

PENERAPAN METODE VERY LOW FREQUENCY ELECTROMAGNET (VLF-EM) UNTUK MENAFSIRKAN BIDANG LONGSORAN, STUDI KASUS DESA JOMBOK, KECAMATAN NGANTANG, KABUPATEN MALANG, JAWA TIMUR

Totok Wijayanto^{1*)}, Bagus Jaya Santosa¹, Dwa Desa Warnana², Arya Dwi Candra¹

¹ Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 60111

² Jurusan Teknik Geofisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 60111

*) Email: wijayantotok39@yahoo.co.id

Abstrak

Kelongsoran sering terjadi pada tanah yang memiliki topografi curam. Salah satunya adalah yang terjadi di Desa Jombok, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Pada areal seluas satu hektar dijumpai penurunan permukaan tanah (longsor). Daerah longsor ini diteliti dengan menggunakan salah satu metoda Geofisika, yaitu Very Low Frequency-Electromagnetic (VLF-EM). Data lapangan yang didapatkan dari hasil pengukuran metode VLF-EM biasanya tercampur dengan *noise* dan *outlier*. Pada penelitian ini digunakan filter NA-MEMD untuk menghilangkan *noise* dan *outlier*. Digunakan Filter Karous-Hjelt untuk menganalisa data secara kualitatif. Sedangkan analisa secara kuantitatif diperoleh dengan melakukan pemodelan inversi menggunakan INV2DVLF. Hasil analisis VLF-EM dengan menggunakan filter NA-MEMD mampu mereduksi *noise* dan *outlier* dari data pengukuran. Sedangkan hasil inversi 2D menunjukkan bahwa terdapat zona anomali yang menunjukkan zona lemah atau rawan longsor di area penelitian.

Abstract

Landslide often occurs in a steep topography ground. One of them is happened in the Jombok village, Ngantang, Malang, East Java. Land subsidence (landslides) often occur in this area. The landslide area investigated using one of the Geophysics methods, the Very Low Frequency-Electromagnetic (VLF-EM). The field datas obtained from measurement results of VLF-EM method are usually mixed with noise and outliers. In this research, NA-MEMD filter is used to eliminate the noise and outliers. Karous-Hjelt (K-Hjelt) filter is used to qualitative analyze of the data. While quantitative analysis is obtained by performing inversion modeling using INV2DVLF. VLF-EM analysis results using the NA-MEMD filter is able to reduce the noise and outliers of measurement data. While the 2D inversion results indicate that there is an anomalous zone which indicates weak or landslide-prone zones in the study area.

Keywords: VLF-EM, NA-MEMD, K-Hjelt filter, INV2DVLF, Landslide.

1. Pendahuluan

Metode *Very Low Frequency* (VLF) merupakan salah satu metode geofisika yang memanfaatkan komponen magnetik dari medan elektromagnet yang ditimbulkan oleh pemancar gelombang radio berfrekuensi sangat rendah yaitu berkisar antara 15 – 30 kHz.

Terdapat dua teknik pada pengukuran medan elektromagnet, yaitu teknik pengukuran aktif dan teknik pengukuran pasif. Dalam teknik pengukuran aktif medan elektromagnet sengaja dibangkitkan di sekitar daerah observasi.

Gelombang menjalar melalui permukaan bumi sebagai gelombang tanah (*ground wave*) dan melalui lapisan ionosfer sebagai gelombang angkasa (*sky wave*) yang mengalami pemantulan dan pembiasan

sehingga gelombang VLF mampu merambat sampai tempat yang jauh dari pemancar. Medan magnet dan medan listrik yang dipancarkan berperan sebagai medan primer. Medan primer ini membangkitkan medan sekunder akibat adanya arus induksi yang mengalir pada konduktor di dalam tanah. Medan sekunder yang timbul tergantung sifat listrik benda-benda di dalam tanah dan sekitarnya.

