

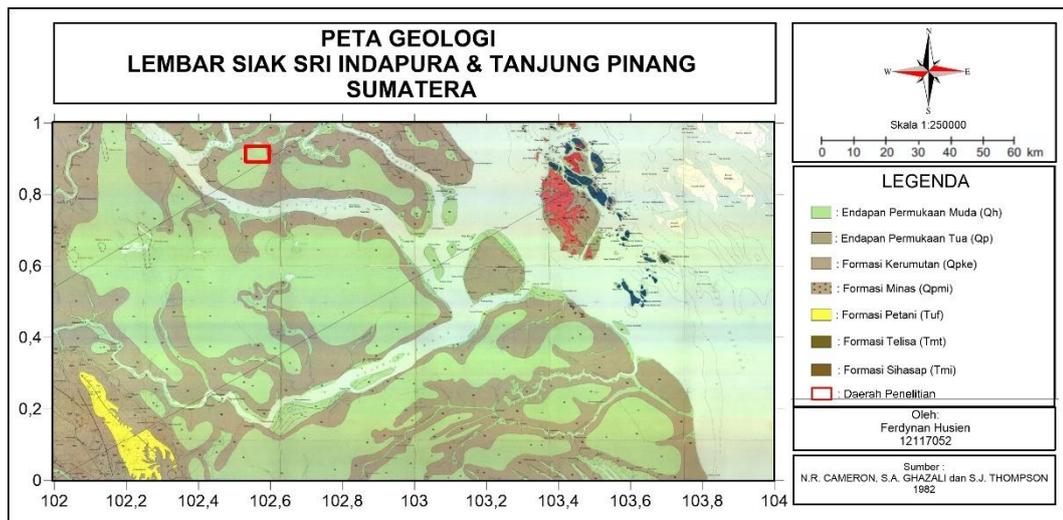
## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1 Geologi Daerah

Riau terletak pada Cekungan Pengendapan Sumatera Tengah. Endapan tersebut telah menjadi lapisan sedimen yang beribu-ribu meter tebalnya. Sedimen tersebut kemudian terangkat, terlipat kemudian mengalami patahan di beberapa tempat membentuk antiklinal dan sinklinal dengan sumbu-sumbu yang pada umumnya mengarah Barat Laut dan Tenggara (Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan, 1983). Berdasarkan peta geologi (Cameron dkk., 1982) daerah penelitian termasuk pada lembar Siak Sri Indrapura dan Tanjung Pinang yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Urutan Stratigrafi di Lembar Siak Sri Indrapura dan Tanjung Pinang dapat dibagi menjadi dua, yaitu Tersier dan Kuartar. Berikut adalah satuan batuan pada Cekungan Pengendapan Sumatera Tengah yang terdapat pada peta lembar Siak Sri Indrapura dan Tanjung Pinang, yaitu:

- a. Endapan Permukaan Muda (*Qh*), endapan ini berumur holosen hingga sekarang dan tersusun dari lempung, lanau, kerikil licin, sisa-sisa tumbuhan rawa gambut dan terumbu karal;
- b. Endapan Permukaan Tua (*Qp*), endapan ini berumur plistosen atas dan menindih Formasi Kerumutan secara tidak sejajar. Material penyusun terdiri dari lempung, lanau, kerikil lempungan, sisa-sisa tumbuhan dan pasir granit.
- c. Formasi Kerumutan (*Qpke*), formasi ini berumur plistosen bawah dan menindih Formasi Minas secara sejajar. Material penyusun formasi ini terdiri dari lempung tufaan, pasir, dan kerikil lempungan.
- d. Formasi Minas (*Qpmi*), formasi ini berumur plistosen bawah dan menindih formasi petani secara tidak selaras. Material penyusun formasi ini terdiri dari batulumpur lunak dengan urat kaolin dan limonit, batulanau, pasir, dan kerikil.
- e. Formasi Petani (*Tup*), formasi ini berumur miosen atas hingga pliosen dan menindih Formasi Telisa secara tidak selaras. Material penyusun formasi ini terdiri dari batulumpur berkarbon yang bioturbit, dengan horizon tufaan, dan lapisan tipis batubara.

