

PEMODELAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DAERAH SESAR JIWO KLATEN DENGAN METODE MEDAN MAGNET TOTAL

Irfan Roismanto dan Tony Yulianto

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

E-mail: arifan.physic08@gmail.com

ABSTRACT

This study, using the method of total magnetic field in the area of Central Java Klaten, aims to interpret the subsurface structure of the fault zones surrounding Prambanan, Wedi, and Gantiwarno district that became the suspect of the aftershocks cause occurring on May 27, 2006. The total magnetic field measurements use GSM19T Series magnetometre with the accuracy of ± 0.5 nT which includes 158 points. From the interpretation result using the second vertical derivative analysis, it can be known that there are three fault areas which are categorised as normal faults. The first fault is found in the volcanic rocks composed by the layers of volcanic breccia, lava and tuff. It is characterised by a change in the susceptibility value from 0.3 to 0.2 cgs. The second section is in Kebo Butak rock formation comprising the layers of sandstone, clay, silt, and alglomerat. It is characterised by changes on the susceptibility values from 0.126 to 0.007cgs and from 0.33 to 0.126 cgs. The last fault is located in the Semilir formation consisting of tuff rocks, pumice breccias and tuffaceous sandstone marked by changes on the susceptibility values from 0.25 to 0.1 cgs and from 0.5 to 0.25 cgs.

Keywords: *jiwo fault, total magnetic field, klaten*

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian dengan metode medan magnet total di daerah Klaten Jawa Tengah yang bertujuan untuk menafsirkan struktur bawah permukaan zona sesar, meliputi kecamatan Prambanan, Gantiwarno dan Wedi yang di duga sebagai penyebab gempa susulan di Kabupaten Klaten yang terjadi pada 27 Mei 2006. Pengukuran medan magnet total dilakukam dengan menggunakan GSM19T Series Magnetometer dengan akurasi $\pm 0,5$ nT yang meliputi 158 titik. Hasil intepretasi menggunakan analisa second vertical derivative didapatkan adanya dugaan tiga sesar didaerah tersebut, ketiga sesar tersebut merupakan sesar normal. Untuk sesar yang pertama terdapat pada batuan gunung api yang terdiri dari lapisan breksi gunung api, lava dan tuf, hal ini ditandai dengan perubahan nilai suseptibilitas 0,3 menjadi 0,2cgs, sedangkan untuk sesar yang kedua terdapat pada formasi batuan kebo butak yang terdiri dari lapisan batuan pasir batuan lempung, batuan lanau dan alglomerat, yang ditandai dengan perubahan nilai suseptibilitas dari 0,126 menjadi 0.007cgs dan 0.33 menjadi 0.126cgs, dan untuk sesar yang ketiga terdapat pada formasi semilir yang terdiri dari batuan tuf, breksi batu apung dan batuan pasir tufan yang ditandai dengan adanya perubahan nilai suseptibilitas dari 0.25 menjadi 0.1cgs dan 0.5 menjaadi 0.25cgs.

Kata kunci : *sesar jiwo, medan magnet total, klaten*

PENDAHULUAN

Gempa bumi berkekuatan 5,9 skala richter yang terjadi pada hari Sabtu wage tanggal 27 Mei jam 05.55 WIB lalu, tidak hanya memakan korban jiwa di 21 Kecamatan wilayah Kabupaten Klaten. Bencana itu juga meluluhlantakan fasilitas pemerintah di Kecamatan. Gempa bumi tektonik tanggal 27

Mei 2006 di Klaten begitu dasyat karena Klaten merupakan daerah di Jawa Tengah yang mengalami kerusakan terparah dari 26 Kecamatan yang ada di Klaten hampir seluruhnya terguncang [3].

Menurut IAGI (Ikatan Ahli Geologi Indonesia) gempa yang terjadi pada tanggal 27 Mei 2006 disebabkan adanya gerakan blok

sesar yang dipicu oleh zona penunjaman lempeng tektonik di laut selatan Yogyakarta.

