

IDENTIFIKASI ZONA MINERAL BIJIH BESI BERDASARKAN PEMODELAN INVERSI 3D MENGGUNAKAN METODE MAGNETIK

Muhammad Ramadana^{1,*}, Piter Lepong^{1,2}, Petrus AD Lazar^{1,3}, Imam Setiadi⁴

¹Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

²Laboratorium Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

³PT. Bakal Makmur Sejahtera (BMS)

⁴Pusat Survei Geologi (PSG)

*Corresponding Author: muhammadramadana@yahoo.com

ABSTRACT

the geomagnetic method is one of the geophysical methods based on measurement of the variation of the intensity of the magnetic field at the Earth's surface caused by the existence of variations have been magnetized objects distribution under the Earth's surface. Added to the results of a study of literature method of gravity as the comparison data to see the structure of the research area on a regional basis. From the results of gravity anomaly values obtained residual (High Pass Filter) using Gaussian filtering of local gravity values obtained range between -25 mGal until 16,1 mGal at a depth of 1,2 km on a regional basis have geological structures that affect the shape of the rock formations in the area of research is the result of the adoption of rock (intrusion) and from the results of magnetic inversion models 3D mineralized zone indication obtained iron ore to the value suseptibilitas range between 0.01 until 0.02556.

Keywords: Gravity, magnetic, residual anomaly, inverse modelling, mineralized zone indication

1. PENDAHULUAN

Dalam industri baja nasional untuk pemanfaatan bijih besi lokal masih banyak permasalahan teknis yang dihadapi khususnya dalam hal kesesuaian sifat kimia dan fisiknya. Mengingat jenis bijih besi untuk bahan baku pembuatan besi-baja terkait dengan jalur proses maupun jenis produknya, maka upaya pemanfaatan bijih besi harus dikaji secara lengkap mulai dari proses hulu sampai hilir dan jenis produk akhir yang akan dihasilkan.

Untuk melakukan pencarian bijih besi, dilakukan dengan memanfaatkan aplikasi dari ilmu geofisika yaitu metode gaya berat dan magnetik. metode gaya berat dapat merespon adanya anomali medan gravitasi bumi yang diakibatkan adanya variasi densitas batuan ke arah lateral maupun vertikal di bawah titik ukur sedangkan

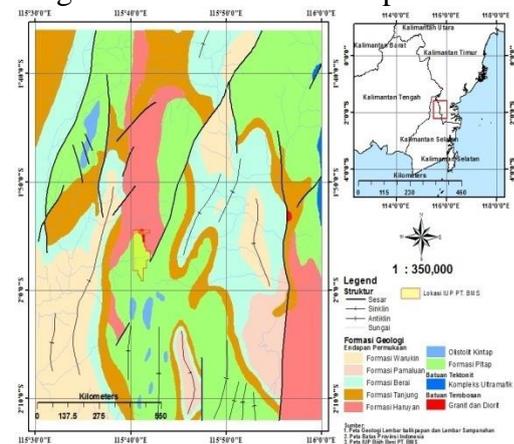
metode magnetik digunakan untuk mengetahui variasi distribusi benda termagnetisasi di bawah permukaan bumi.

Oleh karena itu, penggunaan metode gaya berat dan metode magnetik dalam kaitannya dengan pencarian bijih besi merupakan hal yang penting untuk dilakukan.

2. GEOLOGI UMUM

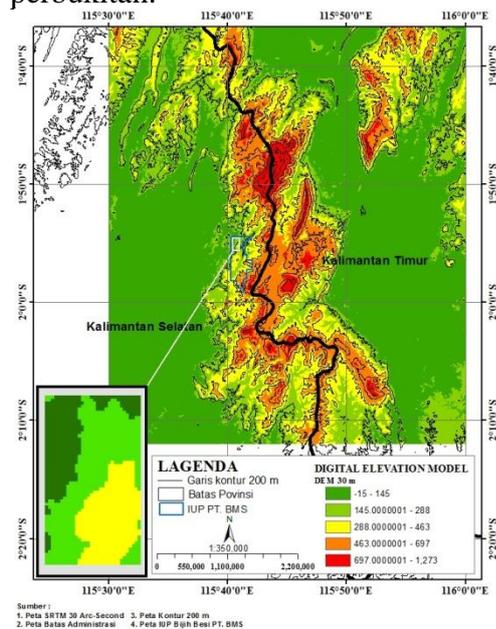
Batuan di daerah ini hampir semuanya tercenangkan, mulai dari yang pra-Tersier sampai Tersier Akhir, akibat proses itu terbentuk antiklin, sinklin dan sesar. Perlipatan pada batuan Tersier membentuk kemiringan antara 10° sampai 60° dan pada Pra-Tersier lebih besar dari 40°. Bentuk lipatan umumnya tak setangkup dengan kemiringan lapisan bagian dalam lebih terjal dari pada bagian luar. Arah sumbu

lipatannya mulai Utara-Selatan sampai Timur Laut – Barat Daya. Struktur sesar daerah ini terdiri atas sesar turun, sesar naik dan sesar geser. Arah sesar hampir sama dengan arah sumbu-sumbu lipatan.