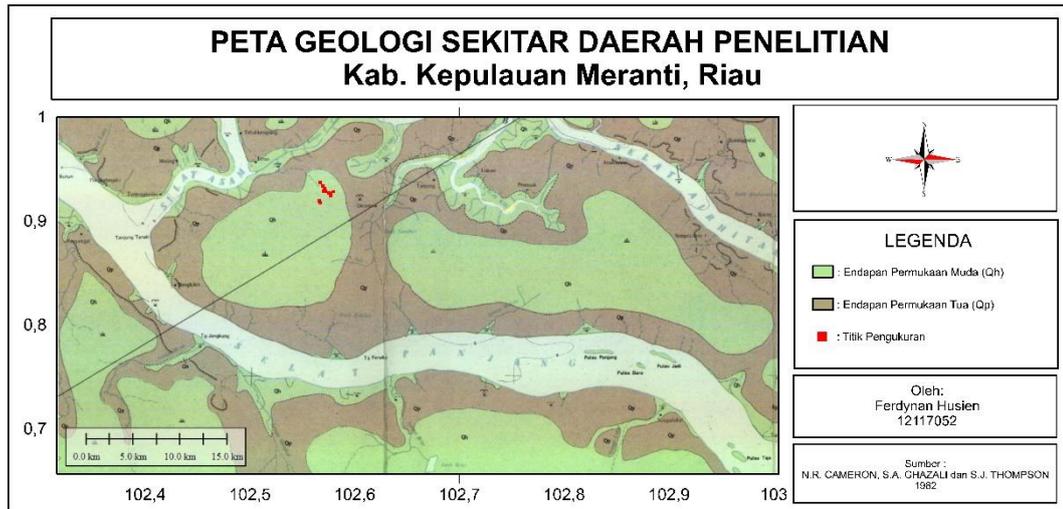
- f. Formasi Telisa (*Tmt*), formasi ini berumur miosen dan menindih Formasi Sihapas. Material penyusun formasi ini terdiri dari batulumpur gampingan kelabu.
- g. Formasi Sihapas (*Tmi*), formasi ini berumur miosen dan menindih Formasi Pematang secara tidak selaras. Material penyusun formasi ini terdiri dari batulumpur, batulanau, dan Pasir.



Gambar 2.1 Peta Geologi Regional Lembar Siak Sri Indrapura dan Tanjung Pinang (modifikasi dari Cameron dkk., 1982).

## 2.2 Geologi Daerah Penelitian

Menurut Sudinda (2019), daerah penelitian ini memiliki morfologi daerah yang relatif landai dengan ketinggian antara 0 sampai 25 meter dari permukaan laut. Berdasarkan peta geologi lembar Siak Sri Indrapura dan Tanjung Pinang (Gambar 2.2), batuan yang tersingkap di daerah penelitian termasuk dalam Endapan Permukaan Muda (Qh). Adapun satuan batuan yang terdapat di sekitar daerah penelitian dan juga merupakan lapisan yang berada di bawah lapisan Endapan Permukaan Muda (Qh) yaitu Endapan Permukaan Tua (Qp).



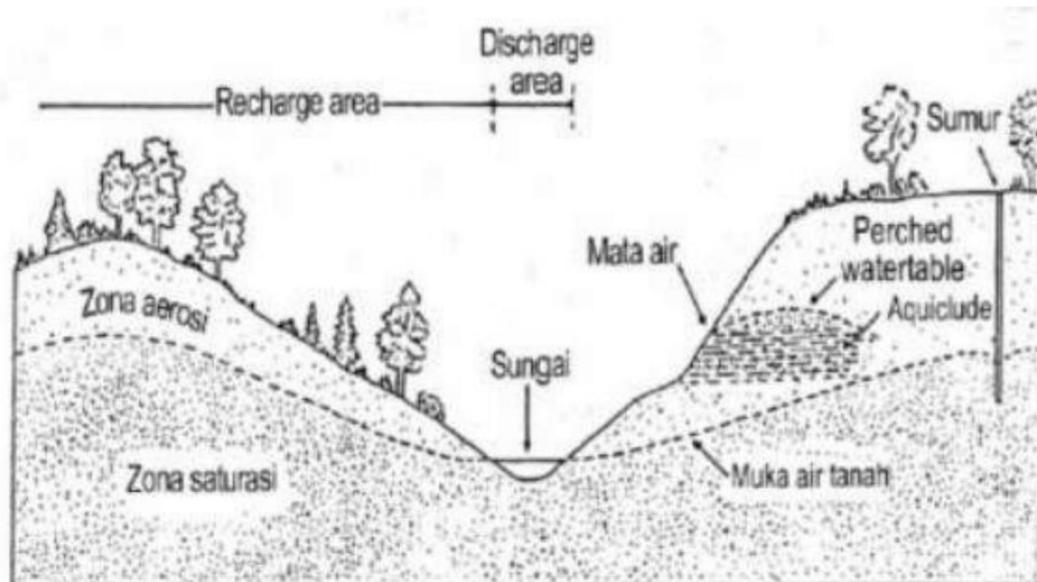
Gambar 2.2 Peta geologi sekitar daerah penelitian (modifikasi dari Cameron dkk., 1982).

