IDENTIFIKASI *MAGMA CHAMBER* BERDASARKAN ANALISIS DATA MAGNETIK TOTAL DI GUNUNG ILI LEWOTOLO KABUPATEN LEMBATA, NUSA TENGGARA TIMUR BERDASARKAN DATA SURVEI TAHUN 2010

Dito Hadisurya, Bagus Sapto Mulyatno, Rustadi
Jl Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145
Jurusan Teknik Geofisika, FT UNILA

**e-mail*: dito.h17teknik@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian di daerah Gunung Ili Lewotolo menggunakan data magnetik dengan tujuan mengetahui batas persebaran magma berdasarkan analisis data Anomali Magnetik Total dan melakukan pemodelan magma berdasarkan data 3D Anomali Magnetik Total. Daerah penelitian memiliki nilai anomali magnetik sekitar -1000 nT sampai 1100 nT, dimana nilai anomali magnetik tinggi memiliki rentang nilai 400 nT sampai 1100 nT yang berada di arah utara dan selatan daerah penelitian. Sedangkan nilai anomali magnetik rendah memiliki rentang nilai -1000 nT sampai -400 nT yang berada di tengah daerah penelitian. Dari hasil pemodelan 3D anomali magnetik menunjukkan bahwa *magma chamber* berada hingga pada kedalaman 4000 meter dari permukaan laut. Dimana aktifitas *magma chamber* mengarah ke sebelah selatan badan Gunung api Ili Lewotolo, dengan orientasi Barat-Timur sejajar dengan arah subduksi lempeng. Erupsi gunung api Ili Lewotolo selanjutnya berkemungkinan ke arah selatan badan gunung, jika diketahui data yang lebih detail.

ABSTRACT

Research has been conducted in the area of Mount Ili Lewotolo using magnetic data with the aim of knowing the limits of magma distribution based on total magnetic anomaly data analysis and doing magma modeling based on 3D data of total magnetic anomaly. The research area has a magnetic anomaly value about -1000 nT to 1100 nT, where the value of high magnetic anomaly has a range of values of 400 nT to 1100 nT located in the north and south direction of the study area. While the value of low magnetic anomaly has a range of values -1000 nT to -400 nT located in the middle of the study area. From the results of 3D modeling magnetic anomaly shows that the magma chamber is up to a depth of 4000 meters from sea level. Where the activity of magma chamber leads to the southern body of Ili Lewotolo Volcano, with Orientation East-East parallel to the direction of plate subduction. The volcano eruption of Ili Lewotolo is further likely to the south of the mountain body, if more detailed data are known.

Keywords: 3D inversion model, magnetic, volcano Ili Lewotolo.

1. PENDAHULUAN

Gunung Ili Lewotolo merupakan gunungapi bertipe *stratovolcano* (gunungapi tipe A), yang terletak di P. Lomblen (sekarang disebut juga P. Lembata), sebelah timur P. Flores. Kegiatan Gunung Ili Lewotolo tercatat sejak 1660 dengan tipe erupsi, yakni letusan (*explosive*). Kemudian letusan terakhir terjadi pada 1920 dan diduga adanya struktur patahan dengan arah barat laut-tenggara. Letusan yang dianggap telah merusak daerah sekitarnya, yaitu letusan yang terjadi di kawah pusat pada Oktober 1852. Setelah letusan tersebut muncul kawah baru dan hembusan-hembusan solfatara di lereng kerucut kawah baru (Kristianto, 1995).

Metode geomagnetik merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk survei pendahuluan pada eksplorasi minyak bumi, panasbumi, batuan mineral, maupun untuk keperluan pemantauan *(monitoring)* gunung berapi. Survei dengan menggunakan metode ini dapat dilakukan baik di darat, di laut, maupun di udara aeromagnetik). Prinsip dasar dalam metode ini adalah mempelajari kondisi bawah permukaan bumi berdasar sifat kemagnetan batuan.

