

## **Aplikasi metode magnetik untuk identifikasi sebaran bijih besi di Kabupaten Solok Sumatera Barat**

*Aufi Maslihah Umamii<sup>1)</sup>, Tony Yulianto<sup>1)</sup> dan Dadan Dani Wardhana<sup>2)</sup>*

*<sup>1)</sup>Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang*

*<sup>2)</sup>Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bandung*

*E-mail: aufimu@st.fisika.undip.ac.id*

### **ABSTRACT**

*The aim of this research is to identify the subsurface structure in Solok West Sumatera by mapping the magnetic field. The measurement was made at 821 points in Solok, West Sumatra to obtain total magnetic field. Data processing was carried out by the daily variation correction and correction IGRF (International Geometric Reference Field) on magnetic field anomaly data to obtain the anomaly contour of total magnetic field. Furthermore, the upward continuation process and reduction to pole process were applied to obtain the contour of local and regional anomaly. The result showed a pair of positive and negative closure which is then created a 2D model and 3D model using the software Geosoft Oasis Montaj. The 2D modeling showed that the subsurface structure with one of rock layer has a susceptibility of 0.185 and 0.196 cgs which is strongly suspected as iron ore mineral carrier rock. This rock layer is a unit of limestone derived from the Perem-age Barisan Formation. 3D modeling was used to calculate iron ore reserves in Solok, which is estimated to reach 1.414.579.375 ton.*

**Keyword:** *magnetic field anomaly, susceptibility of rocks, iron ore, 2-D, 3-D.*

### **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan di Kabupaten Solok Sumatera Barat dengan memetakan sebaran anomali medan magnetik. Pengukuran dilakukan pada 821 titik di Kabupaten Solok Sumatera Barat untuk mendapatkan nilai medan magnet total. Pengolahan data dilakukan dengan koreksi variasi harian dan koreksi IGRF (*International Geometric Reference Field*) pada data anomali medan magnet, sehingga diperoleh kontur anomali medan magneti total. Selanjutnya dilakukan kontinuasi ke atas yang menghasilkan kontur anomali lokal dan regional yang diikuti dengan proses reduksi ke kutub. Hasil penelitian ini berupa pasangan klosur negatif dan positif yang selanjutnya dibuat sayatan untuk mengetahui struktur bawah permukaan dengan membuat model 2D dan 3D menggunakan perangkat lunak *Geosoft Oasis Montaj*. Hasil permodelan 2D menunjukkan struktur bawah permukaan dengan salah satu lapisan batuan memiliki nilai suseptibilitas sebesar 0,185 cgs dan 0,196 cgs yang diduga kuat sebagai batuan pembawa mineral bijih besi. Lapisan batuan ini merupakan satuan batu gamping yang berasal dari Formasi Barisan berumur Perem. Hasil permodelan 3D digunakan untuk menghitung cadangan bijih besi di Kabupaten Solok yang diperkirakan mencapai 1.414.579.375 ton.

**Kata kunci:** *anomali medan magnet, suseptibilitas batuan, bijih besi, 2-D, 3-D.*

## **PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan negara yang dianugerahi kekayaan sumber daya alam melimpah. Mulai dari komponen biotik hingga komponen abiotik. Komponen biotik meliputi tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme. Serta komponen abiotik meliputi gas bumi, minyak bumi, dan mineral. Pada perkembangannya sektor abiotik lebih dituntut agar memberikan

keuntungan yang maksimal, terutama pada komponen sumber daya mineral [1].

Sebagai negara berkembang, saat ini Indonesia tengah fokus dengan pembangunan infrastruktur secara merata. Hal ini sesuai dengan salah satu program yang dijalankan oleh Presiden Joko Widodo yaitu melaksanakan pembangunan Indonesia dari pinggiran dengan memperkuat daerah-daerah desa dalam kerangka negara kesatuan. Untuk mendukung program kerja yang telah disusun

pemerintah, maka pemanfaatan potensi sumber daya lokal perlu dimaksimalkan. Logam besi merupakan salah satu sumber daya yang digunakan sebagai bahan baku untuk mewujudkan pembangunan infrastruktur mulai dari konstruksi beton, bangunan, jembatan, dan sarana transportasi lainnya. Meskipun memiliki modal berupa sumberdaya bijih besi yang melimpah namun Indonesia belum mampu mengelola secara optimal, dikarenakan hingga saat ini Indonesia masih melakukan impor bahan baku besi [2].

