

IDENTIFIKASI POTENSI SEBARAN MINERAL MANGAN (Mn) BERDASARKAN ANOMALI MEDAN MAGNETIK PADA LEMBAR KUPANG, NUSA TENGGARA TIMUR

RIKKI HERMAWAN¹, YOGA SATRIA PUTRA^{1*}, RADITYA PERDHANA¹

¹Program Studi Geofisika, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Tanjungpura, Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, Kalimantan Barat

*Email: yogasatriaputra@physics.untan.ac.id

Sari – Telah dilakukan identifikasi potensi sebaran mineral Mangan (Mn) di daerah Kupang, Nusa Tenggara Timur berdasarkan anomali medan magnetik lembar Kupang. Pemodelan 3D dengan data anomali medan magnetik dilakukan pada *grid* anomali medan magnet residual yang berkorelasi dengan Formasi Bobonaro. Formasi Bobonaro diduga sebagai formasi pembawa mineral Mn. Lokasi yang diduga memiliki potensi mineral Mn adalah lokasi yang memiliki nilai suseptibilitas berkisar antara 0,0005 sampai 0,001 SI pada penampang 3D di lima *grid* anomali medan magnet residual. Berdasarkan nilai suseptibilitas pada lima lokasi pemodelan tersebut maka diduga keberadaan mineral Mn terletak pada batas kontras antara anomali medan magnet tinggi dan rendah. Dalam penelitian ini, daerah yang diduga berpotensi memiliki sebaran mineral Mn adalah lokasi pada pemodelan tiga yang ditunjukkan dengan nilai suseptibilitas Mn yang tersebar hingga dekat permukaan pada Formasi Bobonaro. Dari kajian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa identifikasi potensi sebaran mineral Mn dapat dilakukan berdasarkan pada data anomali medan magnetik. Pemodelan 3D dengan metode inversi pada *grid* anomali medan magnet residual dapat memberikan informasi tentang lokasi sebaran mineral Mn di bawah permukaan.

Kata kunci: Anomali medan magnetik, mineral Mn, formasi Bobonaro, pemodelan 3D magnetik, medan magnet residual.

Abstract - An identification of the potential distribution of Manganese (Mn) in the Kupang area, East Nusa Tenggara, has been carried out based on the magnetic field anomaly of the Kupang sheet. The 3D modelling with magnetic field anomaly data was performed on a grid of residual magnetic field anomalies correlated with the Bobonaro Formation. The Bobonaro Formation is thought to be an Mn mineral carrier formation. Locations suspected of having potential for Mn minerals are locations with susceptibility values ranging from 0.0005 to 0.001 SI on a 3D cross-section in five grids of residual magnetic anomaly. Based on the susceptibility values at the five modelling locations, it is suspected that the presence of Mn minerals is located at the contrast boundary between high and low magnetic field anomalies. In this study, the area suspected of having the potential to have Mn mineral distribution is the location in model-3, which is indicated by the susceptibility value of Mn, which is spread close to the surface in the Bobonaro Formation. From the study, it can be concluded that the potential distribution of Mn minerals can be identified based on the magnetic field anomaly data. 3D modelling with the inversion method on the residual magnetic field anomaly grid can provide information about the distribution of Mn minerals below the surface.

Keywords: Magnetic field anomaly, Mn mineral, Bobonaro formation, magnetic 3D modelling, residual magnetic field.

1. PENDAHULUAN

Mineral Mangan (Mn) merupakan satu di antara mineral di Indonesia yang memiliki potensi besar dilihat dari nilai ekonomi, kegunaan, serta keterdapatannya (KESDM, 2017). Mangan dianggap memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi karena merupakan bahan baku industri baja, yang termasuk ke dalam kelompok industri dasar (industri hulu) dan menjadi bahan baku industri lainnya seperti industri konstruksi, mesin, elektronik, otomotif dan lain-lain. Melihat pemakaian mineral Mangan yang sangat luas,

maka perlu dilakukan eksplorasi untuk kelangsungan kegiatan industri logam (Anshori, 2010). Indonesia memiliki sumber daya dan cadangan Mangan yang terbilang besar, dimana sebanyak 70% cadangan dan 60% sumberdaya Mangan Indonesia berada di Nusa Tenggara Timur. Di samping itu, Mangan Nusa Tenggara Timur terkenal memiliki kualitas tinggi di dunia (KESDM, 2017). Pada saat yang sama, kabupaten Kupang telah menjadi salah satu kabupaten di provinsi Nusa Tenggara Timur yang memiliki potensi

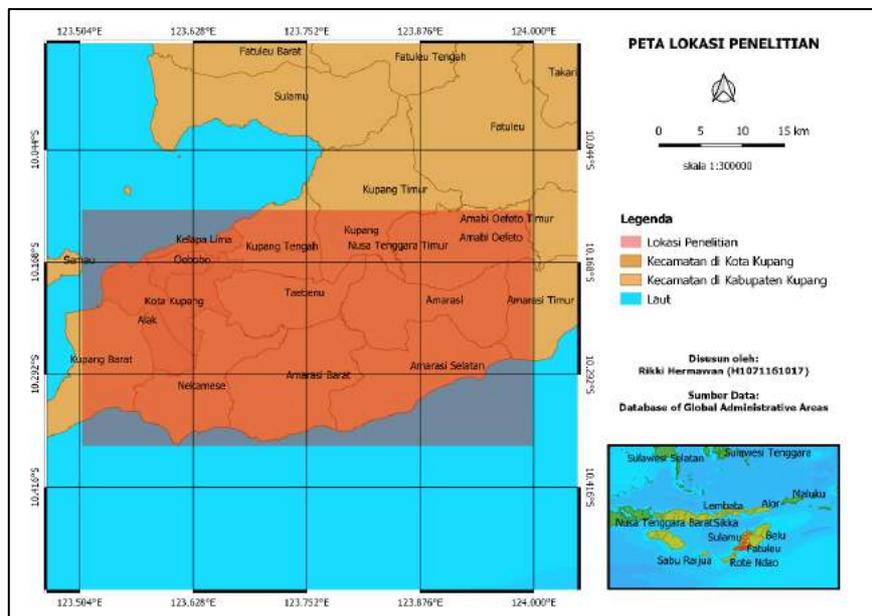
mineral Mn. Akan tetapi, eksplorasi mineral Mn yang dilakukan di kabupaten ini belum berjalan secara maksimal. Saat ini, eksplorasi langsung merupakan cara yang paling sering dilakukan untuk mengetahui potensi Mangan di kabupaten Kupang. Minimnya informasi tentang lokasi sebaran mineral Mn telah menjadi salah satu masalah dalam proses eksplorasi mineral Mn di kabupaten Kupang (KESDM, 2010).

Di sisi lain, penerapan metode geofisika dalam memodelkan struktur bawah permukaan bumi telah menjadi tren dalam bidang kebumiharian dan eksplorasi sumber daya alam. Salah satunya adalah metode magnetik. Metode ini adalah satu di antara metode Geofisika yang digunakan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan bumi dengan mengukur intensitas medan magnet total di satu daerah (Diantoro, 2017). Variasi intensitas medan magnet yang terukur kemudian ditafsirkan dalam bentuk distribusi bahan penyebab medan magnet di bawah permukaan bumi (Lita, 2012). Metode magnetik dirasa sangat cocok untuk melihat

mineral Mn dilakukan berdasarkan pada data anomali medan magnetik. Selanjutnya, pemodelan 3D dengan metode inversi pada *grid* anomali medan magnet residual dikerjakan untuk mendapatkan informasi tentang lokasi sebaran mineral Mn pada lembar Kupang.