Pengamatan magnetik juga dilakukan untuk mengamati nilai intensitas magnetik di atas gunungapi, apabila magma mulai naik ke permukaan, maka nilai intensitas magnet di atas gunungapi akan rendah karena pengaruh panas magma. Magma yang naik keatas permukaan akan memiliki nilai susceptibilitas yang rendah. Hasil dari magnetik juga untuk memodelkan volume dari dapur magma.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Geologi Regional Daerah Penelitian

Secara administratif daerah penelitian terletak di Gunungapi Ili Lewotolo termasuk ke dalam kecamatan Ili Ape, Kabupaten Lembata, Provinsi Nusa Tenggara Timur. **Gambar 1.** Merupakan Peta Geologi regional daerah penelitian.

1. Stratigrafi

Menurut Hartmann (1935) menyimpulkan bahwa semua gunungapi aktif di P. Lomblen ditandai dengan adanya jalur patahan di puncak. Jalur gunungapinya berarah tenggara-baratdaya. Gunungapi Ili Lewotolo memiliki garis penampang yang indah dan teratur, tetapi dibeberapa tempat muncul ketidakteraturan diakibatkan oleh aliran lava yang berakhir pada sayap gunung. Lereng Gunungapi Ili Lewotolo terdiri dari abu gunungapi, breksi, pasir gunungapi, bom gunungapi, dan aliran lava, kecuali di lereng baratdaya relatif jarang.

Reksowirogo (1972) menulis bahwa Gunungapi Ili Lewotolo yang dibangun di atas batu gamping koral dan mempunyai titik ketinggian 1319 m dpl terletak di semenanjung utara P. Lomblen, Kabupaten Flores Timur. Di puncak gunungapi Ili Lewotolo terdapat sebuah kawah besar dengan ukuran 800 x 900 m, di bagian baratdaya terdapat kerucut dengan titik ketinggian 1319 m dpl. Di dekat kerucut baru tersebut terdapat kawah dengan hembusan solfatara yang hampir mengelilingi kerucut baru tersebut, terbanyak di lerang bagian barat sedangkan di bagian timurnya sedikit.

2. Petrologi

Lava lama adalah basalt olivin, andesit piroksin dan andesit piroksen amfibol hingga andesit trakit. Beberapa basalt olivin mengandung biotit. Lava muda adalah basalt olivin, basalt olivin hingga basalt trakit dan andesit piroksin hingga andesit trakit dengan sedikit amfibol (Brouwer, 1940). Menurut Santosa (1994) secara petrografis batuan G. Ili Lewotolo terbagi menjadi 3 jenis yaitu andesit, andesit basaltik dan basalt. Fenokris utama penyusunnya adalah plagioklas, piroksen, mineral opak ditambah dengan atau tanpa adanya olivin dan hornblenda yang tertanam dalam massa dasar berupa mikrolit-mokrolit plagioklas, gelas dan mikrogranular piroksen.

3. TEORI DASAR

3.1. Prinsip Dasar Metode Magnetik

Menurut Sheriff (1989) menyatakan bahwa gaya magnetik berbanding terbalik terhadap kuadrat jarak antara dua muatan magnetik, yang persamaannya mirip seperti hukum gaya gravitasi Newton. Dengan demikian, apabila dua buah kutub P_1 dan P_2 dari *monopol* magnetik yang terpisah pada jatak *r*, maka persamaan gaya magnetik dinyatakan seperti berikut,

$$\overrightarrow{F_m} = \frac{1}{\mu}\frac{P_1 P_2}{r^2}\vec{r}$$

dimana, $\overrightarrow{F_m}$ adalah gaya magnetik *monopol* pada P_1dan P_2, $\vec{r}$ adalah vektor satuan ber-arah dari P_1 ke P_2, P adalah muatan kutub 1 dan 2 monopol, μ adalah permeabilitas medium magnetik (untuk ruang hampa $\mu = 1$).

