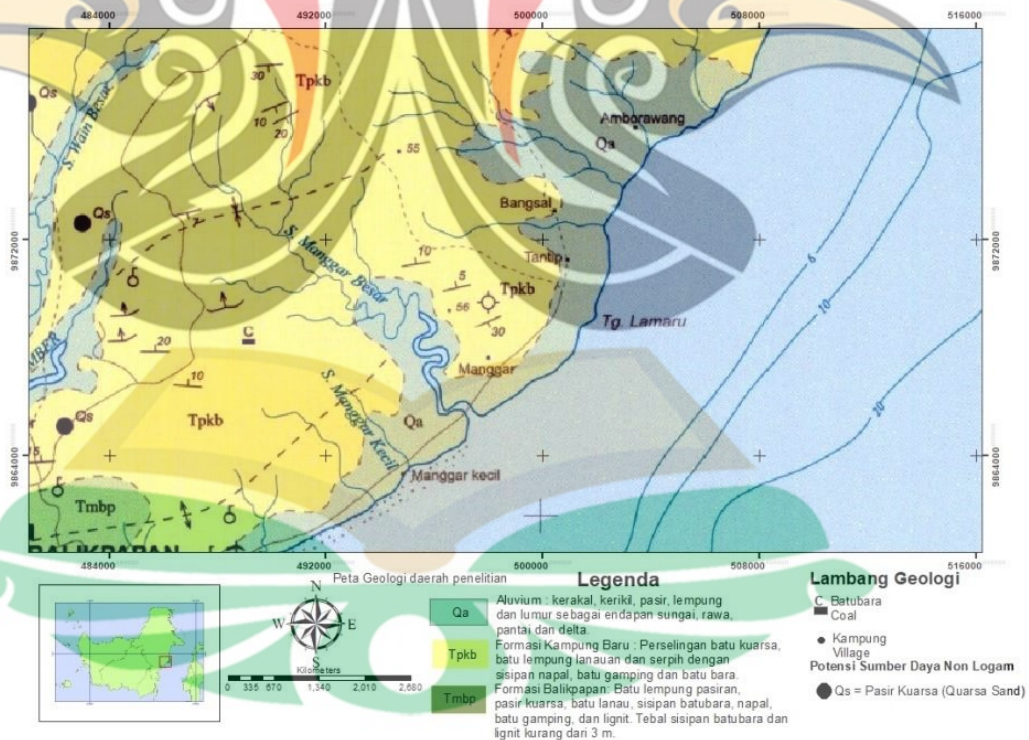


**BAB II**  
**www.itk.ac.id**  
**TINJAUAN PUSTAKA**

### 2.1 Geologi Balikpapan

Kota Balikpapan memiliki tiga formasi, yang pertama Formasi Aluvial (Qa), kedua Formasi Balikpapan (Tmbp) dan yang ketiga Formasi Balikpapan Kampung Baru (Tpkb) yang dapat dilihat pada Gambar 2.1. Formasi Qa terdiri dari kerikil, pasir kuarsa, kerakal, lumpur dan lempung. Formasi Tmbp terdiri dari batu lempung lanauan, perselingan baru pasir kuarsa dan serpih dengan sisipan napal, batu gamping dan batu bara. Pada Formasi Balikpapan kampung baru terdiri dari batu pasir kuarsa dengan sisipan lempung lignit dan lanau pliosen (Luthfi & Sunarwan, 2009).



Gambar 2.1 Peta geologi daerah penelitian (Luthfi & Sunarwan, 2009)

Kota Balikpapan sebagian besar lahannya memiliki tipe podsolik merah kuning dan pasir kuarsa dan bertekstur kasar serta ikatan batuan yang lemah. Hal tersebut diakibatkan oleh tanah yang terbentuk dari jenis batuan yang berumur relatif muda. Tanah tersebut memiliki sifat sangat mudah tererosi dan jenuh akan air. Jenis-jenis tanah terbentuk berdasarkan beberapa faktor yaitu batuan induk, umur, topografi, iklim dan vegetasi/biologi serta pengaruh faktor lainnya, sehingga mengalami proses lebih lanjut secara terus menerus (Effendy, 2013).

Jenis tanah di Kota Balikpapan yaitu alluvial, podsolik merah kuning dan tanah pasir. Komposisi tanah alluvial terdiri dari lempung, material pasir serta lumpur yang terbentuk di lingkungan pantai dan sungai, jenis tanah ini memiliki 5% dari wilayah Kota Balikpapan. 80% jenis tanah Kota Balikpapan yaitu tanah podsolik merah kuning, dengan keadaan mudah larut bersama air. Jenis tanah yang menempati 15% dari wilayah Kota Balikpapan yaitu pasir yang terdiri dari batu bara, lempung serta serpih dengan sisipan napal dan kuarsa (Effendy, 2013).

## 2.2 Tanah

Tanah merupakan tubuh dari alam yang terbentuk dan berkembang, sehingga gaya-gaya alam bekerja berupa kombinasi dari iklim dan jasad hidup terhadap bahan-bahan alam yang berada di permukaan bumi dalam rentang waktu tertentu. Tanah mempunyai peranan yang sangat penting bagi kehidupan manusia di antaranya, sebagai pengendali aliran air, tanah menyediakan habitat untuk berbagai macam organisme dan tanah berperan untuk mendaur ulang produk limbah yang berasal dari alam dan manusia (Purnomo, 2011). Tanah juga mempunyai fungsi yang vital, seperti tempat tumbuh dan berkembangnya akar, penyedia kebutuhan primer tanaman (air, udara, dan unsur-unsur hara), penyedia kebutuhan sekunder tanaman, dan sebagai habitat biota tanah (Herry, 2016).

Tanah terbentuk melalui proses pelapukan, pelapukan adalah proses berubahnya sifat fisik dan kimia batuan di permukaan atau dekat permukaan

bumi tanpa perpindahan material. Proses pelapukan sendiri terbagi menjadi tiga yaitu (Purnomo, 2011)

### 1. Pelapukan fisik

Pelapukan fisik merupakan batuan yang pecah sebagai akibatnya menjadi batuan kecil tanpa perubahan komposisi kimia (Purnomo, 2011). Batuan berukuran kecil tersebut akan mengalami pelembutan menggunakan ukuran yang sama. Pelapukan fisik terjadi lebih cepat pada daerah yang memiliki perbedaan temperatur udara di siang dan malam hari, antara musim dingin dan panas yang relatif tinggi, dengan keadaan tersebut maka daerah tropis tanahnya lebih muda dibandingkan wilayah subtropis (Herry, 2016).

