

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Tanah Longsor

Tanah longsor secara umum merupakan berpindahnya material lereng berupa bebatun atau tanah ke bawah atau keluar dari pembentuk lereng [2]. Longsor merupakan gerakan massa tanah di sepanjang bidang longsoran. Gerakan massa tanah sendiri merupakan bergerak material jatuh ke bawah mengikuti arah kemiringan lereng. Proses gerakan massa yaitu pindahnya suatu massa tanah dan batuan akibat gaya pendorong dari gaya *gravitasi* [6]. Akibat dari gaya pendorong tersebut maka massa tanah dan batuan dapat terjadi dengan kecepatan yang tinggi ataupun kecepatan yang rendah. Apabila gerakan massa berlebihan, dapat disebut dengan tanah longsor (*landslide*) [7].

Kejadian bencana tanah longsor sering terjadi pada daerah yang memiliki lereng curam/terjal. Pada prinsipnya tanah longsor terjadi ketika adanya gaya pendorong pada bagian atas lereng yang lebih besar dari gaya penahannya [8]. Dimana gaya penahan dapat dipengaruhi oleh massa bebatuan dan kepadatan dari material tanah, sedangkan gaya pendorong dapat berpengaruh dari kemiringan lereng, kandungan air di dalam tanah, serta berat dari tanah batuan [2]. Kemiringan lereng merupakan salah satu penyebab terjadinya longsor, parameter pemicu dari bencana tanah longsor yaitu dapat dilihat dari kondisi geomorfologi dan geologi. Pada geomorfologi lereng berperan untuk mengkondisikan terjadinya longsoran. Semakin besar lereng semakin besar gaya dari penggerak massa tanah dan batuan penyusun. Akan tetapilahan yang memiliki kemiringan lereng tidak selalu rentan untuk bergerak. Hal ini bergantung pada kondisi geologi, seperti jenis struktur bawah permukaan, serta komposisi dari tanah atau batuan penyusun lereng [9].

Proses terjadinya longsor ketika air masuk ke dalam lapisan yang mengandung begitu banyak tanah yang dapat menjadikan tanah menjadi jenuh, dimana jika air meresap hingga kedalam lapisan kedap air atau bidang gelincir, maka bidang

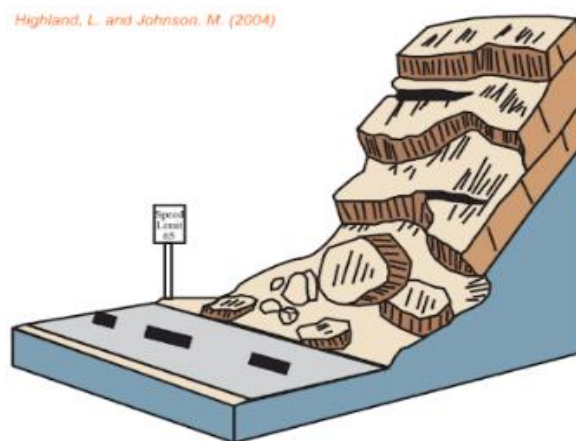
tersebut menjadi licin yang dapat menggelincirkan tanah yang jenuh jatuh kebawah atau bergerak mengikuti arah kemiringan lereng. Pada umumnya longsor akan muncul dari retakan-retakan di sekitar lereng serta air dari hujan yang dapat menyebabkan tebing menjadi rapuh dan kerikil batuan mulai berjatuhan [2]. Longsoran yang jatuh atau bergerak merupakan material longsor yang dicirikan oleh nilai *resistivitas* yang rendah sedangkan bidang gelincir ditandai oleh material yang memiliki *resistivitas* tinggi [10].

2.1.1 Tipe - tipe Longsoran

Menurut Cruden dan Varnes, karakteristik dari longsor dapat terbagi menjadi lima macam yaitu [11]:

a. Jatuhan

Dimana gerakan terjadi ketika jatuhnya material dari pembentuk lereng berupa tanah dan batuan tanpa adanya interaksi pada bagian material longsor. Jatuhan dapat terjadi pada semua jenis batuan yang pada umumnya diakibatkan oleh batuan pelapukan, perubahan suhu, tekanan dari air maupun galian/pengerukan bagian dari bawah lereng. Terjadi di sepanjang kekar, bidang dasar, atau zona patahan lokal [12].



Gambar 2.1 Rockfall [13]

b. Robohan

Gerakan material roboh terjadi pada lereng dengan kemiringan yang sangat terjal, memiliki bidang-bidang yang relatif vertikal. Tipe robohan

bergeraknya batuan longsor yang mengguling hingga roboh yang mengakibatkan terjadinya bebatuan jatuh dari lereng. Faktor utama dari terjadinya robohan ketika air mengisi retakan.

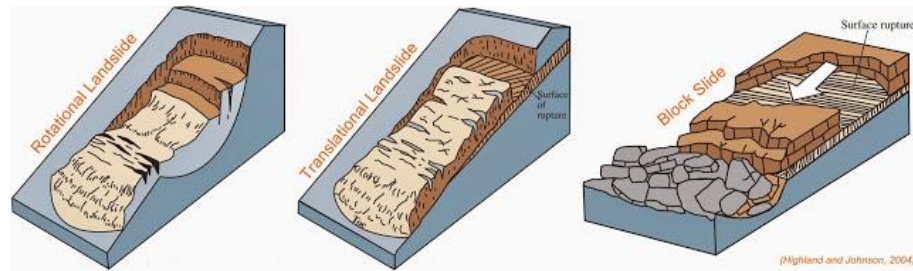


Gambar 2.2 *Topples* [13]

c. Longsoran

Longsoran (*slide*) merupakan gerakan material yang terjadi akibat runtuhnya material di sepanjang bidang longsoran. Perpindahan material sebelum terjadinya longsoran bergantung pada besarnya regangan yang dibutuhkan untuk mencapai kuat geser tanah pada sekitar bidang longsoran[9]. Menurut Highland, L. and Johnson, M. Proses dan tipe - tipe longsoran dibagi menjadi 3 tipe yaitu [13]:

