

# INTERPRETASI POLA SEBARAN INDIKASI MUDVOLCANO DI SURYANATA SAMARINDA DENGAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI WENNER-SCHLUMBERGER

Doni Wiranata<sup>3</sup>, Adrianus Inu Natalisanto<sup>1,2</sup>, Petrus AD Lazar<sup>1,3</sup>, Fajar Alam<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

<sup>2</sup>Laboratorium Fisika Dasar, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

<sup>3</sup>Laboratorium Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

<sup>4</sup>PT. Kutai Makmur, Kaltim

\*Corresponding Author: doni14wiranata@gmail.com

## ABSTRACT

This research was conducted to know the indication of mud volcano distribution pattern using geoelectric method. This research began with geological mapping along the geoelectric path and then retrieved the data using the Wenner-Schlumberger configuration. Then the field data was processed using Res2dinv software to display cross section of each path. Interpretation of the presence of mudvolcano was indicated by resistivity value ( $4.5 \pm 0.5$ )  $\Omega\text{m}$  and chargeability value ( $60 \pm 20$ ) msec. The existence of mudvolcano was supported by the presence of bursts.

**Keyword:** mudvolcano, geoelectric method, Chargeability, Resistivity

## 1. PENDAHULUAN

*Mudvolcano* (gunung lumpur) merupakan fenomena geologi yang banyak ditemui di dunia. Salah satu negara yang cukup banyak memiliki gunung lumpur adalah Indonesia. Gunung lumpur terbanyak terutama di wilayah pulau Jawa, seperti: gunung lumpur Bleduq Kuwu yang ada di Grobogan dan gunung lumpur Sidoarjo atau yang lebih dikenal dengan sebutan LUSI (Lumpur Sidoarjo). Gunung lumpur sendiri merupakan fenomena geologi berupa lumpur cair yang menembus perlapisan batuan di atasnya hingga ke permukaan tanah untuk melepaskan tekanan yang berlebihan.

Gunung lumpur terdapat di Samarinda, yakni di dua lokasi terpisah. Gunung lumpur pertama terletak di sekitar jalan Rejang Raya Batu Putih dengan titik koordinat semburan:  $117^{\circ} 6' 28,33''$  E;  $0^{\circ} 28' 9,37''$  S. Topografi daerah tempat gunung lumpur tersebut bergelombang dan tertutupi semak-semak. Gunung lumpur ini masih mengeluarkan lumpur dalam bentuk

cair dan bersuhu ruang (sekitar  $30^{\circ}\text{C}$ ), serta tidak terindikasi mengeluarkan gas hidrokarbon. Gunung lumpur kedua berada di jalan poros Samarinda-Tenggarong dengan titik koordinat semburan:  $117^{\circ} 6' 51,50''$  E;  $0^{\circ} 27' 25,22''$  S. Letaknya di samping daerah pembuangan sampah Bukit Pinang. Gunung lumpur tersebut sudah tidak aktif lagi, atau sudah tidak mengeluarkan lumpur dan gas.

Berdasarkan klasifikasi tempat keluarnya lumpur, gunung lumpur dibagi menjadi dua jenis, yaitu: gunung lumpur yang terkait dengan aktivitas gunung api, dan gunung lumpur yang tidak terkait dengan aktivitas gunung berapi. Gunung lumpur yang terkait dengan aktivitas gunung api bersuhu tinggi (mendekati  $100^{\circ}\text{C}$ ), mengeluarkan uap air dalam jumlah besar dan tidak mengeluarkan gas hidrokarbon (metana dan asam sulfida). Sementara gunung lumpur yang tidak terkait dengan aktivitas gunung api bersuhu relatif rendah (mendekati  $2^{\circ}\text{C}$ ), tidak mengeluarkan uap air, dan mengeluarkan gas hidrokarbon.

Lumpur yang dikeluarkan gunung lumpur di Batu Putih diduga disebabkan oleh tekanan hidrostatik air. Pada umumnya air yang menimbulkan tekanan tersebut dapat berasal dari air hujan, air limpasan yang diakibatkan oleh pasang-surut air laut, atau keduanya. Namun khusus untuk gunung lumpur di Batu Putih air tersebut berasal dari air hujan saja. Pada saat musim hujan, aliran lumpur yang keluar akan lebih sering, sedangkan pada musim kemarau lumpur yang keluar ke permukaan menjadi lebih jarang.

