

**MODUL PRAKTIKUM
METODE GEOLISTRIK DAN ELEKTROMAGNETIK**



**PROGRAM STUDI GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
2018**

METODE GEOLISTRIK DAN ELEKTROMAGNETIK

I. Tujuan Percobaan

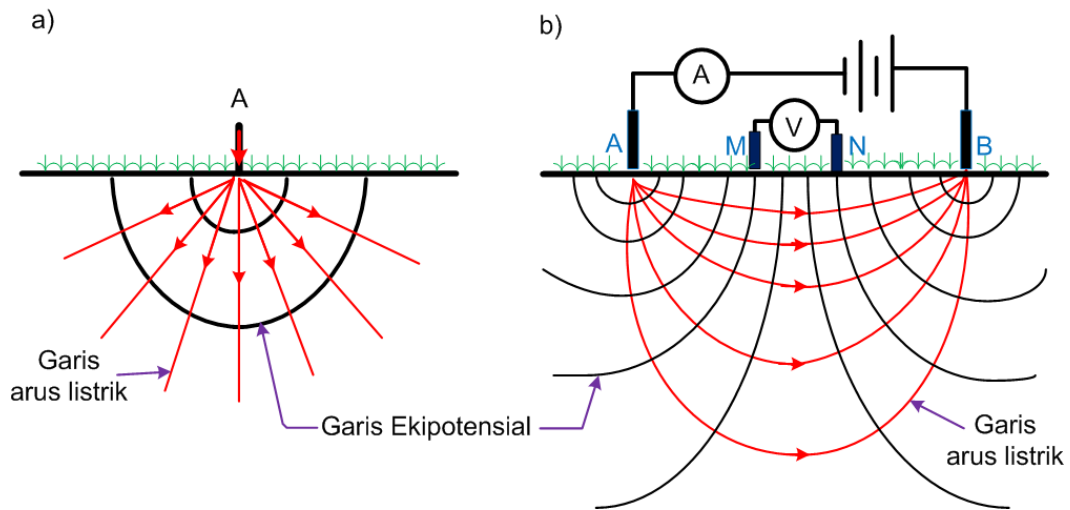
1. Menentukan nilai resistivitas mineral (batuan) di bawah permukaan tanah.
2. Mengidentifikasi mineral (batuan) yang berada di bawah permukaan tanah

II. Landasan Teori

II.1. Metode Geolistrik

Metode geolistrik merupakan metode geofisika yang untuk mengidentifikasi sumber daya alam (SDA) di bawah permukaan tanah dengan memanfaatkan sifat kelistrikan mineral (batuan).

Pada medium bumi homogen, arus listrik (I) diinjeksikan ke bumi melalui elektroda arus listrik positif (*Current Source*). Arus listrik yang diinjeksikan berarah radial keluar dari elektroda dan membangkitkan permukaan ekipotensial yang arahnya tegak lurus dengan garis-garis arus listrik dan berbentuk setengah bola (Gambar II.1a). Dalam situasi yang sama antara elektroda arus positif (*Current Source*) dan elektroda arus negatif (*Current Sink*) menghasilkan garis-garis aliran arus listrik dan permukaan ekipotensial menjadi lebih kompleks (Gambar II.1b). Garis-garis permukaan ekipotensial inilah yang menyebabkan terjadinya perbedaan potensial di permukaan bumi yang dapat terukur oleh voltmeter.



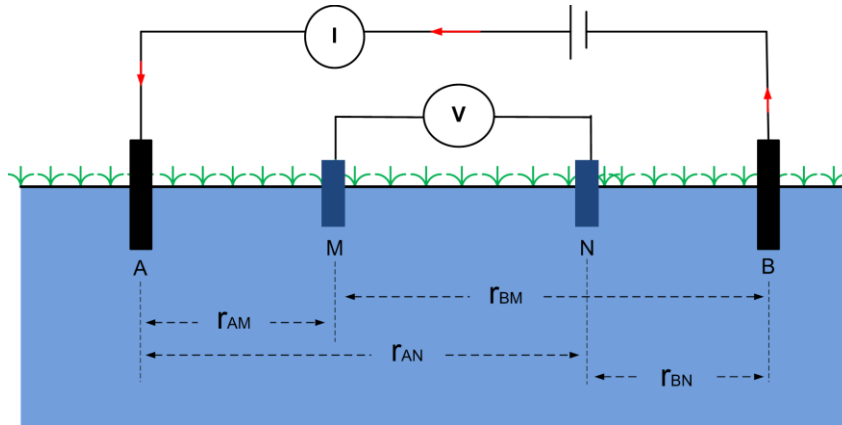
Gambar II.1 Gambaran sederhana garis-garis arus listrik dan permukaan ekipotensial yang timbul dari (a). Satu buah elektroda sumber (*current source*) (b). Satu set elektroda (*current source and sink*).