### 2. Pelapukan kimia

Pelapukan kimia merupakan proses berubahnya komposisi kimia pada suatu batuan (Purnomo, 2011). Pada dasarnya proses ini terjadi apabila terdapat air sebagai medianya, adanya proses tersebut maka mineral-mineral yang awalnya tergabung dalam batuan akan hancur sehingga terbentuk mineral-mineral baru dan membebaskan sebagian unsur yang terkandung didalam mineral tersebut yang dapat digunakan oleh tanaman. Pelapukan kimia terjadi melalui tiga proses antara lain hidrasi-dehidrasi, oksidasi-reduksi, dan hidrolisis (Herry, 2016).

### 3. Pelapukan biologi

Pelapukan biologi adalah campuran antara pelapukan fisik dengan pelapukan kimia yang dipicu oleh organisme. Pelapukan ini dapat terjadi karena adanya kegiatan makhluk hayati seperti akar tanaman dan juga oleh aktivitas jasad renik tanah. Kegiatan tersebut menyebabkan hancurnya bebatuan sebab adanya tekanan oleh akar atau karena pelarutan oleh zat-zat tertentu yang dibebaskan oleh jasad renik yang bersinggungan dengan batuan yang bersangkutan (Herry, 2016).

Terdapat lima faktor pembentukan tanah, faktor-faktor ini merupakan penentu keadaan dan riwayat sekelompok sifat tanah. Berikut penjabaran fungsi variabel pembentukan tanah pada Tabel 2.1 (Dyah Nursita, 2018)

Tabel 2.1 Faktor-faktor Pembentukan Tanah (Dyah Nursita, 2018)

Variabel	Fungsi	Pelaku
Material induk	Sumber atau bahan tanah	Fisik dan kimia
Cuaca	Masukan energi dan bahan	Suhu, angin, curah hujan, dan kelembaban
Kontur	Faktor keadaan untuk kinerja variabel lainnya	Lereng, tinggi tempat, dan kedalaman air tanah
Makhluk hidup	Membentuk ekosistem dengan tanah	Flora dan fauna
Waktu	Menentukan laju perubahan total	Umur perkembangan secara relatif

Tekstur tanah mendeskripsikan komposisi berukuran butir partikel penyusun tanah adalah sifat fisik dasar yang berpengaruh terhadap sifat lainnya. Tekstur tanah dapat diketahui dengan melihat mudah tidaknya diolah, porositas, daya tahan terhadap air, laju infiltrasi, konsistensi, kandungan hara, ketersediaan air, dan kebutuhan air. Klasifikasi ukuran tekstur tanah dapat dilihat pada Tabel 2.2 (ESDM, 2015)

Tabel 2.2 Jenis Tekstur Tanah (ESDM, 2015)

Fraksi	Lempung (%)	Debu (%)	Pasir (%)
Pasir	< 15	1,5	85
Pasir geluhan	> 15	1,5	70-85
Geluh pasiran	< 20	30	52
Geluh	7-27	28-50	< 52
Geluh debu	12-27	50-80	-
Debu	< 12	> 80	-

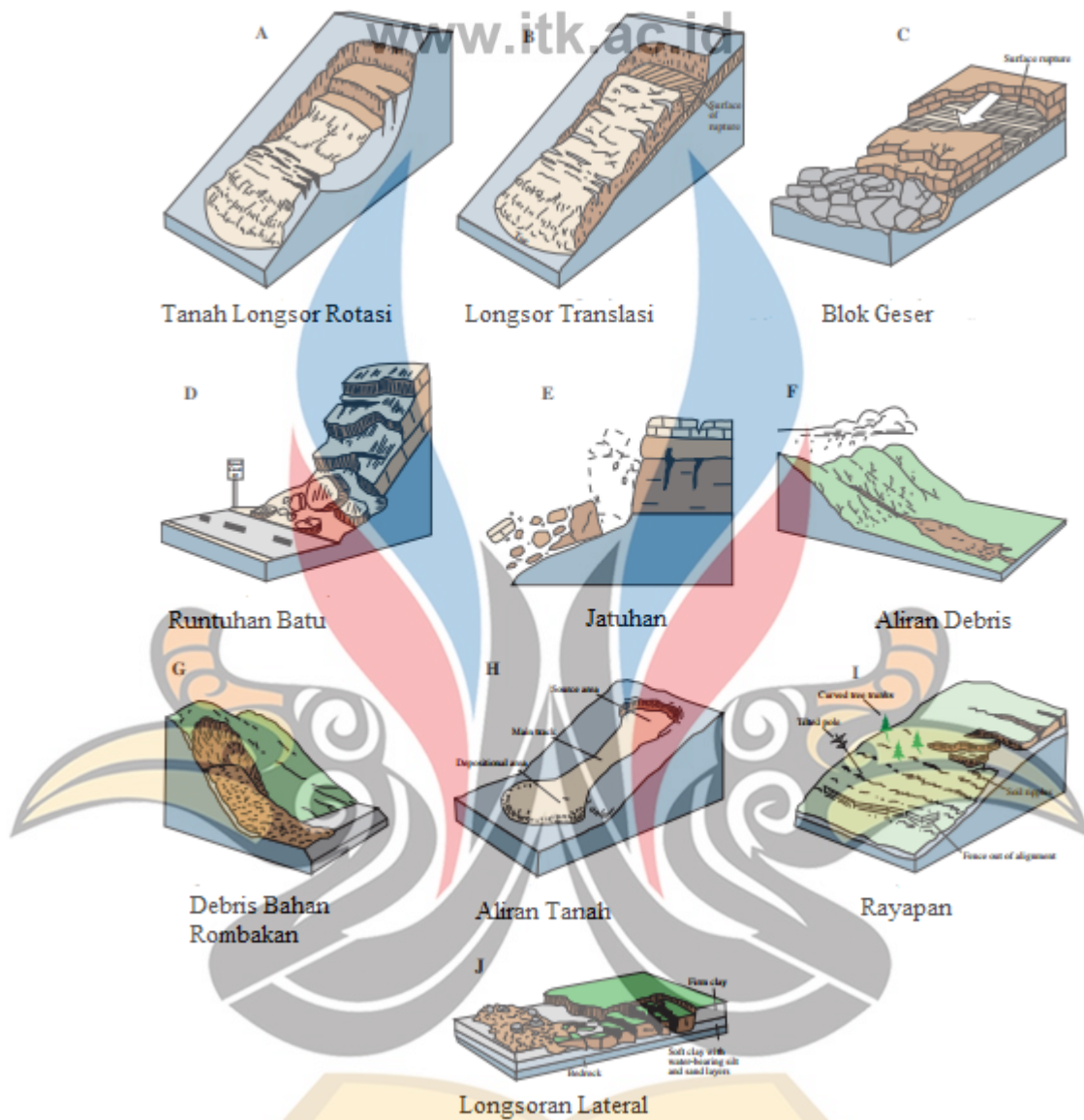
Fraksi	Lempung (%)	Debu (%)	Pasir (%)
Geluh lempung pasir	20-35	< 25	> 45
Geluh lempung	40	15	45
Geluh lempung debu	40	40	< 20
Lempung pasir	> 35	20	> 45
Lempung debu	> 40	> 40	-
Lempung	> 40	< 40	< 45