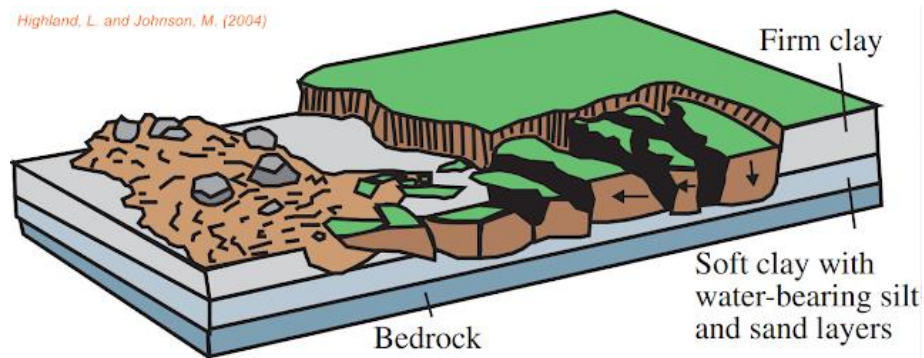
1. *Rotational Slide* ketika bergerak massa tanah dan batuan yang terkandung pada lapisan kedap air berbentuk cekung, dengan pergerakan longsoran berputar hanya pada satu sumbu yang sejajar dengan permukaan tanah.
2. *Translational Slide* ketika bergerak massa tanah dan batuan yang terkandung pada lapisan kedap air berbentuk rata dengan sedikit rotasi atau miring ke belakang.
3. *Block Slide* adalah pergerakan batuan yang hampir sama dengan *translational slide*, dimana massa penggerak terdiri dari blok - blok yang koheren.



Gambar 2.3 Rotational Landslide - Translational Landslide - Block Slide [13]

d. Sebaran

Sebaran lateral (*lateral spreading*) merupakan perpaduan dari pergerakan massa tanah dan turunnya massa batuan yang terpisah ke dalam material lunak yang terletak di bawahnya [11]. Sebaran dapat terjadi akibat likuifaksi tanah atau keruntuhan tanah kohesif lunak.



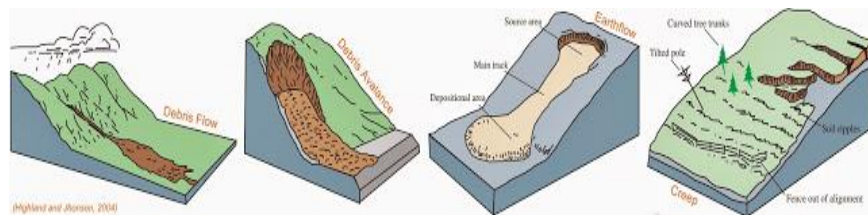
Gambar 2.4 Lateral Spread [13]

e. Aliran

Aliran (*flows*) merupakan Bergeraknya material pembentuk lereng mengalir seperti cairan kental. Tipe aliran terjadi pada bidang penggerak yang berbeda dan memiliki kandungan air pada massa tanah yang bergerak. Tanah dengan susunan yang terganggu cenderung longgar sehingga menyerap air saat terjadinya longsor. Hal ini menyebabkan tanah berubah menjadi bubur.

Menurut Highland, L. and Johnson, M. 2004 gerakan ini terdiri dari 4 kategori yang mendasar, yaitu [13]:

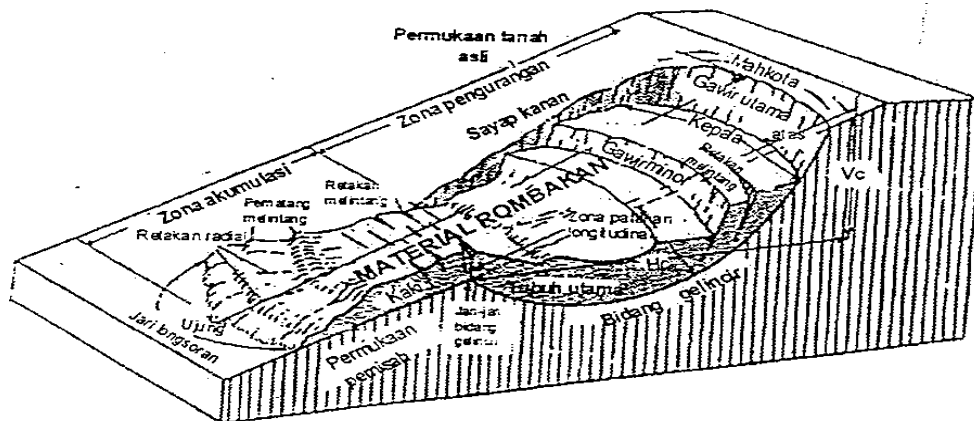
1. Aliran debris (*Debris Flow*) Ketika pembentuk dari gerakan massa tanah yang bergerak cepat dimana kandungan campuran tanah gembur, batu, bahan organik, udara, dan air bergerak mengalir pada suatu kemiringan lereng. *Debris flow* disebabkan dari aliran permukaan air, dikarenakan hujan yang lebat atau pencairan salju, lereng curam yang terkikis.
2. *Debris Avalanche* adalah longsoran es pada lereng yang terjal. Jenis aliran debris yang Bergeraknya sangat cepat.
3. Aliran tanah (*Earth flow*) berbentuk seperti "jam pasir". Pergerakan memanjang pada material yang mengandung mineral lempung dan dalam kondisi jenuh air, membentuk mangkuk atau suatu depresi di bagian atasnya.
4. Rayapan (*Creep*) adalah perpindahan tanah atau batuan pada suatu lereng secara lambat dan stabil. Gerakan disebabkan oleh *shear stress*, pada umumnya terdiri dari 3 jenis:
 - a. *Seasonal*, di mana gerakan berada dalam kedalaman tanah, dipengaruhi oleh perubahan kelembapan dan suhu tanah yang terjadi secara musiman.
 - b. *Continuous*, di mana shear stress terjadi secara terus menerus melebihi ketahanan material longsoran.
 - c. *Progressive*, di mana lereng mencapai titik *failure* untuk menghasilkan suatu gerakan massa.