Newton juga mendefinisikan hubungan antara gaya dan percepatan. Hukum Newton II tentang gerak menyatakan gaya sebanding dengan perkalian massa benda dengan percepatan yang dialami benda tersebut.

$$g = \frac{F}{m} = G\frac{M.m}{m.r^2} = G\frac{M}{r^2}$$

dimana, g: Percepatan gaya tarik bumi, M: Massa bumi, m: Massa benda, F: Gaya berat, : Jari-jari bumi.

3.2. Medan Magnet Bumi

Medan magnet bumi terkarakterisasi oleh parameter fisis atau disebut juga elemen medan magnet bumi **Gambar 2.** yang dapat diukur, yaitu meliputi arah dan intensitas kemagnetannya. Parameter fisis tersebut meliputi:

a. *Deklinasi (D)*, yaitu sudut antara utara magnetik dengan komponen horizontal yang dihitung dari utara menuju timur.
b. *Inklinasi (I)*, yaitu sudut antara medan magnetik total dengan bidang horizontal yang dihitung dari bidang horizontal menuju bidang vertikal ke bawah.
c. *Intensitas Horizontal (H)*, yaitu besar dari medan magnetik total pada bidang horizontal.
d. *Medan magnetik total (B)*, yaitu besar dari vektor medan magnetik total.

3.3. Suseptibilitas

Suseptibilitas adalah derajat kemagnetan suatu bahan atau material dalam respon terhadap pengaruh medan magnet luar. Suseptibilitas magnet dilambangkan dengan simbol *k* yang dihasilkan dari hubungan:

$$k = \frac{I}{H}$$

dimana, *I* : intensitas magnet (A/m), *H* : kuat medan magnet bumi = 0,6 Gauss = 0,6 x 10^3A/m, *K* : suseptibilitas magnet.

3.4. Pengolahan Data Magnetik

1. Koreksi Metode Magnetik

Untuk memperoleh nilai anomali medan magnetik yang diinginkan, maka data magnetik yang telah diperoleh harus dikoreksi dari pengaruh medan magnet yang lain. Secara umum koreksi yang dilakukan dalam survei magnetik meliputi:

a. Koreksi Harian

Koreksi harian (*diurnal correction*) merupakan penyimpangan nilai medan magnetik bumi akibat adanya perbedaan waktu dan efek radiasi matahari dalam satu hari.

$$\Delta H = H_{total} \pm \Delta H_{harian}$$

b. Koreksi IGRF

Datahasilpengukuranmedan magnetik pada dasarnya adalah konstribusi dari tiga komponen dasar, yaitu medan magnetik utama bumi, medan magnetik luar dan medan anomali.

Koreksi IGRF dapat dilakukan dengan cara mengurangkan nilai IGRF terhadap nilai medan magnetik total yang telah terkoreksi harian pada setiap titik pengukuran pada posisi geografis yang sesuai. Persamaan koreksinya (setelah dikoreksi harian) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\Delta H = H_{total} \pm \Delta H_{harian} \pm H_0$$

dimana, H_0 = IGRF

c. Koreksi Topografi

Koreksi topografi dilakukan jika pengaruh topografi dalam survei megnetik sangat kuat. Salah satu metode untuk menentukan nilai koreksinya adalah dengan membangun suatu model topografi menggunakan pemodelan beberapa prisma segiempat. Ketika melakukan pemodelan, nilai suseptibilitas magnetik (*k*) batuan topografi harus diketahui, sehingga model topografi yang dibuat, menghasilkan nilai anomali medan magnetik (H_{top}) sesuai dengan fakta. Selanjutnya persamaan koreksinya (setelah dilakukan koreski harian dan IGRF) dapat dituliska sebagai:

$$\Delta H = H_{total} \pm \Delta H_{harian} - H_0 - \Delta H_{top}$$

2. Anomali Medan Magnetik

Anomali medan magnet bumi adalah perbedaan nilai medan magnet antara hasil pengamatan dengan medan magnet teoritis (IGRF).

$$\Delta T = T_{obs} - T_{IGRF} - T_{VH}$$

dimana, ΔT : anomali medan magnet total, T_{obs} : harga medan magnet terukur, T_{IGRF} : medan magnet utama bumi T_{VH} : medan magnet akibat variasi harian (koreksi diurnal).

