

Penerapan Metode Geomagnetik Untuk Mengetahui Pola Perlapisan Batuan Bawah Permukaan Gunung Timau

Aidy R, F, S, Liukae¹, Jehunias L. Tanesib², Yanti Boimau³

^{1,2}Program Studi Fisika, Universitas Nusa Cendana, Kupang, Indonesia.

³Program Studi Fisika, Universitas San Pedro, Kupang, Indonesia

Email korespondensi : Aidyrobenci@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian dengan pemodelan dua dimensi metode geomagnet pada wilayah Timau, Kecamatan Amfoang Tengah, Kabupaten Kupang. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis batuan bawah permukaan untuk mengetahui struktur perlapisan batuan dalam mendirikan bangunan observatorium di lokasi penelitian. Daerah penelitian dengan 40 titik ukur. Proses akuisisi data dengan sistem looping menggunakan alat *Proton Prosission Magnetometer* (PPM) tipe GSM-19T. Data yang diperoleh di lapangan berupa nilai medan magnet total. Penentuan posisi titik ukur menggunakan *Global Positioning System* (GPS). Pengolahan data diawali dengan koreksi variasi harian dan koreksi IGRF untuk mendapatkan anomali magnetik. Reduksi kontinuasi ke atas pada ketinggian 10 meter bertujuan untuk memisahkan anomali lokal dan anomali regional. Pemodelan dengan metode forward modeling menggunakan software *Mag2DC* for windows. Hasil interpretasi kualitatif diperoleh dua pola anomali, yaitu anomali sedang dengan rentang nilai 1 nT - 32 nT, dan anomali rendah dengan rentang nilai -60 nT-0 nT. Interpretasi kuantitatif menunjukkan bahwa di lokasi terdapat dua jenis batuan, seperti batu pasir dengan suseptibilitas dimulai dari 0,000021-0,000993 cgs unit; batu gamping dengan suseptibilitas dimulai dari 0,000698-0,001161 cgs unit.

Masuk:

04 Maret 2022

Diterima:

26 Maret 2022

Diterbitkan:

28 Maret 2022

Kata kunci:

Gunung Timau, metode geomagnat, suseptibilitas batuan, anomaly.

1. Pendahuluan

Nusa Tenggara Timur memiliki tatanan yang sangat kompleks yang disebabkan oleh pergerakan lempeng dan juga aktivitas sesar sehingga merupakan salah satu daerah dengan aktivitas kegempaan yang cukup tinggi. Khusus pulau Timor gempa yang lebih banyak terjadi yaitu gempa bumi menengah yang kebanyakan terjadi karena aktivitas subduksi lempeng [1]. Kabupaten Kupang merupakan salah satu kabupaten di Nusa Tenggara Timur yang memiliki topografi yang bergunung-gunung dan berbukit dengan derajat kemiringan mencapai 45° . Kabupaten Kupang memiliki kriteria yang layak untuk menjadi lokasi Observatorium, yaitu sedikit cakupan awan, transparansi langit yang tinggi, langit yang gelap, kelembaman udara yang rendah, dan turbulensi udara yang kecil [2]. Nusa Tenggara Timur juga memiliki hari cerah rata-rata tertinggi setiap tahun, berdasarkan studi cakupan awan yang dilakukan tersebut, sehingga memenuhi kriteria lokasi yang layak di Indonesia untuk dijadikan lokasi Observatorium yaitu sekitar Gunung Timau Desa Bitobe Kecamatan Amfoang Tengah Kabupaten Kupang [3]. Bosscha merupakan Observatorium tertua dan satu-satunya yang terbesar di Indonesia saat ini [4]. Observatorium adalah sebuah lokasi dengan perlengkapan yang dilekatkan permanen yang berada dalam gedung, sehingga perlu adanya kajian tentang pola perlapisan batuan bawah permukaan dengan studi tentang kebumian menggunakan pengukuran-pengukuran fisika [5].