Gambar 2.5 *Debris Flow - Debris Avalanche - Earthflow – Creep* [13]

2.1.2 Bagian - Bagian Longsoran

Tanda - tanda awal dari longsor adalah adanya retakan di bagian atas lereng yang *relative* tegak lurus arah gerakan. Apabila retakan tidak segera ditutup, saat hujan dengan intensitas tinggi yang berakibat tanah menjadi lunak, menambah gaya pendorong terjadinya longsor. Retakan miring juga ditemui pada kedua bagian pinggir longsor, dan penggembungan tanah dapat ditemui pada bagian kaki lereng. Bagian - bagian longsor yang diusulkan oleh Cruden dan Varnes (1996), diperlihatkan pada gambar dan tabel berikut [14].



Gambar 2.6 Bagian - bagian longsor [9]

Tabel 2. 1 Bagian - bagian longsor [9]

Nama	Definisi
Mahkota Longsor	Daerah yang tidak bergerak dan berdekatan dengan bagian tertinggi dari tebing atau gawir utama longsor
Tebing atau gawir utama longsor	Permukaan lereng yang curam pada tanah yang tidak terganggu dan terletak pada bagian atas dari longsor
Puncak Longsor	Titik tertinggi terletak di antara kontak material yang bergerak atau pindah dengan tebing atau gawir utama Longsor
Kepala Longsor	Bagian atas dari longsor sepanjang kontak antara material yang bergerak atau pindah dan tebing atau gawir utama longsor
Tebing atau gawir minor	Permukaan yang curam pada material yang bergerak atau pindah yang dihasilkan oleh pergerakan ikutan dari material longsor
Tubuh Utama	Bagian longsor yang terletak pada material yang bergerak yang merupakan tampalan antara bidang gelincir, tebing utama longsor dan jari bidang gelincir

Nama	Definisi
Kaki Longsoran	Bagian dari longsoran yang bergerak mulai dari jari bidang gelincir dan bertampalan dengan permukaan tanah asli
Ujung Longsoran	Titik pada jari kaki longsoran yang letaknya paling jauh dari puncak longsoran
Jari Kaki Longsoran	Bagian paling bawah longsoran yang biasanya berbentuk lengkung, berasal dari material longsoran yang bergerak dan letaknya paling jauh dari tebing Utama
Bidang Gelincir	Bidang kedap air yang menjadi landasan bergerak massa tanah
Jari dari bidang Gelincir	Tampalan antara bagian bawah dari bidang gelincir longsoran dengan permukaan tanah asli
Permukaan Pemisah	Bagian dari permukaan tanah asli yang bertampalan dengan kaki longsoran
Material yang bergerak	Material yang bergerak dari posisi asli yang digerakkan oleh longsoran yang dibentuk oleh massa yang tertekan dan akumulasi massa
Daerah yang tertekan	Daerah dari longsoran yang terdapat di dalam material yang bergerak dan terletak di bawah permukaan tanah asli
Zona akumulasi	Daerah dari longsoran yang terdapat di dalam material yang bergerak dan terletak di atas permukaan tanah asli
Penekanan	Volume yang dibentuk oleh tebing utama longsoran, massa yang tertekan dan permukaan asli
Massa yang tertekan	Volume dari material yang bergerak bertampalan dengan Bidang gelincir tetapi berada di bawah permukaan tanah asli
Akumulasi	Volume dari material yang bergerak dan terletak di atas permukaan tanah asli
Sayap	Material yang tidak mengalami pergerakan yang berdekatan dengan sisi samping bidang gelincir
Permukaan tanah yang asli	Permukaan lereng sebelum terjadi longsoran

2.1.3 Sifat Kelistrikan Batuan

Sifat kelistrikan batuan merupakan karakteristik berasal dari batuan yang apabila dialirkan arus listrik ke dalam bumi. Batuan di alam merupakan medium listrik seperti halnya pada kawat penghantar listrik, sehingga memiliki tahanan jenis (*resistivitas*). Karakteristik tahanan jenis batuan adalah batuan untuk menghambat

arus listrik. Sifat tahanan jenis batuan di alam dibedakan menjadi 3 macam, yaitu [15]:

a. Medium Konduktif

Medium yang mudah menghantarkan arus listrik. Nilai *resistivitas*-nya sangat kecil, berkisar 10^{-8} sampai $1 \Omega\text{m}$. Contoh: logam, *graphite*, *sulfide*.

b. Medium Semikonduktor

Medium yang cukup mudah untuk menghantarkan arus listrik. Nilai *resistivitasnya* 1 sampai $10^7 \Omega\text{m}$. Contoh: batuan porous yang mengandung air.

c. Medium Resistif

Medium yang sukar untuk menghantarkan arus listrik. Nilai *resistivitasnya* sangat tinggi, lebih besar dari $10^7 \Omega\text{m}$. Batuan ini terdiri dari mineral silikat, *phosphate*, karbonat.

