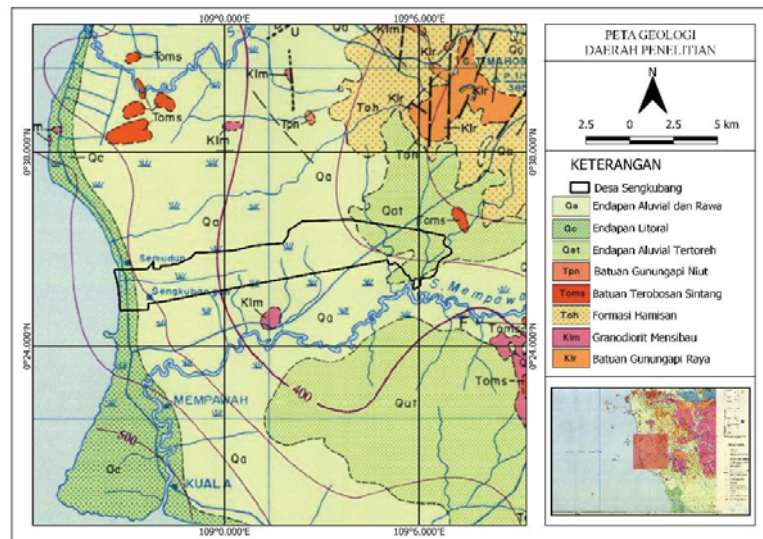


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Daerah Penelitian

Desa Sengkubang merupakan salah satu desa yang terdapat di Kecamatan Mempawah Hilir, Kabupaten Mempawah dan berada di kawasan pesisir. Secara geografis, wilayah tersebut berada pada koordinat $0^{\circ}2'53''$ - $0^{\circ}0'34''$ LU dan $108^{\circ}34'31''$ - $109^{\circ}22'46''$ BT. Desa ini termasuk daerah dataran rendah dengan ketinggian 0-200 mdpl. Sebelah barat di sepanjang Desa Sengkubang berbatasan langsung dengan Laut Natuna Utara (Wahyuni dkk., 2012).



Gambar 2.1 Peta geologi Desa Sengkubang (Suwarna dan Langford, 1993)

Kondisi geologi yang ada di Desa Sengkubang dan daerah sekitar penelitian terdiri dari Endapan Aluvial, Endapan Litoral, dan Endapan Aluvial Tertoreh seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Endapan Aluvial merupakan endapan yang tersusun atas lumpur, pasir, kerikil, dan sisa tumbuhan. Endapan Litoral adalah endapan dengan bahan penyusunnya berupa lumpur, pasir, kerikil, setempat gamping, dan sisa tumbuhan. Endapan Aluvial Tertoreh yaitu endapan yang tersusun dari material seperti kerikil padat, pasir, dan lumpur (Suwarna dan Langford, 1993).

2.2 Akuifer

Akuifer adalah suatu lapisan bawah permukaan tanah yang menyimpan dan dapat dilalui air (Darsono dan Darmanto, 2019). Lapisan ini terbentuk oleh batuan atau material berpori dan mempunyai permeabilitas tinggi atau mampu mengalirkan air seperti pasir atau kerikil. Air yang terdapat di dalam akuifer dapat diambil melalui suatu sumur bor.

Berdasarkan kemampuan batuan untuk menyimpan dan mengalirkan air terdapat 3 jenis batuan yaitu:

- Akuifer (*aquifer*) merupakan lapisan batuan bawah permukaan yang dapat menyimpan dan melepaskan air dalam jumlah yang cukup, misalnya lapisan pasir lempungan, pasir, pasir kerikilan, pasir kerakal, dan breksi (Darsono, 2016).
- Akuitar (*aquitard*), merupakan lapisan batuan bawah permukaan yang dapat menyimpan dan melepaskan air dalam jumlah yang terbatas (Lehr dan Keeley, 2005). Contoh lapisan batuan yang tergolong akuitar adalah lempung pasir.
- Akuiklude (*aquiclude*), merupakan lapisan batuan bawah permukaan yang tidak dapat menyimpan dan melepaskan air dalam jumlah yang cukup, misalnya lempung, lanau, dan lumpur.



