

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

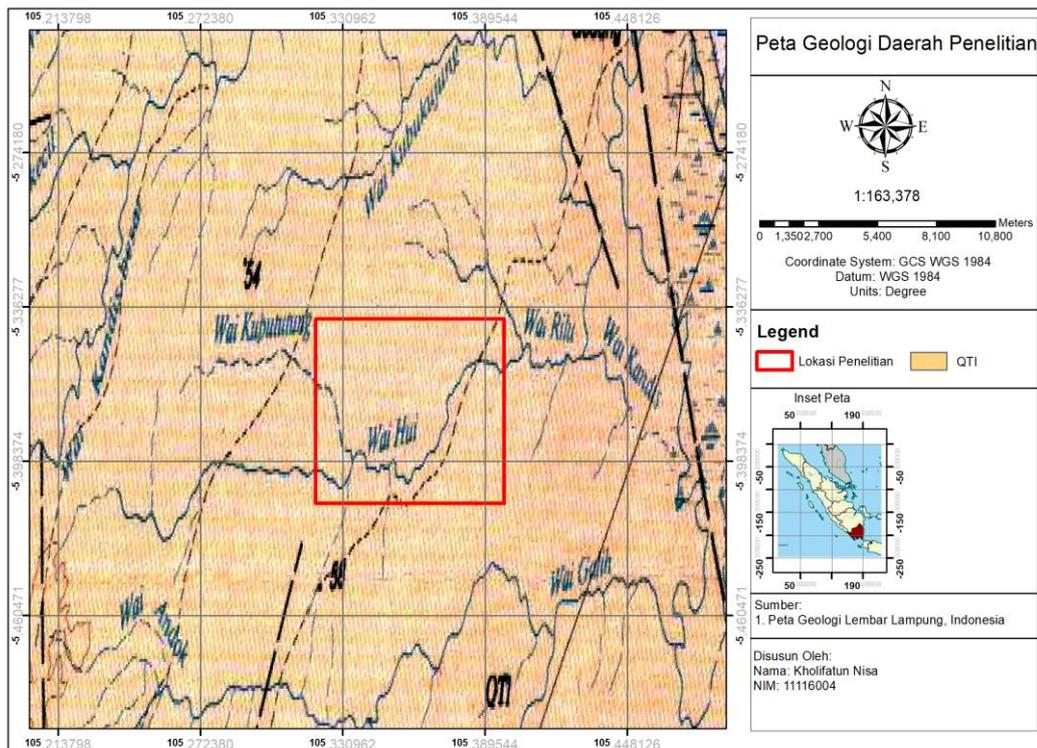
2.1 Geologi Daerah Penelitian

Lokasi penelitian terletak di desa Way Hui, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan. Formasi geologi daerah pengukuran merupakan formasi batuan QTI (*Lampung Formation*) terdiri dari tuf berbatuapung, tuf riolitik, tuf padu tift, batulempung tufan dan batupasir tufan (Gambar 2.1). Termasuk jenis batuan piroklastik yang mengandung debu vulkanik yang dikeluarkan selama letusan gunungapi, memiliki karakteristik semipermeabel, sehingga air permukaan sukar diteruskan ke bawah permukaan menuju lapisan akuifer[5].

Berdasarkan struktur geologinya, daerah penelitian tercakup dalam peta geologi Lembar Tanjungkarang. Secara umum daerah lembar Tanjungkarang dibagi menjadi tiga satuan morfologi, yaitu: dataran bergelombang di bagian Timur dan Timur Laut, pegunungan kasar di bagian Tengah dan Barat Daya, daerah pantai berbukit sampai datar. Daerah dataran bergelombang terdiri dari endapan vulkanoklastika Tersier dan Kuartar dan alluvium dengan ketinggian beberapa puluh meter di atas muka laut. Pegunungan Bukit Barisan terdiri batuan alas beku dan malihan serta batuan gunungapi muda. Lereng-lereng umumnya curam dengan ketinggian antara 500-1.680 m di atas muka air laut. Daerah pantai bertopografi beraneka ragam dan seringkali terdiri dari perbukitan kasar, mencapai ketinggian 500 m di atas muka air laut dan terdiri dari batuan gunungapi Tersier dan Kuartar serta batuan terobosan[5].

Struktur geologi regional penelitian, Sumatera yang terletak di sepanjang tepi barat daya Paparan Sunda, pada perpanjangan Lempeng Eurasia ke daratan Asia Tenggara merupakan bagian dari Busur Sunda. Kerak samudera yang telah mengalasi Samudera Hindia dan sebagian Lempeng IndiaAustralia, telah menunjam miring di sepanjang Parit Sunda di lepas pantai barat Sumatera. Lajur

pertemuan miring ini termasuk dalam Sistem Parit Busur Sunda yang membentang lebih dari 5.000 km dari Birma sampai Indonesia bagian timur. Letak busur dan parit yang terdapat sekarang mungkin terjadi sejak Miosen. Tekanan yang terjadi akibat penunjaman miring tersebut secara berkala dicerminkan oleh sesar-sesar yang sejajar dengan tepi lempeng dan dibuktikan di dalam Sistem Sesar Sumatera yang membentang sepanjang pulau dan merentas Busur Barisan. Sehubungan dengan busur magma tersebut, dari barat ke timur, Sumatera dapat dibagi menjadi empat mandala tektonik, yaitu: Lajur Akresi atau Mentawai, Lajur Busur Muka atau Lajur Bengkulu, Lajur Busur Magma atau Lajur Barisan dan Lajur Busur Belakang atau Lajur Jambi-Palembang[5].



Gambar 2.1 Peta geologi daerah penelitian[9]

2.2 Konsep Metode Potensial Diri (SP)

Metode potensial diri (SP) merupakan salah satu metode geofisika pasif yang dapat dimanfaatkan untuk eksplorasi sumberdaya alam bawah permukaan tanah

paling sederhana, prinsip kerjanya adalah mengukur tegangan statis di alam (*static natural voltage*) akibat aktivitas mekanik dan elektrokimia di bawah permukaan, diukur diantara dua titik permukaan. Aktivitas elektrokimia terjadi akibat perbedaan konsentrasi yang bervariasi, berupa potensial difusi, potensial *nerst*, dan potensial mineralisasi. Sedangkan aktivitas mekanik terjadi akibat adanya sebuah elektrolit yang mengalir melalui medium berpori, berupa potensial elektrokinetik (*streaming potential*)[10].