Setiap lapisan batuan memiliki sifat kelistrikan yang berbeda, bergantung pada 8 faktor yaitu: kandungan mineral logam, kandungan mineral non logam, kandungan elektrolit padat, kandungan air garam, perbedaan tekstur batuan, perbedaan porositas batuan, perbedaan permeabilitas batuan, dan perbedaan *temperature* [16]. Nilai *resistivitas* batuan ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai *Resistivitas* Batuan [16]

Material	Resistivity (Ohm - meter)
Pirit (<i>Pyrite</i>)	0.01 - 100
Kwarsa (<i>Quartz</i>)	500 - 800000
Kalsit (<i>Calcite</i>)	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{13}$
Garam Batu (<i>Rock Salt</i>)	$30 - 1 \times 10^{13}$
Granit (<i>Granite</i>)	200 - 10000
Andesit (<i>Andesite</i>)	$1.7 \times 10^2 - 45 \times 10^4$
Basal (<i>Basalt</i>)	200 - 100.000
Gamping (<i>Limestones</i>)	500 - 10000
Batu Pasir (<i>Sandstone</i>)	200 - 8000
Batu Tulis (<i>Shales</i>)	20 - 2000
Pasir (<i>Sand</i>)	1 - 1000
Lempung (<i>Clay</i>)	1 - 100
Air Tanah (<i>Ground water</i>)	0.5 - 300

Material	Resistivity (Ohm - meter)
Air Asin (<i>Sea water</i>)	0.2
Magnetit (<i>Magnetite</i>)	0.01 - 1000
Kerikil Kering (<i>Dry gravel</i>)	600 - 10000
Aluvium (<i>Alluvium</i>)	10 - 800
Kerikil (<i>Gravel</i>)	100 - 600
Pasir Lempungan (<i>Consolidated shales</i>)	20 - 2×10^3

Arus listrik pada batuan dapat digolongkan menjadi 3 macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik.

1. Konduksi secara elektronik

Terjadi pada batuan mineral yang memiliki banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan kedalam batuan mineral oleh elektron bebas. Aliran listrik dipengaruhi oleh sifat dari masing - masing tahanan jenis batuan (*resistivitas*). Besarnya nilai *resistivitas* pada suatu bahan maka akan semakin sulit bahan tersebut menghantarkan arus listrik.

2. Konduksi secara elektrolitik

Sebagian besar batuan merupakan konduktor yang buruk yang memiliki *resistivitas* sangat tinggi. Batuan konduktor elektrolit merupakan batuan bersifat porus dan pori - pori terisi oleh larutan atau cairan elektrolit. Konduksi arus listrik dibawa oleh ion - ion elektrolit di dalam air. Konduktivitas *resistivitas* batuan *porous* bergantung pada besarnya volume dan penyusunan pori - porinya.

3. Konduksi secara dielektrik

Konduksi pada batuan bersifat dielektrik terhadap aliran listrik, artinya batuan tersebut mempunyai elektron bebas sedikit, bahkan tidak ada sama sekali.

2.2 Metode Geofisika

Metode Geofisika dapat diaplikasikan dalam pengukuran kontras fisik di dalam bumi. Dua jenis metode yang biasa digunakan untuk mengukur kontras fisik adalah metode aktif dan metode pasif. Metode aktif dilakukan dengan membangkitkan suatu sumber, misalnya metode Geolistrik dan metode seismik. Sebaliknya metode

pasif dilakukan tanpa membangkitkan suatu sumber, misalnya metode *Gravitasi* dan metode *Magnetik* [15].

2.2.1 Metode Geolistrik

Geolistrik merupakan metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik dibawah permukaan bumi. Metode ini dapat mengkaji permasalahan longsor untuk mengidentifikasi bidang gelincir di suatu daerah [17]. Dilakukan pendeteksian dipermukaan yang meliputi pengukuran arus, medan potensial, dan *elektromagnetik* baik secara alami maupun dari penginjeksian arus ke dalam bumi. Prinsip kerja dari metode ini yaitu melakukan penginjeksian arus listrik di permukaan tanah melalui sepasang elektroda, kemudian mengukur beda potensial pada sepasang elektroda yang lain. apabila arus listrik yang diinjeksi ke dalam suatu medium dapat diukur beda potensial, maka nilai dari hambatan medium tersebut dapat diperkirakan. Metode geolistrik yang dikenal antara lain: metode Potensial diri (SP), Magnetotelluric, Elektromagnetik, Induced Polarization (IP), Resistivitas (Tahanan jenis) [18]. Dengan memanfaatkan sifat dari kelistrikan bumi dapat diharapkan dan diperoleh informasi tentang lapisan bawah permukaan [19].

Pengukuran arus dan beda potensial pada setiap jarak elektroda, dapat dilakukan perhitungan dalam menentukan nilai tahanan jenis semu, sehingga akan didapatkan variasi dari harga tahanan jenis masing - masing lapisan di bawah titik ukur (titik sounding). Umumnya, metode tahanan jenis ini hanya baik untuk eksplorasi dangkal, sekitar 100 m [5]. Jika kedalaman pada lapisan lebih dari 100 m, maka informasi yang akan diperoleh kurang akurat, yang menyebabkan lemahnya arus listrik untuk jarak bentangan yang besar. Karena itu metode ini jarang digunakan untuk eksplorasi dalam, sebagai contoh, dalam eksplorasi minyak. Metode tahanan jenis ini lebih banyak digunakan dalam *engineering geology* [19].

2.2.2 Metode Geolistrik Tahanan Jenis

Eksplorasi geofisika, metode geolistrik tahanan jenis adalah metode geolistrik yang mempelajari sifat *resistivitas* (tahanan jenis) listrik pada lapisan batuan didalam bumi. Berdasarkan pada tujuan penyelidikan, metode geolistrik tahanan jenis dapat dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu [15]:

a. Metode *resistivity mapping*

Metode *resistivity mapping* merupakan metode *resistivity* yang bertujuan untuk mempelajari variasi tahanan jenis lapisan bawah permukaan secara horizontal. Oleh karena itu, pada metode ini dipergunakan konfigurasi elektroda yang sama untuk semua titik pengamatan di permukaan bumi. Setelah itu baru dibuat kontur *resistivitas*-nya.

b. Metode *resistivity sounding (profiling)*

Metode *resistivity sounding* juga biasa dikenal sebagai *resistivity profiling*, *resistivity probing* dan lain - lain. Hal ini terjadi dikarenakan metode ini ditujukan untuk mempelajari variasi *resistivitas* batuan di bawah permukaan bumi secara vertikal.

