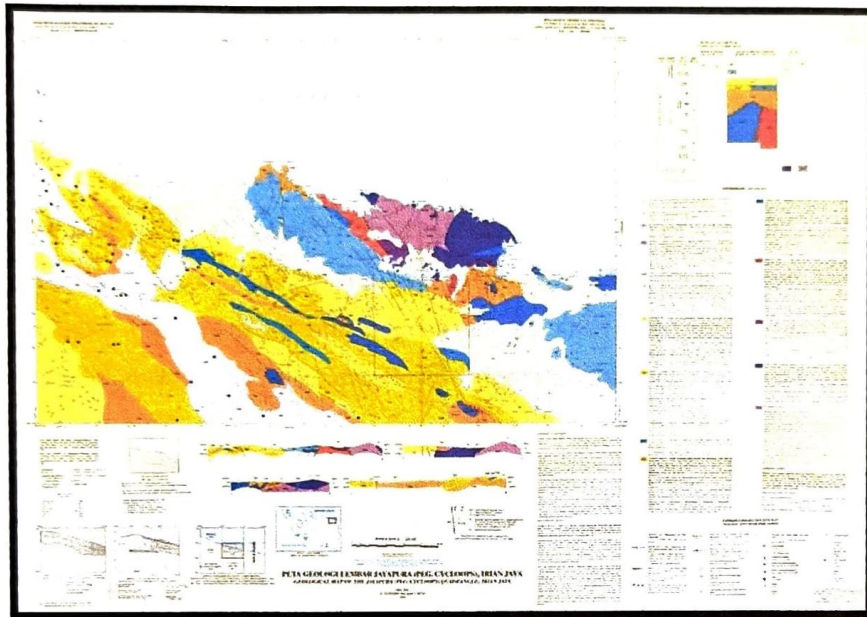


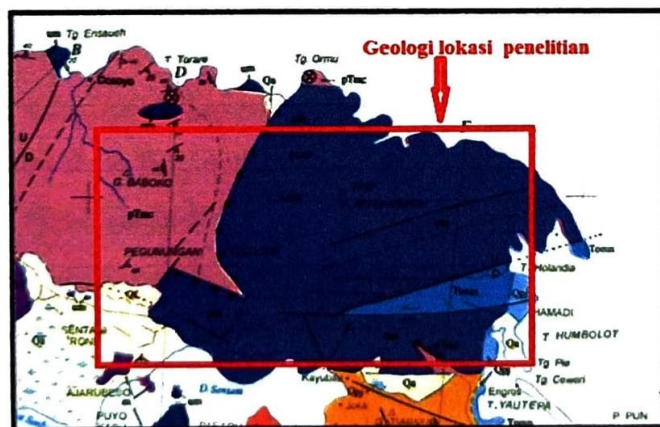
BAB II

DASAR TEORI

1.1 Geologi Regional Jayapura



Gambar 2. 1 Peta Geologi Regional Jayapura



Gambar 2. 2 Peta Geologi Regional Buper

Menurut peta geologi regional Jayapura yang dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan 2.2, wilayah buper di dominasi oleh Um (Ultramafic). Ultramafic sendiri merupakan batuan induk pembawa mineral nikel (Noya, 1995) yang menjadi acuan dalam penelitian ini

1.2 Nikel dan Nikel Laterit

Nikel sendiri berasal dari sisa-sisa tumbuhan ataupun makhluk hidup yang terkubur di dalam tanah selama jutaan tahun. Nikel merupakan bagian hasil pertambangan dalam kategori logam (APNI, 2020). Nikel adalah unsur kimia metalik dalam tabel periodik yang memiliki simbol Ni dan nomor atom 28 dan merupakan logam yang sangat keras dan putih mengkilap terdapat di dalam kerak bumi sebanyak kl. 0,02%. Diantara mineral-mineral yang mempunyai arti komersil ialah pentlandit $(\text{Ni,Fe})_9\text{S}_8$ dan garnierit $(\text{NiSO}_3 \cdot m\text{HgSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$. Nikel ditemukan oleh A. F. Cronstedt pada tahun 1751, merupakan logam berwarna putih keperak-perakan yang berkilat, keras dan mulur, tergolong dalam logam peralihan, sifat tidak berubah bila terkena udara, tahan terhadap oksidasi dan kemampuan mempertahankan sifat aslinya di bawah suhu yang ekstrim (Cotton dan Wilkinson, 1989).