Potensial diri atau biasa disebut juga dengan *self potential* (SP) merupakan perbedaan potensial yang terjadi secara alami antara titik-titik di permukaan tanah. Perbedaan potensial dihasilkan di dalam bumi atau di dalam batuan yang mengalami pelapukan batuan/mineral, variasi mineral di dalam batuan, aktivitas biolistrik bahan organik, gradien tekanan dan temperatur pada permukaan cairan, serta gejala alam lainnya[11]. Potensial alami terjadi akibat perbedaan material-material, dekat larutan elektrolit dengan perbedaan konsentrasi dan aliran fluida di bawah permukaan. Selain itu, hal lain yang mengakibatkan terjadinya potensial diri di bawah permukaan yaitu dihasilkan oleh perbedaan mineralisasi, aktivitas elektrokimia, aktivitas geothermal dan bioelektik oleh tumbuhan-tumbuhan (vegetasi) yang dipetakan untuk mengetahui informasi di bawah permukaan[10]. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa, potensial diri merupakan hasil dari *coupling* antara aliran listrik, non listrik dan gaya di dalam bumi.

Pada skala makroskopik fenomena perpindahan *coupling* dijelaskan dalam konteks termodinamika non-kesetimbangan dan diasumsikan bahwa aliran secara linier berhubungan dengan daya penggerak. Hasil ini dijelaskan dalam sistem linier pada persamaan (2.1), dimana L_{ij} merupakan koefisien *coupling* yang menghubungkan gaya (X_i) dengan aliran (q_i).

$$\begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \\ q_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} & L_{13} & L_{14} \\ L_{21} & L_{22} & L_{23} & L_{24} \\ L_{31} & L_{32} & L_{33} & L_{34} \\ L_{41} & L_{42} & L_{43} & L_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Onsager (1931) menunjukkan bahwa untuk aliran kecil matriks koefisien *coupling* adalah simetris ($L_{ij} = L_{ji}$). Sistem fenomena *coupling* sering disebut sebagai hubungan timbal balik Onsager.

Gaya khas dan aliran terkonjugasinya berupa gradien potensial listrik, kerapatan arus listrik (Hukum Ohm), gradien hidrolik dan aliran fluida (Hukum Darcy's), gradien kimia dan aliran terlarut (Hukum Fick), serta gradien termal dan aliran panas (Hukum Fourier). *Coupling* yang dijelaskan pada persamaan (2.1) tepat untuk aliran non-konjugasi lainnya yaitu,

$$q_i = \sum_j L_{ij} X_j \quad (2.2)$$

Total densitas arus listrik $j = q_i$ [$A \cdot m^{-2}$] di bumi dihasilkan dari keempat gaya, yang ditulis sebagai berikut:

$$j(x) = j_c(x) + j_k(x) + j_d(x) + j_t(x) \quad (2.3)$$

j_k merupakan arus yang mengalir karena tekanan hidrolik, j_d merupakan arus difusi yang disebabkan oleh tekanan kimia, j_t merupakan rapat arus yang terjadi karena tekanan panas (aliran panas), dan j_c merupakan arus konduksi umum.

$$j_c(x) = \sigma(x)E(x) \quad (2.4)$$

Medan listrik dapat ditulis sebagai gradien negatif dari potensial listrik skalar $\varphi(x)$ [V].

$$E(x) = -\nabla\varphi(x) \quad (2.5)$$

Menggunakan divergensi Hukum Ampere (2.6)

$$\nabla \cdot (\nabla \times \vec{H}) = \nabla \cdot \left(\frac{\partial \vec{\epsilon} \vec{E}}{\partial t} + \vec{j} \right) = 0, \quad (2.6)$$

Substitusikan Hukum Gauss persamaan 2.7 ke persamaan 2.6

$$\vec{\nabla} \cdot (\vec{\epsilon} \vec{E}) = \rho_q, \quad (2.7)$$

Hasil substitusi persamaan (2.7) ke persamaan 2.6 dapat dituliskan,

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{j} = -\frac{\partial \rho_q}{\partial t} \quad (2.8)$$

Dalam persamaan (2.6) dan (2.7), ϵ adalah permitivitas listrik $[F \cdot m^{-1}]$, ρ_q adalah densitas muatan $[C \cdot m^{-3}]$ dan j adalah densitas arus total dari persamaan (2.3). Untuk kasus *quasi-static*, turunan waktu dari densitas muatan dapat diabaikan, menghasilkan persamaan yang dikenal dengan persamaan konservasi arus.

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{j} = 0 \quad (2.9)$$

Potensi diri merupakan potensial listrik yang terukur terkait dengan arus konduksi j_c yang disebabkan oleh *coupling* dengan satu atau lebih gaya. Substitusikan persamaan (2.3) ke persamaan (2.9) dengan memisahkan gaya dari respon listrik maka persamaan dapat dituliskan,

$$-\vec{\nabla} \cdot \vec{\sigma}(x) \nabla \varphi(x) = \vec{\nabla} \cdot \vec{j}_s(x) = s(x) \quad (2.10)$$

$s(x) [A \cdot m^{-3}]$ merupakan divergensi jumlah densitas arus,

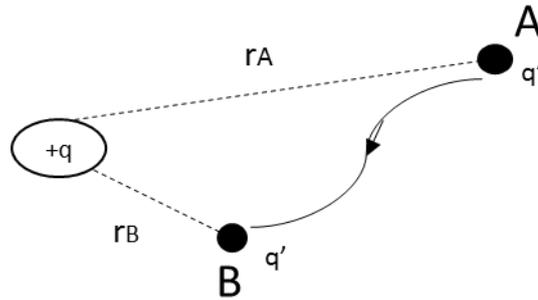
$$j_s = j_k + j_d + j_t = \sum_{j \neq 1} L_{ij} X_j \quad (2.11)$$

Coupling coefficients L_{ij} memiliki peranan penting dalam menentukan respon potensial diri[12].

