

BAB II

TEORI DASAR

2.1. Kerusakan Infrastruktur

Kualitas infrastruktur baik yang fisik (jalan, pelabuhan, irigasi), maupun nonfisik (telepon, internet, listrik, air) memainkan peran vital karena merupakan penggerak kehidupan manusia. Infrastruktur berhubungan dengan tiga hal: pertama, dukungan dasar bagi pengembangan pabrik/industri (listrik, jalan dan jaringan telekomunikasi). Kedua, biaya produksi dan distribusi, baik bahan baku dan produk jadi. Ketiga, keterkaitan dengan pasar dan proses pemasaran [4].

Sebagai salah satu pilar penting penunjang kebutuhan dasar manusia, akan sangat mengganggu apabila infrastruktur mengalami permasalahan atau kerusakan. Kerusakan ini dapat dipicu oleh beberapa faktor seperti:

a. **Umur Atau Jangka Waktu Pakai**

Umur atau masa pakai dari bangunan atau infrastruktur dapat menjadi faktor yang memicu munculnya kerusakan yang besar maupun ringan. Semakin lama atau semakin tua umur bangunan atau infrastruktur maka kondisi fisiknya akan melemah dan rentan untuk mengalami kerusakan.

b. **Kondisi Lingkungan (Iklim)**

Kondisi lingkungan (iklim) juga dapat menjadi faktor pemicu munculnya kerusakan pada bangunan atau infrastruktur pada suatu daerah. Indonesia yang termasuk beriklim tropis dimana suhu dan curah hujan yang umumnya tinggi memiliki potensi kerusakan bangunan yang besar dikarenakan kondisi iklim tropis yang selalu berubah membuat kondisi bangunan menjadi lebih mudah untuk rusak.

c. Konstruksi

Kesalahan konstruksi dapat terjadi pada beberapa bangunan yang sudah selesai dibuat namun mengalami kesalahan pada beberapa bagian strukturnya. Efeknya, kondisi bangunan menjadi bermasalah bahkan berpotensi rusak jika tidak segera ditangani. Kesalahan pada konstruksi seperti ini dapat disebabkan oleh perhitungan yang kurang cermat pada aspek teknis dan non teknis pada bangunan yang sedang didirikan. Jika tidak diperhatikan dengan baik maka dapat membahayakan kondisi bangunan.

d. Pemakaian yang Berlebihan

Faktor pemakaian muncul akibat dari peningkatan beban atau pemakaian yang melebihi beban rencana, atau juga repetisi beban yang melebihi volume rencana sehingga umur layak suatu bangunan tersebut tidak tercapai.

e. Bencana Alam

Faktor bencana alam merupakan faktor eksternal yang mampu menimbulkan kerusakan pada bangunan atau infrastruktur. Kerusakan yang muncul akibat dari bencana alam terkadang tidak hanya berasal dari intensitas bencana itu sendiri melainkan dapat juga terjadi karena pengaruh konstruksi dan umur dari bangunan atau infrastruktur yang memicu munculnya kerusakan saat terjadi bencana alam.

Faktor-faktor tersebut merupakan faktor utama yang sering menimbulkan kerusakan pada infrastruktur terutama infrastruktur fisik seperti keruntuhan gedung, kerusakan jalan dan kerusakan lainnya. Terkadang beberapa faktor seperti kondisi lingkungan dan bencana alam sering muncul bersamaan dan menimbulkan efek kerusakan yang sangat besar.

2.2. Faktor Penyebab Kerusakan Jalan

Jalan merupakan prasarana angkutan darat yang sangat penting dalam memperlancar kegiatan hubungan perekonomian, baik antara satu kota dengan kota lainnya, antara kota dengan desa, antara satu desa dengan desa lainnya [5]. Kondisi jalan yang baik akan memudahkan mobilitas penduduk dalam

mengadakan hubungan perekonomian dan kegiatan sosial lainnya. Sedangkan jika terjadi kerusakan pada jalan selain akan berakibat pada terhalangnya kegiatan ekonomi dan sosial namun dapat menimbulkan kecelakaan. Kerusakan-kerusakan yang terjadi tentu akan berpengaruh pada keamanan dan kenyamanan pengguna jalan. Oleh sebab itu penanganan konstruksi perkerasan baik yang bersifat pemeliharaan, peningkatan atau rehabilitasi akan dapat dilakukan secara optimal apabila faktor-faktor penyebab kerusakan pada kedua ruas jalan tersebut telah diketahui.

