

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode Geolistrik

Metode geolistrik merupakan salah satu metode survei geofisika aktif untuk menginvestigasi kondisi di bawah permukaan tanah berdasarkan prinsip bahwa setiap jenis batuan atau material mempunyai nilai tahanan jenis. Tujuan dari survei geolistrik adalah untuk mengetahui kondisi di bawah permukaan berdasarkan distribusi nilai tahanan jenis dari setiap jenis batuan [7].

Pada metode geolistrik terdapat metode geolistrik-resistivitas yang memiliki prinsip bahwa dengan menginjeksikan arus listrik ke bawah permukaan tanah menggunakan elektroda arus, kemudian dari elektroda potensial didapat nilai beda potensial. Dengan data arus yang diinjeksikan serta data beda potensial yang didapat tersebut sehingga dapat diketahui nilai tahanan jenis dari kondisi bawah permukaan [4].

Pada umumnya, metode geolistrik resistivitas hanya baik untuk eksplorasi dangkal, sekitar 100 m. Hal tersebut dikarenakan jika diinginkan kedalaman yang lebih harus diperpanjang juga pada bentangan lintasan. Jika bentangan terlalu panjang maka kekuatan arus akan melemah sehingga data yang diperoleh kurang akurat. Karena itu, metode ini jarang digunakan untuk eksplorasi dalam seperti eksplorasi minyak bumi. Metode resistivitas lebih banyak digunakan untuk eksplorasi dangkal seperti penentuan kedalaman batuan dasar, pencarian reservoir air, pendeteksian intrusi air laut, serta pencarian ladang *geothermal* [8].

Prinsip dasar metode resistivitas ini adalah dengan menginjeksikan arus (I) menggunakan elektroda arus (C1 dan C2) dan mengukur nilai yang didapat dari elektroda potensial (P1 dan P2) berupa nilai beda potensial ΔV .

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

Keterangan:

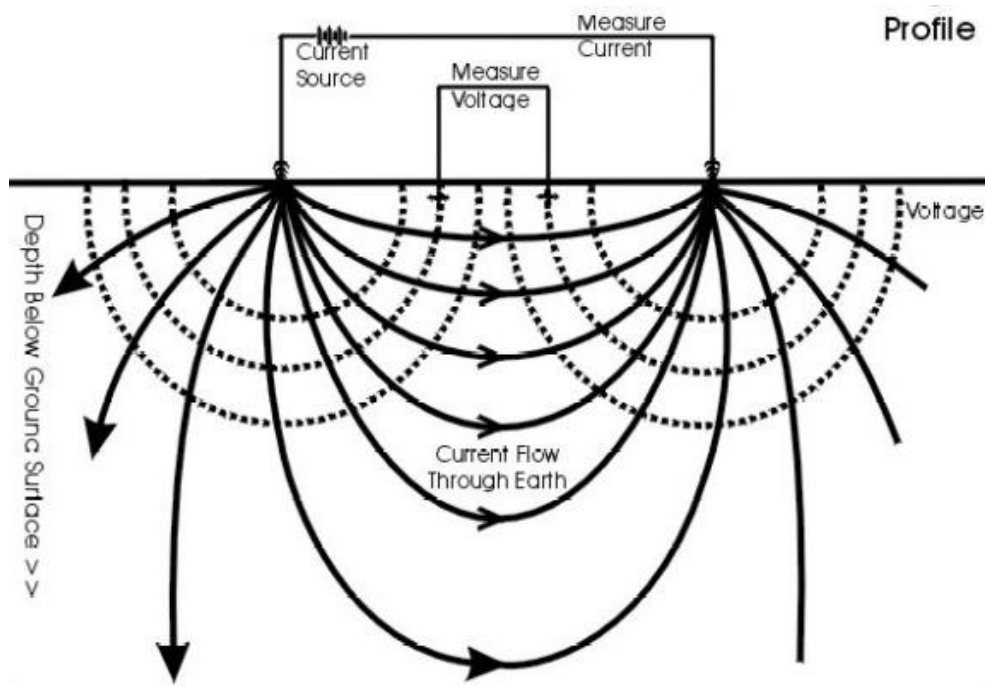
R : Resistansi (Ω)

ΔV : Beda potensial (V)

I : Arus (A)

Berdasarkan hukum Ohm maka besar arus listrik (I) yang mengalir melalui suatu objek yang dapat menghantarkan listrik (konduktor) akan selalu berbanding lurus dengan beda potensial (ΔV) yang diterapkan kepadanya dan berbanding terbalik dengan resistansinya.

Pada medium bumi, injeksi arus melalui elektroda akan menyebar secara radial ke segala arah, sehingga persebaran arus akan berbentuk setengah bola untuk asumsi permukaan tanah yang datar [9].



Gambar 2.1 Penjalaran Arus dan Beda Potensial pada Suatu Medium [9].