Pada daerah observasi yang terukur adalah resultan dari medan primer dan medan sekunder. Medan primer dianggap serbasama (homogen). Perubahan resultan kedua medan hanya bergantung pada perubahan medan sekunder, sehingga sifat kelistrikan benda konduktif dibawah permukaan dapat diperkirakan.

Metode VLF-EM adalah salah satu metode geofisika yang banyak digunakan dalam studi tentang lingkungan [1], [2], studi arkeologi [3], studi geoteknik [4], untuk mengidentifikasi sesar [5], dan sungai bawah tanah [6].

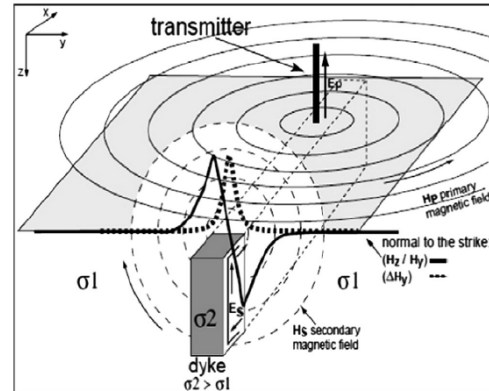
Jombok merupakan salah satu desa di kabupaten Malang yang sering mengalami tanah longsor. Pada tahun 2009 terjadi musibah tanah longsor yang menyebabkan beberapa rumah mengalami kerusakan serius. Kejadian ini kemudian terulang kembali pada tahun 2013. Hal ini menjadikan desa Jombok sebagai daerah rawan longsor. Berdasarkan uraian tersebut perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan metode VLF-EM untuk menafsirkan keadaan bawah tanah pada areal longsor di Desa Jombok, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang.

1. Metode Penelitian

2.1 VLF-EM

Metode VLF-EM menggunakan pemancar radio militer yang beroperasi di rentang frekuensi 15-30 kHz. Medan elektromagnetik utama pemancar radio (dipol listrik vertikal) memiliki komponen vertikal medan listrik (EP_z) dan komponen horizontal medan magnet (HP_y) yang merambat tegak lurus terhadap arah x (Gambar 1). Pada jarak yang lebih besar dari beberapa panjang gelombang bebas dari pemancar, komponen EM bidang utama dapat diasumsikan sebagai gelombang horizontal. Komponen HP_y menembus ke dalam tanah dan menginduksi komponen sekunder horizontal listrik (ES_x) dalam struktur konduktif terkubur dengan medan magnet yang terkait (HS). Medan magnet sekunder memperoleh komponen horizontal dan vertikal. Medan EM sekunder ini memiliki bagian yang beresilasi, yaitu *inphase* dan *quadrature* dengan medan utama. Intensitas medan EM sekunder tergantung pada besar konduktivitas tanah.

Metode VLF-EM mengukur hasil komponen medan magnetik lokal horizontal dan vertikal dengan dua kumparan induksi orthogonal. Hasil dari medan magnet lokal HR adalah superposisi dari medan utama HP dan medan sekunder HS, di mana $HP > HS$. Pada konduktor di bawah tanah, total medan VLF terpolarisasi eliptik. Selanjutnya, hasil dari VLF-EM adalah *inphase* (real) dan *quadrature* (imajiner) bagian dari rasio (HR_z/HR_y). Komponen real dan imajiner dinyatakan sebagai persentase dari medan total utama transmitter VLF. Bagian real dari *tipper* sensitif terhadap benda dengan resistivitas rendah sedangkan bagian *quadrature* dari *tipper* sensitif terhadap variasi sifat kelistrikan bumi [7]. Umumnya, interpretasi VLF-EM dapat dilakukan melalui pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi

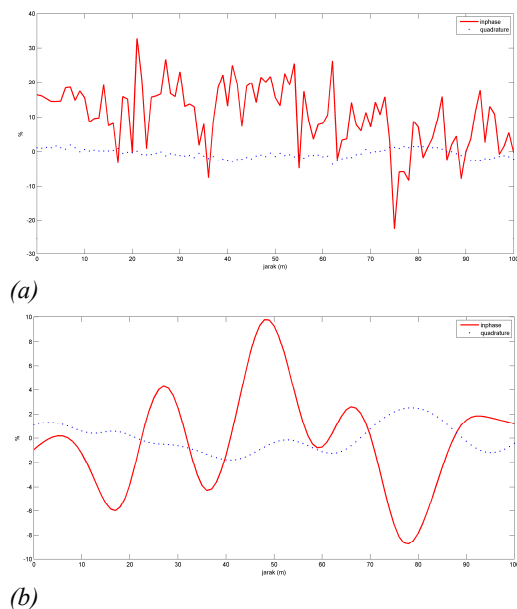


Gambar 1. Bidang distribusi EM untuk metode VLF dalam polarisasi dengan sinyal teoritis atas tanggul konduktif vertikal [2].

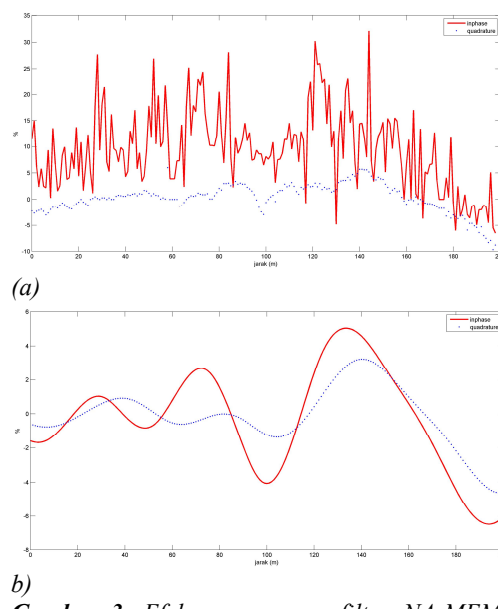
kualitatif biasa menggunakan filter Fraser [8] atau filter K-Hjelt [9] untuk mengidentifikasi lokasi (lateral) dari resistivitas dan zona konduktif sedangkan interpretasi kuantitatif menggunakan metode inversi untuk mendapatkan resistivitas 2D bawah permukaan. Monteiro Santos et. al. [7] mengembangkan software (INV2DVLF) untuk interpretasi kuantitatif data-frekuensi tunggal VLF-EM pembalik data *tipper* dengan pendekatan inversi 2D [10].

2.2 NA-MEMD

Algoritma multivariat EMD baru-baru ini diusulkan oleh Rehman dan Mandic [11] untuk menguraikan kelas umum dari data multivariat (lebih dari dua sinyal) secara bersamaan. Meskipun metode MEMD dirancang untuk menguraikan sinyal trivariat atau lebih, MEMD juga dapat digunakan untuk menurunkan IMFs univariat dan bivariat dengan menambahkan jumlah saluran yang mengandung *white Gaussian noise* [12], [13], pendekatan ini disebut *noise-assisted MEMD* (NA-MEMD). Hal ini mampu untuk meningkatkan hasil penguraian data univariat dan bivariat, di mana pendekatan ini dapat mengurangi permasalahan *mode mixing* dalam data univariat serta mengurangi *mode mixing* dan *mode misalignment* untuk data bivariat. Pada sinyal univariat, IMFs diperoleh dari EMD yang memberikan respon frekuensi yang sama dengan bank filter diadik bila ditambahkan *white Gaussian noise* (WGN) [14], [15]. Serupa dengan EMD, IMFs diturunkan dari sinyal multivariat dengan menggunakan metode NA-MEMD untuk WGN mengikuti struktur Bank filter diadik kuasi [12].



