

PEMODELAN BATUAN BAWAH PERMUKAAN SECARA DUA DIMENSI MENGGUNAKAN DATA ANOMALI MAGNETIK DI MIOMAFO BARAT KABUPATEN TIMOR TENGAH UTARA

Nesti Ferawati Teftae, Hadi Imam Sutaji, dan Bernandus

*Prodi Fisika, Fakultas Sains Dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jln. Adi Sucipto, Penfui, Kota
Kupang, 8511, Indonesia*

Email: Ferawatynesty@gmail.com

Abstrak

Penelitian tentang pemodelan batuan bawah permukaan secara dua dimensi menggunakan data anomali magnetik ini dilaksanakan di Miomafo Barat Kabupaten Timor Tengah Utara yang bertujuan untuk mengetahui perlapisan batuan dan sebarannya. Pada penelitian ini, data anomali magnetik diperoleh dari Proton Precession Magnetometer (PPM) tipe GSM-19T, dimana data tersebut berupa medan magnet total dan variasi harian. Interpretasi kualitatif terhadap hasil penelitian menunjukkan adanya anomali rendah, sedang dan tinggi sedangkan interpretasi kuantitatifnya memberikan dugaan adanya batu pasir, lempung, batu gamping dan batu ultrabasa sebagai penyusun perlapisan batuan bawah permukaan. Batu pasir dan lempung diduga tersebar setempat-setempat di sekitar arah barat laut, tenggara, timur, selatan barat daya dan barat daya. Sementara, batu gamping diduga memiliki arah sebaran setempat-setempat pada arah sekitar barat laut, utara, timur, Timur laut, timur timur laut, tenggara, timur tenggara, selatan, barat daya dan barat daya. Untuk batu ultrabasa, arah sebarannya diduga hampir merata dan dominan pada sekitar bagian tengah lokasi penelitian, arah barat barat daya, barat, barat-barat laut, timur laut, timur-timur laut, timur tenggara serta selatan

Kata kunci : *Pemodelan, anomali magnetik, dua dimensi, Miomaffo Barat*

Abstract

This research on subsurface rock modeling in two dimensions using magnetic anomaly data was carried out in West Miomafo, North Central Timor Regency, which aims to determine the rock layers and their distribution. In this study, magnetic anomaly data were obtained from the Proton Precession Magnetometer (PPM) GSM-19T type, where the data consisted of a total magnetic field and daily variations. Qualitative interpretation of the research results shows the presence of low, medium and high anomalies, while the quantitative interpretation suggests the presence of sandstone, clay, limestone and ultramafic rocks as constituents of subsurface rock layers. Sandstone and clay are thought to be scattered locally around the northwest, southeast, east, south, and southwest directions. Meanwhile, limestone is thought to have a local-local distribution direction in the direction of around northwest, north, east, northeast, northeast, southeast, east southeast, south, and southwest. For ultramafic rocks, the distribution direction is assumed to be almost evenly distributed and dominant around the center of the study site, in the southwest, west, west-northwest, northeast, east-northeast, east-southeast and south directions.

Key words: *Modeling, magnetic anomaly, two dimensions, West Miomaffo*

PENDAHULUAN

Perlapisan batuan bawah permukaan yang tersusun atas berbagai jenis batuan memberikan karakteristik yang berbeda antara suatu lapisan tertentu dengan lapisan lainnya. Perbedaan karakteristik ini dapat memberikan banyak informasi terkait keadaan lapisan batuan bawah permukaan itu sendiri sehingga dapat dimanfaatkan untuk banyak hal, seperti bidang geoteknik, kebencanaan dan pariwisata.