Gambar 1. Peta geologi umum

Morfologi Lembar Balikpapan dan Lembar Samapanahan terdiri dari empat satuan, yaitu dataran rendah, perbukitan bergelombang, topografi kras dan perbukitan.



Gambar 2 Peta Ketinggian

3. TEORI

Besi merupakan logam kedua yang paling banyak dijumpai. Karakter dari endapan besi ini bisa berupa endapan logam yang berdiri sendiri namun seringkali ditemukan berasosiasinya mineral logam

lainnya. Kadang besi terdapat sebagai kandungan logam tanah (residual), namun jarang yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Endapan besi yang ekonomis umumnya berupa Magnetit, Hematit, Limonit dan Siderit. Kadang kala dapat berupa mineral: Pyrite.

Proses terjadinya jebakan bahan galian bijih besi berhubungan erat dengan adanya peristiwa tektonik pra-mineralisasi. Akibat peristiwa tektonik, terbentuklah struktur sesar, struktur sesar ini merupakan zona lemah yang memungkinkan terjadinya magmatisme, yaitu intrusi magma menerobos batuan tua. Akibat adanya kontak magmatik ini, terjadilah proses rekristalisasi, alterasi, mineralisasi dan penggantian *replacement* pada bagian kontak magma dengan batuan yang diterobosnya.

3.1 Metode Gaya Berat

Metode gaya berat adalah metode dalam geofisika yang dilakukan untuk menyelidiki keadaan bawah permukaan berdasarkan perbedaan rapat massa dari daerah sekeliling.

Anomali Bouguer merupakan selisih antara harga gravitasi pengamatan (g_{obs}) dengan harga gravitasi teoritis (g_N) yang didefinisikan pada titik pengamatan bukan pada bidang referensi, baik elipsoid maupun muka laut rata-rata.

Anomali Bouguer diberikan dalam persamaan :

$$\Delta g_B = g_{obs} - g_N - FAC - BC + TC$$

$$g_{obs} = g_N - 0,3086h - 0,04193 \rho h + TC$$

Keterangan :

$$\Delta g_B = \text{Anomali Bouguer lengkap (mGal),}$$

$$g_{obs} = \text{Nilai gaya berat observasi (mGal),}$$

$$g_N = \text{Gaya berat teoritis pada lintang (} g_N \text{) (mGal),}$$

$$FAC = \text{Koreksi udara bebas (free-air correction) (mGal/m),}$$

$$BC = \text{Koreksi Bouguer (Bouguer correction) (mGal),}$$

$$TC = \text{Koreksi medan (Terrain correction) (mGal)}$$

$$h = \text{Tinggi (m)}$$

ρ = Rapat massa (gr/cm^3)

3.2 Analisis Spektral

Analisis spektral tujuan dari proses ini adalah untuk menentukan jendela filter yang akan digunakan dalam memisahkan anomali regional-residual.

Sehingga transformasi *Fourier* anomali gaya berat pada lintasan yang diinginkan adalah :

$$F(G_z) = \gamma\mu F\left(\frac{\partial 1}{\partial z r}\right)$$

$$= \gamma\mu \frac{\partial}{\partial z} F\left(\frac{1}{r}\right)$$

$$F(G_z) = 2\pi\gamma\mu e^{k|z_0-z'|}$$

Keterangan :

g_z = anomali gaya berat

k = bilangan gelombang

z_0 = ketinggian titik amat

z' = kedalaman benda anomaly

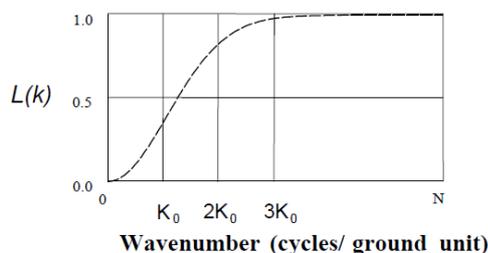
3.3 Penapisan Gaussian

Penapisan ini pada dasarnya adalah proses penapisan anomali yang memiliki sinyal frekuensi tinggi (*low pass*) dan frekuensi rendah (*high pass*). Berikut merupakan persamaan penapisan *Gaussian* :

$$L(k) = 1 - e^{-\frac{k^2}{k_0^2}}$$

k_0 : standar deviasi dari penapisan *Gaussian* (radian/meter)

0/1 : jika 0, komponen residual ; jika 1 komponen regional



Gambar 3. Penapisan Gaussian

3.4 Metode Magnetik

Metode magnetik merupakan salah satu metode geofisika yang berdasar pada pengukuran variasi intensitas medan magnetik di permukaan bumi yang

disebabkan oleh adanya variasi distribusi benda termagnetisasi di bawah permukaan bumi.