### 2.3 Air Tanah

Air yang terdapat dibawah permukaan bumi disebut sebagai air tanah. Salah satu sumber utamanya adalah air hujan, yang menembus pori-pori di antara partikel tanah (Muzaki, 2017).

Menurut Soemarto (1987), keberadaan air tanah dapat dibedakan menjadi zona jenuh dan tidak jenuh. Pada zona jenuh, semua rongga yang berisi air di bawah tekanan hidrostatik disebut air tanah. Sedangkan Zona tidak jenuh, rongga-rongganya terisi oleh air dan udara dengan air yang terkandung didalamnya dapat disebut air dangkal atau air mengambang (*Vadus Water*). Zona tidak jenuh terletak di atas zone jenuh sampai ke permukaan tanah.

Muka air tanah pada umumnya tidak mendatar, tetapi kurang lebih mengikuti permukaan tanahnya. Jika tidak terjadi hujan atau pada musim kemarau, ketinggian muka air di bawah bukit berangsur-angsur turun hingga sejajar dengan lembah. Daerah tempat air hujan meresap (*precipitation*) ke zona jenuh disebut daerah rembesan (*recharge area*). Lalu *discharge area* adalah daerah dimana air tanah keluar (Yuristina, 2015). Berikut adalah letak relatif bagian-bagian dari air tanah dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Posisi relatif istilah-istilah tertentu yang berkaitan dengan air tanah (Yuristina, 2015).

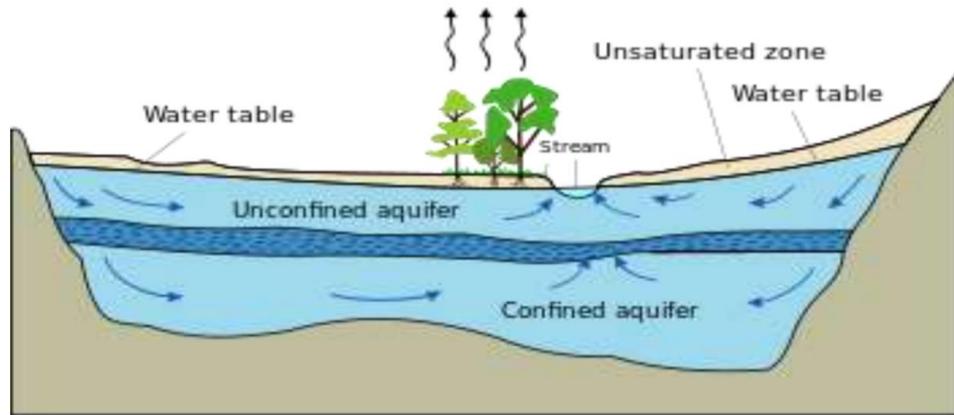
#### 2.4 Akuifer

Akuifer didefinisikan sebagai formasi batuan yang menyimpan atau berisi air tanah. Banyaknya air tanah yang tersedia pada suatu wilayah dipengaruhi oleh karakteristik akuifer pada daerah tersebut. Batuan yang mempunyai susunan yang dapat mengalirkan air tanah dapat disebut sebagai akuifer atau lapisan pembawa air atau lapisan permeable (Istiqamah, 2018).