Pada metode ini pengukuran disuatu titik sounding dengan jalan mengubah-ubah jarak elektrodanya. Pengubahan jarak elektroda ini dilakukan secara sembarang, tetapi dimulai dari jarak elektroda terkecil kemudian membesar secara gradual. Jarak elektroda akan sebanding dengan kedalaman lapisan batuan yang terdeteksi. Semakin besar jarak elektroda tersebut, maka semakin dalam lapisan batuan yang dapat diselidiki. Pembesaran bentang jarak pada elektroda dilakukan jika mempunyai alat geolistrik yang memadai, yang dapat menghasilkan arus listrik cukup besar atau cukup sensitif dalam mendeteksi beda potensial rendah. Alat geolistrik adalah alat yang dapat menghasilkan suatu arus listrik cukup besar dan mempunyai sensitivitas yang cukup tinggi.

Berdasarkan letak (konfigurasi) elektroda potensial dan elektroda arus, dikenal beberapa jenis konfigurasi metode tahanan jenis yaitu:

1. Konfigurasi *Dipole - dipole*
2. Konfigurasi *Wenner*
3. Konfigurasi *Schlumberger*
4. Konfigurasi *Wenner - Schlumberger*

Masing - masing konfigurasi tersebut mempunyai keunggulan maupun kekurangan, sehingga suatu permasalahan mungkin lebih baik dilakukan dengan konfigurasi

tertentu, tetapi belum tentu permasalahan tersebut dapat dipecahkan dengan konfigurasi yang lain.

Pada metoda geolistrik tahanan jenis, batuan di bawah permukaan bumi dipelajari dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus. Beda potensial yang dihasilkan diukur melalui dua buah elektroda lainnya [20]. Variasi harga tahanan jenis akan didapatkan, jika jarak antara masing - masing elektroda diubah, sesuai dengan konfigurasi alat yang dipakai (metode *Dipole - dipole*) [15].

2.3 Potensial di Sekitar Sumber Arus Listrik

A. Potensial di Sekitar Sumber Arus di Dalam Bumi

Pada kedalaman tertentu akan ditanamkan elektroda arus ke dalam bumi. Elektroda ini dihubungkan dengan elektroda arus yang berada di permukaan dengan jarak yang cukup jauh, sehingga pengaruhnya dapat diabaikan. Elektroda arus dipandang sebagai titik sumber yang memancarkan arus listrik ke segala arah dalam medium bumi dengan tahanan jenis, karena arus keluar secara radial membentuk luasan bola, maka [16] :

$$I = 4\pi^2 \vec{J} \quad (2.1).$$

Berdasarkan hukum Ohm, hubungan antara kerapatan arus listrik $\vec{J}$ dengan medan listrik $\vec{E}$, dan konduktivitas medium σ yang dinyatakan sebagai:

$$\vec{J} = \sigma \vec{E}$$

Untuk medan listrik $\vec{E}$ adalah medan konservatif, maka dapat dinyatakan dalam bentuk gradien potensial V sebagai,

$$\vec{E} = -\nabla V$$

sehingga rapat arus listrik $\vec{J}$ dapat dinyatakan oleh,

$$\vec{J} = -\sigma \nabla V$$

$$\text{Dan karena } \nabla \cdot \vec{J} = 0, \text{ maka } \nabla(\sigma \cdot \nabla V) = 0 \quad (2.2).$$

$$\nabla \sigma \cdot \nabla V + \sigma \nabla^2 V = 0$$

Jika selama σ konstan, maka istilah pertama hilang dan memiliki persamaan Laplace, yaitu potensial harmonik:

$$\nabla^2 V = 0$$

Keterangan:

Kebalikan dari konduktivitas adalah *resistivitas* atau biasa disebut dengan tahanan jenis bahan.

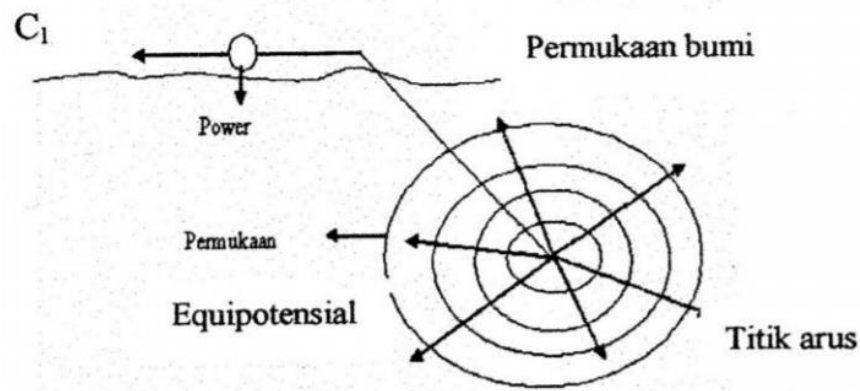
$\vec{J}$ = Rapat Arus Listrik (*ampere/m²*).

$\vec{E}$ = Medan Listrik (N/C).

σ = Konduktivitas listrik.

V = Potensial.

∇V = Gradien Potensial V .