### 2.3 Tanah Longsor

Tanah longsor merupakan perpindahan material lereng berupa batuan atau tanah ke bawah permukaan lereng (Anriani & Akmam, 2018). Proses terjadinya tanah longsor sebab adanya air yang masuk ke dalam tanah akan menambah berat tanah. Apabila air dapat menembus hingga tanah kedap air yang berperan menjadi bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng (ESDM, 2015).

Berdasarkan mekanisme longsor, tanah longsor terbagi menjadi beberapa jenis yaitu





Gambar 2.2 Jenis-jenis pergerakan tanah longsor (ESDM, 2015)

a. Longsor (*sliding failures*)

Terdapat tiga jenis untuk longsor yaitu longsor rotasi, longsor rotasi memiliki bentuk cekung ke atas yang dapat dilihat pada Gambar 2.2A, serta pada Gambar 2.2B merupakan longsor translasi yang memiliki jenis longsor berupa bidang datar deng

an sedikit berbentuk cekungan ke atas. Pada longsoran *block* dapat dilihat pada Gambar 2.2C.

b. Reruntuhan batuan (*fall failures*)

Longsor jenis reruntuhan ini terjadi pada agregat batuan yang pelapukannya tidak merata, batuan yang memiliki banyak kekar (*joint*) atau rekahan (*fracture*), atau pada batas antara dua jenis batuan yang tidak sama atau zona kontak batuan (*bedding planes*). Skema dari jenis longsor ini dapat dilihat pada Gambar 2.2D.

c. Jatuhan (*toppling failures*)

Pada longsor ini dapat dilihat pada Gambar 2.2E. longsor jatuhan ini terjadi disebabkan adanya gerak rotasi massa material kedepan dari satu atau beberapa blok material, balik pada pusatnya, di bawah atau di dasar blok, pada wilayah yang dipengaruhi dari gaya gravitasi dan pada gaya desak yang disebabkan oleh blok material yang berdekatan atau kandungan air yang dimiliki blok material tersebut pada wilayah longsor.

d. Longsoran aliran (*flos failures*)

Longsor aliran memiliki perbedaan karakteristik, yaitu:

1) Aliran debris

Pada Gambar 2.2F dapat dilihat skema aliran debris. Pada jenis ini, material longsor merupakan gabungan material-material berupa tanah lepas, bahan-bahan organik, batuan, udara, dan air yang membentuk massa material menjadi lebih cair, kemudian bergerak secara cepat menuruni lereng.

2) Debris bahan rombakan

Skema longsor jenis ini dapat dilihat pada Gambar 2.2G. Debris bahan rombakan merupakan jenis aliran debris yang memiliki pergerakan sangat cepat dan massa yang besar.

3) Aliran tanah

Aliran tanah umumnya terjadi pada lahan dengan kemiringan lereng yang tidak terlalu curam, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.2H. Longsor ini memiliki karakteristik hampir sama dengan aliran debris, tetapi ukuran materialnya cukup halus dan seragam.

#### 4) Rayapan

Rayapan merupakan pergerakan material pada lereng, yang bergerak secara sangat perlahan dalam waktu yang cukup lama, dan bergerak menurun. Pergerakan material disebabkan oleh cukupnya tegangan geser untuk terjadinya deformasi tetap, tetapi sangat kecil untuk mengakibatkan kerusakan geser. Skema dari jenis longoran ini dapat dilihat pada Gambar 2.2I

#### e. Longsor lateral (*lateral-spreading failures*)

Longsor lateral terjadi pada kemiringan yang landai atau pada wilayah yang cenderung datar, seperti pada Gambar 2.2J. Longsor bisa terjadi akibat likuifaksi, proses terjadinya likuifaksi sebab kondisi material tanah yang jenuh air, lepas dan daya lekat sedimennya rendah sehingga mengakibatkan keadaan tanah berubah dari padat menjadi cair.