Potensial listrik di sekitar elektroda positif ataupun negatif berbentuk bulatan setengah bola. Potensial listrik di sekitar elektroda positif (*Current Source*) akan bernilai positif dan berkurang seiring dengan pertambahan jarak. Arus listrik bertanda negatif pada elektroda negatif (*Current Sink*), dengan aliran arus listrik mengarah keluar dari permukaan tanah. Oleh karena itu, potensial listrik di sekitar elektroda negatif bernilai negatif dan bertambah (dengan nilai negatif) seiring dengan pertambahan jarak dari elektroda negatif.

Berdasarkan fakta-fakta di atas, beda potensial listrik di antara dua buah pasangan elektroda potensial listrik yang terpisah pada jarak tertentu di permukaan bumi dapat terukur. Hasil data beda potensial yang telah terukur dalam sebuah penelitian, struktur resistivitas bawah permukaan bumi di area penelitian dapat dipetakan.

Susunan empat buah elektroda terdiri dari sepasang elektroda arus listrik dan sepasang elektroda potensial listrik yang terpisah pada jarak tertentu. Elektroda A dan B merupakan elektroda arus listrik yang berturut-turut berfungsi sebagai sumber arus listrik dan arus listrik masukan, sedangkan elektroda M dan N merupakan elektroda

potensial listrik yang digunakan untuk mengukur beda potensial di antara dua titik yang berjarak tertentu yaitu titik M dan N (Gambar II.2).



Gambar II.2. Konfigurasi empat buah elektroda secara umum, yang terdiri dari sepasang elektroda arus listrik (A dan B) dan sepasang elektroda potensial listrik (M dan N).

Pada elektroda M, potensial listrik yang dihasilkan oleh elektroda A bernilai positif,

yaitu sebesar $+\rho \frac{I}{2\pi r_{AM}}$, sedangkan potensial listrik pada elektroda M yang dihasilkan

oleh elektroda B bernilai negatif, yaitu sebesar $-\rho \frac{I}{2\pi r_{BM}}$, sehingga besar potensial

listrik pada elektroda M sebesar

$$V_M = \rho \frac{I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} \right) \quad (\text{II.3})$$

Demikian pula pada elektroda N, potensial listrik dihasilkan oleh elektroda arus listrik A dan B, sehingga besar potensial listrik pada elektroda N adalah sebesar

$$V_N = \rho \frac{I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_{AN}} - \frac{1}{r_{BN}} \right) \quad (\text{II.4})$$

Setelah diperoleh nilai potensial listrik pada elektroda M dan elektroda N, beda potensial listrik antara elektroda M dan N adalah sebesar

$$\Delta V = \rho \frac{I}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} \right) - \left(\frac{1}{r_{AN}} - \frac{1}{r_{BN}} \right) \right\} \quad (\text{II.5})$$

Semua besaran pada persamaan (II.5) dapat diukur di atas permukaan tanah terkecuali nilai resistivitas (ρ). Berdasarkan persamaan (II.5), persamaan resistivitas semu dapat dituliskan dalam bentuk persamaan seperti berikut

$$\rho = 2\pi \frac{\Delta V}{I} \left\{ \left(\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} \right) - \left(\frac{1}{r_{AN}} - \frac{1}{r_{BN}} \right) \right\}^{-1} \quad (\text{II.6})$$

$$\rho = k \frac{\Delta V}{I} \quad (\text{II.7})$$

$$k = 2\pi \left\{ \left(\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} \right) - \left(\frac{1}{r_{AN}} - \frac{1}{r_{BN}} \right) \right\}^{-1} \quad (\text{II.8})$$