Menurut Departemen Pekerjaan Umum tahun 2007 kerusakan pada konstruksi jalan (demikian juga dengan bahu beraspal) dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

1. Air

Air yang dapat berasal dari air hujan mampu menjadi faktor pemicu kerusakan pada konstruksi jalan. Sistem drainase jalan yang tidak baik mampu menimbulkan genangan yang menyebabkan kerusakan pada konstruksi jalan.

2. Iklim

Di Indonesia yang termasuk beriklim tropis dimana suhu dan curah hujan yang umumnya tinggi memiliki potensi kerusakan konstruksi jalan yang cukup besar. Dengan adanya perubahan cuaca yang terus menerus membuat ketahanan konstruksi jalan akan melemah dan dapat memicu munculnya kerusakan di beberapa bagian jalan.

3. Lalu lintas

Volume lalu lintas yang tinggi mampu menimbulkan kerusakan pada konstruksi jalan yang diakibatkan oleh peningkatan beban (sumbu kendaraan) yang melebihi beban rencana, atau juga repetisi beban (volume kendaraan) yang melebihi volume rencana sehingga umur rencana jalan tersebut tidak tercapai.

4. Material konstruksi

Faktor yang dapat disebabkan baik oleh sifat/ mutu material yang digunakan ataupun dapat juga akibat cara pembuatan yang tidak sesuai dengan rencana pembuatan awal.

5. Litologi bawah permukaan jalan

Faktor litologi di bawah permukaan jalan juga memiliki peran sebagai faktor pemicu kerusakan pada konstruksi jalan. Litologi ataupun lapisan bawah yang dimaksud merupakan lapisan batuan atau tanah yang bersifat *impermeable* (akuiklud) sehingga mampu menahan air yang berada di permukaan untuk tidak meresap ke lapisan lebih dalam sehingga menimbulkan kerusakan di badan jalan.

Umumnya kerusakan-kerusakan yang timbul tidak disebabkan oleh satu faktor saja, tetapi dapat merupakan gabungan dari beberapa penyebab yang saling berkaitan. Sebagai contoh adalah retakan, pada awalnya dapat diakibatkan oleh tidak baiknya dukungan dari material yang digunakan. Dengan terjadinya retak pinggir, memungkinkan air meresap masuk ke lubang-lubang pada retakan dan melemahkan daya dukung lapisan di bawahnya [6]. Selain itu saat kondisi lapisan bawah permukaan (litologi) berupa batuan atau lapisan yang bersifat *impermeable* maka air akan tertahan di atas lapisan dan tidak meresap ke bawah sehingga dapat menimbulkan kerusakan yang lebih parah seperti penurunan aspal dan beton.

2.3. Metode Geofisika dalam Pengawasan dan Pemeliharaan Jalan

Selain dalam eksplorasi, metode geofisika juga sudah banyak digunakan dalam bidang geosains dan geoteknik dalam pembangunan infrastruktur. Metode geofisika dipilih karena memiliki hasil yang akurat, optimal, cepat dan sering digunakan sebagai alat untuk melakukan pengawasan dan pemeliharaan (*monitoring and maintaining*) pasca pembangunan terhadap bangunan atau infrastruktur publik seperti jalan raya. Dalam survey pengawasan dan pemeliharaan jalan terdapat beberapa parameter khusus yang harus diperhatikan selain pengaruh drainase dan litologi, pengaruh dari adanya lalu lintas dan

degradasi (pelapukan) yang berasal dari alam juga harus ikut dipertimbangkan [7].