2.1.1 Konsep Resistivitas Semu

Pada metode ini bumi diasumsikan memiliki sifat homogen isotropis. Dengan mengasumsikan bumi seperti itu, resistivitas yang terukur merupakan resistivitas sebenarnya dan tidak bergantung pada jarak antar elektroda. Namun kenyataannya,

bumi terdiri dari beberapa lapisan yang tentunya memiliki nilai resistivitas bervariasi sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Maka nilai resistivitas yang terukur bukan merupakan nilai resistivitas untuk satu lapisan saja, terutama untuk kasus yang memiliki jarak antar elektroda yang cukup jauh [10]. Untuk resistivitas semu (ρ_a) dapat dituliskan :

$$\rho_a = \frac{K \Delta V}{I} \quad (2.2)$$

Keterangan:

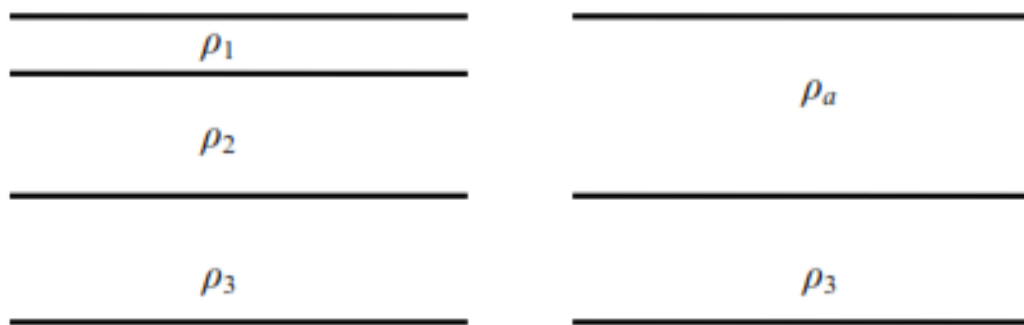
ρ_a : Resistivitas semu (Ωm)

K : Faktor geometri (m)

ΔV : Beda potensial (V)

I : Kuat arus (A)

Dengan ρ_a merupakan resistivitas semu yang bergantung pada spasi elektroda. Untuk kasus tak homogen, bumi diasumsikan berlapis-lapis dengan masing-masing lapisan mempunyai harga resistivitas yang berbeda. Resistivitas semu merupakan resistivitas dari suatu medium fiktif homogen yang ekuivalen dengan medium berlapis yang ditinjau. Sebagai contoh medium berlapis yang ditinjau misalnya terdiri dari dua lapis yang mempunyai resistivitas berbeda (ρ_1 dan ρ_2) dianggap sebagai medium satu lapis homogen yang mempunyai satu harga resistivitas yaitu resistivitas semu dengan konduktansi lapisan fiktif sama dengan jumlah konduktansi masing-masing lapisan $\sigma_f = \sigma_1 + \sigma_2$ [8].

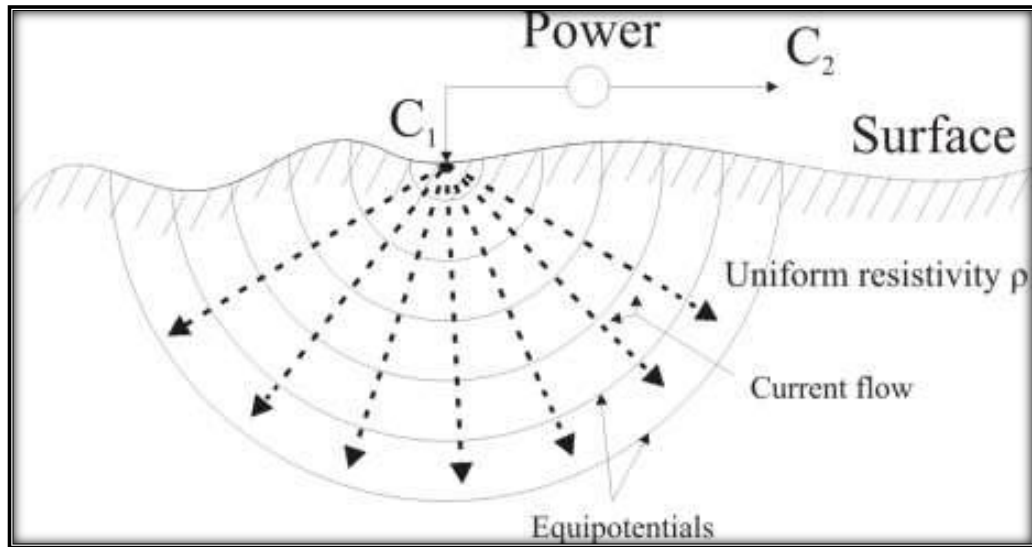


Gambar 2.2 Medium berlapis dengan variasi resistivitas [8].

2.1.2 Aliran Listrik di dalam Bumi

A. Elektroda berarus tunggal di permukaan bumi

Jika titik elektroda arus terletak di permukaan medium homogen isotropis dengan adanya konduktivitas udara di atasnya yang memiliki nilai nol, maka aliran arus akan bergerak secara radial ke segala arah yang membentuk seperti setengah bola atau dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Titik sumber arus dari permukaan pada medium homogen [7].

Dari gambar terlihat arus yang mengalir membentuk setengah bola dengan kontur ekipotensial. Oleh karena itu, arus yang mengalir dengan arah perambatan setengah bola secara matematis dapat dituliskan :

$$I = 2\pi r^2 J \quad (2.3)$$

dengan rapat arus listrik,

$$J = -\sigma \frac{dv}{dr} \quad (2.4)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (2.4) pada (2.3) menjadi

$$I = -2\pi r^2 \sigma \frac{dv}{dr} \quad (2.5)$$

dengan

$$\frac{dv}{dr} = \frac{A}{r^2} \quad (2.6)$$

maka persamaan (2.5) dapat disubstitusikan ke persamaan (2.6) menjadi

$$I = -2\pi\sigma A \quad (2.7)$$

Persamaan (2.7) dapat ditulis menjadi

$$A = -\frac{I}{2\pi\sigma} \quad (2.8)$$

Konduktivitas berbanding terbalik dengan resistivitas

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (2.9)$$

Lalu substitusikan persamaan (2.9) pada persamaan (2.8) menjadi

$$A = -\frac{I\rho}{2\pi} \quad (2.10)$$

Kemudian selesaikan persamaan (2.5)

$$dV = \frac{A}{r^2} dr \quad (2.11)$$

sehingga

$$V = -\frac{A}{r} \quad (2.12)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.10) didapat :

$$V = \frac{I\rho}{2\pi r} \quad (2.13)$$

Dengan demikian nilai resistivitas listrik yang diberikan oleh suatu medium adalah