Daerah penelitian termasuk ke dalam Peta Geologi Lembar Painan [3]. Berdasarkan peta geologi regional, daerah penelitian tersusun atas batuan yang berumur pra-Tersier hingga Kuartar. Daerah penelitian tersusun atas Formasi Barisan (Pb). Formasi Barisan (Pb) berumur Perem yang tersusun atas batu gamping, batu meta-sedimen, batuan metamorf, serta urat kuarsa yang sulfida magmatik yang berperan sebagai pembawa mineral berharga. Selain itu, daerah penelitian juga memiliki geologi berupa batuan gunung api yang tak terpisahkan (Qyu) yang berumur kuartar dengan batuan yang berasal dari Gunung Kerinci dan Gunung Tujuh yaitu batuan breksi gunungapi, lahar, breksi tuf, dan tuf.

Interaksi konvergen antara 2 buah lempeng yang berbeda jenis mempengaruhi kondisi tektonik di Sumatra. Arah gerak dari 2 lempeng membentuk sudut lancip terhadap jalur subduksi yang mengakibatkan struktur geologi di Pulau Sumatra di dominasi oleh sesar-sesar mendatar dekstral. Struktur sesar yang rapat menjadi pengontrol aktivitas magmatik yang kemudian menghasilkan tubuh-tubuh intrusi batuan beku dan membawa jebakan mineral bijih besi [3]

Metode magnetik merupakan suatu metode geofisika yang memiliki target pengukuran berupa intensitas medan magnetik total pada suatu daerah. Intensitas medan magnetik yang didapatkan selanjutnya digunakan sebagai bagan analisis medan magnet yang berguna dalam intepretasi suseptibilitas struktur geologi yang menonjol di daerah penelitian [4]. Metode magnetik digunakan dalam survei

pendahuluan untuk eksplorasi mineral karena memiliki sifat yang spontan ketika mendeteksi benda-benda di bawah permukaan tanah dengan pengukuran yang dilakukan di atas permukaan. Metode magnetik memiliki kelebihan berupa pengukuran yang relatif mudah dilakukan, akumulasi data berkecepatan tinggi pada daerah penelitian yang relatif luas, waktu yang relatif cepat, serta biaya yang tidak terlalu besar [5].

## **DASAR TEORI**

### **Mineral Bijih Besi**

Mineral bijih besi di alam umumnya tidak dijumpai sebagai mineral murni. Keterdapatn mineral bijih besi biasanya berbentuk senyawa oksida dan sulfida, seperti magnetite dan hematite. Mineral bijih besi memiliki sifat fisik keras, korosif, berat, dan mudah getas. Bijih besi merupakan bahan baku penting dalam industri, penggunaannya sebagai bahan dasar konstruksi beton, bangunan, jembatan, dan peralatan transportasi [2].

Genesa atau pembentukan endapan bijih besi dapat terjadi secara primer dan sekunder. Endapan bijih besi primer dapat terbentuk melalui beberapa proses, yaitu proses magmatik, metasomatik kontak, dan hidrotermal. Endapan bijih besi sekunder dapat terbentuk pada proses sedimenter, residual, maupun oksidasi [6].

### **Gaya Magnetik**

Setiap magnet memiliki dua kutub yang berbeda. Dua kutub magnet yang didekatkan akan memberikan gaya. Gaya magnetik antara dua kutub berbanding lurus dengan kekuatan masing-masing kutub dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antar kutub, seperti dituliskan pada Persamaan (1).

$$\vec{F}_m = \frac{\mu_0 p_1 p_2}{4\pi r^2} \hat{r} \quad (1)$$

dengan  $F_m$  adalah gaya antar kutub magnet (N),  $r$  adalah jarak antar kutub (m),  $p_1$  dan  $p_2$  adalah kekuatan kutub (A.m) dan  $\mu_0$  adalah permeabilitas pada ruang hampa besarnya  $4\pi \times 10^{-7}$  (N/A<sup>2</sup>) [7].