2.3 Potensial Listrik dan Gradien Potensial Listrik

Energi potensial listrik dan potensial listrik secara konsep pemahamannya sama dengan pemahaman tentang usaha dan perubahan energi. Untuk memindahkan/menggerakkan sebuah benda diperlukan usaha. Usaha yang dilakukan sama dengan perubahan energi kinetik atau perubahan energi potensial

benda tersebut. Begitu juga halnya untuk memindahkan muatan listrik dalam medan listrik diperlukan usaha, usaha yang dilakukan sama besarnya dengan perubahan energi potensial. Besarnya energi yang diperlukan untuk memindahkan muatan bergantung pada besar muatan yang dipindahkan dan jarak perpindahannya. Untuk menjelaskan pengertian energi potensial listrik dan potensial listrik, akan dijelaskan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Medan listrik yang ditimbulkan muatan listrik[24].

Gambar 2.2 menggambarkan medan listrik yang ditimbulkan muatan listrik q untuk memindahkan muatan sebesar q' dari titik A yang berjarak r_A ke titik B yang berjarak r_B dari q . Usaha yang diperlukan adalah :

$$W_{AB} = \int_{r_A}^{r_B} F dr \quad (2.12)$$

$$= \int_{r_A}^{r_B} kqq' \frac{dr}{r^2} \quad (2.13)$$

$$W_{AB} = -kqq' \quad (2.14)$$

Energi Potensial listrik bertanda negatif, yang berarti makin jauh dari muatan listrik penimbul medan makin besar energi potensialnya. Besarnya energi potensial listrik di jauh tak terhingga sama dengan nol. Apabila titik A berada di jauh tak terhingga r_A , maka $E_{PA} = 0$ dan persamaan diatas menjadi :

$$\begin{aligned} (E_P)_B - 0 &= kqq' \\ (E_P)_B &= k \frac{qq'}{r_B} \end{aligned} \quad (2.15)$$

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa energi potensial listrik di suatu titik (P) dalam medan listrik didefinisikan sebagai usaha yang diperlukan untuk memindahkan muatan listrik (q') dari jauh tak terhingga ke titik itu.

$$W = -Q \int_0^{\infty} \vec{E} \cdot d\vec{L} \quad (2.16)$$

Hal ini menyerupai benda dengan massa yang bergerak ke atas menjauhi bumi. Dengan begitu, ketinggian serta energi potensial gravitasinya juga bertambah. Jika kedua muatan tidak sama keduanya akan saling tarik-menarik atau saling mendekati. Dengan demikian, perubahan energi potensial listrik akan bernilai negatif atau berkurang. Hal ini sama dengan benda yang massanya bergerak ke bawah mendekati bumi. Dimana nilai gravitasinya akan berkurang.

Gradien potensial listrik merupakan metode sederhana yang digunakan untuk mencari intensitas medan listrik. Medan listrik didefinisikan sebagai vektor yang memiliki arah dan besaran tertentu. Sedangkan gradien digunakan untuk mengubah fungsi skalar menjadi vektor dalam hal ini yang menjadi besaran skalar adalah potensial listrik.

$$E = -\nabla V \quad (2.17)$$

Maka diperoleh hubungan penting, yaitu di sembarang titik dalam sebuah medan listrik, komponen intensitas listrik dalam sembarang arah sama dengan harga negative gradien potensial dalam arah tersebut. Makin besar intensitas listrik, maka kecil jarak tegak lurus antara ekuipotensial. karna ekuipotensial sangat berdekatan dalam medan yang kuat dan sangat berjauhan dalam medan yang lemah[24].

2.4 Potensial Elektrokinetik (*streaming potential*)

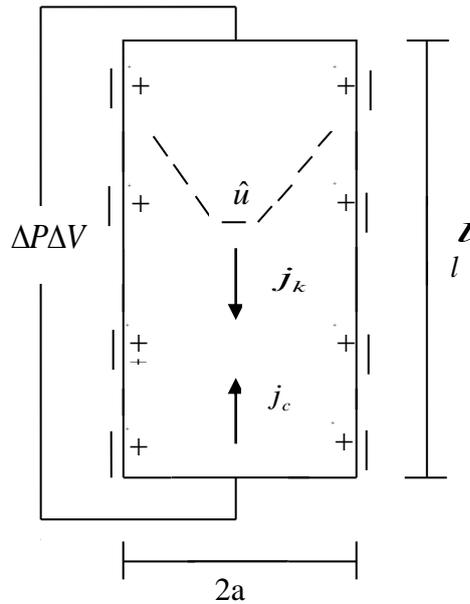
Potensial yang mengalir dihasilkan dari hubungan antara aliran fluida dan konduksi listrik dalam medium berpori, yang dikenal dengan potensial

elektrokinetik (*streaming potential*)[6]. Aliran konduksi listrik berhubungan dengan gradien hidrolis dan kuantitas yang dikenal dengan koefisien elektrofiltrasi terkopel C (*coupling coefficients*) yang merepresentasikan sifat fisis dan kelistrikan dari elektrolit. Ketika larutan elektrolit yang berada dalam medium berpori batuan mengalir, maka timbul potensial elektrolit.

Gradien hidrolis menghasilkan densitas arus *streaming* di dalam fluida (j_k pada persamaan 2.3).

$$j_k = \rho_q \hat{u} \quad (2.18)$$

ρ_q menunjukkan densitas muatan [$C \cdot m^{-3}$] dan \hat{u} merupakan kecepatan fluida [$m \cdot s^{-1}$].



Gambar 2.3 Penampang medium pori silinder[12].

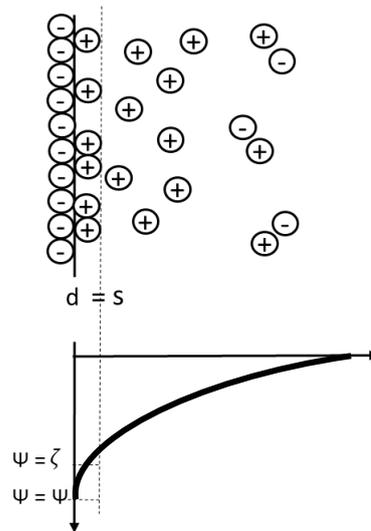
Pertimbangkan aliran fluida melalui medium pori berbentuk silinder dibawah gradien tekanan statis (Gambar 2.2). Kecepatan fluida dapat dijelaskan oleh Hukum Poiseuille.

$$\hat{u}(r) = \frac{\Delta P}{4\eta l}(a^2 - r^2) \quad (2.19)$$

ΔP , merupakan penurunan tekanan di ujung medium pori [Pa], η merupakan viskositas fluida [$Pa \cdot s$], l merupakan panjang medium pori [m], a adalah jari-jari medium pori [m], dan r adalah *radial* dalam medium pori [m]. Densitas muatan juga merupakan fungsi jarak dari dinding medium pori, dan diatur dalam Hukum Gauss (dalam kordinat *radial*).

