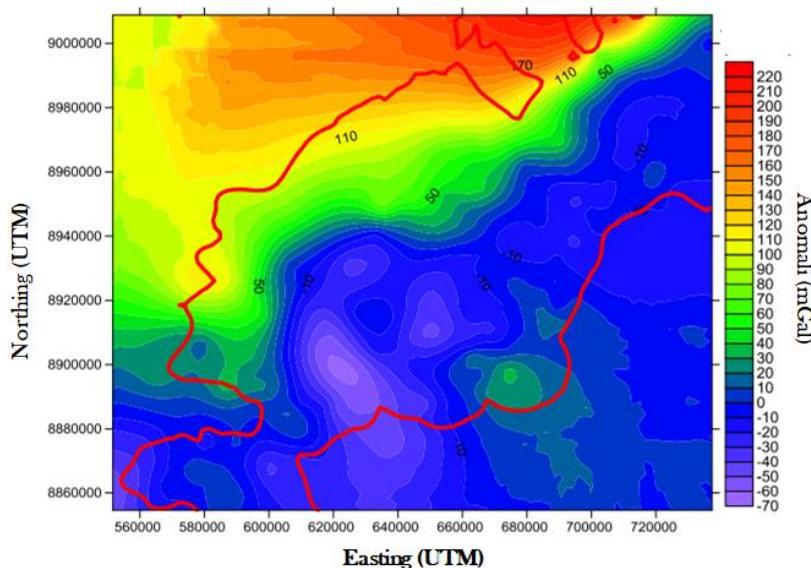
2.3 Interpretasi

Interpretasi dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi kualitatif dilakukan berdasarkan model kontur anomali gravitasi Bouguer lengkap pulau Timor Barat, sedangkan interpretasi kuantitatif dilakukan berdasarkan hasil pemodelan tiga dimensi (3D) pulau Timor Barat.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Interpretasi Kualitatif

Interpretasi kualitatif didasarkan pada pola kontur anomali medan gravitasi bumi. Gambar 1 merupakan peta kontur anomali Bouguer lengkap yang menggambarkan pola penyebaran densitas batuan yang berada di bawah permukaan daerah penelitian. Berdasarkan Gambar 1, distribusi massa benda di bawah permukaan suatu daerah mempunyai nilai yang berbeda - beda karena adanya perbedaan densitas massa benda. Nilai anomali Bouguer lengkap dikelompokkan menjadi dua anomali yaitu anomali positif dan anomali negatif. Anomali positif (0 sampai 220 mGal) ditandai dengan skala warna hijau hingga orange dan anomali negatif (0 sampai -70 mGal) yang ditandai dengan skala warna biru hingga ungu. Anomali Bouguer positif mencerminkan nilai densitas bawah permukaan yang relatif lebih besar daripada densitas sekitarnya. Anomali Bouguer positif berada di bagian utara. Anomali Bouguer negatif mencerminkan nilai densitas bawah permukaan yang relatif lebih rendah daripada densitas sekitarnya. Anomali Bouguer negatif berada di bagian selatan daerah penelitian [9].