### Induksi Magnetik

Suatu bahan magnetik yang diletakkan dalam medan luar  $\vec{H}$  akan menghasilkan medan tersendiri yang meningkatkan nilai total medan magnetik bahan tersebut. Persamaan (2) menyatakan induksi magnetik sebagai medan total [7].

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{M}) = \mu_0 (\vec{H} + k \vec{M}) \quad (2)$$

dengan  $\mu_0(1+k) = \mu$  adalah permeabilitas magnetik, sehingga Persamaan (2) dapat dituliskan menjadi Persamaan (3).

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \quad (3)$$

### Metode Magnetik

Metode geomagnet didasarkan pada pengukuran variasi intensitas medan magnet di permukaan bumi yang disebabkan oleh adanya variasi distribusi benda termagnetisasi di bawah permukaan bumi (suseptibilitas). Variasi yang terukur (anomali) berada dalam latar belakang medan yang relatif besar. Metode geomagnet merupakan salah satu metode geofisika yang sering digunakan untuk survei pendahuluan pada eksplorasi minyak bumi, panas bumi, batuan mineral, maupun untuk keperluan pemantauan (monitoring) gunungapi.

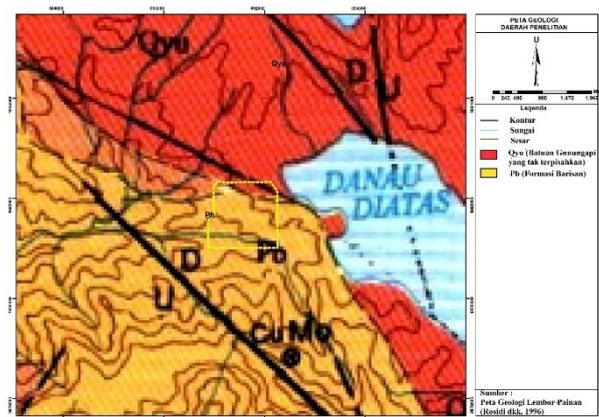
Interpretasi data yang mencerminkan perbedaan lokal kelimpahan magnetisasi ini sangat berguna untuk menemukan kesalahan dan kontak geologi. Anomali magnetik dapat berasal dari serangkaian perubahan litologi, variasi dalam tubuh magnet tebal, patahan, lipatan dan bantuan topografi. Sebuah jumlah yang signifikan Informasi dapat meninggalkan revisi

kualitatif peta anomali magnetik sisa dari total medan magnet [8].

### Geologi Daerah Penelitian

Daerah penelitian berada di Peta Geologi Lembar Painan, seperti tampak pada Gambar 1 [3] tersusun atas Formasi Barisan (Pb) berumur Perem dengan batuan penyusun batu gamping, meta-sedimen, dan batuan metamorf dan pula urat kuarsa sulfida magmatik sebagai pembawa mineral berharga. Satuan Batuan Gunungapi Tak Terpisahkan (Qyu) yang tersusun atas breksi gunungapi, lahar, breksi tuf, tuf, basalt dan andesit. Batuan gunung api ini berasal dari Gunung Kerinci dan Gunung Tujuh.

Cebakan bijih besi terjadi pada peristiwa tektonik pra-mineralisasi yang membentuk struktur sesar sebagai zona lemah. Zona lemah memungkinkan terjadinya magmatisme. Magmatisme merupakan proses penerobosan yang dilakukan oleh intrusi magma terhadap batuan yang lebih tua. Kontak magmatik antara fluida yang berasal dari aktivitas magmatik dengan batuan yang diterobos mengakibatkan terjadinya proses rekristalisasi, alterasi, mineralisasi, dan penggantian (*replacement*) pada batuan yang diterobos.



