

PEMETAAN ZONA POTENSI TAMBANG MANGAN DAERAH NAIP KABUPATEN TIMOR TENGAH SELATAN DENGAN METODE GEOMAGNETIK

Hadi Imam Sutaji, Ali Warsito, Abdul Wahid

*Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto Penfui Kupang NTT
Email: hadi_fisikasains@yahoo.co.id*

Abstrak

Telah dipetakan zona potensi tambang mangan daerah Naip Kabupaten Timor Tengah Selatan menggunakan metode geomagnetik. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui struktur perlapisan dan pola sebaran batuan bawah permukaan yang diduga mengandung mangan. Hasil penelitian diinterpretasikan secara kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi kualitatif menunjukkan anomali rendah bernilai antara -10 sampai < 50 nT sebagian besar berada pada bagian selatan dan anomali tinggi yaitu ≥ 50 sampai 220 nT, umumnya terdapat di bagian utara lokasi penelitian. Anomali rendah diinterpretasikan sebagai batuan lempung dan anomali tinggi diinterpretasikan batugamping yang berasosiasi dengan mangan dan batuan metamorf. Untuk interpretasi kuantitatif menunjukkan keberadaan batuan mangan diduga berasosiasi dengan batugamping yang berada pada bodi 1A sayatan 1 (A-A1) dengan nilai suseptibilitas 0,008116, bodi 1B sayatan 2 (B-B1) yang memiliki nilai suseptibilitas 0,001967 serta bodi 1C sayatan 3 (C-C1) untuk nilai suseptibilitas 0,006407. Bodi 1A sayatan 1 (A-A1) tersebar dari arah barat menuju timur laut, bodi 1B sayatan 2 (B-B1) mulai selatan ke utara dan bodi 1C sayatan 3 (C-C1) dengan arah barat daya menuju timur laut.

Kata kunci: *Mangan, suseptibilitas, metode geomagnetik*

Abstract

An mapping of the potential Manganese mining zones has been done at Naip areas of the South Central Timor Regency using geomagnetic method. The purpose of this study was to determine the bedding structure and the subsurface patterns of rocks distribution that suspected contain manganese. The result of research was interpreted qualitatively and quantitatively. Qualitative interpretation shows that the low anomaly between -10 to <50 nT is mostly in the southern part and the high anomaly is ≥ 50 to 220 nT, generally in the northern part of the study area. The low anomaly is interpreted as clay and high anomaly is interpreted as limestone associated with manganese and metamorphic rocks. For quantitative interpretation, the presence of manganese is suspected to be associated with limestone at a depth of 6.2-100 m in body 1A incision 1 (A-A1) with susceptibility value 0.008116, body 1B incision 2 (B-B1) which has susceptibility value 0.001967 and body 1C incision 3 (C-C1) for the susceptibility value of 0.006407. Body 1A incision 1 (A-A1) is spread from west to northeast direction, body 1B incision 2 (B-B1) starts south to north and body 1C incision 3 (C-C1) is southwest toward northeast.

Keywords: *Manganese, susceptibility, geomagnetic methods*

PENDAHULUAN

Litologi dan geologi Pulau Timor sangatlah beragam akibat tumbukan tepi barat laut Benua Australia dengan lempeng

Samudera Indo-Australia dan laut banda saat proses terbentuknya Pulau Timor. Akibatnya, sering ditemukan mineral di berbagai wilayah

Pulau Timor, misalnya Kabupaten Timor Tengah Selatan (TTS), tepatnya di Desa Naip.

Desa Naip secara geologi termasuk kompleks bobonaro dan formasi ofu sehingga secara litologi terdiri atas lempung bersisik, bongkahan asing seperti batupasir, batugamping dan rijang serta pasir, kerakal, kerikil dan bermacam jenis batuan. Oleh sebab terdiri atas banyak batuan dan informasi keberadaan mangan dari masyarakat, maka perlu dilakukan penelitian bawah permukaan untuk mengetahui struktur perlapisan dan pola sebaran batuan yang diduga mengandung batuan mangan.

