Pemodelan Inversi Linier *Least-Square* (LS) Pada Anomali Geomagnet Model *Dyke*

Hartini [1]
[1]Progam Studi Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Samudra

*Co-Author:tinilovers00@gmail.com

Abstract.

Least-Square linear inversion modeling has been conducted on the dyke model geomagnetic anomaly. This study aims to obtain linear inversion modeling on the dyke geomagnetic anomaly. Dyke model's geomagnetic anomaly interpretation is done to anomaly the earth's magnetic field due to the magnetic properties of rocks that differ from one another. There are several types of ores such as magnetite, ilmenite, and phirotite carried by sulfide ore which produce distortion in the magnetism of the earth's crust, and can be used to localize the distribution of ore. Each magnetic anomaly observed above the surface can be evaluated by calculating the projection of the magnetic field anomaly. Based on the inversion that has been done, it can be concluded that the results of the inversion using the least-square method can follow the pattern of synthetic data results well and the results of the calculation of the linear inversion method LS without noise and using noise have the same parameter values. Where the rms error value is 0.0258.

Keyword : Geomagnetic Anomaly, *Dyke* Model, Linier *least-square* (LS).

1. PENDAHULUAN

Metode magnetik merupakan salah satu metode geofisika yang diterapkan dalam kegiatan eksplorasi. Penggunaan metode magnetik ini dilakukan berdasarkan karena adanya anomali medan magnet bumi akibat sifat kemagnetan batuan yang berbeda satu terhadap lainnya. Ada beberapa tipe bijih seperti magnetit, ilmenit, dan phirotit yang dibawa oleh bijih sulfida menghasilkan distorsi dalam magnet kerak bumi, dan dapat digunakan untuk melokalisir sebaran bijih.

Magnetasi bumi ditentukan oleh medan magnet bumi yang terdiri dari 3 bagian, yaitu medan utama, medan luar dan anomali medan magnetik. Medan utama ditimbulkan dari medan magnet utama yang dihasilkan oleh bumi, medan luar berasal dari pengaruh luar bumi yang merupakan hasil dari ionisasi di atmosfer yang ditimbulkan oleh sinar ultraviolet dan matahari. Sedangkan anomali medan magnetik merupakan terget dari pengukuran geomagnet, karena medan anomali ini berasosiasi dengan besarnya intensitas magnetisasi dari suatu batuan. Besar anomali ini berkisar nilai ratusan sampai ribuan nT (nano Tesla) [1].

Interpretasi data anomali geomagnet dapat dilakukan secara kualitatif ataupun kuantitatif. Interpretasi kualitatif dilakukan dengan cara mengamati pola data atau anomali yang diperoleh. Anomali dengan pola tertentu berasosiasi dengan sumber anomali bawah permukaan dengan geometri tertentu. Hubungan antara pola anomali dengan parameter model diperoleh dari perumusan sederhana. Hasil dari interpretasi kualitatif mencakup perkiraan posisi, ukuran, dan kedalaman benda yang menimbulkan anomali tersebut. Sedangkan interpretasi kuantitatif dilakukan melalui pemodelan kedepan dan inversi [2].

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 [3]. Prinsip pemodelan inversi yaitu mencari model yang menghasilkan data teoritik yang paling cocok dengan data pengamatan. Algoritma inversi dikembangkan dengan asumsi bahwa permukaan anomali magnetik hanya dihasilkan oleh magnetisasi hasil induksi [4].

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Umar, menunjukan bahwa kedua inversi LS dan LM sangat bergantung terhadap tebakan model awal dan LM juga bergantung terhadap faktor redaman (λ). Inversi LS lebih baik digunakan untuk data tanpa noise dengan error rms-nya sebesar 2.1×10^{-10}. Data dengan tambahan noise sebesar 5% dan 10 %, inversi LM lebih efektif dan baik daripada LS, dengan error rms-nya sebesar 4.29×10^{-8} dan 5.73×10^{-5} [5].

Peneliti lain yang dilakukan di Desa Tambale, menggunakan pemodelan inversi data geomagnet didapatkan bahwa suseptibilitas batuan pembawa mineral nikel diantara 0,0750 SI sampai 0,16336 SI. Suseptibilitas ini diduga sebagai batuan ultramafik yakni peridotite dan dunit serta batuan metamorf yakni serpentine. Sebaran sueptibilitasnya berada dibagian selatan hingga utara dan cenderung menyebar ke arah timur lokasi penelitian dengan kedalaman rata-rata kurang lebih 60 meter di bawah permukaan tanah [6].