Gambar 2.7 Potensial di sekitar sebuah sumber arus di dalam bumi [16]

B. Potensial di Sekitar Sebuah Arus di Permukaan Bumi

Titik elektroda C terletak di permukaan bumi homogen isotropis dan udara di atasnya dianggap memiliki konduktivitas nol. Elektroda terangkai dengan elektroda lain yang berada pada titik yang sangat jauh. Dari titik elektroda C di injeksikan arus I ke dalam bumi. Hal ini akan mempengaruhi arus yang mengalir melalui permukaan setengah bola, sehingga [16] :

$$I = 4\pi r^2 \vec{J} = -4\pi r^2 \sigma \frac{dv}{dr} = -4\pi \sigma A$$

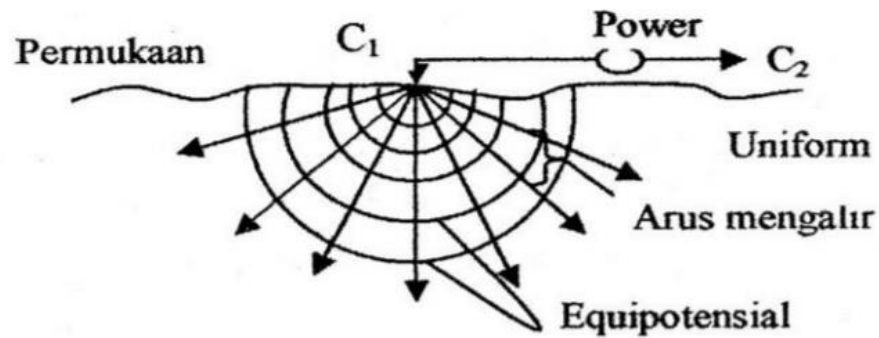
dengan demikian konstanta integrasi A untuk setengah bola adalah,

$$A = -\frac{I\rho}{4\pi} \quad (2.3).$$

sehingga diperoleh,

$$V = \left(\frac{I\rho}{4\pi} \right) \frac{1}{r} \quad (2.4).$$

$$\text{Dan hambatan jenisnya, } \rho = \frac{4\pi rV}{I} \quad (2.5).$$



Gambar 2.8 Potensial di Sekitar Sumber Arus di Permukaan Bumi [15]

C. Potensial di Sekitar Dua Sumber Arus di Permukaan Bumi

Apabila jarak antara dua elektroda tidak terlalu besar, potensial di setiap titik dekat permukaan akan dipengaruhi oleh kedua elektroda tersebut. Adapun potensial yang dihasilkan merupakan beda potensial pada dua titik pengukuran. Pada daerah dekat sumber arus C1 dan C2 terdapat perubahan potensial yang sangat drastis. Sedangkan di dekat titik pusat antara kedua sumber arus tersebut, gradien potensial mengecil dan mendekati linier. Berdasarkan tinjauan tersebut, dimana pengukuran dari potensial paling baik pada titik di antara C1 dan C2. Arus pada kedua elektroda sama tapi berlawanan arah, sehingga:[16]

$$V_1 = \frac{I}{2\pi} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$V_2 = \frac{I}{2\pi} \left(\frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_4} \right)$$

$$\Delta V = V_1 - V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) - \left(\frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_4} \right) \right] \quad (2.6).$$

Dan hambatan jenisnya, $\rho = K \left(\frac{\Delta V}{I} \right)$ (2.7).

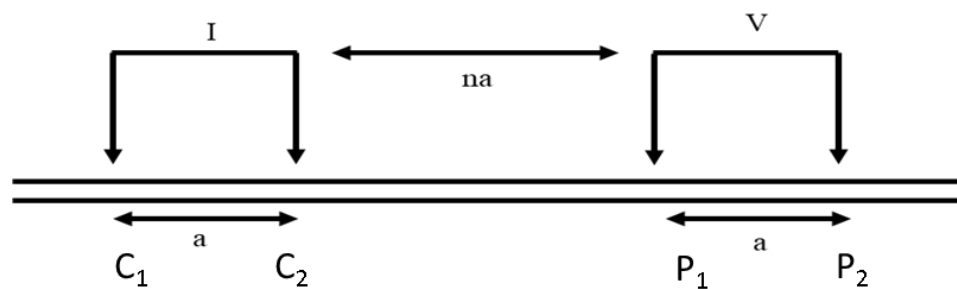
Dengan, $K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) - \left(\frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_4} \right) \right]^{-1}$ (2.8).

Faktor 'K' tersebut merupakan faktor geometri yang besarnya bergantung pada konfigurasi elektroda yang digunakan.

2.4 Konfigurasi Metode Tahanan Jenis

A. Konfigurasi *Dipole - dipole*

Konfigurasi *Dipole - dipole* arus akan disalurkan ke elektroda ditempatkan di jarak dan besaran tertentu juga, sehingga bisa dianggap bahwa arus yang digunakan tak berhingga jadi akan mempengaruhi nilai resistivitas yang semakin bervariasi. Pada konfigurasi *Dipole - dipole* terdapat 2 elektroda arus dan 2 elektroda potensial, dari masing - masing elektroda diberi jarak tertentu dan diubah / divariasikan.



Gambar 2.9 Konfigurasi *Dipole - dipole* (Dimodifikasi: [15])

Nilai resistivitas semu dari konfigurasi *Dipole - dipole* adalah:

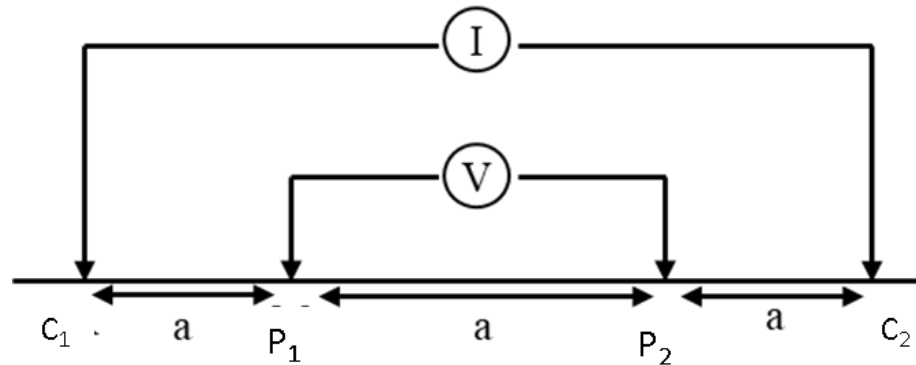
$$\rho = KR$$

$$K = n(n+1)(n+2)\pi\alpha \quad (2.9).$$

Dengan K adalah faktor geometri.