2. METODOLOGI

Lokasi penelitian ini berada di kabupaten Kupang, provinsi Nusa Tenggara Timur. Dengan koordinat penelitiannya adalah 123,5° hingga 124° BT, dan 10,37° hingga 10,11° LS, dengan zona UTM 51S seperti diperlihatkan pada **Gambar 1**. Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa peta anomali medan magnet pendahuluan lembar Kupang, Nusa Tenggara Timur skala 1:250.000 yang diterbitkan oleh Pusat Survey Geologi (PSG), Bandung (Marzuki dan Hayat, 1990). Selanjutnya dilakukan digitasi pada peta data sekunder. Hasil dari proses digitasi ini berupa nilai anomali medan magnet sesuai kontur anomali medan magnetik pada lembar Kupang beserta koordinatnya. Hasil dari proses digitasi



Gambar 1. Lokasi penelitian berada pada daerah Kupang, Nusa Tenggara Timur.

distribusi batuan serta struktur geologi dengan baik karena dapat mencakup area penelitian yang luas atau survei pendahuluan secara lateral. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi sebaran mineral Mn di daerah Kupang. Identifikasi potensi sebaran

yang berupa nilai anomali medan magnet dan koordinat selanjutnya diolah menggunakan *software* pengolahan data magnetik. Dari data digitasi ini nantinya akan dihasilkan *grid* anomali medan magnet. Sebelum dilakukan pemodelan, tahap validasi dilakukan untuk

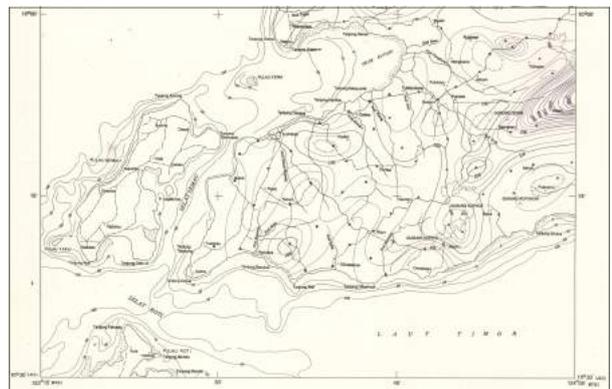
memastikan bahwa *grid* anomali medan magnet telah sesuai dengan data aslinya. Selanjutnya, dilakukan pemotongan *grid* anomali medan magnet pada batas 123,5°-124°BT dan 10,37°- 10,11° LS dengan tujuan untuk memfokuskan pada lokasi yang lebih spesifik. Selain itu, data pendukung berupa lokasi potensi dan lokasi tambang mineral Mn pada lembar Kupang perlu diketahui. Hal ini diperlukan untuk proses penentuan posisi *grid*. Dalam penelitian ini posisi *grid* berada pada bagian Selatan lembar Kupang. *Grid* anomali medan magnet yang dihasilkan harus terbebas dari penyimpangan sudut magnetiknya, agar inklinasi bernilai 90° dan deklinasi bernilai 0°. Ini bertujuan untuk memudahkan proses analisa maupun interpretasi. Oleh karena itu dilakukan transformasi *Reduce to the pole* (RTP).

Selanjutnya, untuk mendapatkan anomali medan magnet regional maka dilakukan transformasi *upward continuation*. Proses *upward continuation* dikerjakan dengan interval pengangkatan 500 meter, dan berhenti sampai citra anomali medan magnet stabil dan berhenti berubah. Hasil *upward continuation* berupa anomali medan magnet regional dipakai untuk menentukan anomali medan magnet residual, dengan cara mengurangkan *grid* anomali medan magnet RTP dengan anomali medan magnet regional. Selanjutnya penentuan lokasi pada *grid* anomali medan magnet residual dilakukan dengan proses *overlay* antara lokasi tambang dan lokasi potensi Mn pada lembar Kupang. Proses *overlay* dilakukan terhadap peta geologi lembar Kupang dan *grid* anomali medan magnet residual. Terakhir, pemodelan 3D pada lokasi *grid* yang telah ditentukan selanjutnya dilakukan untuk memperoleh hasil berupa gambaran yang pasti atau mendekati kondisi bawah permukaan yang sesungguhnya. Sebaran mineral Mn hasil pemodelan 3D diinterpretasi berdasarkan pola perlapisan formasi maupun keterdapatan mineral di bawah permukaan sesuai dengan distribusi nilai suseptibilitas batuan. Proses pemodelan dilakukan dengan cara melakukan inversi pada *grid* anomali medan magnet residual. Selanjutnya korelasi antara informasi

dari peta geologi dan hasil pemodelan akan digunakan untuk mengkonfirmasi hubungan antar formasi, dan keterdapatan mineral Mn dalam satu formasi.

3. RESULTS

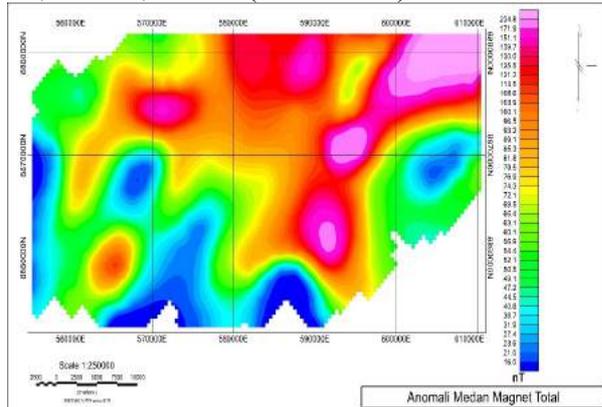
Tahap digitasi dari peta anomali medan magnet pendahuluan menghasilkan sebanyak 1960 titik digitasi dengan masing-masing nilai anomali medan magnet beserta koordinatnya (**Gambar 2**). Hasil dari tahap digitasi ini nantinya akan dikoreksi menggunakan *Ms. Excel* untuk mengeliminasi komponen yang tidak diperlukan. Proses ini dikerjakan hingga benar-benar menyisakan nilai anomali medan magnet dan koordinat untuk proses pengolahan data pada tahap selanjutnya.



Gambar 2. Peta anomali medan magnetik pendahuluan lembar Kupang, skala 1:250.000 beserta titik digitasi.

Hasil dari proses digitasi berupa nilai anomali medan magnetik selanjutnya diolah menggunakan perangkat lunak pengolahan data magnetik. Proses pengolahan pada tahap ini bertujuan untuk mengubah data yang ada agar menjadi *grid* yang merepresentasikan distribusi batuan di bawah permukaan bumi. Data *grid* dinyatakan dalam nilai anomali magnet tinggi, sedang, dan rendah. Besarnya anomali magnetik yang dihasilkan pada tahap ini dibedakan oleh warna pada *grid*. Kemudian dilakukan pemotongan pada *grid* anomali medan magnet. Tujuannya adalah agar model yang dibangun terfokus pada lokasi penelitian saja. Informasi lokasi potensi mineral Mn serta lokasi tambang Mn pada lembar Kupang telah diketahui yaitu pada bagian selatan lembar Kupang dengan kordinat 123,5°- 124° BT dan

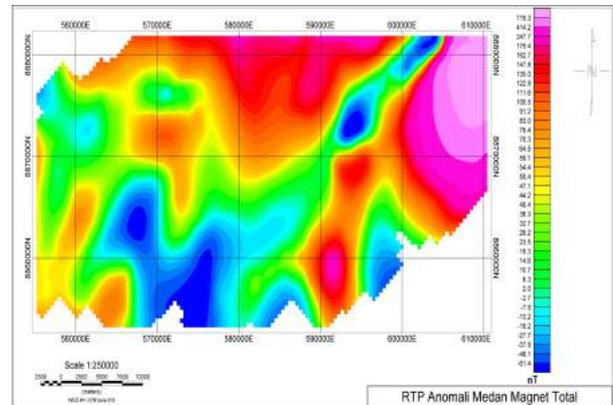
10,37° - 10,11° LS (**Gambar 3**).



Gambar 3. Potongan *grid* anomali medan magnet.