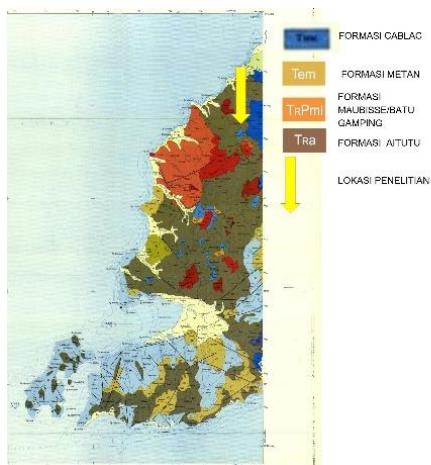
Metode geomagnetik adalah salah satu cabang ilmu yang paling tua dalam pengetahuan geofisika [6]. Metode ini memiliki sifat yang kompleks karena mempunyai besar dan variasi arah (vektor), serta sangat dipengaruhi oleh adanya mineralisasi yang mengandung bahan feromagnet yang bersifat lokal oleh karena hal tersebut interpretasi data magnet yang tepat lebih sukar dilaksanakan [7]. Pada metode ini, bumi diyakini sebagai batang magnet raksasa di mana tempat medan magnet bumi dihasilkan. Teramatnya medan magnet bumi pada bagian bumi tertentu disebut anomali magnet yang dipengaruhi oleh suseptibilitas batuan dan remanen magnetiknya [8]. Akan tetapi deteksi kemagnetan memerlukan peralatan yang relatif lebih sederhana dan operasional yang lebih mudah dan murah serta data kemagnetan tersebut dapat digunakan untuk mengetahui struktur mineralisasi yang terjadi [9]. Aplikasi metode geomagnetic dapat digunakan untuk

eksplorasi minyak, ketebalan sedimen, struktur batuan magnetik, vulkanologi dan hidrologi [10]. Hal ini menjadi alasan bagi penulis untuk menggunakan metode geomagnet dalam penelitian yang akan dilakukan, terutama akuisisi dan pengujian untuk mengetahui anomali magnetik kemudian dipetakan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan lokasi calon pembangunan observatorium yang baru.

2. Metode Penelitian

2.1 Keadaan Geologi Daerah Penelitian

Lokasi penelitian bertempat di Kabupaten Kupang Provinsi Nusa Tenggara Timur. Secara Astronomis terletak pada posisi $121,5^{\circ}$ BT - $124,183^{\circ}$ BT dan $9,316^{\circ}$ LS - $10,95^{\circ}$ LS. Terdapat beberapa formasi batuan pada daerah penelitian. Secara umum terdapat pada peta geologi Kabupaten Kupang Gambar 1.



Gambar 1. Peta Geologi Kabupaten Kupang [1]

Formasi Cablac, terdiri dari batugamping bioklastik, umumnya kristalin, ukuran butir halus sampai kasar, warna putih keabu-abuan muda, abu-abu kemerahan, berlapis tebal, kandungan foraminifera besar Lepidocyclina yakni Eulepidina sp, Cycloclypeus sp, Lepidocyclina sp, Nepholepidina sp, Pararotalia sp, Amphistegina sp, Planarbulina sp, Textularia sp, Globigerina sp, Spiroclypeus sp, Miogypsina sp, Operculina sp, Lithothamnium sp (spesies ganggang). Satuan ini melingkupi secara tidak selaras Formasi Wailuli, Formasi Aitutu dan Formasi Maubesse, tebal ± 600 m. Formasi Metan (Tem), terdiri atas agglomerat dengan komponen-komponen yang bersudut dan bersudut tengggung di dalam masa dasar tufa. Komponen-komponen tersebut terdiri dari andesit dan tufa gelas yang ukurannya mencapai sebesar kepala tangan. Umumnya tidak terpilahkan, pejal tetapi di beberapa tempat berlapis baik. Masa dasarnya adalah tufa kasar yang berwarna putih kotor, kuning kotor sampai kehijauan yang kadarnya semakin keatas semakin besar. Di antara agglomerat dan tufa tersebut didapatkan sisipan-sisipan lava. Umumnya berkomposisi andesit, sebagian berstruktur gelas dan mengandung hornblenda. Pada bagian atas agglomerat didapat lensa-lensa batu gamping dan napal pasiran yang berwarna kelabu muda sampai kelabu tua, banyak mengandung foraminifera maupun ganggang. Disamping batuan di atas didapat pula napalan berwarna kelabu tua, rapuh dan banyak urat kalsitnya serta lapisan-lapisan napal tufaan. Umur Eosen, berupa agglomerat berbentuk butir sudut menyudut pada matrik tuff. Fosil dari Alveolina sp, Nummulites sp, Quinqueloculina sp, Amphistegina sp, Algae yang tidak selaras di atas Kompleks Mutis dan tidak selaras di bawah Kompleks Bobonaro, tebal sekitar 600 meter, dan merupakan endapan laut dangkal.