Dampak bencana yang besar ini terjadi di daerah Kretek, Bambang Lipuro, Jetis, Imogiri, Piyungan, Berbah, Kalasan, Prambanan, Kemudian merambat ke Sesar Jiwo sehingga daerah yang parah juga merambah ke daerah Kabupaten Klaten yaitu kecamatan Wedi, Prambanan, Gantiwarno, Bayat dan Cawas. Gempa tektonik akibat tumbukan lempeng tektonik Eurasia dan Indoaustralia yang terjadi 27 Mei 2006 juga mempengaruhi struktur sesar jiwo yang membentang dari laut selatan ke arah Bantul dan Klaten. Setelah peristiwa itu, sesar ini secara alamiah bergerak untuk mencari keseimbangan hingga ke posisi awal.

Selain itu berdasarkan peta geologi juga menggambarkan bahwa di daerah piyungan terdapat zona patahan atau sesar yaitu di sebelah selatan pegunungan mintorogo. Selain itu dari peta geologi juga dapat terlihat bahwa di daerah Jimbung Kecamatan Kalikotes terdapat zona patahan yang membentang ke arah Kecamatan Wedi [5].

DASAR TEORI

Kemudahan suatu benda magnetik untuk dimagnetisasi ditentukan oleh suseptibilitas kemagnetan k yang dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$\overline{M} = k \cdot \overline{H} \quad (1)$$

Potensial magnetostatik didefinisikan sebagai tenaga yang diperlukan untuk memindahkan satu satuan kutub magnet dari titik tak terhingga ke suatu titik tertentu dan dapat didefinisikan sebagai

$$A(r) = - \int_{\infty}^r \overline{H}(r) dr \quad (2)$$

Suatu bahan magnetik yang diletakkan dalam medan luar \overline{H} akan menghasilkan medan tersendiri \overline{H}' yang meningkatkan nilai total medan magnetik bahan tersebut. Induksi

magnetik yang didefinisikan sebagai medan total bahan.

Anomali medan magnet dihasilkan oleh benda magnetik yang telah terinduksi oleh medan magnet utama bumi, sehingga benda tersebut memiliki medan magnet sendiri dan ikut mempengaruhi besarnya medan magnet total hasil pengukuran. Variasi medan magnetik yang terukur di permukaan merupakan target dari survei magnetik (anomali magnetik). Besarnya anomali magnetik berkisar ratusan sampai dengan ribuan nano-tesla, tetapi ada juga yang lebih besar dari 100 pT yang berupa endapan magnetik. Secara garis besar anomali ini disebabkan oleh medan magnetik remanen dan medan magnet induksi. Bila arah medan magnet remanen sama dengan arah medan magnet induksi maka anomalnya bertambah besar, demikian juga sebaliknya. Medan magnet remanen mempunyai peranan yang besar pada magnetisasi batuan yaitu pada besar dan arah medan magnetnya serta sangat rumit diamati karena berkaitan dengan peristiwa kemagnetan yang dialami sebelumnya. Sisa kemagnetan ini disebut dengan *Normal Residual Magnetism* yang merupakan akibat magnetisasi medan utama. Dalam survei magnetik, efek medan remanen akan diabaikan apabila anomali medan magnet kurang dari 25% medan magnet utama bumi. Adanya anomali magnetik menyebabkan perubahan medan magnet total bumi [6].

METODE PENELITIAN

Metode magnetik adalah salah satu metode yang digunakan untuk menggambarkan bentuk struktur geologi bawah permukaan berdasarkan pada pengukuran variasi intensitas magnetik di permukaan bumi yang disebabkan adanya variasi distribusi (anomali) benda termagnetisasi di atas permukaan bumi. Variasi intensitas medan magnet tersebut muncul akibat variasi sifat kemagnetan bahan – bahan penyusunnya, terutama bahan yang

terletak di dekat permukaan. Selain itu dengan mengetahui struktur bawah permukaan kita juga dapat mengetahui keberadaan atau letak [4]. Hal ini dapat diketahui dari perbedaan nilai anomali magnetik yang cukup besar, perbedaan anomali yang cukup besar mengidentifikasi adanya sesar [1]. Selain perbedaan anomali magnetik, melalui metode ini juga dapat diketahui nilai suseptibilitas, dari nilai pengulangan kontras harga suseptibilitas disebabkan oleh perubahan sifat fisika yang terjadi akibat adanya proses pensesaran, saat pensesaran material – material penyusun daerah tersebut mengalami tiga kemungkinan proses yaitu proses yang berhubungan dengan termal, kimia dan mekanik (termo-kemo-mekanik). Akibat proses ini, pada zona tertentu material-materialnya akan mengalami perubahan sifat fisika yang secara langsung atau tidak langsung akan menyebabkan perubahan harga suseptibilitas magnetik.