Pada bidang geoteknik, informasi lapisan bawah permukaan dapat digunakan sebagai kajian awal kegiatan perencanaan pembangunan untuk mencegah timbulnyadeformasi struktur tanah yang kemudian dapat menyebabkan penurunan bangunan [1]. Untuk kebencanaan, informasi lapisan bawah permukaan

bermanfaat pada kajian awal dari suatu antisipasi atau mitigasi terhadap bencana alam yang kemungkinan terjadi, seperti longsor, gempa, banjir dan erosi tanah oleh air. Selanjut pada bidang pariwisata, informasi lapisan bawah permukaan dapat memberikan petunjuk untuk penentuan lokasi pariwisata yang memiliki tingkat keamanan tinggi di lapisan bawah permukaan, seperti area atau daerah bekas penambangan batu gamping dan emas serta gua.

Ada banyak informasi yang dapat diperoleh dari lapisan batuan bawah permukaan, diantaranya berupa stratigrafi batuan, jenis batuan, penyusun lapisan, kedalaman batuan, volume batuan dan deposit batuan. Berbagai informasi tersebut dapat dikaji dengan ilmu kebumihan seperti geologi dan geofisika [2]. Kajian keduanya tentunya perlu memperhatikan area atau daerah yang diinginkan, misalnya untuk Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU) yang berada di Pulau Timor pada Propinsi Nusa Tenggara Timur.

Secara geologi daerah Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU) memiliki beberapa stratigrafi batuan, diantaranya berupa Formasi Noni, kompleks bobonaro, formasi Noele, formasi mutis, Formasi maubisse, formasi noil toko dan formasi haulasi. Hal ini juga terjadi pada area Sungai Noeltoko dan sekitarnya yang berada di Desa Noeltoko pada daerah Miomafo Barat yang berada di formasi noeltoko, kompleks bobonaro, kompleks mutis, formasi noni dan formasi haulasi.

Kelima formasi tersebut tentunya terkait dengan lapisan batuan bawah permukaan di area Sungai Noeltoko dan sekitarnya sehingga perlu untuk dikaji lebih lanjut. Hal ini cukup beralasan karena keberadaan lima formasi batuan pada area tersebut memberikan kekhawatiran yang berdampak negatif ketika ada gempa ataupun pergeseran lempeng, misalnya pergeseran lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia. Selain itu adanya erosi sungai, baik erosi pada bagian pinggir atau tepi sungai maupun erosi dasar sungai juga menjadi masalah dan kekhawatiran apalagi ketika volume air sungai bertambah, terutama pada musim hujan.

Selain secara geologi, informasi lapisan batuan bawah permukaan juga dapat diperoleh dari ilmu geofisika, tepatnya pemanfaatan metode geofisika seperti metode geolistrik, metode gravitasi dan metode geomagnet [3]. Metode

geomagnet, merupakan metode geofisika *non-seismik* yang dapat digunakan untuk menginterpretasikan lapisan bawah permukaan beserta jenis batuan berdasarkan intensitas medan magnet yang terukur di permukaan [4]. Metode ini didasarkan pada adanya variasi distribusi benda yang termagnetisasi di bawah permukaan dalam bentuk anomali magnetik dan suseptibilitas. Nilai suseptibilitas inilah yang menggambarkan keadaan perlapisan batuan bawah permukaan, baik arah sebaran batuan maupun kedalamannya [5].

Geologi Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang berada di daerah Miomafo Barat, yaitu pada area Sungai Noeltoko dan sekitarnya di Desa Noeltoko memiliki lima jenis batuan, yaitu formasi noeltoko formasi haulasi, kompleks mutis, formasi noni dan kompleks bobonaro.