Menurut Saputra (2019), berdasarkan sifatnya dalam menyimpan dan meloloskan air, batuan dapat dibagi menjadi:

1. Akuifer adalah lapisan batuan yang memiliki porositas serta permeabilitas yang baik sehingga mampu menyimpan maupun meloloskan air dengan jumlah yang banyak.
2. Akuitar adalah lapisan batuan yang memiliki porositas yang tinggi sehingga dapat menyimpan air namun hanya dapat meloloskan air dalam jumlah terbatas karena permeabilitasnya tidak terlalu baik.
3. Akuiklud adalah lapisan batuan yang memiliki porositas yang baik sehingga dapat menyimpan air tetapi memiliki permeabilitas buruk sehingga tidak dapat mengalirkan air.

4. Akuifug adalah lapisan batuan yang memiliki porositas rendah dan permeabilitas yang buruk sehingga tidak dapat menyimpan air maupun meloloskan air.



Gambar 2.4 Skema Pelapisan Akuifer (Arsyad, 2017).

Menurut Arsyad (2017), sistem akuifer dapat dibedakan menjadi empat, yaitu:

1. Akuifer Bebas (*Unconfined Aquifer*)

Akuifer bebas merupakan akuifer yang dapat menyimpan atau terisi air hanya sebagian. Batas bawah akuifer ini adalah lapisan impermeabel dan batas atas berupa muka air tanah yang mempunyai tekanan hidrostatik sama dengan atmosfer.

2. Akuifer Tertekan (*Confined Aquifer*)

Akuifer tertekan merupakan akuifer yang bagian atas maupun bawahnya dibatasi oleh lapisan kedap air, serta mempunyai tekanan jenuh lebih besar dari pada tekanan atmosfer.

3. Akuifer Semi Bebas (*Semi Unconfined Aquifer*)

Akuifer semi bebas merupakan akuifer yang bagian atasnya berupa material berbutir halus sehingga masih memungkinkan adanya gerakan air, sedangkan bagian bawah akuifer ini merupakan lapisan kedap air, Akuifer ini merupakan peralihan antara akuifer semi tertekan dengan akuifer bebas.

#### 4. Akuifer Semi Tertekan (*Semi Confined Aquifer*)

Akuifer merupakan akuifer yang bagian atasnya dibatasi oleh lapisan semi lolos air atau hanya dapat meloloskan air hanya dalam jumlah yang terbatas dan batas bawahnya merupakan lapisan kedap air.

Dalam menentukan karakteristik sebuah akuifer, harus memperhatikan tiga parameter, yaitu permeabilitas, tebal akuifer, dan hasil jenis. Nilai permeabilitas akuifer dipengaruhi oleh tekstur maupun struktur butir-butir penyusun batuan. Semakin halus tekstur dan mempunyai struktur yang semakin rapat, maka kemampuan batuan untuk meloloskan air tanah akan semakin buruk. Semakin kasar tekstur dan mempunyai struktur yang lepas, maka kemampuan batuan dalam meloloskan air tanah akan semakin baik. Tebal akuifer dapat diukur dari permukaan air tanah sampai lapisan batuan yang bersifat kedap air tergolong *aquiclude* dan *aquifuge*. Hasil jenis merupakan kemampuan sebuah akuifer dalam menyimpan maupun menyediakan sejumlah air dalam kondisi alami. Banyaknya cadangan air tanah yang dapat disimpan dalam sebuah akuifer sangat dipengaruhi oleh sifat fisik batuan penyusunnya (tekstur dan struktur butir-butir penyusunnya) (Muzaki, 2017).

## 2.5 Geolistrik

### 2.5.1 Sifat Kelistrikan Batuan

Batuan terbentuk dari kumpulan mineral yang tersusun menjadi suatu jenis material, sehingga memiliki sifat kelistrikan. Beberapa batuan terbentuk hanya dari satu jenis mineral, yang lainnya terbentuk dari gabungan mineral dan bahan organik maupun bahan-bahan vulkanik (Febriana, 2017).

Kemampuan suatu material dalam menghambat aliran arus listrik disebut sebagai resistivitas. Semakin kecil nilai resistivitas batuan maka akan semakin baik kemampuan batuan tersebut dalam menghantar arus listrik. Sebaliknya semakin tinggi nilai resistivitas suatu batuan maka akan semakin buruk kemampuan batuan tersebut dalam menghantarkan arus listrik (Muna, 2017). Berikut adalah rentang nilai resistivitas batuan dan mineral bumi ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2 1 Resistivitas Batuan dan Mineral (Telford dkk., 1990).