## 2.4 Metode Geolistrik Resistivitas

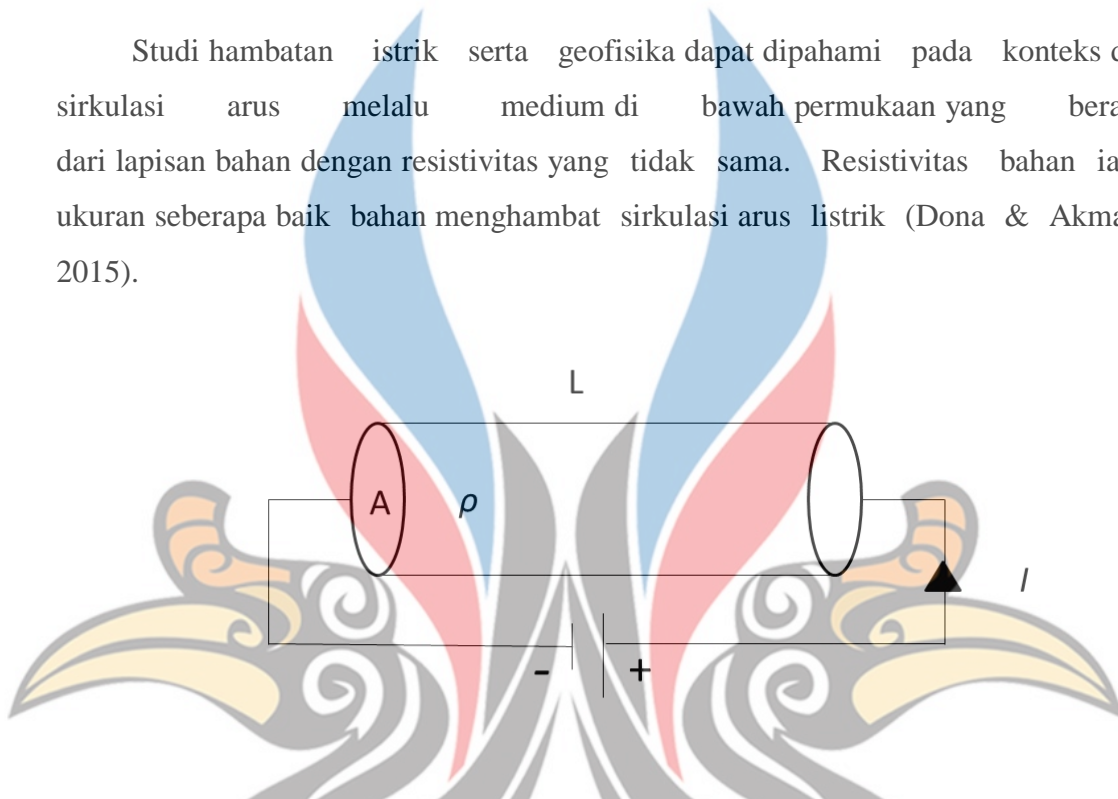
Metode geolistrik resistivitas merupakan metode geofisika yang digunakan untuk mengidentifikasi bawah permukaan menggunakan pemanfaatan sifat aliran listrik di dalam permukaan. Pada metode resistivitas ini dilakukan pengukuran beda potensial dan arus listrik yang terjadi akibat injeksi arus listrik ke dalam bumi dengan menggunakan dua elektroda arus (Darmawan & Harmoko, 2014). Metode ini sangat efektif digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal, seperti penentuan kedalaman batuan dasar, pencarian *reservoir* air dan eksplorasi geothermal (Seniwati & Abdullah, 2018).

Pendugaan geolistrik bertujuan agar dapat mengetahui lapisan-lapisan batuan. Model pendugaan ini menggunakan prinsip bahwa lapisan batuan atau material memiliki tahanan yang bervariasi, yang disebut dengan tahanan jenis (*resistivity* atau ' $\rho$ '). Besarnya resistivitas diukur menggunakan peredaran arus listrik ke dalam



bumi dan memperlakukan lapisan batuan menjadi media penghantar arus. Setiap material atau batuan memiliki nilai resistivitas yang tidak sama dengan material lain (Asra, 2012).

Studi hambatan listrik serta geofisika dapat dipahami pada konteks dari sirkulasi arus melalui medium di bawah permukaan yang berasal dari lapisan bahan dengan resistivitas yang tidak sama. Resistivitas bahan ialah ukuran seberapa baik bahan menghambat sirkulasi arus listrik (Dona & Akmam, 2015).



Gambar 2.3 Silinder Konduktor (Dona & Akmam, 2015)

Jika dilihat pada Gambar 2.3 yang merupakan silinder konduktor dengan panjang  $L$ , luas penampang  $A$ , serta resistansi  $R$ , maka dapat dirumuskan

$$R = \rho \frac{L}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

$\rho$  ialah resistivitas ( $\Omega\text{m}$ ),  $L$  adalah panjang silinder konduktor (m),  $A$  ialah luas silinder konduktor ( $\text{m}^2$ ), dan  $R$  adalah resistansi ( $\Omega$ ). Sedangkan berdasarkan hukum Ohm, resistansi dirumuskan:

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (2.2)$$

$R$  merupakan resistansi ( $\Omega$ ),  $V$  adalah beda potensial (V), serta  $I$  adalah kuat arus listrik (A).

Dari kedua persamaan di atas bisa didapatkan nilai resistivitas ( $\rho$ ) sebesar:

$$\rho = R \frac{A}{L} \dots\dots\dots(2.3)$$

Sesuai konfigurasi atau letak elektroda-elektroda arus serta potensialnya, dikenal beberapa jenis metode geolistri tahanan jenis, yaitu metode *schlumberger*, metode *wenner* dan metode *dipole sounding* (Asra, 2012).

### 2.4.1 Elektroda Bearus Tunggal di Permukaan Bumi

Pada permukaan medium homogen isotop memiliki bentuk setengah bola karena udara di atas tidak konduktif. Elektroda arus akan mengalir dan akan kembali dengan jarak yang relatif jauh. Kondisi batas yang berbeda dari kasus sebelumnya, tetapi  $B = 0$  sama saat  $V = 0$ ,  $r = \infty$  dalam penambahannya  $\frac{dV}{dz} = 0$  pada  $z = 0$  (Telford, L.P, R.E, & D.A, 1982). Potensial pada permukaan setengah bola di dalam tanah dapat dilihat pad Gambar 2.4