Formasi Aitutu. Umur Trias Akhir, litologi didominasi oleh kalsilutit (berlapis) dengan nodul rijang di beberapa tempat, kalkarenit, batu lanau dan lapisan tipis marl teralterasi. Umumnya berwarna muda keabu-abuan. Fosil terdiri dari Halobia sp dan Monotis sp. Ketebalan antara 200-500 m, di lingkungan pengendapan laut terbuka, tektonik setting di batas lempeng atau continental margin. Aspek ekonomis adalah berupa rembesan minyak dan gas, lempung dan lanau bituminous yang merupakan batuan induk dari hydrocarbon. Satuan ini sebanding dengan Seri Kekneno. Selaras di bawah Formasi Wailluli. Formasi Maubise (TPml), Satuan batugamping terdiri dari batugamping berwarna merah kecoklatan sampai ungu (TPml) yang kelihatannya saling jari-menjari yang berasal dari Crinoid, Algae (ganggang), Brachiopoda, koral, Fusulmid sp dan Globella, kontak tektonik dengan Formasi Aileu, tebal sekitar 500 m, dan merupakan endapan laut dangkal. Bagian bawah terdiri-dari batu gamping pejal berlapis baik dengan selingan tipis batu rijang. Semakin keatas

pelapisannya menjadi samar dan akhirnya merupakan batu gamping pejal tidak berlapis. Tetapi di bagian atas masih ditemukan sisipan-sisipan serpih pasiran berwarna merah jambu sampai kecoklatan. Batuan tersebut umumnya telah mengalami ubahan dan tektonik lanjut dan mungkin berulang-ulang. Formasi ini mudah dikenali karena membentuk bukit bukit atau kelompok bukit yang sangat menonjol dan dikenal dengan istilah "Fatu". Umur Perm, berupa batugamping bioklastik berlapis dan batugamping terumbu karang.

2.2 Akuisisi dan Analisa Data

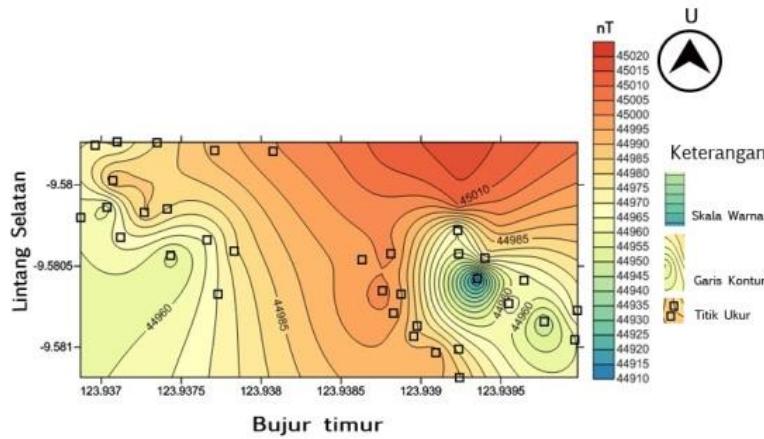
Akuisisi di lokasi penelitian menggunakan 1 set alat PPM (Proton Prosing Magnetometer) tipe GSM-19T, untuk mendapatkan nilai medan magnetik total yang disimbolkan (H_T), dengan variasi harian yang diukur setiap dua jam sekali karena pengambilan data menggunakan metode *looping*, (akuisisi diawali di base dan diakhiri di base), serta koordinat tiap titik ukur yang tersebar di lokasi penelitian sebanyak 40 titik, dengan jarak masing-masing titik 50 m, yang tersebar di lokasi penelitian, namun tidak membentuk grid. koreksi-koreksi (reduksi data), dalam hal ini koreksi variasi harian dan koreksi IGRF kemudian melakukan upward continuation (kontinuasi ke atas) dan Menghitung nilai anomali magnetik dari data medan total menggunakan persamaan:

$$\vec{\Delta H} = (\vec{H}_T \pm \vec{\Delta H}_{\text{Harian}}) - \vec{H}_M \quad (1)$$

dari hasil perhitungan yang ada dapat dibuat sayatan melintang di lokasi penelitian kemudian melakukan pemodelan anomali magnetik 2 dimensi. Pemodelan dilakukan menggunakan bantuan *software Surfer 10, Magpick dan Mag2DC*, untuk mendapatkan profil bawah permukaan.