Dalam penelitian ini, peneliti ingin mengetahui pola sebaran gunung lumpur di Suryanata, Samarinda, Kalimantan Timur. Untuk mengetahui pola sebaran tersebut digunakan metode geolistrik resistivitas (tahanan jenis). Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang diaplikasikan dalam domain ruang yang bertujuan untuk mempelajari sifat listrik batuan dalam bumi. Pada penelitian ini digunakan metode geolistrik dengan konfigurasi Wenner-Schlumberger dan tidak digunakan konfigurasi lain yang ada, seperti: konfigurasi Wenner, konfigurasi Schlumberger, konfigurasi Dipole-Dipole, konfigurasi Pole-Dipole dan konfigurasi Pole-Pole. Alasan pemilihan konfigurasi tersebut adalah karena konfigurasi Wenner-Schlumberger lebih penulis kuasai.

## 2. TEORI

Gunung lumpur atau yang lebih dikenal dengan Mudvolcano didefinisikan sebagai endapan lumpur yang mempunyai massa jenis lebih ringan dari batuan sekitarnya. Lumpur tersebut memiliki mobilitas tinggi dan naik ke permukaan melalui bidang lemah sebagai konduit, baik berupa sesar (mendatar atau tegak) serta rekahan-rekahan berbentuk kerucut seperti gunung api dengan ketinggian 17 meter sampai dengan 30 meter. Gunung lumpur merupakan teka-teki dalam bidang geosains hingga hampir dua abad. Berdasarkan klasifikasi tempat keluarnya,

gunung lumpur dibagi menjadi dua istilah, yaitu: gunung lumpur yang terkait dengan gunung api, dan gunung lumpur yang tidak terkait dengan gunung berapi. Keduanya banyak ditemui di lepas pantai (offshore) dan di pantai atau laut (onshore). Walaupun keduanya terjadi di aneka macam lingkungan tektonik, mayoritas ditemui di daerah kompresi tektonik.

Gunung lumpur memiliki bentuk, ukuran serta asal usul fluida dan fase padatnya yang bervariasi. Bentuknya bisa berupa datar, cekung, cembung dan terkubur. Diameternya bisa mencapai hingga 10 km dan ketinggiannya bisa mencapai beberapa ratus meter. Asal usul fluida dan fase padatnya berupa gas (dominan metana), air dan lumpur yang diperkirakan mengalami mobilisasi pada kedalaman hanya beberapa meter, namun lokasinya bisa berada pada kedalaman beberapa kilometer.

Komposisi gunung lumpur terdiri dari semua material yang dikeluarkan dari perut bumi baik berupa massa padat, plastis, cair dan gas. Massa padat berupa bebatuan, garam. Massa plastis berupa bubur lumpur, massa cair berupa air (baik itu air tanah, air magma/vulkanik, maupun air laut). Dan massa gas berupa gas metana, hidrat, dan gas belerang.

Secara umum, Gunung lumpur diklasifikasikan menjadi 2 jenis utama :

1. Gunung lumpur yang berasosiasi dengan gunung api. Di cirikan keberadaannya dengan gunung api aktif. Umumnya gunung lumpur ini bersuhu tinggi, mengeluarkan uap air dalam jumlah besar dan tidak hadirnya gas hidrokarbon. Contohnya adalah solfatara atau fumarole dan geyser yang dihasilkan oleh aktivitas vulkanik.
2. Gunung lumpur yang tidak berasosiasi/berhubungan dengan gunung api. Dengan kata lain gunung ini meletus secara independen tanpa terkait dengan gunung api. Gunung ini di cirikan dengan air letusan yang bersuhu relatif rendah/ dingin dan mengandung material hidrokarbon

(dalam bentuk gas). Tipe gunung lumpur ini merupakan gunung lumpur yang sesungguhnya.