Gambar 2.2 Skema keberadaan air tanah pada lapisan akuifer (Vebrianto, 2016)

Ditinjau dari keberadaan air tanah, lapisan akuifer dibedakan menjadi dua yaitu akuifer bebas atau akuifer tidak tertekan dan akuifer tertekan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Akuifer bebas atau akuifer tidak tertekan adalah air tanah yang berada di atas lapisan impermeabel dan memiliki muka air tanah. Lapisan akuifer ini menjadi sumber utama air bersih sebagian besar penduduk karena keberadaannya relatif dangkal sehingga mudah dijangkau melalui pembuatan sumur bor dan sumur galian.

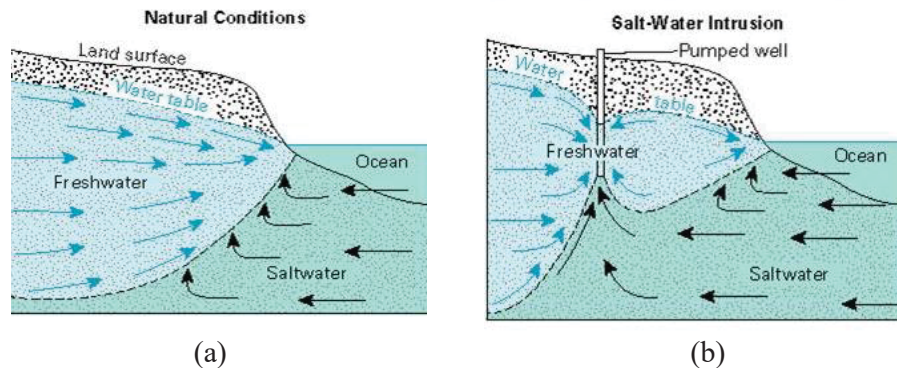
Lapisan akuifer tertekan adalah air tanah yang terletak di antara lapisan kedap air atau lapisan impermeabel dan mempunyai tekanan yang lebih besar daripada tekanan atmosfer. Lapisan akuifer ini masih jarang dimanfaatkan sebagai sumber air dikarenakan keberadaannya jauh di bawah permukaan, pada kedalaman lebih dari 40 m.

Keberadaan air tanah di dalam lapisan akuifer selalu dikaitkan dengan kondisi air tanah yang sehat, murah, dan tersedia dalam jumlah yang sesuai kebutuhan. Namun pengambilan air tanah yang berlebihan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap sumber daya itu sendiri maupun lingkungan di sekitarnya. Terutama pada lapisan akuifer bebas untuk daerah-daerah yang berada dekat pantai.

2.3 Intrusi Air Laut

Dalam kondisi normal (*natural conditions*) muka air tanah lebih tinggi dibandingkan muka air laut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3a, sehingga air tanah akan mengalir ke laut secara alami. Namun pengambilan air tanah semakin meningkat disebabkan kebutuhan air yang besar, mengurangi kandungan air tanah pada lapisan akuifer. Kondisi ini menyebabkan muka air tanah (*water table*) menjadi lebih rendah dibandingkan dengan permukaan air laut, maka air laut akan mendesak air tanah ke arah daratan sehingga terjadi intrusi air laut seperti Gambar 2.3b (Susilawati dkk., 2018). Intrusi air laut merupakan penyusupan atau meresapnya air laut ke bawah permukaan tanah melalui pori-pori batuan dan mencemari air tanah terjadi di daerah pesisir (Damayanti, 2020). Keseimbangan antara air tanah dan air laut yang terganggu menyebabkan intrusi

air laut. Intrusi air laut tidak akan terjadi apabila muka air tanah lebih tinggi dibandingkan muka air laut.