Apabila dua buah kutub p_1 dan p_2 dari *monopole* magnetik yang berlainan terpisah pada jarak r , maka persamaan gaya magnetik dinyatakan seperti berikut:

$$F = \frac{p_1 p_2}{4\pi\mu r^2}$$

F = gaya magnetik pada arah \vec{r} (N)

p_1 = pada kutub pertama (*Coulomb*)

p_2 = pada kutub kedua (*Coulomb*)

μ = permeabilitas medium sekitarnya (tidak berdimensi, di ruang hampa = 1)

r = jarak antara kedua kutub (m)

Sementara itu medan magnetik yang terukur oleh *magnetometer* adalah medan magnet total, yang berupa gabungan antara medan magnetik utama dan medan magnetik induksi berbentuk besaran skalar;

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{M}) = \mu_0 (1 + k) \vec{H} = \mu \vec{H}$$

Keterangan :

μ_0 : permeabilitas ruang hampa ($4\pi \times 10^{-7}$)

μ : $\mu_0 (1+k)$ permeabilitas magnetik relatif

Persamaan diatas dapat juga dituliskan,

$$\vec{B} = \mu \vec{H}$$

Dalam survei magnetik, efek medan remanen akan diabaikan apabila anomali medan magnetik kurang dari 25% medan magnet utama bumi (Telford *et al.*, 1990), sehingga dalam pengukuran medan magnet berlaku:

$$\vec{H}_T = \vec{H}_M + \vec{H}_L + \vec{H}_A$$

dimana, \vec{H}_T adalah medan magnet total bumi, \vec{H}_A adalah medan magnet anomali, \vec{H}_M adalah medan magnet utama bumi, \vec{H}_L adalah medan magnet luar

Harga suseptibilitas (k) ini sangat penting di dalam pencarian benda anomali karena sifat ferromagnetik untuk setiap jenis mineral dan batuan yang berbeda antara satu dengan lainnya.

Tabel 1 Suseptibilitas Batuan dan Mineral

Jenis	Suseptibilitas X10 ³ (SI)
Batuan	
Granite	0.0007 – 0.007
Mineral	
Hematite	0.001 – 0.0001
Magnetite	0.1 – 20.0
Chromite	0.0075 – 1.5
Pyrrhotite	0.001 – 1.0
Pyrite	0.01 – 0.005

3.5 Kontinuitas ke Atas

Suatu proses pengubahan data medan potensial yang diukur pada suatu bidang permukaan, menjadi data yang seolah-olah diukur pada bidang permukaan lebih ke atas disebut kontinuitas ke atas.

3.6 Reduksi ke Kutub

Operasi ini memperlihatkan anomali dipol (positif dan negatif) yang akan ditransformasikan menjadi anomali monopol (positif). Mengubah nilai inklinasi sebenarnya menjadi ke arah vertikal. Transformasi ini menyederhanakan peta medan-total dan secara relatif pengoperasiannya mudah dilakukan di lintang magnetik tinggi.

3.7 Pemodelan Inversi

Metode inversi merupakan cara yang digunakan untuk memperkirakan model respon magnetik yang paling cocok dengan data observasi.

Setiap anomali magnetik yang diamati diatas permukaan dapat dievaluasi dengan menghitung proyeksi anomali medan magnet dari arah yang ditentukan. Sumber pada lokasi yang diteliti, di *set* kedalaman sebuah *cell* ortogonal berupa *mesh* 3D.

Anomali magnetik pada suatu lokasi dengan berhubungan dengan suseptibilitas (*m*) di bawah permukaan. Secara linier dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

$$d = \underline{G}m$$

Dimana

$$d = (d_i, i=1, 2, \dots, d_N),$$

$$m = (m_k, k=1, 2, \dots, m_M)$$

$$\underline{G} = (N \times M)$$

Keterangan :

d = data anomali magnetik (H) (nT)

m = parameter model atau nilai suseptibilitas dalam *cell*

\underline{G} = matriks kernel

Matriks kernel \underline{G} yang memetakan sumber anomali menjadi data observasi, dengan *N* adalah jumlah data dan *M* adalah jumlah parameter model (blok). Komponen matriks kernel $\underline{G} = [G_{ik}]$ menyatakan kontribusi kubus ke- *k* dengan suseptibilitas satuan pada anomali magnetik di titik ke- *i*.

$$G = \begin{pmatrix} G_{11} & G_{12} & \dots & G_{1M} \\ G_{21} & G_{22} & \dots & G_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{N1} & G_{N2} & \dots & G_{NM} \end{pmatrix}$$

Semua persamaan tersebut dapat dinyatakan dalam operasi matrik berikut:

$$\begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 & z_1 \\ 1 & x_2 & y_2 & z_2 \\ 1 & x_3 & y_3 & z_3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_N & y_N & z_N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ m_3 \\ \vdots \\ m_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ \vdots \\ d_N \end{bmatrix}$$

Jadi,

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} & \dots & G_{1M} \\ G_{21} & G_{22} & \dots & G_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{N1} & G_{N2} & \dots & G_{NM} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ \vdots \\ m_M \end{bmatrix}$$

Titik pengamatan terletak hanya di permukaan bumi pada bidang *x-y* dengan jumlah data *N*. sementara jumlah parameter model adalah *M = nx, ny* dan *nz*, dimana *nx, ny* dan *nz* masing-masing adalah jumlah kubus hasil diskretisasi dalam arah *x, y* dan *z*.