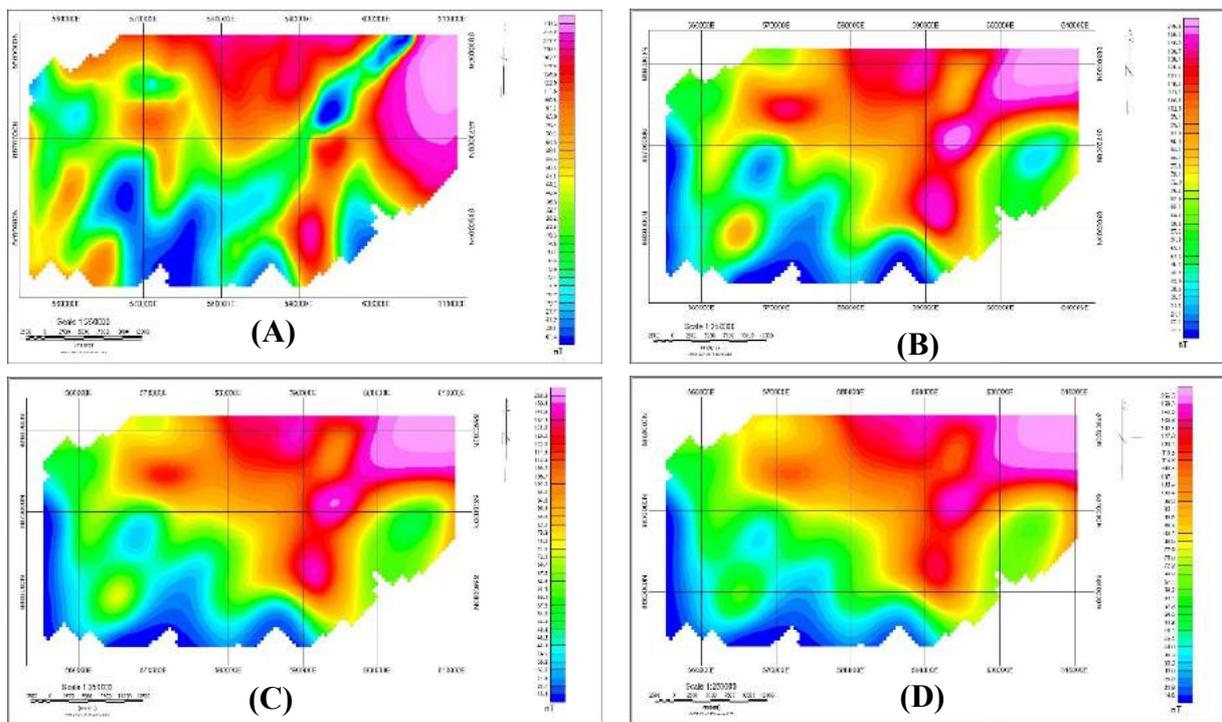
Grid anomali medan magnet yang masih mengandung penyimpangan sudut magnetic, harus melalui tahap transformasi agar penyimpangan tersebut dapat dihilangkan. Oleh karena itu, penerapan filter *reduce to the pole* (RTP) atau reduksi ke kutub perlu dilakukan untuk menghilangkan penyimpangan magnetik dan menyearahkan anomali medan magnet ke kutub bumi. Dengan menggunakan filter ini, nilai inklinasi dan deklinasi berturut-turut berubah menjadi 90° dan 0° yang mengasumsikan bahwa keberadaan benda penyebab anomali magnetik berada tepat di bawah citra anomali

magnetiknya. **Gambar 4** menunjukkan sebuah distribusi pola anomali magnetik hasil filter RTP yang memiliki perbedaan dengan pola anomali magnetik pada *grid* anomali medan magnet sebelumnya.



Gambar 4. Anomali medan magnet yang telah diberi filter *Reduce to the pole* (RTP).

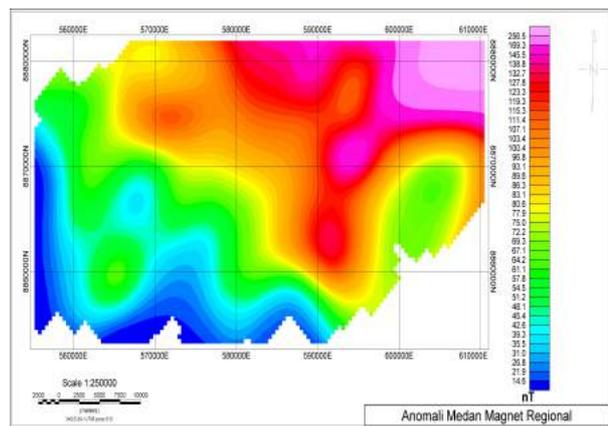
Pada pola anomali medan magnet hasil filter RTP, nilai anomali medan magnet berkisar antara -61,4 nT hingga 719,3 nT. Perubahan nilai medan magnet ini dapat disebabkan oleh terakumulasinya nilai anomali medan magnet yang tadinya tidak searah, namun setelah diberi filter RTP terdapat nilai-nilai anomali yang menjadi searah. *Grid* hasil dari tahap ini



Gambar 5. Anomali medan magnet pada tiap nilai upward. (A) 0 m, (B) 500 m, (C) 1000 m, (D) 1500 m.

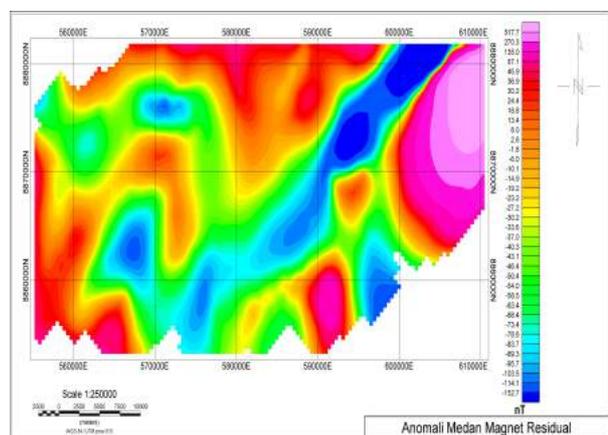
merupakan gabungan dari anomali medan magnet lokal (residual) dan regional. Pada proses selanjutnya dilakukan pemisahan kedua anomali medan magnet tersebut (residual & regional). Proses pemisahan ini dikerjakan menggunakan filter *upward continuation* yang bertujuan untuk menghilangkan anomali-anomali lokal dengan melakukan pengangkatan ke atas pada data sehingga menyisakan anomali regional saja. Pada dasarnya, hasil dari penggunaan filter *upward continuation* adalah anomali medan magnet regional. Dalam penentuan anomali medan magnet regional sebagai hasil filter *upward continuation*, dilakukan dengan mengatur jarak pengangkatan pada *grid* anomali medan magnet hasil RTP. Proses kontinuitas atau pengangkatan dilakukan dengan uji *trial and error*, dengan melihat kecenderungan pola anomali medan magnet hasil kontinuitas pada ketinggian tertentu. Pemilihan hasil pengangkatan dilakukan dengan melihat hasil kontinuitas hingga tidak terdapat perubahan lagi ketika dilakukan pengangkatan berikutnya. Dalam hal ini diasumsikan bahwa data diperhalus dengan menghilangkan efek lokal atau dangkal.

Gambar 5 (A) merupakan *grid* anomali medan magnet hasil RTP sebagai data input pada proses pengangkatan ke atas, atau dapat dikatakan bahwa nilai pengangkatan pada gambar (A) yaitu 0. Pada gambar (B), (C) dan (D) nilai pengangkatan yang diberikan berturut-turut yaitu sebesar 500, 1000, dan 1500. Proses *trial and error* pada *upward continuation* berhenti pada nilai pengangkatan sebesar 1500. Karena *grid* anomali medan magnet yang dihasilkan tidak dapat berubah lagi ketika diberi nilai pengangkatan >1500, maka dipilih nilai pengangkatan sebesar 1500. Hasil dari proses *upward continuation* adalah *grid* anomali medan magnet regional atau anomali medan magnet yang diasumsikan sebagai respon dari batuan-batuan yang lebih dalam (**Gambar 6**). Hal ini dikarenakan pada proses *upward continuation*, telah dihilangkan respon-respon lokal atau respon-respon kecil yang diasumsikan sebagai respon dari batuan-batuan yang lebih dangkal. Pada *grid* anomali medan magnet regional, menunjukkan nilai



Gambar 6. Anomali medan magnet regional, hasil dari proses *Upward continuation*.

anomali medan magnet yang relatif tinggi yaitu berkisar antara 14,6 nT hingga 256,5 nT. Pola persebaran yang ditampilkan pada *grid* anomali medan magnet regional ini berangsur meninggi dari arah barat daya hingga timur laut yang ditandai dengan adanya warna biru pada bagian barat daya dan semakin tinggi ke arah timur taut pada peta. Hal ini diduga dikarenakan respon dari hasil subduksi yang terjadi sehingga menyebabkan struktur yang terbentuk jauh di bawah permukaan bumi pada bagian selatan pulau Timor.