Mangan (M_N) merupakan unsur kimia yang bersifat logam, keras serta rapuh dan umumnya berwarna kelabu keputihan, kehitaman atau keperakan. Keberadaan mangan di alam, umumnya berasosiasi dengan batuan lain. Mangan umumnya terjadi dalam cebakan, baik cebakan mangan berasosiasi dengan batuan gamping atau karbonat dan kadang mengandung lempung yang menunjukkan pengendapan [1]. Pembentukan mangan dapat melalui proses hidrotermal dan metamorfosa, proses yang berasosiasi dengan aliran lava bawah laut, Cebakan laterit serta akumulasi residual [2]. Akibat bersifat logam maka batuan mangan memiliki nilai suseptibilitas tinggi sehingga perlapisan dan penyebarannya dapat ditentukan dengan metode geomagnet.

Metode geomagnet menggunakan sifat kemagnetan bumi, dimana batuan yang terinduksi akan memiliki tingkat perbedaan magnetisasi tergantung suseptibilitasnya [3]. Perbedaan tingkat magnetisasi batuan inilah yang menghasilkan pola anomali magnetik bawah permukaan. Batuan, menurut sifat kemagnetannya terdiri dari batuan diamagnetik, paramagnetik, ferromagnetik, ferrimagnetik dan antiferromagnetik[4]. Namun, jika melihat proses terbentuknya maka batuan terdiri atas 3 macam, yaitu batuan beku, batuan sedimen dan batuan metamorf [5,6].

MEODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Daerah Naip Kabupaten Timor Tengah Selatan, dimana secara stratigrafi terdiri atas empat jenis formasi batuan yaitu formasi kelompok bobonaro, formasi ofu, formasi noni dan formasi haulasi. Berikut ini peta lokasi

penelitian yang berada di peta geologi lembar Kupang-Atambua, Timor [7]

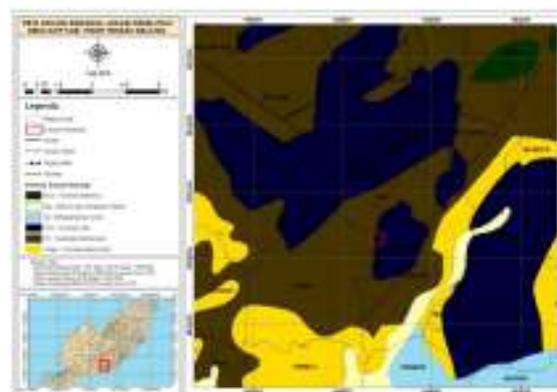
Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa alat dan bahan, yaitu : GPS, kompas, *Proton Precession Magnetometer* (PPM) tipe GSM-19T, *Software surfer 13*, *IGRF*, *Magpick* dan *Mag2DC*, tabel suseptibilitas batuan mineral serta peta geologi lembar Kupang-Atambua.

Prosedur Penelitian

Survei lokasi dan Akuisisi data

Kegiatan survei dilakukan untuk mendapatkan informasi geologi dan hal lain terkait penelitian, termasuk penentuan titik ukur pada lokasi penelitian yang kemudian diikuti akuisisi data. Data yang diperoleh antara lain koordinat titik ukur, arah lintasan, medan magnet total oleh PPM magnetometer GSM-19T dan variasi harian dari BMKG Kupang.



Gambar 1. Peta geologi lembar Kupang – Atambua, Timor

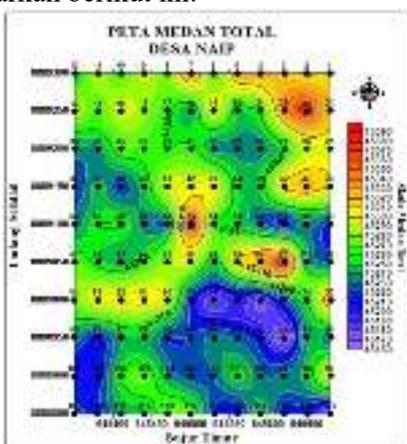
Teknik Pengolahan Data

Data yang diperoleh diolah dengan tahapan awal berupa koreksi variasi harian dan koreksi medan magnet utama bumi sampai menghasilkan anomali medan magnetnya. Anomali ini, pada tahapan berikutnya dipetakan dan dikontinuasi ke atas serta dimodelkan agar mendapatkan struktur perlapisan dan pola sebaran batuan bawah permukaan sebelum dilakukan interpretasi dan penarikan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