Gambar 1 Peta geologi daerah penelitian [3]

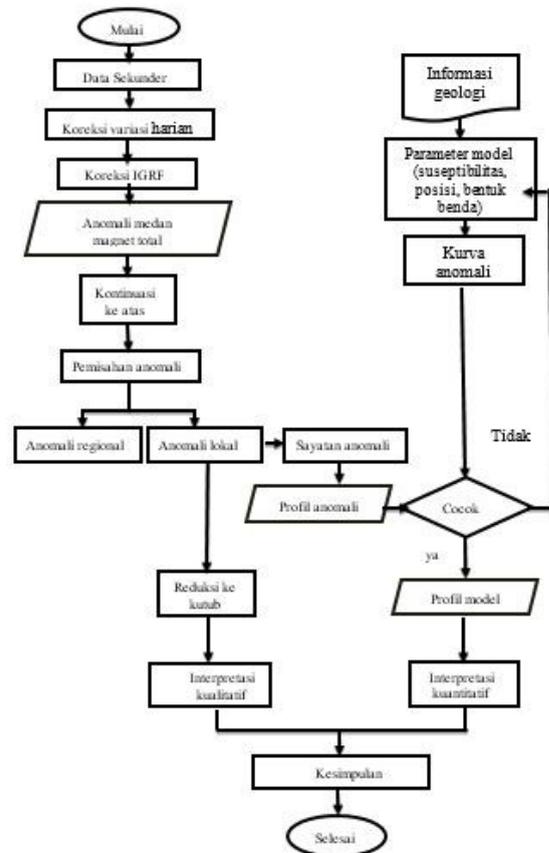
Mineralisasi bijih besi di daerah penelitian merupakan mineralisasi

metasomatik. menyatakan bahwa ditemukan singkapan bijih besi (magnetit), limonitik, masif, dan terdapat urat kuarsa susu yang mengisi rekahan pada bijih besi. Batuan induk mineralisasi ini merupakan batu gamping serta batuan samping mineralisasi berupa lava andesitik, kaolinitisasi-propilitik-limonitik yang mengandung bijih magnetit. Mineralisasi bijih besi di Kabupaten Solok ditafsirkan sebagai tipe Skarn yang terjadi akibat proses *replacement* pada batu gamping klastik atau tipe metasomatik [2].

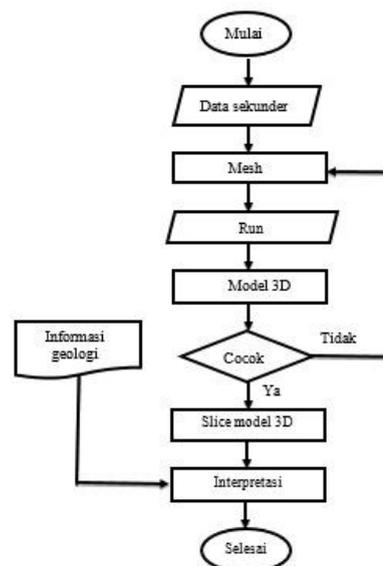
**METODE PENELITIAN**

Penelitian dilakukan dengan pengolahan data sekunder milik Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Bandung menggunakan *software* Geosoft Oasis Montaj versi 8.4, Surfer 12, Global Mapper, Google Earth, dan Ms. Excel. Langkah pertama pengolahan data adalah melakukan koreksi variasi harian dan koreksi IGRF sehingga diperoleh kontur anomali medan magnet total. Kemudian dilakukan proses kontinuasi ke atas untuk menghilangkan pengaruh anomali lokal yang tidak menjadi target penelitian, sehingga didapatkan kontur anomali regional dan lokal. Kemudian dilakukan proses reduksi ke kutub untuk mereduksi anomali agar tepat berada di atas sumber anomali, selanjutnya dilakukan interpretasi secara kualitatif dan secara kuantitatif. Interpretasi secara kuantitatif dilakukan dengan pembuatan sayatan yang kemudian dibuat permodelan penampang bawah permukaan. Gambar 2 menunjukkan diagram alir pengolahan data 2-D.

Permodelan 3D dilakukan menggunakan *software* Oasis Montaj dengan memasukkan nilai bujur, lintang, anomali medan magnet, dan topografi. Dari data tersebut akan diperoleh *mesh*. Setelah mendapatkan *mesh*, maka dapat dilakukan sayatan untuk melihat target penelitian. Langkah selanjutnya dilakukan interpretasi secara keseluruhan dengan ditunjang informasi geologi daerah penelitian. Gambar 3 menunjukkan diagram alir pengolahan data 3-D.