B. Konfigurasi Wenner

Konfigurasi *Wenner* digunakan untuk mendapatkan profil dari permukaan lapangan, cara ini dikenal dengan teknik mapping.



Gambar 2.10 Konfigurasi *Wenner* (Dimodifikasi: [15])

Faktor geometri untuk konfigurasi *Wenner* diturunkan menjadi:

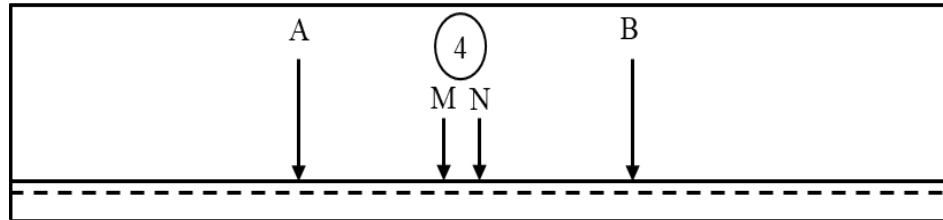
$$K_w = 2\pi a$$

Dan nilai tahanan jenis: $r = 2ap \Delta v I \quad (2.10).$

C. Konfigurasi Schlumberger

Konfigurasi *Schlumberger* dengan jarak ideal MN dibuat kecil, sehingga jarak MN tidak berubah. Akan tetapi dikarenakan kepekaan alat ukur, maka ketika jarak AB relatif besar dan jarak MN dirubah. Perubahan jarak MN tidak lebih besar dari 1/5 jarak AB. Kelemahan dari konfigurasi ini adalah pembacaan tegangan pada elektroda MN lebih kecil terutama pada saat jarak AB relatif jauh, jadi diperlukan alat ukur *multimeter* yang memiliki karakteristik “*high impedance*” dengan keakuratan tinggi yang bisa *display* tegangan minimal 4 digit/2 digit di belakang koma, atau dengan cara lain dengan diperlukannya alat pengiriman arus yang memiliki tegangan listrik DC sangat tinggi. Konfigurasi *Schlumberger* dikenal dengan metode *resistivity sounding*. Sedangkan keunggulan konfigurasi ini adalah

kemampuan mendeteksi adanya *non-homogenitas* pada lapisan batuan di permukaan bumi, yaitu dengan membandingkan nilai *resistivitas* semu ketika terjadi perubahan jarak elektroda MN/2.



Gambar 2.11 Konfigurasi *Schlumberger* (Dimodifikasi: [15])

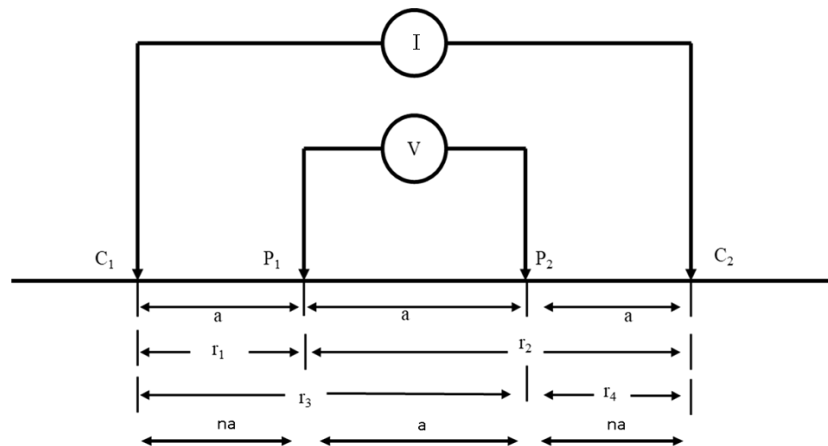
Diperoleh persamaan nilai *resistivitas* dari konfigurasi *Schlumberger*:

$$\rho_a = K.R$$

$$\text{Dengan } K = \pi[2ba - a^4] \quad (2.11).$$

D. Konfigurasi *Wenner - Schlumberger*

Konfigurasi *Wenner - Schlumberger* merupakan konfigurasi dengan aturan spasi yang konstan catatan faktor pengali “n” adalah perbandingan jarak antara elektroda C1 - P1 (atau C2 - P2) dengan spasi antara P1 - P2 seperti pada gambar 2.13. 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 [21]. Metode ini disebut sebagai metode *resistivity mapping*.



Gambar 2. 12 Konfigurasi *Wenner – Schlumberger* (Dimodifikasi: [15])

Nilai K adalah faktor geometri:

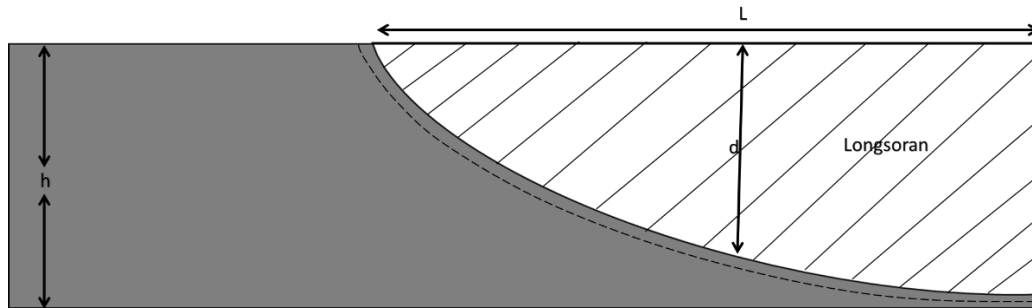
$$K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) - \left(\frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_4} \right) \right]^{-1}$$

$$K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{na} - \frac{1}{a} \right) - \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{na} \right) \right]^{-1}$$

$$K = \pi n (n+1) a \quad (2.12).$$

2.5 Volume Longsor

Kajian prediksi volume longsor pada kejadian longsor dan potensi longsor di daerah penelitian, dimodelkan pada pemahaman tentang perilaku mekanika tanah longsor alami dan perhitungan balik potensi atau bahaya longsor susulan. Hal ini digunakan model teknik dwimatra (2D) yang sangat sederhana untuk mengamati stabilitas lereng homogen dengan dimensi kemiringan dan sifat mekanik tanah yang berbeda yang ditunjukkan pada Gambar 2.13. Model ini menggambarkan bidang kegagalan lereng yang diasumsikan berbentuk melingkar [22].