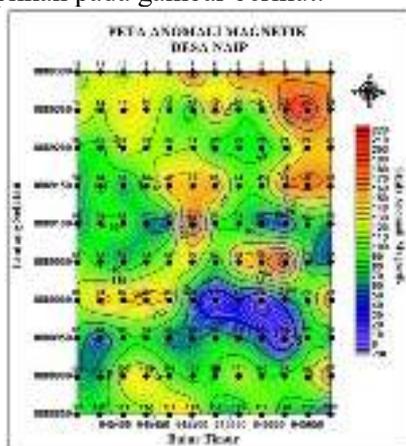
Hasil Penelitian

Pengambilan data dilakukan terhadap titik ukur yang berjumlah 120 buah. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai medan magnet total lokasi penelitian yaitu 45160 nT sampai 45390 nT. Adapun sebaran titik ukur dan nilai medan magnet total tersebut digambarkan berikut ini.



Gambar 2. Nilai medan magnet total (H_T) dan sebaran titik-titik ukur

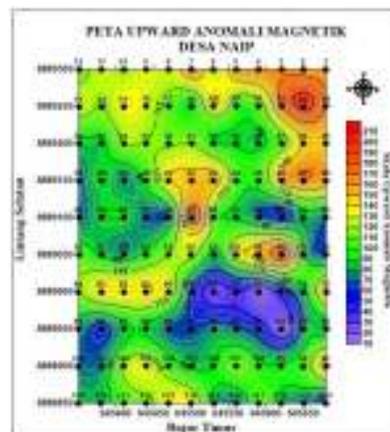
Nilai anomali magnetik diperoleh dengan melakukan koreksi IGRF dan koreksi variasi Harian. Anomali hasil koreksi ditampilkan pada gambar berikut.



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

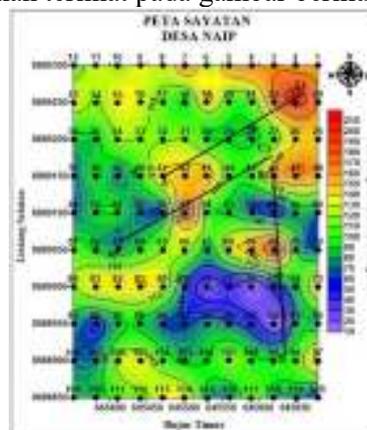
Keberadaan efek magnetik lokal ternyata masih mempengaruhi nilai Anomali magnetik, untuk itu kontinuasi ke atas (*upward continuation*) menggunakan *software magpick*. Perlu dilakukan agar efek magnetik lokal yang tidak terkait target survei dapat dihilangkan.

Proses kontinuasi ke atas dilakukan pada ketinggian 20 m karena kontur anomali magnetik tidak berubah dan dianggap medan lokal telah hilang. Hasil kontinuasi ke atas disajikan dalam peta kontur berikut ini.



Gambar 4. Hasil kontinuasi ke atas pada ketinggian 20 m

Untuk mengetahui jenis, bentuk maupun struktur benda penyebab anomali maka perlu adanya pengambilan sayatan dari hasil kontinuasi dengan bantuan *software Mag2DC for windows*. Adapun peta sayatan yang digunakan terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 5. Peta sayatan magnetik yang dimodelkan

Pembahasan Interpretasi Kualitatif

Peta kontur anomali magnetik (ΔH) di gambar 3 menunjukkan nilai sekitar -10 nT sampai 220 nT dan dikategorikan menjadi 2 pola yaitu: anomali rendah dan tinggi. Anomali rendah memiliki warna ungu sampai biru muda (-10 sampai < 50) nT, dan anomali tinggi

diwakili warna biru muda agak kehijauan sampai merah (≥ 50 sampai 220) nT.

Jika antara lokasi penelitian dan peta kontur anomali magnetik dikorelasikan dengan informasi geologi (gambar 1) maka lokasi penelitian termasuk formasi ofu yang terdiri atas batugamping masif berwarna putih-merah muda dan kompleks bobonaro yang terbagi dua bagian yaitu lempung bersisik serta bongkah-bongkah asing berbagai ukuran. Untuk anomali rendah yaitu -10 sampai < 50 nT diduga berupa batuan lempung yang memiliki nilai susceptibilitas rendah, sedangkan anomali tinggi yaitu ≥ 50 sampai 220 nT diduga berupa batugamping yang berasosiasi dengan batuan mangan dan nilai susceptibilitas tinggi.