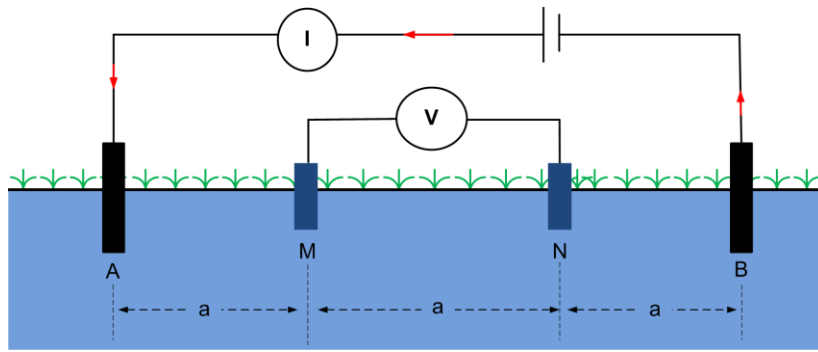
Dimana k adalah faktor geometri konfigurasi,

Secara umum, persamaan resistivitas semu dengan menggunakan metode empat buah elektroda akan lebih mudah diperoleh dengan menggunakan konfigurasi khusus dari susunan elektroda arus listrik dan elektroda potensial listrik. Terdapat beberapa konfigurasi khusus susunan empat buah elektroda pada metode geolistrik yang sering dipergunakan, diantaranya adalah konfigurasi Wenner, Schlumberger, Wenner-Schlumberger, dan dipol-dipol.

II.2. Konfigurasi pada Metode Geolistrik

1. Konfigurasi Wenner

Pada konfigurasi Wenner, jarak antar elektroda memiliki nilai yang sama, yaitu $r_{AM} = r_{BM} = a$ dan $r_{AN} = r_{BN} = 2a$ seperti terlihat berikut ini.



Gambar II.5. Geometri konfigurasi Wenner

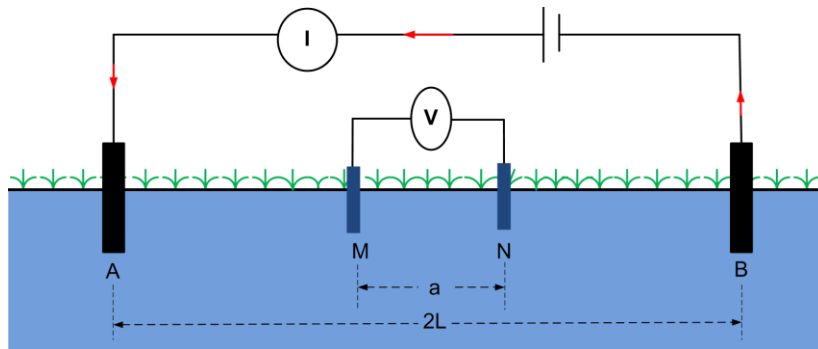
Dengan mensubstitusikan nilai r_{AM} , r_{BN} , r_{AN} , dan r_{BM} pada persamaan (II.6), maka persamaan resistivitas untuk konfigurasi Wenner dapat dituliskan seperti persamaan berikut

$$\rho = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \quad (\text{II.9})$$

Konfigurasi Wenner sangat baik untuk *lateral profiling* atau *lateral mapping*, yaitu pemetaan untuk mengetahui variasi resistivitas secara *lateral* atau horizontal. Hal ini dikarenakan pada konfigurasi Wenner, jarak antar elektroda memiliki jarak yang tetap. Jarak antar elektroda arus listrik yang dibuat tetap menghasilkan aliran arus listrik yang maksimal pada kedalaman tertentu sehingga kontras resistivitas *lateral* atau horizontal dapat diperkirakan.

2. Konfigurasi Schlumberger

Pada konfigurasi Schlumberger, jarak antar elektroda-elektroda arus listrik dan potensial listrik dapat dilihat pada gambar II.6, yaitu dengan jarak $r_{AM} = r_{BN} = L - a$ dan $r_{AN} = r_{BM} = L + a$.