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (2.14)$$

Keterangan:

J : Rapat Arus (A/m^2)

ρ : Resistivitas (Ωm)

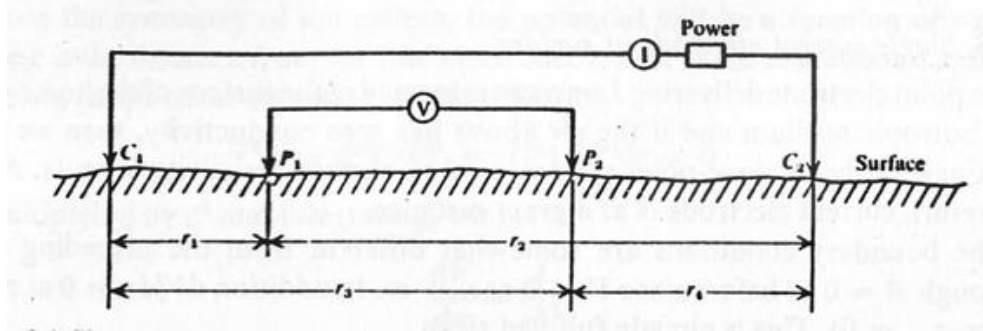
V : Beda Potensial (V)

I : Kuat arus yang mengalir pada suatu medium (A)

r : Jarak antar elektroda (m)

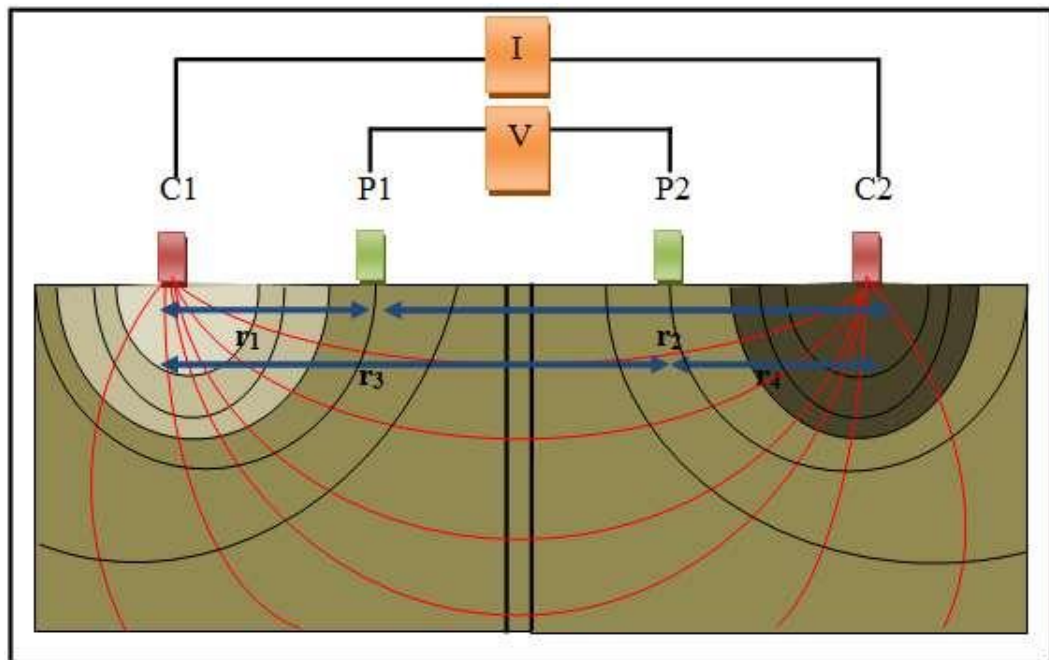
B. Dua sumber arus di permukaan bumi

Arus listrik diinjeksikan menggunakan dua buah elektroda arus C_1 dan C_2 kemudian dengan target pengukuran beda potensial yang direkam menggunakan dua buah elektroda potensial P_1 dan P_2 . Jika elektroda-elektroda tersebut disusun berdekatan di permukaan bumi, potensial listrik yang terekam akan dipengaruhi oleh elektroda arus.



Gambar 2.4 Dua elektroda arus dan dua elektroda potensial pada permukaan tanah homogen pada resistivitas ρ [7].

Untuk arah rambatan arus pada susunan elektroda tersebut diilustrasikan pada Gambar 2.5 :



Gambar 2.5 Ilustrasi perambatan arus pada medium homogen isotropis dengan dua buah sumber arus pada permukaan [11].