Gambar 7. Anomali medan magnet residual.

Anomali medan magnet residual ditentukan dengan mengurangi *grid* anomali medan magnet (hasil RTP) dengan *grid* anomali medan magnet regional (**Gambar 7**). Pada penelitian ini, anomali medan magnet residual diperlukan karena digunakan sebagai *grid* yang akan dimodelkan untuk menduga keberadaan mineral Mn. Anomali medan magnet residual dipilih karena merupakan respon dari batuan yang relatif dangkal, sehingga cocok dengan

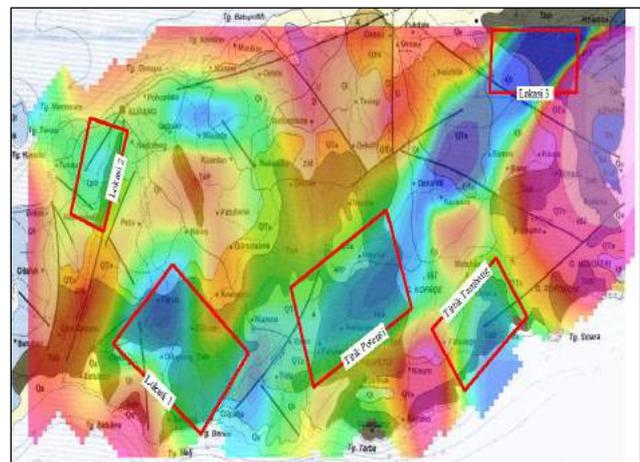
objek penelitian yaitu mineral Mn. Maka dilakukan pemisahan anomali medan magnet regional dan residual. Hal ini dikarenakan anomali medan magnet hasil RTP merupakan anomali medan magnet total atau akumulasi dari anomali medan magnet lokal (residual) dan regional. *Grid* anomali medan magnet residual pada **Gambar 7** merepresentasikan tampilan struktur bawah permukaan yang lebih dangkal. Pada *grid* anomali medan magnet residual, dapat dilihat bahwa distribusi warna yang mewakili nilai anomali medan magnet tampak lebih kompleks dibandingkan *grid* yang dihasilkan dari proses sebelumnya. Anomali rendah ditandai dengan warna biru pada beberapa tempat dengan persebaran acak. Demikian pula dengan anomali medan magnet tinggi, juga tersebar secara acak pada *grid* anomali medan magnet residual. Nilai anomali medan magnet yang dihasilkan berkisar antara -152,7 nT hingga 517,7 nT.

Untuk menentukan daerah yang diduga terdapat potensi mineral Mn pada daerah penelitian, dilakukan inversi 3D agar mendapatkan informasi batuan di bawah permukaan bumi berdasarkan nilai suseptibilitas batuan yang dihasilkan. Namun, terlebih dahulu ditentukan lokasi yang akan dilakukan inversi 3D. Proses kalibrasi dilakukan dengan cara melakukan *overlay* pada lokasi tambang Mangan dan lokasi potensi mineral Mn lembar Kupang terhadap peta geologi lembar Kupang serta *grid* anomali medan magnet residual. Selanjutnya dilihat pola anomali medan magnet pada kedua lokasi yang telah *dioverlay* tersebut.

Proses kalibrasi anomali medan magnet residual dan peta geologi yang dimaksudkan untuk mendapatkan pola anomali yang terdapat pada data-data kalibrasi (lokasi potensi dan tambang Mn) sehingga dapat ditemukan kelas atau karakteristik lokasi yang diduga terdapat potensi mineral Mn. Sebelumnya, diketahui bahwa formasi Bobonaro merupakan formasi pembawa mineral Mn. Selanjutnya, dari proses kalibrasi, ternyata pada kedua lokasi kalibrasi baik lokasi tambang maupun lokasi potensi (terdapat pada formasi Bobonaro) memiliki pola anomali medan magnetik rendah yang

ditandai dengan warna biru (**Gambar 8**). Dengan demikian, pada proses pemodelan 3D dipilih daerah pada formasi Bobonaro dengan anomali medan magnetik rendah.

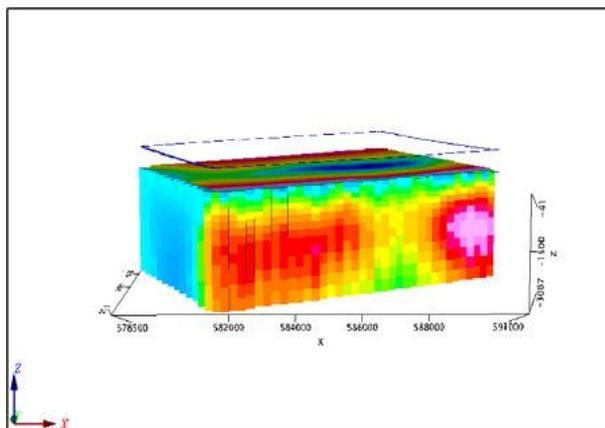
Untuk mengidentifikasi potensi sebaran Mn di lembar Kupang beserta pendugaan kedalamannya, maka dilakukan proses inversi 3D dengan menggunakan fitur *VOXI* pada perangkat lunak pengolahan data magnetik. Setelah dilakukan proses kalibrasi pada tahap sebelumnya maka diketahui lokasi yang akan dimodelkan 3D pada daerah penelitian. Proses pemodelan dimaksudkan untuk mengetahui kondisi maupun keberadaan mineral Mn di bawah permukaan pada lokasi penelitian berdasarkan nilai suseptibilitas yang dihasilkan pada proses inversi 3D.



Gambar 8. Desain lokasi yang akan dilakukan pemodelan 3D pada *grid* anomali medan magnet residual.

Sebanyak lima lokasi telah dipilih untuk pemodelan 3D, yaitu pada lokasi potensi mineral Mn lembar Kupang, lokasi tambang Mn daerah Kupang, dan tiga lokasi lain yang ditentukan dari proses kalibrasi yaitu lokasi 1 pada sekitar barat daya, lokasi 2 pada barat laut, dan lokasi 3 pada timur laut (**Gambar 8**). Nilai suseptibilitas yang digunakan sebagai nilai dugaan mineral Mn adalah nilai suseptibilitas mineral paramagnetik, karena mineral Mn merupakan mineral paramagnetik (Diantoro, 2017). Nilai suseptibilitas dari mineral paramagnetik yang digunakan adalah antara 0.0005 SI hingga 0.001 SI sesuai dengan nilai suseptibilitas mineral paramagnetik yang bernilai sekitar 10^{-3} SI (Dentith, 2014).

Lokasi potensi mineral Mn didasarkan pada lokasi potensi mineral yang diterbitkan oleh PSDG (2010). Pada lokasi ini dilakukan pemodelan 3D dengan tujuan untuk mengetahui pola sebaran nilai suseptibilitas mineral Mn yang berkisar 0.0005 s.d. 0.001 SI pada daerah yang memang telah dinyatakan berpotensi mengandung mineral Mangan. Proses pendugaan ini juga diperkuat dengan melihat zona Mn maupun zona sedimen-sedimen dari formasi pembawa mineral Mangan pada lembar Kupang.

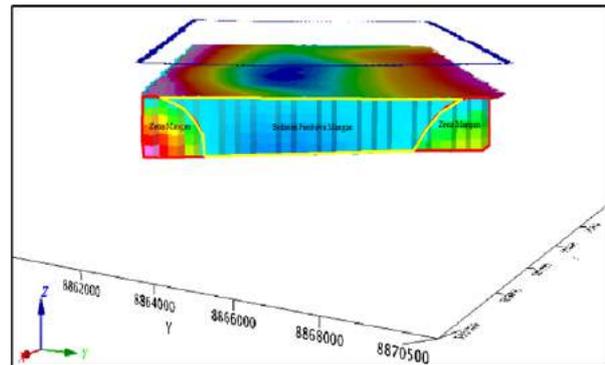


Gambar 9. Penampang suseptibilitas pada lokasi pemodelan potensi mineral Mn Kupang.