Sifat Kemagnetan Batuan

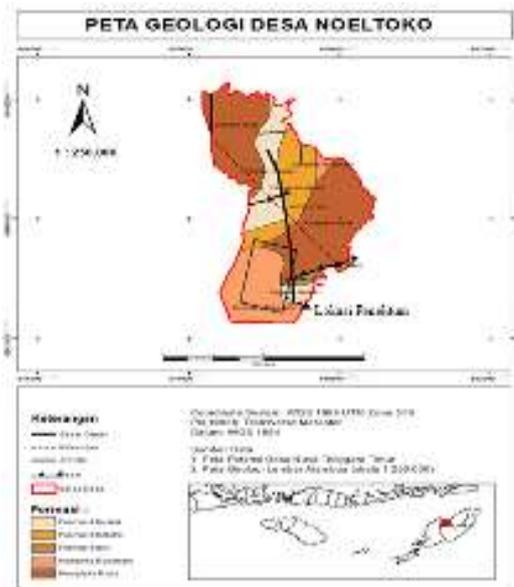
Sifat kemagnetan berada pada batuan berbeda-beda antara batuan yang satu dengan batuan lainnya. Berdasarkan sifat kemagnetan tersebut maka batuan dibedakan menjadi batuan diamagnetik, paramagnetik, dan ferromagnetik [6]. Pada batuan diamagnetik, nilai suseptibilitas kecil dan negatif. Sementara nilai suseptibilitas untuk batuan paramagnetik bernilai positif dan sangat kecil sedangkan untuk batuan ferromagnetik, nilai suseptibilitasnya bernilai positif dan jauh lebih besar dari satu.

Gaya Magnetik

Gaya magnetik berbanding lurus dengan kedua kutub magnetik q_1 dan q_2 serta berbanding terbalik dengan r yaitu jarak antara keduanya. Besarnya nilai gaya magnetik dapat ditentukan melalui persamaan berikut ini.

$$\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{\mu_0 r^2} \hat{r} \quad (1)$$

dimana \hat{r} adalah vektor satuan dari q_1 ke q_2 sedangkan μ_0 menunjukkan nilai permeabilitas medium dalam ruang hampa, tidak berdimensi dan berharga satu [7].



Gambar 1. Peta geologi lokasi penelitian

Kuat Medan Magnetik

Suatu titik yang berada sejauh r dari q_1 memiliki suatu kuat medan magnet yang dinyatakan dengan \vec{H} . Kuat medan magnet (\vec{H}) diartikan sebagai gaya persatuan kuat kutub magnet [4].

$$\vec{H} = \frac{\vec{F}}{q_2} = \frac{q_1}{\mu_0 r^2} \hat{r} \quad (2)$$

Induksi Magnetik

Induksi magnetik terjadi jika suatu benda masih terpengaruh medan magnet luar \vec{H} pada suatu area tertentu. Besarnya medan magnet baru hasil induksi magnetik ini dinyatakan dengan \vec{H}' dan dituliskan dengan persamaan:

$$\vec{H}' = 4\pi k \vec{H} \quad (3)$$

sedangkan medan magnet totalnya pada benda tersebut diungkapkan melalui persamaan:

$$\vec{B} = \mu_r \cdot \vec{H} \quad (4)$$

dimana \vec{B} adalah medan magnet total (gauss atau nT), μ_r permeabilitas relatif benda magnetik atau $\mu_r = 1 + 4\pi k$, dimana nilai $1g = 10^5$ gauss = 1nT [8].

Suseptibilitas Magnetik

Suseptibilitas magnetik, umumnya dinyatakan dengan simbol huruf k dan nilainya ditentukan melalui persamaan:

$$k = \frac{\vec{I}}{\vec{H}} \text{ atau } k \vec{H} = \vec{I} \quad (4)$$

Semakin banyak mineral-mineral magnetik pada batuan, maka nilai suseptibilitasnya semakin besar begitu pula sebaliknya. Jika kandungan mineral magnetik pada batuan semakin sedikit maka nilai suseptibilitasnya menjadi lebih kecil.

Masalah

Pada penelitian ini, masalah yang dapat diungkapkan diantaranya berupa: bagaimanakah sebaran anomali magnetik dan sebaran batuan bawah permukaan di area Sungai Noeltoko dan sekitarnya pada daerah Miomafo barat.