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, bahwa nilai potensial yang dekat dengan sumber arus akan dipengaruhi elektroda arus. Nilai potensial P_1 (V_1) yang dipengaruhi oleh arus C_1 adalah

$$V_1 = - \frac{I\rho}{2\pi r_1} \quad (2.15)$$

dengan:

$$A_1 = - \frac{I\rho}{2\pi} \quad (2.16)$$

Arah arus C_1 berlawanan dengan arah arus C_2 , sehingga nilai potensial P_2 (V_2) yang dipengaruhi oleh arus C_2 adalah

$$V_2 = -\frac{I\rho}{2\pi r_2} \quad (2.17)$$

maka potensial total P_1 (V_{P1}) adalah

$$V_{P1} = V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (2.18)$$

untuk total nilai potensial pada P_2 (V_{P2}) dapat dituliskan:

$$V_{P2} = V_3 + V_4 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (2.19)$$

sehingga untuk memperoleh beda potensial antara elektroda P_1 dan P_2 (ΔV) dapat dituliskan:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (2.20)$$

Keterangan:

ΔV = Beda Potensial P_1 dan P_2 (V)

I = Kuat Arus (A)

ρ = Nilai Resistivitas (Ωm)

r_1 = Jarak antara C_1 dengan P_1 (m)

r_2 = Jarak antara C_2 dengan P_1 (m)

r_3 = Jarak antara C_1 dengan P_2 (m)

r_4 = Jarak antara C_2 dengan P_2 (m)

Untuk nilai resistivitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.21), yaitu :

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.21)$$

dengan,

$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]} \quad (2.22)$$

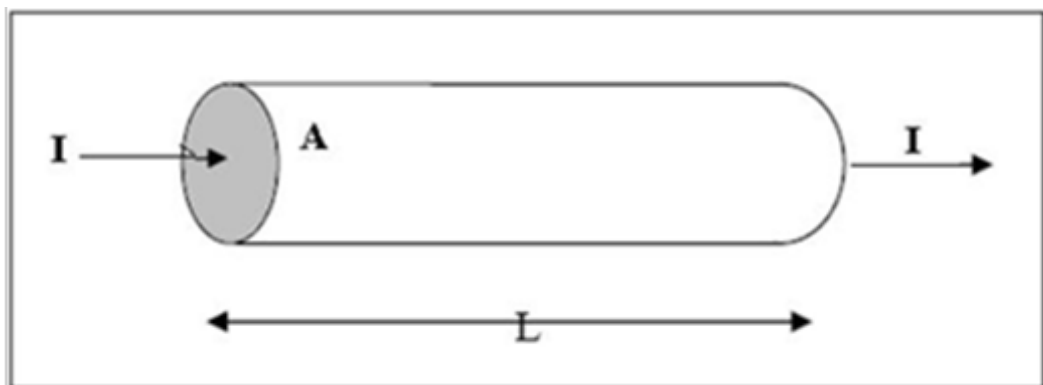
Sehingga dari persamaan (2.22) nilai K akan berbeda-beda berdasarkan konfigurasi yang digunakan.

2.1.3 Sifat Listrik Batuan

Setiap lapisan atau jenis batuan memiliki nilai resistivitas yang bervariasi. Resistivitas merupakan kemampuan suatu medium atau batuan untuk menghambat arus listrik. Aliran arus listrik dalam batuan atau mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik dan konduksi secara dielektrik [7].

1. Konduksi secara elektronik

Konduksi secara elektronik ini dapat terjadi pada batuan/mineral yang mempunyai banyak elektron bebas sehingga oleh elektron-elektron bebas tersebutlah arus listrik dapat mengalir dalam suatu batuan/mineral. Sifat atau karakteristik setiap batuan yang dilewatinya juga mempengaruhi aliran listrik tersebut. Salah satu sifat atau karakteristik batuan tersebut itu adalah resistivitas atau tahanan jenis, dimana resistivitas merupakan karakteristik suatu medium yang menunjukkan kemampuan medium tersebut untuk menghambat arus listrik, semakin kecil nilai resistivitasnya maka medium tersebut dapat menghantarkan listrik dengan baik. Resistivitas mempunyai pengertian yang berbeda dengan resistansi, dimana resistivitas tidak hanya tergantung pada bahan tetapi juga bergantung pada faktor geometri atau bentuk bahan tersebut. Sedangkan resistansi tidak bergantung pada faktor geometri.



Gambar 2.6 Silinder Konduktor [7].

Secara matematis dapat dituliskan :

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.23)$$

Dengan ρ sebagai resistivitas (Ωm), L sebagai panjang silinder konduktor (m), A sebagai luas penampang silinder konduktor (m^2) dan R sebagai resistansi (Ω). Sedangkan menurut hukum Ohm, resistansi R dirumuskan :

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.24)$$

Keterangan :

R : Resistansi (Ω)

V : Beda potensial (V)

I : Kuat arus (A).

Dari persamaan 2.23 dan 2.24 didapat nilai resistivitas (ρ) :

$$\rho = \frac{VA}{IL} \quad (2.25)$$

2. Konduksi secara elektrolitik

Konduksi elektrolitik terjadi ketika batuan yang berpori tersebut terisi oleh fluida elektrolitik seperti air. Pada kondisi ini arus listrik akan dialirkan oleh ion-ion elektrolit yang ada pada fluida yang mengisi pori-pori tersebut. Konduktivitas dan resistivitas batuan porous bergantung pada volume dan susunan pori-porinya. Konduktivitas akan semakin tinggi jika fluida yang mengisi pori-pori tersebut juga banyak dan sebaliknya resistivitas akan semakin kecil ketika banyak fluida elektrolit yang mengisi pori-pori batuan tersebut.

3. Konduksi secara dielektrik

Konduksi dielektrik terjadi ketika arus listrik diinjeksikan pada batuan yang bersifat dielektrik, artinya batuan tersebut mempunyai elektron bebas sedikit atau 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.

Berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan/mineral digolongkan menjadi tiga, yaitu :

1. Konduktor baik : $10^{-8} < \rho < 1$ ohm meter
2. Konduktor pertengahan : $1 < \rho < 10^7$ ohm meter
3. Isolator : $\rho < 10^7$ ohm meter

Tabel 2.1 Variasi resistivitas Batuan [7].

