

Noise Elimination Technique in Magnetotelluric Data Using Digital Filter and Time Series Data Selection

Mohamad Lutfi Ismail¹, Dzil Mulki Heditama^{2,3}, Ratna Dewi^{1,3}, Yunus Daud^{1,2} and Wambra Aswo Nuqramadha⁴

¹ Geothermal Laboratory, Department of Physics, The University of Indonesia

² Master Program in Geothermal Exploration, Graduate Program of Physical Science, The University of Indonesia

³ Center for Geological Resources, Geological Agency, Indonesia

⁴ PT. NewQuest Geotechnology, Indonesia

ismail.mlutfi@gmail.com

Keywords: Digital filter; magnetotelluric (MT); powerline noise; spike noise; time series selection.

ABSTRACT

Magnetotelluric method is an effective technique to describe the distribution of rock resistivity below the earth's surface. However, this method is very sensitive to noise which is arising from mechanical activity such as vibration and electrical activity such as powerline current. Digital noise filter consisting of median filter and notch filter is used to eliminate those noises, while the selection of time series data is used to eliminate discrete noise which cannot be overcome by the median filter. The result of data processing is shown in form of frequency spectrum, apparent resistivity and phase curves, and inversion model. Based on these results, we conclude that these techniques can improve data quality and reduce the risk of drilling failures.

PENDAHULUAN

Metode magnetotellurik (MT) dikenal sebagai salah satu metode geofisika yang sering digunakan untuk eksplorasi sistem panas bumi, mineral, migas, dan pemetaan regional. Keunggulan dalam hal proses pengukuran yang relatif praktis, ramah lingkungan, dan dapat menggambarkan struktur batuan bawah permukaan dengan kedalaman yang cukup dalam menjadi alasan metode ini sering diunggulkan dibandingkan metode lainnya. Namun, MT sebagai metode yang memanfaatkan variasi medan elektromagnetik natural sebagai sumber energinya sangat rentan terkontaminasi *noise* dimana *noise* ini dapat mengkontaminasi baik pada komponen medan magnetik maupun medan listriknya.

Pengaruh *noise* pada data MT dapat mengakibatkan kesalahan proses pengolahan data, pemodelan dan interpretasi data, bahkan kegagalan pemboran.

Untuk mencegah pengaruh *noise* yang mengkontaminasi data, maka perlu dilakukan upaya untuk meminimalisir pengaruh *noise* tersebut terhadap data MT. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah melakukan identifikasi terhadap jenis *noise* dan filterisasi *noise* tersebut pada saat melakukan pengolahan data *time series* dan *frequency series*.

Teknik filterisasi data MT yang dapat meningkatkan kualitas data dapat menjadi modal awal untuk mengembangkan metode MT ke depan karena sasaran atau target yang dieksplorasi dengan menggunakan metode ini terkadang berada pada zona yang terdapat banyak aktivitas natural maupun *artificial* yang dapat memicu *noise* pada data MT, dimana *noise* ini dapat mengkontaminasi data yang terukur pada setiap komponen sensor yang digunakan.

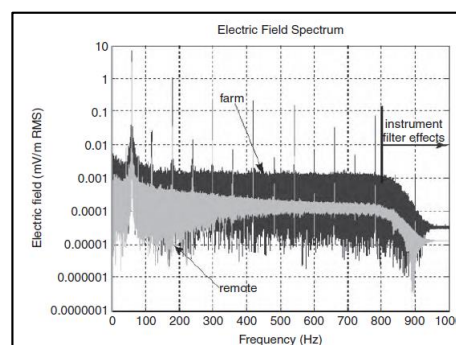
Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan harapan hasil yang diperoleh dapat menjadi solusi atas permasalahan ini maupun menambahkan acuan dalam melakukan eksplorasi menggunakan metode MT dan penelitian sejenis di masa mendatang.

STUDI LITERATUR

Pengaruh *noise* terhadap data MT sangatlah bervariasi. Szarka pada tahun 1988 membuat *review* mengenai berbagai jenis *noise* elektromagnetik dan pengaruhnya yang sumber merupakan peralatan buatan manusia (*artificial*) (Szarka, 1988). Selain itu, pada tahun 2012 Chave dan Jones membuat *review* sejenis mengenai *noise* elektromagnetik baik yang berasal dari sumber *artificial* maupun natural (Chave & Jones, 2012).