Kenampakan litogi yang diteramati, baik dari kegiatan eksplorasi mangan di lokasi penelitian maupun singkapan batuan juga memperlihatkan bahwa batuan mangan berasosiasi dengan batugamping, dimana menurut gambar 3 penyebarannya dari arah timur laut menuju barat daya.

Interpretasi Kuantitatif

Gambaran struktur bawah permukaan dapat diperoleh dengan menyayat anomali magnetik total melalui pemodelan dua dimensi (2D) menggunakan *software Mag2DC for windows*. Pemodelan 2D diperoleh dengan mengimputkan nilai deklinasi $1,4176^0$ dan inklinasi $-35,4207^0$ serta kedalaman 100 m, nilai susceptibilitas batuan dan mineral (tabel Telford 1998) serta nilai IGRF= 45.163,2 nT.

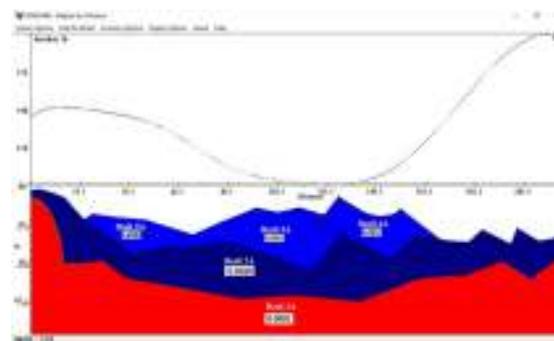
Ada 3 sayatan yang dilakukan secara *trial and error* atau megubah-ubah parameter model yaitu sayatan 1 (A-A1), sayatan 2 (B-B1) dan sayatan 3 (C-C1) dengan koordinat setiap sayatan dituliskan pada tabel berikut

Tabel 1. Koordinat masing-masing sayatan

Sayatan	Titik awal (°E, 0°S)	Titik akhir (°E, 0°S)
A-A1	102°51'41.75	102°52'29.1
B-B1	102°51'42.75	102°52'29.1
C-C1	102°51'42.75	102°52'29.1

Hasil pemodelan dari ketiga sayatan tersebut masing-masing terlihat pada gambar 6, 7 dan 8 berikut ini.

Pemodelan 2D sayatan 1 (A-A1) memiliki kedalaman 100m dengan panjang lintasan 218,1 m. Untuk nilai korelasinya 0,999903 dan nilai error 5.26 %. Sayatan 1 diduga memiliki susunan 3 jenis batuan yaitu batuan lempung, metamorf dan batugamping. Hasil pemodelan sayatan 1 dituliskan pada tabel 2.



Gambar 6. Profil sayatan 1 (A-A1)

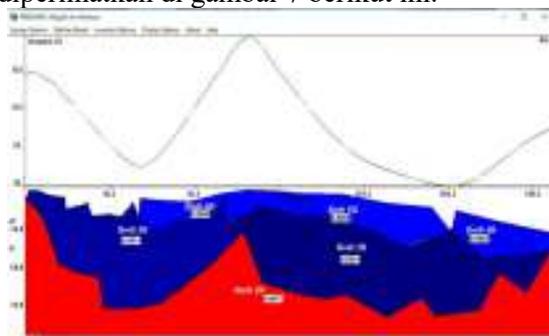
Tabel 2. Hasil pemodelan sayatan 1 (A-A1)

Bodi	χ	kedalaman (m)	ketebalan (m)	jarak (m)	litologi
1	0,008116	0-2-100	50-100	0-218,1	Batugamping
2	0,002065	2,8-76,8	40-49,6	1,2-218,1	Batuan metamorf
3	0,000201	15,1-56,9	15-40,7	55,1-127,4	Batuan lempung
4	0,000116	8,2-36,3	8,2-49,6	117,4-167,2	Batuan lempung
5	0,000049	19,2-45,4	19,2-36,9	22,8-66,7	Batuan lempung