3. Hasil dan Pembahasan

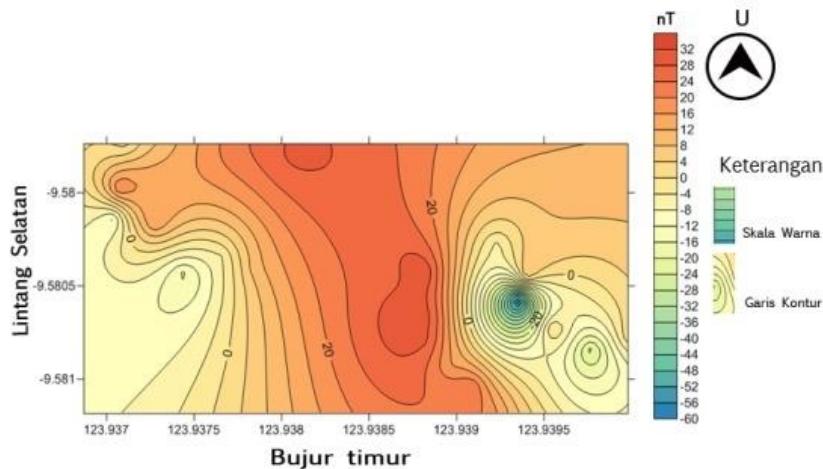
Penerapan metode geomagnet untuk mengetahui pola perlapisan batuan pada Lokasi penelitian yang berada di puncak Gunung Timau, dengan ketinggian ± 1774 meter dari permukaan laut. Puncak Gunung Timau ini merupakan target pembangunan Observatorium Nasional yang baru di Indonesia, daerah penelitian yang berada di puncak Gunung dan memiliki kondisi yang ekstrim sehingga sulit untuk peneliti melakukan pengambilan data. Hasil pengolahan dengan Mag2dc ini baru dapat dikatakan mendekati kebenaran jika semakin berimpitnya kedua kurva yakni, kurva anomali model terhadap kurva anomali observasi disertai dengan eror yang kecil. Peta kontur medan magnet total bumi pada lokasi penelitian dengan kisaran kontras dari 44910 nT-45025 nT, dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Sebaran titik- titik ukur di lokasi penelitian (interval 10 nT)

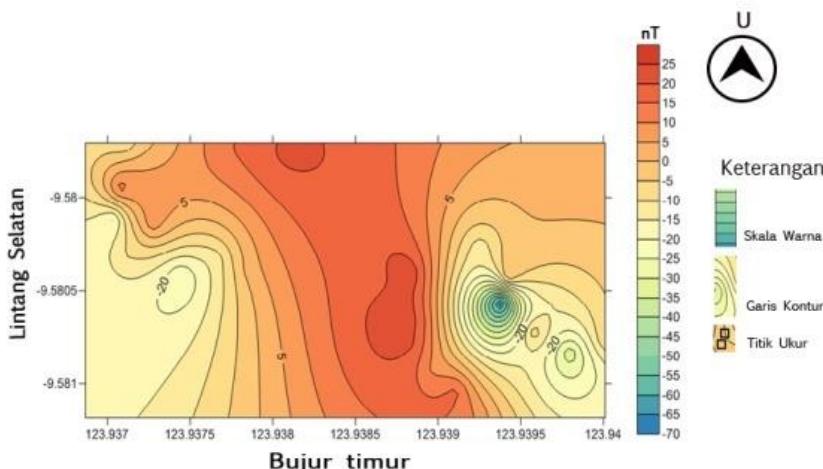
3.1 Interpretasi Kualitatif

Pada dasarnya interpretasi kualitatif ini diperlukan untuk mengetahui gambaran umum dari suatu lokasi penelitian berdasarkan peta kontur anomali magnetik (ΔH) pada lokasi pegambilan data, interpretasi ini dilakukan dengan membaca pola anomali magnetik (ΔH) yang ditampilkan oleh program sufer 11, serta dianalisis dengan mempertimbangkan informasi geologi dari daerah penelitian, yang ada pada peta geologi, peta anomali dan atau pengamatan secara langsung di lokasi penelitian yaitu, untuk melihat sebaran batuan permukaan tanah.



Gambar 3. Peta kontur anomali magnetik (ΔH) lokasi penelitian (interval 10 nT)

Berdasarkan peta kontur anomali magnetik (ΔH) pada gambar 3 memperlihatkan bahwa perbedaan skala warna tersebut merupakan nilai intensitas magnet yang berkisar antara -60 nT sampai 36 nT. Dalam hal ini dapat dikategorikan bahwa pada lokasi penelitian dibagi menjadi 2 (dua) pola anomali, yaitu anomali rendah, dan anomali sedang. Anomali rendah dengan rentang nilai antara -60 nT - 0 nT, anomali sedang dengan rentang nilai antara 1 nT-36 nT. Berdasarkan informasi geologi dari peta Geologi gambar 1 dan hasil pengamatan secara langsung menunjukkan bahwa lokasi penelitian memiliki 1 formasi yang dominan yakni formasi cablac yang terdiri dari batuan gamping bioklastik, dan batuan pasir yang tersebar pada lapisan bawah permukaan sampai ke permukaan serta pada bagian bawah permukaan yang terdapat batuan metamorf jenis slate.