Nikel laterit adalah mineral logam hasil dari proses pelapukan dan pengkayaan mineral pada batuan ultramafik. Geologi di daerah Palangga, Provinsi Sulawesi Tenggara, disusun oleh batu gamping dari Formasi Eimoko dan Formasi Langkolawa yang memiliki hubungan ketidakselarasan dengan batuan ultramafik di bawahnya sebagai pembawa endapan nikel laterit. Proses pelapukan pada batuan ultramafik menghasilkan karakter dan profil nikel laterit yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakterisasi nikel laterit berdasarkan pada mineralogi dan profil dari zona lateritisasi. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa jenis batuan pembawa nikel laterit di Daerah Palangga adalah harsburgit. Nikel laterit memiliki ketebalan sekitar 15 meter. Zona Limonit memiliki komposisi mineral lempung berupa kaolinit, mineral oksida berupa mineral magnetit, hematit, kromit dan mineral hidroksida berupa gutit. Kedalaman zona Limonit yaitu sekitar 0 - 3 meter dengan kandungan Ni sekitar 0,76 - 1,78%, Fe sekitar 34,10 - 48,31%, dan SiO_2 sekitar 9,42 - 18,02%. Zona Saprolit memiliki komposisi mineral silikat berupa kuarsa, garnierit, antigorit, enstatit dan lisardit. Kedalaman Zona Saprolit sekitar 3 - 9 meter dengan kandungan Ni sekitar 1,79 - 2,98%, Fe sekitar 10,27 - 34,52%, SiO_2 sekitar 22,0 - 49,63%.

Batuan dasar (Bedrock) memiliki komposisi mineral silikat, antigorit, enstatit, olivin, augit dan lisardit. Kedalaman batuan dasar (bedrock) sekitar 9 - 10 meter dengan kandungan Ni sekitar 0,95 - 1,28%, Fe sekitar 7,62 - 8,29%, SiO₂ sekitar 42,81 - 45,85%. Zona Saprolit merupakan Zona yang kaya akan nikel dengan mineral penyusun berupa kuarsa, garnierit, antigorit, enstatit dan lisardit (Setiawan L. 2019).

Golightly (1979) batu ultramafic yang kaya kandungan mineral olivine mampu menghasilkan endapan nikel laterit melalui proses pelapukan dengan kandungan nikel mencapai level 0,3 - 0,4 %. Endapan nikel laterit merupakan sisa tanah atau residu yang dihasilkan melalui proses pelapukan kimiawi dan pemerayaan supergen dengan kondisi rata-rata hujan yang tinggi 119,84 mm dan suhu 27-31 °C oleh batuan ultramafic yang memakan waktu sangat panjang dengan dikontrol oleh pergerakan fluktuatif


Proses oksidasi dan pelapukan batuan ultrabasa merupakan awal dari pembentukan nikel laterit, dalam hal ini pelapukan terjadi pada batuan Harzburgit. Batuan ini didominasi oleh kandungan Olivine, Magnesium, Silikat, dan Besi silikat yang pada umumnya mengandung 0,30% Nikel. Mulainya proses pelapukan pada batuan ultramafik (Peridotit, Dunit dan Serpentin) sangat mudah dipengaruhi oleh pelapukan laterit. Endapan dari pelapukan ini akan terakumulasi dekat dengan permukaan tanah, namun magnesium, nikel dan silika akan tetap tertinggal di dalam larutan dan bergerak turun selama proses suplai air ke dalam tanah terus berlangsung. Keseluruhan proses ini merupakan proses pelapukan dan leaching. Unsur tambahan di dalam batuan ultrabasa adalah unsur Ni. Sebelum proses pelindihan berlangsung, unsur Ni berada dalam ikatan serpentine group. Rumus kimia dari kelompok serpentin adalah $X_2-3SiO_2 \cdot 5(OH)_4$, dengan X tersebut tergantikan unsur-unsur seperti Cr, Mg, Fe, Ni, Al, Zn atau Mn atau dapat juga merupakan kombinasinya (Efendy, 2013).