Gambar 9 adalah penampang 3D yang dihasilkan dari proses inversi dengan menampilkan sebaran suseptibilitas yang dinyatakan dalam volume warna. Pada lokasi potensi Mn dihasilkan rentang suseptibilitas sebesar -0.00159 SI hingga 0.00149 SI. Suseptibilitas negatif diduga sebagai batuan sedimen non-magnetik. Suseptibilitas $0-0.0003$ SI diduga sebagai batu gamping formasi Batu Gamping Korall serta lempung dari formasi Bobonaro. Kemudian dilakukan pemotongan kedalaman hingga hanya menyajikan kedalaman sebesar 1000 meter di bawah permukaan. Selanjutnya dimasukkan dugaan rentang nilai suseptibilitas mineral Mn, sehingga nilai suseptibilitas batuan lain tereliminasi.

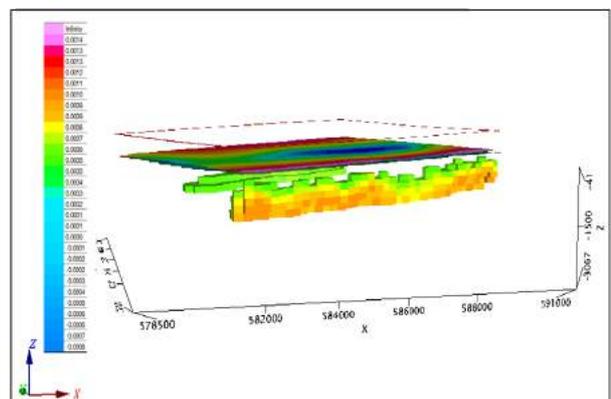
Gambar 10 merupakan distribusi dugaan nilai suseptibilitas mineral mangan pada titik potensi. Arah Utara ditunjukkan oleh panah dengan simbol Y. Sebelumnya dilakukan pemotongan nilai spasial pada kedalaman

hingga 1000 meter, sehingga nilai suseptibilitas yang ditampilkan hanya pada kedalaman < 1000 meter di bawah permukaan tanah. Hal ini dilakukan untuk mengurangi error karena objek di bawah permukaan yang direpresentasikan oleh hasil pemodelan ini akan memiliki tingkat akurasi yang semakin rendah seiring bertambahnya kedalaman. Terlihat volume nilai suseptibilitas yang diduga merupakan mineral Mangan.



Gambar 10. Dugaan nilai suseptibilitas Mn pada lokasi potensi Mn Kupang.

Namun keberadaan dugaan nilai suseptibilitas Mn tersebut tidak tepat berada di atas anomali rendah seperti yang telah dibahas pada proses kalibrasi, melainkan di sekitar pola anomali rendah atau tepat pada batas kontras anomali tinggi dan rendah tetapi masih berada pada formasi Bobonaro. Dikarenakan pada lokasi pemodelan ini terdapat data yang sudah dinyatakan sebagai keberadaan Mn, yaitu titik potensi mineral Mn lembar Kupang oleh PSDG, (2010), maka keberadaan mineral Mn yang direpresentasikan dapat dikonfirmasi.

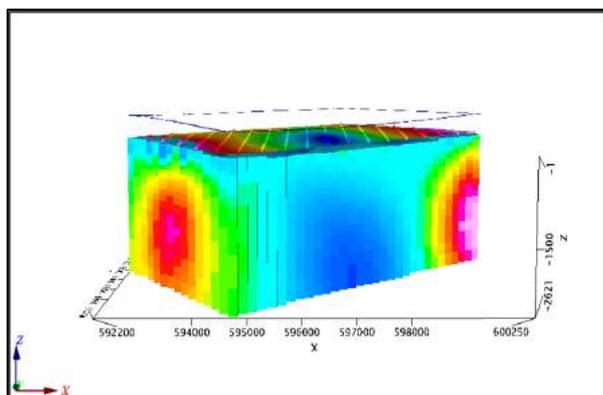


Gambar 11. Zona Mn pada lokasi pemodelan potensi Mn.

Selain itu, keberadaan zona Mn dan zona

sedimen dari formasi pembawa Mn dapat diperlihatkan pada penampang 3D suseptibilitas dalam **Gambar 11**. Gambar ini merupakan identifikasi zona Mn dan zona sedimen pembawa Mn. Arah utara ditunjukkan oleh panah dengan symbol Y, dan arah timur ditunjukkan oleh panah dengan symbol X. Pada gambar dapat dilihat bahwa keberadaan zona Mn berada pada tepian dari penampang 3D yaitu pada volume suseptibilitas yang cenderung lebih tinggi dari sekitarnya. Sedangkan volume suseptibilitas rendah yang diduga sebagai batuan sedimen pembawa Mn berada ditengah seperti menyelimuti daerah zona Mn tersebut.

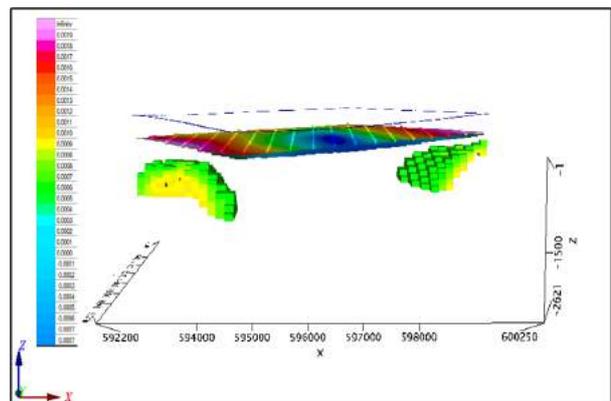
Lokasi tambang Mn didasarkan pada lokasi tambang Mn yang ada di pulau Timor oleh *Gulf Manganese*. Titik ini berada pada formasi Bobonaro yang memiliki pola anomali medan magnet rendah seperti lokasi potensi mineral Mn. Selanjutnya, dilakukan pemodelan pada lokasi ini untuk validasi terkait keberadaan mineral Mn berdasarkan dugaan nilai suseptibilitas serta zona Mn yang ada pada hasil pemodelan. Sehingga pada titik pemodelan lain dapat diterapkan dugaan nilai suseptibilitas yang sama untuk merepresentasikan keberadaan Mn.



Gambar 12. Penampang suseptibilitas pada lokasi pemodelan tambang Mn.

Gambar 12 adalah penampang suseptibilitas 3D yang dihasilkan dari proses inversi di lokasi pemodelan pada tambang Mn. Nilai suseptibilitas yang dihasilkan dari proses inversi yaitu berkisar antara -0.0016 SI hingga 0.0019 SI. Nilai suseptibilitas negatif diduga merupakan batuan sedimen nonmagnetik.

Sisa-sisa fosil pada formasi Bobonaro diduga mempunyai nilai suseptibilitas 0-0.0003 SI berupa batu gamping dari formasi Batu Gamping Korai. Nilai suseptibilitas 0.0003-0.0004 SI diduga sebagai batu pasir formasi Noele. Sedangkan nilai suseptibilitas > 0.001 SI diduga sebagai marl dan tuff dari formasi Noele serta mélange pada formasi Bobonaro. Dugaan nilai suseptibilitas Mn yaitu antara 0.0005 SI hingga 0.001 SI juga digunakan untuk mewakili keberadaan Mn pada hasil pemodelan ini.

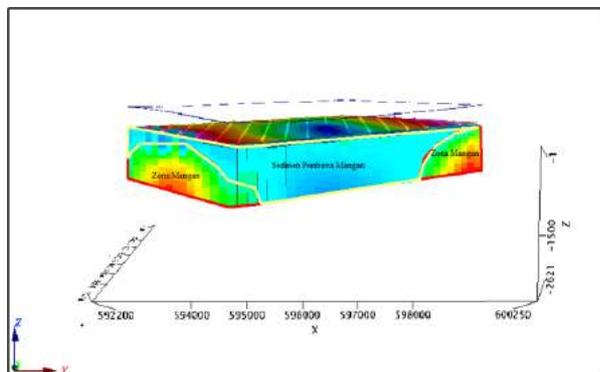


Gambar 13. Suseptibilitas Mn pada lokasi pemodelan tambang Mn.