Gambar 2 Diagram alir pengolahan data 2-D

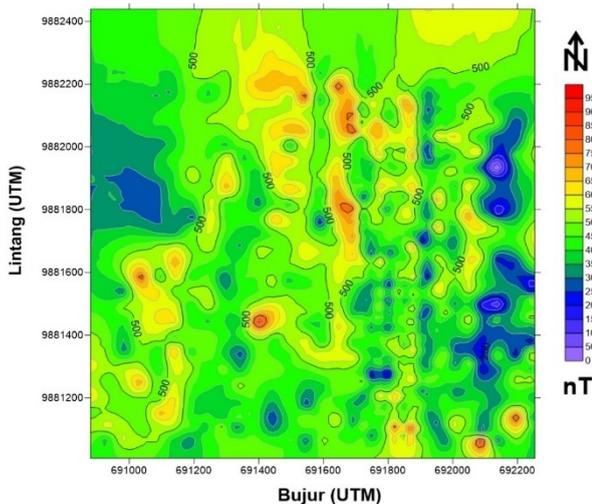


Gambar 3 Diagram alir pengolahan data 3-D

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Anomali Medan Magnet Total**

Nilai anomali medan magnetik total merupakan nilai gabungan antara anomali medan magnetik yang bersifat lokal dengan anomali medan magnetik yang bersifat regional. Kontur anomali total ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4** Kontur anomali medan magnet total

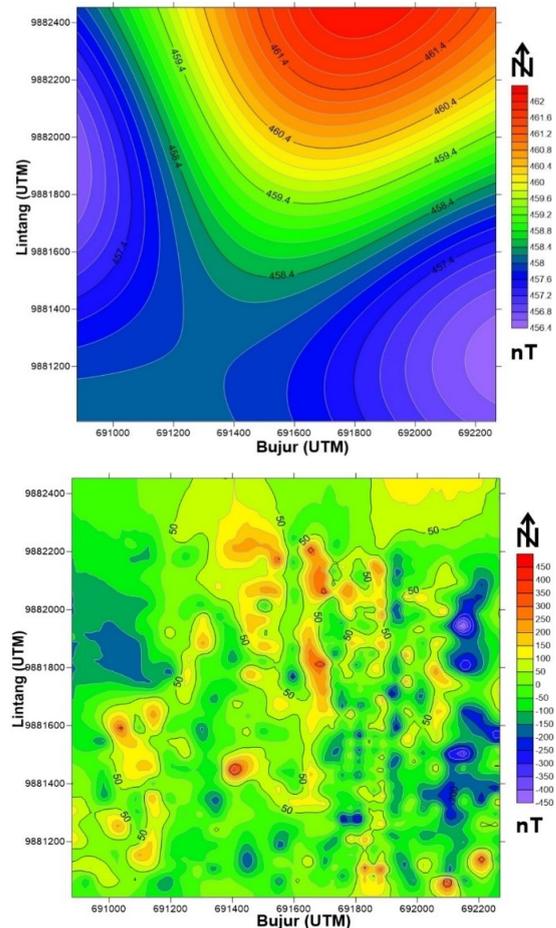
**Kontinuasi ke Atas**

Dari kontur anomali medan magnet total dilakukan proses kontinuasi ke atas pada ketinggian 250 m, 500 m, 750 m, dan 1000 m. Dari pengangkatan tersebut dipilih pengangkatan 1000 m untuk proses reduksi ke kutub karena telah menunjukkan pemisahan sesuai dengan target penelitian. Gambar 5 menunjukkan kontur anomali regional dan local pada pengangkatan 1000 m.

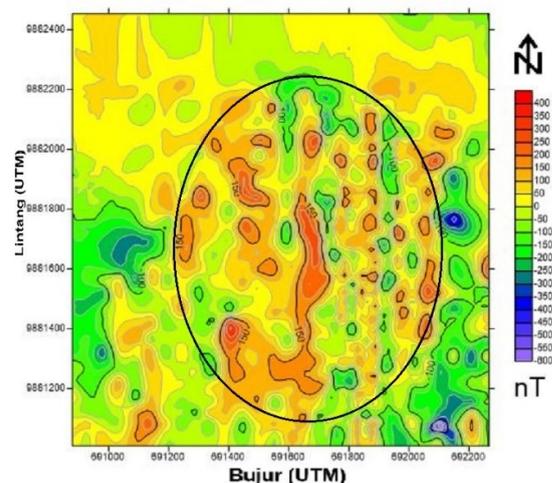
**Reduksi ke Kutub**

Proses reduksi ke kutub dilakukan untuk melokalisasi anomali-anomali medan magnetik agar tepat berada diatas sumber anomali. Proses reduksi ke kutub dilakukan dengan membuat nilai inklinasi daerah penelitian awalnya adalah  $-25^{\circ}$  menjadi  $90^{\circ}$  dan nilai deklinasi  $2^{\circ}$  menjadi  $0^{\circ}$

seperti di kutub utara bumi. Kontur reduksi ke kutub ditunjukkan pada Gambar 6.