Material-material	Resistivitas (Ωm)
<i>Pyrite</i> (Pirit)	$1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^2$
<i>Quartz</i> (Kuarsa)	$5 \times 10^2 - 8 \times 10^5$
<i>Calcite</i> (Kalsit)	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{13}$
<i>Rock salt</i> (Garam batu)	$3 \times 10^1 - 1 \times 10^{12}$
<i>Granite</i> (Granit)	$2 \times 10^2 - 1 \times 10^5$
<i>Andesite</i> (Andesit)	$1.7 \times 10^2 - 45 \times 10^4$
<i>Basalt</i> (Basal)	$2 \times 10^2 - 1 \times 10^5$
<i>Limestones</i> (Gamping)	$5 \times 10^2 - 1 \times 10^5$
<i>Sandstones</i> (Batu pasir)	$2 \times 10^2 - 8 \times 10^3$
Breksi	$75 \times 10^{-1} - 2 \times 10^2$
<i>Marls</i> (Batu lumpur)	$3 \times 10^0 - 7 \times 10^1$
Konglomerat	$2 \times 10^3 - 1 \times 10^4$
<i>Shales</i> (Serpilh)	$2 \times 10^1 - 2 \times 10^3$
<i>Sand</i> (Pasir)	$1 \times 10^0 - 1 \times 10^3$
<i>Clay</i> (Lempung)	$1 \times 10^0 - 1 \times 10^2$
<i>Groundwater</i> (Air tanah)	$5 \times 10^{-1} - 3 \times 10^2$
<i>Sea water</i> (Air asin)	2×10^{-1}
<i>Magnetite</i> (Magnetit)	$1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^3$
<i>Drygravel</i> (Kerikil Kering)	$6 \times 10^2 - 1 \times 10^4$
<i>Alluvium</i> (Aluvium)	$1 \times 10^1 - 8 \times 10^1$
<i>Gravel</i> (Kerikil)	$1 \times 10^2 - 6 \times 10^2$
<i>Silt</i> (Lanau)	$1 \times 10^1 - 2 \times 10^2$
Tufa Vulkanik	$2 \times 10^1 - 1 \times 10^2$
Lava	$1 \times 10^2 - 1 \times 10^4$

Tabel 2.2 Resistivitas Batuan dan Biji Mineral [12].

Material-material	Resistivitas (Ωm)
<i>Topsoil</i>	$5 \times 10^1 - 1 \times 10^2$
<i>Loose sand</i>	$5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
<i>Gravel</i>	$1 \times 10^2 - 6 \times 10^2$
<i>Clay</i> (Lempung)	$1 \times 10^0 - 1 \times 10^2$

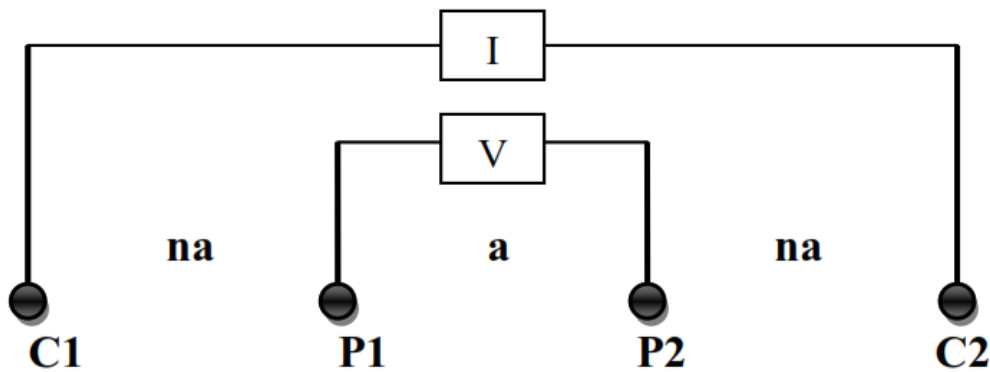
<i>Weathered bedrock</i>	$1 \times 10^2 - 1 \times 10^3$
<i>Sandstones</i> (Batu pasir)	$2 \times 10^2 - 8 \times 10^3$
<i>Limestones</i> (Gamping)	$5 \times 10^2 - 1 \times 10^4$
<i>Greenstones</i>	$5 \times 10^2 - 2 \times 10^5$
<i>Gabbro</i>	$1 \times 10^2 - 5 \times 10^5$
<i>Granite</i> (Granit)	$2 \times 10^2 - 1 \times 10^5$
<i>Basalt</i> (Basal)	$2 \times 10^2 - 1 \times 10^5$
<i>Graphitic schist</i>	$1 \times 10^1 - 5 \times 10^2$
<i>Slates</i> (Batu tulis)	$5 \times 10^2 - 5 \times 10^5$
<i>Quartzite</i> (Kwarsit)	$5 \times 10^2 - 8 \times 10^5$
<i>Pyrite</i> (Pirit)	$1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^2$
<i>Pyrrhotite</i>	$1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-2}$
<i>Chalcopyrite</i>	$5 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-1}$
<i>Galena</i>	$1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^2$
<i>Sphalerite</i>	$1 \times 10^3 - 1 \times 10^6$
<i>Magnetit</i>	$1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^3$
<i>Cassiterite</i>	$1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^4$
<i>Hematit</i>	$1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^6$

Secara teknis hubungan antara besarnya nilai tahanan jenis dengan macam batuan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai tahanan jenis batuan yang lepas lebih rendah dari batuan yang kompak,
2. Nilai tahanan jenis batuan akan lebih rendah, jika air tanah berkadar garam tinggi,
3. Tidak terdapat batas yang jelas antara nilai tahanan jenis dari tiap-tiap batuan,
4. Tahanan jenis batuan dapat berbeda secara mencolok, tidak saja dari lapisan yang satu terhadap lapisan yang lain, tetapi juga di dalam satu lapisan batuan, dan
5. Batuan yang pori-porinya mengandung air, hambatan jenisnya lebih rendah dari yang kering. Kandungan air di dalam batuan akan menunjukkan harga resistivitas