Masalah inversi dapat diselesaikan dengan menentukan model *m* yang diminimalisasi Φ_m dan data *misfit* oleh jumlah yang belum ditentukan. Hal ini penuh oleh minimalisasi $\Phi(m) = \Phi_n + \lambda^{-1}(\Phi_d + \Phi_d^*)$ dimana Φ_d adalah target *misfit* dan λ adalah perkalian *lagrangian* untuk membuat solusi numerik. Langkah awal dengan mendiskritisasi fungsi objektif

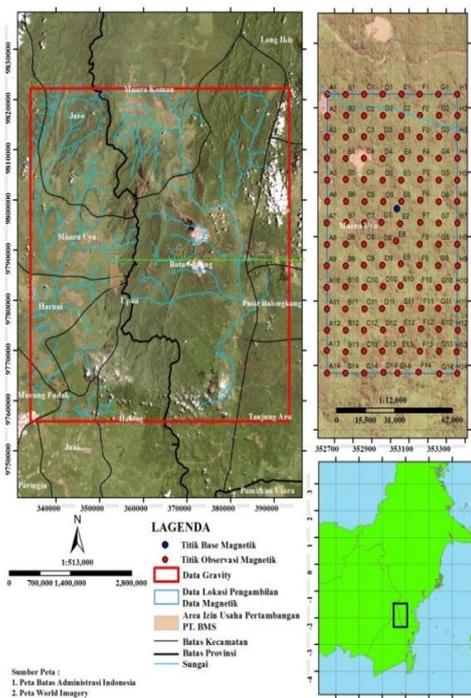
menggunakan pendekatan beda hingga pada *mesh* untuk menentukan model suseptibilitas.

$$\begin{aligned} \Phi_m(m) &= \Phi_{ms} + \Phi_{mv} \\ &= (m - m_0)^T W_s^T W_s (m - m_0) \\ &\quad + (m - m_0)^T (W_x^T W_x + W_y^T W_y \\ &\quad + W_z^T W_z) (m - m_0) \\ &= (m - m_0)^T W_m^T W_m (m - m_0) \\ &= \|W_m (m - m_0)\|^2 \end{aligned}$$

Dimana m dan m_0 panjang vektor M , matriks W_s , W_x , W_y dan W_z dapat dihitung secara langsung oleh *mesh* dan ditentukan fungsi *weighting* W_s , W_x , W_y dan W_z , kemudian matrik komulatif $W_m^T W_m$ terbentuk, matrik W_m tidak dihitung tetapi matrik ini tetap digunakan untuk menghasilkan persamaan akhir. Masalah inversi dipecahkan dengan meminimalisasikan Φ_m dengan teknik yang tepat.

4. METODE PENELITIAN

Penelitian ini untuk pengambilan data telah dilaksanakan selama 2 bulan, dimulai dari bulan Februari - Maret 2016 di PT. Bakal Makmur Sejahtera Kecamatan Muara Uya, Kabupaten Tabalong, Provinsi Kalimantan Selatan. Pengolahan data dilaksanakan selama 1 bulan, dimulai dari bulan Juli-Agustus 2017 di Pusat Sumber Daya Geologi Bandung, Provinsi Jawa Barat.



Gambar 4 Daerah penelitian

Data gaya berat dalam penelitian ini adalah data gaya berat sekunder atau data gaya berat yang telah melalui berbagai koreksi-koreksi, sehingga diperoleh anomali Bouguer.

Analisis spektrum bertujuan untuk memperkirakan kedalaman suatu benda anomali gaya berat di bawah permukaan.

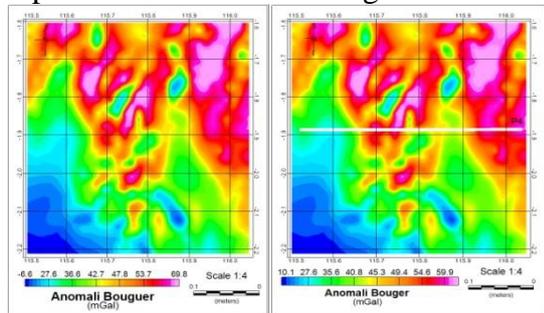
Untuk memperoleh nilai anomali medan magnetik yang diinginkan, maka dilakukan koreksi terhadap data medan magnetik total hasil pengukuran pada setiap titik lokasi atau stasiun pengukuran yang mencakup koreksi harian, koreksi IGRF, kontinuitas keatas, pemisahan anomali lokal dan regional dan reduksi ke kutub.

Proses inversi untuk mengestimasi parameter fisis batuan yang tidak diketahui sebelumnya. Model bawah permukaan yang di inversi dapat direpresentasikan oleh benda anomali berupa bola dengan karakteristik tertentu dan ditentukan parameter observasi data anomali magnetik.