Material	Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )
Pirit	0,001 – 100
Kwarsa	500 - $8 \times 10^5$
Kalsit	$1 \times 10^{12}$ – $1 \times 10^{13}$
Garam batu	$30 - 1 \times 10^{13}$
Granit	200 - $1 \times 10^5$
Andesit	170 - $45 \times 10^4$
Basal	200 - $1 \times 10^5$
Gamping	500 - $1 \times 10^5$
Batu Pasir	200 - 8000
Serpih	20 - 2000
Pasir	1 - 1000
Lempung	1 - 100
Air Tanah	0,5 - 300
Air Asin	0,2
Magnetit	0,01 - 1000
Kerikil Kering	600 - 1000
Aluvium	10 - 800
Kerikil	100 - 600
Lanau	10 - 200

Menurut Izzudin (2020), Aliran arus listrik pada mineral dan batuan dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

a. Konduksi Elektronik

Konduksi Elektronik terjadi apabila material atau batuan terkandung banyak elektron bebas sehingga arus listrik mengalir dalam material atau batuan oleh elektron-elektron tersebut. Aliran arus listrik ini dipengaruhi oleh karakteristik atau sifat elektron bebas. Sifat atau karakteristik material-material yang dilewati elektron bebas ini juga mempengaruhi aliran listrik. Resistivitas merupakan salah satu sifat atau karakteristik batuan tersebut.

b. Konduksi Elektrolitik

Konduksi Elektrolitik terjadi apabila material atau batuan memiliki karakter yang porus dan fluida terisi pada pori-porinya. Hal tersebut terjadi karena ion-ion elektrolitik membawa konduksi arus listrik dalam air. Konduktivitas maupun resistivitas pada suatu batuan porus dipengaruhi oleh volume maupun susunan pori-porinya. Jika kandungan air dalam batuan bertambah maka nilai konduktivitas suatu batuan akan semakin besar, dan sebaliknya jika berkurang maka nilai resistivitas suatu batuan akan semakin besar. Menurut hukum archie:

$$\rho_e = a\phi^{-m}S^{-n}\rho_w \quad (2.1)$$

dimana  $\rho_e$  adalah resistivitas batuan,  $\phi$  adalah porositas,  $S$  adalah fraksi pori-pori yang berisi air, dan  $\rho_w$  adalah resistivitas air. Sedangkan  $a$ ,  $m$ , dan  $n$  adalah konstanta.

c. Konduksi Dielektrik

Konduksi secara dielektrik terjadi pada suatu material atau batuan yang bersifat dielektrik terhadap aliran arus listrik, artinya material atau batuan tersebut memiliki elektron bebas yang sedikit atau bahkan tidak ada sama sekali. Elektron dalam suatu batuan atau material berpindah dan berkumpul terpisah dalam inti karena adanya pengaruh medan listrik dari luar, sehingga terjadi polarisasi. Peristiwa konduktivitas dielektrik ini sangatlah bergantung pada kemampuan dielektrik dari suatu batuan.

### 2.5.2 Metode Geolistrik

Metode geofisika yang digunakan untuk mempelajari sifat kelistrikan pada suatu daerah adalah metode geolistrik. Prinsip kerja metode ini ialah dengan cara menginjeksikan arus listrik ke permukaan tanah dengan sepasang elektroda dan mengukur beda potensial menggunakan sepasang elektroda lainnya. Jika arus listrik diinjeksikan ke dalam suatu medium dan diukur beda potensialnya (tegangan), maka nilai resistivitas dari medium tersebut dapat diperkirakan (Wijaya, 2015).

Metode resistivitas merupakan salah satu dari beberapa metode yang termasuk dalam metode geolistrik. Metode ini berguna untuk menyelidiki struktur bawah permukaan berdasarkan variasi nilai resistivitas batuan. Dasar dari metode ini ialah

hukum ohm yaitu dengan cara mengalirkan arus ke dalam bumi dengan elektroda arus dan mengukur potensialnya di permukaan bumi dengan menggunakan elektroda potensial (Septyanto dkk., 2018).