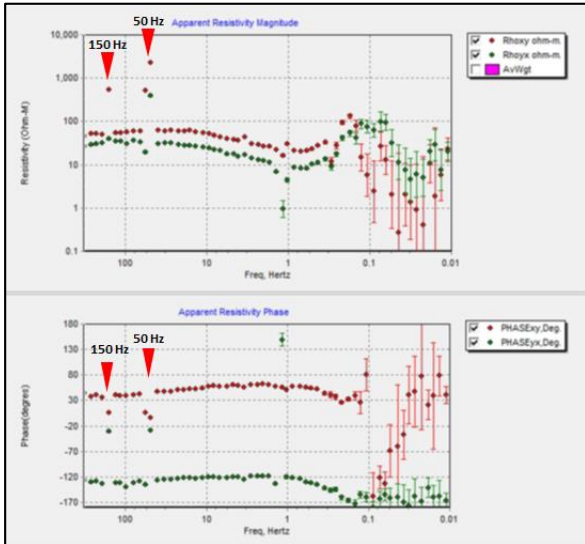
Secara spesifik *noise* yang dikaji dalam penelitian ini terdiri dari *spike noise* dan *powerline noise* dimana proses filterisasi *spike noise* dilakukan dengan menggunakan *median filter* atau seleksi data *time series*, sedangkan *powerline noise* difilterisasi menggunakan *notch filter* yang dibuat dengan bahasa pemrograman matlab. *Spike noise* yang belum bisa teratasi dengan menggunakan *median filter* difilterisasi dengan seleksi data *time series*.

Aliran listrik AC (*powerline*) dapat menghasilkan *noise* periodik berupa perubahan amplitudo pada data *time series* dengan frekuensi 50 atau 60 Hz (Gambar 1). Gangguan ini dapat mempengaruhi data meskipun pengukuran dilakukan hingga mencapai jarak ratusan meter dari aliran *powerline*. Beban non linear, seperti penggunaan televisi, mesin pabrik, dan peralatan elektronik lainnya, dapat memunculkan anomali pada frekuensi kelipatan bilangan ganjil atau genap dari frekuensi dasar aliran listrik AC *powerline*.



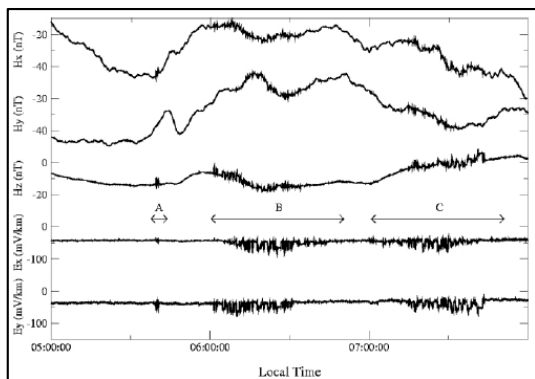
Gambar 1. Powerline Noise dan Harmonisanya pada Titik Pengukuran Dekat Aliran Powerline dan Titik Pengukuran pada Area Remote (Chave & Jones, 2012)

Gangguan semacam ini juga dapat dihasilkan oleh sistem elektrik dan *traction motor* yang berfungsi untuk menggerakkan kendaraan, *noise* elektromagnetik yang ditimbulkan oleh kereta listrik misalnya, relatif lebih sulit diminimalisir dibandingkan dengan *powerline noise* yang ditimbulkan oleh jaringan aliran listrik AC rumah karena pergerakan kereta juga dapat menghasilkan vibrasi yang dapat merambat pada tanah dan arus listrik yang muncul akibat pergerakan kereta relatif dekat dengan permukaan tanah sehingga dapat berpotensi terinduksi kedalam tanah (Simpson and Bahr, 2005).



Gambar 2. Kurva Resistivitas Semu dan Fase yang Diolah dari Data MT yang Terkontaminasi *Powerline Noise*

Pengaruh *powerline noise* juga dapat diidentifikasi pada kurva resistivitas semu dan fase (Gambar 2) dengan munculnya anomali amplitudo resistivitas dan fase pada frekuensi yang mendekati 50 Hz dan kelipatan bilangan ganjil atau genapnya. Anomali pada fase umumnya terlihat dengan adanya amplitudo yang mendekati nilai nol. *Powerline noise* ini umumnya dapat dihilangkan dengan menggunakan *notch filter* (Fontes et al., 1988).

