



Model Anomali Magnetik Berdasarkan Simulasi Geomagnet Pada Bijih Besi Daerah Ogololo Kecamatan Sojol Kabupaten Donggala Provinsi Sulawesi Tengah

Magnetic Anomaly Model Based on Geomagnetic Simulation in Iron Ore in Ogololo Region Sojol District Donggala Regency Central Sulawesi Province

Hasrianto¹, Raivel², Andi Ilham Samanlangi³, Hasbi Bakri⁴, Ali Imran¹

1. Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi dan Bisnis Arung Palakka, Bone

2. Program Studi Teknik Geologi, Universitas Sulawesi Tenggara, Kendari

3. Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Bosowa, Makassar

4. Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Korespondensi e-mail: hasrianto10081982@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian simulasi geomagnet pada tubuh bijih besi dilakukan di Daerah Sojol Kabupaten Donggala Provinsi Sulawesi Tengah. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah simulasi geomagnet dengan cara menanam objek simulasi berupa satu sampel bijih besi berukuran bolder dengan dimensi panjang 2 meter, lebar 1 meter dan tinggi 1 meter kedalam tanah. Volume sampel bijih besi simulasi yaitu 2 meter kubik dengan kadar Fe 97,12 %. Pengukuran terdiri dari 11 lintasan simulasi dengan grid pengamatan 1 meter, sedangkan jumlah keseluruhan pengamatan yaitu 121 titik. Metode simulasi geomagnet dengan dua perlakuan berbeda terhadap jarak sensor ke permukaan tanah yaitu jarak sensor 2 meter dan jarak sensor 0.5 meter. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara pola anomali magnetik dengan kedalaman objek uji, untuk membuat model dua dimensi sebaran lateral anomali magnetik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebaran nilai anomali magnetik dipengaruhi oleh jarak sensor ke media simulasi bijih besi, semakin dekat jarak sensor ke media simulasi bijih besi maka nilai anomali magnetik semakin rendah. Pola anomali magnetik dari hasil simulasi menunjukkan pola anomali ganda yaitu anomali negatif (-) dengan anomali positif. Posisi media simulasi bijih besi berada pada posisi anomali magnetik negatif (-).

Kata kunci: Geomagnet, Simulasi, Bijih Besi, Anomali Magnetik.

How to Cite:

Hasrianto, H., Raivel, R., Samanlangi, A.I., Bakri, H., Imran, A. 2023. Model Anomali Magnetik Berdasarkan Simulasi Geomagnet Pada Bijih Besi Daerah Ogololo Kecamatan Sojol Kabupaten Donggala Provinsi Sulawesi Tengah. *Mining Science and Technology Journal*, 2(3): 166-177.

Hasrianto, H., Raivel, R., Samanlangi, A.I., Bakri, H., Imran, A. 2023. *Magnetic Anomaly Model Based on Geomagnetic Simulation in Iron Ore in Ogololo Region Sojol District Donggala Regency Central Sulawesi Province*. *Mining Science and Technology Journal*, 2(3): 166-177.

Published By:

Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara

Address:

Jl. Kapt. Piere Tendean, No. 109, Baruga, Kota
Kendari, Provinsi Sulawesi Tenggara

Article History:

Submited 19 Desember 2023
Received in from 31 Desember 2023
Accepted 31 Desember 2023



ABSTRACT

Geomagnetic simulation research on iron ore bodies was carried out in the Sojol area, Donggala Regency, Central Sulawesi Province. The method used in the research is geomagnetic simulation by planting a simulated object in the form of a boulder-sized iron ore sample with dimensions of 2 meters long, 1 meter wide and 1 meter high into the ground. The volume of the simulated iron ore sample is 2 cubic meters with an Fe content of 97.12%. The measurements consisted of 11 simulated trajectories with 1 meter observation grid, while the total number of observations was 121 points. Geomagnetic simulation method with two different treatments for the sensor distance to the ground surface, namely a sensor distance of 2 meters and a sensor distance of 0.5 meters. This research aims to determine the relationship between magnetic anomaly patterns and the depth of the test object, to create a two-dimensional model of the lateral distribution of magnetic anomalies. The research results show that the distribution of magnetic anomaly values is influenced by the distance of the sensor to the iron ore simulation media. The closer the sensor distance is to the iron ore simulation media, the lower the magnetic anomaly value. The magnetic anomaly pattern from the simulation results shows a double anomaly pattern, namely a negative (-) anomaly and a positive anomaly. The position of the iron ore simulation media is in the negative (-) magnetic anomaly position.