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} r \frac{d\varphi}{dr} = \frac{-\rho_q}{\varepsilon} \quad (2.20)$$

φ menunjukkan potensial [V] dengan jarak dari dinding pori karena kelebihan muatan. Potensial zeta ζ [V] didefinisikan sebagai potensial pada jarak dari dinding medium pori di mana muatan dapat berpindah dengan fluida ($r = s \approx a$) terikat erat dalam lapisan ganda untuk $s < r < a$ (Gambar 2.3).



Gambar 2.4 Skematik lapisan ganda listrik di sekitar fluida padat bermuatan negatif oleh ion positif seimbang oleh ion positif tetap dalam lapisan Helmholtz[12].

Teorema divergensi dapat digunakan untuk mengkonversi integral volume silinder ke permukaan yang tidak terpisahkan dari densitas arus total. pada persamaan (2.10).

$$\int_V \nabla \cdot (j_c(x) + j_k(x)) dV = \int_{\partial V} n \cdot (j_c(x) + j_k(x)) dS = 0 \quad (2.21)$$

Total arus I [A], yang mengalir melewati suatu permukaan didefinisikan oleh integral densitas arus di atas permukaan.

$$I = \int_S n \cdot j(x) dS \quad (2.22)$$

Pada persamaan (2.15) menyatakan bahwa total arus yang melewati permukaan adalah nol, dan arus *streaming* seimbang dengan arus konduksi.

$$-\int_S n \cdot j_c(x) dS = -I_c = I_k = \int_S n \cdot j_k(x) dS \quad (2.23)$$

Penting untuk diketahui bahwa total arus yang melewati permukaan sama dengan nol, tetapi arus pada titik tertentu dalam sistem mungkin bukan nol. Dengan menggabungkan persamaan (2.12) sampai persamaan (2.14) didapatkan,

$$I_k = \frac{-\varepsilon\pi\Delta P}{2\eta l} \int_0^s dr \frac{d}{dr} r \frac{d\varphi}{dr} (a^2 - r^2) \quad (2.24)$$

Integrasi dengan bagian didapatkan,

$$I_k = \frac{-\varepsilon\pi\Delta P}{2\eta l} \left[(a^2 - r^2)r \frac{d\varphi(r)}{dr} \Big|_0^s - \int_0^s dr (-2r)r \frac{d\varphi(r)}{dr} \right] \quad (2.25)$$

Istilah pertama dalam tanda kurun bernilai nol ($a^2 - r^2$) karena $a \approx s$ maka persamaan (2.18) dapat ditulis kembali,

$$I_k = \frac{-\varepsilon\pi\Delta P}{2\eta l} \left[r^2 \varphi(r) \Big|_0^s - \int_0^s dr 2r \varphi(r) \right] \quad (2.26)$$

Potensial zeta merupakan istilah ilmiah untuk potensial elektrokinetik dalam larutan (koloid) yang didefinisikan sebagai,

$$\varphi(s) = \zeta \quad (2.27)$$

Integral yang tersisa di taksir menjadi nol. Dengan demikian, arus *streaming* dalam medium silinder sebagai fungsi dari gradien tekanan adalah substitusikan persamaan (2.20) ke dalam persamaan (2.19) maka,

$$I_k = \frac{-\varepsilon\zeta\pi^2\Delta P}{\eta l} \quad (2.28)$$

Arus konduksi, I_c mengalir dalam arah yang berlawanan dan ditemukan dengan mengintegrasikan persamaan (2.4) di atas permukaan silinder didapatkan,

$$I_c = \int_0^a dr(2\pi r)\sigma_f \frac{\Delta\varphi}{l} \quad (2.29)$$

dimana, σ_f merupakan konduktivitas fluida, maka,

$$I_c = \frac{\pi a^2 \sigma_f \Delta\varphi}{l} \quad (2.30)$$

$-I_c = I_k$ dengan persamaan (2.21) dan (2.24) menghasilkan sebuah persamaan yang dikenal sebagai persamaan Helmholtz-Smoluchowski yang menghubungkan potensial listrik di ujung silinder (medium pori) dengan perbedaan tekanan yang diberikan maka,

$$\Delta\varphi = \frac{\varepsilon\zeta}{\eta\sigma_f} \Delta P \quad (2.31)$$

dimana:

- ζ = potensial zeta
- ε = konstanta dielektrik dari fluida
- $\Delta\varphi$ = perbedaan potensial elektrokinetik (mV)
- η = *viscosity* fluida (ML^{-1}T^2)
- σ_f = konduktivitas dari fluida ($\text{I}^2\text{T}^3\text{M}^{-1}\text{L}^{-2}$)
- ΔP = perbedaan tekanan ($\text{ML}^{-1}\text{T}^{-2}$)

Persamaan (2.23) dikenal pula dengan persamaan Helmholtz-Smoluchowski. Bila koefisien kopling (*coupling coefficients*) adalah c didefinisikan sebagai perbandingan antara potensial elektrokinetik ($\Delta\varphi$) dengan perbedaan gradien tekanan (ΔP) maka koefisien potensial elektrokinetik dapat ditulis kembali sebagai berikut,