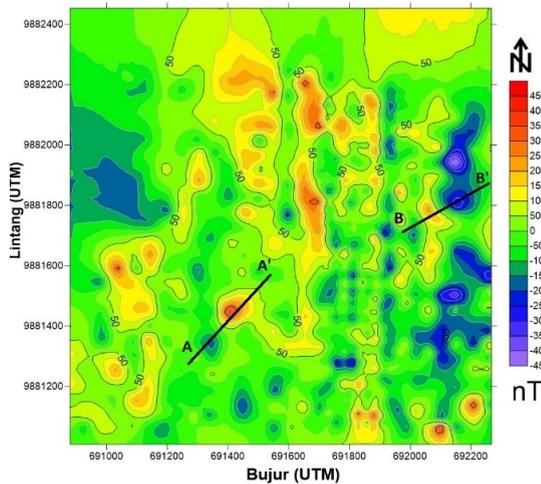
**Gambar 5** Kontur anomali regional dan lokal pada pengangkatan 1000 m



**Gambar 6** Kontur reduksi ke kutub

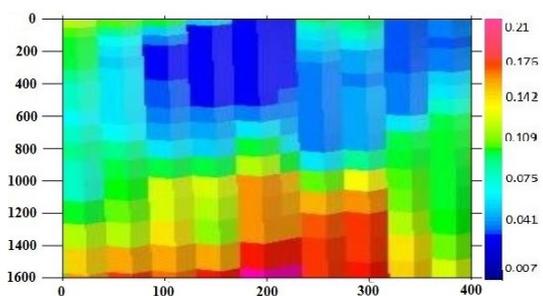
**Intepretasi Kuantitatif**

Interpretasi kuantitatif dilakukan menggunakan permodelan 2-D dan permodelan 3-D dengan membuat sayatan pada area yang diduga terdapat kandungan mineral bijih besi, seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Parameter yang digunakan dalam permodelan ini adalah nilai inklinasi sebesar  $-25^{\circ}$ , deklinasi sebesar  $2^{\circ}$ , nilai suseptibilitas batuan, nilai intensitas kemagnetan bumi di Kabupaten Solok sebesar 44000 nT.

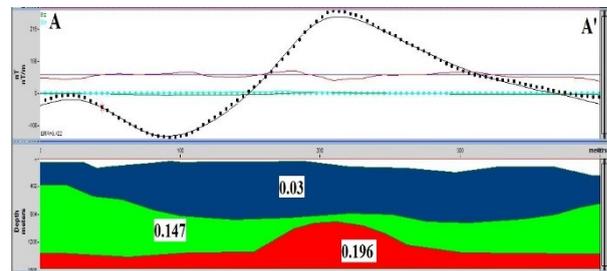


**Gambar 7** Profil sayatan

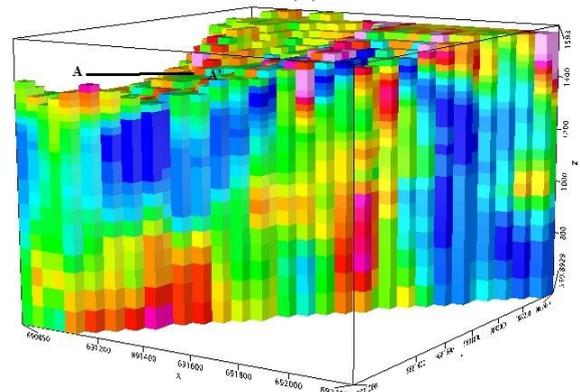
Permodelan pada sayatan A-A' dimodelkan dengan 3 buah lapisan batuan, lapisan ini dipilih dengan acuan rentan nilai suseptibilitas yang ada pada model 3-D. Gambar 8 dan menunjukkan penampang 2-D sayatan A-A', sedangkan permodelan 2-D dan 3\_d sayatan A-A' ditunjukkan pada Gambar 9.