Percobaan untuk mengklasifikasikan gunung lumpur ini berdasarkan karakter semburan dengan memperhatikan ekspresi permukaan, telah dilakukan oleh Kalinko (1964). Ia membedakan menjadi 3 kelas gunung lumpur diantaranya :

1. Kelas Satu : tipe Lokbatan  
Tipe gunung lumpur ini dengan bentuk kerucut
2. Kelas Dua : tipe Chikistylar  
Gunung Lumpur ini dengan bentuk sangat rendah dengan tonjolan atau kubah rata (flat domes), dimana menyatu dengan bidang di sekelilingnya atau membentuk depresi pipih (plateshape depressions) yang diisi air
3. Kelas Tiga : tipe Schugin  
Dicirikan oleh suatu bentuk yang bervariasi , tetapi yang umum dari gunung lumpur tipe ini membentuk kawah komposit (crater).

Gunung lumpur terbentuk karena melepaskan gas alami yang naik ke permukaan ketika menemukan kondukt (sesar mendatar yang tegak) dan membawa lumpur (mud) yang memiliki densitas yang lebih ringan dari sedimen disekitarnya. Lumpur, gas, batuan, belerang, dan garamserta air akan diletuskan dipermukaan membentuk kerucut seperti gunung. Proses sedimentasinya serupa mud diapir dalam skala rendah dikelilingi paket sedimen berdensitas tinggi. Gerakan tektonik berpengaruh , juga sedimen yang di endapkan secara cepat. Wilayah sesar mendatar aktif merupakan lahan subur gunung lumpur.

Terjadinya Gunung lumpur biasanya berasosiasi dengan suatu keadaan geologi yang lapisan sedimennya belum terkompaksikan, mempunyai tekanan tinggi dan mengakibatkan timbulnya diapir dari serpih ataupun penusukan oleh serpih. Gejala tersebut juga sering berasosiasi dengan daerah daerah yang disebut overpressured area, yaitu daerah

tekanan tinggi yang tekanan serpihnya lebih besar daripada tekanan hidrostatik, dengan demikian dapat menimbulkan kesulitan pemboran.

Ada pula yang menyebutkan bahwa pemicu gunung lumpur adalah akibat gaya dari dalam perut bumi(endogenik). Gunung lumpur sebenarnya identik dengan diapir lumpur/garam. Gunung lumpur merupakan intrusi massa yang relatif mobile (bergerak/berpindah) terhadap strata (lapisan/tingkatan) disekitarnya yang mengakibatkan adanya daya tamping (buoyancy) dan perbedaan tekanan berlebihan (oversaturated) dan ketika massa yang mengintrusi sampai di permukaan, maka fenomena inilah yang dikenal dengan Mudvolcano.

Ada dua faktor yang menyebabkan terjadinya semburan lumpur tersebut yaitu:

#### 1. Faktor alam

Munculnya lumpur panas di dunia selalu dikaitkan dengan adanya gunung lumpur (mud vulcano). Komposisi gunung lumpur ini terdiri atas semua material yang dikeluarkan perut bumi baik berupa masa padat, plastis, cair, dan gas. Munculnya gunung lumpur ini dipicu adanya bubur lumpur yang bercampur dengan kantong-kantong gas (metana) yang mengalami kelebihan tekanan terkubur di bawah permukaan yang berusaha keluar ke permukaan bumi. kondukt untuk keluarnya lumpur tersebut berupa bukaan atau rekahan terbentuk akibat proses tektonik atau pembentukan patahan atau struktur antiklin.

#### 2. Kegiatan manusia

Kegiatan manusia (man made activity), terjadi semburan lumpur panas yang diakibatkan oleh adanya aktivitas atau kegiatan manusia contohnya pemasangan rig dan pengeboran minyak bumi, seperti yang terjadi di Sidoarjo.

### 2.1 Geolistrik

Metode Geolistrik merupakan salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari tentang sifat aliran listrik di dalam bumi dengan cara mengalirkan arus

listrik DC (Direct Current) yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah. Injeksi arus listrik ini menggunakan 2 buah 'Elektroda Arus' A dan B yang ditancapkan ke dalam tanah dengan jarak tertentu. Semakin panjang jarak elektroda AB akan menyebabkan aliran arus listrik bisa menembus lapisan batuan lebih dalam. Umumnya, metode resistivitas ini baik untuk eksplorasi dangkal, yaitu sekitar 100 meter. Jika kedalaman lapisan lebih dari harga tersebut, informasi yang diperoleh kurang akurat, hal ini disebabkan karena melemahnya arus listrik untuk jarak bentang yang semakin besar.