Menurut Elkins (1995) hasil anomali yang menunjukkan nilai suseptibilitas, pendekatan melalui *second vertical derivative* juga dapat untuk mengetahui keberadaan sesar.

Elkins (1995) menyatakan bahwa hasil anomali dari proses *Second Vertical Derivative* (SVD) yang nilainya 0 merupakan daerah sesar, sehingga dengan pemodelan dari hasil *second vertical derivative* dapat digunakan untuk mengetahui keberadaan sesar.

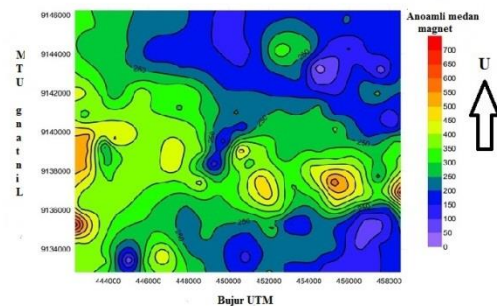
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil data anomali magnetik di dapatkan sebuah kontur anomali magnetic total yang di tunjukan pada gambar. 1, pada gambar terlihat adanya kerapatan kontur dan pasangan kutub yang mengindikasikan sebagi zona sesar.

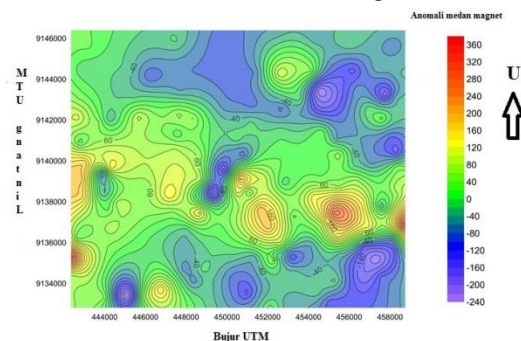
Dari gambar.1 merupakan gambar anomali medan magnet total, untuk memudahkan intepretasi dilakukan reduksi ke kutub(gambar.3), kontinuitas ke atas (gambar.2) dan filter *second vertical*

derivative(gambar.4), selain untuk memudahkan intepretasi proses pengfilteran ini juga bertujuan untuk memudahkan lokasi pembuatan sayatan, dari hasil reduksi ke kutub terdapat adanya 4 pengkutuban.

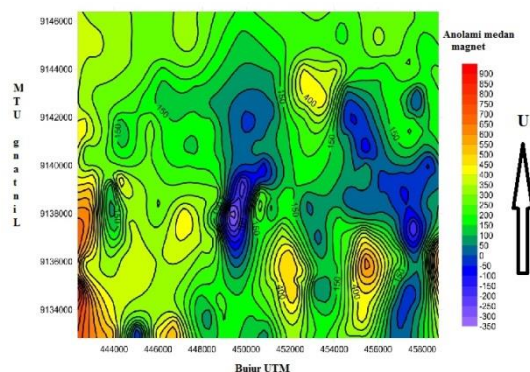
Hasil ini dijadikan pertimbangan dalam pembuatan sayatan untuk pemodelan pada peta anomali hasil kontinuitas ke atas, sedangkan untuk pendukung penentuan lokasi sayatan untuk model, dapat kita lihat peta hasil SVD, dimana Elkins mengatakan untuk nilai anomali yang bernilai 0 dapat di indikasikan sebagai zona sesar.