Gambar II.6. Geometri konfigurasi Schlumberger untuk $x = 0$

Dengan mensubstitusikan nilai r_{AM} , r_{BN} , r_{AN} , dan r_{BM} dari geometri Schlumberger pada persamaan (II.6) dan menasumsikan $L \gg a$, maka akan diperoleh persamaan resistivitas semu seperti berikut

$$\rho = \frac{\pi L^2}{2a} \frac{\Delta V}{I} \quad (\text{II.8})$$

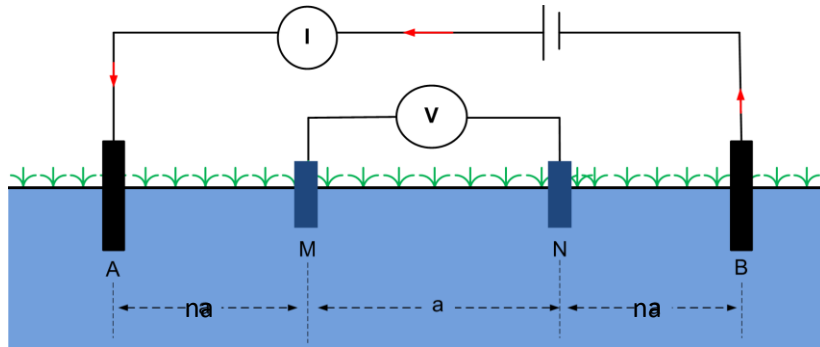
Konfigurasi Schlumberger pada metode geolistrik sangat baik untuk *vertical electrical sounding* (VES), yaitu untuk memperkirakan variasi resistivitas sebagai fungsi kedalaman. Pada konfigurasi Schlumberger, jarak titik tengah (antar elektroda potensial) dibuat tetap diantara dua buah elektroda arus listrik yang mengalami pertambahan jarak. Hal ini menyebabkan garis-garis arus listrik yang diinjeksikan ke dalam bumi akan semakin membesar, bergantung pada distribusi vertikal dari konduktivitas material, sehingga mampu memetakan resistivitas secara vertikal dengan baik.

3. Konfigurasi Wenner-Schlumberger

Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* adalah konfigurasi dengan sistem aturan spasi yang konstan dengan catatan faktor “n” untuk konfigurasi ini adalah perbandingan jarak antara elektroda C1-P1 (atau C2-P2) dengan spasi antara P1-P2 seperti pada Gambar II.7. Jika jarak antar elektroda potensial (P1 dan P2) adalah a maka jarak antar elektroda arus (C1 dan C2) adalah $2na + a$. Proses penentuan resistivitas menggunakan 4 buah elektroda yang diletakkan dalam sebuah garis lurus.

Faktor geometri konfigurasi Wenner-Schlumberger sebagai berikut:

$$k = \pi n(n+1)a \quad (\text{II.9})$$



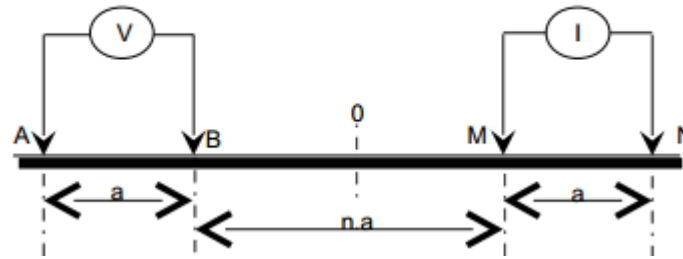
Gambar II.7. Geometri konfigurasi Wenner-Schlumberger

4. Konfigurasi Dipole-dipole

Konfigurasi dipole-dipole merupakan gabungan dari teknik profiling dan depth sounding, sehingga jenis konfigurasi ini merupakan salah satu konfigurasi yang umumnya digunakan dalam eksplorasi geofisika. Konfigurasi dipole-dipole menempatkan jarak elektroda arus C1C2 sama dengan jarak elektroda potensial P1P2, yang diperlihatkan pada gambar 5. Penempatan elektroda P1P2 berjarak a dari pasangan elektroda C1C2 dengan nilai faktor $n = 1,2,3$. Nilai K diturunkan ke persamaan (3), dengan nilai $n = 1,2,3,4,\dots,n$.