### 2.5.3 Resistivitas Semu

Metode geolistrik tahanan jenis didasarkan pada anggapan bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis. Dengan asumsi ini, tahanan jenis yang terukur merupakan tahanan jenis yang sebenarnya dan tidak tergantung pada spasi elektroda. Namun pada kenyataannya, bumi terdiri atas lapisan-lapisan dengan tahanan jenis yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Dengan demikian tahanan jenis yang terukur bukan merupakan harga tahanan jenis untuk satu lapisan saja, terutama untuk spasi elektroda yang lebar. Dalam hal ini yang terukur adalah tahanan jenis semu (*apparent resistivity*) (Febriana, 2017). Berdasarkan Nugroho (2019), resistivitas semu dapat dirumuskan sebagai:

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

dengan:

$\rho_a$  : resistivitas semu ( $\Omega\text{m}$ )

$K$  : faktor geometri (m)

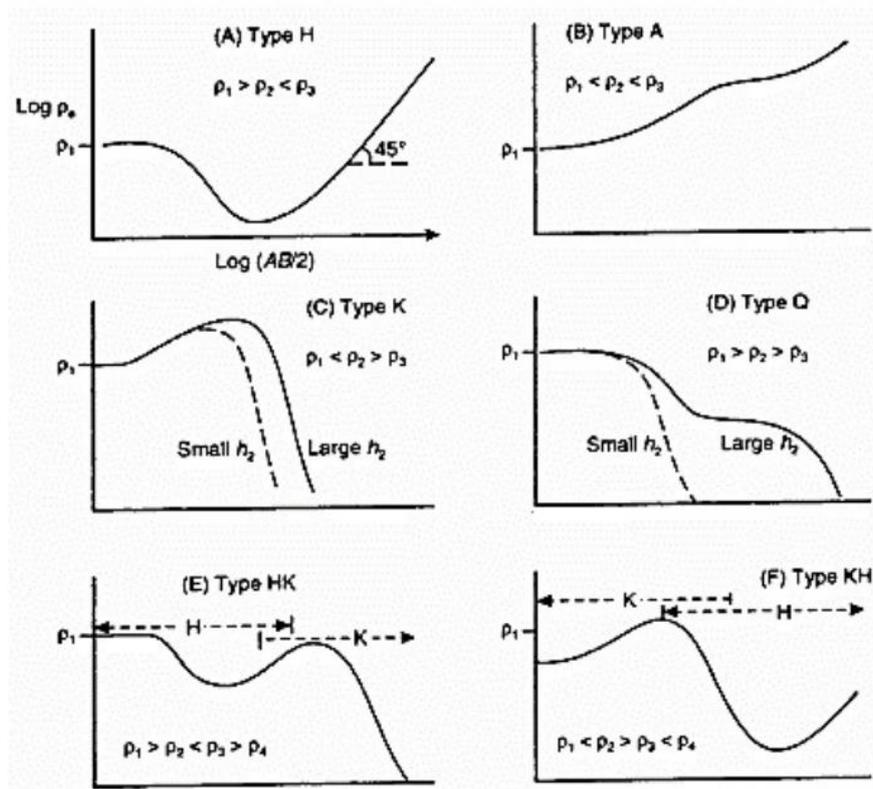
$\Delta V$  : beda potensial (V)

$I$  : kuat arus (A)

### 2.5.4 Vertical Electrical Sounding (VES)

*Vertical Electrical Sounding* merupakan metode pengukuran geolistrik yang bertujuan untuk mendapatkan variasi nilai resistivitas di bawah permukaan tanah secara vertikal. Pengukuran pada titik suatu titik sounding yang menggunakan metode ini dilakukan dengan cara mengubah-ubah jarak elektroda, Perubahan jarak elektroda dilakukan dari jarak elektroda kecil kemudian membesar secara gradual. Jarak elektroda ini sebanding dengan kedalaman lapisan batuan yang terdeteksi. Semakin besar jarak elektroda, semakin dalam lapisan batuan yang terdeteksi (Febriana, 2017). Menurut Aji (2016), secara kualitatif perubahan nilai resistivitas

dengan kedalaman tercermin dalam kurva sounding, yang merupakan grafik resistivitas semu terhadap jarak elektroda arus. Berikut adalah tipe-tipe kurva *sounding* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



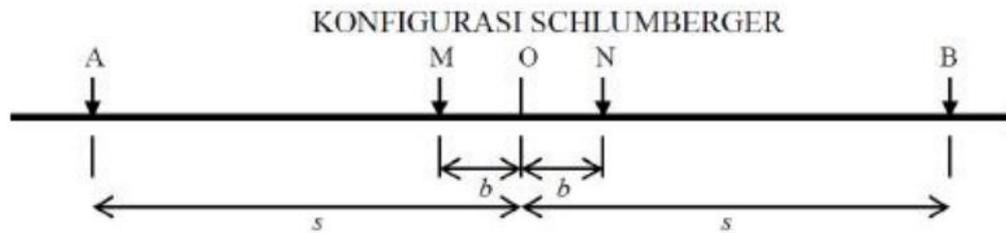
Gambar 2.5 Beberapa tipe kurva *sounding* yang menunjukkan secara kualitatif variasi resistivitas sebagai fungsi kedalaman (Telford dkk., 1990).