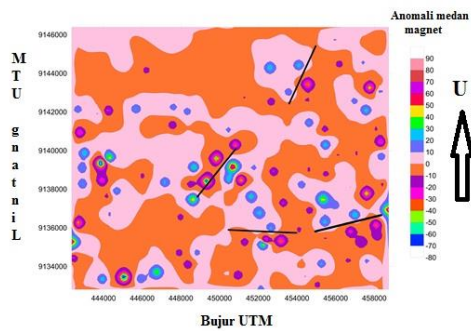
Gambar.1 anomali medan magnet total



Gambar. 2 hasil kontinuitas ke atas



Gambar. 3 hasil reduksi ke kutub

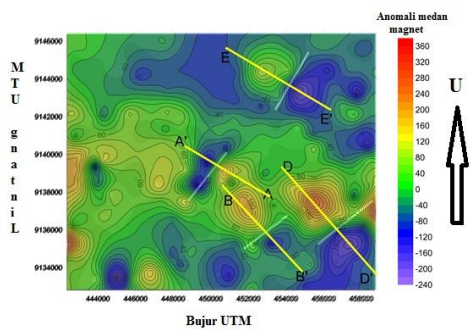


Gambar. 4 anomali hasil SVD

Keterangan :

_____ : Daerah yang diindikasikan sebagai zona sesar dengan analisa hasil SVD.

Dari hasil diatas dibuat empat sayatan untuk yang nantinya sebagai pemodelan yaitu $A - A^1$, $B - B^1$, $D - D^1$, $E - E^1$.



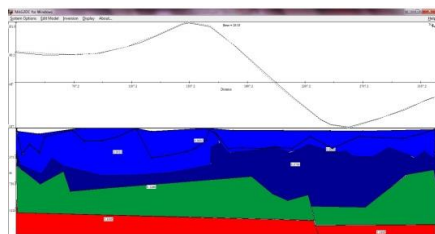
Gambar. 5 Pembuatan sayatan

Keterangan :

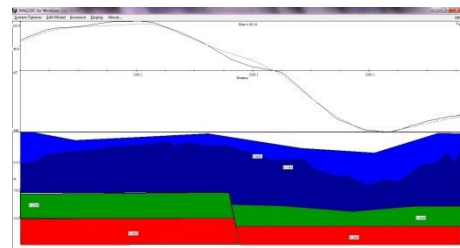
Garis warna kuning : arah sayatan

Garis warna putih : arah jalur sesar dari hasil analisa SVD

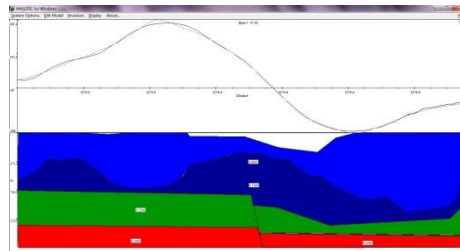
Dari hasil sayatan diatas di dapatkan empat model yang menunjukkan adanya patahan



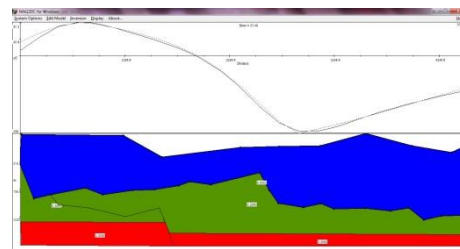
Gambar. 6 Pemodelan sayatan $A - A^1$



Gambar. 7 Pemodelan sayatan $B - B^1$



Gambar. 8 Pemodelan sayatan , $D - D^1$



Gambar. 9 Pemodelan sayatan , $E - E^1$

Pemodelan sayatan pertama, disesuaikan dengan informasi geologi dimana terdapat 5 lapisan batuan yang terdiri dari perselingan batuan pasir dan lempung, lapisan tipis tuf asam, batuan pasir lanau, batu lempung dan serpih tuf dengan algomerat lapisan batuan ini sesuai dengan formasi Kebo-Butak. dalam formasi batuan ini terdapat dua lapisan bagian yaitu lapisan atas dan bawah, lapisan atas terdiri dari dua batuan yaitu perselingan batu pasir dan batu lempung yang mempunyai nilai suseptibilitas 0,0002cgs sedangkan yang terdapat hingga kedalaman sekitar seratus meter , pada lapisan batuan ini belum tampak adanya patahan.

Untuk batuan yang kedua adalah lapisan tipis tuf asam lapisan ini terdapat hingga kedalam 375 meter dan mempunyai harga suseptibilitas 0.001cgs, lapisan ini merupakan lapisan bagian atas dari formasi

batuan Kebo Butak dan dilapisan ini juga blum tampak adanya patahan atau sesar.

