

Aplikasi Metode Very Low Frequency Electromagnetic (VLF-EM) untuk Karakteristik Bawah Permukaan di Daerah Kapur Desa Melirang Kecamatan Bungah Kabupaten Gresik

Eko Hadi Purwanto, Eko Minarto, dan Ayi Syaeful Bahri

Jurusan Fisika, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: echo_dosenunars@yahoo.co.id

Abstrak – Metode Very Low Frequency Electromagnetic (VLF-EM) merupakan metode geofisika yang cepat, ramah lingkungan dan metode elektromagnetik pasif yang bekerja pada pita frekuensi 15-30 kHz. Metode ini digunakan untuk mengkararakteristik bawah permukaan dan menentukan sebaran dolomit di daerah kapur Desa Melirang Kecamatan Bungah Kabupaten Gresik. Pengambilan data dilakukan pada enam lintasan dengan panjang 550 m dan spasi setiap lintasan sebesar 5 m. Hasil akuisisi data VLF-EM berupa nilai inphase, quadrature, tilt-angle, dan total field. Data tersebut diolah dengan filter NA-MEMD dan diinterpretasikan secara kualitatif dan kuantitatif. Analisa kualitatif menggunakan filter fraser dan karous-Hjelt untuk menentukan bentuk, jalur, dan kedalaman dolomit dengan tepat (nilai resistivitas $100-10^4 \Omega m$), sedangkan analisa kuantitatif dihasilkan nilai resistivitas 2-D dari hasil inversi data tripper (inphase dan quadrature) dengan software Inv2DVLF. Analisa kuantitatif menghasilkan kedalaman dolomit antara 0 – 30 m dan 50 – 70 m dengan nilai resistivitas antara 110 – 600 Ωm . Hasil estimasi ini menunjukkan jalur dolomit dari arah timur laut-barat daya, timur-barat, dan barat laut-tenggara.

Kata kunci: VLF-EM, batuan dolomit, filter NA-MEMD, inversi, Desa Melirang Kec. Bungah Kab. Gresik.

Abstract – Very Low Frequency Electromagnetic (VLF-EM) method is a geophysical method that is fast, environmentally friendly and a passive electromagnetic method that works on a frequency band about 15-30 kHz. VLF-EM method used in this study with the aim to analyze the subsurface characteristics and determine the distribution of rocks in the area dolomite lime Melirang Village District of Bungah Gresik. Field data collection is conducted on six tracks with a length of 550 meters each trajectory with 5 meters spacing. The results of the VLF-EM data acquisition is in the form of value inphase, quadrature, tilt-angle, and the total field. The data is processed by the NA-MEMD filter used to reduce noise contained in the data VLF-EM and then interpreted qualitatively and quantitatively. Qualitative analysis is done by using the filters fraser and karous-Hjelt to determine the accuracy of form line and depth of dolomite (resistivity values $100-10^4 \Omega m$), while the quantitative analysis produces 2-D resistivity value of the result of the tripper data inversion (inphase and quadrature) by using Inv2DVLF software. The depth dolomite that produced by using quantitative analysis of about 0-30 meters and 50-70 meters with resistivity value of about 110-600 Ωm . The estimation result indicate that dolomite lane are from the northeast-southwest, east-west, and northwest-southwest.

Key words: VLF-EM, dolomite rock, NA-MEMD filter, inversion, Melirang Village District of Bungah Gresik.

I. PENDAHULUAN

Salah satu bahan galian yang penting dan banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari adalah mineral berbasis karbonat, yang umumnya terdapat dalam bentuk batuan kalsit ($CaCO_3$), dolomit [$CaMg(CO_3)_2$], maupun magnesit ($MgCaO_3$). Mineral tersebut hanya memberikan manfaat ekonomi yang minim dan dirasakan kurang dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat disekitar daerah penghasil mineral tersebut. Sebagai contoh, dolomit di daerah Gresik digunakan sebagai bata bangunan, bahan tahan api, dan pupuk.