Salah satu aplikasi penggunaan metode geofisika dalam pemeliharaan jalan adalah dengan melakukan survey untuk melihat adanya potensi gua (*cave*) di bawah permukaan yang dapat memicu terjadinya patahan atau lubang di permukaan jalan raya [7]. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam pemeliharaan jalan terutama untuk penentuan potensi lubang bawah tanah dan patahan di permukaan adalah metode geolistrik tahanan jenis (*resistivity*) karena metode ini sangat cocok dan mampu mendapatkan gambaran dari adanya patahan atau lubang di bawah permukaan dengan resolusi yang cukup baik. Selain itu metode ini juga dapat digunakan untuk memantau kondisi saturasi air (*water content*) di bawah permukaan jalan yang dapat berpotensi menimbulkan longsor dan penurunan muka aspal pada jalan raya [8].

2.4. Metode Geolistrik

Geolistrik adalah salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di bawah permukaan bumi. Pendeteksian di permukaan meliputi pengukuran medan potensial dan arus yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat penginjeksian arus listrik ke bawah permukaan. Metode geolistrik yang terkenal antara lain: metode potensial diri (*self potential*), IP (*induced polarization*), dan hambatan jenis (*resistivity*).

Metode geolistrik tahanan jenis (*resistivity*) merupakan suatu metode pendugaan kondisi bawah permukaan bumi dengan memanfaatkan injeksi arus listrik ke dalam bumi melalui dua elektroda arus, kemudian beda potensial yang terjadi diukur dengan menggunakan dua elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk jarak elektroda tertentu, dapat ditentukan variasi harga hambatan jenis masing-masing lapisan di bawah titik ukur. Berdasarkan konfigurasi elektroda arus dan tegangan dapat dibedakan atas tiga macam, yakni *Vertical Electrical Sounding* (VES), *Constant Separation Travering* (CST), dan kombinasi keduanya *Electrical Resistivity Tomography* [9].

Metode Geolistrik didasarkan pada kenyataan, bahwa sebagian dari arus listrik yang diberikan pada lapisan batuan, menjalar ke dalam batuan pada kedalaman tertentu dan bertambah besar dengan bertambahnya jarak antar elektroda, sehingga jika sepasang elektroda diperbesar, distribusi potensial pada permukaan bumi akan semakin membesar dengan nilai resistivitas yang bervariasi.

Menurut Robinson tahun 1988, terdapat beberapa asumsi dasar yang digunakan dalam metode geolistrik, yaitu:

- a. Kondisi di bawah permukaan tanah terdiri dari beberapa lapisan yang dipisahkan oleh bidang batas horizontal dan terdapat kontras resistivitas antara bidang batas tersebut.
- b. Tiap lapisan mempunyai ketebalan tertentu, kecuali untuk lapisan terbawah ketebalannya tak terhingga.
- c. Tiap lapisan dianggap bersifat homogen isotropis.
- d. Tidak ada sumber arus selain arus yang diinjeksikan.
- e. Arus listrik yang diinjeksikan adalah arus listrik searah.

Prinsip dasar yang digunakan dalam metode geolistrik adalah hukum ohm dimana untuk mengeluarkan energi yang tersimpan dalam baterai atau sumber diperlukan penghubung (konduktor) diantara kedua terminalnya. Apabila ditambahkan sebuah resistor maka akan terjadi perubahan potensial pada ujung-ujung hambatan tersebut. Hubungan antara resistor, arus dan beda potensial mengikuti Hukum Ohm yang dinyatakan dalam persamaan [10]:

$$I = \frac{V}{R} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan:

I = Arus (ampere)

V = Beda Potensial (volt)

R = Hambatan (ohm)

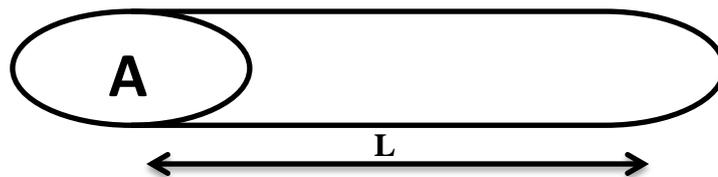
Besar arus listrik yang mengalir pada suatu penghantar, berbanding lurus dengan beda potensial antara kedua ujung penghantar, dan dipengaruhi oleh jenis penghantarnya [10].