Keywords: *Geomagnet, Simulation, Iron Ore, Magnetic Anomaly.*

PENDAHULUAN

Bijih besi merupakan salah satu *ore* (bijih) yang memiliki nilai komoditas cukup tinggi. Bijih besi dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam keperluan mulai dari pembuatan keperluan rumah tangga hingga campuran untuk peralatan berbasis teknologi canggih. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang begitu pesat dan meningkatnya kebutuhan akan logam dasar pada awal milenium ketiga, membuat permintaan dunia industri terhadap mineral logam seperti besi (Fe) akhir-akhir ini meningkat tajam (Ishlah, 2010). Terutama pasokan industri baja untuk negara-negara maju seperti Cina dan Jepang. Hal ini terlihat dari banyaknya perusahaan pertambangan yang melakukan eksplorasi daerah baru untuk mencari cadangan bijih besi di beberapa tempat, khususnya Indonesia (Ishlah, 2014).

Ore atau bijih diartikan sebagai kumpulan batuan mineral yang mengandung logam bernilai ekonomis yang konsentrasinya lebih tinggi dari pada konsentrasi rata-rata pada kerak bumi sehingga dapat diambil nilai ekonomisnya (Evans, 1993).

Bijih besi dibagi menjadi beberapa golongan diantaranya golongan oksida, sulfida dan hidroksida. Golongan oksida meliputi hematit dan magnetit sedangkan untuk golongan sulfida seperti pirit, kalkopirit, arsenopirit dan pirotit. Limonit dan goetit termasuk ke dalam golongan hidroksida (Maulana, 2017).

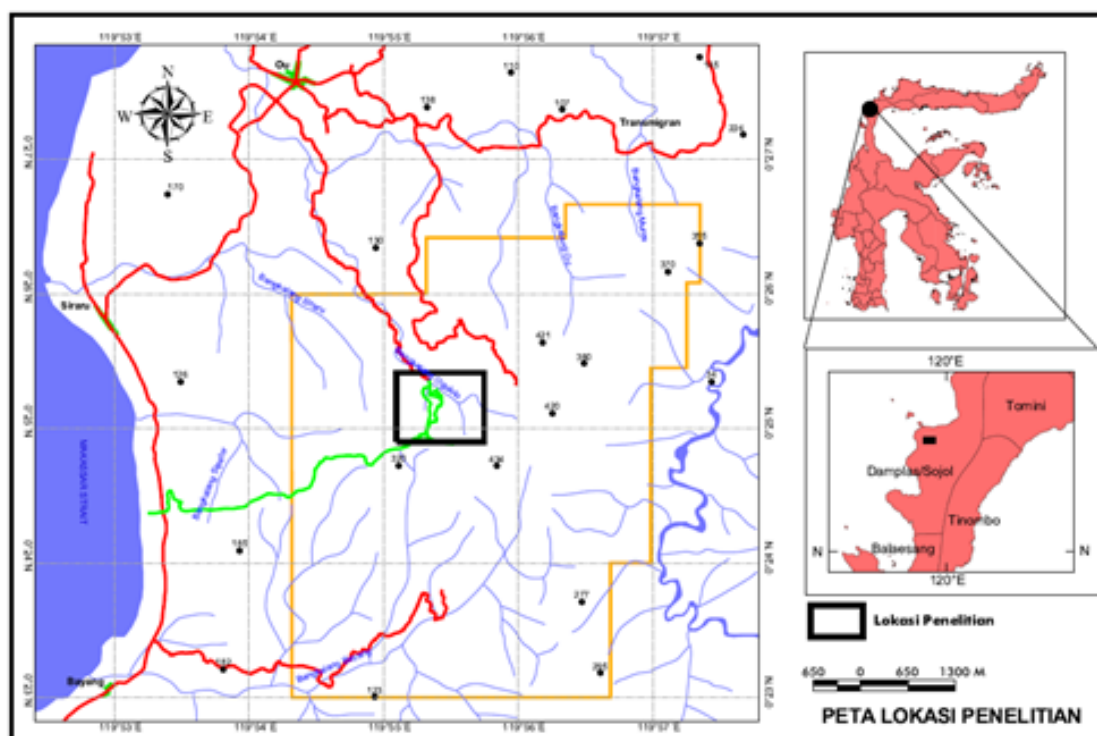
Penelitian bijih besi ini dilakukan di sebelah utara daerah penelitian daerah Bou dan Balukang Kecamatan Sojol Kabupaten Donggala Provinsi Sulawesi Tengah. Bijih besi yang ditemukan berupa vein-vein yang mengisi celah-celah basal dengan lebar vein sekitar 2 – 4 cm. Bijih besi yang ditemukan berupa bongkah (*boulder*) dengan lebar 1 meter dan panjang 1,5 meter. Vein bijih besi maupun bongkahan ini memiliki tingkat kemagnetan yang kuat (Bachri, 2011).