5. HASIL

5.1 Gaya Berat

Dalam penelitian ini digunakan data gaya berat sekunder, yaitu data yang telah dilakukan berbagai koreksi, sehingga diperoleh data anomali Bouguer.

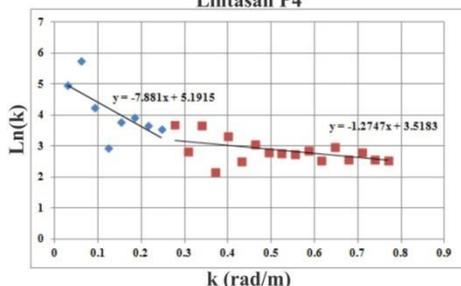


Gambar 5 Anomali Bouguer

Dari hasil peta anomali Bouguer menunjukkan adanya *range* nilai anomali - 6,6 mGal hingga 69,8 mGal. Dimana anomali rendah ditunjukkan dengan warna biru dan anomali tinggi ditunjukkan dengan warna merah muda.

Pada saat melakukan sayatan dan digitasi peta pada semua penampang penulis menggunakan spasi (Δx) 4 km, kemudian dilakukanlah analisa spektral dari semua penampang tersebut untuk mengetahui kedalaman bidang anomali dalam dan dangkal. Kedalaman bidang anomali, dalam hal ini dinyatakan dengan nilai kemiringan (*gradient*) dari *log power spectrum* (\ln Amplitudo) terhadap bilangan gelombang (k)

Grafik k terhadap $\ln(A)$
 Lintasan P4



Gambar 6 Grafik k terhadap $\ln(A)$

Dari grafik diperoleh dua *gradient* garis yang mencerminkan dua kedalaman, yaitu regional dan residual. Grafik yang memiliki frekuensi rendah menggambarkan kedalaman yang lebih dalam (regional), sedangkan grafik dengan frekuensi tinggi

mencerminkan kedalaman yang lebih dangkal (residual).

Tabel 2 Kedalaman Bidang Anomali Lintasan P4

No	Lintasan	Kedalaman Bidang Anomali Dalam (km)	Kedalaman Bidang Anomali Dangkal (km)
1	Lintasan 4	7,8	1,2

Hasil dari analisis spektral selain untuk menghitung bidang anomali dalam dan dangkal, didapatkan juga bilangan gelombang k_c (*cutoff*), yang digunakan untuk menentukan lebar *window* (jendela).

Tabel 3 Bilangan gelombang (K_c) dan Lebar Jendela (N)

No	Lintasan	Bilangan Gelombang (k_c)	Lebar Jendela (N)
1	Lintasan	0,21	7,2

Setelah didapat lebar jendela yaitu 7, maka untuk mendapatkan nilai parameter *wavelength* (k) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{wavelength} (k) &= (N - 1) \cdot \Delta X \\ &= (7 - 1) \cdot 4 \\ &= 24 \end{aligned}$$

$$24 : 111,32$$

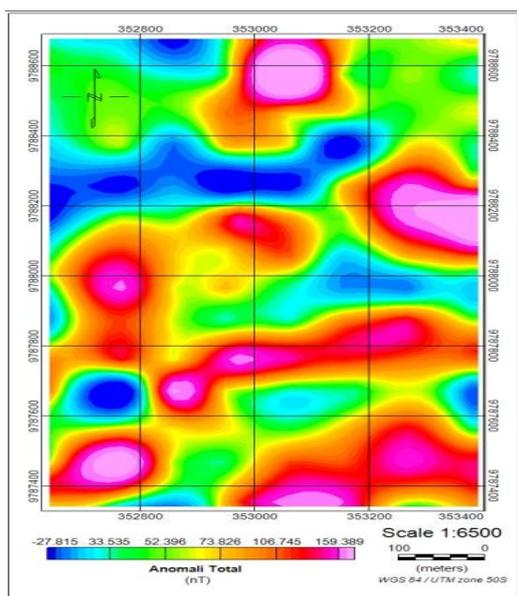
→ diubah kedalam bentuk derajat

$$= 0,21 \rightarrow \text{nilai cutoff wavelength}$$

Hasil ini digunakan sebagai nilai parameter *wavelength* (k) untuk pemisahan regional dan residual dengan menggunakan penapisan *Gaussian*.

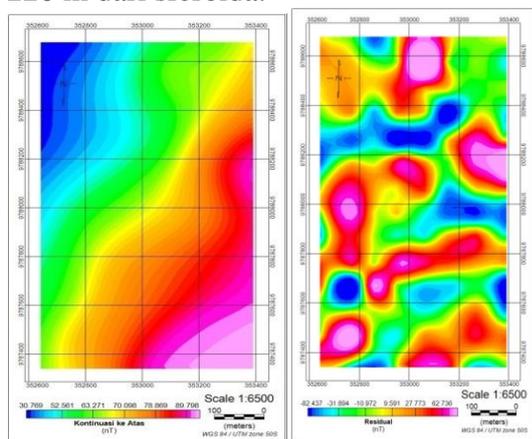
5.2 Magnetik

Berdasarkan hasil perhitungan koreksi harian dan koreksi IGRF didapatkan nilai anomali total magnetik.