2.1.4 Konfigurasi Wenner-Schlumberger

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode *Wenner Schlumberger*. Konfigurasi ini merupakan perpaduan dari konfigurasi *Wenner* dan *Schlumberger*. Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* merupakan konfigurasi yang umum digunakan dalam pengukuran geolistrik 2D yang mencitrakan bawah permukaan secara horizontal dan vertikal. Pada pengukuran dengan faktor spasi (n) = 1, konfigurasi *Wenner-Schlumberger* sama dengan pengukuran pada konfigurasi *Wenner* (jarak antar elektroda = a), namun pada pengukuran $n = 2$ dan seterusnya konfigurasi *Wenner-Schlumberger* sama dengan konfigurasi *Schlumberger* (jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial lebih besar dari pada jarak antar elektroda potensial).



Gambar 2.7 Susunan elektroda konfigurasi *Wenner-Schlumberger* [7].

Pada konfigurasi *Wenner-Schlumberger* ini, nilai resistivitas suatu medium dapat dengan menggunakan persamaan (2.20). Pada persamaan tersebut terdapat variabel K , nilai K untuk konfigurasi *Wenner-Schlumberger* berdasarkan persamaan (2.22) dan analisis pada gambar (2.8) yaitu :

$$K = n(n + 1)\pi a \quad (2.33)$$

Sehingga ketika nilai K dimasukkan ke persamaan (2.21) nilai resistivitas dapat dicari dengan :

$$\rho = n(n+1) \pi \frac{\Delta V}{I} \quad (2.35)$$

2.2 Batuan Andesit

Andesit adalah batuan vulkanik paling banyak ditemukan pada daerah busur pulau dan batas benua, terutama pada sabuk di atas zona Benioff. Secara regional, andesit diasosiasikan dengan basalt toleitik dan riolit, atau keduanya. Secara tekstur, kebanyakan andesit adalah batuan porfiritik dengan fenokris menonjol pada plagioklas dan mineral mafik [13].

Batuan andesit ini biasanya berwarna kelabu dengan fenokrist-fenokrist hornblenda dalam bentuk jarum panjang. Andesit yang mengandung hornblenda disebut andesit hornblenda, sedangkan yang banyak mengandung piroksin disebut andesit-piroksin, sementara bebatuan lelehan andesit yang berumur Pra-Tersier biasanya disebut porfirit [14].

Batuan andesit terbentuk dari lelehan magma diorit, nama yang berasal dari pegunungan Andes di Amerika Selatan. Oleh karena terbentuk dari lelehan diorit maka komposisi mineralnya seperti diorit. Gunungapi-gunungapi sekarang terlebih-lebih di Indonesia pada umumnya menghasilkan batuan andesit. Batuan andesit banyak terdapat di sekitar gunungapi-gunungapi dan tempat penemuan yang terkenal ialah Gunung Mesigit di Jawa Barat [14]. Di sekitar Samudra Pasifik, andesit banyak terbesar di gabungan gunungapi Andes, Amerika Tengah, barat laut Amerika Serikat, Jepang, Indonesia, dan barat daya busur pulau Pasifik [13].

2.2.1 Karakteristik Batuan Andesit

Batuan andesit ini bersifat masif, keras dan tahan terhadap hujan [15]. Batuan andesit atau batuan ekstrusi yaitu batuan beku yang terbentuk pada permukaan [16]. Batuan andesit merupakan batuan *intermediate* yang terjadi hasil pendinginan magma pada permukaan bumi ataupun aktivitas gunung api. Akibat perbedaan suhu pada saat pendinginan batuan andesit secara umum terdiri dari batuan padat dan berpori [17]. Andesit merupakan salah satu batuan vulkanik yang memiliki unsur mineral yang kaya akan kandungan mineralnya setelah basalt [1]. Andesit merupakan batuan yang menunjukkan tekstur kasar yang memiliki kandungan

mineral terdiri dari olivin, piroksen, hornblend dan plagioklas. Secara umum, batuan beku andesit berwarna segar abu-abu [18].

2.2.2 Manfaat Batuan Andesit

Batuan andesit banyak digunakan sebagai bahan pokok pembangunan infrastruktur seperti jembatan, jalan raya, irigasi, landasan terbang, pelabuhan serta gedung-gedung, dan lain-lain. Batuan andesit yang umum digunakan untuk keperluan infrastruktur ini sudah berbentuk agregat dari pertambangan. Batuan andesit banyak digunakan karena memiliki daya tahan yang kuat terhadap berbagai cuaca dan tahan lama. Hal ini dikarenakan andesit banyak mengandung Silika (SiO_2). Tidak semua batuan andesit lolos uji sebagai bahan dasar konstruksi. Batuan andesit yang bisa digunakan untuk fungsi ini harus melewati serangkaian tes yaitu uji kuat tarik, kuat tekan, kuat geser, densitas. Hasil tes ini akan memperlihatkan elastisitas batuan dan sifat fisika lainnya. Sehingga dapat dipilih batuan mana yang dapat digunakan. Selain itu, fungsi batu andesit dalam skala rumah tangga juga sering digunakan sebagai ornamen hiasan dinding rumah atau batu alam tempel, sebagai lantai pada pinggir kolam, dan sebagai kap / penutup lampu taman [6].