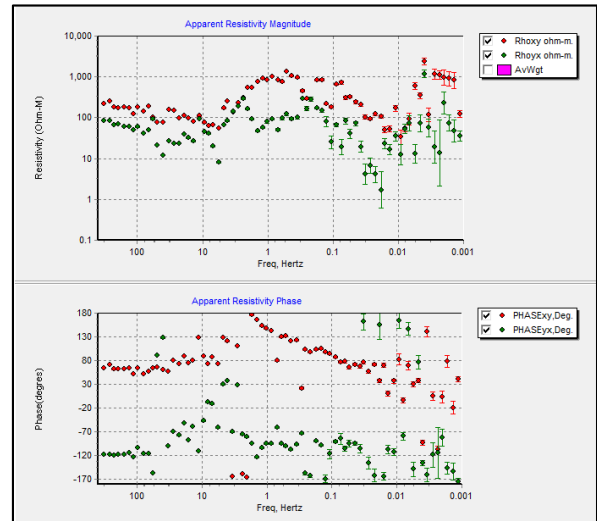


Gambar 3. *Spike Noise* pada Data MT *Time Series* (P'adua et.al, 2002)

Vibrasi yang merambat melalui tanah akibat pergerakan kendaraan dapat menghasilkan *spike noise* (Gambar 3) yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran medan magnet dan medan listrik. Vibrasi ini dapat menggetarkan koil sensor medan magnet sehingga dapat berpotensi merubah *flux* magnetik yang melewati koil. Perubahan posisi koil magnetik sekitar 0.002° menyebabkan perubahan medan magnet sebesar 1 nT dan 1 meter kabel elektrik yang

bervibrasi 1 Hz dengan amplitudo 1 mm dapat menyebabkan perubahan amplitudo medan listrik sebesar 0.5 μ V. Gangguan semacam ini juga dapat terjadi akibat adanya aktivitas alam seperti angin yang menggerakkan batang pohon yang kemudian menimbulkan vibrasi pada akarnya di dalam tanah atau aktivitas badai petir didekat titik pengukuran yang menimbulkan loncatan arus listrik tinggi dan terjadi secara singkat (Manoj, 2003).

Pada kurva resistivitas semu dan fase *spike noise* dapat mengakibatkan perubahan amplitudo di semua rentang frekuensi (Gambar 4) karena *spike noise* tidak bersifat periodik pada satu frekuensi tertentu.

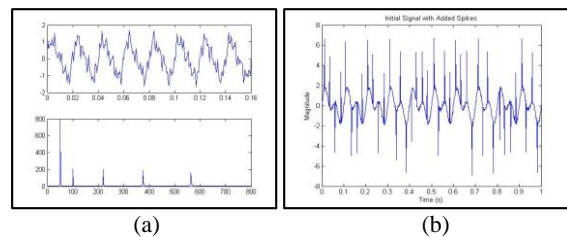


Gambar 4. Kurva Resistivitas Semu dan Fase yang Diolah dari Data MT yang Terkontaminasi *Spike Noise*

Noise semacam ini umumnya dapat dieliminasi dengan menggunakan teknik *window deconvolution*, *maximum entropy*, atau *median filter*.

IDENTIFIKASI NOISE DAN HASIL FILTERISASI

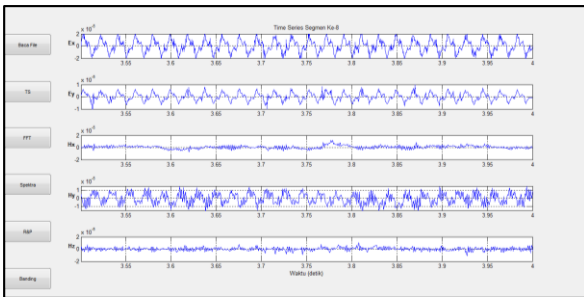
Sebelum melakukan proses filterisasi, identifikasi *noise* pada data *time series* dan *frequency series* perlu dilakukan untuk menghindari degradasi kualitas data akibat proses filterisasi yang tidak tepat sasaran, karena data MT sangat sensitif terhadap proses komputasi. Untuk memudahkan proses identifikasi *noise* pada data *time series* yang diukur lapangan, maka dibuat dua data sintetik untuk mengetahui karakteristik data (Gambar 5) yang masing-masing terkontaminasi *powerline noise* dan *spike noise*.