Gambar 7 Kontur anomali total magnetik
 Pada peta pola kontur anomali total medan magnet memiliki *range* intensitas antara - 27,8 hingga 188,7 nT.

Pada peta kontur anomali total dilakukan proses kontinuasi ke atas. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan pengaruh lokal dan menyisakan anomali regional dengan dilakukan pengangkatan nilai elevasi 220 m dari sferoida.

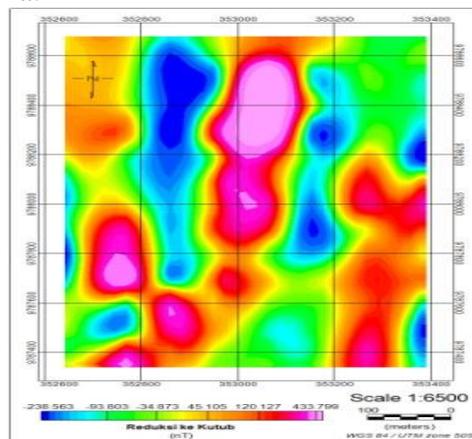


Gambar 8 Kontur anomali regional dan residual

Pada kontur hasil pengangkatan kontinuasi keatas didapatkan nilai anomali regional. Proses pemisahan ini perlu untuk dilakukan untuk mendapatkan anomali residual dari hasil pengurangan nilai anomali total dengan nilai anomali regional.

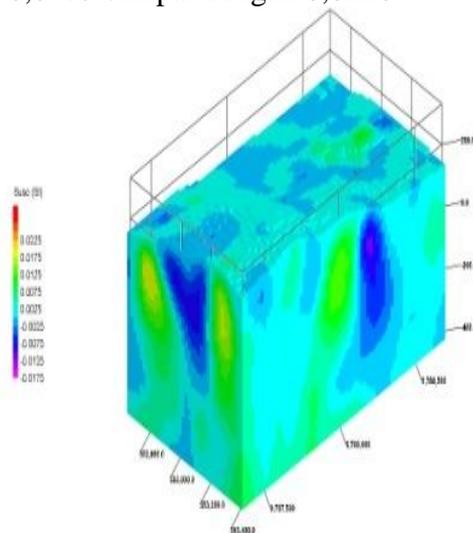
Untuk melokalisasi daerah dengan anomali maksimum atau minimum tepat

berada diatas tubuh benda penyebab anomali dilakukan proses reduksi ke kutub dengan cara melokalisasi kenampakan dipole menjadi kenampakan monopole dimana posisi benda menjadi tepat di bawah tubuh utama.



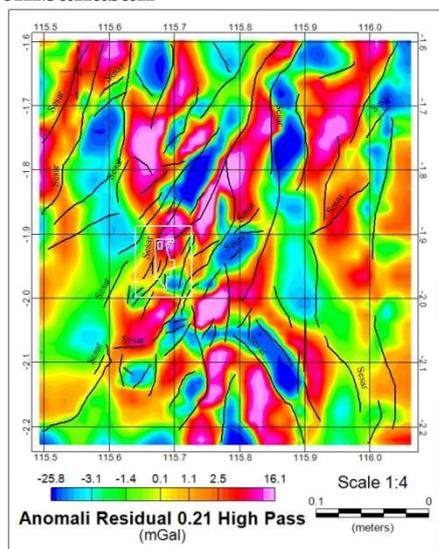
Gambar 9 Kontur reduksi ke kutub

Hasil pemodelan ke belakang tiga dimensi anomali residual (**Gambar 4.11**) menunjukkan sebaran nilai suseptibilitas daerah penelitian dengan target kedalaman - 400m dan memiliki nilai suseptibilitas antara -0,0175 sampai dengan 0,0226.



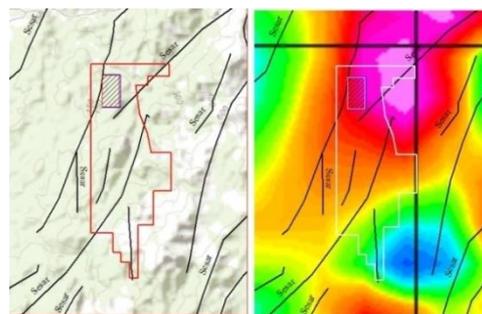
Gambar 10 Model Inversi Tiga Dimensi Anomali Residual