Gambar 4. Peta kontur anomali magnetik (ΔH) hasil *upward continuation* dengan ketinggian 10 meter (interval 10 nT)

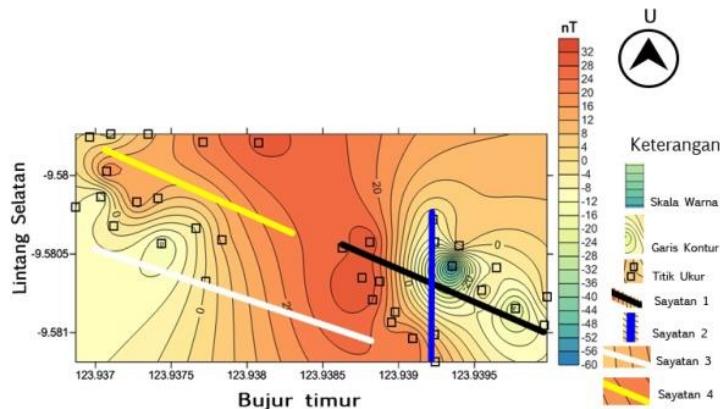
Data anomali magnetik yang telah dilakukan kontinuasi keatas (upward continuation) seperti pada gambar 4 sedikit mengalami perubahan dengan peta kontur anomali magnetik sebelum dilakukan kontinuasi seperti pada gambar 3 karena sebagian data telah direduksi. Anomali magnetik yang telah dilakukan kontinuasi keatas inilah yang akan dibuat pemodelan untuk interpretasi kuantitatif.

3.2 Interpretasi Kuantitatif

Interpretasi kualitatif sangat bermanfaat dalam pemetaan struktur, namun interpretasi kualitatif memiliki kekurangan karena masih adanya faktor remanensi magnetik yang dapat mengakibatkan kurang tepatnya analisa. Sehingga untuk menghilangkan faktor remanensi maka perlu adanya interpretasi kuantitatif, untuk mengambarkan struktur bawah permukaan dari data yang terukur di lapangan. Untuk mengetahui struktur bawah permukaan lokasi penelitian maka diperlukan pemodelan bawah permukaan berupa pemodelan 2D (dua dimensi) dengan menggunakan software Mag2DC.

Dari sofware Mag2DC dapat kita ketahui struktur perlapisan batuan berdasarkan kontras suseptibilitas dari setiap batuan dan mineral yang tersebar di bawah permukaan lokasi penelitian.

Data yang diperlukan untuk membuat pemodelan 2D (dua dimensi) yaitu data-data hasil sayatan dari peta anomali residual (local) yang dapat mewakili anomali magnetik di bawah permukaan. Terdapat 4 sayatan pada peta kontur anomali residual (local) dengan bantuan sofware surfer 11.

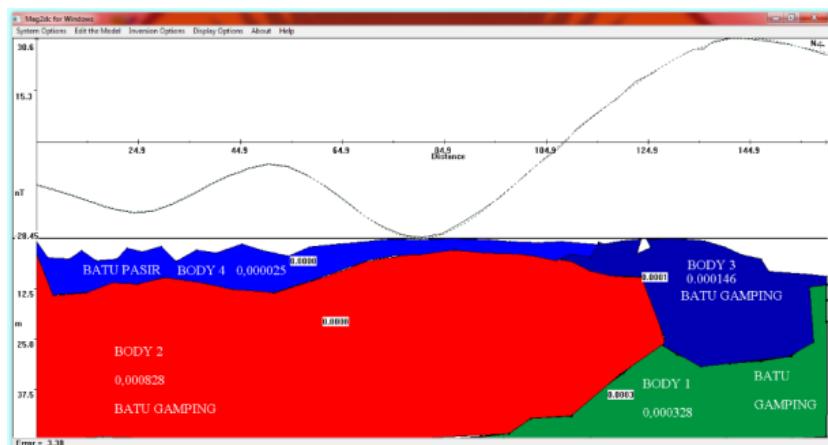


Gambar 5. Sayatan-sayatan pada lokasi penelitian yang akan dibuat pemodelan (interval 8 nT)

Tabel 1. koordinat masing-masing sayatan

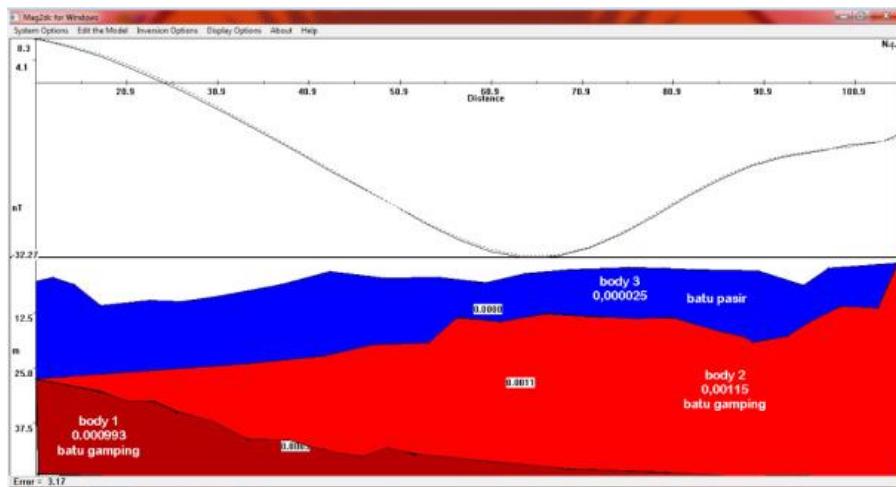
Sayatan	Lintang Selatan	Bujur Timur
A1	123,9399	-9,5809
A2	123,9386	-9,5804
B1	123,9392	-9,5811
B2	123,9392	-9,5802
C1	123,9388	-9,5810
C2	123,9369	-9,5804
D1	123,9382	-9,5803
D2	123,9370	-9,5798