Umur dari endapan laterit berada pada masa antara Paleozoikum (Palaeozoic) sampai sekarang dan sebagian besar endapan yang berada di zona tropis saat ini masih mengalami proses laterisasi (Ardiansyah, 2019).

Beberapa faktor penting yang mempengaruhi pelapukan kimia dalam membentuk laterit nikel, antara lain:

1. Atmosfer (iklim) berkaitan dengan temperatur, curah hujan dan musim.
2. Biologi berupa material organik.
3. Air berkaitan dengan ketersediaan air, muka air tanah dan water absorption - run off.
4. Litologi berkaitan dengan komposisi batuan dasar, kestabilan mineral, ukuran kristal, grain size, porositas, fractures dan joints.
5. Kombinasi yaitu acidity/basicity (pH), potensial redoks (Eh), dan rate of removal of solids.
6. Topografi

Untuk lapisan penampang nikel dapat dilihat pada gambar 2.1 yang menjelaskan susunan perlapisan sampai pada nikel lateri.

SCHEMATIC LATERITE PROFILE	COMMON NAME	APPROXIMATE ANALYSIS (%)			
		Ni	Co	Fe	MgO
	RED LIMONITE	<0.8	<0.1	>50	<0.5
	YELLOW LIMONITE	0.8 to 1.5	0.1 to 0.2	40 to 50	0.5 to 5
	TRANSITION	1.5 to 4		25 to 40	5 to 15
	SAPROLITE/ GARNIERITE/ SERPENTINE	1.8 to 3	0.02 to 0.1	10 to 25	15 to 35
	FRESH ROCK	0.3	0.01	5	35 to 45

Gambar 2.3. Penampang Umum Nikel Laterit (Rihan dan Effendy, 2013)

Endapan nikel laterit terdapat pada zona limonit, zona saprolit dan zona saprock. Masing-masing zona mempunyai kandungan mineral dan kadar nikel yang berbeda, sehingga mempunyai nilai resistivitas yang berbeda-beda (Budy Santoso, dkk, 2017). Endapan nikel laterit terdiri dari endapan limonit, saprolit dan saprock yang memiliki kandungan nikel yang bervariasi pada

setiap lapisan antara lain, endapan limonit 0,5 - 2,0 %, endapan saprolit 1 - 5 %, endapan saprock 5-20 % (Budy et al, 2017). Profil nikel laterit juga dapat dideskripsikan dan diterangkan oleh daya larut mineral dan kondisi aliran air tanah (Osborne dan Waraspati, 1986). Profil endapan Nikel laterit pada umumnya sebagai berikut :

1. Lapisan Tanah Penutup (Top Soil), lapisan ini terletak dibagian paling atas permukaan, lunak, berwarna coklat kemerahan hingga gelap kadar air 25% - 35%, kadar nikel maksimal 1,3% dan ketebalan lapisan top soil ini 1-12 meter.
2. Lapisan Limonit, terletak dibawah lapisan penutup (top soil), berwarna coklat kemerahan sampai kekuningan, lunak, kadar air 30% - 40%, kadar nikel 1,5% dan ketebalan lapisan limonit rata-rata 3 meter.
3. Lapisan Saprolit, merupakan hasil dari pelapukan dari batuan asal, lunak, berwarna kuning-kecoklatan sampai kemerahan, kadar nikel 1,85% dan ketebalan rata-rata ketebalan lapisan saprolit 7 meter.
4. Lapisan Saprock, merupakan hasil pelapukan tetapi tingkat pelapukannya rendah sehingga masih terlihat komponen batuan asal. Saprock berwarna coklat muda sampai coklat kekuningan-kehijauan dan lunak. Pada lapisan saprock terdapat rekahan fragmen batuan asal. Fragmen atau rekahan fragmen dijumpai mineral garnierit (hijau muda) sebagai pengisi ruang kekar, mineral garnierit dapat menambah kandungan nikel. Garnierit mengandung nikel lebih banyak dari pada saprolit sendiri yaitu (5% - 20%).
5. Lapisan Batuan Dasar (Bedrock), merupakan batuan peridotit yang belum mengalami pelapukan, berwarna kuning pucat hingga abu-abu kehijauan.