Gambar 2.3 Kondisi air tanah daerah pesisir (a) Kondisi normal (b) Kondisi terintrusi (Linsley dan Joseph, 1990 dalam Muslim dkk., 2021)

2.4 Resistivitas Material Bumi

Bumi terdiri dari bermacam material penyusun, setiap material memiliki karakteristik tersendiri salah satunya sifat kelistrikan. Resistivitas merupakan satu sifat atau karakteristik material yang dapat menunjukkan kemampuan untuk menghambat arus listrik (Khairunnas dan Gusman, 2018). Semakin besar nilai resistivitas suatu material maka semakin sulit material tersebut menghantarkan arus listrik, begitu pula sebaliknya. Dengan mengetahui sifat kelistrikan suatu batuan atau material maka kondisi bawah permukaan bumi dapat diketahui. Menurut Telford dkk., (1990) secara umum berdasarkan harga resistivitas dalam menghantarkan arus, batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu:

1. Konduktor baik : $10^{-8} < \rho < 1 \Omega\text{m}$
2. Konduktor pertengahan : $1 < \rho < 10^7 \Omega\text{m}$
3. Isolator : $\rho > 10^7 \Omega\text{m}$

Ada beberapa hal yang mempengaruhi nilai resistivitas yang pertama adalah kandungan air, air yang berada dalam batuan akan menimbulkan daya hantar listrik pada batuan akan semakin besar dan menyebabkan nilai resistivitas akan menurun (Reynolds, 1997). Kedua adalah porositas yaitu volume pori-pori batuan. Porositas yang besar menyebabkan kandungan air dalam batuan semakin bertambah sehingga nilai resistivitas akan mengecil. Ketiga kepadatan batuan,

semakin padat batuan maka nilai resistivitas akan meningkat. Dan keempat adalah kandungan garam pada air dalam batuan, akan mengakibatkan kandungan ion meningkat dalam air sehingga menurunkan nilai resistivitas batuan (Pryambodo dan Prihantono, 2017). Nilai resistivitas pada suatu material dan batuan bawah permukaan bumi dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai resistivitas batuan dan mineral (Lowrie, 2007; Telford dkk., 1990)

Jenis Batuan dan Mineral	Resistivitas (Ωm)
Air laut (<i>Sea Water</i>)	0,2
Air permukaan (Batuan beku)	0,1 s.d. 3.000
Air permukaan (Batuan sedimen)	10 s.d. 100
Air tanah (<i>Ground water</i>)	0,5 s.d. 300
Air (Salinitas 3%)	0,15
Air (Salinitas 20%)	0,05
Kerikil (<i>Gravel</i>)	100 s.d. 600
Lempung (<i>Clay</i>)	1 s.d. 100
Pasir (<i>Sand</i>)	1 s.d. 1.000
Lanau (<i>Silt</i>)	10 s.d. 200
Lempung pasiran (<i>Clay Sand</i>)	80 s.d. 1.050
Batu pasir (<i>Sandstone</i>)	1 s.d. $6,4 \times 10^8$
Aluvium (<i>Alluvium</i>)	10 s.d. 800

2.5 Sifat Listrik Batuan

Aliran arus listrik di dalam batuan atau mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik.

1. Konduksi Elektronik

Konduksi ini terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut. Jenis batuan yang memiliki banyak elektron bebas akan

mengakibatkan mudahnya arus listrik mengalir pada jenis batuan ini misalnya batuan dengan kandungan logam yang lebih banyak.

2. Konduksi Elektrolitik

Kebanyakan mineral membentuk batuan merupakan konduktor yang buruk. Konduksi elektrolitik merupakan peristiwa konduksi suatu batuan atau mineral dapat menghantarkan arus listrik karena batuan tersebut memiliki pori sehingga terisi fluida misalnya air. Maka arus listrik mengalir dibawa oleh ion-ion elektrolit dalam air, semakin banyak air yang terkandung di dalam batuan, maka semakin tinggi konduktivitasnya.