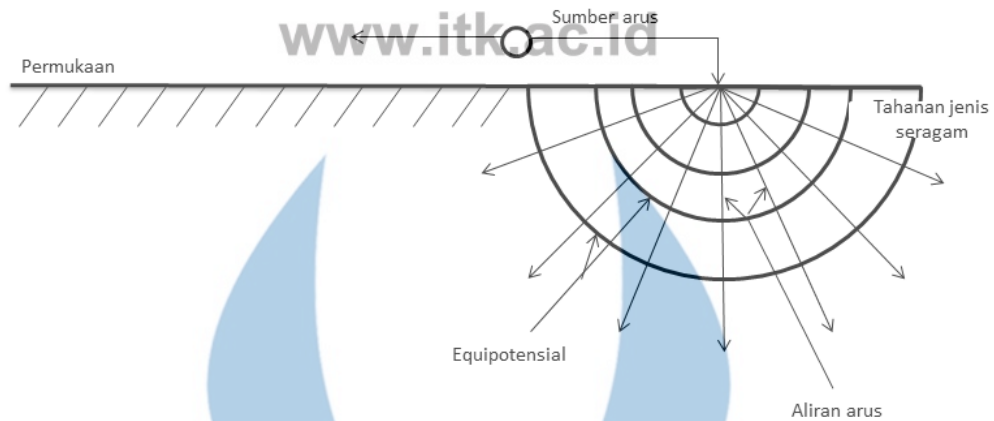
$$\frac{\partial V}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left( -\frac{A}{r} \right) = -\frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{A}{r} \right) \frac{\partial r}{\partial z} = \frac{Az}{r^3} = 0 \text{ saat } z = 0$$

Berdasarkan rumus di atas, semua arus yang mengalir melalui permukaan setengah bola pada medium yang lebih rendah dapat dirumuskan sebagai berikut

$$A = -\frac{I\rho}{2\pi}$$

Maka dapat ditulis

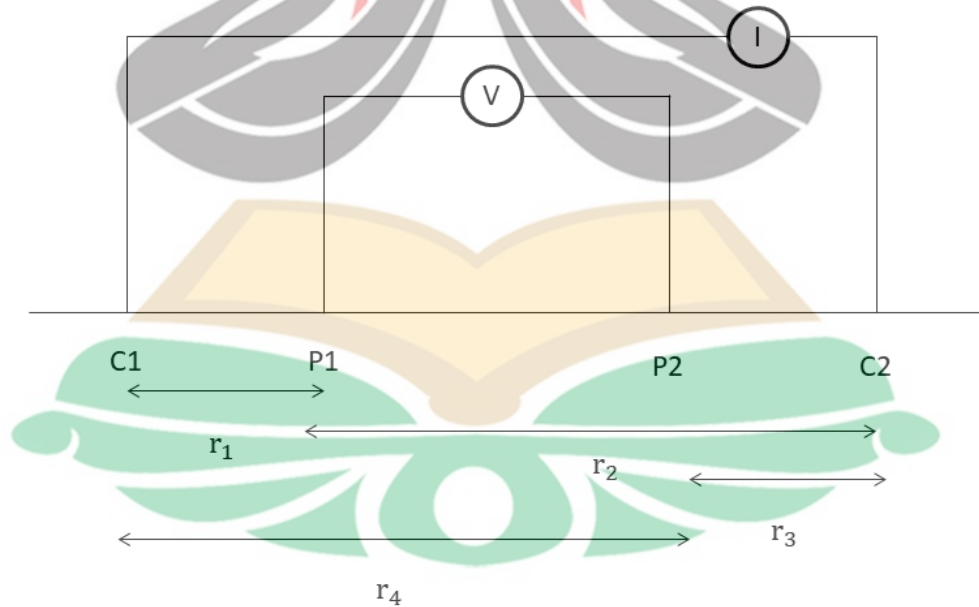
$$V = \left( \frac{I\rho}{2\pi} \right) \frac{1}{r} \text{ atau } \rho = 2\pi r V / I \dots\dots\dots(2.4)$$



Gambar 2.4 Titik sumber arus pada permukaan medium homogen (Telford, L.P, R.E, & D.A, 1982)

### 2.4.2 Dua Arus Elektroda di Permukaan Bumi

Jarak antara dua arus elektroda dibatasi, dan potensial di dekat titik permukaan dipengaruhi oleh dua arus elektroda tersebut, gambar ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 2.5, potensial yang dihasilkan  $C_1$  pada  $P_1$  adalah (Telford, L.P, R.E, & D.A, 1982).



Gambar 2.5 Dua Arus Elektroda (Seniwati & Abdullah, 2018)

$$V_1 = \frac{1}{r_1} \left( -\frac{I\rho}{2\pi} \right)$$

Pada C<sub>2</sub> pada P<sub>2</sub>

$$V_2 = \frac{1}{r_2} \left( -\frac{I\rho}{2\pi} \right)$$

Karena arus pada kedua elektroda sama dan berlawanan arah, maka

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

Setelah diketahui potensial elektroda yang kedua pada P<sub>2</sub> sehingga dapat mengukur perbedaan potensial antara P<sub>1</sub> dan P<sub>2</sub>

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

$$\Delta V = \frac{\rho I}{2\pi a}$$

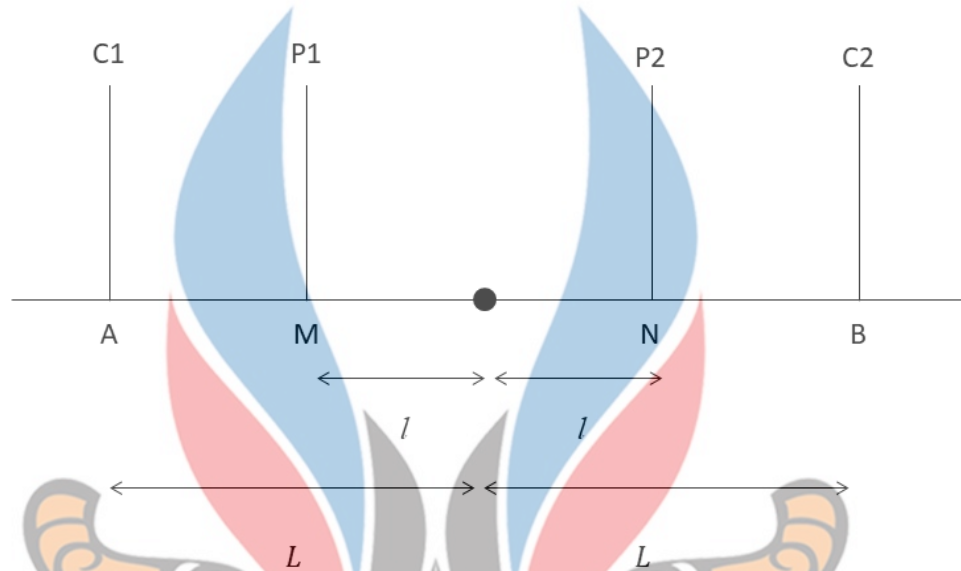
Sehingga didapatkan nilai resistivitas sebagai berikut