Dari beberapa studi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kandungan mineral yang dominan dalam batuan dolomit adalah $CaMg(CO_3)_2$. Identifikasi mineral yang terdapat di dalam batuan dolomit dan proses pembentukan senyawa oksida melalui teknik kalsinasi, agar diketahui karakteristik proses dekomposisinya [1]. Sejumlah peneliti telah memperlihatkan penentuan temperatur dekomposisi dolomit dimana terdapat dua titik

endotermis; area pertama pada rentang temperatur antara $690^\circ C - 810^\circ C$ yang berkaitan dengan pembentukan MgO dan $CaCO_3$, area kedua pada rentang temperatur antara $810^\circ C - 920^\circ C$ yang berkaitan dengan dekomposisi $CaCO_3$ menjadi CaO [2].

Metode geofisika yang merupakan metode tidak langsung dapat diaplikasikan dalam pencarian sebaran batuan dolomit di daerah kapur. Salah satu metode dalam eksplorasi geofisika yang umumnya digunakan untuk pencarian bahan-bahan yang memiliki sifat konduktif yang tinggi adalah metode VLF-EM (Very Low Frequency-Electromagnetic). Metode ini merupakan salah satu metode geofisika yang cepat dan ramah lingkungan dan merupakan metode elektromagnetik pasif yang bekerja pada pita frekuensi 15-30 kHz.

Berdasarkan penjelasan di atas maka dilakukan penelitian ini dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik bawah permukaan dan sebaran batuan dolomit di daerah kapur Desa Melirang Kecamatan

Bungah Kabupaten Gresik.

II. LANDASAN TEORI

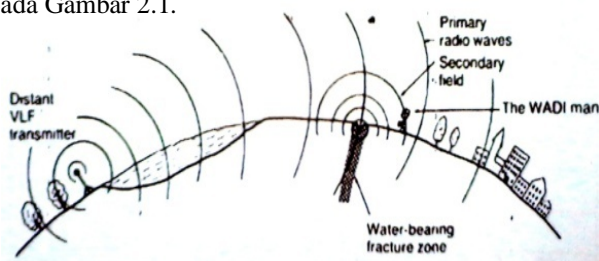
A. Dolomit

Dolomit berasal dari lingkungan sedimen yang sama seperti kapur hangat, dangkal, lingkungan laut di mana lumpur kalsium karbonat terakumulasi dalam bentuk shell puing-puing, feces, fragmen karang dan karbonat presipitat. Dolomit diperkirakan terbentuk ketika kalsit (CaCO_3) dalam karbonat lumpur atau batu kapur dimodifikasi oleh air tanah yang kaya magnesium. Ketersediaan magnesium memfasilitasi konversi kalsit menjadi dolomit [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$].

Dolomit berwarna putih keabu-abuan atau kebiru-biruan dengan kekerasan lebih lunak dari batu gamping, yaitu berkisar antara 3,50 - 4,00 skala mohs, bersifat pejal, berat jenis antara 2,80 - 2,90 ton/m^3 , berbutir halus hingga kasar dan mempunyai sifat mudah menyerap air serta mudah dihancurkan. Klasifikasi dolomit dalam perdagangan mineral industri didasarkan atas kandungan unsur magnesium, Mg (kimia), mineral dolomit (mineralogi) dan unsur kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). Kandungan unsur magnesium ini menentukan nama dolomit tersebut. Misalnya, batu gamping mengandung $\pm 10\%$ MgCO_3 disebut batu gamping dolomitan, sedangkan bila mengandung 19% MgCO_3 disebut dolomite. Dolomit merupakan batuan sedimen yang memiliki nilai resistivitas sebesar $10^2 - 10^4 \Omega\text{m}$ [3].