Lapisan batuan yang ketiga adalah batuan pasir lanau lapisan ini terdapat pada kedalaman 375 -500 meter, lapisan ini merupakan lapisan bagian bawah dari formasi batuan Kebo Butak lapisan batuan ini mempunyai nilai suseptibilitas 0.07cgs dari batuan ini juga tidak tampak adanya patahan atau sesar.

Kemudian lapisan batuan berikutnya adalah batuan lempung lapisan ini terdapat pada kedalaman 500- 1000 meter, lapisan batuan ini mempunyai nilai suseptibilitas 0.126cgs, pada lapisan ini terlihat adanya patahan yang merupakan sesar turun. Batuan yang terakhir adalah batuan algomerat batuan ini terdapat pada kedalaman 1000-1500 meter pada batuan ini juga terlihat adanya patahan.

Pemodelan sayatan $B - B^1$ yang terletak pada formasi batuan semilir terlihat adanya 4 lapisan batuan yang mempunyai nilai suseptibilitas berbeda yaitu 0.0001 cgs yang merupakan batuan tuf, batuan ini terletak hingga kedalaman 500 meter, sedangkan batuan yang kedua adalah batuan breksi batuapung dasitan yang terletak pada kedalaman 500-800 meter, batuan ini mempunyai nilai suseptibilitas 0,1 cgs. Kemudian batuan yang ketiga adalah batu pasir tufan batuan ini terletak pada kedalaman 800- 1200 meter, batuan ini mempunyai nilai suseptibilitas 0,25 cgs, pada batuan ini terlihat adanya patahan yang merupakan sesar turun.

Batuan yang terakhir adalah serpih, batuan ini terletak pada kedalaman 1200-1500 meter, batuan ini memiliki nilai suseptibilitas 0.5 cgs, batuan ini hanya terlihat sedikit Karen pengaruh batuan diatasnya yang patah dan mengalami penurunan. Pemodelan sayatan $D - D^1$, menunjukkan nilai suseptibilitas dan lapisan batuan yang sama dengan sayatan $B - B^1$ yaitu pada formasi batuan Semilir, selain itu pada hasil pemodelan ini juga menunjukkan adanya patahan yang merupakan sesar turun, hal ini memperkuat dari hasil

sayatan $B - B^1$, karena kedua sayatan ini terletak pada formasi batuan yang sama dalam peta geologi yaitu formasi batuan semilir, berikut dibawa ini pemodelan hasil dari sayatan $D - D^1$.

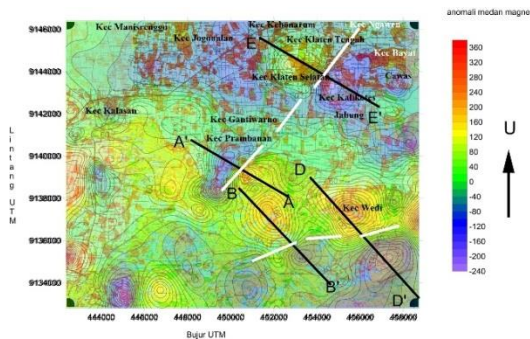
Dari gambar diatas telah terlihat kesamaan antara hasil pemodelan dari sayatan $B - B^1$ dan sayatan $D - D^1$. Nilai dari suseptibilitas dari batuan hasil sayatan $D - D^1$ identik dan sama dengan hasil sayatan $B - B^1$, hal ini dikarenakan masih dalam satu formasi batuan. Namun untuk kedalaman letak sesar tidak sama dengan hasil sayatan $B - B^1$, hal ini dikarenakan ketebalan suatu batuan di setiap daerah mempunyai nilai yang berbeda.

Dari hasil sayatan $D - D^1$ sesar yang terlihat merupakan sesar turun, sama hal nya dengan sesar yang terdapat pada sayatan $B - B^1$, hal ini mengindikasikan bahwa kedua sesar merupakan satu sesar yang membentang dari arah barat ke timur.

Pemodelan terakhir adalah pemodelan hasil dari sayatan $E - E^1$, sayatan ini terletak pada batuan gunung api merapi (merapi volcano rock), lapisan yang pertama adalah lapisan batuan breksi gunung api, lapisan ini mencapai kedalaman 800m dan mempunyai nilai suseptibilitas 0,0003 cgs, sedangkan lapisan yang kedua merupakan batuan lava yang terletak pada kedalaman 800- 1200 meter dan mempunyai nilai suseptibilitas 0,2 cgs pada batuan ini belum terlihat adanya patahan yang . Sedangkan untuk batuan yang paling dalam yang berwarna merah adalah batuan tuf yang terletak pada kedalaman dibawah 1200 meter, batuan ini mempunyai nilai suseptibilitas 0,3 cgs, pada lapisan batuan ini terlihat adanya patahan yang merupakan sesar turun.