2.5. Sifat Kelistrikan dan Potensial Batuan

Pada dasarnya batuan tersusun dari berbagai mineral dan mempunyai sifat kelistrikan. Namun beberapa batuan tersusun dari satu jenis mineral saja, sebagian kecil lagi dibentuk oleh gabungan mineral, dan bahan organik serta bahan-bahan vulkanik. Sifat kelistrikan batuan adalah karakteristik dari batuan dalam menghantarkan arus listrik. Batuan dapat dianggap sebagai medium listrik seperti pada kawat penghantar listrik, sehingga mempunyai nilai tahanan jenis (*resistivity*). Resistivitas batuan adalah hambatan dari batuan terhadap aliran listrik. Resistivitas batuan dipengaruhi oleh porositas, kadar air, dan mineral. konduksi aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik [11].

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. Salah satu sifat atau karakteristik batuan tersebut adalah resistivitas (tahanan jenis) yang menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan arus listrik. Semakin besar nilai resistivitas suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut menghantarkan arus listrik begitu pula sebaliknya. Resistivitas memiliki pengertian yang berbeda dengan resistansi (hambatan), dimana resistansi tidak hanya bergantung pada bahan tetapi juga bergantung pada faktor geometri atau bentuk bahan tersebut, sedangkan resistivitas tidak bergantung pada faktor geometri.



Gambar 2.1 Silinder konduktor

Konsep dasar dari konduksi yang terjadi pada medium silinder konduktor seperti **gambar 2.1** dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$R = \rho \frac{L}{A} \dots \dots \dots (2.2)$$

R= Resistansi (ohm)

ρ = Resistivitas (tahanan jenis) (ohm.m)

A = Luas penampang (m²)

L = Panjang medium (m)

Secara fisis rumus tersebut dapat diartikan jika panjang silinder konduktor (L) dinaikkan, maka resistansi akan meningkat, apabila diameter silinder konduktor diturunkan yang berarti luas penampang (A) berkurang maka resistansi juga meningkat. Jika besarnya resistansi R dikaitkan dengan hukum ohm maka persamaan umum resistivitasnya akan menjadi:

$$R = \frac{V}{I} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\rho = \frac{VA}{IL} \dots \dots \dots (2.4)$$

2. Konduksi Secara Elektrolitik

Sebagian besar batuan merupakan penghantar yang buruk dan memiliki nilai resistivitas yang sangat tinggi. Batuan biasanya bersifat porous dan memiliki pori-pori yang terisi oleh fluida, terutama air cenderung memiliki nilai resistivitas yang relatif rendah dibandingkan dengan batuan yang tidak berpori. Batuan-batuan tersebut dapat menjadi penghantar secara elektrolitik, dimana konduksi arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolit dalam air. Konduktivitas dan resistivitas batuan porous bergantung pada volume dan susunan pori-porinya. Konduktivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak, dan sebaliknya resistivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan berkurang.

3. Konduksi Secara Dielektrik

Konduksi pada batuan atau mineral bersifat dielektrik terhadap aliran listrik, artinya batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas yang relatif sedikit, bahkan 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.

Tabel 2.1 Nilai resistivitas batuan [11]

Tipe Batuan	Resistivity Range (ohm.m)
Granite	$3 \cdot 10^{-2} - 10^6$
Dacite	$2 \cdot 10^4$ (wet)
Andecite	$4,5 \cdot 10^4$ (wet) - $1,7 \cdot 10^2$ (dry)
Diabas	$20 - 5 \cdot 10^7$
Basalt	$10 - 1,3 \cdot 10^7$
Tuff	$2 \cdot 10^3$ (wet) - 10^5 (dry)
Marble	$10^2 - 2,5 \cdot 10^8$ (dry)
Soil (lapukan batuan kompak)	$10 - 2 \cdot 10^3$
Clay (lempung)	1 - 100
Alluvial dan pasir	10 - 800
Limestone (batu gamping)	50 - 10^7
Konglomerat	2,5 - 10^4
Surface water (pada batuan sedimen)	10 - 100
Air payau (3%)	0 - 15
Air laut	0 - 2