Berdasarkan hasil sayatan pada profil sayatan A atau gambar 6, memiliki nilai eror 3,38%. Pada pemodelan tersebut dibatasi hingga kedalaman 50 meter dari permukaan dan tampak bahwa struktur perlapisan batuan pada lokasi penelitian tersusun atas 2 (dua) jenis batuan yaitu gamping (limestone) dan batuan pasir (sandstone) pada hasil pengolahan pertama jika dilihat dari kontras suseptibilitas yang dimiliki. Pada body satu yang berada pada kedalaman 13 – 50 meter merupakan batuan gamping dengan kontras suseptibilitas 0,000328 cgs unit dengan ketebalan \pm 30 meter sama halnya dengan body 2 yang merupakan batuan gamping (limestone), pada body 2 batuan gamping juga berada pada kedalaman 12-50 meter dari permukaan tanah dengan kontras suseptibilitas 0,000838 cgs unit dengan ketebalan \pm 38 meter, sedangkan body 3 juga merupakan batuan gamping dengan kontras suseptibilitas 0,000146 cgs unit yang berada di area permukaan daerah penelitian sampai pada kedalaman 12 meter batuan gamping pada body tiga ini memiliki ketebalan rata-rata 12 meter, sedangkan body 4 merupakan batuan pasir dengan ketebalan \pm 12 meter dengan kontras suseptibilitas 0,000025 cgs unit.



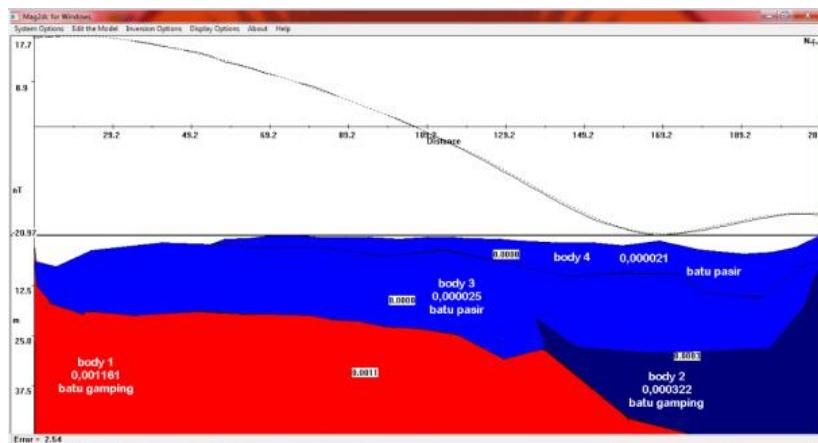
Gambar 6. Profil sayatan A

Profil sayatan B pada gambar 7 memiliki eror 3,17 % tampak dari hasil pengolahan di Mag2DC diperoleh 3 body dengan 2 jenis batuan yang sama dengan profil syatan A yaitu batuan gamping (limestone), dan batuan pasir (sandstone), ada pun hal yang membedakan kedua sayatan ini yakni pada sayatan A terdapat 4 (empat) body sedangkan pada sayatan B hanya terdapat 3 (tiga) body. Pada body 1 yang berada pada bagian dasar dari pemodelan dua dimensi diduga terdapat batuan sedimen jenis gamping (limestone) dengan kontras suseptibilitas 0,000993 cgs unit dengan ketebalan ± 19 meter yang berada pada kedalaman 29-50 meter. Pada body 2 terdapat batuan yang sama yakni jenis batuan gamping (limestone) dengan kontras suseptibilitasnya 0,00115 cgs unit dengan ketebalan diduga mencapai ± 23 meter yang berada pada kedalaman 11-49 meter dari permukaan, dan sedangkan pada body 3 yang berada di daerah permukaan dari lokasi penelitian terdapat batuan pasir dengan kontras suseptibilitas 0,000025 cgs dengan ketebalan batuan pasir ± 7 meter dari permukaan sampai kedalaman 10 meter atau dapat melebihi 10 meter.