Di daerah Bayang Kecamatan Sojol Kabupaten Donggala Provinsi Sulawesi Tengah memiliki indikasi keberadaan mineral mengandung bijih besi yang terkandung dalam kontak antara batuan granit intrusif dan batu andesit. Batuan intrusif terjadi dalam beberapa fase, yaitu andesit, diorit, dan dasit, disertai dengan kontak metasomatisme. Batuan di daerah penelitian yang memiliki kerentanan magnetik yang kuat berada di andesit dan dasit, yang didominasi oleh mineral hematit dan magnetit (Irfan dkk., 2017). Mineralisasi Bijih Besi

Donggala akibat adanya intrusi batuan Andesit, Diorit dan Sienit pada Formasi Tinombo disertai dengan kontak batuan metamorf (Rauf, 2012) .

Satuan morfologi daerah penelitian dapat digolongkan kedalam satuan morfologi perbukitan dengan ketinggian antara 175 meter hingga 310 meter di atas permukaan laut. Bukit pada daerah ini memanjang dari arah timur laut – barat daya. Sungai pada daerah penelitian adalah Sungai Ogololo yang bermuara pada Teluk Makassar. Daerah penelitian didominasi oleh batuan yang masuk dalam formasi Molasa Celebes; Terdiri dari Konglomerat, batupasir kwarsa, greywacke, batulempung, serpih, napal, dan Batugamping koral. Formasi Tinombo ; Terdiri dari Filit, Batu sabak bersifat filit, Pasir kwarsa, Batu lanau, Kwarsit, Pualam, Horenfels/batu tanduk, serpih merah dan Rijang merah dengan radiolarian, dan batu gunung api dan Formasi Batuan Terobosan ; Mungkin terjadi dalam beberapa kala. Yang tertua terdiri dari Andesit, Diorit, Syenit dan Lamprofir. Kebanyakan terdapat sebagai saluran gunung api dan Tubuh kecil di dalam formasi Tinombo, yang terlalu kecil untuk diperlihatkan dalam peta. Batuan terobosan yang besar ialah Granit (gr), Syenit (sy), Diorit (di) dan sedikit Adamelit (am).

Penelitian tentang simulasi bijih besi masih sangat kurang sehingga perlu dilakukan kajian lebih lanjut. Penelitian tersebut meliputi simulasi geomagnet berdasarkan sebaran anomali magnetik total dengan tujuan penelitian untuk mengetahui hubungan antara pola anomali magnetik dengan kedalaman objek uji dan membuat model dua dimensi sebaran lateral anomali magnetik. Pada pengamatan simulasi geomagnet tersebut dilakukan dua kali pengamatan pada lintasan simulasi yang sama hanya membedakan jarak sensor ke permukaan yaitu jarak sensor ke permukaan tanah 2 meter dan 0.5 meter untuk mengetahui apakah ada pengaruh anomali magnetik terhadap jarak media simulasi bijih besi dengan sensor magnetometer.



Gambar 1. Lokasi Penelitian



Metode Geomagnet

Gaya magnet yang ditimbulkan oleh dua kutub yang terpisah dengan jarak r dan muatannya masing-masing m_1 dan m_2 diberikan oleh :

$$\vec{F} = \frac{1}{\mu} \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r}$$

Kuat medan magnet didefinisikan sebagai gaya per kutub, yaitu :

$$\vec{H} = \frac{\vec{F}}{m_2} = \frac{1}{\mu} \frac{m_1}{r^2} \hat{r}$$

Bila benda magnetic diletakkan dalam medan magnet luar ($\vec{H}$), kutub-kutub internalnya akan menyearahkan diri dengan $\vec{M}$ dan terbentuk suatu medan magnet baru, yaitu :

$$\vec{H}' = 4\pi\vec{M}$$

Medan magnet totalnya disebut dengan induksi magnet $\vec{B}$ (Induksi Magnet) dan dituliskan sebagai :

$$\vec{B} = \vec{H} + \vec{H}'$$

Dalam kemagnetan dikenal suatu sifat dasar yaitu kerentanan magnetic (susceptibilitas magnet, k) dalam ruang hampa $k = 0$. Magnetudo suatu medan magnet bergantung pada kerentanan medan magnet tersebut. Intensitas magnetisasinya dapat ditulis sebagai berikut (Telford and Sherif, 1990) :

$$\vec{M} = k\vec{H}$$

Jadi kerentanan magnetic adalah suatu ukuran besar kecilnya suatu intensitas magnet. Suatu benda yang mudah terimbas oleh medan magnet luar memiliki susceptibilitas magnet tinggi (Abdullah, dkk 2014) dengan $1 + 4\pi k$ sama dengan permeabilitas magnet (μ) yang juga merupakan perbandingan antara B dan H . atau ditulis sebagai persamaan :