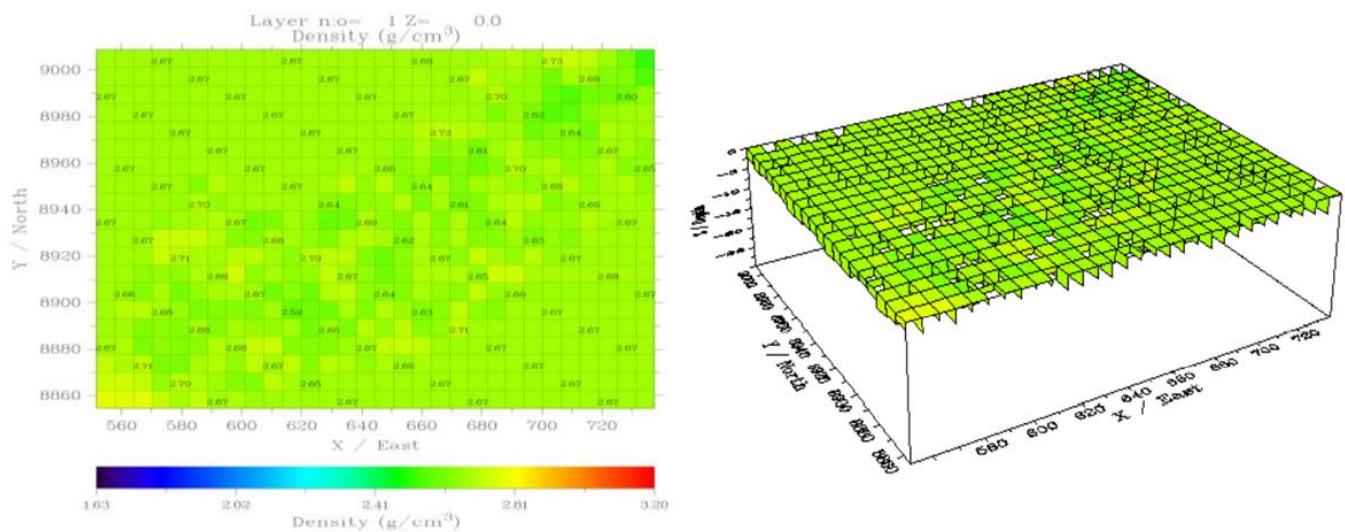


Gambar 1. Peta kontur anomali Bouguer lengkap

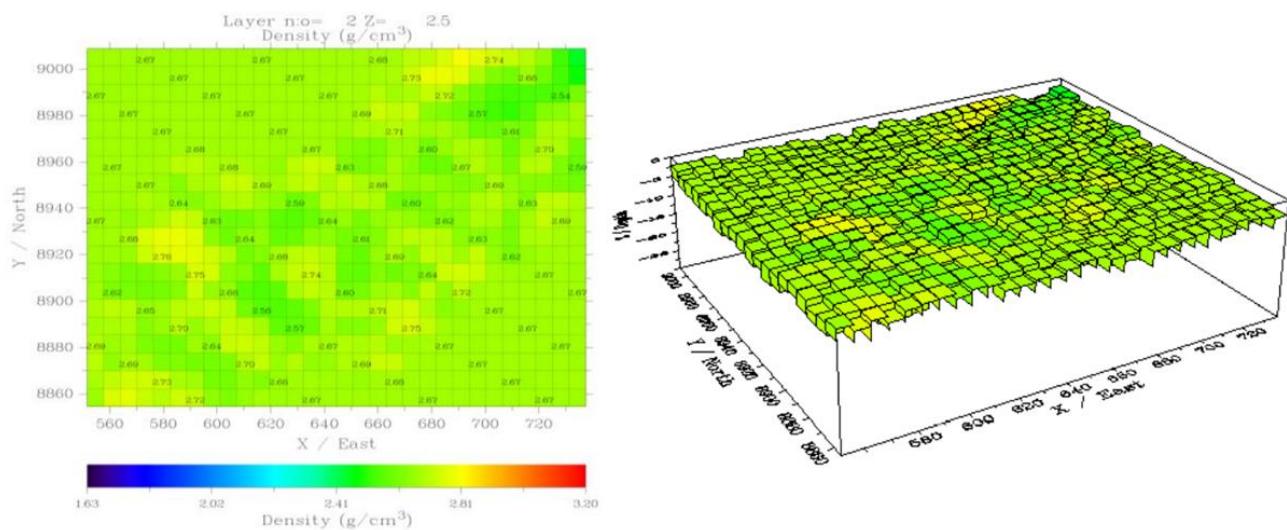
3.2 Interpretasi Kuantitatif

Interpretasi secara kuantitatif untuk mendapatkan bentuk struktur bawah permukaan dilakukan dengan pemodelan. Pemodelan yang dilakukan pada penelitian ini adalah pemodelan 3D terhadap data anomali Bouguer lengkap daerah penelitian. Interpretasi kuantitatif dilakukan dengan cara menganalisis hasil pemodelan tiga dimensi (3D) struktur bawah permukaan daerah penelitian, dari lapisan pertama sampai lapisan ke sepuluh dengan ketebalan masing - masing lapisan adalah 3 km. Proses ini dibagi menjadi dua tahapan yaitu pemodelan ke depan (*forward modeling*) dan pemodelan inversi (*inverse modeling*).