Rencana pemecahan masalah

Data anomali magnetik dikoreksi melalui koreksi variasi harian dan koreksi IGRF kemudian dikontinuasi ke atas untuk mendapatkan peta sebaran anomali magnetiknya. Selanjutnya pada peta sebaran anomali magnetik hasil kontinuasi ke atas tersebut diberi sayatan untuk mendapatkan hasil pemodelan dan suseptibilitas yang menggambarkan sebaran batuan bawah permukaan.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran anomali magnetik dan sebaran batuan bawah permukaan di area Sungai Noeltoko dan sekitarnya pada daerah Miomafo Barat, Kabupaten Timor Tengah Utara.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Tempat berlangsungnya penelitian yaitu pada area Sungai Noeltoko dan sekitarnya yang termasuk wilayah Miomafo Barat Kabupaten Timor Tengah Utara.

Prosedur dan akuisisi data

Pelaksanaan penelitian diawali oleh survei lokasi yang bertujuan untuk menentukan titik ukur dan lintasan sebagai tempat akuisisi data. Pada pelaksanaannya akuisisi data dilakukan dengan metode looping yang menghasilkan data berupa nilai magnetik total bumi dan variasi harian.

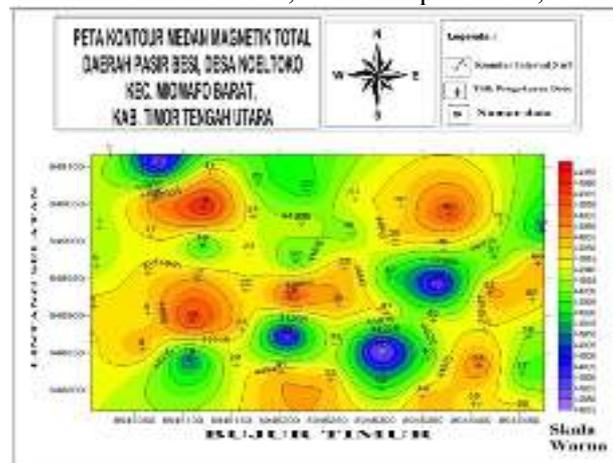
Teknik Pengolahan Data

Data hasil akuisisi dikoreksi melalui koreksi variasi harian dan koreksi IGRF dan hasilnya dikontinuasi ke atas serta diberi sayatan agar diperoleh pemodelan bawah permukaan serta nilai suseptibilitasnya yang mewakili keadaan perlapisan batuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

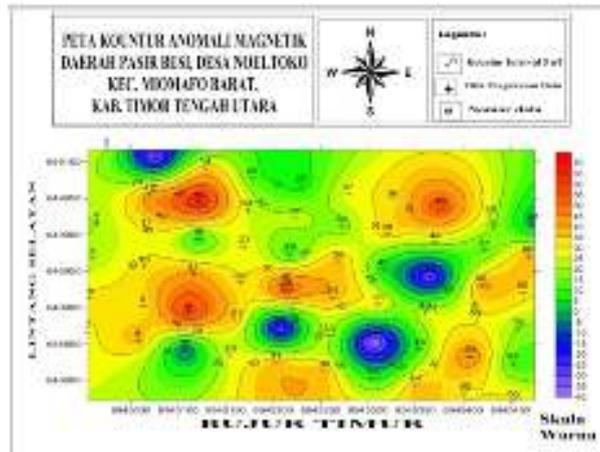
Hasil Penelitian

Pengambilan data dilakukan pada 60 titik ukur di 5 lintasan menggunakan seperangkat alat *Proton Precession Magnetometer* (PPM) tipe GSM-19T.. Hasil pengambilan data di lapangan menunjukkan nilai medan magnetik total berkisar antara 44873,96 nT sampai 44986,99 nT.



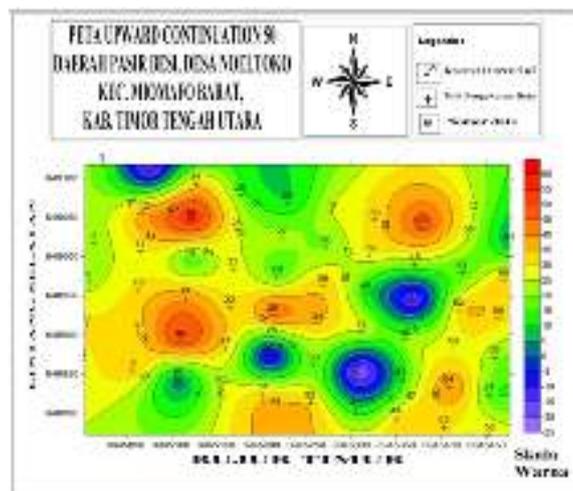
Gambar 2. Peta kontur medan magnet total

Untuk hasil koreksi nilai anomali magnetik dengan koreksi variasi harian dan koreksi IGRF diperlihatkan di gambar berikut ini.