Berdasarkan profil anomali, peta anomali magnet serta pemodelan dari peta anomali residual dan peta anomali SVD, di daerah Klaten diperkirakan terdapat dua

patahan batuan atau sesar dimana keduanya merupakan sesar turun yang ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 arah jalur sesar berdasarkan hasil pemodelan Mag2DC

Keterangan :

Garis warna putih : Jalur sesar

Garis warna hitam : Sayatan

Dari Gambar 4.14 ada dua warna garis yaitu garis warna merah dan warna hitam, garis warna merah merupakan arah sayatan pada pemodelan Mag2DC sedangkan garis warna hitam merupakan garis patahan atau sesar, dari garis warna merah ini sesar terdapat dua buah sesar, sesar yang pertama menjalar arah barat- timur yang melalui daerah Desa Terbah (Kecamatan Patuk , Kabupaten Gunung Kidul), Desa Hargomulyo(Kecamatan Hargomulyo),Desa Gedangsari (Kecamatan Gedangsari) dan Kecamatan Watugajah, sedangkan sesar yang kedua menjalar dari arah barat daya kearah timur laut sesar ini merupakan sesar turun yang melewati daerah Kecamatan Gantiwarno sampai Kecamatan Klaten Selatan dan sesar kedua inilah yang menyebabkan kerusakan di Kabupaten Klaten pada gempa Yogyakarta 2006.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemodelan dapat diperoleh kesimpulan:

1. Terdapat perubahan nilai suseptibilitas pada sayatan $A - A^1$ yaitu dari 0.126 cgs menjadi 0.07cgs dan 0.33cgs menjadi 0.126 yang menggambarkan adanya zona

sesar yang terletak di Kecamatan Prambanan, Gantiwarno dan sekitarnya .

2. Terdapat perubahan nilai suseptibilitas pada sayatan $B - B^1$ yaitu dari 0.25cgs menjadi 0.1cgs dan 0.5cgs menjadi 0.25cgs yang menggambarkan adanya zona sesar yang terletak di Kecamatan Kalikotes, Klaten Selatan, Klaten Tengah dan sekitarnya.
3. Terdapat perubahan nilai suseptibilitas pada sayatan $D - D^1$ yaitu dari 0.25cgs menjadi 0.1cgs dan 0.5cgs menjadi 0.25cgs yang menggambarkan adanya zona sesar yang terletak didaerah Kecamatan Wedi.
4. Terdapat perubahan nilai suseptibilitas pada sayatan $E - E^1$ yaitu dari 0.3cgs menjadi 0.2cgs yang menggambarkan adanya zona sesar yang terletak didaerah perbatasan Kabupaten Klaten dan Gunung Kidul

DAFTAR PUSTAKA

- [1].Broto . Sudaryo, 2011 , Aplikasi Metode Geomagnet Dalam Eksplorasi Panas Bumi, Laboratorium Teknik Geologi Universitas Diponegoro.
- [2].Elkins, T. A., 1950. *The Second Derivative Method of Gravity Intepretation*: Presented at te Annual Meeting of Society of Exploration Geophysicsts at Chicago April 26. 1950.
- [3].Harjono, I, 2006, Hierarki Gempa Bumi dan Tsunami (Aceh, Nias, Bantul, Pangandaran, dan Selat Sunda), Jurnal, Fakultas Geografi, Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- [4].Sumintadirejo, P., 2005, *Vulkanologi dan geothermal*. Diktat kuliah vulkanologi dan geothermal, Penerbit ITB, 153hal.
- [5].Surono, 1992, *Peta Geologi Lembar Surakarta- Gorontontro* ; Pusat Pengembangan dan Penelitian Geologi.
- [6]. Telford, M.W., Geldart L.P., Sheriff R.E., Keys D.A., 1990, *Applied Geophysics*, USA, Cambridge University Press.