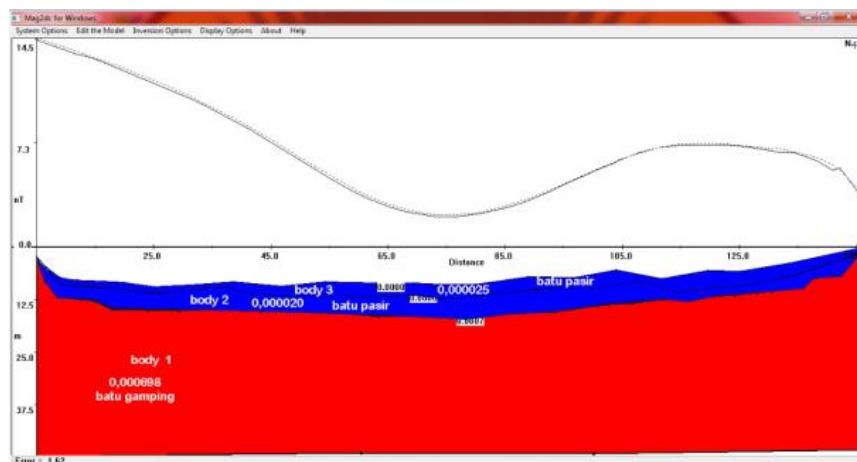
Gambar 7. Profil sayatan B

Profil sayatan C pada gambar 8 memiliki eror 2,39 % dari hasil pemodelan nampak bahwa struktur perlapisan batuan pada sayatan ini terdiri dari 4 body sama dengan sayatan A, dengan dua jenis batuan yakni batuan gamping (limestone) dan batuan pasir (sandstone) yang serupa dengan sayatan A dan sayatan B. Pada body satu dengan kontras suseptibilitas 0,001161 cgs unit yang merupakan batu gamping (limestone) berada pada kedalaman 14 -50 meter ini memiliki ketebalan ± 33 meter, body 2 yang nampak sesajar dengan body satu juga merupakan batauan gamping (limestone) dengan kontras suseptibilitas 0,000322 cgs unit dengan ketebalan ± 30 meter yang berada pada kedalaman 14 meter bahkan lebih kedalam tanah, body 3 merupakan batuan pasir dengan kontras suseptibilitas 0,000025 cgs unit dengan ketebalan ± 10 meter yang berada pada kedalaman 2- 12 meter, sedangkan pada body 4 didapat batuan pasir dengan kontras suseptibilitas 0,000021 cgs unit dengan ketebalan ± 4 meter yang berada pada kedalaman 1-12 meter dari permukaan.



Gambar. 8 Profil sayatan C

Pemodelan sayatan D seperti pada gambar 9 terdapat tiga buah body dengan eror 1,62 %. Pada hasil pemodelan ke empat ini juga diperoleh tiga body dengan dua jenis batuan saja yakni batuan pasir (sandstone) dan gamping (limestone). Pada body satu didapat batuan gamping dengan kontras suseptibilitas 0,000698 cgs unit dengan ketebalan \pm 36 meter yang berada pada kedalaman 10-50 meter bahkan lebih, body 2 diduga merupakan batuan pasir dengan kontras suseptibilitas 0,000020 cgs unit dengan ketebalan \pm 7 meter yang berada pada kedalaman 6-10 meter, dan pada body tiga merupakan batuan pasir dengan kontras suseptibilitas 0,000025 yang berada pada area permukaan sampai kedalaman \pm 12 meter dengan ketebalan \pm 6 meter.



Gambar 9. Profil sayatan D

Berdasarkan profil sayatan dari keempat sayatan di atas yakni sayatan A, B, C, dan D, hasil dua dimensi dari program software *Mag2DC*terdapat 2 jenis batuan yang sama yakni batuan gamping (limestone) dan batuan pasir (sandstone) dengan rata-rata variasi kedalaman dan ketebalan yang dapat dikatakan sama baik pada sayatan A, sayatan B, sayatan C, dan sayatan D yakni batuan gamping berada pada kedalaman \pm 14-50 meter sedangkan batuan pasir menempati area permukaan sampai pada kedalaman \pm 14 meter, namun pada sayatan A di daerah permukaan ditemukan batuan gamping, Jika dilihat dari letak kedua batuan di atas dapat disimpulkan bahwa area permukaan dari lokasi penelitian rata-rata terdiri batuan pasir, dengan ketebalan batuan pasir yang mencapai kedalaman \pm 14 meter, batuan pasir ini merupakan batuan yang memiliki kohesi rendah, jika diklasifikasikan menurut ukuran butiran maka batuan pasir adalah batuan yang terdiri dari pecahan-pecahan batuan dengan berbagai ukuran dan bentuk, serta mengandung mineral qurts dan feldspar, serta memiliki sifat yang tidak kohesif (tidak ada gaya ikat antara partikel tanah) sehingga diperlukan analisa yang lebih dalam melakukan penentuan pondasi untuk konstruksi yang berat sehingga tidak terjadi penurunan secara langsung yang dapat mengakibatkan kerugian. Sedangkan pada kedalaman \pm 14-50 meter merupakan batuan gamping yang merupakan jenis batuan sedimen yang terbagi atas dua jenis yakni gamping non klastik dan gamping klastik yang pada dasarnya memiliki sifat yang masif dan tidak menyimpan air serta memiliki tingkat kohesi (gaya ikat antar partikel yang baik) sehingga membuat batuan ini dapat disebut