B. Metode Very Low Frequency-Electromagnetic (VLF-EM)

Metode VLF-EM merupakan metode elektromagnetik yang sinyalnya menggunakan gelombang radio dengan frekuensi 15-30 kHz. Medan elektromagnetik VLF dihasilkan oleh pemancar gelombang radio dengan daya yang besar yaitu 100-1000 KW dengan frekuensi 15-30 kHz dan panjang gelombang 10-20 km. Sistem penerapan metode elektromagnetik secara sederhana ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Medan elektromagnetik sekunder yang ditimbulkan oleh radiasi gelombang VLF

Besarnya daya radiasi yang dipancarkan oleh pemancar VLF yang memiliki satuan Watt dan dinyatakan dengan persamaan berikut ini.

$$P \cong 7 \times 10^{-13} V^2 C^2 h_e^2 f^4$$

dengan V adalah tegangan yang melalui antena, C adalah kapasitansi antena termasuk dipuncaknya, h_e adalah ketinggian efektif antena (dapat didekati dengan ketinggian sebenarnya h) dan f adalah frekuensi yang dioperasikan.

Prinsip kerja VLF adalah pemancar memancarkan sinyal berupa gelombang elektromagnetik primer melalui ionosfer. Komponen medan elektromagnetik primer dapat

dianggap sebagai gelombang yang berjalan secara horizontal. Jika di bawah permukaan terdapat suatu medium yang konduktif, maka komponen medan magnetik dari gelombang elektromagnetik primer akan menginduksi medium tersebut sehingga akan menimbulkan arus induksi (*Eddy Current*) dengan kata lain jika material bersifat konduktif ketika dikenai medan magnet bergerak maka akan terinduksi menimbulkan arus eddy (semakin besar arus eddy semakin besar rapat muatannya). Medan elektromagnetik yang merambat pada konduktivitas batuan σ , permitivitas ϵ dan permitivitas μ berlaku persamaan Maxwell yang ditulis dalam domain frekuensi:

$$\nabla \times H = (\sigma + i\omega\epsilon)E \quad (\text{Hukum Ampere})$$

$$\nabla \times E = -(i\omega\mu\mu_0)H \quad (\text{Hukum Faraday})$$

$$\nabla \cdot (\epsilon E) = \rho \quad (\text{Hukum Gauss})$$

$$\nabla \cdot H = 0$$

Dimana E dan H masing-masing merupakan vektor medan listrik dan medan magnet fungsi waktu t dengan frekuensi sudut ω dan ρ adalah rapat muatan [4].

C. Filter Fraser dan Karous-Hjelt

Filter Fraser adalah perangkat lunak yang berfungsi melemahkan panjang gelombang yang terlalu besar untuk mengurangi efek topografi dan diaplikasikan pada data *tilt-angle* yang merupakan hasil polarisasi elipstik medan magnetik bawah permukaan. Filter Karous-Hjelt merupakan filter yang dikembangkan dari konsep medan magnetik yang berhubungan dengan aliran arus listrik.

D. Filter Noise Assisted-Multivariate Empirical Mode Decomposition (NA-MEMD)

Algoritma NA-MEMD mencoba untuk mengeliminasi interferensi *noise* yang terjadi pada EEMD dan mereduksi *mode-mixing* pada keluaran EMD dan MEMD. ini diuraikan dalam Algoritma, dimana langkah pertama memastikan bahwa saluran *noise* tidak ditambahkan ke sinyal yang sudah memenuhi kriteria IMF. Metode ini beroperasi dengan membentuk sinyal *multivariate* yang terdiri dari *input* data dan *noise* pada *channel* yang terpisah [5]. Algoritma : NA-MEMD