Gambar 3. Peta kontur anomali magnetik hasil

Sedangkan hasil kontinuasi pada ketinggian 50 m ditampilkan di gambar berikut ini.



Gambar 4. Peta anomali magnetik hasil.

Pembahasan Penelitian Interpretasi kualitatif

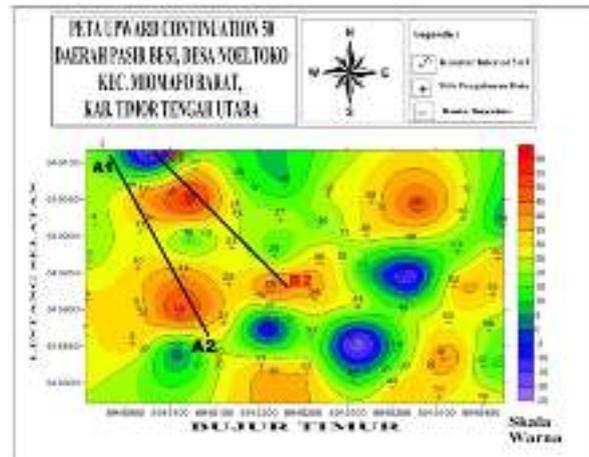
Sebaran anomali magnetik hasil kontinuasi yang berkisar antara -25 nT sampai 65 nT menjadi dasar untuk pembuatan model. Pada sebaran anomali ini terdapat tiga pola anomali, yaitu anomali rendah, sedang dan anomali tinggi.

Untuk pola anomali rendah memiliki nilai sekitar -25 nT sampai 0 nT yang berada dalam keadaan setempat-setempat, diantaranya pada arah sekitar barat laut, timur, tenggara dan barat daya. Keadaan yang setempat-setempat ini juga terjadi pada anomali sedang sekitar 0 nT sampai 20 nT yang dapat ditemukan, diantaranya pada arah sekitar barat laut, utara, timur, tenggara dan barat daya. Sementara pada anomali 20 nT sampai 65 nT yang merupakan anomali tinggi tersebar hampir merata pada lokasi penelitian, namun dapat ditemukan lebih dominan, diantaranya pada arah barat, barat-barat daya, timur tenggara dan selatan.

Jika nilai sebaran anomali magnetik tersebut dikaitkan dengan informasi geologi yang ada maka diduga bawa area yang memiliki nilai anomali rendah berupa batu pasir dan lempung. Hal ini berbeda dengan area yang memiliki anomali sedang karena pada area ini timbul dugaan berupa batu gamping sedangkan area anomali tinggi diduga berupa batu ultrabasa.

Interpretasi kuantitatif

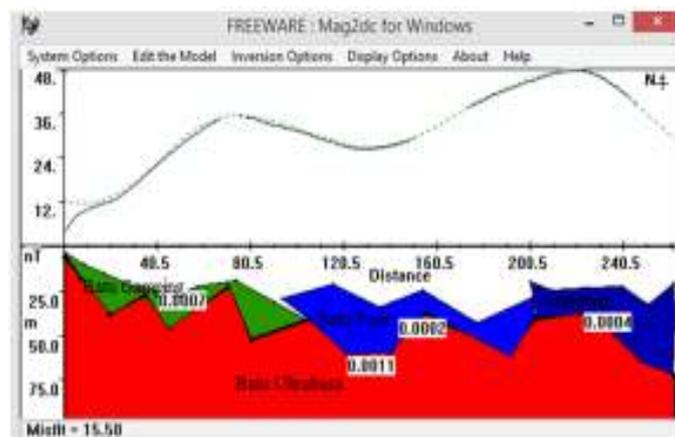
Keberadaan interpretasi kuantitatif pada hasil pemodelan 2D yang dilakukan melalui sayatan yang telah diberikan dapat memberikan penafsiran ataupun informasi terkait keadaan perlapisan batuan bawah permukaan.