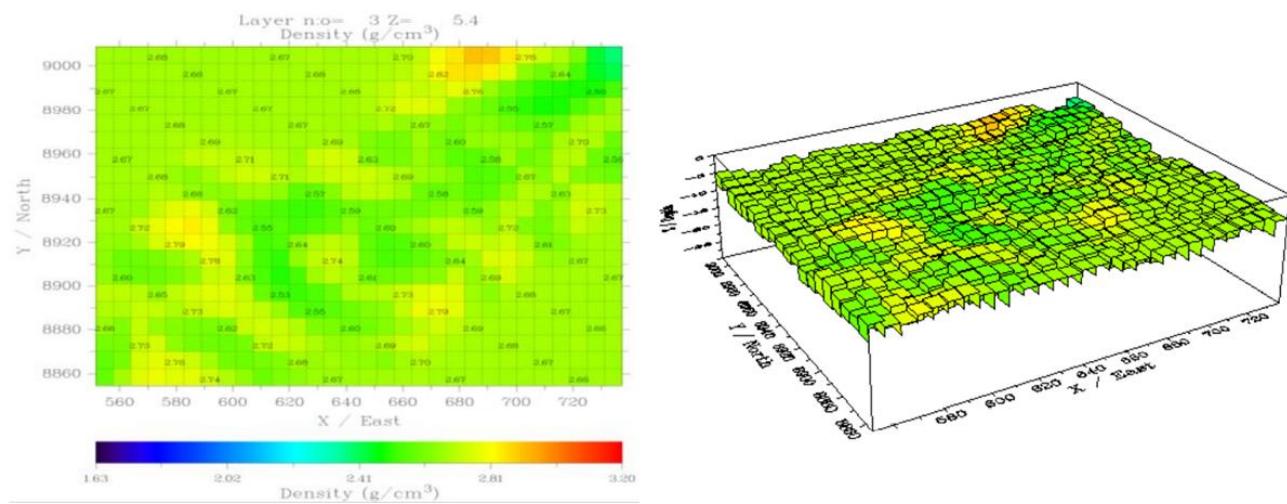
Pemodelan 2D memiliki jumlah blok yang dibuat adalah 30 blok minor pada arah x dan 20 pada arah y dan jumlah lapisan yang dibuat sebanyak 10 lapisan sehingga jumlah keseluruhan blok dari lapisan pertama sampai terakhir adalah 6000 blok. Kedalaman blok sekitar 30 km dengan ketebalan masing - masing lapisan 3 km. Nilai densitas yang digunakan adalah nilai densitas kerak bumi yaitu 2.67 gr/cm^3 . Dalam tahapan inversi, terdapat sepuluh lapisan yang dibuat dengan kedalaman 30 km sehingga ketebalan dari masing-masing lapisan adalah 3 km. Setiap lapisan yang dibuat menggambarkan sebaran densitas batuan bawah permukaan pulau Timor Barat.



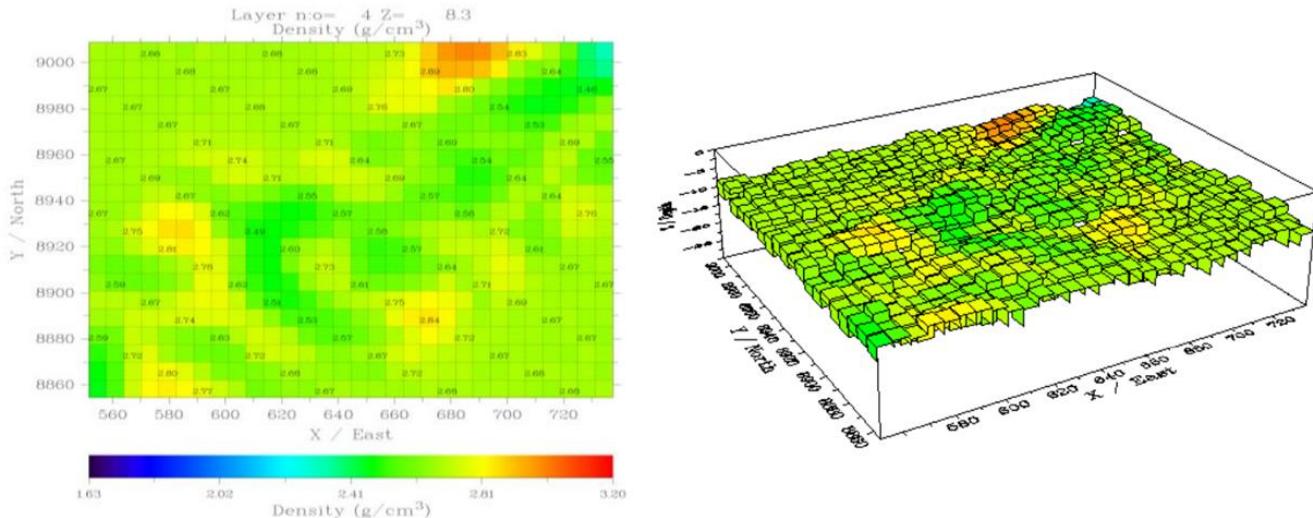
Gambar 2. Model 2D dan 3D lapisan pertama