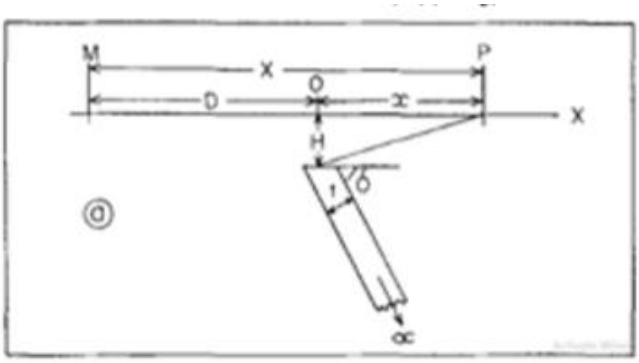
Dalam penelitian ini akan dilakukan akusisi data sintetik. Setelah data sintetik diperoleh maka akan dilakukan proses inversi menggunakan metode inversi linier *Least-Square* terhadap anomali geomagnet model *dyke.*

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sintetik yang diperoleh dari model uji *dyke* dengan posisi dan ukuran geometri benda anomali magnetiknya ditetapkan pada suatu nilai tertentu. Data sintetik ini kemudian dilakukan inversi linier *Least-Square*. Pembuatan program pemodelan kedepan dan inversi Least-Square dilakukan pada software MATLAB MathWorks®.

2.1. Pemodelan Kedepan Model *Dyke*

Pemodelan kedepan merupakan suatu proses perhitungan data yang secara teoritis akan teramati di permukaan bumi jika diketahui harga parameter model tertentu bawah permukaan [7]. Pada penelitian ini digunakan model *dyke* yang geometrinya sudah ditetapkan.



Gambar 1. Model *dyke*

Berdasarkan Gambar. 1 diatas, perumusan anomali magnetik di setiap titik pengukuran adalah sebagai berikut:

$$\Delta \boldsymbol{Mz}_{(i)} = \boldsymbol{P}\frac{(\boldsymbol{x(i)}-\boldsymbol{x_o})\boldsymbol{sinQ}+\boldsymbol{ZcosQ}}{(\boldsymbol{x(i)}\boldsymbol{x}-\boldsymbol{x_o})^2+\boldsymbol{z}^2)} \quad (1)$$

Dimana *x* adalah panjang pengukuran (meter), x_0 berupa posisi tengah benda anomali (meter), kemudian z sebagai kedalaman anomali bagian sisi atas (meter), *Z* kedalaman dari permukaan ke pusat tubuh (meter), dan ΔMz = kontras magnetisasi (nano Tesla).

2.2. Pemodelan Inversi *Least-Square* (LS)

Dalam penelitian ini dilakukan pemodelan inversi linier pada anomali geomagnet dengan metode *least-square* (LS). Persamaan iteratif inversi LS [2,4] dengan d_{obs} adalah data sintetik dan $\mathcal{J}_n$ merupakan Jacobi pada iterasi ke-*n* yaitu sebagai berikut:

$$\boldsymbol{m_{n+1}} = \boldsymbol{m_n} + [\boldsymbol{\mathcal{J}_n^T\mathcal{J}_n}]^{-1}\boldsymbol{\mathcal{J}_n^T}(\boldsymbol{d_{obs}} - \boldsymbol{H}(\boldsymbol{m_n})) \quad (2)$$

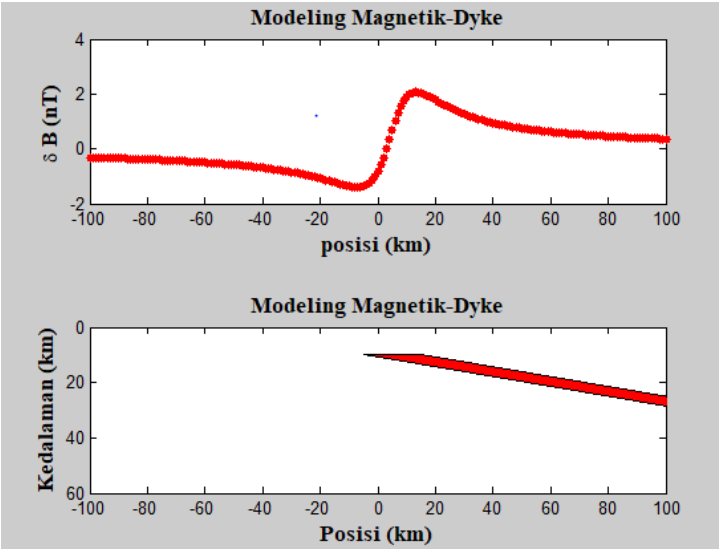
Untuk kedua solusi inversi di atas, notasi n menunjukan jumlah iterasi, iterasi ke (n+1) merupakan model pada iterasi sebelumnya yaitu iterasi ke n yang diperbarui dengan suatu faktor koreksi, J merupakan matriks Jacobian, T menyatakan matriks transpos.

$$\boldsymbol{\mathcal{J}(m)} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \boldsymbol{H_i(m)}}{\partial \boldsymbol{m_1}} \cdots \frac{\partial \boldsymbol{H_i(m)}}{\partial \boldsymbol{m_M}} \\ \frac{\partial \boldsymbol{H_N(m)}}{\partial \boldsymbol{m_1}} \cdots \frac{\partial \boldsymbol{H_N(m)}}{\partial \boldsymbol{m_M}} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Dimana *i* berasosiasi pada pengukuran ke-*i*, *N* adalah banyak titik pengukuran dan *M* berupa banyak parameter model.