Gambar 5. Peta sayatan magnetik yang dimodelkan

Untuk input data yang digunakan pada pemodelan yaitu deklinasi sebesar 1,4231 dan inklinasi sebesar -34,6141 serta IGRF sebesar 44931,5 nT.

Hasil Pemodelan dari sayatan A1-A2 yang terbentang dari sekitar arah utara barat laut sampai selatan tenggara menunjukkan perlapisan batuan bawah permukaan seperti gambar berikut.

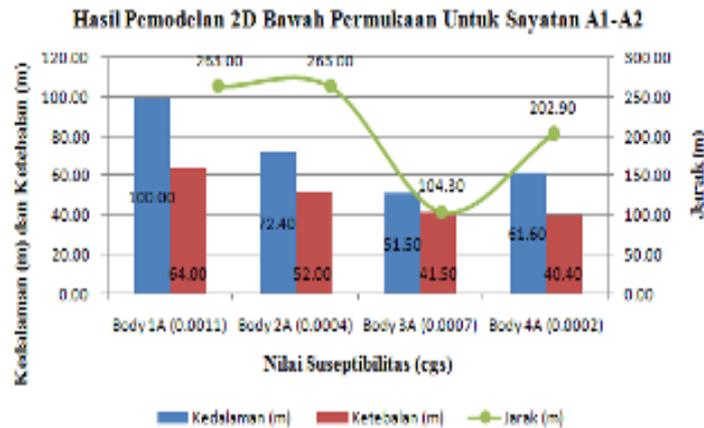


Gambar 6. Hasil pemodelan sayatan A1-A2

Pada sayatan A1-A2, hasil pemodelan memperlihatkan perlapisan batuan yang diduga tersusun atas empat litologi batuan, yaitu batu pasir, lempung, batu gamping dan batu ultrabasa. Nilai susceptibilitas, kedalaman, ketebalan dan jaraknya dari masing-masing batuan tersebut dapat dinyatakan seperti pada tabel dan grafik berikut ini.

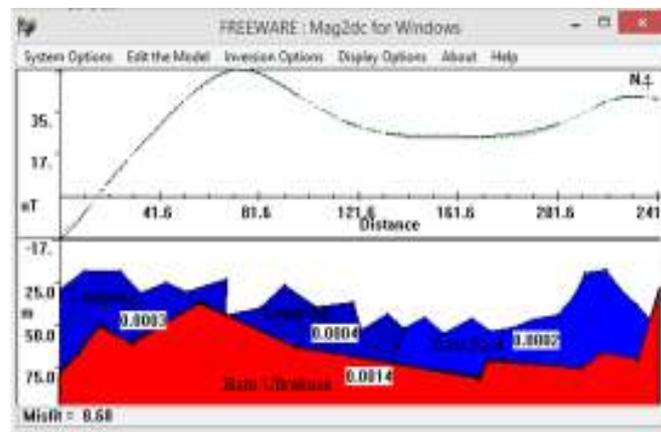
Tabel 1. Hasil pemodelan sayatan A1-A2

Body sayatan	k (cgs)	$d \pm$ (m) (Kedalaman)	$h \pm$ (m) (Ketrbalan)	$r \pm$ (m) (Jarak)	Litologi
4A	0,0002	21,2-61,6	40,4	94,1-202,9	Batu pasir
3A	0,0007	3,5-51,5	41,5	0,9-104,3	Batu gamping
2A	0,0004	20,0-72,4	52,0	200,5-263,0	Lempung
1A	0,0011	6,2-100,0	64,0	0,0-263,0	Batu ultrabasa



Gambar 7. Grafik hasil pemodelan 2D pada sayatan A1-A2

Untuk pemodelan dari sayatan B1-B2 dengan arah bentangan dari sekitar arah barat laut sampai tenggara memiliki gambar hasil pemodelan batuan bawah permukaan seperti berikut ini.