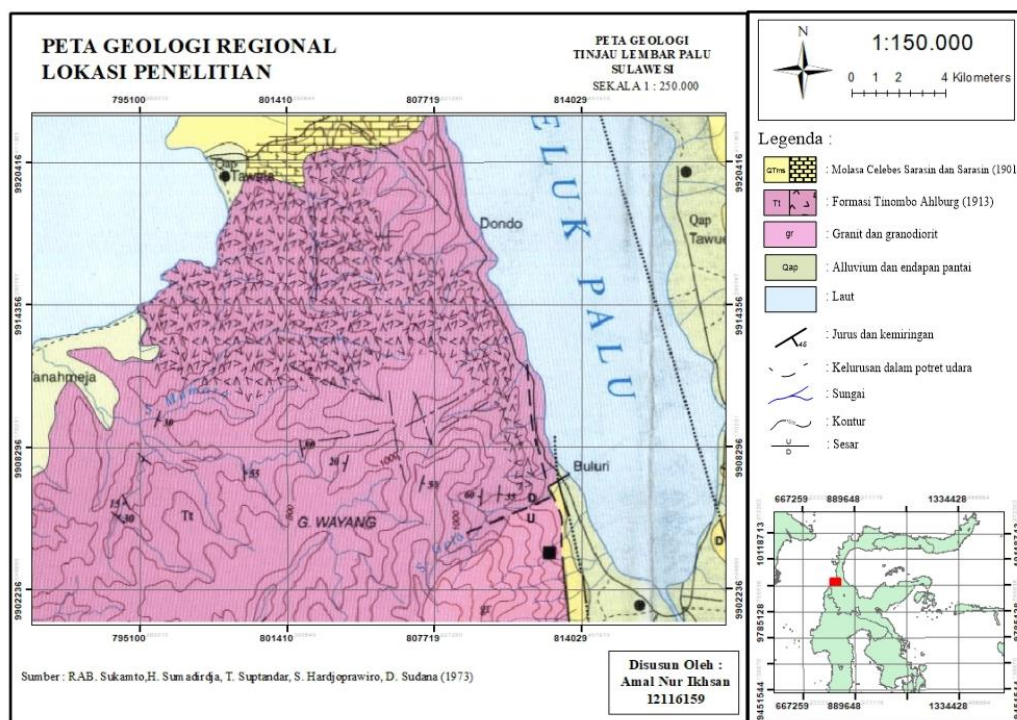
2.3 Geologi Daerah Penelitian

Secara fisiografi daerah Palu terdiri dari pematang timur dan pematang barat, kedua-duanya berarah utara-selatan dan terpisahkan oleh Lembah Palu. Pematang barat di dekat Palu hingga lebih dari 2000 meter tingginya, tetapi di Donggala menurun hingga muka laut. Pematang timur dengan tinggi puncak 400 meter hingga 1900 meter, dan menghubungkan pegunungan di Sulawesi Tengah dengan lengan utara.

Struktur daerah ini didominasi oleh lajur sesar Palu yang berarah utara barat-laut. Bentuknya yang sekarang ialah menyerupai terban yang dibatasi oleh sesar-sesar hidup, di antaranya yang bermataair panas di sepanjang kenampakannya pada permukaan. Sesar-sesar dan kelurusan lainnya yang setengah sejajar dengan arah lajur Palu terdapat di pematang timur. Banyak sesar dan kelurusan lainnya yang

kurang penting lebih kurang tegak lurus pada arah ini, sebagaimana terlihat di seluruh daerah. Sesar naik berkemiringan ke timur dalam kompleks batuan metamorf dan dalam Formasi Tinombo menunjukkan akan sifat pemampatan pada beberapa di antaranya sesar yang lebih tua. Sesar termuda yang tercatat terjadi pada tahun 1968 di dekat Tambo, timbul setelah ada gempa bumi, berupa sesar normal berarah baratlaut yang permukaan tanahnya turun 5 meter. Pada bagian yang menurun, daerah pantai seluas kira-kira 5 kilometer persegi masuk ke dalam laut.

Petunjuk akan adanya mineralisasi ditemukan di daerah Palu. Sebuah bongkah dari urat kwarsa yang mengandung sulfida tembaga dan malakit dijumpai di sungai kecil di tenggara Baulause. Analisis oleh Dit. Geol. menunjukkan kadar Cu sebesar 3,5%. Di barat Palu, urat galenit di dalam granit ternyata mengandung Pb 8,89%. Pirit bertaburan terlihat di dalam diorit di timur Wani dan dalam endapan kerikil andesit di sepanjang sungai Mamara.



Gambar 2.8 Peta Geologi Daerah Penelitian [19].

Di daerah palu ditemukan banyak bahan-bahan bangunan, seperti granit, genes, pualam, batugamping koral, pasir dan kerikil. Daerah Palu merupakan daerah yang bergempa tinggi. Menurut [19] gempa bumi dengan kebesaran 7 SR, dan kedalaman pusat antara 36 - 75 kilometer telah tercatat. Oleh karena erosi sangat kuat pada

topografi yang masih muda, terbentuklah kipas-kipas alluvium yang luas, yang terdiri dari kerikil kasar dan pasir pada kaki pegunungan di kedua belah sisi Lembah Palu.