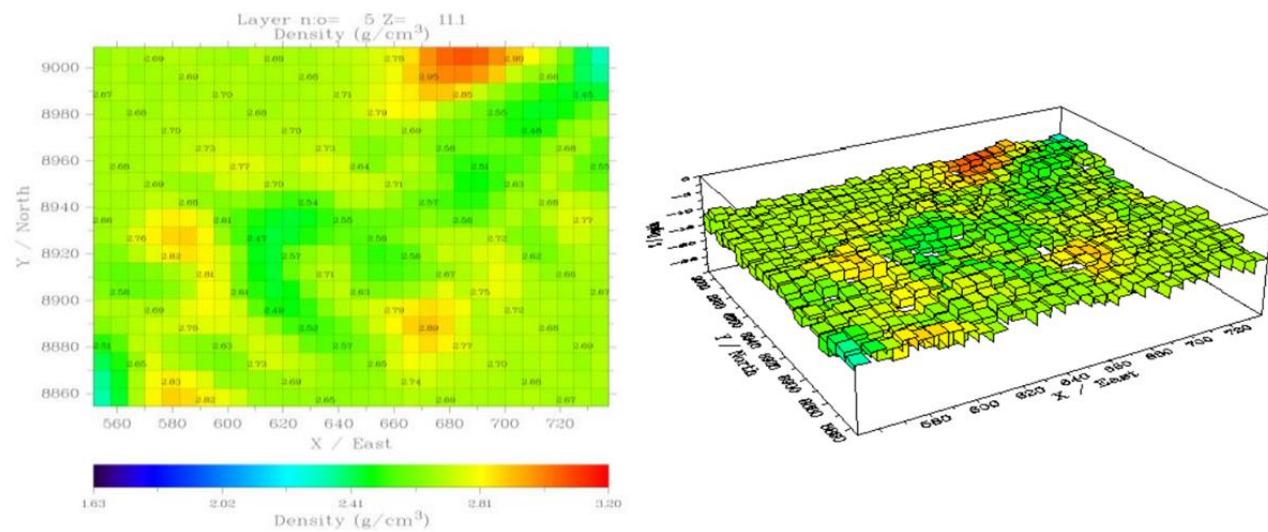
Gambar 3. Model 2D dan 3D lapisan kedua



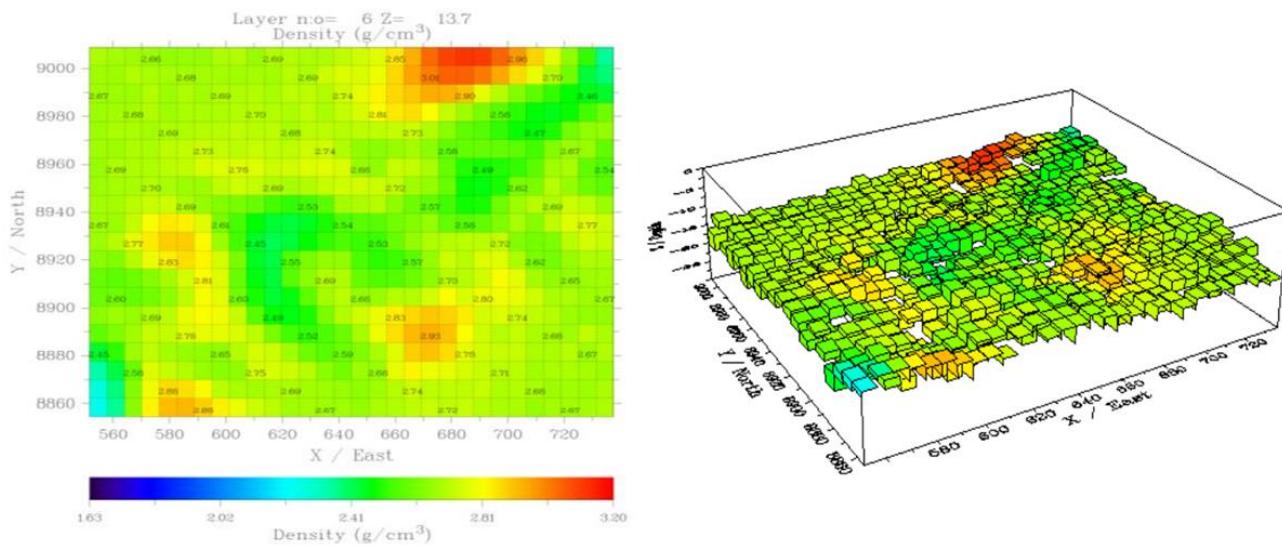
Gambar 4. Model 2D dan 3D lapisan ketiga