Faktor geometri konfigurasi dipole-dipole sebagai berikut:

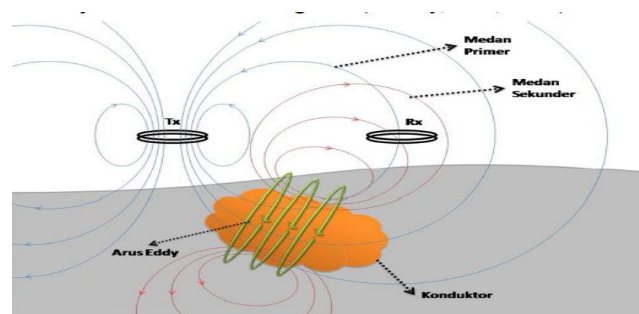
$$k = \pi an(n+1)(n+2) \quad (\text{II.10})$$



Gambar II.8. Geometri konfigurasi dipole-dipole

II.3 Metode Elektromagnetik

Survei elektromagnetik (EM) pada dasarnya diterapkan untuk mengetahui respon bawah permukaan menggunakan perambatan gelombang elektromagnetik yang terbentuk akibat adanya arus bolak-balik dan medan magnetik. Medan magnet primer dihasilkan oleh arus bolak-balik yang melewati sebuah kumparan yang terdiri dari lilitan kawat. Respons bawah permukaan berupa medan magnet sekunder dan resultan medan terdeteksi sebagai arus bolak-balik yang menginduksi arus listrik pada coil penerima (*receiver*) sebagai akibat adanya induksi medan magnetik. Adapun lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar II.9 Induksi gelombang elektromagnetik

Medan magnet primer dihasilkan dengan melewati arus AC melalui kumparan kawat pada *transmitter* (Tx). Medan magnet primer akan merambat di atas dan di bawah permukaan tanah. Jika terdapat material konduktif di bawah permukaan, medan magnet primer yang berubah terhadap waktu akan menginduksi material tersebut

sehingga muncul rotasi medan listrik (*eddy current*). Medan listrik tersebut membangkitkan medan magnet sekunder yang akan terdeteksi oleh *receiver* (Rx). *Receiver* juga mendeteksi medan magnet primer (medan yang dihasilkan adalah kombinasi dari primer dan sekunder yang berbeda dari medan primer dalam fase dan amplitudo). Setelah kompensasi untuk bidang utama (yang dapat dihitung dari posisi relatif dan orientasi dari kumparan), baik besaran dan fase relatif bidang sekunder dapat diukur. Perbedaan dalam bidang resultan dari medan primer memberikan informasi tentang geometri, ukuran dan sifat listrik dari konduktor bawah permukaan. Setelah mendapatkan perbedaan medan EM primer dan medan EM sekunder, dapat ditentukan konduktivitas dari mineral bawah permukaan tanah, diberikan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_a = \frac{4}{\omega \mu_o S^2} \left(\frac{H_s}{H_p} \right) \quad (\text{II.11})$$

dengan :

σ_a = konduktivitas semu (Siemen/m)

H_s = medan magnet sekunder (A/m)

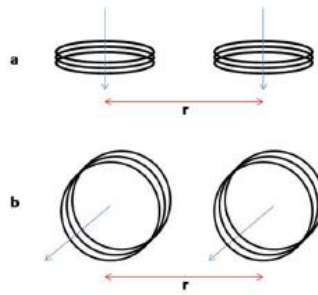
H_p = medan magnet primer (A/m)

$\omega = 2 \pi f$, f adalah frekuensi gelombang EM (f dalam Hz)

μ_o = permeabilitas vakum ($4\pi \times 10^{-7}$ H/m)

S = jarak antara pemancar dan penerima (meter)

Konfigurasi *EM-Conductivity* yang bisa digunakan oleh perangkat *GF-Instrument CMD-4* adalah sistem *Loop Vertical Coplanar* (VCP) dan *Loop Horizontal Coplanar* (HCP). VCP biasa disebut juga *Horizontal Magnetic Dipole* (HMD).Demikian juga pada HCP yang biasa disebut *Vertical Magnetic Dipole* (VMD). Penetrasi optimum untuk konfigurasi HCP dapat mencapai kedalaman 6 meter dan dapat direduksi menjadi kedalaman meter dengan menggunakan konfigurasi VCP.



