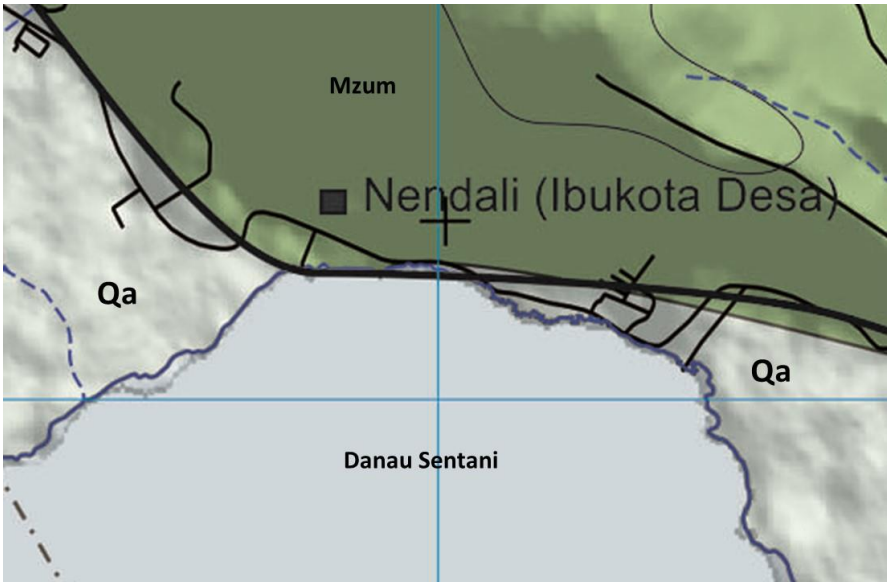
BAB II
TINJAUAN PUSAKA

1.1 Geologi lokasi penelitian

Kampung Nendali, Distrik Setani Timur terletak di kaki gunung Cycloop, yang mana berbatasan dengan danau Setani di arah utara dan Pegunungan Cycloop di arah selatan. Secara geologi, yang ditunjukan oleh Gambar 2.1, kampung Nendali, Sentani Timur didominasi oleh batuan Ultramafik (Mzum) yang terbentuk pada masa Mesozoikum berupa peridotit, dunit dan sedikit piroksenit, dan di bagian Selatan endapan alluvial (Qa) berumur kala Holosen berupa endapan sungai dan endapan kipas alluvial (Gambar 2.1). Kontak batuan ini berarah timur-barat.



Gambar 2. 1 Peta geologi kampung Nendali yang diambil dari peta geologi lembar Jayapura skala 1:50.000 (dimodifikasi dari Sanjaya dkk., 2016).

2.2 Hukum Ohm

Hukum Ohm menyatakan besar arus listrik I yang mengalir melalui sebuah penghantar selalu berbanding lurus dengan beda potensial V dengan konstanta pembanding R yang disebut resistansi. Hukum ini secara matematis dinyatakan oleh persamaan berikut

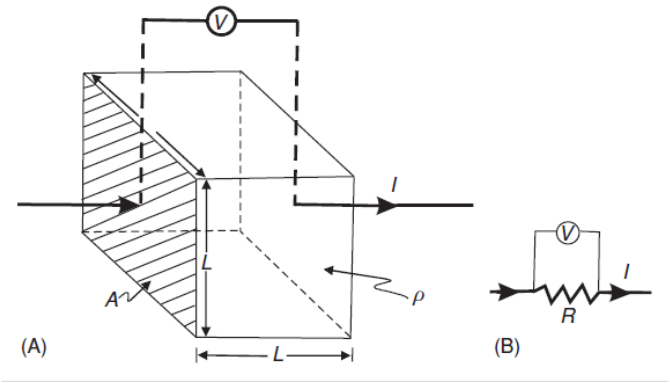
$$I = \frac{V}{R} \tag{2.1}$$

Persamaan di atas dapat juga dituliskan dalam bentuk kuat medan listrik **E** (volt/meter) dan rapat arus **J** (A/m^2) sebagai berikut

$$\rho = \frac{E}{j}(\Omega m) \tag{2.2}$$

Resistivitas sejati didefinisikan sebagai

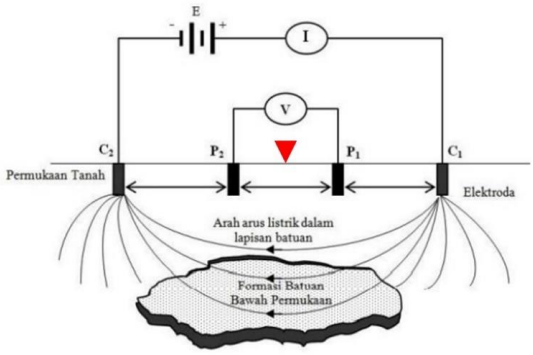
$$\rho = \frac{V}{I}\frac{A}{L} \tag{2.3}$$