Gambar 8. Hasil pemodelan sayatan B1-B2

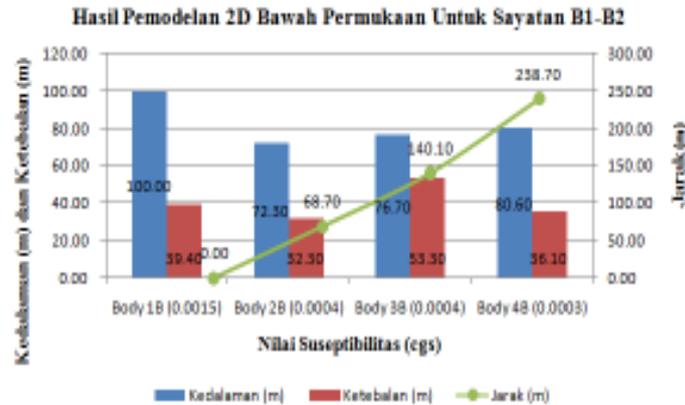
Hasil pemodelan perlapisan batuan di sayatan B1-B2 diduga tersusun atas tiga litologi batuan, yaitu batu pasir, lempung dan batu ultrabasa. Nilai suseptibilitas, kedalaman, ketebalan dan jarak pada ketiga batuan tersebut dapat dinyatakan pada tabel dan grafik seperti berikut ini.

Tabel 2. Hasil pemodelan sayatan B1-B2

Body sayatan	k (cgs)	$d \pm$ (m) (Kedalaman)	$h \pm$ (m) (Ketrbalan)	$r \pm$ (m) (Jarak)	Litologi
4A	0,0003	17,2-80,6	36,1	135,2-238,7	Batu pasir
3A	0,0004	18,2-76,7	53,3	68,9-104,1	Batu gamping
2A	0,0004	26,9-72,3	32,3	1,6-68,7	Lempung
1A	0,0015	28,0-100,0	39,4	1,5-243,0	Batu ultrabasa

Berdasarkan hasil pemodelan dari sayatan A1-A2, sayatan B1-B2, pengamatan dilapangan serta informasi geologi yang ada maka ada dugaan bahwa litologi batuan menjadi susunan pada perlapisan batuan bawah permukaan di area penelitian sebanyak empat jenis batuan, yaitu batu pasir, lempung, batu gamping dan batu ultrabasa.

Batu pasir memiliki rentang nilai suseptibilitas sekitar 0,0002-0,0003 cgs sedangkan lempung memiliki nilai suseptibilitasnya sekitar 0,0004 cgs. Selanjutnya, batu gamping memiliki nilai suseptibilitas sekitar 0,0007 cgs dan sekitar 0,0011-0,0015 untuk batu ultrabasa.



Gambar 9. Grafik hasil pemodelan 2D pada sayatan B1-B2

Keberadaan batuan-batuan tersebut tentunya memiliki arah sebaran yang berbeda antara batuan-batuan yang berada di sayatan A1-A2 dan sayatan B1-B2. Pada sayatan A1-A2, batu pasir dan lempung diduga tersebar sekitar arah utara dan utara barat laut sedangkan batu gamping diduga tersebar sekitar arah utara, utara barat laut, barat dan barat laut. Untuk batu ultrabasa diduga dapat ditemukan pada arah sebaran sekitar barat daya, barat, timur, selatan, utara, utara timur laut dan tenggara.

Pada sayatan B1-B2, batu pasir dan lempung diduga tersebar pada sekitar arah barat laut dan sebaran batu ultrabasa di sekitar arah utara, selatan, barat, barat laut, barat daya, selatan barat daya dan tenggara.