3. Reduksi Ke Bidang Datar

Untuk mempermudah proses pengolahan dan interpretasi data magnetik, maka data anomali medan magnetik total yang masih tersebar di topografi harus direduksi atau dibawa ke bidang datar. Proses transformasi ini mutlak dilakukan, karena proses pengolahan data berikutnya mensyaratkan *input* anomali medan magnetik yang terdistribusi pada bidang datar. Beberapa teknik untuk mentransformasi data anomali medan magnetik ke bidang datar, antara lain : teknik sumber ekivalen (*equivalent source*), lapisan ekivalen (*equivalent layer*) dan pendekatan deret Taylor (*Taylor series approximaion*), dimana setiap teknik mempunyai kelebihan dan kekurangan (Blakely, 1995).

4. Reduksi Ke Kutub (*Reduced To Pole*)

Prosesyangdilakukanuntuk menghilangkan gangguan dalam objek magnetik (dwikutub) atau dikenal dengan gangguan kutub, yang akan di transformasikan menjadi (satu kutub). Reduksi ke kutub adalah salah satu filter pengolahan data magnetik untuk menghilangkan pengaruh sudut inklinasi magnetik. Filter tesebut diperlukan karena sifat *dipole* anomali magnetik menyulitkan interpretasi data lapangan yang umumnya masih berpola asimetrik.

4. METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Waktu Dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian Geomagnetik ini dilaksanakan selama 1 bulan tertanggal 01 Juli s/d 01 Agustus 2014 di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) Badan Geologi Jl. Diponegoro No.57, Bandung 40122.

4.2. Prosedur Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah : laptop, s*oftware word, software surfer 10*, *software MAG3D*.

4.3. Pengaksesan Data IGRF

IGRF singkatan dati *The International Geomagnetic Reference Field*. Merupakan medan acuan geomagnetik intenasional. Pada dasarnya nilai IGRF merupakan nilai kuat medan magnetik utama bumi (H_0). Nilai IGRF termasuk nilai yang ikut terukur pada saat kita melakukan pengukuran medan magnetik di permukaan bumi, yang merupakan komponen paling besar dalam survei geomagnetik, sehingga perlu dilakukan koreksi untuk menghilangkannya. Koreksi nilai IGRF terhadap data medan magnetik hasil pengukuran dilakukan karena nilai yang menjadi terget survei magnetik adalan anomali medan magnetik (ΔH_{r0}).

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Pengolahan Data Magnetik

Pada penelitian ini, data yang diukur terletak di Gunungapi Ili Lewotolo dengan ketinggian 1.319 m dpl, yang terletak di P. Lomblen (sekarang disebut juga P. Lembata), sebelah timur P. Flores.

Titik pengukuran pada penelitian ini berjumlah 141 titik yang tersebar pada titik amat pengukuran. **Gambar 3.** menunjukkan sebaran titik pengambilan data yang telah dikorelasikan dengan peta kontur topografi di daerah penelitian.

Anomali magnet total yang diperoleh kemudian diolah menggunakan *software Golden Surfer,* sehingga dapat terlihat sebaran anomali magnet pada **Gambar 4.**

Peta kontur anomali pada **Gambar 4.** menunjukkan *range* nilai yang terbentuk sekitar -1000 nT s.d. 1100 nT. Pada peta tersebut, terdapat *closure* anomali yang menarik di bagian tengah peta mengarah barat-timur.