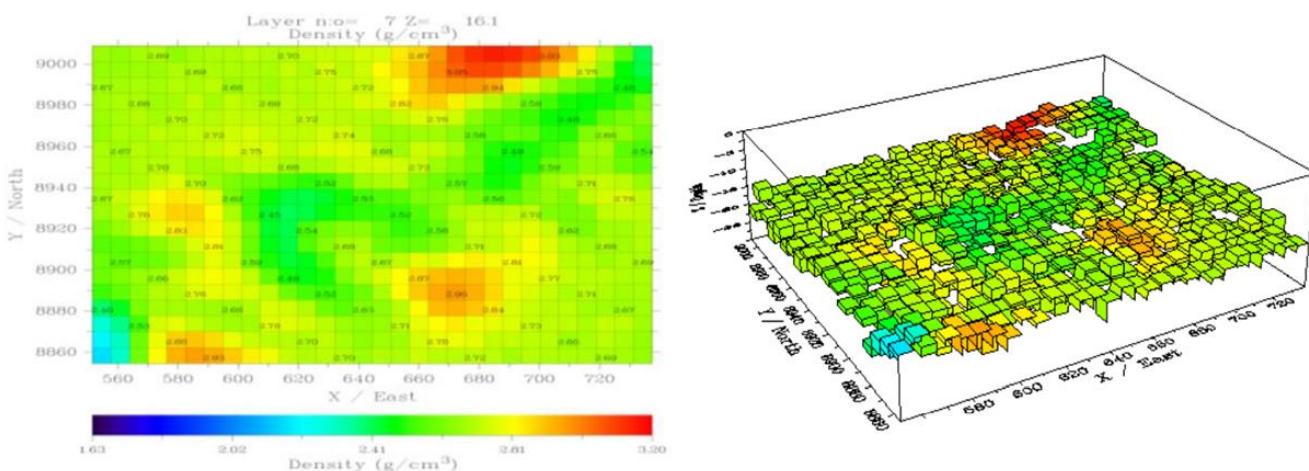
Gambar 5. Model 2D dan 3D lapisan keempat



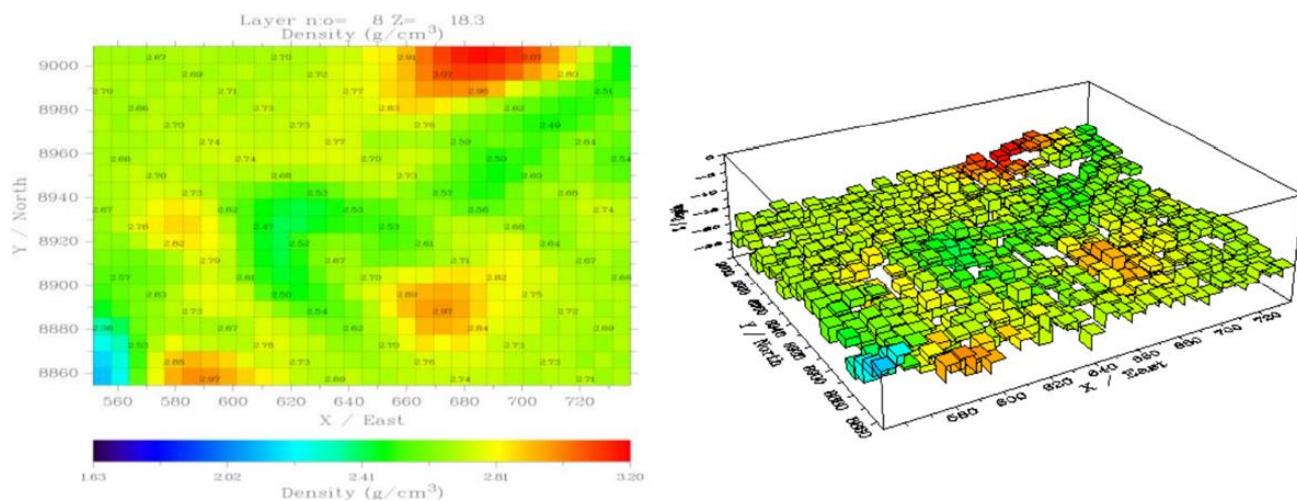
Gambar 6. Model 2D dan 3D lapisan kelima