- 1) Periksa apakah sinyal *input* memenuhi kriteria IMF. Jika tidak, lanjutkan ke langkah selanjutnya. Sebaliknya, hentikan proses.
- 2) Buat *gaussian white noise time series* tak berkorelasi (*l-channel*) yang panjangnya sama dengan panjang *input*, dengan $l \geq 1$.
- 3) Tambahkan saluran *noise* (*l-channel*) yang dibuat di langkah 2 ke sinyal masukan *multivariate* (*n-channel*) $n \geq 1$, sehingga diperoleh $(n + 1)$ -*channel* sinyal *multivariate*.
- 4) Proses sinyal *multivariate* $(n + 1)$ -*channel* yang dihasilkan $n + 1 \geq 2$ menggunakan algoritma MEMD untuk mendapatkan IMF *multivariate*.
- 5) Dari $(n + 1)$ IMF *multivariate* yang dihasilkan, buang *l-channel* yang bersesuaian dengan *noise*, sehingga memberikan satu set *n-channel* IMF yang sesuai dengan sinyal asli.

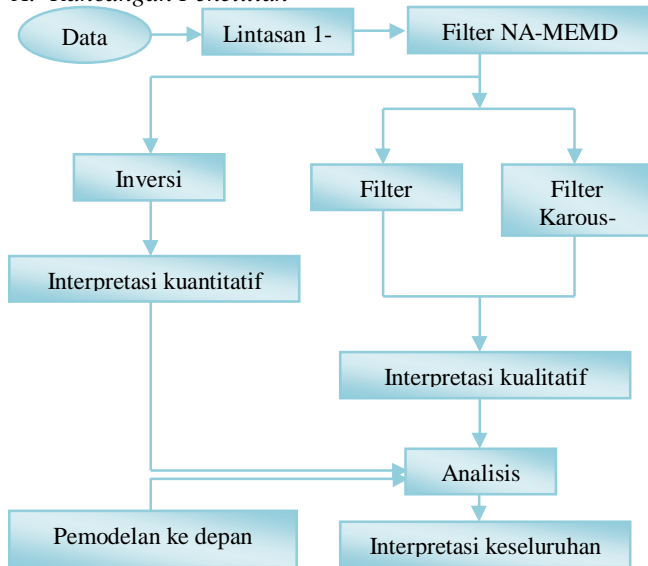
E. Forward Modelling dan Inversi

Forward modelling merupakan pemodelan yang dilakukan untuk memperoleh data dari model yang ada berdasarkan sifat-sifat fisis yang diketahui. Sedangkan, *Inversi* merupakan suatu penjabaran matematis untuk

memperoleh informasi sistem fisika berdasarkan data observasi terhadap suatu sistem tersebut.

III. METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir rancangan penelitian

B. Perangkat Penelitian

Perangkat yang diperlukan pada akuisisi data di lapangan yaitu: Alat VLF (*Envi Scintrex*), roll meteran, kompas geologi, dan GPS

C. Lokasi Penelitian

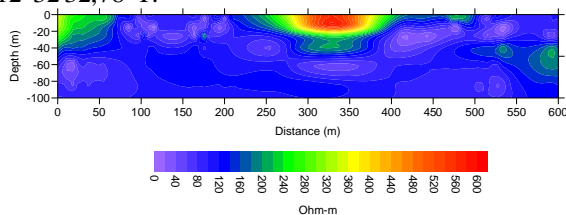
Daerah penelitian berada di Desa Melirang, Kecamatan Bungah, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Secara geografis terletak pada $7^{\circ}1'41''\text{LS} - 7^{\circ}2'28.81''\text{LS}$ dan $112^{\circ}31'57.02''\text{BT} - 112^{\circ}32'55.54''\text{BT}$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa dan Pengolahan Data Lapangan

Lintasan 1

Pada lintasan 1 dengan spasi lintasan 1 sebesar 5 m dengan titik pengukuran sebanyak 111 titik dan panjang lintasannya sejauh 550 m serta terletak pada koordinat $7^{\circ}2'10,66''\text{S} - 112^{\circ}32'42,69''\text{T}$ sampai $7^{\circ}2'27,59''\text{S} - 112^{\circ}32'32,78''\text{T}$.