5.3 Pembahasan



Gambar 11 Pola Struktur Geologi pada Anomali Residual

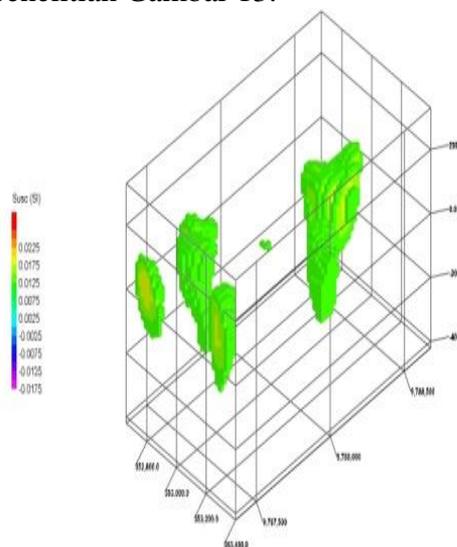
Analisis struktur geologi pada Gambar 11 terdapat beberapa struktur geologi mempunyai arah yang sama dengan batas-batas pola zona negatif dan positif, pada nilai densitas tinggi dikaitkan dengan batuan yang mempunyai kerapatan massa yang tinggi seperti Batuan Beku, Gamping dan Batuan Metamorf dan pada nilai densitas rendah dikaitkan dengan batuan yang memiliki tingkat kerapatan massa yang rendah seperti pada umumnya Batuan Sedimen. Pada bagian barat sebagian termasuk dalam Cekungan Barito yang mempunyai nilai densitas rendah sekitar -3,1 mGal sampai 2,5 mGal didominasi oleh batuan sedimen, di Timur berbatasan dengan Cekungan Kutai yang mempunyai nilai densitas rendah sekitar -3,1 mGal sampai 2,5 mGal dikaitkan oleh batuan sedimen dan Batu gamping dan arah Utara-Selatan termasuk dalam kawasan Pegunungan Meratus yang mempunyai nilai densitas antara -25,8 mGal sampai 16,1 mGal dikaitkan oleh batuan sedimen, batuan terobosan dan batuan tektonit. Pola struktur memanjang Utara-Selatan di akibatkan oleh perubahan deformasi batuan mengangkat batuan intrusi pada penelitian metode gaya berat.



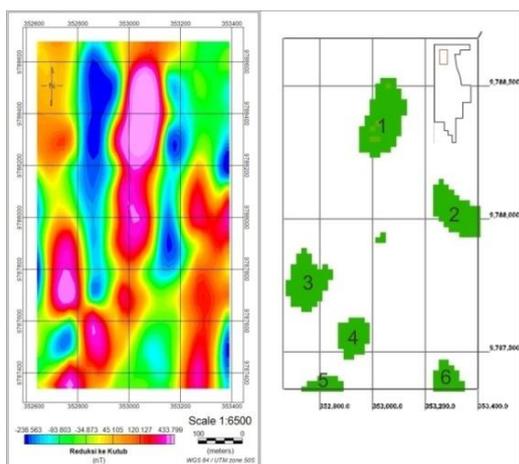
Gambar 12 Pola Struktur Geologi pada Anomali Residual

Pada Gambar 12 hasil analisis struktur sesar dan patahan disekitar lokasi penelitian dan IUP PT. BMS dilihat dari Peta *World Topo Map* (kiri) dan anomali residual (kanan) memperlihatkan pola patahan mempunyai arah Utara-Selatan dipengaruhi oleh adanya intrusi batuan terobosan, pada nilai densitas (kiri) yang mempunyai nilai tinggi di lihat (merah) diduga berupa batuan intrusi.

Dari hasil inversi tiga dimensi (Gambar 10) dilakukan *cut-off* (nilai suseptibilitas antara 0,01 sampai dengan 0,02556) nilai suseptibilitas ini mengacu pada Tabel 1 untuk kisaran nilai mineral bijih besi 0,001 – 0,0001(SI) agar dapat melihat model tiga dimensi dari sebaran bijih besi daerah penelitian Gambar 13.

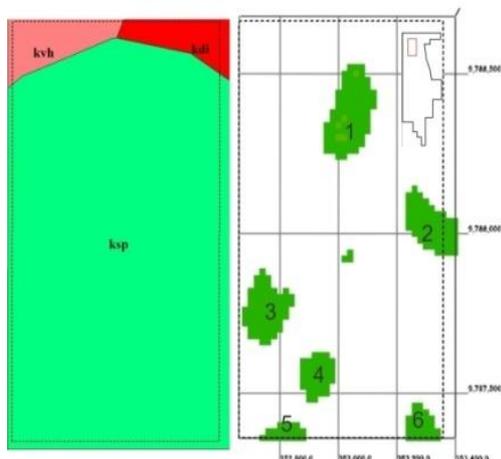


Gambar 13 Model Inversi Tiga Dimensi Bijih Besi Daerah Penelitian



Gambar 14 Peta Kontur Reduksi ke Kutub dengan Model Inversi Tiga Dimensi Bijih Besi (Tampak Atas)

Mengacu Gambar 14 membandingkan hasil dari reduksi ke kutub dengan hasil nilai susceptibilitas 0,01 terlihat bahwa kenampakan tubuh bijih besi memiliki kesamaan dengan nilai intensitas medan magnet reduksi ke kutub. Penapisan reduksi ke kutub melokalisasi daerah anomali tinggi tepat berada di atas tubuh bijih besi penyebab anomali. Pada tubuh ke-1 jika dibandingkan dengan reduksi ke kutub mempunyai nilai anomali yang tertinggi.