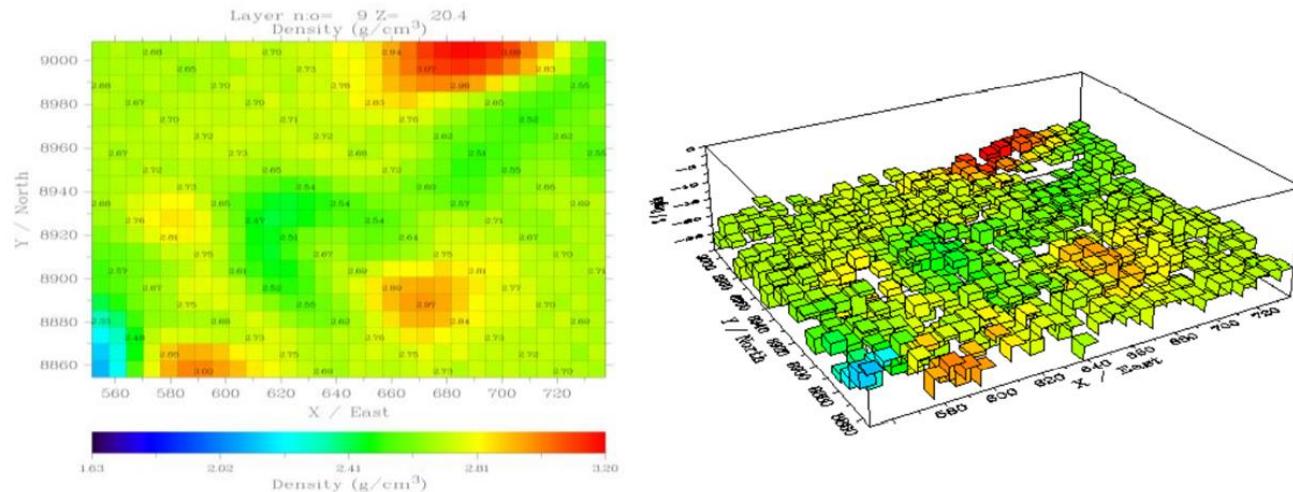
Gambar 7. Model 2D dan 3D lapisan keenam



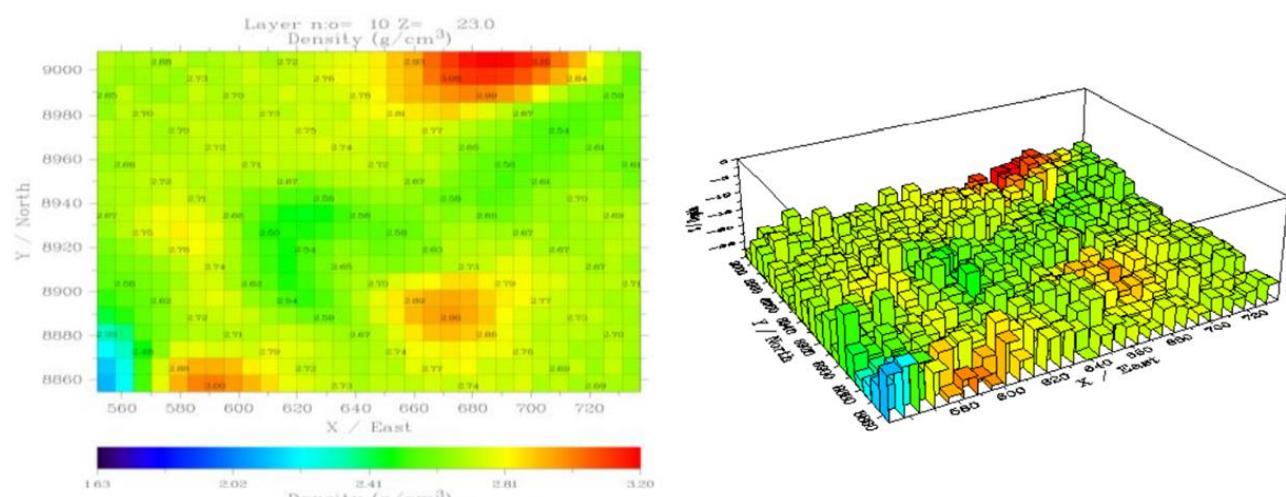
Gambar 8. Model 2D dan 3D lapisan ketujuh