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

METODE PENELITIAN

Persiapan

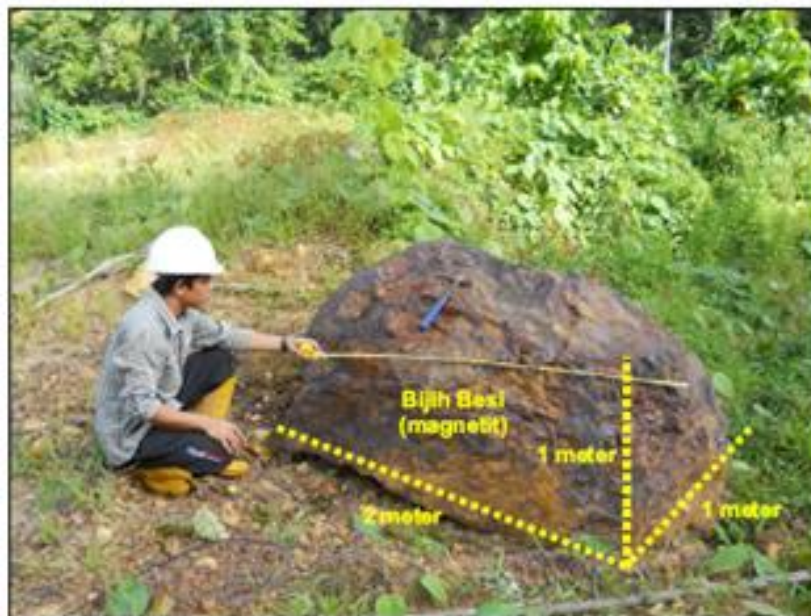
Tahap persiapan dilakukan diawal penelitian meliputi studi literatur dari peneliti terdahulu serta buku-buku yang berhubungan dengan topik penelitian, mengumpulkan data yang ada yang dapat menunjang pelaksanaan penelitian, mempersiapkan personil, peralatan dan perlengkapan untuk setiap personil lapangan serta mengkalibrasi peralatan yang akan digunakan, pemilihan lokasi simulasi, pemilihan media bijih besi simulasi, pembuatan lubang tes pit simulasi (**Gambar 5**), pembuatan lintasan/titik pengamatan geomagnet simulasi.

Lokasi simulasi terletak di daerah penelitian dengan luas area simulasi 10 x 10 meter atau 100 m². Area simulasi tersebut dilakukan pembuatan lintasan/titik pengamatan simulasi geomagnet dengan model grid @1 meter, yang terdiri dari 11 lintasan utara – selatan atau 11 lintasan barat – timur dengan jumlah titik pengamatan 121 titik pengamatan (**Gambar 2**). Jumlah sampel/media simulasi geomagnet yang diambil di lapangan yaitu sebanyak satu sampel bijih besi magnetit berupa bolder. Dimensi bolder dengan panjang 2 meter, lebar 1 meter dan tinggi 1 meter. Volume media simulasi yaitu 2 meter kubik (**Gambar 3**). Dimensi tes pit simulasi dengan panjang tes pit 2,5 meter, lebar 1,2 meter dan tinggi/kedalaman

tespit 2 meter (**Gambar 4**). Pengujian media bijih besi simulasi (XRF) di laboratorium untuk mengetahui persentase Kadar bijih besi magnetit.



Gambar 2. Pembuatan lintasan uji/simulasi metode geomagnet



Gambar 3. Media bijih besi simulasi



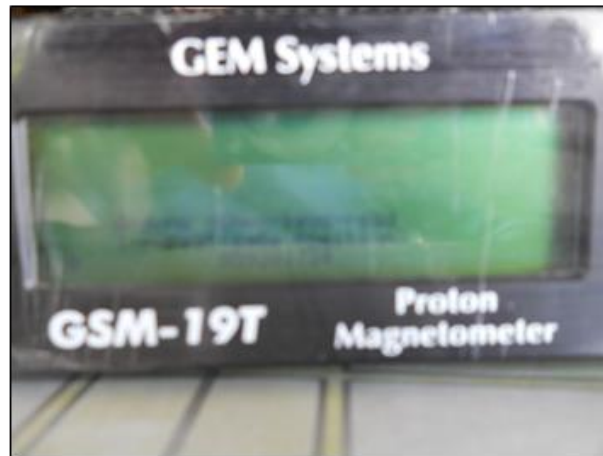
Gambar 4. Tes pit simulasi geomagnet



Gambar 5. Pemnuatan tes pit simulasi

Pengambilan Data Lapangan

Penelitian dilakukan dengan pengambilan data secara langsung di lapangan yaitu pengukuran/pengamatan data geomagnet. Pengamatan data geomagnet dilakukan sebanyak dua kali pengukuran. Pengukuran pertama dengan jarak sensor ke permukaan sepanjang 2 meter (**Gambar 7**) dan pengukuran kedua dengan jarak sensor ke permukaan 0.5 meter (**Gambar 8**). Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan alat geomagnet magnetometer type Proton Magnetometer GSM 19T buatan Kanada (**Gambar 6**). Titik pengambilan data diambil dengan menggunakan GPS sebanyak 121 titik. Jumlah lintasan simulasi sebanyak 11 lintasan dengan spasi terkecil (grid) sebesar 1 meter, jarak antara lintasan sebesar 1 meter. Pengambilan data Geomagnet dengan menggunakan alat magnetometer type GSM 19T dengan menggunakan dua alat magnetometer, satu alat digunakan untuk mengukur data setiap stasiun dan satu alat digunakan untuk mengukur base stasiun sebagai koreksi data geomagnet setiap stasiun. Pengambilan data geomagnet dilakukan dengan system looping berawal dan berakhir pada titik amat pertama (Santoso, 2002).