$$\rho = \frac{\Delta V 2\pi a}{I} \dots\dots\dots (2.5)$$

### 2.4.3 Konfigurasi Metode Schlumberger

Prinsip konfigurasi *schlumberger* idealnya jarak MN dirancang sekecil-kecilnya, sebagai akibatnya jarak MN secara teoritis tidak berubah sebab keterbatasan kepekaan alat ukur, maka waktu jarak AB sudah cukup besar maka jarak MN hendaknya diubah. Perubahan jarak MN hendaknya tidak lebih besar dari 1/5 jarak AB (Darmawan & Harmoko, 2014). Perubahan jarak MN dibandingkan dengan jarak AB biasanya 1:20, untuk perbandingan yang lebih kecil, misalnya 1:50 dapat dilakukan jika mempunyai alat utama pengirim arus yang mempunyai keluaran tegangan listrik DC sangat besar (misalnya 1000 Volt atau lebih), sehingga perbedaan tegangan yang diukur pada

elektroda MN akan menjadi 1.0 miliVolt atau lebih Skema konfigurasi *schlumberger* dapat dilihat pada Gambar 2.6 (Nuril, 2018)



Gambar 2.6 Skema Konfigurasi *Schlumberger* (Nuril, 2018)

Perhitungan nilai resistivitas semu membutuhkan suatu bilangan (K) yang tergantung pada jenis konfigurasi, jarak  $AB/2$  dan  $MN/2$ . Faktor geometri adalah besaran penting dalam pendugaan resistivitas vertikal dan horizontal (Parinata, 2015). Bilangan konstanta sesuai dengan rumus berikut (Nuril, 2018).

$$R1 = C1P1 = \frac{AB-MN}{2} = L - l$$

$$R2 = C2P1 = \frac{AB+MN}{2} = L + l$$

$$R3 = C2P2 = \frac{AB+MN}{2} = L + l$$

$$R4 = C1P2 = \frac{AB-MN}{2} = L - l$$

$$\rho_{\alpha} = K \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{L-l} + \frac{1}{L+l} + \frac{1}{L+l} + \frac{1}{L-l}}$$

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

$$K = \frac{\pi}{\left(\frac{1}{L-l}\right) - \left(\frac{1}{L+l}\right)}$$

$$K = \frac{\pi(L+l)(L-l)}{2l}$$

$$K = \frac{\pi(L^2 - l^2)}{2l} \dots\dots\dots(2.14)$$

## 2.5 Resistivitas Batuan

Resistivitas batuan merupakan hambatan batuan terhadap arus listrik dalam satuan ohm-m. Secara umum batuan memiliki sifat kelistrikan yaitu konduktivitas dan permitivitas. Permitivitas dapat menentukan kapasitas induktif efektif yang bersumber dari suatu mineral batuan dan merupakan respon statik terhadap medan listrik AC dan DC (Intan Maharani, 2018). Pada mineral-mineral batuan, nilai resistivitasnya sekitar  $10^{-5} \Omega\text{m}$ , tetapi untuk batuan gabro sekitar  $10^7 \Omega\text{m}$ . Rentang nilai resistivitas yang berbeda dihasilkan untuk batuan lainnya dengan komposisi yang berbeda (Niko, 2019). Variasi nilai resistivitas atau tahanan jenis batuan dan air dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Tahanan jenis batuan dan air (Darmawan & Harmoko, 2014)

Batuan	Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )	Air	Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )
<i>Top soil</i>	250-1700	Air meteoric	30-1000
Pasir lempungan	30-215	Air laut	0,2
Lempung (basah)	1-100	<i>Saline water 3%</i>	0,15

Batuan	Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )	Air	Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )
Tanah berpasir (kering)	80-1050	Saline water 20%	0,05
Tanah (40% lempung)	8	Air permukaan (batuan beku)	0,1-3000
Tanah (20% lempung)	33	Air permukaan (batuan sedimen)	10-100
Lempung (kering)	50-150	Airtanah alami (batuan beku)	0,5-150
Pasir tufaan	20-100	Airtanah alami (batuan sedimen)	1-100

Menurut (Telford, L.P, R.E, & D.A, 1982) batuan dan mineral dapat dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan nilai resistivitasnya yaitu:

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

Konduktor mengandung banyak elektron bebas dengan mobilitas yang sangat tinggi, tetapi lebih sedikit elektron bebas dalam semikonduktor. Isolator dicirikan oleh ikatan ionik sebagai akibatnya elektron-elektron valensi tidak bebas bergerak (Parinata, 2015).

## 2.6 Bidang Gelincir

Bidang gelincir ialah perbatasan bidang antara material yang bergerak dengan material yang diam (Dori, 2019). Material yang diam merupakan lapisan yang keras atau kedap air sedangkan material yang bergerak merupakan lapisan lunak. Saat hujan, lapisan yang keras akan menjadi licin dan lapisan yang lunak akan bergerak melalui lapisan kedap air. Lapisan impermeabel berperan sebagai bidang gelincir

sedangkan lapisan lunak sebagai material longsor (Dona & Akmam, 2015). Lapisan lunak merupakan lapisan permeabel sehingga air hujan bisa dengan mudah terinfiltrasi ke dalam lereng. Namun air hujan yang menembus ke dalam tanah tersebut seringkali tidak dapat menembus atau masuk ke dalam tanah karena adanya lapisan kedap air (*impermeable*) (Muchlis, 2014). Batuan impermeabel memiliki pori-pori yang relatif kecil dan memiliki nilai resistivitasnya yang besar. Air yang dapat menembus lapisan kedap air membuat permukaan kedap air akan melapuk sehingga menjadi licin. Lapisan yang lapuk akan menjadi licin dan massa akan bergerak mengikuti lereng dan luar lereng (Anriani & Akmam, 2018).