Gambar 2. Efek penggunaan filter NA-MEMD pada lintasan 1. (a) Data mentah pengukuran VLF-EM. (b) Data hasil filtering menggunakan NA-MEMD



Gambar 3. Efek penggunaan filter NA-MEMD pada lintasan 2. (a) Data mentah pengukuran VLF-EM. (b) Data hasil filtering menggunakan NA-MEMD

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil data mentah dari pengukuran menggunakan VLF-EM ditunjukkan pada Gambar 2. Hasil tersebut masih menunjukkan adanya *noise* baik pada *inphase* maupun pada *quadrature*. Untuk meningkatkan akurasi pengamatan sinyal dilakukan filtering data dengan menggunakan NA-MEMD.

Untuk mengefektifkan penguraian sinyal, diperlukan penghilangan *noise*, baik *noise* pada frekuensi tinggi maupun *noise* pada frekuensi rendah. Pada kasus ini sinyal yang terekam didominasi oleh *noise* pada frekuensi tinggi. Oleh karena itu, data residual dan *noise* pada frekuensi tinggi harus dihilangkan. Komponen IMF yang pertama dari penguraian data VLF-EM biasanya merepresentasikan *noise* pada frekuensi tinggi sehingga harus dihilangkan. Sedangkan residual biasanya merepresentasikan *noise* pada frekuensi rendah atau tren, sehingga harus dibuang.

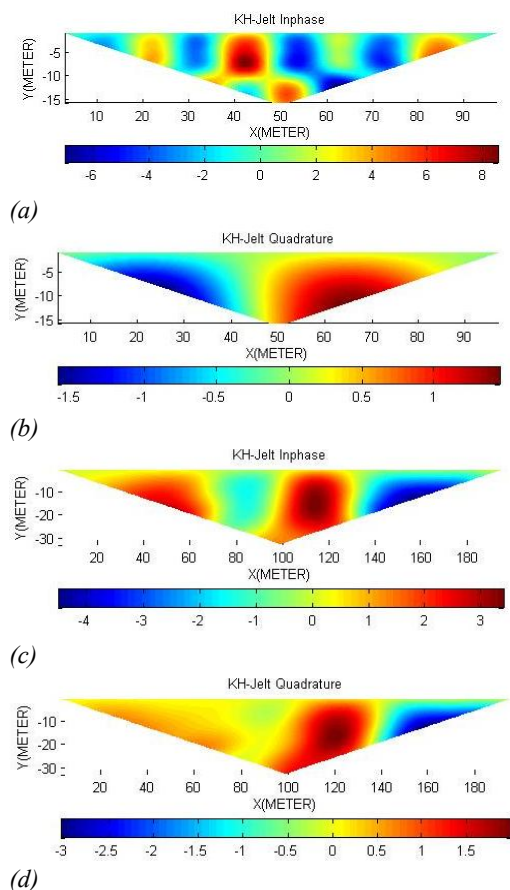
Dari hasil penghilangan *noise* frekuensi tinggi dan rendah maka diperoleh frekuensi asli dari data VLF-EM. Dari hasil filtering dengan menggunakan NA-MEMD sangat jelas terlihat perbedaan antara data mentah dengan data hasil filtering (Gambar 2 dan Gambar 3). Hasil dari filter NA-MEMD lebih halus dibandingkan dengan data mentah, dan perpotongan antara *inphase* dan *quadrature* terlihat lebih jelas. Berdasarkan penelitian Bahri et. al. [6] menyatakan bahwa anomali dapat terlihat pada perpotongan antara *inphase* dan *quadrature*. Sehingga pada lintasan 1 dapat disimpulkan bahwa terdapat 3 titik anomali yang terlihat pada titik 17 m, 36 m dan 78 m. Sedangkan

pada lintasan 2 terdapat tiga titik anomali yang nampak pada titik 50 m, 100 m, dan 190 m.

Hasil dari filtering dengan menggunakan NA-MEMD kemudian digunakan sebagai input program K-Hjelt untuk melokalisir anomali. Hasil pengolahan data VLF-EM menggunakan program K-Hjelt disajikan pada Gambar 4. Pada gambar 4 terlihat bahwa terdapat anomali benda konduktif dan resistivitas pada zona-zona tertentu.