Gambar 6. Peralatan geomagnet (magnetometer)



Gambar 7. Pengambilan data geomagnet simulasi dengan jarak sensor ke permukaan 2 meter



Gambar 8. Pengambilan data geomagnet simulasi dengan jarak sensor ke permukaan 0.5 meter

Pengolahan dan Analisa Data

Pada analisis ini dilakukan pengolahan data geomagnet untuk mendapatkan peta anomali magnetik dan penampang anomali magnetik simulasi dengan melakukan dua perlakuan yang berbeda, perlakuan pertama dengan jarak sensor magnetometer 2 meter dari permukaan dan perlakuan kedua jarak sensor magnetometer 0.5 meter dari permukaan. Data yang diperoleh dari hasil pengambilan data geomagnet lapangan dilakukan beberapa koreksi data yang terdiri dari koreksi diurnal dan koreksi IGRF (Blakely & Richard, 1995), setelah dilakukan koreksi data akan dihasilkan anomali medan magnet daerah simulasi yang dibuat dalam bentuk peta anomali magnetik dari hasil anomali magnetik dibuat penampang anomali magnetik dengan bantuan software Surfer 10 (**Gambar 9**). Peta Anomali Magnetik dan penampang anomali magnetik dianalisis berdasarkan pola sebaran magnetik di area simulasi.

Pengambilan data simulasi terdiri dari data akuisisi base station dan data akuisisi station. Dari hasil data akuisisi dilakukan beberapa koreksi data, setelah hasil koreksi *diurnal* (IGRF dan Variasi harian) selesai dilakukan, tahapan selanjutnya adalah melakukan proses interpolasi terhadap data Anomali Magnetik untuk semua lintasan yang ada, yaitu dengan menggunakan metoda *gridding*, agar dihasilkan sebuah gambaran umum nilai intensitas dalam sebuah peta 2D.

Tahapan dilakukannya koreksi terhadap data-data bacaan lapangan geomagnetik ini adalah untuk menghilangkan pengaruh yang berasal dari *medan magnet utama* dan *medan magnet luar bumi* (Telford *et al.*, 1990). Seperti halnya tujuan semula dari survei geomagnet ini adalah untuk mendapatkan anomali *medan magnet lokal (monopole)*.

Seperti diketahui data hasil bacaan yang diperoleh dari pengukuran merupakan medan magnet total hasil sumbangan dari tiga komponen dasar medan magnet (*poly-pole*), yaitu medan utama (*main field*), medan luar (*external field*), dan medan observasi lokal (Sheriff R.E., 1986). Untuk itu perlu dihilangkan pengaruh-pengaruh yang berasal selain dari anomali medan magnet lokal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