**Gambar 8** Penampang 2-D sayatan A-A'



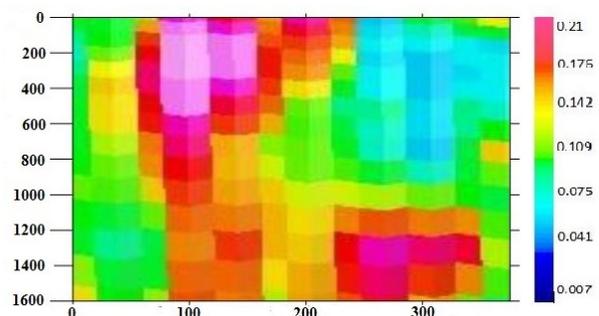
(a)



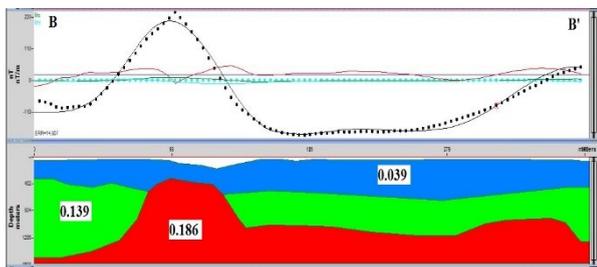
(b)

**Gambar 9** (a) Permodelan 2-D sayatan A-A' dan (b) Permodelan 3-D sayatan A-A'

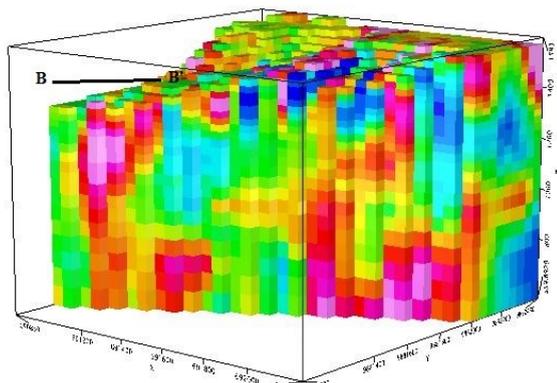
Gambar 10 menunjukkan penampang 2-D sayatan B-B'. Gambar 11 menunjukkan permodelan 2-D dan 3-D dari sayatan B-B'. Permodelan sayatan B-B' memperlihatkan daerah yang dominan terhadap anomali medan magnetik bernilai tinggi, yang merupakan target penelitian.



**Gambar 10** Penampang 2-D sayatan B-B'



(a)



(b)

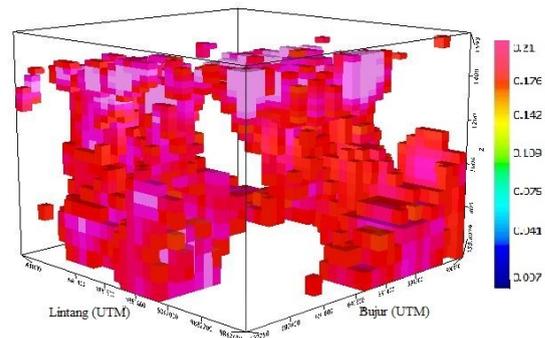
**Gambar 11** (a) Permodelan 2-D sayatan B-B' dan (b) Permodelan 3-D sayatan B-B'

Nilai suseptibilitas tinggi menggambarkan adanya indikasi mineral bijih besi pada daerah penelitian. Berdasarkan permodelan 2-D pada sayatan A-A' dan sayatan B-B' terdapat nilai suseptibilitas tinggi yaitu 0,185 dan 0,196 cgs diidentifikasi sebagai batuan pembawa mineral bijih besi, dapat dilihat pada lapisan ketiga. Pada lapisan ketiga, nampak tubuh yang diduga sebagai pembawa mineral bijih besi lebih tebal pada grafik mengalami kenaikan maksimal. Lapisan batuan dengan nilai suseptibilitas rentan 0,185 hingga 0,196 cgs merupakan dari proses intrusi batuan yang berasal mengakibatkan terbentuknya zona mineralisasi [10].