Hasil pengolahan data menggunakan NA-MEMD dan K-Hjelt dapat memperkirakan daerah zona lemah secara kualitatif. Oleh karena itu diperlukan analisa kuantitatif untuk memetakan daerah zona lemah dengan melakukan analisa inversi 2D menggunakan program INV2DVLf.

Model resistivitas hasil inversi dengan menggunakan program INV2DVLf ditunjukkan pada Gambar 5. Pada lintasan 1 terdapat beberapa zona dengan nilai resistivitas rendah yaitu pada titik 5-18 m, 28-36 m dan 55-75 m. Masing-masing berada pada rentang kedalaman 0-20 m. Pada lintasan 2, zona dengan resistivitas rendah dijumpai pada titik 4-18 m, 25-35 m, 50-75 m dan 105-115 m. Nilai resistivitas rendah pada hasil inversi 2D pada lintasan 1 dan 2 menunjukkan adanya lapisan zona lemah yang kemungkinan disebabkan oleh saturasi air yang tinggi. Adanya lapisan zona lemah pada kedalaman 0-20 m diduga adalah penyebab utama terjadinya longsoran.



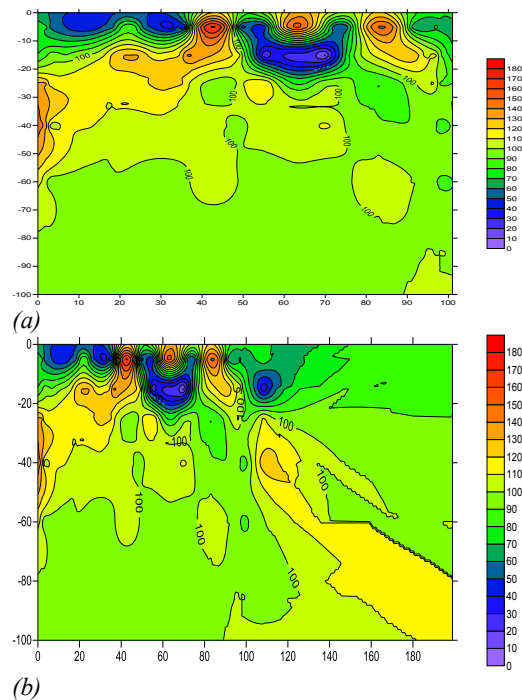
Gambar 4. Peta kontur dari data VLF-EM dengan menggunakan program K-Hjelt. (a) dan (b) masing-masing adalah inphase dan quadrature pada lintasan 1. (c) dan (d) merupakan inphase dan quadrature pada lintasan 2.

4. Kesimpulan

Hasil analisis data VLF-EM dengan menggunakan filter NA-MEMD mampu mereduksi *noise* dan *outlier* dari data pengukuran. Hasil inversi 2D dengan menggunakan INV2DVLF menunjukkan bahwa terdapat zona anomali yang menunjukkan zona lemah dengan tingkat resistivitas rendah yang diduga sebagai daerah rawan longsor.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Alwi Husein, Moh Hasan Basri, Dina Maulidina dan Agung atas bantuan dalam proses pengambilan data. Terimakasih kepada Ferry, Adi Christmast, Eko Hadi Purwanto atas bantuan diskusi pemecahan masalah terkait pemrograman komputasi.



Gambar 5. Hasil inversi menggunakan program INV2DVLF. (a) peta kontur resistivitas pada lintasan 1. (b) peta kontur resistivitas pada lintasan 2.