### 2.5.5 Konfigurasi Elektroda

Konfigurasi elektroda adalah model susunan pada elektroda yang disusun sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Metode geolistrik terdiri dari beberapa konfigurasi yang mempunyai kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Setiap konfigurasi memiliki cara perhitungan masing-masing untuk mendapatkan ketebalan serta tahanan jenis pada batuan di bawah permukaan (Muallifah, 2009).

Penempatan elektroda konfigurasi *Schlumberger* dapat dilihat pada Gambar 2.5. Menurut Nugroho (2019), Konfigurasi *Schlumberger* merupakan metode yang memungkinkan pendeteksian non-homogenitas suatu lapisan batuan, yaitu dengan

melihat perbandingan dari nilai resistivitas semu yang didapatkan saat dilakukan perubahan jarak elektroda potensial.



Gambar 2.6 Konfigurasi *Schlumberger* (Nugroho, 2019).

Perpindahan elektroda menggunakan konfigurasi ini idealnya dengan jarak elektroda potensial dibuat sekecil-kecilnya, sehingga secara teoritis jarak MN tidak mengalami perubahan. Namun karena keterbatasan kepekaan alat ukur, oleh karena itu saat jarak elektroda AB sudah relatif besar maka jarak elektroda MN hendaknya berubah pula. Perubahan jarak elektroda AB sekiranya tidak lebih besar terhadap 5 kali jarak elektroda MN, begitu pula sebaliknya (Nugroho, 2019).

Menurut Nugroho (2019), Masalah yang kerap ditemui pada pengukuran menggunakan konfigurasi *Schlumberger* ialah pembacaan tegangan elektroda MN pada saat jarak elektroda AB yang digunakan relatif jauh, sehingga memerlukan alat pengukur yang memiliki karakteristik *high impedance* yaitu alat yang memiliki akurasi pembacaan tinggi yang dapat membaca nilai tegangan minimal 4 digit atau 2 digit di belakang koma. Oleh karena itu, untuk mendapatkan pembacaan tegangan yang akurat pada elektroda MN, maka hendaknya jarak elektroda MN diperbesar ketika jarak AB relatif besar. Secara umum, perubahan jarak elektroda MN terhadap elektroda AB adalah pada saat pembacaan nilai tegangan listrik pada multimeter sudah sangat kecil, yaitu kurang dari 1.0 milivolt. Perubahan jarak MN dapat dilakukan bila telah tercapai perbandingan yang lebih kecil misalnya 1:20. Berikut adalah persamaan faktor geometri menurut Istiqamah (2018):

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} \quad (2.3)$$

dengan (Gambar 2.5),

$$R1 = AM = \frac{AB}{2} - \frac{MN}{2} = s - b \quad (2.4)$$

$$R2 = BM = \frac{AB}{2} + \frac{MN}{2} = s + b \quad (2.5)$$

$$R3 = AN = \frac{AB}{2} + \frac{MN}{2} = s + b \quad (2.6)$$

dan

$$R4 = BN = \frac{AB}{2} - \frac{MN}{2} = s - b \quad (2.7)$$

sehingga persamaan (2.2) menjadi,

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{s-b} - \frac{1}{s+b} - \frac{1}{s+b} + \frac{1}{s-b}\right)}$$

$$K = \frac{2\pi}{2\left(\frac{1}{s-b}\right) - 2\left(\frac{1}{s+b}\right)}$$

$$K = \frac{\pi}{\left(\frac{1}{s-b}\right) - \left(\frac{1}{s+b}\right)}$$

$$K = \frac{\pi(s+b)(s-b)}{2b}$$

$$K = \frac{\pi(s^2 - b^2)}{2b} \quad (2.8)$$