Gambar II.10 Konfigurasi *EM-Conductivity* (a) sistem *loop horizontal coplomar* (HCP) dan (b) sistem *loop vertical coplomar* (VCP)

III. Peralatan Praktikum

Adapun peralatan yang digunakan pada praktikum metode geolistrik tahanan jenis adalah sebagai berikut:

- | | |
|-------------------------------------|----------------|
| 1. Resestivimeter | 8. Meteran |
| 2. 2 (dua) buah elektroda arus | 9. Kompas |
| 3. 2 (dua) buah elektroda potensial | 10. GPS |
| 4. Kabel elektoda | 11. Patok |
| 5. Kabel konektor | 12. Alat tulis |
| 6. Baterai basah/kering | 13. Tali rapia |
| 7. Palu elektroda | |

IV. Prosedur Pengambilan Data

Adapun prosedur pengambilan data di lapangan adalah sebagai berikut:

1. Pasang elektroda sesuai konfigurasi yang diinginkan. Gunakan palu untuk menancapkan elektroda ke dalam tanah.
2. Hubungkan elektroda arus menggunakan kabel gulung dan konektor ke C1 dan C2 pada resistivimeter.

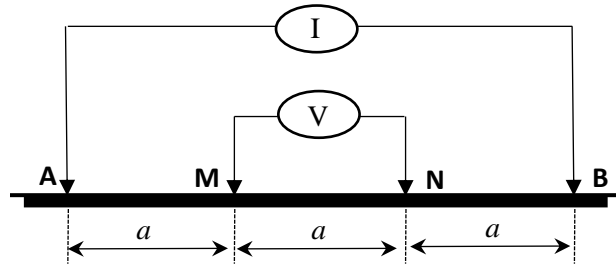
3. Hubungkan elektroda potensial menggunakan kabel gulung dan konektor ke P1 dan P2 pada resistivimeter.
4. Hubungkan baterai menggunakan kabel konektor ke jack INPUT (+) dan (-) pada resistivimeter.
5. Tekan tombol Power dari OFF menjadi ON, maka resistivimeter sudah menyalakan. Lihat jarum indikator Current Loop hingga menunjuk ke bagian kanan. Hal ini menunjukkan kontak elektroda arus dengan tanah (bumi) dan resistivimeter sudah cukup memadai. Jika tidak, perbaiki koneksinya, tancap elektroda arus lebih dalam atau siram tanah di sekitar elektroda arus dengan air atau larutan elektrolit untuk memperbaiki kontak.
6. Tekan tombol hingga display tegangan V menunjuk angka nol atau mendekati nol.
7. Injeksikan arus dengan menekan tombol START hingga display arus I (mA) menunjukkan angka yang stabil.
8. Tekan tombol HOLD dan baca harga arus pada display arus I serta harga tegangan/potensial pada display tegangan V sebagai data pengukuran.
9. Lakukan pengukuran beberapa kali (misal, 3 kali) untuk lebih meyakinkan data hasil pengukuran. Catat semua hasil pengukuran, termasuk jarak spasi elektroda (a , n) dalam tabel hasil pengukuran (Lampiran 1).
10. Pindahkan posisi elektroda ke posisi pengukuran berikutnya sesuai konfigurasi yang digunakan (bagian V) dan stacking chart (Gambar VI.1)
11. Lakukan prosedur pengukuran yang sama seperti prosedur 1-10 untuk mendapatkan data dengan posisi elektroda yang berbeda.

V. Prosedur Pemindahan Konfigurasi Elektroda

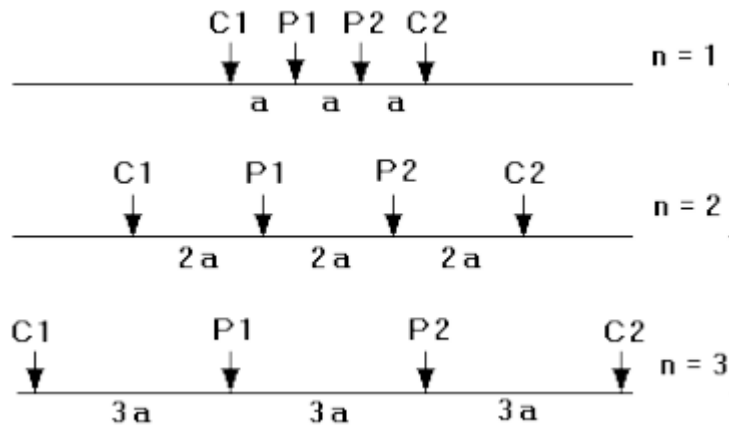
V.1 Konfigurasi Wenner

1. Pasang elektroda dengan jarak spasi elektroda yang sama (a) untuk semua elektroda, seperti pada Gambar V.1.
2. Setelah dilakukan pengukuran, jarak spasi elektroda diperbesar menjadi kelipatannya yaitu $2a$, $3a$, hingga na (Gambar V.2).