2.3 Metodologi

Kita dapat melihat bentuk struktur geometri berdasarkan perbedaan kedalaman struktur bawah permukaan dengan litogi yang sama, apaila dilihat dari penampang geologi ataupun yang ditandai adanya perbedaan litologi yang terliat diatas permukaan. Berdasarkan akuisi data sintetik didapatkan anomali geomagnet yang berebentuk model *dyke*. Hal ini bisa terjadi dikarenakan karena adanya anomali medan magnet bumi akibat sifat kemagnetan batuan yang berbeda satu terhadap lainnya. Hasil anomali geomagnetik model *dyke* yang didapatkan dari data sintetik dapat kita lihat pada gambar 2.



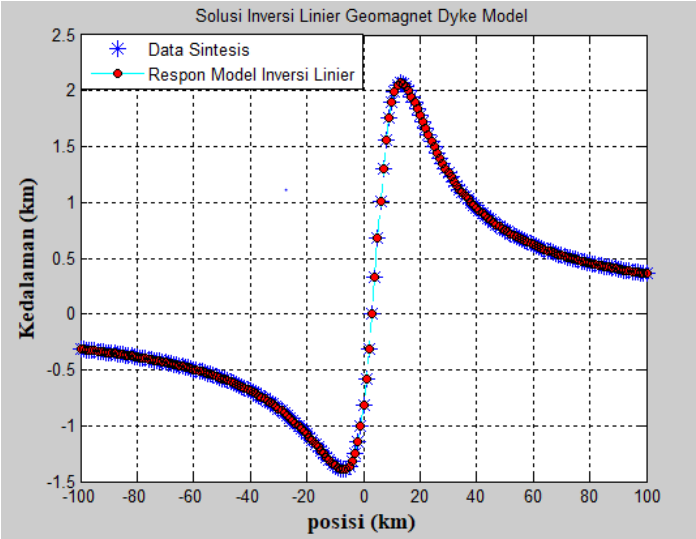
Gambar 2. Anomali geomagnet model *dyke* hasil data sintetik

Hasil data sintetik anomali geomagnet model dyke dapat kita lihat pada gambar 2 yang merupakan hasil data observasi yang kemudian digunakan dalam proses inversi linier pada geomagnet model *dyke*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

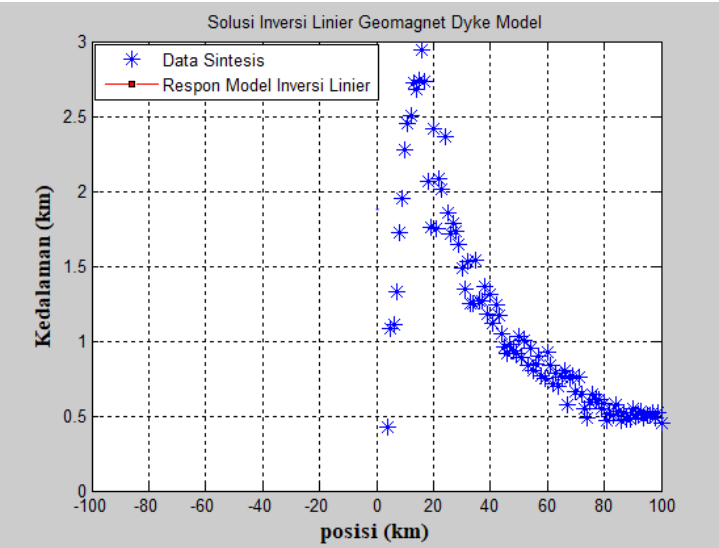
Berdasarkan data sintetik yang didapatkan, maka diperoleh data observasi yang selanjutnya akan dilakukan pemodelan dalam bentuk inversi linier. Dalam proses inversi, didapatkan parameter nilai yang diperkirakan yaitu rentang penganmatan x =-100:100km, lebar lapisan m = 20km, sudut dip slip (0-90 derajat) a = 10 °, sudut inklinasi b = 45 °, sudut strike azimuth c = 45 °, lokasi objek X_o= 5km, kontras kemagnetan k =1Tkm/H, kedalaman z = 10km, dan sudut polarisasi Q =78,72°.