Gambar 5. Visualisasi Data Sintetik A yang Terkontaminasi *Powerline Noise* (a) dan Data Sintetik B yang Terkontaminasi *Spike Noise* (b)

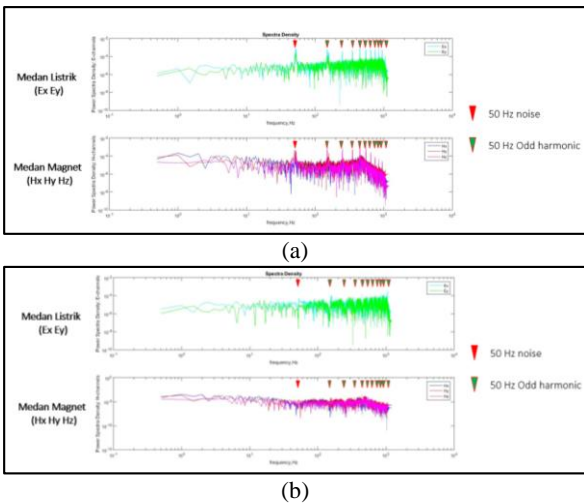
Hasil visualisasi *time series* dari data lapangan yang terkontaminasi *powerline noise* (Gambar 6) menunjukkan bentuk data *time series* yang relatif sama dengan data sintetik A yang terkontaminasi *powerline noise*. Hal ini

menunjukkan bahwa *powerline noise* dapat diidentifikasi dengan inspeksi visual data *time series*. Namun, tidak semua *noise* yang bersifat periodik dapat diidentifikasi dengan menggunakan inspeksi visual data *time series*. Karena amplitudo dari gelombang *noise* juga turut berpengaruh pada bentuk data *time series* yang terukur.



Gambar 6. Visualisasi *Time Series* dari Data Lapangan yang Terkontaminasi *Powerline Noise*

Selain menggunakan inspeksi visual data *time series*, identifikasi *powerline noise* dapat dilakukan dengan menggunakan analisis spektrum frekuensi (Gambar 7) karena *noise* yang paling mudah diidentifikasi pada spektrum frekuensi adalah *noise* yang bersifat periodik, termasuk *powerline noise*.



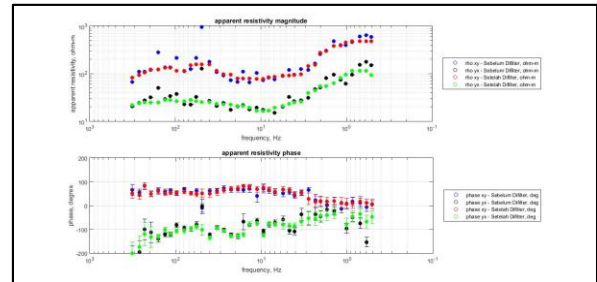
Gambar 7. Spektrum Frekuensi Data Lapangan yang Terkontaminasi *Powerline Noise* dan Harmonisanya (a) dan Hasil Filterisasinya (b)

Hasil transformasi *fourier* data lapangan menunjukkan adanya anomali amplitudo tinggi pada frekuensi 50 Hz dan kelipatan bilangan ganjilnya (Gambar 7) sehingga diindikasikan bahwa data lapangan diambil dalam jarak yang relatif dekat dengan pemukiman yang memiliki jaringan listrik AC berfrekuensi 50 Hz dimana anomali pada frekuensi kelipatannya berasal dari penggunaan peralatan elektronik rumahan.

Spektrum frekuensi hasil filterisasi *powerline noise* menggunakan *notch filter* (Gambar 7) menunjukkan bahwa anomali amplitudo itu berhasil dieliminasi dengan menggunakan *notch filter*. Untuk mendapatkan gambaran lebih lanjut mengenai hasil filterisasi menggunakan *notch filter*, data hasil filterisasi kemudian diolah hingga diperoleh kurva resistivitas semu dan fase sebelum dan sesudah difilterisasi.