3. Konduksi Dielektrik

Konduksi pada batuan atau mineral bersifat dielektrik terhadap aliran listrik, artinya batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas sedikit, bahkan tidak ada sama sekali. Tetapi karena adanya pengaruh medan listrik dari luar maka elektron dalam bahan berpindah dan berkumpul terpisah dari inti, sehingga terjadi polarisasi (Vebrianto, 2016).

2.6 Metode Geolistrik Resistivitas

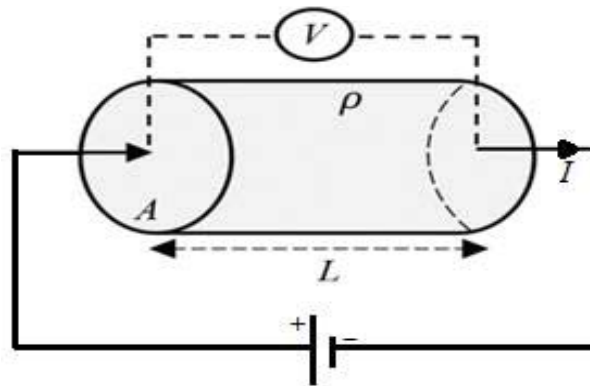
Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu metode geolistrik yang bertujuan untuk mempelajari sifat resistivitas dari suatu lapisan material atau batuan yang berada di bawah permukaan bumi. Metode ini akan mendapatkan variasi resistivitas lapisan batuan di bawah permukaan bumi yang menjadi bahan penyelidikan di bawah titik ukur. Metode geolistrik resistivitas lebih efektif digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal (Pujianiki dan Simpen, 2018). Metode ini banyak digunakan dalam penentuan kedalaman batuan dasar, pencarian air tanah, panas bumi, dan intrusi air laut.

Berdasarkan pada teknik pengukuran metode geolistrik resistivitas dapat dibagi menjadi 2 yaitu metode *mapping* dan *sounding*. Metode geolistrik resistivitas *mapping* ini bertujuan untuk memberikan informasi variasi nilai resistivitas dari lapisan bawah permukaan secara horizontal. Sementara itu metode geolistrik resistivitas *sounding* bertujuan untuk memberikan informasi variasi nilai resistivitas dari lapisan bawah permukaan secara vertikal.

Prinsip dasar dalam metode geolistrik resistivitas adalah Hukum Ohm. Arus listrik searah dialirkan pada suatu material dan respon yang diterima berupa beda potensial yang diukur melalui elektroda potensial. Maka perbandingan antara beda potensial (V) yang terjadi dengan arus (I) yang diberikan tetap dapat diperoleh variasi harga hambatan atau resistansi (R). Sehingga Hukum Ohm dapat ditulis dalam persamaan sebagai berikut:

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.1)$$

Kemampuan suatu material untuk menahan arus disebut dengan resistansi. Hukum ohm dapat pula diterapkan untuk menentukan resistivitas dari suatu material, sehingga hubungan antara resistansi dan resistivitas dapat mengacu pada konsep arus melalui suatu material.



Gambar 2.4 Arus listrik yang mengalir pada material berbentuk silinder (Lowrie, 2007)

Arus listrik diinjeksikan dan mengalir melewati suatu material berbentuk silinder yang mempunyai panjang L , luas penampang A , dan resistivitas ρ seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.4. Maka nilai resistansi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.2)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 2.1 ke persamaan 2.2 maka resistivitas suatu material berbentuk silinder adalah:

$$\rho = \frac{AV}{LI} \quad (2.3)$$

Keterangan:

V : Beda potensial (V)

I : Kuat arus (A)