Sayatan 1 (A-A1) memiliki 5 bodi. Bodi 1 berwarna merah dengan nilai susceptibilitas 0,008116 dan kedalamannya berkisar antara 6,2-100 m serta berada di jarak 0-218,1 m dengan ketebalan 50-100 m dan diduga berupa batugamping. Bodi 2 dengan nilai susceptibilitas 0,002065 diduga batuan metamorf yang memiliki jarak 1,2 – 218,1 m serta kedalaman 2,8 – 76,8 m dan ketebalannya 50-40,7 m dengan warna biru tua. Untuk bodi 3 yaitu warna biru muda, nilai susceptibilitasnya 0,000201 m dengan jarak 55,1-127,4 m diduga batuan lempung berada di kedalaman 15,1-56,9 m serta ketebalannya sekitar 15-40,7 m. Pada bodi 4 yang berwarna biru muda diduga batuan lempung dengan nilai susceptibilitas 0,000116 dan ketebalannya 8,2-36,3 m berada di jarak 117,4-167,2 m dengan kedalaman 8,2-49,6 m. Selanjutnya, bodi 5 yang nilai susceptibilitasnya 0,000049 dengan warna biru muda di jarak 22,8-66,7 m dan ketebalan 19,2-36,9 m diduga berupa batuan lempung berada pada kedalaman 19,2-45,4m.

Pemodelan untuk sayatan 1 (A-A1) menunjukkan hasil pola kontur anomali tinggi sekitar jarak 0–63,6 m kemudian mengalami penurunan anomali ke rendah dari jarak sekitar 63,6 m – 153,6 m. Penurunan anomali ini disebabkan pada daerah tersebut batuan lempung dan metamorf lebih mendominasi dibanding batu gamping. Kontur anomali tinggi naik kembali di jarak sekitar 153,6 m - 218,1 m. Pada sayatan 1 (A-A1) mangan diduga berasosiasi dengan batugamping (bodi 1A) dengan arah dari barat daya menuju timur laut atau dengan kata lain sayatan 1 (A-A1) didominasi batugamping yang memiliki nilai suseptibilitas tinggi.

Hasil pemodelan sayatan 2 (B-B1), diperlihatkan di gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. Profil sayatan 2 (B-B1)

Sayatan 2 (B-B1) memiliki panjang lintasan 0-250,1 m dan kedalamannya 100 m serta nilai korelasi 0,999704 dengan error 10,68 %. Ada 6 bodi di sayatan 2 (B-B1) dengan 3 jenis batuan berupa batuan lempung, metamorf, dan batugamping. Hasil pemodelan sayatan 2 (B-B1) dituliskan sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil pemodelan sayatan 2 (B-B1)

No. Bodi	Sus (kg/m ³)	Dip (m)		Dip (m)	Dip (m)	Jenis Batuan
		Min	Max			
1A	0,007581	0,0-100	60,3-100	250,1	250,1	Batugamping
2B	0,001967	12,4-86,6	22,5-60,3	97,8-250,1	97,8-250,1	Batuan metamorf
3B	0,001434	2,3-105,3	18,3-59,9	2,3-105,3	2,3-105,3	Batuan metamorf
4B	0,000245	22,7-47,3	15,5-47,3	203,5-250,5	203,5-250,5	Batuan lempung
5B	0,000095	111,7-203,2	4,3-39,6	111,7-203,2	111,7-203,2	Batuan lempung
6B	0,000072	2,1-27,4	2,1-27,4	2,1-27,4	2,1-27,4	Batuan lempung

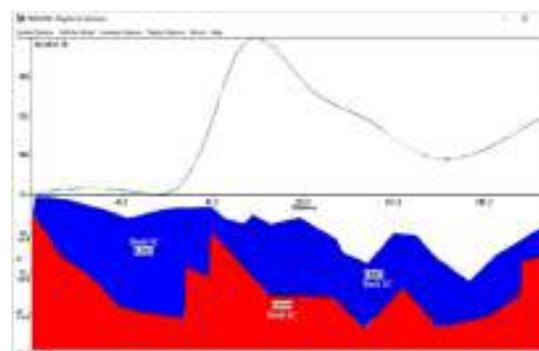
Bodi 1B yaitu warna merah yang memiliki nilai suseptibilitas 0,007581 diduga batugamping dan berada di jarak 0-250,1 m dengan kedalaman 8,7-100 m serta ketebalan 60,3-100 m. Bodi 1B mendominasi seluruh lintasan dengan arah dari selatan menuju utara.