Bidang gelincir terjadi karena adanya kontras resistivitas antara dua batuan yang berdekatan, didukung oleh curah hujan yang tinggi dan dataran yang cukup curam (Anriani & Akmam, 2018). Mengetahui keberadaan bidang gelincir suatu hal yang penting untuk memahami potensi longsor yang dapat terjadi. Semakin dalam letak bidang gelincir, semakin tinggi resiko terjadinya longsor, jika semakin dangkal letak bidang gelincir, maka semakin rendah bahaya longsor yang terjadi. Apabila terjadi ketidakseimbangan gaya yang bekerja pada lereng dan gaya dorong lebih besar dari gaya hambat, maka lereng akan mengalami longsor. Lereng yang curam memiliki gaya pendorong yang besar dibandingkan gaya penahannya. Semakin curam suatu lereng, maka kestabilannya semakin kecil (Dori, 2019).

Bidang gelincir mempunyai ciri-ciri yaitu bidang antar lapisan batuan, bidang yang berada di antara tanah penutup dengan batuan dasar, permukaan penghubung antara batuan yang retak-retak dengan batuan kuat, bidang batas antara batuan yang bersifat permeabel dan impermeabel, serta bidang batas antara tanah yang lunak dengan tanah yang padat (Dori, 2019). Karakteristik bidang gelincir menunjukkan bahwa longsor sering terjadi ketika air masuk melalui batuan yang retak-retak dan batuan yang melewati air. Air membutuhkan waktu lebih lama untuk sampai pada batuan kedap air. Air dapat meningkatkan massa dari batuan yang retak-retak sehingga batuan tersebut

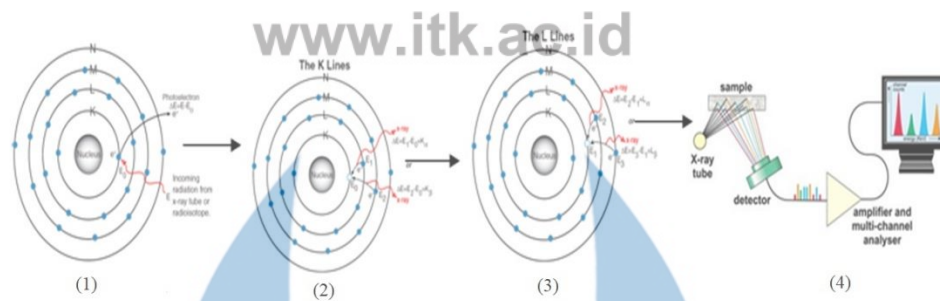


akan bergerak di atas batuan ke atas air dan menjadi material longsor. Peningkatan kadar air dapat menyebabkan peningkatan tekanan pori dan melemahnya lereng yang dapat menjadi salah satu pemicu terjadinya longsor (Dona & Akmam, 2015).

## 2.7 X-Ray Fluorescence (XRF)

XRF adalah teknik analisis non-destruktif untuk mengidentifikasi dan menentukan konsentrasi unsur dalam padatan, bubuk, dan cair. Secara umum spektrometer XRF dapat mengukur panjang gelombang masing-masing komponen material berdasarkan emisi fluoresensi yang dipancarkan ketika sampel terkena sinar-X (Sofyan, 2010). Spektrometer XRF memiliki keunggulan dalam preparasi sampel yang mudah dan waktu pengukuran yang singkat tetapi hasil analisis cukup akurat. Karakterisasi XRF membutuhkan sampel yang homogen, sehingga analisis bisa mewakili komposisi unsur yang terkandung dalam batuan (Rosika, Dian, & Djoko, 2007). Metode XRF biasanya digunakan untuk menentukan komposisi unsur suatu material sehingga metode ini cepat dan tidak merusak sampel (Jamaluddin & Umar, 2018).

Analisa XRF menggunakan sinar-X berenergi tinggi untuk mementalkan elektron pada tingkat energi terendah dalam sampel. Hal ini menyebabkan transisi elektron untuk mengisi posisi elektron yang tereksitasi, menyebabkan sinar-X karakteristik dipancarkan kembali pada tingkat yang lebih rendah (Setiabudi, Rifan, & Ahmad, 2012). Analisis dalam metode XRF ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode kualitatif dan metode kuantitatif. Metode kualitatif hanya memberikan informasi tentang kandungan unsur sampel yang akan diuji, hal tersebut dinyatakan dalam intensitas dalam satuan cps (*count per second*). Semakin tinggi intensitas yang diamati, semakin tinggi kandungan unsur dalam suatu sampel yang diuji. Dalam metode kuantitatif, puncak-puncak dari unsur yang terkandung dalam sampel mempunyai kandungan unsur dalam jumlah yang tidak sama (Masrukan & Rosika, 2017).



Gambar 2.7 (1) Elektron Tereksitasi Keluar (2) Kekosongan Elektron Terisi (3) Pelepasan Energi (4) Proses analisis data (Saedatul, 2018)

Analisis dengan XRF dilakukan dengan memeriksa identifikasi dan jumlah X-Ray yang dihasilkan oleh efek fotolistrik. Prinsip kerja dari XRF berdasarkan efek fotolistrik dapat dilihat pada Gambar 2.7. Pada Gambar 2.7 (1) menunjukkan proses penembakan X-Ray. Jika proses penembakan tersebut memiliki energi yang cukup, elektron tereksitasi oleh kulit yang lebih dalam yaitu kulit K yang akan menciptakan rongga dan membuat atom tidak stabil. Agar stabil kembali elektron akan bergerak ke tempat yang kosong tersebut, seperti pada Gambar 2.7 (2). Energi dilepaskan karena perpindahan dari kulit berenergi lebih tinggi ke dalam kulit yang berenergi lebih rendah. Proses tersebut memberikan karakteristik dari X-Ray yang dapat dilihat pada Gambar 2.7 (3). Energi berasal dari perbedaan energi ikatan antara kulit yang sesuai. Setelah itu dapat dilihat pada Gambar 2.7 (4) merupakan proses analisis data (Saedatul, 2018).