Tabel 2.1. Nilai Resistivitas Endapan Nikel Laterit (Budy et al, 2017)

litologi	Resistivitas (Ωm)
Limonit	< 400
Saprolit	400 - 640
Saprock	640 - 1720
bedrock	< 1720

1.3 Kelistrikan

Pada dasarnya listrik bermuatan positif dan negatif. Interaksi antara kedua muatan adalah sebagai sejenis akan tolak menolak, sedangkan interaksi antara kedua muatan yang tidak sejenis akan tarik menarik. Hukum kelistrikan juga berlaku dalam metode geolistrik.

1.3.1 Hukum Coulomb

Hukum Coulomb adalah hukum yang menjelaskan hubungan antara gaya yang timbul antara dua titik muatan yang terpisahkan dengan jarak tertentu dengan nilai muatan dan jarak pisah keduanya ialah:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (2.1)$$

Dimana: F = gaya listrik (N)
 k = konstanta coulomb (Nm^2/C^2)
 $q_1 q_2$ = muatan listrik (C)
 r = jarak antar muatan

Hukum ini menjelaskan apabila kedua titik muatan maka akan timbul gaya di antara dua titik muatan tersebut yang besarnya berbanding lurus dengan perkalian nilai kedua muatan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antar keduanya. Interaksi antara benda-benda bermuatan (tidak hanya titik muatan) terjadi melalui gaya tak-kontak yang bekerja melampaui jarak separasi. Adapun hal lain yang perlu diperhatikan adalah bahwa arah gaya pada masing-masing muatan terletak selalu sepanjang garis yang menghubungkan kedua muatan tersebut. Gaya yang timbul dapat membuat kedua titik muatan saling tarik-menarik atau saling tolakmenolak, tergantung nilai dari masing-masing muatan. Muatan sejenis (bertanda sama) akan saling tolak-menolak, sedangkan muatan berbeda jenis akan saling tarik-menarik.

1.3.2 Hukum Ohm

Hukum Ohm adalah suatu pernyataan yang menjelaskan bahwa besar arus listrik yang mengalir melalui sebuah penghantar selalu berbanding lurus dengan tegangan yang diterapkan kepadanya. Sebuah

benda penghantar dikatakan mematuhi hukum Ohm apabila nilai resistansinya tidak bergantung terhadap besar dan polaritas beda potensial yang dikenakan kepadanya. Walaupun pernyataan ini tidak selalu berlaku untuk semua jenis penghantar, tetapi istilah "hukum" tetap digunakan dengan alasan sejarah.

Secara matematis hukum Ohm diekspresikan dengan persamaan:

$$V = I \cdot R \quad (2.2)$$

Dimana: V = tegangan (v)
 I = kuat arus (A)
 R = hambatan (Ω)

Hukum ini dicetuskan oleh Georg Simon Ohm, seorang fisikawan dari Jerman pada tahun 1825 dan dipublikasikan pada sebuah paper yang berjudul *The Galvanic Circuit Investigated Mathematically* pada tahun 1827.

1.4 Metode-Metode untuk Mengetahui Struktur Bawah Tanah

Dalam mendeskripsikan kondisi ataupun memprediksi struktur bawah tanah diperlukan metode khusus antara lain metode seismik, gravitasi, magnetik dan geolistrik yang dibedakan berdasarkan prinsip kerjanya.

1.4.1 Seismik

Metode Seismik dibagi menjadi 2 jenis yaitu :

1. Seismik Refleksi :

Metode yang memanfaatkan pemancaran dari sumber getaran yang berasal dari ledakan dinamit atau vibroseis untuk di darat sedangkan di air menggunakan sumber getar yang berasal dari air gun, boomer dan sparker (Darmawan dan Sudarmaji, 2015).

2. Seismik Refraksi

Metode yang bertujuan untuk menentukan panjang gelombang seismik yang menjalar di bawah permukaan. Metode ini didasarkan pada sifat penjalaran gelombang yang terkena refraksi dengan

ketelitian sudut kristis secara tertentu, parameter ini diamati dengan menggunakan geophone (Kartika, Yuliyanto dan Harmoko, 2007).