Gambar 13 adalah suseptibilitas mangan lokasi pemodelan pada tambang Mn yang berada pada tepian poligon pemodelan atau pada batas kontras antara anomali tinggi dan rendah. Hal ini serupa dengan distribusi nilai suseptibilitas Mn pada poligon pemodelan lokasi potensi Mn yang mana suseptibilitas Mn juga berada pada batas kontras anomali rendah dan tinggi, bukan tepat di atas anomali rendah pada formasi Bobonaro. Selain itu, zona Mn yang terdapat pada hasil pemodelan ini juga berpola sama, yaitu berada pada tepian poligon pemodelan (batas kontras anomali tinggi dan rendah) dengan volume suseptibilitas rendah berada di tengah, menyelimuti zona Mangan itu sendiri (**Gambar 14**). Sedimen-sedimen ini diduga sebagai bagian dari formasi Bobonaro berupa lempung yang merupakan formasi pembawa Mn.

Lokasi pemodelan 1 adalah lokasi pemodelan 3D selain lokasi potensi Mn dan tambang Mn. Penentuan lokasi ini didasarkan pada proses kalibrasi, dengan melihat anomali medan

magnet rendah yang ada pada formasi Bobonaro. Lokasi pemodelan ini berada di sekitar barat daya pada peta *grid* anomali medan magnet residual.

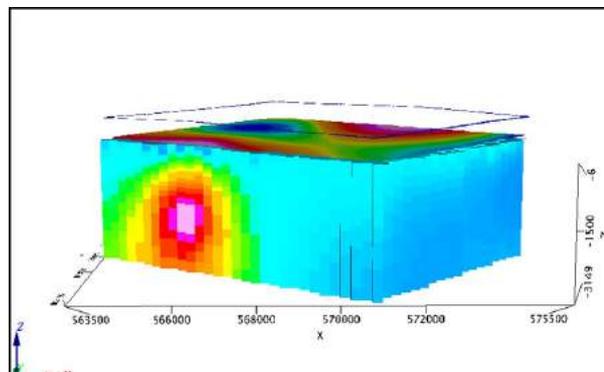


Gambar 14. Zona mangan pada lokasi pemodelan titik tambang Mn.

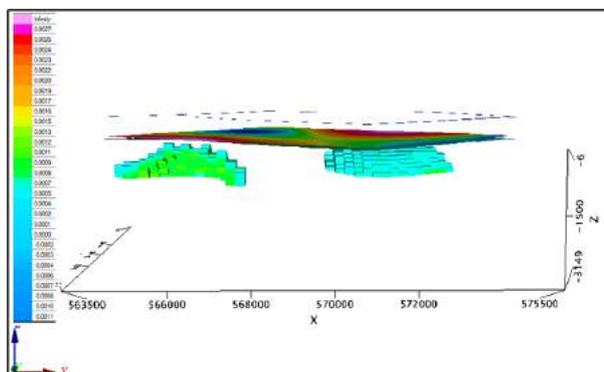
Lokasi pemodelan 1 merupakan lokasi lain yang diduga memiliki keterdapatan mineral Mn, karena memiliki pola yang sama seperti titik kalibrasi pada anomali medan magnet rendah formasi Bobonaro. Pada penampang suseptibilitas lokasi pemodelan 1 (**Gambar 15**), nilai suseptibilitas yang dihasilkan yaitu berkisar antara -0.00248 hingga 0.00284. Nilai suseptibilitas negatif diduga merupakan batuan-batuan sedimen nonmagnetik yang terdapat pada formasi Bobonaro dan formasi Noele serta formasi Batu Gamping Koral. Hal ini didasarkan pada korelasi menggunakan peta geologi. Lokasi pemodelan 1 ini berada pada ketiga formasi geologi tersebut. Suseptibilitas 0.0003 hingga 0.0004 SI diduga merupakan batu gamping dan batu pasir yang merupakan satuan batuan dari formasi Batu Gamping Koral. Nilai suseptibilitas 0.0002 SI diduga sebagai lempung dari formasi Bobonaro. Nilai suseptibilitas > 0.001 diduga sebagai tuff dan mélange. Sedangkan untuk dugaan nilai suseptibilitas Mn digunakan rentang nilai suseptibilitas sebesar 0.0005 hingga 0.001. Untuk mengetahui keberadaan mineral Mn yang dihasilkan dari proses inversi, ditampilkan nilai suseptibilitas sebesar 0.0005 hingga 0.001 sebagai nilai suseptibilitas Mn.

Pada **Gambar 16**, terlihat bahwa terdapat dua bagian yang merepresentasikan keberadaan mineral Mn. Jika dilihat pada poligon pemodelan maupun *grid* anomali medan

magnet residual, mineral Mn berada pada batas kontras antara anomali medan magnet rendah dan tinggi, seperti pada lokasi pemodelan sebelumnya.



Gambar 15. Penampang suseptibilitas pada lokasi pemodelan 1.

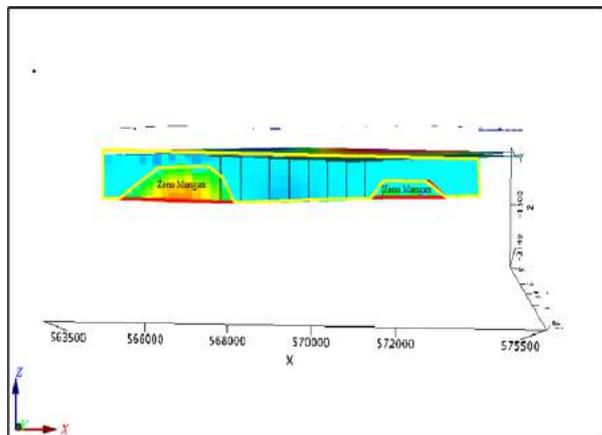


Gambar 16. Suseptibilitas Mn pada lokasi pemodelan 1.

Namun pada hasil inversi lokasi pemodelan pada **Gambar 16**, keberadaan mineral mangan yang direpresentasikan oleh dugaan nilai suseptibilitas Mn ini diragukan atau memiliki tingkat keyakinan kecil karena tidak tepat berada pada formasi pembawa Mn pada formasi Bobonaro. Suseptibilitas yang ditampilkan diduga juga merupakan batuan lain yang juga memiliki nilai suseptibilitas yang sama dengan Mn, atau memang mineral Mn namun dalam konsentrasi yang rendah.

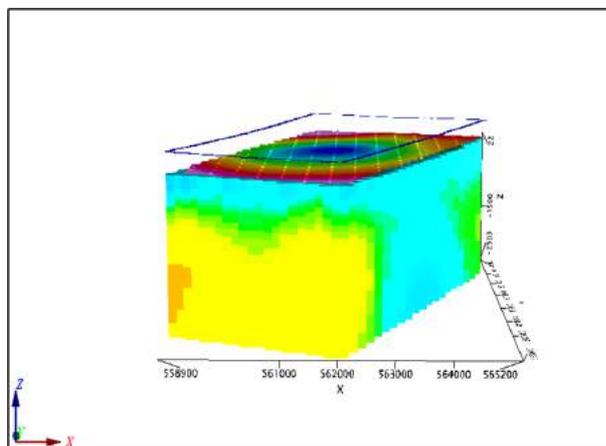
Gambar 17 memperlihatkan zona Mn dan zona batuan sedimen pada hasil pemodelan ini berpola sama seperti pada lokasi pemodelan sebelumnya, yaitu zona Mn pada bagian batas kontras antara anomali tinggi dan rendah dengan sedimen-sedimen yang ditandai dengan suseptibilitas rendah berada di tengah dari zona Mangan itu sendiri. **Gambar 17** menunjukkan

bahwa zona Mn pada lokasi pemodelan 1 memunculkan kembali nilai suseptibilitas secara utuh dan memotong nilai spasial secara vertikal pada penampang suseptibilitas.



Gambar 17. Keberadaan zona Mn pada lokasi pemodelan 1.