Gambar 2. 2 (A). Resistivitas pada material (B). rangkaian listrik ekuivalen dengan resistansi R. (diambil dari Reynolds, 2011)

1.3 Metode Vertical Electrical Sounding (VES) Konfigurasi Schlumberge

Metode Vertical Electrical Sounding (VES), yang merupakan bagian dari geolistrik resistivitas, adalah salah satu metode geofisika aktif yang mempelajari bawah permukaan bumi berdasarkan sifat-sifat kelistrikan batuan seperti tahanan jenis dan konduktivitas (Sedana dan Tanauma, 2015). Metode ini disebut metode geofisika aktif karena menggunakan sumber artifisial berupa aki. Pada metode VES (Gambar 2.3), arus listrik diinjeksi ke bawah permukaan melalui pasangan elektroda arus (elekroda C_1 dan C_2), serta respon material geologi di bawah permukaan akan diukur oleh pasangan elektroda potensial (elektroda P_1 dan P_2) dengan skema seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Skema pengukuran metode geolistrik resistivitas.

Model pengukuran metode geolistrik resistivtas yang paling sering dilakukan adalah *Vertical Electrical Sounding* (VES) konfigurasi Schlumberger. Asumsi dasar metode ini adalah bawah permukaan disusun atas lapisan-lapisan batuan dengan ketebalan dan resistivitas yang tetap (Loke 1999; Loke 2004), sehingga metode ini mengukur variasi vertikal material resistivitas bawah permukaan pada suatu titik tetap yang disebut titik sounding yang merupakan titik tengah bentangan elekroda-elektroda (simbol merah pada Gambar 2.3).

Konfigurasi Schlumberger merupakan konfigurasi yang paling sering digunakan pada metode VES. Kelebihan konfigurasi ini adalah pada kemudahan pengambilan data lapangan, dimana hanya pasangan elekroda arus saja yang dipindahkan pada setiap pengukuran, sedangkan pasangan elektroda potensial hanya dipindahkan Ketika beda potensial berkurang drastic (disebut *potential drop*). Meskipun demikian, terdapat pertidaksamaan matematika yang mengatur jarak antar elekroda potensial dan elekroda arus, sebagaimana persamaan berikut (Rathor dan Rathor, 1970)

$$C_1C_2 > 5P_1P_2 \text{ dan } C_1C_2 < 30P_1P_2 \qquad (2.4)$$

dimana C_1C_2 dan P_1P_2 masing-masing adalah jarak antar pasangan elekroda arus dan elekroda potensial. Pertidaksamaan (2.4) menunjukan bahwa jarak antar elekroda potensial kurang dari 1/5 jarak elekroda arus dan lebih dari 1/30 jarak elekroda arus. Sebagai contoh, Ketika jarak elektroda arus adalah

60 meter, maka jarak elekroda potensial harus lebih besar dari 2meter dan tidak boleh melebihi 12 meter.

Laju penyampelan data lapangan dilakukan secara logaritma dengan enam sampel per siklus (El-Difrawy dkk, 2006). Hal ini berarti, terdapat enam data sample antara spasi elekroda arus 1 hingga 10 meter; enam data sample antara spasi elekroda arus 10 meter hingga 100 meter, 6 sample data antara spasi 100 hingga 1000 meter, demikian seterusnya.

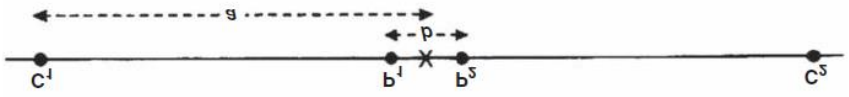
Nilai resistivitas semu metode VES konfigurasi Schlumberger diberikan oleh persamaan berikut

$$\rho_a = \frac{\pi a^2}{b}\left[1 - \frac{b^2}{4a^2}\right]\left[\frac{V}{I}\right] \qquad (2.5a)$$

Dimana jarak a dan b diberikan pada Gambar 2.4. Persamaan (2.5) dapat juga ditulis sebagai fungsi konfigurasi geometri dan resistansi Listrik sebagai berikut

$$\rho_a = K \times \frac{V}{I} = K \times R \qquad (2.5b)$$

dimana K adalah factor geometri dan R adalah resistansi Listrik.