'Spontaneous Potential' yaitu tegangan listrik alami yang umumnya terdapat pada lapisan batuan disebabkan oleh adanya larutan penghantar yang secara kimiawi menimbulkan perbedaan tegangan pada mineral-mineral dari lapisan batuan yang berbeda juga akan menyebabkan ketidak-homogenan lapisan batuan. Perbedaan tegangan listrik ini umumnya relatif kecil, tetapi bila digunakan konfigurasi Schlumberger dengan jarak elektroda AB yang panjang dan jarak MN yang relatif pendek, maka ada kemungkinan tegangan listrik alami tersebut ikut menyumbang pada hasil pengukuran tegangan listrik pada elektroda MN, sehingga data yang terukur menjadi kurang benar.

#### Potensial Dalam Medium Homogen

Diketahui bahwa arus mengalir secara kontinu dalam medium yang homogen isotropik. Jika  $\delta A$  merupakan sebuah elemen permukaan, sedangkan  $J$  adalah densitas arus dalam Ampere/m<sup>2</sup>, maka arus yang melalui  $\delta A$  adalah  $J \cdot d\vec{A}$ .

Densitas arus  $J$  dan kuat medan adalah  $E$  dalam hukum Ohm didapat hubungan :

$$\vec{J} = \sigma \cdot \vec{E} \quad (1)$$

dengan

$$\vec{E} = -\frac{dv}{dr} \quad (2)$$

Kuat medan merupakan gradien dari skalar potensial, dimana  $v$  dalam volts.

Sehingga dari persamaan (1) dan persamaan (2) diperoleh :

$$\frac{I}{A} = -\frac{1}{\rho} \frac{dv}{dr} \quad (3)$$

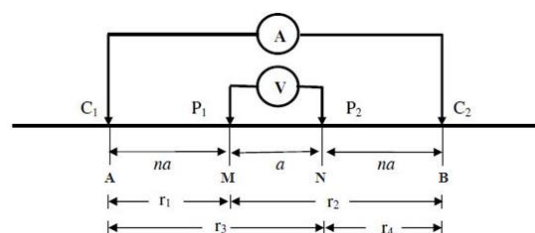
Dengan menyusun ulang persamaan (3) serta mensubstitusikan luas bidang ekuipotensial ( $A=2\pi r^2$ ), didapatkan persamaan :

$$dv = \left(\frac{I\rho}{2\pi}\right) d\left(\frac{1}{r}\right) \quad (4)$$

Selanjutnya mengintegrasikan persamaan (4) untuk batas  $\{(r \rightarrow \infty), (v = 0)\}$  dan  $(r$  dan  $V_r)$  maka diperoleh (Telford,dkk., 1990) :

$$V_r = \left(\frac{I\rho}{2\pi}\right) \left(\frac{1}{r}\right) \quad (5)$$

Metode geolistrik resistivitas dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* merupakan metode geolistrik yang menerapkan spasi elektroda potensial tetap ( $a$ ) dan spasi elektroda potensial arus ( $na$ ) dengan  $n$  adalah faktor pembesaran dari  $a$ . Berikut skema pengukuran geolistrik resistivitas konfigurasi *Wenner-Schlumberger* teknik mapping.



Gambar 1: Skema Konfigurasi *Wenner-Schlumberger*

Untuk menentukan resistivitas semu dari konfigurasi *Wenner-Schlumberger*, maka dicari nilai potensial setiap titik yang diperlihatkan pada maka akan didapatkan nilai resistivitas semu, yaitu:

$$\rho = \pi na(1+n) \frac{\Delta V}{I} \quad (6)$$

Atau dapat di tulis menjadi:

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (7)$$

Dengan  $\rho$  adalah resistivitas semu konfigurasi *Wenner-Schlumberger* ( $\Omega m$ ),  $K$  adalah faktor geometri konfigurasi *Wenner-Schlumberger* (m),  $\Delta V$  adalah nilai beda potensial (volt),  $I$  adalah kuat arus listrik (ampere)  $a$  adalah jarak antar elektroda (m),  $C$  adalah elektroda arus (ampere) dan  $P$  adalah elektroda potensial (volt).