Gambar 15 Formasi Batuan dengan Model Inversi Tiga Dimensi Bijih Besi

Dari hasil Gambar 15 kenampakan dari hasil inversi tiga dimensi tidak terlalu begitu berpengaruh di atas permukaan terhadap formasi-formasi batuan yang telah di petakan pada Peta Geologi Lembar Geologi

Balikpapan, mengindikasikan bahwa proses intrusi terjadi pada bawah permukaan menerobos batuan di Formasi Pitap yang merupakan dominan batuan sedimen sehingga untuk proses intrusi mudah untuk dilalui oleh batuan terobosan bahkan pada beberapa lokasi yang telah dilakukan *mapping* geologi terdapat beberapa titik yang mempunyai singkapan batuan granit yang mengandung bijih besi di daerah yang di peta merupakan termasuk Formasi Pitap. Pada lokasi ini memang Formasi Pitap berada pada batas dengan formasi batuan beku dan batuan terobosan sehingga terjadinya zona alterasi pada batas-batas formasi geologi dalam hal ini antara lain Formasi Haruyan, Formasi Pitap dan Batuan Terobosan Granit-Diorit.

6. KESIMPULAN

Hasil dari anomali residual (*High Pass Filter*) dengan menggunakan penapisan *Gaussian* didapatkan nilai gravitasi lokal dengan rentang antara -25,8 mGal sampai dengan 16,1 mGal pada kedalaman rata-rata 2,04 km secara regional mempunyai struktur geologi yang mempengaruhi bentuk formasi batuan pada daerah penelitian yang merupakan hasil dari pengangkatan batuan (terobosan).

Hasil dari model inversi tiga dimensi didapatkan indikasi zona mineral bijih besi dengan nilai susceptibilitas berkisar antara 0,01 sampai dengan 0,02556.

DAFTAR PUSTAKA

Azhary, M. 2017. *Studi Identifikasi Cekungan Jawa Timur Bagian Utara untuk Mengetahui Pola Sub-Cekungan Sedimen Berpotensi Minyak dan Gas Bumi Menggunakan Data Gayaberat*. Bandar Lampung: Universitas Lampung

- Blakely, R.J. 1995. *Potential Theory In Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press.
- Candra, Rotua. 2011. *Menentukan Daerah Prospek Bijih Besi Menggunakan Metode Geolistrik di Daerah "C" Dengan Data Pendukung Geomagnetik*. Universitas Indonesia.
- Geosoft. 2010. *Provides a Range of 1D and 1D FFT Filters and Statistical Tools for Working with Large-Volume Geophysical Data*. Geosoft Incorporated: Toronto, Canada
- Grandis, H. 2009. *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*, Institut Teknologi Bandung.
- Hidayat, S. dan Umar, L. 1994. *Peta Geologi Lembar Balikpapan*. Kalimantan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Jensen, M. and Bateman, A.M. 1981. *Economic Mineral Deposits*. Canada : Jhon Wiley and Sons Inc.
- Kadir, W.G.A. 2000. *Eksplorasi Gayaberat dan Magnetik*. Jurusan Teknik Geofisika Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral, ITB.
- Li, Y. and Oldenburg, D.W. 1996. *3-D inversion of magnetic data*, *Geophysics*, 61, 394 - 408
- Pardiarto, B. 2009. *Tinjauan Rencana Pembangunan Industri Besi Baja di Kalimantan Selatan*. *Kelompok Program Penelitian Mineral Pusat Sumber Daya Geologi*. 4 (2), 1-14.
- Pardiarto, B., dan Widodo, W. 2009. *Genesa besi dan alumina laterit*. *Kelompok Kerja Mineral*. Pusat Sumber Daya Geologi Bul.,3,14-24.
- Pramusanto, Tanjung, F., Koesnohadi, Mulyono, D., Satrio, M.A. dan Sobandi, A. 2003. *Potensi Besi Lokal untuk Meningkatkan Kemandirian Industri Bja Nasioal*, Puslitbang Teknologi Mineral, Bandung – PT. Krakatau Steel, Cilegon.
- Randi, F. R. 2012. *Analisis Anomali Medan Magnetik di Gunung Papandayan Menggunakan Metode Magnetik*. Institut Teknologi Bandung.
- Reynold, J. M. 1995. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, Department of Anthropology, University of Denver.
- Sandy, A. 2015. *Pemodelan 3D Reservoar Geothermal Berdasarkan Data Anomali Magnetik Reduction To The Pole Daerah Ulubelu Kabupaten Tanggamu*. Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Lampung.
- Sarkowi, M. 2011. *Diktat Kuliah: Metode Eksplorasi Gayaberat*. Bandar Lampung: Universitas Lampung
- Sharma. 1987. *Magnetic method applied to mineral exploration*, *Ore Geology Reviews*, 2(4), pp. 323-357.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., and Sheriff, R. E. 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press
- Umar, I., Yasin, A., dan Koesoemadinata, S. 1984. *Laporan Geologi Lembar Balikpapan Kalimantan Timur Skala 1: 250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.