1.4.2 Gravitasi

Metode Gravitasi merupakan metode pengukuran percepatan gravitasi berdasarkan perbedaan densitas pada suatu daerah di bawah permukaan bumi (Blakely 1996 didalam Jamaluddin dkk, 2019).

1.4.3 Magnetik

Metode magnetik merupakan metode yang didasarkan pada induksi batuan yang diakibatkan oleh medan magnet bumi. Hal ini terjadi ditinjau dari kemampuan susceptibilitas magnet masing-masing jenis batuan sehingga batuan yang mengandung mineral tertentu dapat dikenal baik dalam eksplorasi geomagnet sehingga disebut anomali (Panjaitan, 2015).

1.4.4 Geolistrik

Metode ini bertujuan untuk mengetahui kondisi geologi bawah tanah berdasarkan jenis variasi tahanan batuanya. Struktur geologi yang dapat dideteksi adalah struktur yang utamanya memiliki kontras ketahanan yang cukup jelas terhadap kondisi lingkungan sekitarnya seperti eksplorasi air, tanah, mineral dan geothermal (panas bumi). Prinsip pelaksanaannya dengan menginjeksikan arus listrik melalui elektroda arus dan mengukur respon (tegangan) pada elektroda potensial dalam konfigurasi tertentu (Arman, 2012).

Penggunaan geolistrik pertama kali digunakan oleh "Conrad Schlumberger" pada tahun 1912. Metode geolistrik merupakan satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi (Broto 2008).

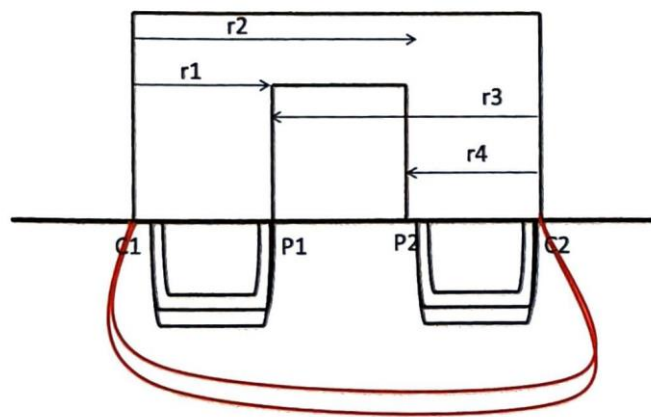
Metode geolistrik merupakan suatu metode geofisika yang dapat mengidentifikasi bawah permukaan bumi untuk mengetahui lapisan-lapisan atau material berdasarkan nilai resistivitas atau tahanan jenis yang berbeda-beda. Tujuan dari survei geolistrik yaitu untuk menentukan

distribusi nilai resistivitas dari pengukuran yang telah dilakukan (Telford et.al, 1990).

1.5 Konfigurasi Wenner Alpha

Konfigurasi Wenner Alpha memiliki Konfigurasi elektroda Wenner yang memiliki resolusi vertikal yang bagus, sensitivitas terhadap perubahan lateral yang tinggi tapi lemah terhadap penetrasi arus terhadap kedalam.

Wenner alpha memiliki konfigurasi elektroda potensial berada diantara P2 C2. Jarak elektroda yang satu elektroda arus yang tersusun dari C₁ - P₁ dengan lainnya sama dengan Faktor geometri konfigurasi ini adalah ($k = 2\pi \alpha$) (Hakim 2016)



Gambar 2.4. Konfigurasi Wenner Alpha

1.6 Kelistrikan Pada Batuan

Sifat kelistrikan batuan adalah ciri sifat dari batuan dalam mengalirkan arus listrik. Batuan dapat dianggap sebagai media penghantar listrik seperti kawat tembaga dan lain-lain, sehingga mempunyai tahanan jenis (Said, 2009). Resistivitas batuan adalah hambatan dari batuan itu sendiri terhadap aliran listrik. Resistivitas batuan dipengaruhi oleh porositas, kadar air dan mineral. Menurut Telford (1990) aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik dan konduksi secara dielektrik.