### Induced Polarization

Metode Induced Polarization (IP) adalah salah satu bagian dari metode geolistrik selain resistivity. Induced Polarization (IP) adalah meluruhnya kelistrikan batuan pada waktu tertentu setelah arus yang diinjeksikan pada batuan tersebut dihentikan. Hal yang diamati oleh metode ini adalah fenomena hilangnya pengaruh listrik pada suatu batuan secara tidak langsung. Dengan kata lain, suatu batuan akan dianalogikan sebagai sebuah kapasitor. Pada metode IP arus diinjeksikan kedalam bumi melalui dua elektroda arus, kemudian beda potensial yang terjadi diukur melalui dua elektroda potensial.

Adanya selang waktu yang diperlukan batuan tersebut untuk lepas dari pengaruh listrik inilah yang dianalogikan sebagai kemampuan batuan untuk menyimpan suatu muatan listrik. Karakteristik ini umumnya dikenal dengan istilah *chargeability*. *Chargeability* adalah parameter yang diukur pada time domain. *Chargeability* menunjukkan nilai peluruhan dari suatu medium yang nantinya dapat menyimpan tegangan listrik.

Dalam pengukuran dilapangan, umumnya terdapat 2 jenis pengukuran *induced porarization* yang sering dilakukan dalam metode ini salah satunya adalah time domain. Cara termudah dalam melakukan pengukuran dengan menggunakan metode time domain ialah dengan melihat atau membandingkan

berapa tegangan sisa pada waktu tertentu setelah bagian dari sumber dimatikan. Karena nilai tegangan pada waktu ( $V(t)$ ) akan lebih kecil dibandingkan dengan tegangan awal yang diberikan  $V_c$  maka dengan membandingkan nilai  $V(t)/V_c$  akan menghasilkan rasio berupa milivolt/volt. Maka waktu tempuh dari nilai ( $V(t)$ ) akan berkisar antara 0.1 s.d 1 detik.

Dalam domain waktu kita mampu mendapatkan nilai *chargeability* dengan menggunakan persamaan:

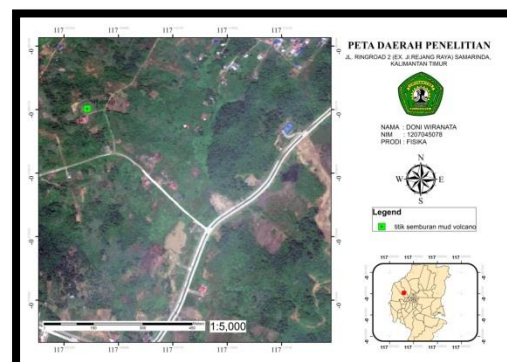
$$M_a = \frac{V_S}{V_P} \quad (8)$$

Dimana perhitungan *apparent chargeability* dengan cara membandingkan nilai  $V_p$  dengan  $V_s$  dengan mengintegrasikan terhadap sampel waktu yaitu:

$$M_a = \frac{1}{V_P} \int_{t_1}^{t_2} V_S (t) dt \quad (9)$$

### 3. METODE

Penelitian ini dilakukan dalam bulan April sampai bulan Juni 2017, dengan lokasi penelitian terletak di daerah Jl. Rejang Raya Batu Putih Suryanata, Samarinda, Kalimantan Timur. Adapun titik koordinat semburan adalah pada  $117^{\circ} 6' 28,33'' E$ ,  $0^{\circ} 28' 9,37'' S$ .