Bodi 2B dengan suseptibilitas 0,001967 yang berwarna biru tua diduga berupa batuan metamorf dan berada pada kedalaman 12,4-86,6 m dengan ketebalan 22,5-60,3 m serta berada di jarak 97,8-250,1 m. Untuk, bodi 3B dengan suseptibilitas 0,001434 berwarna biru tua diduga batuan metamorf yang berada di jarak 2,3-105,3 m dengan ketebalan 18,3-59,9 m dan kedalaman 2,5-80,6 m.

Pada bodi 4B berwarna biru muda yang memiliki suseptibilitas 0,000245 dengan ketebalan 22,7-47,3 m diduga batuan lempung dan berada di jarak 203,5-250,5 m dengan kedalaman 15,5-47,3 m. Untuk bodi 5B berada di jarak 111,7-203,2 m dengan ketebalan 4,3-39,6 m dan berada di kedalaman 2,6-39,6 m. Bodi 5 yang berwarna biru muda tersebut memiliki nilai suseptibilitas 0,000095 diduga berupa batuan lempung. Hal ini juga terjadi pada bodi 6B yang berwarna biru muda, dimana bodi 6B dengan suseptibilitas 0,000072 dan ketebalan 2,9-27,4 m serta kedalaman 2,1-27,4 m diduga berupa batuan lempung.

Hasil sayatan 2 (B-B1) menunjukkan bahwa anomali rendah lebih mendominasi dibandingkan anomali tinggi. Perubahan anomali dari anomali tinggi menuju anomali rendah terjadi di jarak sekitar 27,2 -77,2 m dan jarak 137,2-250,1 m yang disebabkan adanya dominasi batuan lempung dan batuan metamorf. Anomali tinggi terjadi pada jarak sekitar 77,2-137,2 m. Pada sayatan 2 (B-B1), mangan diduga berasosiasi dengan batugamping (bodi 1B) yang memiliki suseptibilitas tinggi dengan arah penyebaran dari selatan menuju utara.

Hasil pemodelan sayatan 3 (C-C1) diperlihatkan pada gambar berikut ini.



Gambar 4.7. Profil sayatan 3 (C-C1)

Pemodelan sayatan 3 (C-C1) memiliki panjang lintasan 0-230,8 m dengan kedalaman 100 m serta nilai kolerasi 0,999669 dan nilai error 7,97%. Pada sayatan 3 (C-C1), struktur perlapisan batuan diduga tersusun 2 jenis batuan yaitu batuan lempung dan batugamping. Hasilnya dituliskan pada tabel berikut.

Tabel 4. Hasil pemodelan sayatan 3 (C-C1)

Bodi sayatan	K (cgs)	Mendatar			Litologi
		Jarak (m)	Kedalaman (m)	Tebal (m)	
1C	0,006407	0,1-230,8	65-100	65-100,8	Batugamping
2C	0,000787	1,4-78,8	25,5-64,4	1,3-94,7	Batuan Lempung
3C	0,000600	12,7-84,8	19,6-77,3	86,8-230,5	Batuan Lempung

Pada sayatan 3 (C-C1) bodi 1C berwarna merah dengan nilai suseptibilitas 0,006407 diduga berupa batugamping yang berasosiasi dengan mangan dan berada di jarak 0,1-230,8 m pada kedalaman 11,8-100 m serta ketebalannya 65-100 m dengan arah dari barat daya menuju timur laut. Hasil pengamatan di lokasi penelitian memperlihatkan bahwa pada sayatan 3 (C-C1) terdapat eksplorasi mangan dengan litologi yaitu mangan berasosiasi dengan batuan gamping.

Bodi 2C suseptibilitasnya 0,000787 dan berwarna biru tua diduga berupa batuan lempung yang terletak di kedalaman 1,4-78,8 m dengan ketebalan 25,5-64,4 m serta berada di jarak 1,5-94,7 m. Bodi 3C dengan suseptibilitas 0,000600 berwarna biru tua diduga berupa batuan lempung berada di jarak 86,8-230,5 m dan ketebalannya 19,6-77,3 m serta berada di kedalaman 12,7-84,8 m.