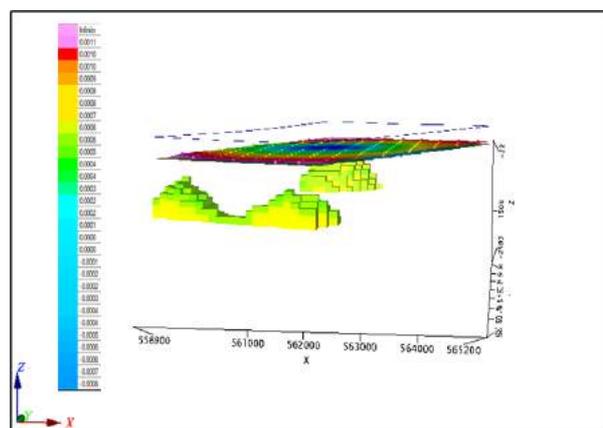
Lokasi pemodelan 2 merupakan lokasi pemodelan 3D yang juga didasari oleh proses kalibrasi, dengan melihat anomali medan magnet rendah yang ada pada formasi Bobonaro. Lokasi pemodelan ini berada pada sekitar bagian barat *grid* anomali medan magnet residual.



Gambar 18. Penampang suseptibilitas pada lokasi pemodelan 2.

Gambar 18 adalah penampang suseptibilitas yang dihasilkan dari proses pemodelan 3D pada lokasi pemodelan 2. Pada gambar, arah utara ditunjukkan oleh arah Y, dan arah timur ditunjukkan oleh arah X. Nilai suseptibilitas yang dihasilkan berkisar antara -0.00144 hingga 0.00118 SI. Jika dikorelasikan dengan peta geologi lembar Kupang, lokasi pemodelan

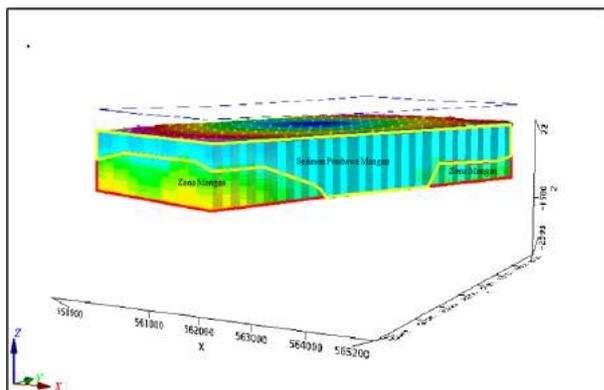
2 berada pada formasi Batu Gamping Koral dan Formasi Bobonaro. Nilai suseptibilitas negatif diduga sebagai batuan nonmagnetik yang terdapat pada formasi Batu Gamping Koral maupun formasi Bobonaro. Nilai suseptibilitas 0.0002 SI diduga sebagai lempung formasi Bobonaro. Sedangkan nilai suseptibilitas 0.0003-0.0004 SI diduga merupakan batu gamping dan batu pasir satuan batuan dari formasi Batu Gamping Koral. Dan untuk dugaan nilai suseptibilitas Mn, digunakan rentang nilai suseptibilitas sebesar 0.0005 hingga 0.001, sama seperti pada lokasi pemodelan sebelumnya.



Gambar 19. Suseptibilitas Mn pada lokasi pemodelan 2.

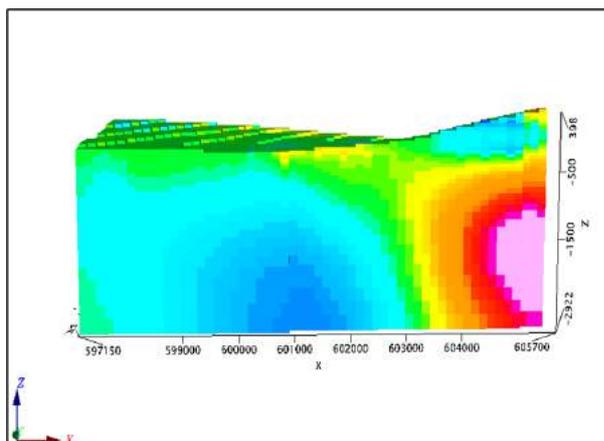
Gambar 19 memperlihatkan suseptibilitas Mn pada lokasi pemodelan 2 terdapat pada dua bagian penampang suseptibilitas yaitu pada batas kontras anomali tinggi dan rendah. Hal ini sama seperti pada lokasi pemodelan sebelumnya, dimana keberadaan mineral mangan yang direpresentasikan oleh dugaan nilai suseptibilitas Mn 0.0005 hingga 0.001 juga berada pada batas kontras anomali medan magnet tinggi dan rendah. Seperti pada lokasi pemodelan 1, sebaran Mn pada lokasi pemodelan ini juga diragukan karena tidak berada tepat pada formasi Bobonaro sehingga diduga merupakan respon dari batuan lain yang juga memiliki nilai suseptibilitas yang sama atau mendekati nilai suseptibilitas Mn. Namun, pada lokasi pemodelan ini diduga tetap memiliki potensi Mn dengan konsentrasi yang relatif rendah yang terletak dibawah formasi Bobonaro. Selain itu, jika dilihat zona Mn pada penampang suseptibilitas lokasi pemodelan 2, dengan anggapan bahwa Mn terepresentasikan

oleh nilai suseptibilitas Mn meski dalam konsentrasi yang rendah (**Gambar 19**). terlihat Pola yang sama seperti lokasi pemodelan sebelumnya, yaitu zona Mn berada pada bagian tepi dengan zona batuan sedimen yang menyelimuti zona Mangan itu sendiri (**Gambar 20**). Sehingga dapat diduga batuan-batuan sedimen tersebut merupakan sedimen pembawa mineral Mn seperti satuan batuan dari formasi Bobonaro.



Gambar 20. Keberadaan zona Mn pada lokasi pemodelan 2.

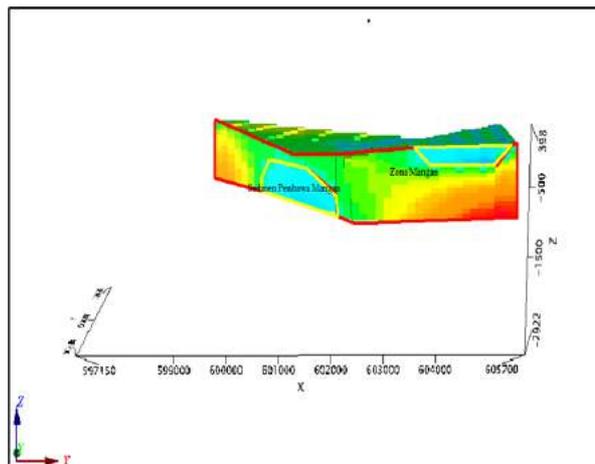
Lokasi pemodelan 3 merupakan lokasi terakhir yang dilakukan pemodelan 3D. Lokasi ini berada pada bagian timur laut dari *grid* anomali magnet residual. Seperti pada lokasi pemodelan lainnya, lokasi pemodelan 3 juga ditentukan berdasarkan proses kalibrasi dari anomali medan magnet rendah pada formasi Bobonaro.



Gambar 21. Penampang suseptibilitas pada lokasi pemodelan 3.

Pada penampang suseptibilitas lokasi pemodelan 3 (**Gambar 21**), diperoleh rentang nilai suseptibilitas sebesar -0.0119 hingga

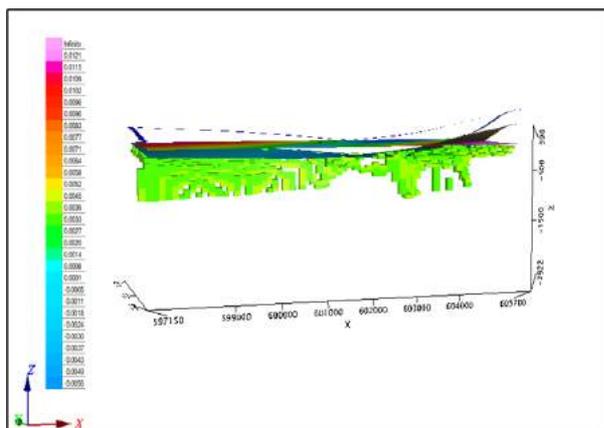
0.0128. Lokasi pemodelan ini menghasilkan nilai suseptibilitas yang terbilang lebih tinggi dibandingkan lokasi pemodelan lainnya karena memang anomali medan magnet disekitarnya cenderung tinggi. Nilai suseptibilitas negatif diduga sebagai batuan nonmagnetik yang terdapat pada formasi Batu Gamping Koral maupun formasi Bobonaro. Kisaran nilai suseptibilitas 0.0003 hingga 0.0004 diduga merupakan batu gamping dan batu pasir satuan batuan dari formasi Batu Gamping Koral. Nilai suseptibilitas 0.003 hingga 0.004 diduga merupakan marl dan konglomerat bagian dari formasi Noele. Nilai suseptibilitas > 0.01 diduga sebagai batu serpih dari formasi Aitutu intrusi batuan yang terdapat pada lokasi pemodelan. Sedangkan untuk dugaan nilai suseptibilitas Mn, juga digunakan rentang nilai suseptibilitas sebesar 0.0005 hingga 0.001, sama seperti pada lokasi pemodelan sebelumnya.