$$c = \frac{\varepsilon\zeta}{\eta\sigma_f} \quad (2.32)$$

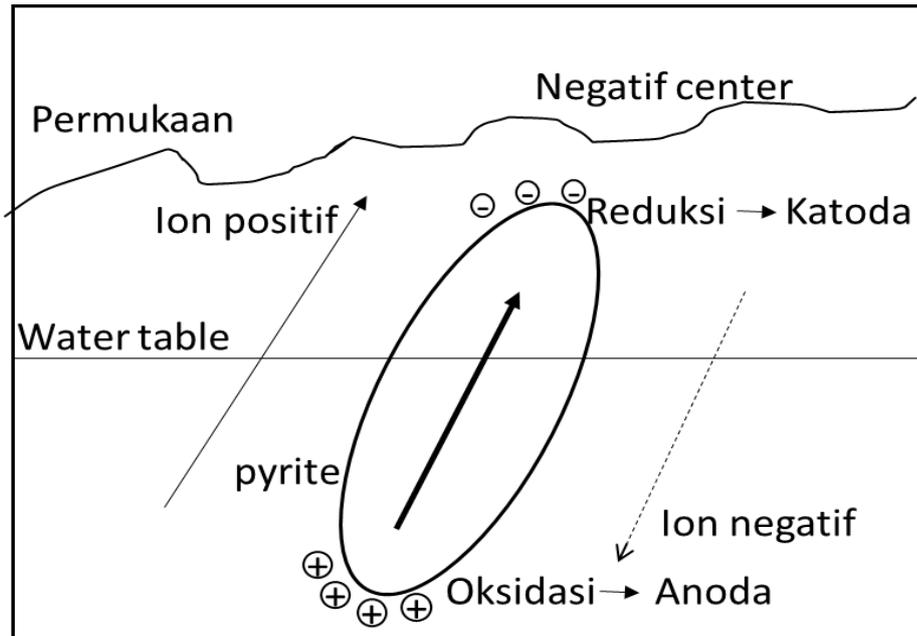
Koefisien kopling (*coupling coefficients*) potensial elektrokinetik merupakan dasar parameter yang mencirikan potensial elektrokinetik di lapangan[12].

2.5 Potensial Difusi (*liquid junction*)

Potensial difusi akan terjadi ketika dua larutan elektrolit dengan mobilitas anion dan kation dalam konsentrasi berbeda saling bersentuhan (transfer ion). Perbedaan konsentrasi yang ada pada kedua larutan disebut sebagai gradien konsentrasi. Besarnya potensial difusi bergantung pada kecepatan relatif pergerakan ion. Potensial difusi tidak dapat diukur secara langsung namun dapat dihitung dengan meninjau gaya gerak listrik (GGL) dari konsentrasi sel (*transfer cell*) berupa konsentrasi sel tanpa pemindahan dan konsentrasi sel dengan pemindahan. Dalam konsentrasi sel, GGL terjadi karena adanya jenis perbedaan konsentrasi[13].

2.6 Potensial Mineralisasi

Potensial mineralisasi merupakan proses yang terjadi ketika dua jenis logam dimasukkan dalam suatu bahan homogen, maka logam tersebut akan menimbulkan beda potensial. Beda potensial ini disebut sebagai potensial kontak elektrolit. Pada daerah yang banyak mengandung mineral, potensial kontak elektrolit dan potensial elektrokimia timbul dan dapat diukur dipermukaan dimana mineral itu berada[14]. Potensial mineralisasi bernilai kurang dari 100 mV[14].



Gambar 2.5. Potensial Mineralisasi menurut Sato dan Mooney[15].

Berdasarkan (Gambar 2.4) diatas dapat dilihat bahwa bagian atas dari tubuh sulfida mengalami proses reduksi sedangkan bagian bawah mengalami proses oksidasi, sehingga terbentuk *cell*. Bagian dalam dari tubuh mineral berfungsi sebagai jalur transport elektron dari anoda ke katoda.

Pengukuran potensial dalam metode SP menggunakan Digital Milivoltmeter. Untuk menghindari kesalahan potensial (alam) karena adanya potensial polarisasi yang timbul pada permukaan elektroda logam, maka pengukuran SP menggunakan elektroda khusus yang disebut *non polarisable electrode*. Elektroda ini dibuat dari logam yang dicelupkan dalam larutan yang ditempatkan dalam wadah yang berpori-pori (keramik), elektroda ini sering disebut juga *porouspot electrode*[15].

2.7 Konsep Air Bawah Tanah

Air bawah permukaan merupakan aliran air di bawah permukaan hasil dari resapan yang terkandung dari air permukaan. Air yang meresap ke dalam tanah

sebagian akan tertahan oleh partikel partikel tanah dan akan menguap kembali ke atmosfer. Sebagian akan diserap oleh tumbuhan dan sebagian lagi akan terus meresap ke bawah sampai pada zona dimana pori-pori tanah seluruhnya terisi oleh air (*saturated zone*). Air yang terdapat dalam zona ini disebut air tanah. Batas teratas dari zona yang jenuh air ini disebut muka air tanah (*water table*)[16].

Keberadaan air bawah tanah sangat bergantung besarnya curah hujan dan besarnya air yang dapat meresap ke dalam tanah. Faktor lain yang mempengaruhi adalah kondisi litologi (batuan) dan geologi setempat. Berdasarkan sifat fisik batuan juga mengartikan akuifer sebagai kemampuan batuan untuk meneruskan aliran fluida ketika ada tekanan hidrolik yang mengenainya. Permeabilitas dan porositas merupakan parameter yang saling berkaitan. Permeabilitas menentukan porositas yang dapat meneruskan air bawah tanah dan porositas lebih terkait dengan volume ruang dalam batuan yang mungkin terisi fluida. Permeabilitas dapat terkait dengan kemampuan pori antar batuan dalam meneruskan fluida.

Kondisi tanah yang berpasir lepas atau batuan yang permeabilitasnya tinggi akan mempermudah infiltrasi air hujan ke dalam formasi batuan. Jika batuan dengan sementasi kuat dan kompak memiliki kemampuan untuk meresap air kecil. Dalam hal ini hampir semua curah hujan akan mengalir sebagai limpasan (*runoff*) dan terus ke laut[17].

2.8 Aliran Air Tanah

Aliran air tanah merupakan aliran yang terjadi di bawah permukaan air tanah ke elevasi yang lebih rendah yang akhirnya menuju sungai atau langsung ke laut. Air tanah mengalir dari titik berenergi potensial tinggi ke arah titik berenergi potensial lebih rendah, antara titik yang berenergi potensial sama tidak terdapat pengaliran air tanah[6].

Suatu daerah yang kaya dengan air tanah atau tidak adalah dengan mengetahui pergerakan atau aliran air tanah. Pergerakan aliran air tanah dimulai dari daerah resapan air tanah (*recharge zone*). Daerah ini merupakan wilayah dimana air berada di permukaan tanah baik air hujan ataupun air permukaan mengalami proses infiltrasi, melalui celah rekahan batuan.

Proses infiltrasi ini akan berkumpul pada satu titik dimana air tersebut menemui suatu lapisan atau struktur batuan yang bersifat kedap air (*impermeable*) dan akan membentuk zona jenuh air (*saturated zone*)[17].