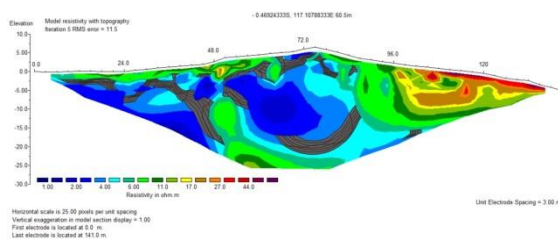
Gambar 2: Peta Daerah Penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi mudvolcano dilakukan atas dasar analisa data pengukuran untuk setiap penampang resistivitas dan *chargeability* dan data geologi permukaan. Pada penampang lintasan B, D, E dan F menunjukkan adanya indikasi mudvolcano berdasarkan hasil analisa di lapangan dan inversi dari data resistivitas dan *chargeability*. Data yang menunjukkan adanya indikasi mudvolcano memiliki nilai besaran resistivitas  $(4,5 \pm 0,5) \Omega m$  dan  $(60 \pm 20)$  msec *chargeability*. Nilai resistivitas ini didapatkan dari parameter yang digunakan serta melihat dari nilai di sekitar titik semburan, sedangkan Nilai *chargeability* didapatkan melalui overlapping data pada sekitar titik semburan.

Pada line A tidak terdapat adanya indikasi mudvolcano dikarenakan tidak ada nya nilai indikasi mudvolcano yang bersinggungan antara nilai resistivitas dan nilai *chargeability*.

Pada line B terdapat indikasi mudvolcano pada jarak sekitar 4,5 - 108 m dan pada kedalaman sekitar 5 m di atas permukaan tanah sampai 25 m dibawah permukaan tanah dengan nilai tabel  $(4,5 \pm 0,5) \Omega m$  yang ditunjukkan dengan warna biru muda. Serta nilai *Chargeability* indikasi mudvolcano adalah  $(60 \pm 20)$  msec dengan skala warna biru sampai kuning.

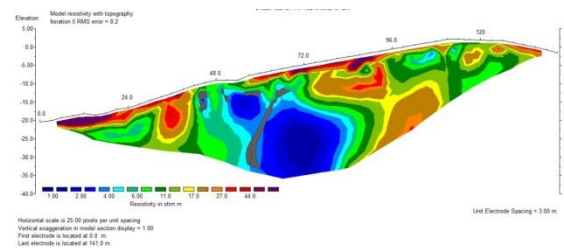


Gambar 3. Hasil analisa keberadaan mudvolcano berdasarkan overlapping nilai resistivitas dan *chargeability* pada line B

Pada line C tidak terdapat adanya indikasi mudvolcano dikarenakan tidak ada nya nilai indikasi mudvolcano yang

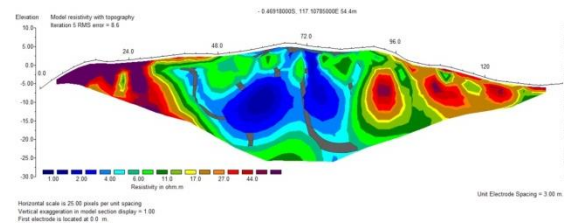
bersinggungan antara nilai resistivitas dan nilai *chargeability*.

Berdasarkan overlapping data antara nilai resistivitas dan *Chargeability* pada line D indikasi mudvolcano terdapat pada jarak sekitar 82,5 m sampai 86 m dan pada kedalaman sekitar 10 m sampai 35 m dibawah permukaan tanah dengan nilai resistivitas  $(4,5 \pm 0,5) \Omega m$  dan skala warna biru muda serta nilai *Chargeability* indikasi mudvolcano adalah  $(60 \pm 20)$  msec dengan skala warna biru sampai kuning



Gambar 4: Hasil analisa keberadaan mudvolcano berdasarkan overlapping nilai resistivitas dan *chargeability* pada line D

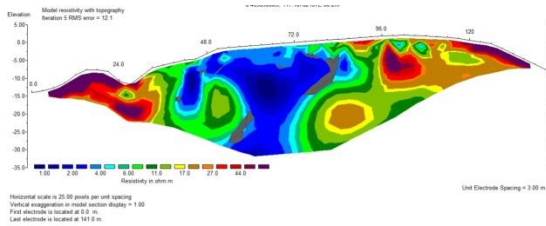
Indikasi mudvolcano yang terdapat pada line E ditunjukkan dengan nilai resistivitas  $(4,5 \pm 0,5) \Omega m$  dengan warna biru muda dan nilai *Chargeability*  $(60 \pm 20)$  msec dengan warna biru sampai kuning pada jarak sekitar 36 m sampai 87 m dan pada kedalaman sekitar 5 m diatas permukaan tanah sampai 25 m dibawah permukaan tanah. Pada line ini juga terdapat titik semburan mudvolcano.