- Hal ini bisa dilakukan sepanjang lintasan pengukuran untuk data 2D, dengan menjadikan ujung-ujung lintasan sebagai patokan.
- Pengubahan jarak spasi elektroda bisa diubah setiap kali pengukuran, atau diselesaikan sepanjang lintasan baru dilakukan pengukuran untuk jarak spasi elektroda yang berbeda.



Gambar V.1 Susunan elektroda konfigurasi Wenner.

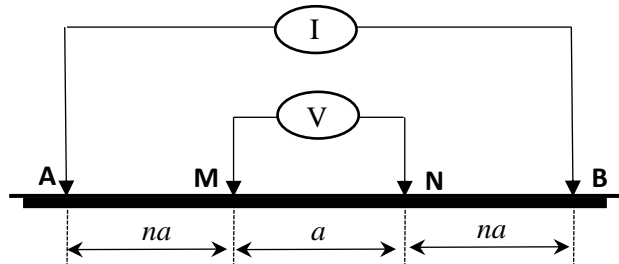


Gambar V.2 Perubahan susunan elektroda konfigurasi Wenner.

V.2 Konfigurasi Schlumberger

- Pasang elektroda dengan jarak spasi elektroda yang sama (a) untuk semua elektroda ($n=1$), seperti pada Gambar V.7
- Pengukuran pada lapisan kedua dan berikutnya (n), jarak spasi antar elektroda arus (AB) dan antar elektroda potensial (MN) tetap (a), tetapi jarak spasi antar elektroda arus dan potensial (BM) diperbesar menjadi kelipatannya yaitu $2a$, $3a$, hingga na (Gambar V.8).

- Hal ini bisa dilakukan sepanjang lintasan pengukuran untuk data 2D, dengan menjadikan ujung-ujung lintasan sebagai patokan.



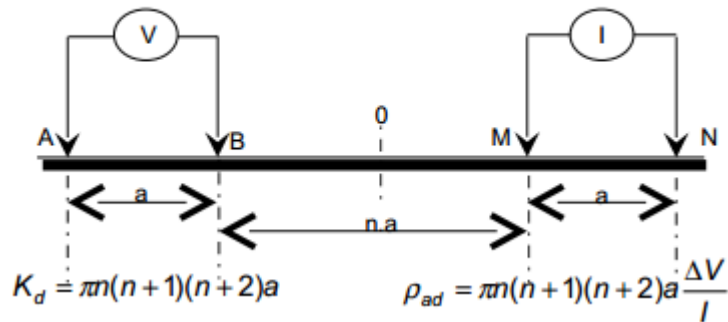
Gambar V.3 Susunan elektroda konfigurasi Schlumberger

V.3 Konfigurasi Wenner-Schlumberger

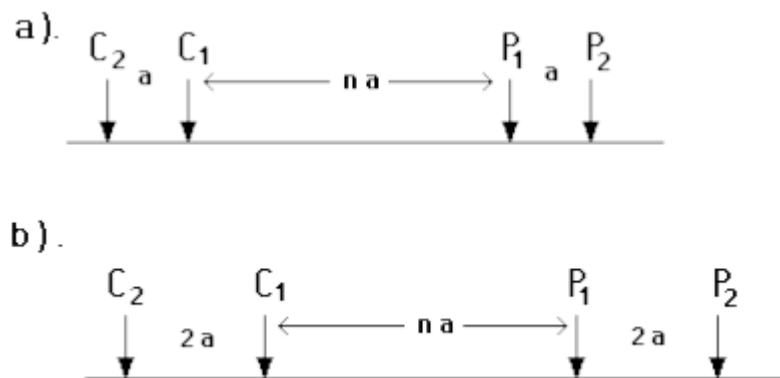
- Pasang elektroda dengan jarak spasi elektroda yang sama (a) untuk semua elektroda ($n=1$), seperti pada Gambar V.1
- Pengukuran pada lapisan kedua dan berikutnya (n), jarak spasi antar elektroda MN tetap a , tetapi jarak spasi antar elektroda AM/NB diperbesar menjadi kelipatannya yaitu $2a$, $3a$, hingga na (Gambar V.3).
- Hal ini bisa dilakukan sepanjang lintasan pengukuran untuk data 2D, dengan menjadikan ujung-ujung lintasan sebagai patokan.