2.9 Anomali Self Potential

Prinsip mekanisme yang menghasilkan potensial diri adalah proses mekanik dan proses elektrokimia[22]. Jenis Anomali dan sumber geologi pada pengukuran *self potential* dapat dilihat pada Tabel (2.1):

Tabel 2.1 Sumber geologi dan jenis anomali[14]

Sumber	Jenis Anomali
<i>Potensial Mineral</i>	
Sulphide ore bodies (pyrite, chalcopyrite, pyrrhotite, sphalerite, galena)	Negatif, 100-1000 mV
Graphite ore bodies	
Magnetite + other electronically conducting minerals	
Coal	
Manganese	
Urat Kuarsa	Positif 10 - 100 mV
Pegmatite	
<i>Background potential</i>	
Aliran fluida, reaksi geokimia	Positif/negatif, ≤ 100 mV
Efek biolistrik (tumbuhan, pohon)	Negatif, ≤ 300 mV
Gerakan air tanah	Positif/negatif, hingga 100- 1000 mV
Topografi	Negatif, hingga 2V

Background potentials terbentuk oleh aliran zat cair, aktivitas biolistrik pada tumbuhan dan ditimbulkan oleh perbedaan konsentrasi elektrolit pada air tanah

dan aktivitas geokimia lainnya. Nilai yang terbentuk mempunyai variasi besar, tetapi secara umum besarnya kurang dari 100 milivolt. Secara rata-rata pengukuran potensial dengan interval beberapa ribu meter, potensialnya selalu bertambah mendekati nol atau biasa dikatakan dari positif menuju negatif. Besarnya nilai *background potentials* bergantung dari sumber geologi yang ada di bawah permukaan sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel (2.1). *Background potentials* memiliki beberapa karakteristik gradien regional. Pertama gradien potensial hasil pengukuran menunjukkan 1 milivolt per 3.050 meter dengan luasan hanya beberapa mill dan bernilai positif ataupun negatif. Hal ini diperkirakan adanya perubahan difusi dan potensial listrik pada air tanah. Nilai yang terukur dapat berubah dengan cepat dan acak pada *baseline shift* atau garis dasar *background potentials*. Gradien regional kedua, yaitu gradien regional yang mempunyai besar sama, hal ini berkaitan dengan topografi nilai yang terukur selalu negatif pada puncak, kemungkinan diakibatkan oleh adanya aliran potensial[22].

2.10 Moving Average

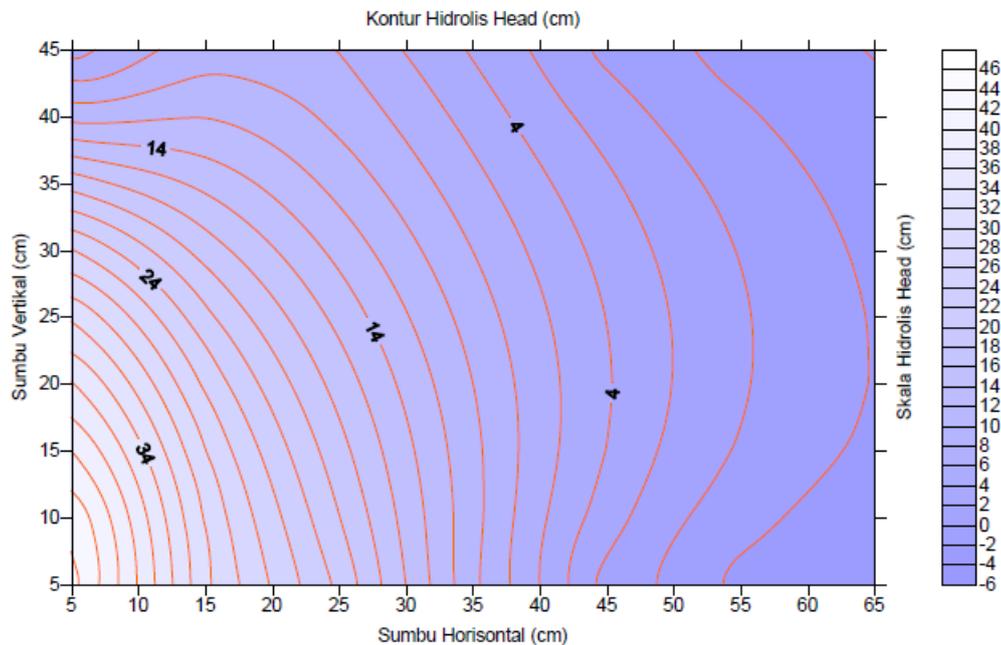
Moving average merupakan indikator teknikal yang menghaluskan pergerakan nilai dengan menyaring fluktuasi harga yang bersifat acak. Sebagai indikator, *moving average* bersifat *trend following* (mengikuti tren) dan *lagging* (tertunda) karena dibuat berdasarkan nilai yang telah terjadi. *Moving average* dihitung berdasarkan nilai rata-rata pergerakan nilai dalam periode tertentu. Nilai rata-rata dapat diambil dari harga tertinggi (*High*), terendah (*Low*), ataupun harga tengah (*Median*)[23]. Penggunaan *moving average* pada penelitian ini digunakan untuk menghaluskan pergerakan data potensial yang dihitung berdasarkan nilai rata-rata potensial listrik. Rumus matematis *moving average* akan dijelaskan pada persamaan (2.33).