Gambar 5: Hasil analisa keberadaan mudvolcano berdasarkan overlapping nilai resistivitas dan *chargeability* pada line E

Pada line F indikasi mudvolcano dapat di tunjukan dengan nilai resistivitas  $(4,5 \pm 0,5) \Omega m$  dengan warna biru muda dan nilai

*Chargeability* ( $60 \pm 20$ ) msec dengan warna biru sampai kuning yang berada pada jarak sekitar 39 m sampai 90 m dan pada kedalaman sekitar 0 sampai 31 m dibawah permukaan tanah.



Gambar 6: Hasil analisa keberadaan mudvolcano berdasarkan overlapping nilai resistivitas dan *chargeability* pada line F

Dari hasil analisa indikasi mudvolcano di atas, maka didapatkan nilai resistivitas mudvolcano ( $4,5 \pm 0,5$ )  $\Omega\text{m}$  dan nilai *Chargeability* ( $60 \pm 20$ ) msec. Juga, dari hasil analisa terhadap batuan di sekitar mudvolcano tersebut, diperkirakan bahwa material penyusunnya adalah lempung pasir. Mudvolcano di daerah penelitian tersebar dari arah utara titik semburan ke arah selatan titik semburan.

Terdapat mudvolcano di tempat lain, yaitu: mudvolcano Bangkalan dan mudvolcano Gunung Anyar. Mudvolcano Bangkalan memiliki nilai resistivitas 4,5  $\Omega\text{m}$  dan material penyusun yang mendominasi adalah batuan beku. Selanjutnya mudvolcano Gunung Anyar memiliki nilai resistivitas 0,583  $\Omega\text{m}$  dan batuan penyusun yang mendominasi adalah lempung pasir.

Berdasarkan temuan mudvolcano di tempat lain dan dicocokkan dengan mudvolcano pada daerah penelitian maka dapat disimpulkan bahwa material penyusun yang dapat ditemukan mudvolcano dan dapat dilalui mudvolcano adalah batu lempung pasir. Mengacu pada gambar dan pada subbab tentang kelas gunung lumpur, maka dapat disimpulkan bahwa mudvolcano daerah penelitian tergolong gunung lumpur kelas dua, yaitu: tipe Chikistylar.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dan analisa data maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai resistivitas dan *chargeability* dari mudvolcano yang didapat adalah ( $4,5 \pm 0,5$ )  $\Omega\text{m}$  dan ( $60 \pm 20$ ) msec.
2. Pola sebaran gunung lumpur daerah penelitian adalah tersebar dari arah utara ke selatan dari tempat penelitian.
3. Klasifikasi mudvolcano daerah penelitian adalah kelas dua: tipe Chikistylar.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Kopf, A. J. (2002), Significance of Mud Volcanism, *Revs of Geophysics*, Vol. 40, No 2, 1005, doi: 10. 1029/2000 RG 000093.
- Kopf, A. J. (2011), Significance of Mud Volcanism. *Reviews of Geophysics*, Vol. 40, No 2.
- Judd, A. (2005), Gas Emissions from Mud Volcanoes. Significance To Global Climate Change. Martinelli G., Panahi B., (ed.) *Mud Volcanoes, Geodynamics and Seismicity*, 51, chapter 4, 147-157.
- Kalinko, M. (1964), *Mud Volcanoes, Reasons of Their Origin, Development and Fading: VNIGRI*, v. 40, p. 30-54 (in Russian).
- Telford, M. W., Gerdart, L. P., Sheriff, R. E., Keys, D. A. (1990), *Applied Geophysics*. USA: Cambrige University Press. Page: 522-577.
- Santoso, Joko, 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: ITB, p 99-110.
- Sutan, Syamsidar., Cahyani, Rina Wahyu., Alam, Fajar. Syuhada, Endy Mukhlis. (2016), Exotism of Batu Putih Area in Samarinda, East Kalimantan as Conservation Area for Ecotourism Destination. *American Institute of Physics*. <http://dx.doi.org/10.1063/1.4975947>