sebagai batuan dasar yang mempunyai daya dukung yang baik sehingga dapat dipilih sebagai batuan dasar penempatan pondasi baik untuk konstruksi yang berat maupun yang ringan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemetaan anomaly magnetik bawah permukaan di puncak Gunung Timau menunjukkan bahwa pola anomali magnetik, terdiri atas 2 bagian yakni anomali sedang (medium) yang rentang nilainya 0-100 nT dan pola anomali rendah yang rentangnya < 0 nT. Distribusi anomali magnetik dilokasi penelitian dengan kedalaman 50 meter di dominasi oleh anomali sedang, dapat dilihat dari skala warna pada peta anomali magnetik. pemodelan 2D (dua dimensi) menampilkan batuan penyebab anomali magnetik di lokasi penelitian yang berada di puncak Gunung Timau terdapat 2 jenis batuan yakni batuan pasir (sandstone) dengan kontras suseptibilitas yang dimulai dari 0,000020-0,000993 cgs unit dan batuan gamping (limestone) dengan kontras suseptibilitas yang dimulai dari 0,000828-0,001161 cgs unit.

Daftar Pustaka

- [1] S. Rosidi, H.Tjokrosapoetra, and S.Gafoer," *Peta Geol. Lembar Kupang Atambua. Timor*, 1979.
- [2] R. Muztaba, A. N. I. Putri, N. Pratiwi, W. S. Putro, W. Birastri, and H. L. Malasan, "Survei Situs Pembangunan Observatorium Astronomi Lampung Di Tahura War, Gunung Betung," vol. VII, pp. SNF2018-PA-26-SNF2018-PA-35, 2018, doi: 10.21009/03.snf2018.02.pa.04.
- [3] P. Mahasena *et al.*, "Pengukuran Seeing di Sekitar Gunung Timau, Nusa Tenggara Timur," pp. 2-4, 2013.
- [4] W. W. K. Rangkuti and H. D. Hartono, "Cultural Heritage Building Preservation Efforts in Bosscha Observatory Area, Lembang, West Java," *Ris. Arsit.*, vol. 4, no. 1, pp. 1-14, 2020.
- [5] H. H. K. Kawinda Tria Estherlita, Plere H Gosal, "Planetarium Dan Observatorium Di Medan," *J. Arsit. DASENG UNSRAT Manad.*, vol. 6, no. 1, 2014, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/daseng/article/view/15366/pdf>.
- [6] A. Susilo, Sunaryo, K. Isdarmadi, and Rusli, "Investigation of Jabung Temple subsurface at Probolinggo, Indonesia using resistivity and geomagnetic methods," *Int. J. GEOMATE*, vol. 13, no. 40, pp. 74-80, 2017, doi: 10.21660/2017.40.39246.
- [7] W. M. Maubana and U. S. Pedro, "Application of Magnetic Methods for Estimating Subsurface Rocks," *Sci. Educ. Appl. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 36-44, 2021.
- [8] W. M. Maubana, S. Maryanto, I. W. Utami, and A. Nadir, "Reservoir magnetic anomaly at geothermal area of mount Pandan, East Java, Indonesia," *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 9, no. 2, pp. 887-892, 2019.
- [9] Y. N. Patti, Y. Boimau, A. Kadek, and D. Lestari, "Pemetaan Pola Perlapisan Bawah Permukaan Sekitar Pantai Kolbano Kabupaten Timor Tengah Selatan Menggunakan Data Anomali Magnetik," vol. 1, no. 2, pp. 92-100, 2021.
- [10] Y. Mauribu and J. L. Tanesib, "Interpretasi Data Anomali Magnetik Bawah Permukaan Area Penambangan Batuan Gamping PT Sarana Arga Gemilang KSO PT Semen Kupang," *Magn. Res. J. Phys. It's Appl.*, vol. 1, no. 1, pp. 26-33, 2021.