## 2.8 Unsur

Unsur merupakan zat tunggal yang tidak dapat diuraikan lagi menjadi zat lain yang lebih sederhana. Unsur terdiri dari satu jenis atom-atom yang dapat bergabung atau tidak bergabung membentuk molekul atau struktur yang lebih besar (Ramlawati, Saenab, & Yunus, 2017). Unsur tersebut dibagi menjadi tiga bagian yaitu (Harwanto, Sherwin, & Virginia, 2019)

a. Unsur Logam

Unsur logam ini memiliki sifat berwarna putih mengkilat, memiliki titik leleh yang rendah, serta dapat menghantarkan arus listrik, dan panas. Unsur logam ada dalam padat, tetapi ada juga yang berbentuk cair atau air raksa. Unsur logam yang berguna dalam kehidupan sehari-hari yaitu besi (Fe), tembaga (Cu), seng (Zn), platina (Pt), emas (Au) dan lain-lain.

b. Unsur Non Logam

Sifat-sifat dari unsur non logam ini yaitu tidak mengkilap, konduksi listriknya buruk, dan tidak dapat ditempa. Namun, ada satu unsur non logam yang dapat menghantarkan panas dengan baik yaitu grafit. Contoh unsur non logam yang berguna bagi kehidupan sehari-hari yaitu fluorin (F), iodium (I) dan lain-lain.

c. Unsur Semi Logam (metalloid)

Unsur semi logam mempunyai sifat antara logam dengan non logam. Beberapa contoh unsur semi logam yang cocok digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah silikon (Si) dan Germanium (Ge).

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu

No.	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1.	Desi Anriani dkk, 2018	<b>Metode</b> : Metode resistivitas konfigurasi <i>sclumberger</i> <b>Hasil</b> : Bidang gelincir terdapat pada kordinat 1, 2, dan 4 berada pada nilai tahanan jenis berkisar 59,9-170 $\Omega$ m, 78,5-225 $\Omega$ m dan 91-236 $\Omega$ m dengan kedalaman berkisar 4,3 m, 21,7 m,

No.	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
		<p>dan 5,5 m. jenis batuan penyusun di Kelurahan Balai Gadang terdiri dari <i>Alluvium, Clay, Sandstone, Limestone, dan Andesit</i>. Batuan yang berperan sebagai bidang gelincir ditafsirkan berupa Clay</p>
2.	Irepia Refa Dona dkk, 2015	<p><b>Metode</b> : Geolistrik resistivitas konfigurasi <i>schlumberger</i></p> <p><b>Hasil</b> : Bidang gelincir titik 1 terdapat pada kedalaman 12,8 m dan memiliki sudut kemiringan 34,98°. Bidang gelincir pada titik 3 terdapat pada kedalaman 4,5 m dan memiliki sudut kemiringan 25,94°. Potensi bahaya longsor yang besar terdapat pada titik 1.</p>
3	Dori Purnama Sari dkk, 2019	<p><b>Metode</b> : Geolistrik resistivitas konfigurasi <i>schlumberger</i></p> <p><b>Hasil</b> : Bentuk batas bidang gelincir pada titik pertama dan titik kedua yaitu rotasi dan titik ketiga dan keempat berbentuk translasi. Kedalaman batas bidang gelincir terdapat di kedalaman 13,5 m untuk titik pertama, 15m untuk titik kedua, 11,8 m untuk titik ketiga, dan 7 m untuk titik keempat. Sudut kemiringan dari batas bidang gelincir untuk titik pertama sebesar 39,16°, titik kedua sebesar 41,81°, titik ketiga sebesar 26,10°, dan lintasan keempat sebesar 21,80°. Kemiringan batas bidang gelincir untuk lintasan</p>

No.	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
		<p>pertama, ketiga dan keempat dikategorikan curam, sedangkan lintasan kedua memiliki kemiringan bidang gelincir yang sangat curam.</p>
4.	Sandy Vikki Ariyanto dkk, 2019	<p><b>Metode</b> : Geolistrik, XRF, XRD, dan SEM</p> <p><b>Hasil</b> : Hasil pengukuran dengan menggunakan metode geolistrik daerah lokasi penelitian teridentifikasi lapisan persilangan kuarsa, batu gamping arbitod, batu lempung, dan batu pasir. Terjadinya tanah longsor diakibatkan oleh batuan lempung dan batu pasir. Hasil analisis XRF menunjukkkn unsur tertinggi pada sampel pertama yaitu Si 58,3%, sampel kedua Ca 71,37%, dan sampel ketiga Si 43,3%. Pada analisis XRD didapatkan kandungan mineral kualitatif pada sampe pertama dan kedua SiO<sub>2</sub> 88% dan sampel ketiga berupa senyawa CaCO<sub>3</sub> 75,2%. Hasil <i>scanning SEM</i> pada sampel pertama teridentifikasi ukuran butir tidak rata dan dengan sedikit porositas menunjukkan sebagian berstruktur amorf, sampel kedua menunjukkan sampel tidak homogeny dengan porositas yang tinggi dan tidak merata, dan pada sampel ketiga teridentifikasi adanya bentuk kristal yang hampir kubus dengan porositas tinggi sehingga menyebabkan sering terjadinya longsor.</p>
5.	Rachmat Kosidahrta dkk, 2016	<p><b>Metode</b> : Geolistrik dan XRF</p> <p><b>Hasil</b> : pada pengukuran menggunakan metode</p>

No.	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
		<p>Geolistrik 1D konfigurasi <i>Schlumberger</i>, pada titik pertama dan titik kedua bijih besi terdapat pada kedalaman <math>\pm 15 - 22</math> m dengan ketebalan sebesar <math>\pm 7</math> m dan harga resistivitas berkisar 2,37-5,6 <math>\Omega</math>m. Pada penampang titik kedua dan ketiga bijih besi terdapat pada kedalaman <math>\pm 11-19</math> m dengan ketebalan <math>\pm 8</math> m dan harga resistivitas sebesar 2,37-5,6 <math>\Omega</math>m. Pada penampang titik ketiga dan titik keempat bijih besi terdapat pada kedalaman <math>\pm 19-33</math> m dengan ketebalan <math>\pm 14</math> m dan harga resistivitas berkisar 2,37-5,6 <math>\Omega</math>m. Hasil Geolistrik tersebut diperkuat dengan analisa menggunakan XRF. Kandungan unsur Fe pada bijih besi di Desa Sumber Mulia, Kabupaten Tanah Laut dengan analisa menggunakan XRF didapatkan nilai rata-rata sebesar 97,876%.</p>