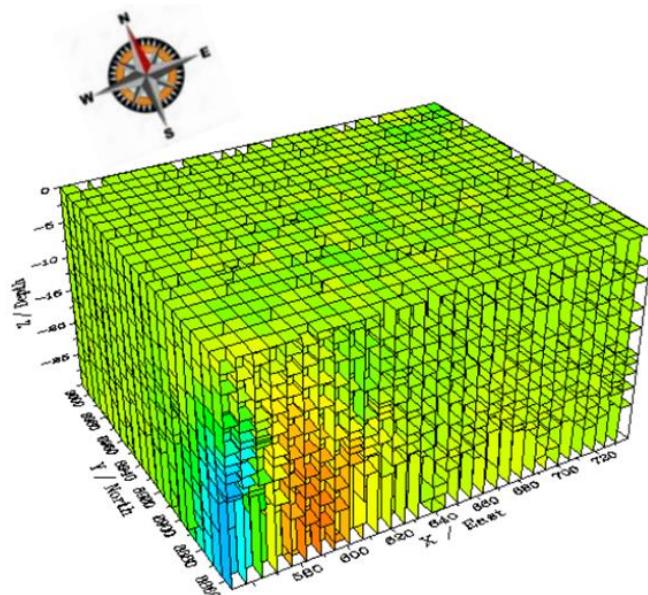
Gambar 9. Model 2D dan 3D lapisan kedelapan



Gambar 10. Model 2D dan 3D lapisan kesembilan



Gambar 11. Model 2D dan 3D lapisan sepuluh

**Gambar 12.** Model 3D sebaran densitas keseluruhan lapisan

Penyebaran densitas batuan bawah permukaan mengaju pada tabel referensi densitas batuan menurut [10] dapat dilihat pada Table 1.

Tabel 1. Penyebaran densitas batuan bawah permukaan

Lapisan	Kedalaman (m)	Kisaran nilai densitas (gr/cm ³)	Pendugaan Batuan
Pertama	0 – 2,4	2,59 – 2,73	Pasir, gamping, dolomit, sekis, kuarsa, granulit, genis, marmer, filit, dan sabak.
Kedua	2,5 – 5,3	2,54 – 2,75	Pasir, gamping, dolomit, sekis, kuarsa, granulit, genis, marmer, filit, dan sabak.
Ketiga	5,4 – 8,2	2,50 – 2,82	Pasir, gamping, dolomit, sekis, granulit, genis, marmier, filit, dan sabak.
Keempat	8,3– 11	2,46 – 2,89	Pasir, gamping, dolomit, sekis, granulit, genis, marmer, filit, dan sabak.
Kelima	11,1 – 13,6	2,45 – 2,95	Pasir, gamping, dolomit, sekis, kuarsa, granulit, genis, marmer, filit, sabak dan amfibolit
Keenam	13,7 – 16	2,45 – 3,01	Pasir, gamping, dolomit, sekis, kuarsa, granulit, genis, marmer, filit, sabak dan amfibolit.
Ketujuh	16,1 – 18,2	2,40 – 3,05	Pasir, gamping, dolomit, sekis, kuarsa, granulit, genis, marmer, filit, sabak dan amfibolit.
Kedelapan	18,3 – 20,3	2,36 – 3,07	Pasir, gamping, dolomit, sekis, kuarsa, granulit, genis, marmer, filit, sabak dan amfibolit.
Kesembilan	20,4 – 22,9	2,33 – 3,07	Pasir, gamping, dolomit, sekis, kuarsa, granulit, genis, marmer, filit, sabak dan amfibolit
Kesepuluh	23 – 30	2,33 – 3,10	Pasir, gamping, dolomit, sekis, kuarsa, granulit, genis, marmer, filit, sabak dan amfibolit.

Berdasarkan tampilan model keseluruhan dari lapisan pertama sampai lapisan kesepuluh menunjukkan bahwa jenis batuan yang terdapat di daerah penelitian yaitu batuan sedimen dan batuan metamorf dengan nilai densitas yang berkisar dari 2,33 gr/cm³ hingga 3,10 gr/cm³ diiduga sebagai batuan pasir, gamping, dolomit, sekis, kuarsa, granulit, genis, marmer, sabak, dan amfibolit. Variasi densitas ini ditunjukkan oleh nilai-nilai densitas yang terdapat pada blok minor dan skala