2.3.1 Molasa Celebes Sarasin dan Sarasin (1901)

Batuan ini terdapat pada ketinggian lebih rendah pada sisi-sisi kedua pematang, menindih secara tidak selaras Formasi Tinombo dan kompleks batuan metamorf, mengandung rombakan yang berasal dari formasi-formasi lebih tua, dan terdiri dari konglomerat, batupasir, batulumpur, batugamping-koral, dan napal, yang semuanya hanya mengeras lemah. Di dekat kompleks batuan metamorf pada bagian barat pematang timur endapan itu terutama terdiri dari bongkah-bongkah kasar dan agaknya diendapkan di dekat sesar. Batuan-batuan itu ke arah laut beralih-alih jadi batuan klastika berbutir lebih halus. Di dekat Donggala sebelah utara Enu dan sebelah barat Labea batuannya terutama terdiri dari batugamping dan napal dan mengandung *Operculina sp.*, *Cyclocypeus sp.*, *Rotalia sp.*, *Orbulina universa*, *Amphistegina sp.*, *Milioliade*, *Globigerina*, foraminifera pasiran, ganggang gampingan, palesipoda dan gastropoda. Sebuah contoh yang dipungut dari tenggara Laebago selain fosil-fosil tersebut juga mengandung *Miogypsina sp.* dan *Lepidocyclina sp.*, yang menunjukkan umur Miosen (pengenalan oleh Kadar, Dit. Geol). Foram tambahan yang dikenali oleh Socal meliputi : *Planorbulina sp.*, *Solenomeris sp.*, *Textularia sp.*, *Acervulina sp.*, *Spiroclypeus? .*, *Reussella sp.*, *Lethoporella*, *Lithophyllum* dan *Amphiroa*. Socal mengirakan bahwa fauna-fauna tersebut menunjukkan umur Miosen Tengah, dan pengendapan di dalam laut dangkal. Pada kedua sisi Teluk Palu, dan kemungkinan juga di tempat lain, endapan sungai Kuarter juga dimasukkan ke dalam satuan ini.

2.3.2 Formasi Tinombo Ahlburg (1913)

Rangkaian ini tersingkap luas, baik di pematang timur maupun barat. Batuan ini menindih kompleks batuan metamorf secara tidak selaras. Di dalamnya terkandung rombakan yang berasal dari batuan metamorf. Endapan itu terdiri dari serpih,

batupasir, konglomerat, batugamping, rijang radiolaria dan batuan gunungapi, yang diendapkan di dalam lingkungan laut.

Di dekat intrusi terdapat sabak dan batuan terkersikkan, dan lebih dekat pada persentuhan terbentuk filit dan kuarsit. Bagian barat pematang barat mengandung lebih banyak batupasir rijang dari pada tempat lain. Diabas, spilit dan andesit di selatan Donggala dan selatan Kasimbar dipetakan dengan endapan itu. Rombakan batuan gunungapi biasa terdapat di dalam batupasirnya. Batugamping diamati hanya sebagai lapis-lapis tipis dalam rangkaian sedimen tersebut; Kadar (Dit. Geol) mengenali *Discicyclina* sp., *Nummulites* sp., *Alveolina* sp., *Miliolidae*, *Astercyclina* sp., *Assinlina* sp., *Operculina* sp., *Globorotaloid*, *Globigerina*, dan ganggang gampingan, yang menunjukkan akan umur Eosen. Pekerjaan selanjutnya oleh Socal (*Standart Oil Company of California*) sebagai tambahan mengenali : *Pellastipira*?, cf. *P. inflata*, cf. *Pararotalia* sp., *Eifabiania*, *Pellatispira crassicolumnata*?, *Sphaerogypsina* sp., *Orbitolites* sp., *Rotalia* sp., dan *Carpenteria hamiltonensis*. Umur fosil-fosil terakhir ini adalah Eosen Tengah hingga Atas. *Calciphaerula innominate* yang ditemukan di dalam klastika batugamping diinterpretasikan oleh Socal sebagai suatu fosil rombakan dari formasi Kapur. Batuan-batuan itu serupa dengan formasi Tinombo yang menyerupai flysch yang telah diperkirakan oleh Bouwer (1934), sekitar 55 kilometer sebelah timur laut Labuanbajo. Intrusi-intrusi kecil yang diuraikan di atas juga menerobos endapan ini.

2.3.3 Batuan Intrusi

Telah diamati beberapa generasi intrusi. Yang tertua ialah intrusi andesit dan basalt kecil-kecil di semananjung Donggala. Intrusi-intrusi ini mungkin adalah saluran-saluran batuan vulkanik di dalam Formasi Tinombo. Intrusi-intrusi kecil (selebar kurang dari 50 meter) yang umumnya terdiri dari diorite porfir diorite, mikrodiorit dan granodiorite menerobos Formasi Tinombo, yakni sebelum endapan molasa, dan tersebar luas di seluruh daerah. Semuanya tak terpetakan. Granit dan granodiorite yang telah dipetakan tercirikan oleh fenokris felspar kalium sepanjang hingga 8 cm. penanggalan Kalium/Argon telah dilakukan oleh *Gulf Oil Company* terhadap dua contoh granodiorit dari daerah ini. Intrusi yang tersingkap di antara Palu dan

Donggala memberikan penanggalan 31,0 juta tahun pada Analisa K/Ar dari felspar. Yang lainnya adalah suatu intrusi yang tidak dipetakan, terletak kira-kira 15 km timur-laut dari Donggala, tersingkap di bawah koral Kuarter, memberikan penanggalan 8,6 juta tahun pada analisa K/Ar dari biotit.

2.3.4 Aluvium dan Endapan Pantai

Kerikil, pasir, lumpur dan batugamping koral terbentuk dalam lingkungan sungai, delta, dan laut-dangkal merupakan sedimen termuda di daerah ini. Endapan itu boleh jadi seluruhnya berumur Holosen. Di daerah dekat Labea dan Tambo terumbu koral membentuk bukit-bukit rendah.