Pemodelan sayatan 3 (C-C1) menunjukkan adanya dua anomali yang dimulai dari anomali rendah ke tinggi kemudian rendah dan kembali menuju anomali tinggi. Jika dikorelasikan dengan batuan penyusunnya, maka untuk anomali rendah didominasi batuan lempung yang berada di jarak sekitar 0-78,7 m dan 163,7-198,7 m. Sebaliknya, untuk anomali tinggi didominasi batuan gamping yang berasosiasi mangan dengan arah mulai barat daya sampai timur laut dan berada pada jarak sekitar 78,7-163,7 m dan 198,7-230,8 m.

Berdasarkan tabel 2, tabel 3 dan tabel 4 maka mangan atau batuan mangan diduga

berasosiasi dengan batugamping dengan nilai suseptibilitas, kedalaman, jarak dan ketebalan berbeda. Oleh sebab itu, maka mangan atau batuan mangan pada sayatan 1 (A-A1) berada di bodi 1A dengan arah sebaran dari barat daya menuju ke timur laut dan sayatan 2 (B-B1) di bodi 1B dari arah selatan menuju utara serta sayatan 3 (C-C1) pada bodi 1C mulai arah barat daya menuju timur laut. Asosiasi batugamping dengan mangan ini, menurut Park (dalam A. rakuzan, 2004) disebutkan bahwa umumnya terjadi dalam cebakan, baik cebakan mangan berasosiasi dengan batuan gamping atau karbonat dan kadang mengandung lempung yang menunjukkan pengendapan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka diambil kesimpulan:

1. Hasil pemetaan anomali magnetik daerah Naip, Kabupaten Timor Tengah Selatan menunjukkan susunan struktur perlapisan batuan bawah permukaan terdiri atas tiga jenis batuan yaitu batugamping dengan rentang nilai suseptibilitas 0,006407-0,008116 cgs unit, batuan metamorf nilai suseptibilitas antara 0,001434-0,002065 cgs unit dan batuan lempung yang memiliki nilai suseptibilitas 0,000049-0,000787 cgs unit.
2. Hasil interpretasi kualitatif dan kuantitatif daerah Naip menunjukkan struktur perlapisan bawah permukaan yang diduga mengandung mangan memiliki nilai anomali tinggi (≥ 50 sampai 220 nT) dengan nilai suseptibilitas antara 0,006407-0,008116 di bodi 1A pada sayatan 1(A-A1), bodi 1B sayatan 2 (B-B1) dan bodi 1C sayatan 3 (C-C1).

SARAN

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini, antara lain:

1. Perlunya metode geofisika lain sebagai pembanding jika ingin melakukan penelitian di lokasi yang sama, untuk menegaskan hasil penelitian yang telah dilaksanakan.
2. Perlunya area yang lebih luas dalam pengambilan data dengan jumlah titik ukur dan lintasan yang lebih banyak agar hasil yang diperoleh lebih mewakili daerah yang lebih luas pula.

DAFTAR PUSTAKA

1. Park. 1956. Sumber daya alam: mangan. <https://sumberdaya-bumi.blogspot.com/2015/05/mangan.html>. Diakses pada tanggal 18 Agustus 2019.
2. Sasmito, Benny. 2013. Identifikasi Zona Prospek Mineral Logam Menggunakan Metode Induksi Polarisasi Daerah Fatunisuan Kecamatan Miomaffo Barat Nusa Tenggara Timur. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional Veteran.
3. Umamii, A.M., dkk. 2017. Aplikasi metode magnetik untuk identifikasi sebaran bijih besi di Kabupaten Solok Sumatera Barat. *Youngster Physics Journal*: ISSN: 2302-7371. Vol. 6, No. 4, Oktober 2017, Hal. 296-303
4. Siahaan, B, U, B, M. 2009. Penentuan Struktur Pada Zona Hydrokarbon Daerah “X” Menggunakan Metode Magnetik, Skripsi. Jakarta: FMIPA Jurusan Fisika. Universitas Indonesia.
5. Noor, J. 2012. Pengantar Geologi Edisi Kedua. Fakultas Teknik Universitas Pakuan: Bogor.
6. Nandi, 2010. Batuan, Mineral dan Batubara. Universitas Pendidikan Indonesia: Fakultas Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial: Jurusan Geografi.
7. Rosidi, Suwitodirjo & H.Tjokrosoetra. 1996. Peta Geologi Lembar Kupang Atambua. Timor.