V.4 Konfigurasi Dipol-dipol

- Pasang elektroda dengan jarak spasi elektroda yang sama (a) untuk semua elektroda ($n=1$), seperti pada Gambar V.7
- Pengukuran pada lapisan kedua dan berikutnya (na), jarak spasi antar elektroda arus (AB) dan antar elektroda potensial (MN) tetap (a), tetapi jarak spasi antar elektroda arus dan potensial (BM) diperbesar menjadi kelipatannya yaitu $2a$, $3a$, hingga na (Gambar V.8).
- Hal ini bisa dilakukan sepanjang lintasan pengukuran untuk data 2D, dengan menjadikan ujung-ujung lintasan sebagai patokan.



Gambar V.7 Susunan elektroda konfigurasi dipol-dipol.



Gambar V.8 Perubahan susunan elektroda konfigurasi dipol-dipol.

VI. Pengolahan Data dengan Software Res2divn

Tahap-tahap pengolahan data metoda geolistrik tahanan jenis menggunakan software **Res2Dinv** diuraikan seperti tahapan di bawah ini.

1. Data lapangan berupa arus (I), tegangan (V) dan jarak spasi elektroda (n, a).
2. Masukkan data lapangan dalam program Excel untuk menghitung faktor konfigurasi (k) dan nilai resistivitas semu (ρ). Save filenya dalam bentuk file text (*.txt).
3. Buat input untuk program Res2Dinv di program Notepad, dengan format, input sebagai berikut:
 - a. Nama lintasan survey.
 - b. Jarak elektroda terkecil (a).

- c. Jenis konfigurasi (Wenner = 1, Schlumberger = 7, pole-pole = 2, dipole-dipole = 3, pole-dipole = 6)
 - d. Jumlah total datum point.
 - e. Posisi datum pertama (tulis 0 jika pertama di elektroda pertama atau tulis 1 jika datum pertama berada di tengah lintasan elektroda).
 - f. Masukkan 0 untuk resistivitas atau 1 untuk IP.
 - g. Susunan data
 - 1) **Konfigurasi Wenner, dipol-dipol:** susunan data terdiri dari 3 (tiga) kolom. Kolom pertama menyatakan jarak datum dari patok (titik) acuan. Kolom kedua merupakan spasi elektroda $\times n$ (lapisan ke- n), dan kolom ketiga adalah nilai resistivitas.
 - 2) **Konfigurasi Wenner-Schlumberger:** susunan data terdiri dari 4 (empat) kolom. Kolom pertama menyatakan jarak datum dari patok (titik) acuan. Kolom kedua merupakan spasi elektroda, kolom ketiga menyatakan lapisan ke- n , dan kolom keempat adalah nilai resistivitas.
 - h. Ketik nol di akhir input data, 4 kali.
 - i. Jika ada topografi, maka dikasi angka 2 dan jumlah data topografi setelah itu koordinat topografi.
4. Setelah diperoleh data input dalam program Notepad, kemudian save as dalam bentuk *.dat (misal: data1.dat).
 5. Keluar dari program Notepad.
 6. Masuk ke program Res2Dinv.
 7. Dari tampilan windows Res2Dinv, buka menu file untuk membaca data yang disimpan dalam program Notepad (file data1.dat).
 8. Kemudian pilih menu inversi ON, lalu pilih *least-squares inversion*.

VII. Daftar Pustaka

Lowrie, William, 2007. *Fundamentals of Geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press.

Kearey, P.; Brooks, M. dan Hill, I., 2002, *An Introduction to Geophysical Exploration*,
Edisi ke-3, USA, Blackweell Science Ltd.