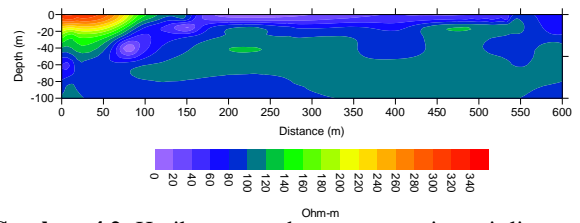


Gambar 4.1 Hasil penggambaran proses inversi lintasan 1 dengan filter NA-MEMD

Gambar di atas memperlihatkan adanya anomali yang berupa batuan dolomit pada jarak 240 m sampai 390 m dengan kedalaman 0 m sampai 30 m. Nilai resistivitas batuan dolomit antara $240 \Omega\text{m}$ sampai $600 \Omega\text{m}$. Proses inversi dengan jumlah iterasi sebanyak 50 kali dengan rms sebesar 7,3.

Lintasan 2

Pada lintasan 2 terletak pada koordinat $7^{\circ}1'59,90''\text{S} - 112^{\circ}32'37,90''\text{T}$ sampai $7^{\circ}2'16,80''\text{S} - 112^{\circ}32'28,00''\text{T}$.

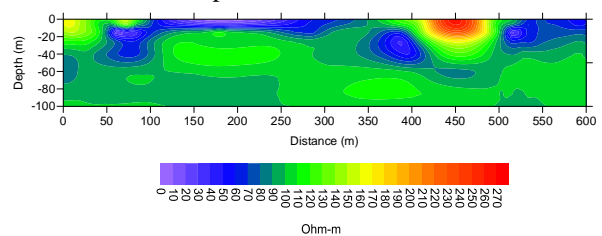


Gambar 4.2 Hasil penggambaran proses inversi lintasan 2 dengan filter NA-MEMD

Gambar di atas memperlihatkan adanya nilai resistivitas tinggi pada jarak 0 m sampai 100 m dengan kedalaman 0 m sampai 35 m. yang merupakan daerah padang rumput dengan sedikit bebatuan dolomit. Nilai resistivitas batuan dolomit antara $140 \Omega\text{m}$ sampai $340 \Omega\text{m}$. Proses inversi dengan jumlah iterasi sebanyak 50 kali dengan rms sebesar 0,6.

Lintasan 3

Pada lintasan 3 terletak pada koordinat $7^{\circ}2'3,90''\text{S} - 112^{\circ}32'8,36''\text{T}$ sampai $7^{\circ}2'13,61''\text{S} - 112^{\circ}32'25,40''\text{T}$.

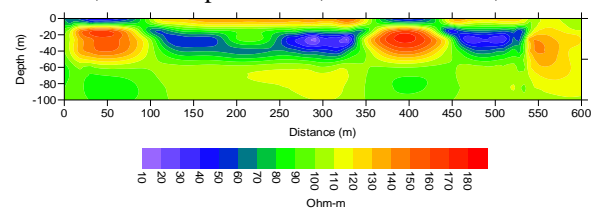


Gambar 4.3 Hasil penggambaran proses inversi lintasan 3 dengan filter NA-MEMD

Gambar di atas memperlihatkan adanya nilai resistivitas tinggi terdapat satu lokasi yaitu pada jarak 420 m sampai 480 m dengan kedalaman 0 m sampai 30 m. Nilai resistivitasnya antara $160 \Omega\text{m}$ sampai $270 \Omega\text{m}$. Proses inversi dengan jumlah iterasi sebanyak 50 kali dengan rms sebesar 0,3.

Lintasan 4

Pada lintasan 4 terletak pada koordinat $7^{\circ}2'1,26''\text{S} - 112^{\circ}32'9,98''\text{T}$ sampai $7^{\circ}2'11,80''\text{S} - 112^{\circ}32'28,60''\text{T}$.