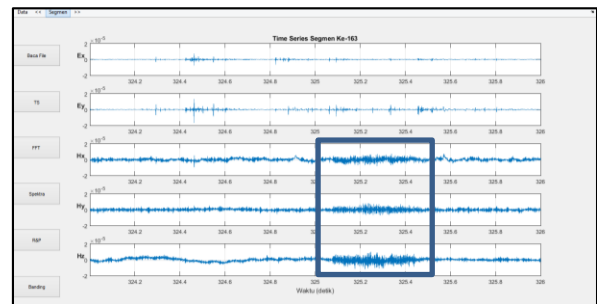
Kurva *Transverse Electric* (TE) dan *Transverse Magnetic* (TM) dari data yang belum difilterisasi (Gambar 8)

menunjukkan anomali resistivitas tinggi pada frekuensi 50 dan 150 Hz. Setelah dilakukan filterisasi didapatkan kurva TE dan TM yang lebih baik. Hal ini menandakan bahwa *notch filter* dapat memperbaiki data *time series* yang berimplikasi dengan semakin baiknya kualitas data resistivitas semu dan fase baik pada mode TE maupun TM, khususnya pada frekuensi 50 Hz dan kelipatan ganjilnya.

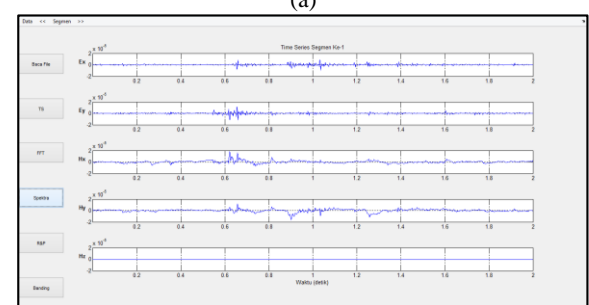
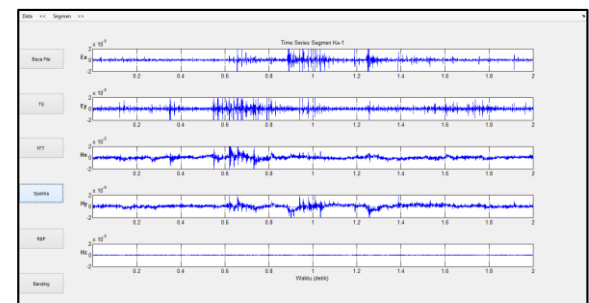


Gambar 8. Kurva Resistivitas Semu dan Fase dari TE (biru) dan TM (hitam) Sebelum Difilterisasi serta TE (merah) dan TM (hijau) Setelah Difilterisasi menggunakan *Notch Filter*

Sama seperti *powerline noise*, keberadaan *spike noise* pada data MT dapat diidentifikasi dari inspeksi data *time series* (Gambar 9). Namun, *noise* ini umumnya lebih sulit dideteksi dan diidentifikasi dengan menggunakan analisis spektrum frekuensi karena *noise* ini tidak bersifat periodik seperti *powerline noise*.



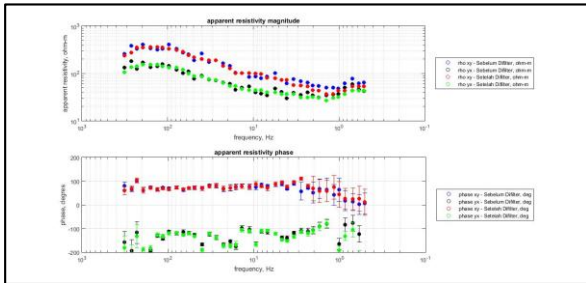
Gambar 9. Visualisasi *Time Series* dari Data Lapangan yang Terkontaminasi *Spike Noise*



Gambar 10. Contoh Implementasi *Median Filter* pada Data Lapangan. Sebelum Difilterisasi (a) Setelah Difilterisasi (b)