$$MA = \frac{A1 + A2 + \dots + An}{n} \quad (2.33)$$

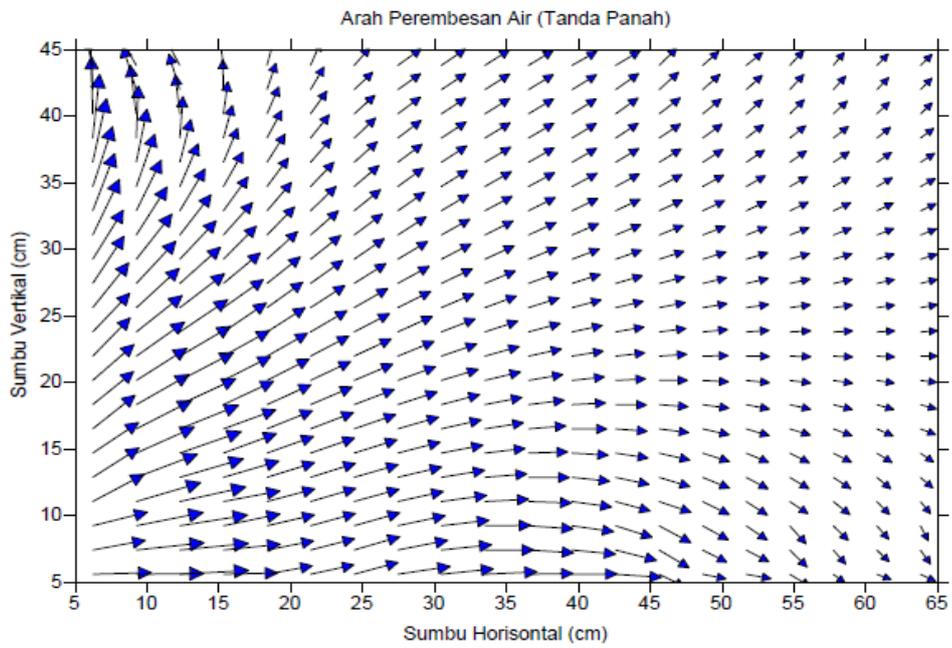
A merupakan masing-masing titik data dan n merupakan jumlah periode waktu.

2.11 Penelitian Terkait

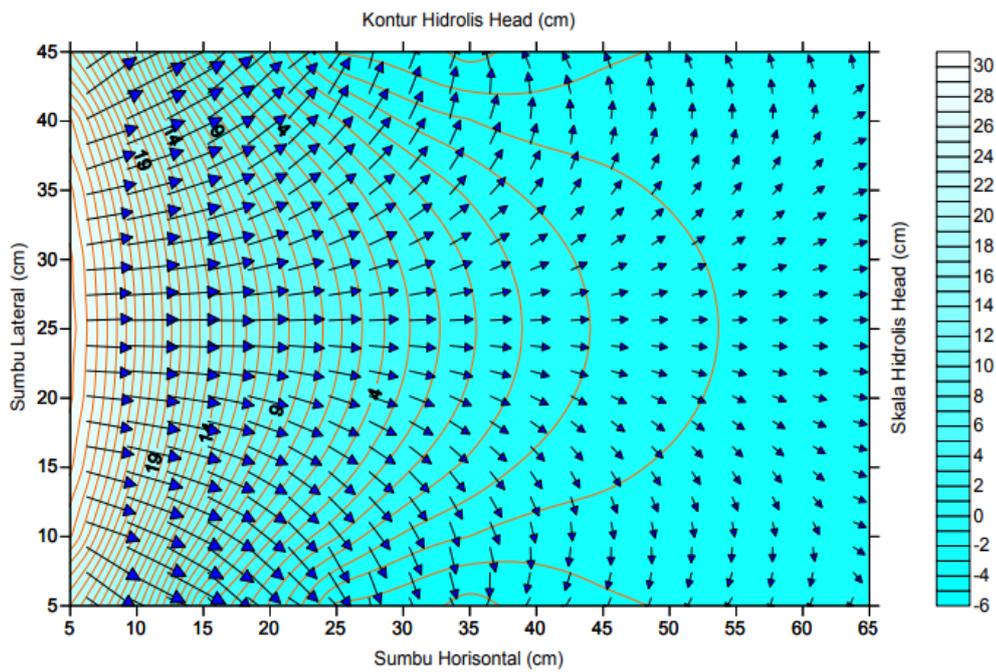
Jefri dan Hamzah (2012) telah melakukan penelitian mengenai model distribusi potensial elektrokinetik dalam medium pori dengan menggunakan metode elemen batas. Hasil dari penelitian ini yaitu dengan dihasilkannya pemodelan secara matematik distribusi potensial elektrokinetik dalam medium pori berupa model distribusi hidrolis *head (equipotential)* sayatan lateral (Gambar 2.6) Distribusi garis aliran (*flow line*) pada arah lateral (Gambar 2.7), garis aliran tegak lurus equipotensial (*flow net*) pada arah lateral (Gambar 2.8), distribusi kecepatan perembesan sayatan lateral (Gambar 2.9), serta distribusi potensial elektrokinetik pada arah lateral (Gambar 2.10). Pemodelan distribusi potensial elektrokinetik secara lateral lebih mudah diselesaikan dibandingkan distribusi potensial elektrokinetik secara vertikal dikarenakan sayatan lateral dapat diambil syarat batas pada sumber hanya satu macam nilai tinggi hidrolis total sedangkan pada sayatan vertikal nilai tinggi hidrolis total sangat variatif, artinya setiap titik sumber pada arah verikal mempunyai nilai tinggi hidrolis total yang berbeda[18].



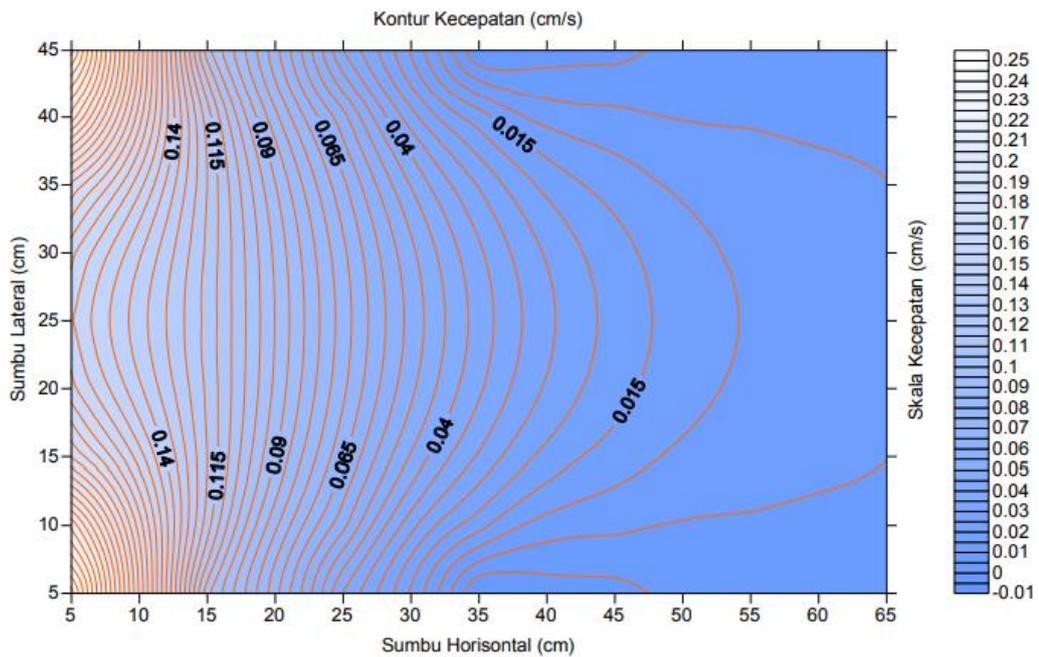
Gambar 2.6 Model distribusi tinggi hidrolis total (*equipotential*) sayatan lateral[18].