Selanjutnya, dilakukan tahapan reduksi bidang datar dilakukan, karena bentuk topografi yang tidak rata, sehingga menyebabkan distorsi pada anomali medan magnet total. Distorsi terjadi karena bervariasinya jarak vertikal antara sumber anomali terhadap titik pengukuran, sehingga akan dihasilkan medan magnet yang berbeda. Ketinggian bidang datar tersebut ditentukan berdasarkan ketinggian rata-rata pada daerah penelitian. **Gambar 5.** menunjukkan bahwa setelah direduksi ke bidang datar maka peta sebaran anomali terlihat lebih *smooth* dan *closure* yang diduga sebagai *noise* telah menghilang. Pada reduksi bidang datar, data dibawa pada satu tinggian yang sama ketinggian ini berdasarkan ketinggian rata-rata pada daerah pengukuran. Nilai anomali yang dihasilkan tidak mengalami perubahan yang signifikan terhadap anomali magnet total. Pada data ini tidak dilakukan kontinuasi ke atas, karena data yang telah direduksi ke bidang datar menunjukkan hasil yang dirasa cukup untuk mengurangi *noise*.

5.2. Pemodelan Inversi 3D Data Magnetik

Inversi 3D magnetik juga dilakukan untuk memodelkan data anomali berdasarkan pengukuran di atas permukaan. Dengan komposisi suseptibilitas tertentu akan membentuk suatu model yang sesuai dengan anomali tersebut. Hasil dari inversi ini berupa kontras suseptibilitas yang memberikan respon sesuai dengan data yang diperoleh pada permukaan.

Gambar 6. menunjukkan kondisi model dipotong secara horizontal dari arah timur dan selatan. Terlihat adanya kontras suseptibilitas yang menunjukkan suatu anomali rendah. Hal ini dapat dilihat pada kontras suseptibilitas antara -0.0000233 s.d. -0.000117. Gambaran keberadaan anomali rendah ini akan ditunjukkan pada *cut-off* data di model, sehingga dapat terlihat bentuk dari anomali tersebut dan semakin memperkuat dugaan struktur pada model inversi 3D anomali magnetik ini. Berikut adalah hasil model *cut-off* pada kontras anomali rendah.

5.3. Analisis Dan Interpretasi

Target penelitian ini fokus pada identifikasi keberadaan magma *chamber* yang ditandai dengan nilai magnetik yang rendah, disebabkan suhu magma yang sangat tinggi, sehingga melemahkan sifat magnetik dari suatu batuan. berdasarkan hasil pengolahan data magnetik dan dilanjutkan dengan pemodelan inversi 3D, nilai anomali magnet rendah mengindikasi atau diindikasi sebagai magma *chamber* pada gunung api Ili Lewotolo ini seperti yang terlihat pada **Gambar 7.**

Berdasarkan data 3D menunjukkan bahwa aliran magma *chamber* bergerak pada area timur ke barat yang ditunjukkan dengan anomali magnetik yang bernilai 0 hingga -0.00035 pada kedalaman 1000 meter hingga 4000 meter.

6. Kesimpulan dan Saran

6.2. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pemodelan anomali magnetik menunjukkan bahwa *magma chamber* berada hingga pada kedalaman 4000 meter dari permukaan laut.
2. Aktifitas *magma chamber* mengarah ke sebelah selatan badan gunung api Ili Lewotolo, dengan orientasi Barat-Timur sejajar dengan arah subduksi lempeng.
3. Erupsi gunung api Ili Lewotolo selanjutnya berkemungkinan ke arah selatan badan gunung, jika diketahui data yang lebih detail.

6.3. Saran

Terdapat beberapa saran yang diberikan penulis untuk penelitian lebih lanjut pada daerah ini.

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terutama di bagian timur dari gunung api Ili Lewotolo.
2. Diperlukan data pendukung seperti data *gravity* dan *micro earthquake* untuk memonitoring pergerakan atau perubahan magma *chamber* dilokasi penelitian untuk tahun-tahun berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Blakely, R. J. 1995. *Potential Theory in Gravity & Magnetic Application*. Cambridge University Press.

Brouwer, 1940. *Magnetic Properties of Rocks and Minerals*, The American: Geophysical Union USA

Hartmann, M.A, 1935. *De Werkende Vulkanen van Heteliand Lomblen (Solor archipel)* Genoot.