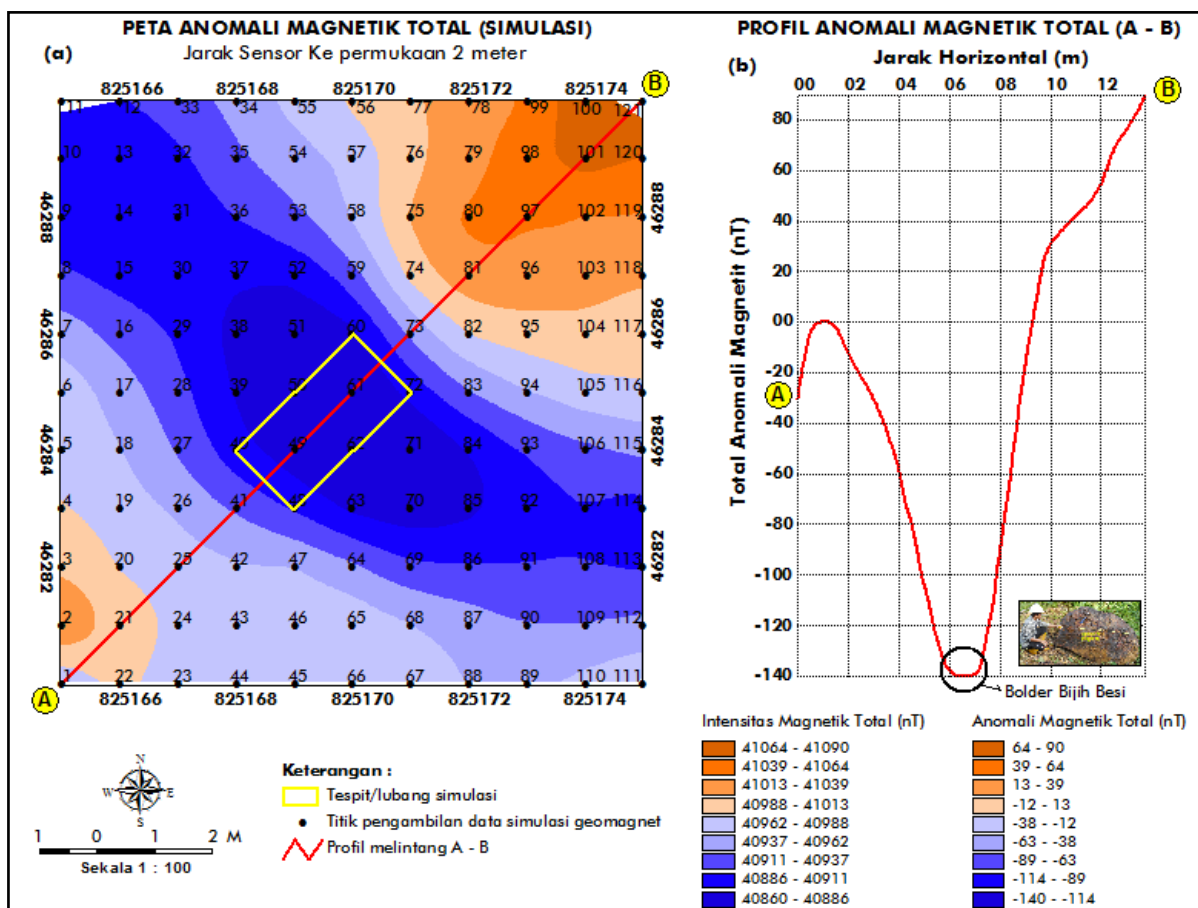
Dari hasil analisa data dihasilkan dua peta anomali magnetik dengan jarak sensor magnetometer ke permukaan tanah 2 meter dan 0.5 meter. Analisa hasil laboratorium (XRF) dari media bijih besi simulasi yang dilakukan di Laboratorium PPST Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin. *X-ray Fluorescence* (XRF) merupakan analisis geokimia untuk menentukan komposisi kimia unsur-unsur mayor pada batuan dan mineral bijih pada media simulasi.

Anomali Magnetik (sensor magnetometer 2 meter)

Peta Anomali Magnetik hasil simulasi dengan jarak sensor magnetometer ke permukaan tanah 2 meter yang terdiri dari 11 lintasan dengan jarak spasi (grid) 1 meter. Jumlah titik pengamatan dari 11 lintasan simulasi sebanyak 121 titik pengamatan. Hasil peta anomali magnetik menunjukkan pola anomali ganda dengan nilai anomali magnetik -140 hingga +90 nT atau intensitas magnetik total 40860 – 41090 nT (**Gambar 9a**). Penampang anomali magnetik dari hasil peta anomali magnetik yang dibuat searah timur laut – barat daya pada peta anomali magnetik simulasi dengan panjang penampang 14 meter menunjukkan nilai anomali magnetik positif sebesar +90 nT/41090 nT sedangkan nilai anomali magnetik negatif sebesar -140 nT/40860 nT (**Gambar 9b**).

Berdasarkan hasil penampang anomali magnetik total hasil simulasi menunjukkan pola anomali ganda yaitu anomali negatif ditandai dengan nilai anomali magnetik total -140 nT/40860 nT sedangkan anomali positif ditandai dengan nilai anomali magnetik total +90

nT/41090 nT. Posisi objek simulasi bijih besi magnetit berada pada anomali magnetik negative -140 nT pada jarak horizontal 6,5 meter (**Gambar 9b**).



Gambar 9. (a) Peta anomaly magnetic total hasil simulasi sensor 2 meter (b) Profil anomaly magnetic total A – B