Gambar 22. Suseptibilitas Mn pada lokasi pemodelan 3.

Jika diperhatikan, bentuk penyebaran suseptibilitas Mn pada lokasi pemodelan 3 ini sedikit berbeda dibanding lokasi pemodelan lain, dimana pada lokasi pemodelan ini suseptibilitas mineral Mn tersebar secara acak atau tidak terkumpul pada satu bagian seperti pada lokasi pemodelan lainnya (**Gambar 22**). Selain itu, suseptibilitas mineral Mn pada lokasi pemodelan 3 berada di sekitar anomali medan magnet rendah pada formasi Bobonaro. Dugaan nilai suseptibilitas Mn pada lokasi pemodelan 3 terlihat menyebar hingga ke dekat permukaan, yaitu hingga pada kedalaman 40 meter di bawah permukaan bumi. Perkiraan

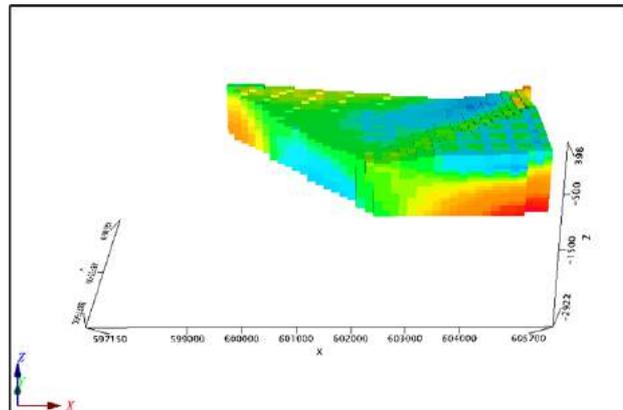
kedalaman tersebut didapatkan dengan cara memotong nilai spasial suseptibilitas Mn lokasi pemodelan 3 pada sumbu Z, dan pada kedalaman 40 meter mineral Mn masih dapat terlihat. Hal ini berarti keberadaan Mn diduga juga tersebar hingga ke dekat permukaan sehingga pada lokasi pemodelan 3 ini merupakan lokasi dengan potensi Mn yang paling tinggi. Konsentrasi Mn pada lokasi ini juga diduga tinggi, ditandai dengan banyaknya nilai suseptibilitas Mn yang berada pada formasi Bobonaro dengan anomali medan magnet rendah. Zona Mn pada penampang suseptibilitas lokasi pemodelan 3 memiliki pola yang berbeda dari lokasi pemodelan sebelumnya, yaitu zona Mn yang cenderung menyebar dengan zona batuan sedimen yang menyelimuti zona Mn itu sendiri (**Gambar 23**). Sehingga dapat diduga batuan-batuan sedimen tersebut merupakan sedimen pembawa mineral Mn seperti satuan batuan dari formasi Bobonaro.



Gambar 23. Keberadaan zona Mn pada lokasi pemodelan 3.

Konsentrasi Mn yang diduga tinggi pada lokasi pemodelan 3 semakin tervalidasi dengan adanya pola suseptibilitas yang jika dikorelasikan dengan peta geologi, mengikuti bentuk formasi geologi yang ada yaitu formasi Bobonaro dan formasi Noele dan formasi Aitutu. Dilakukan *slice* pada penampang suseptibilitas lokasi pemodelan 3 mengikuti pola formasi geologi yang ada, untuk melihat korelasi terhadap formasi geologi. Jika diperhatikan terlihat perlapisan pada penampang suseptibilitas, yang diduga merupakan perlapisan antara batuan formasi Noele (suseptibilitas rendah berwarna biru)

dan formasi Bobonaro (suseptibilitas sedang berwarna hijau) serta formasi Aitutu (suseptibilitas tinggi berwarna merah).



Gambar 24. Validasi kesesuaian suseptibilitas Mn terhadap formasi Bobonaro.

Akhirnya, kesesuaian suseptibilitas Mn terhadap pola formasi geologi yang ada diperlihatkan pada **Gambar 24**. Sehingga dapat diasumsikan bahwa mineral Mn benar-benar berasosiasi dengan formasi Bobonaro.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses kalibrasi perlu dilakukan untuk menentukan lokasi pemodelan. Dalam penelitian ini telah diperoleh lima pemodelan 3D pada lima lokasi berbeda dalam lembar Kupang.
2. Pada tiap-tiap pemodelan digunakan nilai suseptibilitas mineral Mn sebesar 0.0005 hingga 0.001 yang merepresentasikan keberadaan mineral Mn. Sehingga dapat dikatakan bahwa daerah yang memiliki nilai suseptibilitas Mn merupakan daerah yang diduga berpotensi atau memiliki prospek Mn di daerah Kupang.
3. Keberadaan mineral Mn pada lokasi pemodelan 1 dan 2 diragukan karena diduga sebagai respon dari batuan lain yang suseptibilitasnya mendekati mineral Mn atau memang mineral Mn namun dengan konsentrasi yang rendah. Dibuktikan dengan letak dugaan suseptibilitas Mn yang tidak tepat berada pada daerah pendugaan dan cenderung berada jauh di bawah permukaan.

4. Diperoleh zona mineral Mn pada tiap-tiap hasil pemodelan yang jika diperhatikan mempunyai pola yang sama, yaitu berada pada batas kontras anomali medan magnet tinggi dan rendah dengan suseptibilitas rendah yang diduga sebagai sedimen pembawa Mn yang menyelimuti zona Mn.
5. Lokasi pemodelan 3 diduga merupakan lokasi yang memiliki potensi mineral Mn paling besar. Hal ini dibuktikan dengan keterdapatannya nilai suseptibilitas Mn yang muncul dan tersebar hingga dekat permukaan yaitu pada perkiraan kedalaman 40 meter di bawah permukaan. Selain itu, keberadaan Mn pada lokasi pemodelan 3 ini berada pada daerah pendugaan dengan anomali medan magnet rendah pada formasi Bobonaro.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pusat Survei Geologi (PSG) Bandung atas data yang diberikan dalam penelitian ini. Ucapan terimakasih juga diberikan kepada Prodi Geofisika, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Tanjungpura atas fasilitas laboratorium yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- Anshori, C., 2010, Potensi dan genesis Mangan di kawasan kars Gombong Selatan berdasarkan penelitian geologi lapangan, analisis data induksi polarisasi dan kimia merial, *J. Sumber daya geologi.*, 2:1-9.
- Dentith, M. dan Mudge, S.T., 2014, *Geophysics for the Mineral Exploration Geoscientist*, Cambridge University Press, New York.
- Diantoro, R.K., 2017, Identifikasi penyebaran mineral Mangan (Mn) menggunakan metode geomagnetik di dusun kliripan desa hargorejo kecamatan kokap kabupaten kulonprogo, Universitas Negeri Semarang, Fakultas matematika dan pengetahuan alam, Semarang, (Skripsi).
- Lita, F., 2012, Identifikasi anomali medan magnetik di daerah prospek panasbumi arjuna-Welirang, Universitas Indonesia, Fakultas matematika dan pengetahuan

- alam, Depok, (Skripsi).
- Marzuki dan Hayat, D.Z., 1990, Anomali medan magnet Pendahuluan Lembar Kupang, Skala 1:250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), 2017, Kajian hilirisasi mineral Mangan terhadap perekonomian regional, KESDM, Jakarta.
- Pusat Sumber Daya Geologi (PSDG), 2010, Peta Potensi Mineral Logam Lembar Kupang (2305).
- Telford, W.N., Geldard, L.P., Sherrif, R.E., 1990, *Applied Geophysics second edition*, Cambridge University Press, Cambridge, London, Newyork, Melbourne.