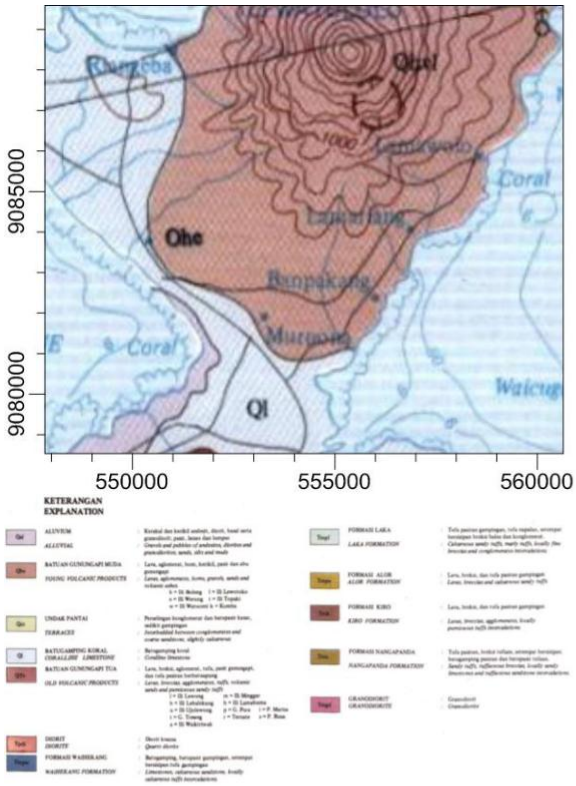
Kristianto, 1995. *Laporan Penyelidikan Seismik G. Ili Lewotolo, Nusa Tenggara Timur, Direktorat Vulkanologi.*

Reksowirogo, 1972, *Gunung Ili Lewotolo di P. Lomblen*, Direktorat Vulkanologi.

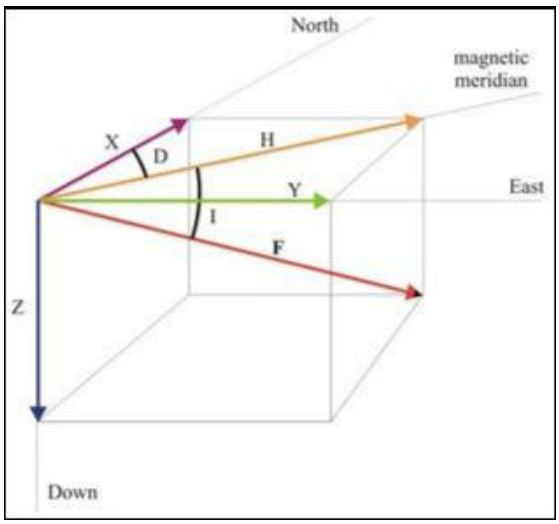
Santosa, I., dan Irianto, 1994, Laporan Penyelidikan Petrokimia Gunungapi Ili Lewotolo, Nusa Tenggara Timur, Direktorat Vulkanologi.

Sheriff, R.E, 1989, *Geophysical Methods,* University Of Houston, Englewood Cliffs, New Jersey.