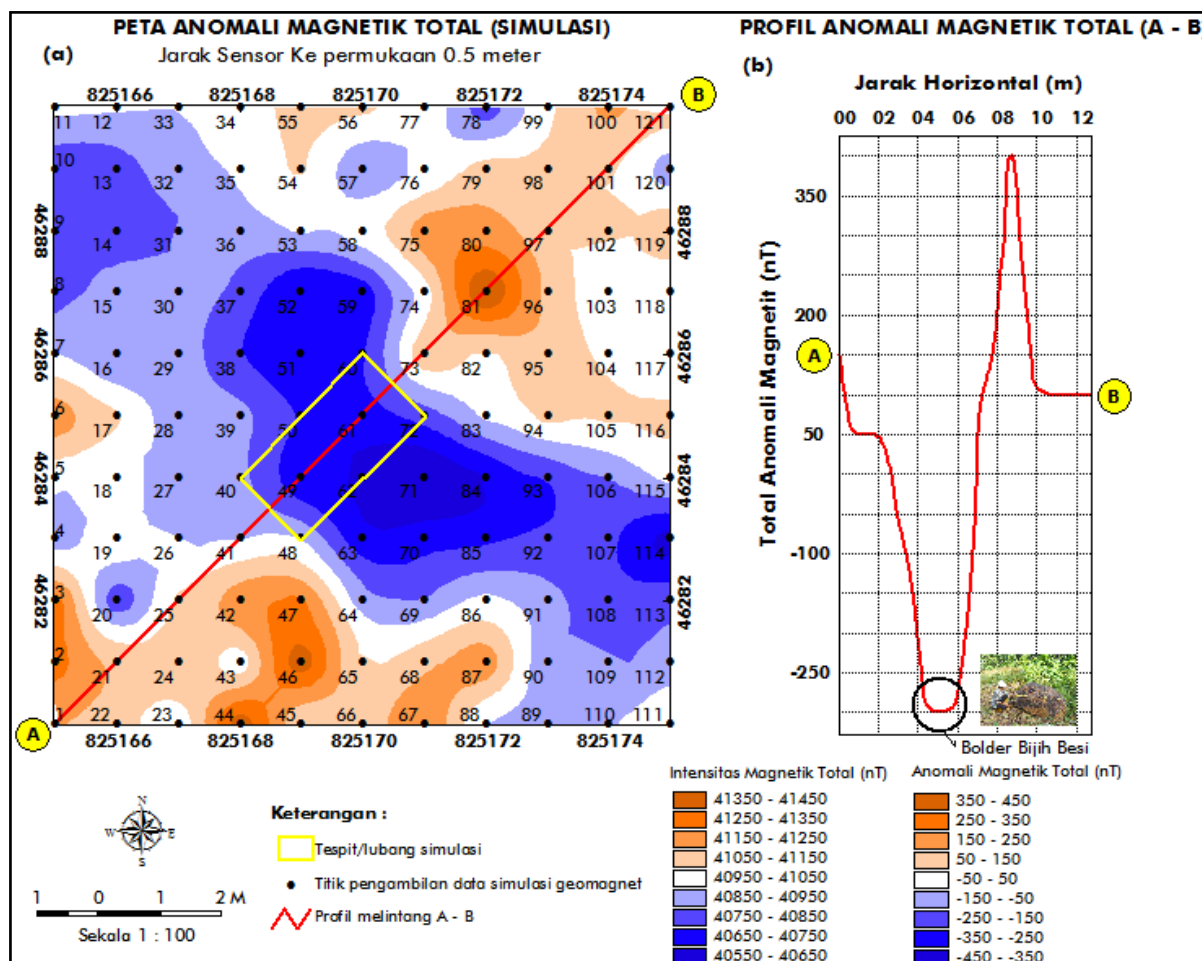
Anomali Magnetik (sensor magnetometer 2 meter)

Peta Anomali Magnetik hasil simulasi dengan jarak sensor magnetometer ke permukaan tanah 2 meter yang terdiri dari 11 lintasan dengan jarak spasi (grid) 1 meter. Jumlah titik pengamatan dari 11 lintasan simulasi sebanyak 121 titik pengamatan. Hasil peta anomali magnetik menunjukkan pola anomali ganda dengan nilai anomali magnetik -450 hingga +450 nT atau intensitas magnetik total 40550 – 41450 nT (**Gambar 10a**).

Penampang anomali magnetik dari hasil peta anomali magnetik yang dibuat searah timur laut – barat daya pada peta anomali magnetik simulasi dengan panjang penampang 14 meter menunjukkan nilai anomali magnetik positif sebesar +450 nT/41450 nT sedangkan nilai anomali magnetik negatif sebesar -450 nT/40550 nT (**Gambar 10b**).

Berdasarkan hasil penampang anomali magnetik total hasil simulasi menunjukkan pola anomali ganda yaitu anomali negatif ditandai dengan nilai anomali magnetik total -450

nT/40550 nT sedangkan anomali positif ditandai dengan nilai anomali magnetik total +450 nT/41450 nT. Posisi objek simulasi bijih besi magnetit berada pada anomali magnetik negative -450 nT pada jarak horizontal 6,5 meter (**Gambar 10b**).



Gambar 10. (a) Peta anomali magnetik total hasil simulasi sensor 0.5 meter dan (b) profil anomali magnetik total A – B

Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium yang digunakan yaitu X-ray Fluorescence (XRF). Analisis ini yaitu untuk menentukan komposisi kimia unsur-unsur mayor pada batuan dan mineral bijih. Hal ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui unsur mayor pada endapan bijih besi simulasi. Analisa XRF dilakukan di Laboratorium PPST Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin. Hasil XRF dari sampel objek simulasi menunjukkan kadar Fe sebesar 97,12% (**Tabel 1**).