Inversi dilakukan untuk data tanpa noise dan data dengan tambahan noise Hasil inversi menmapilkan bentuk kurva pada perhitungan inversi linier yang mengikuti pola data sintetik dengan baik dan didapatkan nilai *eror* rms 0,0258.



Gambar 3. Hasil Inversi data observasi anomali geomagnet model *dyke* tanpa noise

Hasil inversi data sintetik menggunakan metode *least-square* dapat mengikuti dengan baik dengan kurva hasil data sintetik. Dimana hasil inversi tanpa noise dapat kita lihat pada gambar 3. Berdasarkan kurva tersebut didapatkan data sintetik dan respon model inversi linier.



Gambar 4. Hasil inversi data observasi anomali geomagnet model *dyke* menggunakan noise

Gambar 4 menunjukkan hasil inversi data observasi anomali geomagnet model *dyke* menggunakan noise. Berdasarkan gambar kurva tersebut, dapat kita lihat bahwa data sintetik berkumpul di daerah yang menunjukkan terdapatnya anomali geomagnet model *dyke*. Nilai parameter hasil perhitungan inversi yang dilakukan untuk data tanpa noise dan data dengan tambahan noise dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Nilai Parameter Inversi Perhitungan Metode LS

Parameter model	Hasil LS tanpa noise	Hasil LS menggunakan noise
ΔMz (nT)	1.3933 + − 2.0701	1.3933 + − 2.0701
x_0 (km)	88.7270 + − 88.7270	88.7270 + − 88.7270
Q (°)	78.7270 + − 78.7270	78.7270 + − 78.7270
L (km)	34.6410 + − 34.6410	34.6410 + − 34.6410
z (km)	10	10
Error rms	0.0258	0.0258

Hasil inversi linier tanpa noise serta menggunakan noise memiliki nilai *error* rms 0.0258. Bedasarkan tabel 1 dapat dilihat bahwa hasil perhitungan metode inversi linier LS tanpa noise dan menggunakan noise memiliki nilai parameter yang sama. Sehingga hasil inversi LS sangat bergantung terhadap tebakan awal. Apabila tebakan awal tidak terlalu dekat dengan parameter model sebenarnya maka inversi LS akan menghasilkan solusi inversi yang divergen atau menuju tak hingga atau tak definisi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan inversi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hasil inversi menggunakan metode *least-square* dapat mengikuti pola hasil data sintetik dengan baik dan hasil perhitungan metode inversi linier LS tanpa noise dan menggunakan noise memiliki nilai parameter yang sama. Dimana didapatkan nilai *error* rms nya adalah 0.0258. Sehingga semangkin kecil nilai *error* rms nya maka akan semangkin bagus hasil inversi yang diperoleh.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Aubert, J. (2013). Flow throughout the earth's core inverted from geomagnetic observations and numerical dynamo models. *Geophysical Journal International*. https://doi.org/10.1093/gji/ggs051.

[2] Grandis, H., Menvielle, M., & Roussignol, M. (2013). Thin-sheet inversion modeling of geomagnetic deep sounding data using MCMC algorithm. *International Journal of Geophysics*. https://doi.org/10.1155/2013/531473.

[3] Basuki, R., Ardi, N. D., & Iryanti, M. (2017). Analisis Sebaran Mineral Logam Pada Sedimentasi Batuan Di Daerah Kertajadi, Cidaun, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat Menggunakan Metoda Geomagnet. *Wahana Fisika*. https://doi.org/10.17509/wafi.v2i1.7019.

[4] Maharani, N. (2019). Pemodelan Inversi Data Magnetotellurik 1-D Menggunakan Metoda Genetic Algorithm (Ga) Dengan Populasi Micro Genetic Algorithm Kasus 3 Layer Dan 5 Layer. *Jurnal Santiaji Pendidikan (JSP)*.

[5] Umar, L., Gholami, A., & Hafizi, M. A. (2011). Perbandingan Inversi Least-Square dengan LevenbergMarquardt pada

Metode Geomagnet untuk Model Crustal Block. *Journal SKF*. https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2010.04877.x.

[6] Rusydi, M., Efendi, R., Hermanto, Y., Rugayya, S., Hendra, S., & Rasmita Ngemba, H. (2019). Interpretation Of Nickel Mineral Distribution Using Geomagnet Method. In *American Research Journal of Humanities Social Science (ARJHSS)R) 2019 ARJHSS Journal*.

[7] Koyama, T., Khan, A., & Kuvshinov, A. (2014). Three-dimensional electrical conductivity structure beneath Australia from inversion of geomagnetic observatory data: Evidence for lateral variations in transition-zone temperature, water content and melt. *Geophysical Journal International*. https://doi.org/10.1093/gji/ggt455.