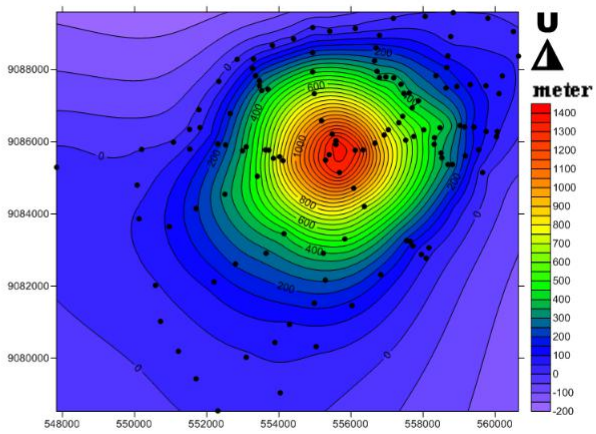
LAMPIRAN



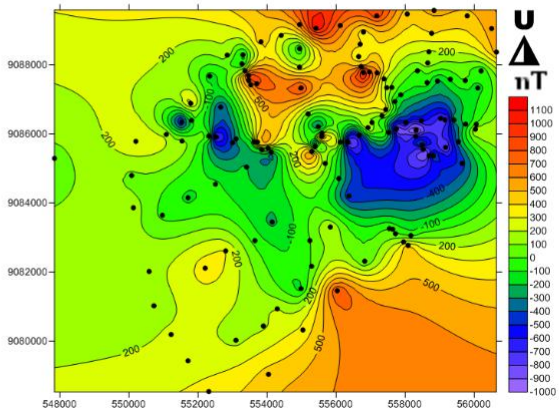
Gambar 1. Peta geologi regional daerah penelitian, lembar Lomblen Nusa Tenggara Timur (Santosa, 1994).



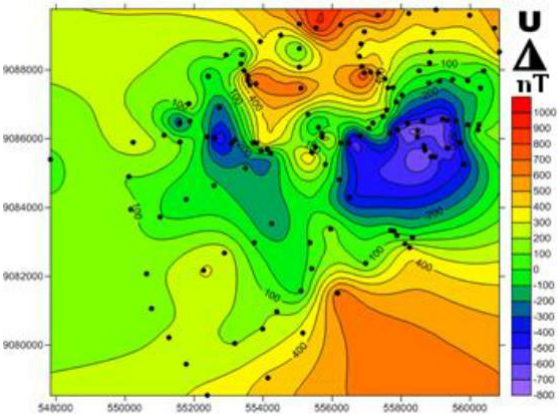
Gambar 2. Tiga Elemen medan magnet bumi



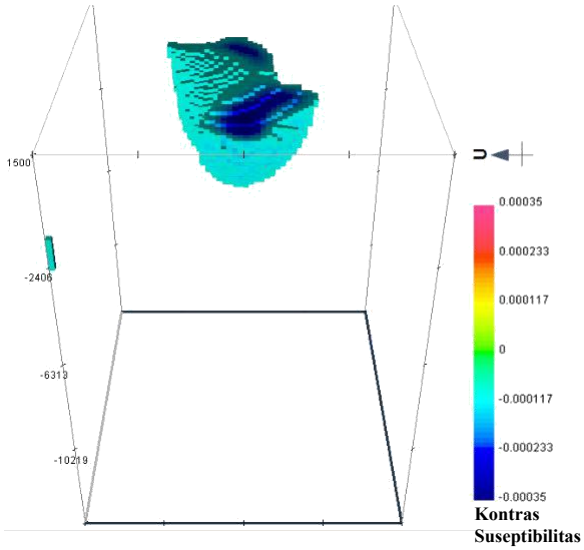
Gambar 3. Peta kontur topografi daerah penelitian



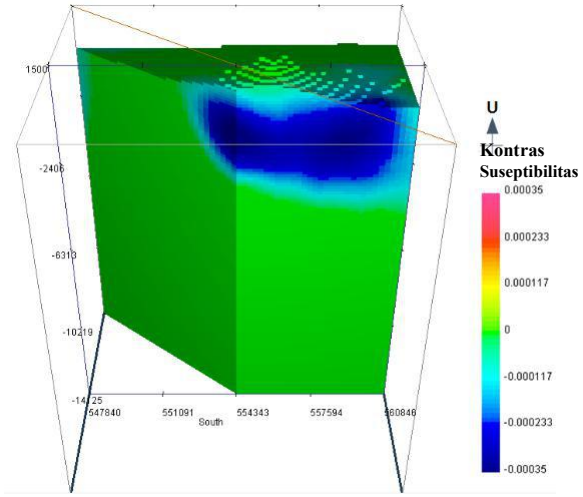
Gambar 4. Peta anomali magnet total



Gambar 5. Peta kontur anomali medan magnet di bidang datar



Gambar 6. *Cut-off* Anomali Magnetik Reduksi Bidang Datar Arah Barat



Gambar 7. *Cut-Plane* Anomali Magnetik Reduksi Bidang Datar *Slice* Selatan Diagonal NW-SE