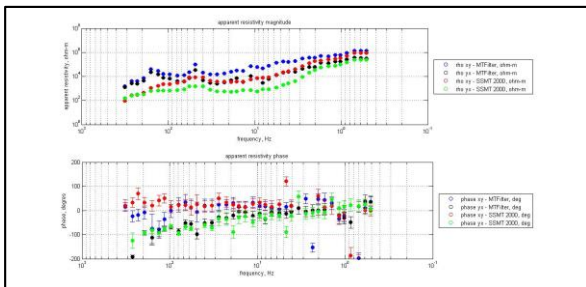
Setelah *spike noise* berhasil teridentifikasi, data pada segmen yang terkontaminasi *noise* tersebut difilter dengan menggunakan *median filter*. Hasil filterisasi yang divisualisasikan dengan bentuk *time series* (Gambar 10) memperlihatkan bahwa *spike noise* berhasil dieliminasi. Untuk segmen data yang masih terkontaminasi *spike noise* setelah difilterisasi oleh *median filter*, data tersebut dapat difilter lagi dengan menggunakan seleksi data *time series*.

Pada kurva resistivitas semu dan fase (Gambar 11), data yang telah difilter menggunakan *median filter* memperlihatkan kurva yang relatif tidak berbeda dengan data yang tidak difilter. Hal ini kemungkinan besar *spike noise* yang mengkontaminasi data MT tidak terlalu intensif kemunculannya.



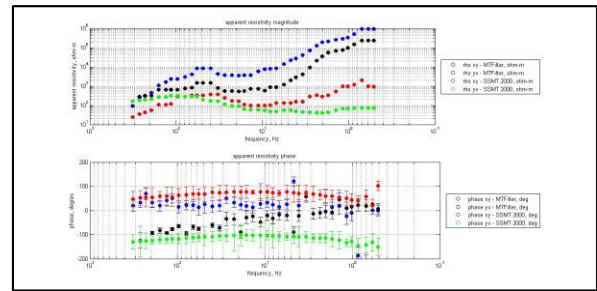
Gambar 11. Kurva Resistivitas Semu dan Fase TE (biru) dan TM (hitam) Sebelum Difilterisasi serta TE (merah) dan TM (hijau) Setelah Difilterisasi Menggunakan *Median Filter*

Pada data yang terkontaminasi *spike noise* secara intensif, hasil pengolahan (Gambar 12) yang diperoleh umumnya terlihat kurang sesuai dengan kemungkinan struktur geologi yang ada atau berbeda secara signifikan dengan bentuk *trend* kurva resistivitas semu dan fase pada titik pengukuran lain yang ada di zona pengukuran yang sama. Meskipun dilakukan filterisasi dengan menggunakan *median filter* data tetap saja menunjukkan *trend* kurva yang kurang memuaskan. Permasalahan semacam ini dapat diatasi dengan menggunakan seleksi data *time series*.



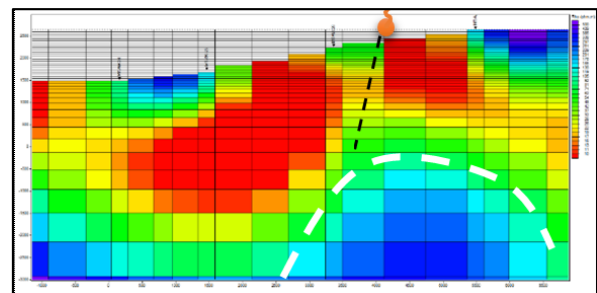
Gambar 12. Komparasi Data yang Diolah Tanpa Melibatkan Proses Filterisasi (biru dan hitam) dan Data yang Difilterisasi Menggunakan *Median Filter* dan *Notch Filter* (merah dan hijau)

Hasil filterisasi dengan menggunakan seleksi data *time series* (Gambar 13) pada penelitian yang dilakukan penulis berhasil merubah *trend* kurva resistivitas semu dan memperbaiki data fase. Hal ini memperlihatkan bahwa seleksi data *time series* dapat dijadikan alternatif apabila *median filter* belum berhasil mengeliminasi *spike noise* yang ada pada data MT.