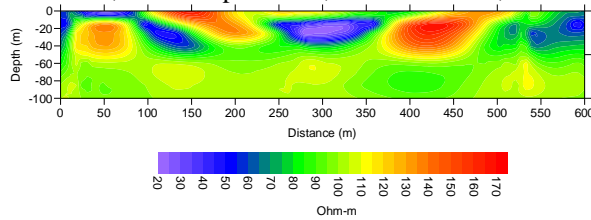


Gambar 4.4 Hasil penggambaran proses inversi lintasan 4 dengan filter NA-MEMD

Gambar di atas memperlihatkan adanya anomali yang berupa batuan dolomit pada jarak 10 m sampai 90 m dengan kedalaman 15 m sampai 50 m, jarak 110 m sampai 350 m dengan kedalaman 0 m sampai 15 m, jarak 360 m sampai 440 m dengan kedalaman 15 m sampai 50 m, dan jarak 540 m sampai 550 m dengan kedalaman 20 m sampai 70 m. Nilai resistivitas batuan dolomit antara $120 \Omega\text{m}$ sampai $180 \Omega\text{m}$. Proses inversi dengan jumlah iterasi sebanyak 50 kali dengan rms sebesar 0,1.

Lintasan 5

Pada lintasan 5 terletak pada koordinat $7^{\circ} 1'58,00''S$ $112^{\circ}32'10,70''T$ sampai $7^{\circ} 2'7,70''S$ $112^{\circ}32'27,70''T$.

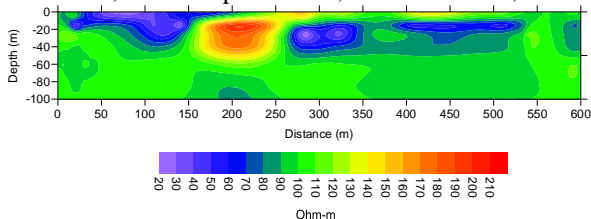


Gambar 4.5 Hasil penggambaran proses inversi lintasan 5 dengan filter NA-MEMD

Gambar di atas memperlihatkan adanya nilai resistivitas tinggi terdapat dua lokasi yaitu pada jarak 120 m sampai 240 m dengan kedalaman 0 m sampai 30 m, lokasi ini merupakan kebun dengan batuan dolomit yang tersebar merata. Pada jarak 380 m sampai 500 m dengan kedalaman 15 m sampai 50 m, lokasi ini merupakan area batu karst(dolomit) dan kebun. Nilai resistivitas batuan dolomit antara $110 \Omega m$ sampai $170 \Omega m$. Proses inversi dengan jumlah iterasi sebanyak 50 kali dengan rms sebesar 0,04.

Lintasan 6

Pada lintasan 6 terletak pada koordinat $7^{\circ} 1'53,20''S$ $112^{\circ}32'14,90''T$ sampai $7^{\circ} 2'13,61''S$ $112^{\circ}32'25,40''T$.



Gambar 4.6 Hasil penggambaran proses inversi lintasan 6 dengan filter NA-MEMD

Gambar di atas memperlihatkan adanya nilai resistivitas tinggi pada jarak 170 m sampai 290 m dengan kedalaman 0 m sampai 50 m. Nilai resistivitas batuan dolomit antara $130 \Omega m$ sampai $210 \Omega m$. Lokasi tersebut merupakan daerah tebing dengan penuh batuan karst (dolomit) sehingga menimbulkan pembacaan resistivitas tinggi. Proses inversi dengan jumlah iterasi sebanyak 50 kali dengan rms sebesar 0,1.