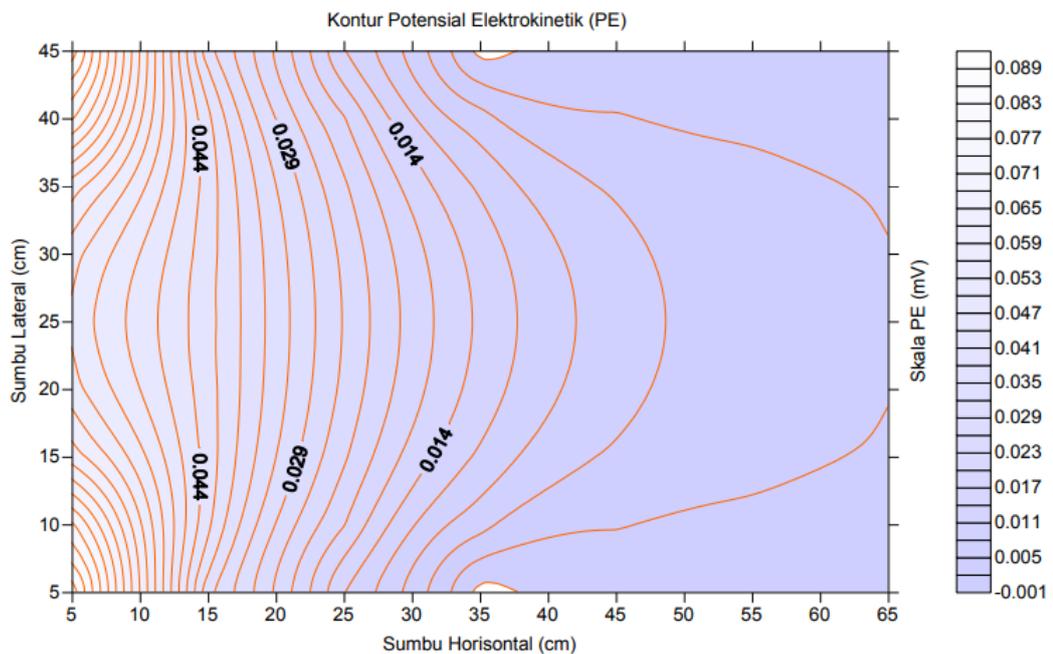
Gambar 2.7 Model Distribusi Garis Aliran (*flow line*) pada arah lateral[18].



Gambar 2.8 Garis Aliran Tegak Lurus Garis Equipotensial (*Flow Net*) pada Arah Lateral[18].



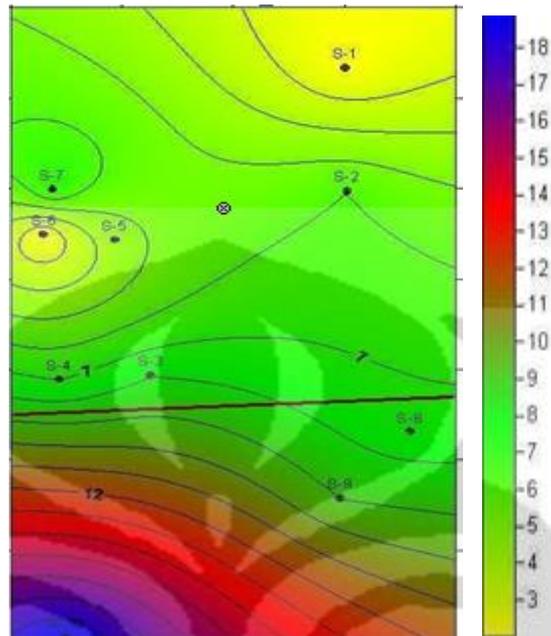
Gambar 2.9 Distribusi Kecepatan Perembesan Sayatan Lateral[18].



Gambar 2.10 Distribusi Potensial Elektrokinetik pada Arah Lateral[18].

Rupingingsih Setyo (2010) telah melakukan penelitian mengenai aplikasi metode *self potential* dalam menentukan aliran air bawah tanah di wilayah Cisoka Tangerang. Hasil dari penelitian ini yaitu dengan dihasilkannya kontur ketinggian muka air sumur dari permukaan ke laut (Gambar 2.8). Nilai potensial listrik di daerah tersebut cukup tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan batuan

permukaan relatif konduktif. Selain itu nilai perubahan *self potential* (ΔV) menurun pada arah Barat-Timur. Hal ini menunjukkan bahwa nilai potensial listrik dari arah Timur-Barat semakin besar. Arus listrik konduksi mengalir dari potensial tinggi menuju potensial rendah. Sementara itu arus berlawanan arah dengan arus konveksi. Karena arus konveksi merupakan arus fluida maka dapat diketahui arah fluida dari arah Barat ke arah Timur[6].



Gambar 2.11. Kontur ketinggian muka air sumur dari permukaan laut[6].

Vaidila, Supriyadi dkk. (2015) telah melakukan penelitian mengenai penentuan arah fluida panas bawah permukaan di obyek wisata guci menggunakan metode *self potential*. Hasil dari penelitian ini yaitu dengan dihasilkannya peta kontur isopotensial daerah penelitian dengan lima lintasan Gambar 2.9. Berdasarkan peta kontur isopotensial, bahwa daerah penelitian merupakan zona konduktif, yang diduga berasal dari mineral sulfida dalam fluida panas. Hal ini terindikasi dengan rendahnya nilai potensial yang terukur secara numerik bernilai negatif. ari nilai sebaran potensial tersebut dapat diprediksi arah aliran fluida di daerah obyek wisata Guci mengarah dari Utara menuju Selatan mengikuti perubahan topografi daerah penelitian serta menyesuaikan dengan perubahan anomali potensial diri[19].