Daftar Pustaka

- [1] E. Al-Tarazi, J. Abu Rajab, A. Al-Naqa, and M. El-Waheidi, "Detecting leachate plumes and groundwater pollution at Ruseifa municipal landfill utilizing VLF-EM method," *J. Appl. Geophys.*, vol. 65, no. 3–4, pp. 121–131, Sep. 2008.
- [2] F. P. Bosch and I. Müller, "Continuous gradient VLF measurements: a new possibility for high resolution mapping of karst structures," *First Break*, vol. 19, no. 6, pp. 343–350, Jun. 2001.
- [3] A. M. Abbas, M. A. Khalil, U. Massoud, F. M. Santos, H. A. Mesbah, A. Lethy, M. Soliman, and E. S. A. Ragab, "The implementation of multi-task geophysical survey to locate Cleopatra Tomb at Tap-Osiris Magna, Borg El-Arab, Alexandria, Egypt 'Phase II,'" *NRIAG J. Astron. Geophys.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, Jun. 2012.
- [4] S. P. Sharma, K. Anbarasu, S. Gupta, and A. Sengupta, "Integrated very low-frequency EM,

- electrical resistivity, and geological studies on the Lanta Khola landslide, North Sikkim, India,” *Landslides*, vol. 7, no. 1, pp. 43–53, Dec. 2009.
- [5] A. Gürer, M. Bayrak, and Ö. F. Gürer, “A VLF survey using current gathering phenomena for tracing buried faults of Fethiye–Burdur Fault Zone, Turkey,” *J. Appl. Geophys.*, vol. 68, no. 3, pp. 437–447, Jul. 2009.
- [6] A. S. Bahri, D. Santoso, W. G. A. Kadir, D. D. Puradimedja, R. M. Tofan, and F. A. Monteiro Santos, “Penerapan metoda Very Low Frequency-vertical Gradient (VLF-EM-vGRAD) untuk memetakan Sungai bawah permukaan di daerah karst,” *HAGI*. [Online]. Available: <http://www.hagi.or.id/paper/penerapan-metoda-very-low-frequency-vertical-gradient-vlf-em-vgrad-untuk-memetakan-sungai-bawah-permukaan-di-daerah-karst/>. [Accessed: 23-May-2015].
- [7] F. A. Monteiro Santos, A. Mateus, J. Figueiras, and M. A. Gonçalves, “Mapping groundwater contamination around a landfill facility using the VLF-EM method — A case study,” *J. Appl. Geophys.*, vol. 60, no. 2, pp. 115–125, Oct. 2006.
- [8] D. C. Fraser, “Contouring of VLF-EM data,” *Geophysics*, vol. 34, no. 6, pp. 958–967, Dec. 1969.
- [9] M. Karous and S. E. Hjelt, “Linear Filtering of VLF Dip-Angle Measurements,” *Geophys. Prospect.*, vol. 31, pp. 782–794, Oct. 1983.
- [10] Y. Sasaki, “Full 3-D inversion of electromagnetic data on PC,” *J. Appl. Geophys.*, vol. 46, no. 1, pp. 45–54, Jan. 2001.
- [11] N. Rehman and D. P. Mandic, “Multivariate empirical mode decomposition,” *Proc. R. Soc. Lond. Math. Phys. Eng. Sci.*, p. rspa20090502, Dec. 2009.
- [12] N. Rehman and D. P. Mandic, “Filter Bank Property of Multivariate Empirical Mode Decomposition,” *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 59, no. 5, pp. 2421–2426, May 2011.
- [13] N. Rehman, C. Park, N. E. Huang, and D. P. Mandic, “Emd via memd: multivariate noise-aided computation of standard emd,” *Adv. Adapt. Data Anal.*, vol. 05, no. 02, p. 1350007, Apr. 2013.
- [14] P. Flandrin, G. Rilling, and P. Goncalves, “Empirical mode decomposition as a filter bank,” *IEEE Signal Process. Lett.*, vol. 11, no. 2, pp. 112–114, Feb. 2004.
- [15] Z. Wu and N. E. Huang, “Ensemble empirical mode decomposition: a noise-assisted data analysis method,” *Adv. Adapt. Data Anal.*, vol. 01, no. 01, pp. 1–41, Jan. 2009.