warna pada masing-masing lapisan. Gambar 12 merupakan model sebaran densitas dalam bentuk tiga dimensi (3D) daerah penelitian dari lapisan pertama sampai lapisan kesepuluh dengan kedalaman 30km. Berdasarkan hasil inversi yang telah dilakukan, maka diperoleh nilai densitas rata-rata keseluruhan yaitu 2.67965 gr/cm^3 . Kisaran nilai densitas yang didapat maka diduga batuan dasar pulau Timor Barat (daratan) untuk kedalaman 30 km yaitu batuan amfibolit yang merupakan batuan metamorf dan ditemukan pada kedalaman 11,1 km hingga 30 km. Hal ini serupa dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa batuan dasar pulau Timor adalah batuan metamorf.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian distribusi pola penyebaran anomali Bouguer lengkap pada daerah penelitian didominasi oleh anomali bernilai positif dan negatif. Nilai anomali positif lebih dari 0 mGal hingga 220 mGal terdapat dibagian utara daerah penelitian sedangkan anomali negatif kurang dari 0 mGal hingga -70 mGal terdapat dibagian selatan daerah penelitian. Hasil inversi yang dilakukan diperoleh variasi nilai densitas batuan dari lapisan pertama sampai kesepuluh berkisar dari $2,33 \text{ gr/cm}^3$ sampai $3,10 \text{ gr/cm}^3$ yang diduga batuan pasir, gamping, dolomit, sekis, kuarsa, granulit, genis, marmer, sabak, dan amfibolit. Hasil interpretasi pemodelan 3D dari masing -masing lapisan, dapat diduga bahwa batuan dasar (basement rock) pulau Timor Barat adalah batuan amfibolit yang merupakan batuan metamorf yang terdapat pada kedalaman 11,1 km hingga 30 km.

Daftar Pustaka

- [1] Tanesib et al, "Interpretasi Bawah Permukaan Pulau Timor dengan Pemodelan 3D Berdasarkan Interpretasi Bawah Permukaan Pulau Timor dengan Pemodelan 3D Berdasarkan Data Anomali Gravitasi," vol. 1, no. March, pp. 40-55, 2021.
- [2] B. Linong, J. L. Tanesib, J. Tarigan, and L. A. S. Lapono, "Interpretasi Bawah Permukaan Pulau Lembata Dengan Model 3D Menggunakan Metode Gravitasi," *J. Fis.*, vol. 1, no. 1, pp. 43-51, 2016.
- [3] J. Parapat, A. Hilyah, W. Utama, and T. Rahadinata, "Pemodelan 3D Data Gaya Berat Untuk Mengidentifikasi Sumber Panas Daerah Panas Bumi Sipoholon, Sumatera Utara," *J. Geosaintek*, vol. 3, no. 3, p. 167, 2017, doi: 10.12962/j25023659.v3i3.3215.
- [4] R.J. Blakely, *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press USA., 1995.
- [5] M. Simamora, W. H., and Untung, *Preliminary Bouguer Anomaly, West Timor., Geological Research and Development Centre*. Bandung, 1983.
- [6] Tanesib. J. L, "Kajian Tektonika Pulau Timor: Interpretasi Bawah Permukaan Pulau Timor dan Sekitarnya dengan Metode Gravitasi," Universitas Gajah Mada, Yogyakarta., 2010.
- [7] A. I. Pellokila, J. L. Tanesib, and B. Bernandus, "Identifikasi Keberadaan Basement Di Bawah Cekungan Timor Berdasarkan Data Anomali Gravitasi Dengan Pemodelan Tiga Dimensi," *J. Fis. Fis. Sains dan Apl.*, vol. 3, no. 1, pp. 1-11, 2018, doi: 10.35508/fisa.v3i1.588.
- [8] F. Indrarini Wulandari et al, "Identifikasi Keberadaan Basement Di Bawah Cekungan Timor Berdasarkan Data Anomali Gravitasi Dengan Pemodelan Tiga Dimensi," *J. Fis. Indones.*, vol. 3, no. 57, pp. 1-9, 2017, doi: 10.22146/jfi.27089.
- [9] G. Tematur, J. L. Tanesib, and R. K. Pingak, "Interpretasi Bawah Permukaan Gunung Anak Ranakah Dengan Pemodelan Dua Dimensi (2D) Berdasarkan Data Anomali Gravitasi Lokal," *J. Fis. Fis. Sains dan Apl.*, vol. 3, no. 1, pp. 54-58, 2018, doi: 10.35508/fisa.v3i1.595.
- [10] W. M. Telford, L. P. Geldart, and R. E. Sheriff, "Chapter 2-Gravity Methods.pdf." .