Gambar 2. 3 Skema konfigurasi Schlumberger. Jarak antar elekroda potensial adalah b, setengah jarak antar elektroda arus adalah a (Reynolds, 2011)

2.4 Resistivitas Semu

Nilai resistivitas semu pada persamaan (2.5) memiliki satuan Ohm.meter yang mana satuan meter merupakan kontribusi dari factor geometri K yang menjelaskan sebaran geometri elektroda-elektroda arus dan potensial, sedangkan satuan Ohm merupakan kontribusi dari resintasn Listrik R. Pada kondisi sesungguhnya, material bawah permukaan tidak memiliki sifat homogen sehingga resistivitas yang didapat bukan merupakan

resisitivtas sejati namun disebut resistivitas semu ρ_a (Reynolds, 2011).Resistivitas semu bukan merupakan sifat fisik material bawah permukaan, tidak seperti resistivitas sejati pada persamaan (2.3). sehingga semua data resistivitas yang diambil saat survey lapangan adalah resistivitas semu, sedangkan data yang diperoleh melalui interpretasi menggunakan software IPI2Win adalah resistivitas sejati (Reynolds, 2011).

Pada tahap interpretasi, nilai resistivitas hasil pemodelan inversi diartikan menjadi jenis batuan berdasarkan Tabel 2.1 berikut dan informasi geologi. Tabel ini menunjukan bahwa rentang nilai-nilai resistivitas material bawah permukaan saling beririsan, oleh sebab itu, informasi geologi lokasi penelitian berguna dalam mengarahkan interpretasi jenis batuan.

Tabel 2. 1 Rentang nilai resistivtas beberapa jenis batuan (Telford dkk, 1990; Reynolds, 2011)

No	**Batuan**	**Resistivitas (Ωm)**
1	Granit	$300 - 1.3 \times 10^6$
2	Granit (terlapuk)	$30 - 500$
3	Diorit	$10^4 - 10^5$
4	Gabbro	$10^3 - 10^6$
5	Basalt	$10 - 1.3 \times 10^7$
6	Batupasir	$1 - 7.4 \times 10^8$
7	BatuGamping	$50 - 10^7$
8	Lempung	$1 - 100$
9	Aluvial dan pasiran	$10 - 800$
10	Laterit	$800 - 1500$
11	Tanah laterit	$120 - 750$

2.5 Anisotropi

Distribusi sifat fisik pada material bawah permukaan dapat dikelompokan menjadi 4 jenis sebagai berikut (Gambar 2.4):

1. Isotropi

   Suatu material bawah permukaan disebut isotropis jika sifat fisik material tersebut seragam dalam segala arah pengukuran.

2. Anisotropis

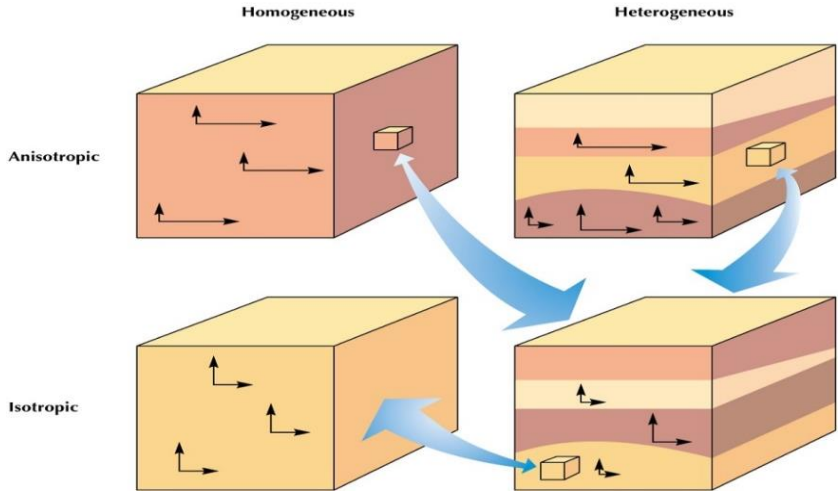
   Suatu material bawah permukaan disebut anisotropis jika sifat fisik material tersebut bergantung pada arah pengukuran. Sifat anisotropis dipengaruhi oleh beberapa faktor-faktor seperti perlapisan, rekahan bawah permukaan, sesar dan kekar.

3. Homogen

   Suatu material bawah permukaan disebut homogen jika sifat fisik material tersebut adalah seragam di semua titik pengukuran.