Gambar 2.13 Model penampang 2D (Dimodifikasi: [17])

Model ini memberikan prediksi 2D dari suatu kegagalan lereng, tetapi untuk membandingkan longsor alami perlu diamati langsung di lapangan. Perhitungan prediksi volume potensi longsor dapat dilakukan dengan memanfaatkan hasil inversi resistivitas pada setiap lintasan pengukuran di lokasi penelitian, dengan menggunakan persamaan [17]:

$$V = \frac{1}{6} \pi (l.d.w) \quad (2.14)$$

Dengan keterangan:

V = Volume longsor (m^3).

λ = Panjang bidang gelincir (m).

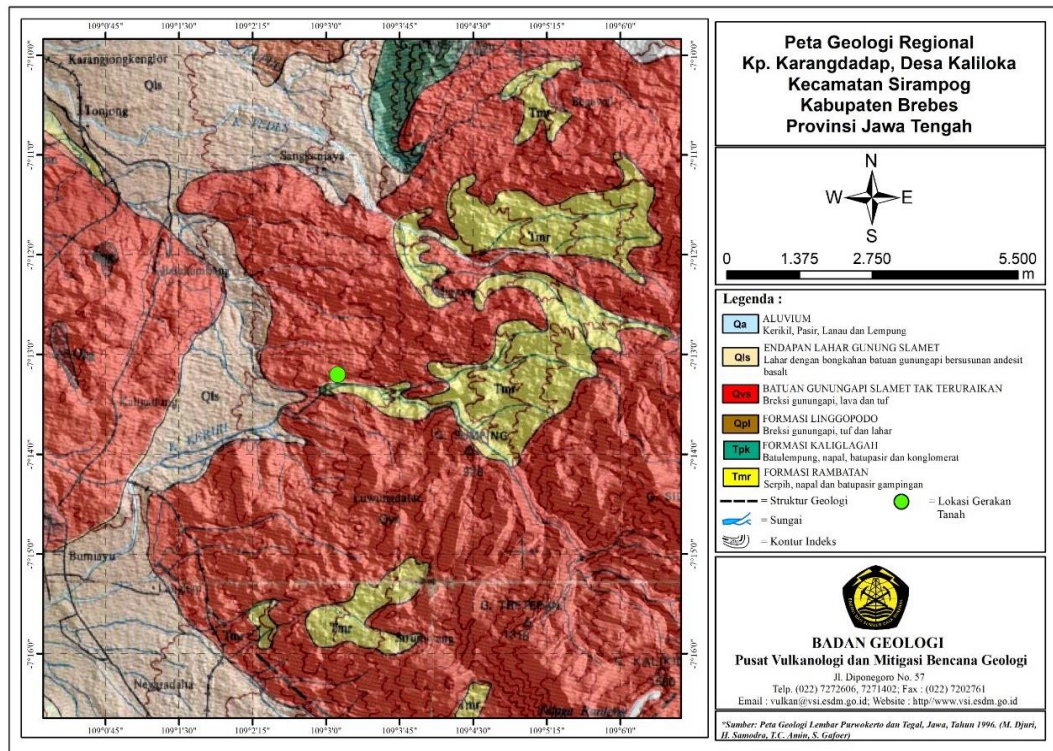
l = Panjang bidang gelincir (m).

d = Kedalaman bidang gelincir maksimum (m).

w = Lebar bidang gelincir (m).

2.6 Peta Geologi Regional

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Purwokerto dan Tegal, Jawa secara regional lokasi gerakan tanah berada pada lokasi yang disusun oleh endapan lahar Gunung Slamet (Qls) berupa bongkahan batu gunungapi bersusunan andesit - basalt dan batuan Gunungapi Slamet Tak Terurai (Qvs) yang terdiri dari breksi gunungapi, lava, dan tuf pada bagian atas. Di bawah batuan gunungapi ini terendapkan batuan yang lebih tua dari Formasi Rambatan (Tmr) yang terdiri dari serpih, napal dan batupasir gampingan. Napal berselang-seling dengan batuan batupasir gampingan berwarna kelabu muda. Banyak dijumpai lapisan tipis kalsit yang tegak lurus bidang perlapisan [21].



Gambar 2. 14 Peta geologi Daerah Penelitian [4]

Berdasarkan pengamatan lapangan di lokasi terjadinya longsor disusun oleh tanah pelapukan berupa lempung pasir sampai pasir sangat halus berwarna coklat sampai coklat tua. Tanah pelapukan memiliki ketebalan antara 2-5 meter, bersifat gembur dan mudah luruh ketika terkena air.

Lahan di lokasi tubuh longsor berupa tegalan dan ladang. Mahkota longsor berada pada lahan sawah yang kering ketika musim kemarau. Di utara tubuh longsor, lahan dimanfaatkan sebagai sawah dan permukiman. Di sebelah barat dan timur lokasi longsor merupakan lahan yang dimanfaatkan menjadi ladang, tegalan, dan kebun campuran. Jenis gerakan tanah yang terjadi adalah longsor melengkung (*rotasional*) yang berkembang menjadi aliran bahan rombakan [4].