### Sumber Daya Bijih Besi

Perhitungan sumberdaya bijih besi dilakukan menggunakan model inversi 3-D pada rentang suseptibilitas 0,16 hingga 0,21 cgs, yang diduga sebagai endapan mineral bijih besi. Perhitungan cadangan dilakukan dengan menghitung volume dari tiap lapisan, kemudian

dilakukan perhitungan sumberdaya bijih besi pada daerah penelitian. Berdasarkan zona tersebut, dengan asumsi kedalaman mencapai 1600m maka sumberdaya bijih besi diperkirakan mencapai 1.414.579.375 ton. Gambar 12 menunjukkan zona terindikasi bijih besi.



**Gambar 12** Zona terindikasi bijih besi

### KESIMPULAN

Pengolahan data anomali medan magnetik di daerah penelitian memberikan informasi geologi berupa cebakan bijih besi yang merupakan hasil dari proses intrusi batuan. Struktur bawah permukaan tersusun atas satuan gunung api yang tak terpisahkan dan formasi barisan. Mineral bijih besi ditemukan dalam satuan batu gamping yang berasal dari Formasi Barisan berumur Perem. Berdasarkan permodelan 2-D dan permodelan 3-D ditemukan persebaran zona mineralisasi bijih besi di sebelah Barat Laut yang memanjang hingga ke Timur Laut dengan batuan yang merupakan cebakan bijih besi memiliki nilai suseptibilitas 0,185 dan 0,196 cgs. Cadangan bijih besi di daerah penelitian diperkirakan mencapai 1.414.579.375 ton.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Djuhaepa, A. P, Musa, M.D., dan Sandra,T., 2015, *Identifikasi Sebaran Biji Besi dengan Menggunakan Metode Geolistrik Hambatan Jenis Di Desa*

- Ogowele Kabupaten Tolitoli*, Universitas Tadulako.
- [2] Usman, D. N., 2009, *Ketersediaan Potensi Endapan Bijih Besi Indonesia Dalam Mendukung Industri Besi Dan Baja Nasional*, Universitas Islam Bandung.
- [3] Rosidi, H. M. D., Tjokrosoepetro, S., Pendowo, B., Gafoer, S., dan Suharsono, 1996, Peta Geologi Lembar Painan dan Bagian Timur Laut Lembar Muarasiberut Sumatra Barat, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [4] Kahfi, R. A. dan Yulianto, T., 2008, *Identifikasi Struktur Lapisan Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Emas Dengan Menggunakan Metode Magnetik Di Papandayan Garut Jawa Barat*, Jurnal Berkala Fisika Vol. 11 No. 4, hal. 127-135.
- [5] Winda, Herianto, Sukanto, U., 2015, *Penyelidikan Geomagnet Untuk Pendugaan Bijih Besi PT Berkah Alam Semesta Di Desa Bana Kecamatan Bontacani, Kabupaten Bone Sulawesi Selatan*. Jurnal Teknologi Pertambangan
- [6] Bateman, A. M., dan Jensen, M. I., 1981, *Economic Mineral Deposits*, John Wiley dan Sons, Australia.
- [7] Telford, W. M., Geldart, L. P., dan Sherrif, R. E., 1990, *Applied Geophysics 2nd edition*, Cambridge University Press, London.
- [8] Blakely, R. J., 1995, *Potensial Theory in Gravity and Magnetic Application*, Cambridge University Press, USA.
- [9] Nursahan, I. dan Sutisna, D., 2005, *Inventarisasi Dan Evaluasi Mineral Logam Di Daerah Kabupaten Solok Dan Kabupaten Pesisir Selatan Provinsi Sumatra Barat*, Subdit Mineral Logam, Bandung.
- [10] Idral, A., 2009, *Aplikasi Metoda Geomagnetik Dalam Menentukan Potensi Sumberdaya Bijih Besi Di Daerah Bukit Bakar Dan Ulu Rabau, Kec. Lembah Gumanti, Kab. Solok, Sumatra Barat*, Kelompok Program Penelitian Bawah Permukaan, Pusat Sumberdaya Geologi.