4. Heterogen

   Suatu material bawah permukaan disebut heterogen jika sifat fisik material tersebut tidak seragam di semua titik pengukuran



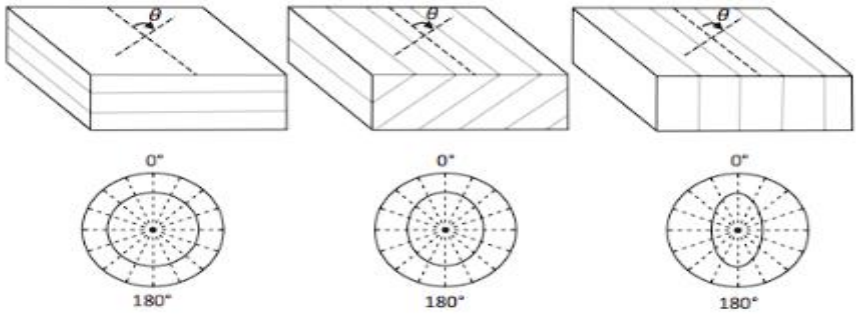
Gambar 2. 4 Material homogen isotropis (kiri bawah). Homogen isotropis (kiri atas). Heterogen isotropis (kanan bawah). Heterogen anisotropis (kanan atas). (Ikelle & Amundsen, 2005).

Anisotropis dikuantifikasi oleh dua parameter yaitu koefisien anisotropis dan orientasi anisotropis. Koefisien anisotropis λ dapat ditentukan melalui grafik sebagaimana dijelaskan di paragraph berikut.

Nilai-nilai resistivitas semu diplotkan sebagai fungsi azimut dalam koordinat radial untuk menghasilkan polygon anisotropis pada tiap kedalaman investigasi. Bentuk umum polygon anisotropis adalah elips. Koefisien anisotropis ditentukan oleh parameter elips yang cocok dengan polygon anisotropis menurut persamaan berikut

$$\lambda = \sqrt{\frac{\rho_{max}}{\rho_{min}}} \tag{2.6}$$

dimana ρ_{max} adalah Panjang sumbu mayor elips yang dalam hal ini adalah resistivitas transversal ($\rho_T \equiv \rho_{max}$). Sedangkan ρ_{min}adalah sumbu minor elips yang dalam hal ini adalah resistivitas longitudinal ($\rho_L = \rho_{min}$). Pada kasus anisotropis yang berkaitan dengan rekahan, sesar dan perlapisan sedimen, orientasi sumbu mayor elips menunjukan orientasi anisotropis seperti yang di ilustrasikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Model Anisotropi bawah permukaan dan respon poligon Anisotropis (Atmoadi & Parnadi, 2022).

Perlapisan horisontal menunjukan poligon anisotropi berupa lingkaran, perlapisan miring menunjukan poligon anisotropi berupa elips dengan sumbu mayor searah dengan arah anisotropi (tengah). Pada media mohogen isotropis, koefisien anisotropis λ bernilai 1 dan bentuk polygon anisotropi adalah lingkaran, sedangkan untuk media homogen anisotropis, koefisien anisotropis λ bervariasi antara 1 dan 2 dimana polygon anisotropis berbentuk elips

2.6 Metode Resistivitas Asimut

Metode resistivitas azimut (*azimuthal resistivity method*) adalah modifikasi dari metode geolistrik resistivitas konvensional dimana pada suatu titik *sounding* dilakukan beberapa pengukuran dengan mengubah arah bentangan sebagai fungsi sudut azimut. Rentang nilai sudut azimuth adalah dari $0°$ hingga $180°$. Umumnya azimut yang digunakan pada metode ini adalah $0°$ (Utara-Selatan), $45°$ (Timur laut-Barat daya), $90°$ (Timur-Barat) dan $135°$ (Tenggara-Barat Laut) (Gambar 2.5). Nilai-nilai resistivitas semu pada semua azimuth pada suatu titik sounding kemudian diplot terhadap derajat azimut dalam diagram kutub sehingga membentuk polygon anisotropis. Asumsi dasar yang digunakan dalam metode ini adalah homogen sehingga berlaku prinsip resiprositas Dimana nilai arus injeksi dan respon beda potensial akan sama jika posisi elektroda arus dan elektroda potensial ditukar. Konsekuensi dari asumsi tersebut pada penelitian ini adalah orientasi bentangan elektroda hanya pada 4 sudut asimut saja yaitu asimut $0°, 45°, 90°, 135°$, sedangkan sudut $180°, 225°, 270°, 315°$ tidak perlu dilakukan karena merupakan resiprositas dari sudut $0°, 45°, 90°, 135°$.