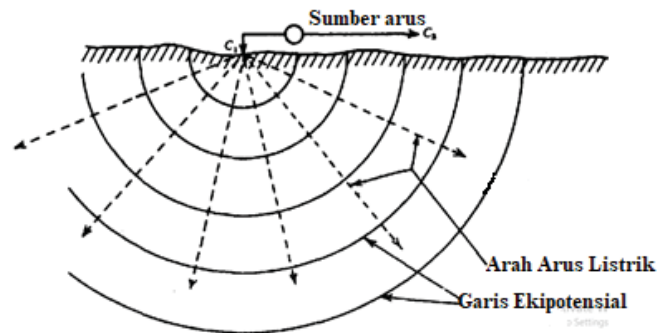
R : Hambatan atau resistansi (Ω)

ρ : Resistivitas (Ωm)

L : Panjang material (m)

A : Luas penampang material (m^2)

Jika ada aliran listrik tunggal yang mengalir ke bawah permukaan bumi yang bersifat homogen isotropik, maka arus listrik akan mengalir ke segala arah dengan bentuk garis ekuipotensial adalah setengah bola seperti disajikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Aliran arus listrik dari elektroda tunggal (Telford dkk., 1990)

Sehingga nilai potensial untuk resistivitas dengan kedalaman r dapat dituliskan sebagai berikut:

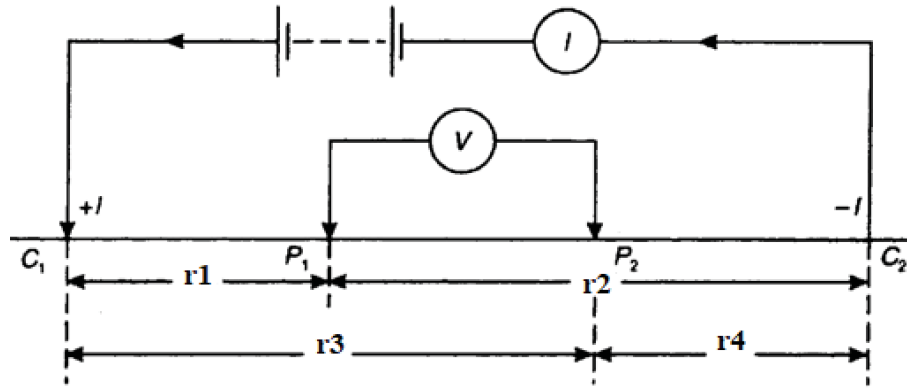
$$V = \left(\frac{I\rho}{2\pi}\right) \frac{1}{r} \quad (2.4)$$

Jika yang ditinjau adalah resistivitasnya maka dari persamaan 2.4 didapat:

$$\rho = 2\pi r \left(\frac{V}{I}\right) \quad (2.5)$$

Pengukuran di lapangan dengan metode geolistrik resistivitas dilakukan dengan empat buah elektroda yang terdiri dari dua elektroda arus (C_1 dan C_2) dan dua elektroda (P_1 dan P_2) yang terpasang di permukaan bumi, seperti pada Gambar 2.6. Elektroda arus berfungsi untuk menginjeksi arus dan akan menyebar di bawah permukaan bumi, kemudian akan terukur beda potensial lapisan batuan

dengan menggunakan elektroda potensial. Jika arus dan beda potensial diperoleh, maka nilai resistivitas lapisan bawah permukaan dapat diketahui (Muslim dkk., 2021).



Gambar 2.6 Susunan elektroda ganda dalam pengukuran metode geolistrik resistivitas (Reynolds, 1997)

Gambar 2.6 menunjukkan posisi elektroda saat melakukan pengukuran di lapangan. Nilai beda potensial antara dua elektroda P1 dan P2 dapat diketahui pada persamaan berikut:

$$\Delta V = \rho \frac{I}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (2.6)$$

Jika yang ditinjau adalah resistivitas maka:

$$\rho = 2\pi \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^{-1} \frac{\Delta V}{I} \quad (2.7)$$

Pada persamaan 2.7 terdapat parameter yang berdimensi jarak (κ):

$$\kappa = 2\pi \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^{-1} \quad (2.8)$$

Sehingga nilai resistivitas dapat ditulis:

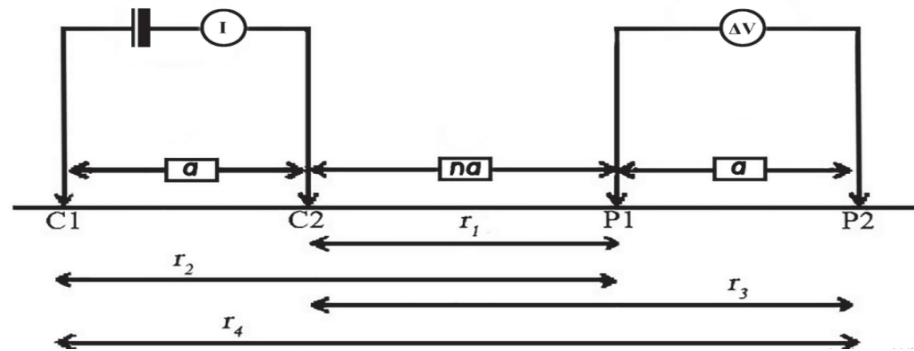
$$\rho = \kappa \frac{\Delta V}{I} \quad (2.9)$$

Pada metode geolistrik resistivitas, bumi diasumsikan bersifat homogen isotropik. Dengan asumsi ini, maka seharusnya resistivitas yang terukur merupakan resistivitas sebenarnya dan tidak tergantung pada jarak antar elektroda. Namun pada kenyataannya bumi terdiri dari lapisan-lapisan dengan resistivitas yang berbeda-beda sehingga resistivitas yang terukur merupakan resistivitas semu

(ρ_a) (Muliadi dkk., 2019). Oleh sebab itu resistivitas semu dipengaruhi oleh faktor geometri (κ) yang besarnya tergantung konfigurasi elektroda yang digunakan sebagai koreksi kedalaman pengolahan data.

2.7 Konfigurasi Dipol-dipol

Konfigurasi dipol-dipol memiliki kemampuan dalam pembacaan kondisi bawah permukaan bumi dengan sensitivitas yang baik secara horizontal. Disamping itu, konfigurasi ini memiliki penetrasi kedalaman yang cukup besar. Namun konfigurasi ini memiliki keterbatasan dalam memperoleh data dari titik pengukuran yang membutuhkan waktu yang relatif lama (Putra dkk., 2021).



Gambar 2.7 Susunan elektroda konfigurasi dipol-dipol (Loke, 1999)

Diketahui pada Gambar 2.7, r_1 adalah lebar C_2P_1 atau sebesar na , r_2 adalah lebar C_1P_1 atau sebesar $na+a$, C_2P_2 merupakan lebar r_3 atau sebesar $na+a$ dan $na+2$ sama dengan r_4 atau lebar dari C_1P_2 . Pada konfigurasi dipol-dipol di atas terlihat bahwa elektroda arus berada di luar elektroda potensial, jarak antara kedua elektroda arus adalah a yang besarnya sama dengan jarak kedua elektroda potensial, sedangkan jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial adalah na (C_2P_1), dengan $n: 1,2,3$, dan seterusnya merupakan (bilangan bulat). Serta apabila objek yang diteliti semakin bertambah dalam, maka nilai n akan bertambah besar, sehingga dari persamaan 2.8 diperoleh faktor geometri untuk konfigurasi dipol-dipol dengan persamaan sebagai berikut:

$$\kappa = \pi an(n + 1)(n + 2) \quad (2.10)$$

Berdasarkan persamaan 2.10 dan persamaan 2.9, resistivitas semu berdasarkan konfigurasi dipol-dipol adalah:

$$\rho_a = \pi a n (n + 1) (n + 2) \frac{\Delta V}{I} \quad (2.11)$$

Keterangan:

- ρ_a : Resistivitas semu (Ωm)
- κ : Faktor geometri konfigurasi (m)
- a : Jarak elektroda terkecil (m)
- n : Faktor rasio antara C_2 dan P_1
- π : 3,14