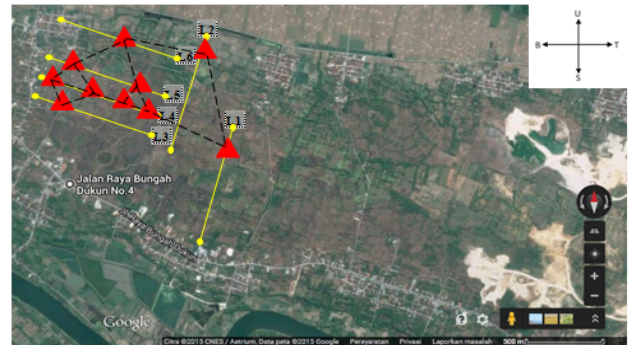
B. Interpretasi Data

Interpretasi data resistivitas 2-D ini dilakukan di setiap lintasan. Jalur batuan dolomit pada lintasan 1 dan 2 dengan arah lintasan dari utara ke selatan, sedangkan jalur batuan dolomit pada lintasan 3 sampai 6 dengan arah lintasan dari timur ke barat dapat dilihat pada Gambar 4.7.

V. KESIMPULAN

1. Karakteristik bawah permukaan di daerah kapur Desa Melirang Kecamatan Bungah Kabupaten Gresik menunjukkan posisi batuan dolomit dengan nilai resistivitas $110 - 600 \Omega m$. Kedalaman batuan dolomit dangkal di daerah penelitian berkisar antara $0 - 30 m$, sedangkan batuan dolomit dalam terletak pada kedalaman $50 - 70 m$.
2. Jalur sebaran batuan dolomit di daerah penelitian, pada lintasan 1 dan 2 mengarah ke barat laut,

sedangkan pada lintasan 3 sampai 6 mengarah ke barat, tenggara, dan barat daya.



Keterangan=Persebaran batuan dolomit

- L1=240 m-390 m ($240 \Omega m-600 \Omega m$)
- L2=0 m-100 m ($140 \Omega m-340 \Omega m$)
- L3=420-480 m ($160 \Omega m-270 \Omega m$)
- L4=10 m-90 m, 110 m-350 m, 360 m-440 m, 540 m-550 m ($120 \Omega m-180 \Omega m$)
- L5=120 m-240 m, 380 m-500 m ($110 \Omega m-170 \Omega m$)
- L6=170 m-290 m ($130 \Omega m-210 \Omega m$)

Gambar 4.7 Gabungan jalur sebaran batuan dolomit pada lintasan 1 dan 2 sebarannya mengarah dari tenggara ke barat laut, sedangkan lintasan 3 sampai 6 sebarannya mengarah ke barat, tenggara, dan barat daya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada kedua orang tua, dosen pembimbing Dr. rer. nat. Eko Minarto, S.Si, M.Si dan Dr. Ayi Syaeful Bahri, M.T, teman-teman, dan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas fasilitas yang telah ada.

PUSTAKA

- [1] Sari, N., Jalil.Z., dan Rahwanto, A, Identification of Oxide Compound in Dolomite Mineral from Aceh Tamiang Region, *Journal of Aceh Physics Society*,SS, Vol. 2, No. 1, 2013, pp. 1-2.
- [2] Kok, M.V and Smykatz-Kloss W, Characterization, Correlation And Kinetics of Dolomite Samples As Outlined By Thermal Methods, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetri*, vol 91 (2), 2008, pp. 565-568.
- [3] Gufron, Estimasi Penyebaran Deposit Fosfat di Wilayah Perum Perhutani KPH Pati BKP Pati dengan Metode Very Low Frequency Elektromagnetik Vertikal Gradient (VLF-EM-VGrad). Tesis FMIPA ITS, Surabaya, 2010.
- [4] Kalscheuer, T., Pedersen, L.B. dan Siripunvaraporn, W, Radiomagnetotelluric Two-Dimensional Forward and Inverse Modelling Accounting for Displacement Currents, *Geophysics Journal International*, Vol. 175, No. 2, 2008, hal. 486-514.
- [5] Rehman, N. dan Mandic, D. P, Filterbank Property of Multivariate Empirical Mode Decomposition, *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 59, 2011, hal. 2421-2426.