Tabel 2.2. Resistivitas Batuan dan Mineral (Telford, 1990)

NO	Batuan	Resistivitas (ΩM)
1	Serpihan Gabungan	$20-2 \times 10^3$
2	Konglomerat	$1 \times 10^3-10^4$
3	Batupasir	$1-6.4 \times 10^4$
4	Pasir	1 - 1000
5	Gamping	$50-10^7$
6	Air Tanah	0.5-300
7	Dolomit	$3.5 \times 10^2-5 \times 10^3$
8	Marls	3-70
9	Lempung	1-100
10	Oil Sands	4-800
11	Air Laut	0.2
12	Aluvium	10 - 1000

1.6.1 Konduksi Secara Elektronik (Ohmik)

Konduksi ini terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut.

1.6.2 Konduksi secara Elektrolitik

Pada dasarnya batuan bersifat poros dan memiliki pori-pori yang terisi dengan air dan ketika resistivitas yang tinggi dan konduktor yang buruk pada batuan mengakibatkan menjadi konduktor elektrolitik yang mana konduksi arus listrik di bawah oleh ion-ion elektrolitik dalam air tersebut. Konduktivitas dan resistivitas batuan porous tergantung pada volume dan susunan pori-porinya. Jika konduktivitas semakin besar maka kandungan air dalam batuan semakin banyak, sedangkan resistivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan semakin berkurang

1.6.3 Konduksi secara Dielektrik

Konduksi pada batuan memiliki sifat dielektrik terhadap aliran listrik artinya batuan atau mineral tersebut memiliki elektron bebas sedikit bahkan bisa tidak ada sama sekali, tetapi karena adanya pengaruh medan listrik dari luar maka elektron dalam bahan berpindah dan berkumpul terpisah dari inti sehingga terjadi polarisasi.

Berdasarkan nilai resistivitasnya, maka batuan ataupun mineral di alam dibedakan menjadi 3 yaitu konduktor baik, konduktor sedang dan isolator. Konduktor baik terjadi jika nilai resistivitasnya sangat kecil, berkisar antara 10^{-8} sampai 10^{-2} m, contohnya metal (logam-logam), grafit dan sulfida. Konduktor sedang terjadi jika nilai resistivitasnya 1 sampai 10^7 m, contohnya beberapa oksida, ore dan batuan porus yang mengandung air. Isolator terjadi jika tidak dapat mengalirkan arus listrik dan harga resistivitasnya sangat tinggi, lebih besar dari 10^7 m. Batuan ini terdiri dari mineral silikat, fosfat, karbonat dan lain-lain.

1.7 Resistivitas

Pada umumnya setiap material memiliki sebuah sifat penghambat aliran listrik yang melalui material tersebut. Hukum Ohm pertama kali dicetuskan oleh Georg Simon Ohm. Dalam pernyataannya bahwa beda potensial (dalam satuan volt) yang timbul di ujung-ujung suatu medium berbanding lurus dengan arus listrik (dalam satuan ampere) yang mengalir pada medium tersebut. Selain itu, Georg Simon Ohm juga menyatakan bahwa tahanan listrik berbanding lurus dengan panjang medium dan berbanding terbalik dengan luas penampangnya (Sadiku, 2012).

Dalam metode ini, bumi dapat mempunyai sifat homogen isotropis. Dengan asumsi ini maka nilai resistivitas yang terukur merupakan nilai sebenarnya dan tidak bergantung pada spasi elektroda. Namun pada kenyataannya, bumi terdiri atas beberapa lapisan dengan nilai resistivitas yang berbeda-beda sehingga nilai potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Maka nilai resistivitas yang terukur bukan merupakan

nilai resistivitas untuk satu lapisan saja, hal ini berlaku terutama pada spasi elektroda yang lebar. Sehingga nilai resistivitas sebenarnya yang terukur adalah nilai resistivitas semu (ρ_a) yang didapatkan dari persamaan:

$$\rho_a = \frac{K \nabla V}{I} \quad (2.3)$$

Dimana ρ_a adalah resistivitas semu (Ωm), K adalah faktor geometri yaitu besaran koreksi letak kedua elektroda potensial terhadap letak elektroda arus, ∇V merupakan jumlah beda potensial (volt) dan I adalah kuat arus (ampere) (Rahmawati, 2009).