Tabel 1. Hasil Analisis XRF Media Uji Simulasi Bijih Besi

SAMPLE ANALYSIS REPORT THERMO FISHER SCIENTIFIC									
ARL QUANTX EDXRF ANALYZER					UNIQUANT(TM) STANDARDLESS METHOD				
C:\UQed\USER\QuantX\JOB\JOB.235 2018-10-11									
hasriantoBH02									
QuantX Rh end window 50kV									
C:\UQed\USER\QuantX\Appl\AnySampleAir.kap 2008-06-13									
Calculated as		:	Elements	Matrix	(Shape	&	ImpFc)	:	12 Cr-Fe-Ni
X-ray	path	=	Air	Film	type	=	No	supporting film	
Case	number	=	0 All		known				
Eff.Diam.	=	13 mm	Eff.Area	=	132.7 mm2				
KnownCo:	=	0 %							
Rest	=	0 %	Viewed	Mass	=	1000 mg			
Dil/Sample	=	0 Sample	Height	=	5 mm				
El	m/m%	StdErr							
--	-----	-----							
Fe	97.12	0.23							
Mn	1.26	0.06							
Ca	1	0.05							
Si	0.57	0.23							
Nb	0.0189	0.0046							
Mo	0.0126	0.0043							
In	0.0054	0.0014							
KnownCo:	0 REST=	0 D/S=		0					
Sum	Concs before normalisation to 100% : 71.5 %								

Tabel 2. Perbandingan Hasil Anomali Magnetik dengan jarak sensor magnetometer 2 meter dan 0.5 meter (**Gambar 10 & 11**)

Anomali Magnetik Total	Intensitas Magnetik Total (nT)	Anomali Magnetik Total (nT)	Anomali Posisi Media Bijih Besi (nT)
Sensor Magnetometer 2 meter	40860 – 41090	-140 - +90	-140
Sensor Magnetometer 0.5 meter	40550 – 41450	-450 - +450	-450

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan interpretasi data simulasi metode geomagnet daerah penelitian dapat disimpulkan yaitu sebagai berikut :

1. Sebaran nilai anomali magnetik dipengaruhi oleh jarak sensor ke media simulasi bijih besi, semakin dekat jarak sensor ke media simulasi bijih besi maka nilai anomali magnetik semakin rendah (**Tabel 2**).
2. Pola anomali magnetik dari hasil simulasi menunjukkan pola anomali ganda yaitu anomali negative (-) dengan anomali positif (+).
3. Posisi media simulasi bijih besi berada pada posisi anomali magnetik negatif (-).



4. Berdasarkan hasil penelitian bahwa nilai anomali magnetik sangat berpengaruh terhadap jarak tubuh bijih besi ke sensor magnetometer dan dimensi dari media bijih besi simulasi artinya akan terjadi perbedaan anomali magnetik dengan dimensi media yang sama namun dilakukan penanaman media simulasi dengan jarak sensor ke media simulasi yang berbeda jarak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pimpinan PT. AAL Rizki Tasangpalie selaku pemegang Izin Usaha Pertambangan Daerah Donggala Provinsi Sulawesi Tengah yang telah memberikan kesempatan, bantuan fasilitas, dan masukan selama kegiatan penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, F.M., Sunaryo, dan Susilo, A., 2014. *Pendugaan Jenis Batuan Bawah permukaan Daerah Bendungan Karangates Menggunakan Metode Geomagnetik*. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya. Malang.
- Bachri H. (2011). *Laporan Penyelidikan Pendahuluan Bijih Besi Daerah Bou dan Balukang Kecamatan Sojol Kabupaten Donggala Provinsi Sulawesi Tengah*. Makassar.
- Blakely & Richard J. (1995). *Potential Theory In Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press. London. New York. Sidney.
- Evans A.M., (1993). *Ore Geology and Industrial Minerals. An Introduction (3rd edition)*. Blackwell Science: USA.
- Irfan U.R., Samanlangi A.I., & Hasrianto. (2017). *Characteristic and Estimated Distribution of Iron Ore in the Bayang Area Donggala Central Sulawesi*. International Journal of Engineering and Science Applications. ISSN: 2406-9833 @2015 PPs-UNHAS
- Maulana A. (2017). *Endapan Mineral*. Penerbit Ombak. Yogyakarta.
- Rauf A. (2012). *Mineralisasi Bijih Besi di Kabupaten Donggala Provinsi Sulawesi Tengah*. Simposium Geomekanika 1, 54-60.
- Sheriff R.E. (1986). *Prospecting Geophysical Method*. Cambridge University Press. London.
- Santoso D. (2002). *Pengantar Teknik Geofisika*. ITB. Bandung.
- Sukanto R. (1973). *Geologi Lembar Tolitoli Sulawesi Utara*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Direktorat Pertambangan Umum Departemen Pertambangan dan Energi. Bandung.
- Telford W.M., Geldart L.P., Sheriff R.E. & Keys D.A. (1990). *Applied Geophysics*. Cambridge University Press. London.