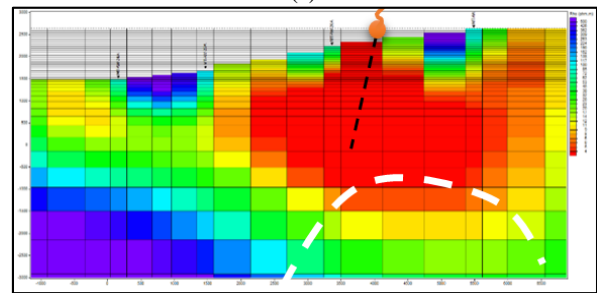


Gambar 13. Komparasi Data yang Diolah Tanpa Seleksi Data *Time Series* (biru dan hitam) dan Melibatkan Seleksi Data *Time Series* (merah dan hijau)

Inversi dua dimensi dilakukan menggunakan 4 titik data MT. Kedalaman pemodelan dan inversi dibatasi hingga – 3000 m. Proses inversi ini dilakukan untuk melihat perbedaan model yang dihasilkan dari data yang diolah menggunakan *MTFilter* dan software komersil *SSMT 2000*.



(a)



(b)

Gambar 14. Hasil Inversi 2D dari Data yang Diolah Menggunakan *MTFilter* (a) *SSMT 2000* (b)

Hasil inversi yang menggunakan input dari data yang diolah menggunakan *MTFilter* memunculkan adanya bentuk *up-dome shaped* yang merupakan ciri-ciri umum keberadaan sistem panas bumi di bawah permukaan bumi. *Updome-shaped* muncul sebagai indikasi adanya sumber panas di bawah permukaan bumi yang menimbulkan gradien temperatur yang radial pada zona di disekitar sumber panas tersebut. Selain itu, bentuk penampang *true resistivity* terlihat lebih bersesuaian dengan adanya struktur geologi yang mendukung keberadaan manifestasi fumarol dipermukaan tanah. Hal ini memperlihatkan bahwa filter yang telah dibangun dapat memberikan kontribusi yang cukup signifikan dalam proses inversi dan pemodelan distribusi resistivitas terhadap kedalaman yang diperoleh dari data MT.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Pada penelitian ini keberadaan *powerline noise* dapat diidentifikasi menggunakan inspeksi visual *time series* dan analisa spektrum, sedangkan *spike noise* hanya dapat diidentifikasi menggunakan inspeksi visual *time series*.
- b. *Powerline noise* yang muncul pada data MT dapat difilterisasi dengan menggunakan *notch filter* yang bekerja dengan mengurangi anomali amplitudo gelombang yang tinggi pada frekuensi 50 Hz dan kelipatan ganjilnya.
- c. Dalam penelitian ini, *spike noise* yang muncul pada data MT dapat difilterisasi dengan menggunakan *median filter*.
- d. Seleksi data *time series* dapat dilakukan untuk mengeliminasi data MT yang terkontaminasi *noise* berdasarkan proses segmentasi data *time series*. Pengolahan data dengan seleksi data *time series* dapat menghasilkan data resistivitas semu dan fase yang lebih baik jika data yang terseleksi merupakan data yang relatif terbebas dari *noise* dibandingkan data *time series* keseluruhan.
- e. Komparasi hasil pengolahan data berupa kurva resistivitas semu dan fase serta inversi dua dimensi menunjukkan *output* yang dihasilkan oleh *MTFilter* lebih baik dibandingkan software komersil *SSMT 2000* dalam melakukan filterisasi data MT.
- f. Program yang dikembangkan penulis (*MTFilter*) dapat menjadi alternatif untuk mengeliminasi *noise* pada data MT terutama *powerline noise*, *spike noise*, atau *low quality data* yang sudah sifatnya irreguler pada selang waktu tertentu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT. NewQuest Geotechnology yang telah memberikan izin untuk menggunakan data dan fasilitas yang diperlukan dalam proses penelitian ini.

DAFTAR REFERENSI

- Chave, A. D., & Jones, A. G. (2012). *The Magnetotelluric: Theory and Practice*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fontes, S. L., Harinarayana, T., Dawes, G. J., & Hutton, V. R. (1988). Processing of Noisy Magnetotelluric Data Using Digital Filters and Additional Data Selection Criteria. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 30-40.
- Manoj, C. (2003). *Magnetotelluric Data Analysis using Advances in Signal Processing Techniques*. Hyderabad: National Geophysical Research Institute.
- P'adua, M. B et.al. (2002). Disturbances on magnetotelluric data due to DC electrified railway: A case study from southeastern Brazil. *Earth Planets Space*, 54, 591-596, 2002
- Simpson, F., & Bahr, K. (2005). *Practical Magnetotellurics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Szarka, L. (1988). Geophysical Aspects of Man-Made Electromagnetic Noise In The Earth - A Review.