SIMPULAN

Pada penelitian ini, sebaran anomali magnetik untuk anomali rendah dapat ditemukan setempat-setempat, diantaranya pada arah sekitar barat laut, timur, tenggara dan barat, daya. Anomali sedang juga ditemukan diantaranya pada arah sekitar barat laut, utara, timur, tenggara dan barat daya. Untuk anomali tinggi tersebar hampir merata pada lokasi penelitian, namun dominasi sebarannya, diantaranya berada pada arah barat, barat-barat daya, timur tenggara dan selatan.

Sebaran batu pasir dan lempung pada lokasi penelitian diduga dapat dijumpai pada sekitar arah utara, utara barat laut dan barat laut. Sebaran batu gamping diduga sekitar arah utara, utara barat laut, barat dan barat laut. Untuk batu ultrabasa diduga memiliki sebaran hampir merata pada lokasi penelitian, mulai sekitar barat daya, barat, timur, selatan, utara, utara timur laut, tenggara, barat laut, dan selatan barat daya.

SARAN

Saran yang dapat diberikan pada penelitian adalah perlunya penambahan luas area penelitian dan penambahan titik ukur dalam pengambilan data magnetik serta perlunya penggunaan metode geofisika lainnya dalam pengambilan data sebagai bahan perbandingan terhadap hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Oktavia Erviana Kanyawan dan Zulfian. 2020. *Identifikasi Struktur Lapisan Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis sebagai Informasi Awal Rancang Bangun Pondasi Bangunan*. Jurnal Prisma, ISSN: 2337-8204, Vol. 8, No.3, Desember 2020.
2. Febrian Dedi Sastrawan, Meidi Arisawadi, Rahmania Rahmania. 2020. *Identifikasi Lapisan Bawah Permukaan Berdasarkan Data Resistivitas 2 Dimensi*. Jurnal Sains Terapan, p-ISSN 2406-8810, e-ISSN 2477-5525, Vol. 6 No. 2, Oktober 2020.
3. Eldiani Arifya, Afdal. 2020. *Pemetaan Zona Potensi Emas Menggunakan Metode Geomagnet di Jorong Lubuak Sariak, Nagari Kajai, Pasaman Barat*. Jurnal Fisika Unand (JFU), p-ISSN: 2302-8491, e-ISSN: 2686-2433, Vol. 9, No. 4, Oktober 2020.
4. Fatimah, Audi Tri Lavanto, Bakti Gunawan, Odhi Febriarto. 2017. *Analisis Potensi Panas Bumi Dengan Metode Geomagnetik di Daerah Gedong Songo Ungaran Jawa Tengah*. Jurnal Kurvatek, ISSN: 2477-7870, Vol.2 . No. 2, November 2017.

5. Siti Rusita, Simon Sadok Siregar dan Ibrahim Sota. *Identifikasi Sebaran Bijih Besi dengan Metode Geomagnet di Daerah Pemalongan Bajuin Tanah Laut*. Jurnal Fisika Flux, Vol. 13, No. 1, p-ISSN:1829-796X, e-ISSN: 2541-1713, Februari 2016.
6. Barita Uli Basa Mangatur Siahaan. 2009. *Penentuan Struktur pada Zona Hidrokarbon daerah "X" Menggunakan Metode Magnetik*. <https://adoc.pub/penentuan-struktur-pada-zona-hidrokarbon-daerah-x-menggunaka.html>. Diakses pada tanggal 10 Agustus 2019.
7. Telford, W.M., Geldart, L.P. dan Sheriff, R.E, 1990, *Applied Geophysics*, second edition, Cambridge University Press, London.
8. Joko Sampurno. 2011. *Pendugaan Potensi Biji Besi di Desa Bulik Kecamatan Nangabulik Kabupaten Lamandau Kalimantan Tengah Dengan Metode Geomagnet*. Jurnal Positron, p-ISSN: 2301-4970, e-ISSN: 2549-936X, Vol. 2, No. 1, Mei 2012. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jpositron/article/view/2002>.