Potensial listrik alam atau potensial diri disebabkan karena terjadinya kegiatan elektrokimia mekanik. Faktor pengontrol dari semua kejadian ini adalah kandungan air dalam tanah. Potensial ini berasosiasi dengan pelapukan mineral, perbedaan sifat batuan (kandungan mineral) pada kontak geologi, kegiatan bioelektrik dari materi organik korosi, gradien termal dan gradien tekanan. Potensial alam ini dapat dikelompokkan menjadi 4, yaitu:

1. Potensial Elektrokinetik

Potensial ini disebabkan bila suatu larutan bergerak melalui suatu pipa kapiler atau medium yang berpori.

2. Potensial *Diffuse*

Potensial ini disebabkan bila terjadi perbedaan mobilitas dari ion dalam larutan yang mempunyai konsentrasi berbeda.

3. Potensial *Nerust*

Potensial ini timbul bila suatu elektroda dimasukkan ke dalam larutan homogen.

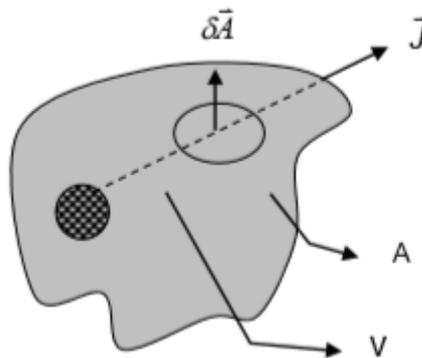
4. Potensial Mineralisasi

Potensial ini timbul bila dua elektroda logam dimasukkan ke dalam larutan homogen.

2.6. Metode Tahanan Jenis (*Resistivity*)

Metode geolistrik tahanan jenis merupakan metode yang bersifat aktif dengan mengalirkan arus listrik ke dalam lapisan bumi melalui dua elektroda arus, sedangkan potensialnya diukur melalui dua buah elektroda potensial atau lebih. Susunan posisi elektroda arus dan potensial pada metode geolistrik tahanan jenis disebut sebagai konfigurasi elektroda. Hasil perbandingan nilai potensial pengukuran dan besarnya injeksi arus, serta nilai faktor geometri dari susunan konfigurasi elektroda yang digunakan dapat digunakan untuk menentukan nilai tahanan jenis (resistivitas) batuan di bawah titik pengukuran. Nilai resistivitas inilah yang akan dijadikan sebagai bahan untuk mempelajari sifat/karakteristik batuan berdasarkan sifat kelistrikannya.

Untuk meninjau aliran listrik dalam bumi dapat tinjau dengan menggunakan permissalan suatu medium homogen *isotropic* seperti pada **gambar 2.2**



Gambar 2.2 Model medium homogen *isotropic* dialiri arus listrik

Dengan $\delta\vec{A}$ adalah elemen luas permukaan dan \vec{j} adalah kerapatan arus listrik dalam A/m^2 . Maka untuk besarnya elemen arus yang melalui elemen permukaan tersebut adalah:

$$dI = \vec{j} \cdot \delta\vec{A} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana untuk nilai \vec{j} merupakan besarnya konduktivitas medium dan medan listrik E yang ditimbulkannya dihubungkan oleh Hukum Ohm:

$$\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan

\vec{E} = Medan listrik (volt/m)

σ = Konduktivitas medium (mho/m)

Dengan mengetahui medan listrik merupakan gradien dari potensial skalar (v) sehingga dapat diasumsikan bahwa:

$$\vec{E} = -\vec{\nabla} \cdot V \dots \dots \dots (2.7)$$

$$\vec{j} = -\sigma \vec{\nabla} \cdot V \dots \dots \dots (2.8)$$

Jika konduktivitas listrik medium (σ) konstan maka diperoleh persamaan *Laplace* (potensial bersifat harmonik) dengan persamaan:

$$\nabla^2 V = 0 \dots \dots \dots (2.9)$$

Apabila arus listrik (I) diinjeksikan ke dalam bumi yang homogen isotropis melalui sebuah elektroda di permukaan pada suatu titik P , maka arus tersebut akan mengalir ke segala arah dengan nilai sama besar dan potensial di suatu yang berjarak r dari titik P dapat ditentukan. Lalu karena anggapan bumi homogen isotropis maka bumi mempunyai simetri bola, sehingga potensial V merupakan fungsi r saja. Jadi persamaan solusi umum *Laplace* menjadi:

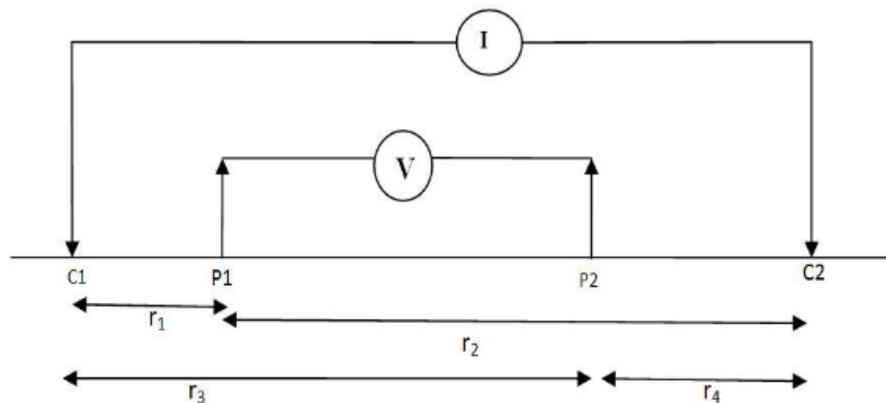
$$V = \frac{B1}{r} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dengan:

B = Konstanta

r = Jarak titik sumber (m)

Pada umumnya metode resistivitas menggunakan empat buah elektroda, dua buah elektroda arus dan dua buah elektroda potensial yang dikenal dengan potensial dua elektroda. Arus listrik diinjeksikan melalui elektroda arus sedangkan pengukuran tegangan yang terjadi diukur melalui elektroda beda potensial dengan mengasumsikan kondisi bawah permukaan bersifat homogen isotropis, seperti pada **gambar 2.3**:



Gambar 2.3 konsep dua elektroda arus dan potensial terletak di permukaan tanah homogen isotropis dengan tahanan jenis ρ [12].

Pada skema yang terdapat pada **gambar 2.3** diketahui arus pada kedua elektroda (C1 dan C2) memiliki nilai yang sama tetapi arahnya berlawanan, maka potensial yang terjadi pada P1 akibat adanya C1 adalah:

$$V1 = -\frac{B1}{r1} \dots\dots\dots (2.11)$$

Besarnya nilai B1 sebanding dengan:

$$B1 = -\frac{I\rho}{2\pi} \dots\dots\dots (2.12)$$

Sedangkan yang terjadi pada P1 akibat adanya C2 adalah:

$$V_2 = -\frac{B_2}{r_1} \dots\dots\dots (2.13)$$

Besarnya nilai B2 sebanding dengan:

$$B_2 = \frac{I\rho}{2\pi} = -B_1 \dots\dots\dots (2.14)$$

Jika arus pada kedua elektroda tersebut sama tetapi arahnya berlawanan, maka potensial di titik P1 adalah:

$$V_{p1} = V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \dots\dots\dots (2.15)$$

Potensial di titik P2 adalah:

$$V_{p2} = V_3 + V_4 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \dots\dots\dots (2.16)$$

Sehingga beda potensial yang antara P1 dan P2 adalah:

$$\Delta V = V_{p1} + V_{p2} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right) \dots\dots\dots (2.17)$$

Pada metode geolistrik nilai resistivitas yang diperoleh sangat bergantung pada posisi dan konfigurasi elektroda arus dan potensial. Pengaruh konfigurasi tersebut terkait dengan adanya faktor geometri dari masing-masing konfigurasi yang memiliki nilai yang berbeda. Sehingga solusi umum untuk nilai resistivitas yang diperoleh dengan mempertimbangkan nilai faktor geometri konfigurasi sebagai berikut:

$$\rho = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}\right)} \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots (2.19)$$

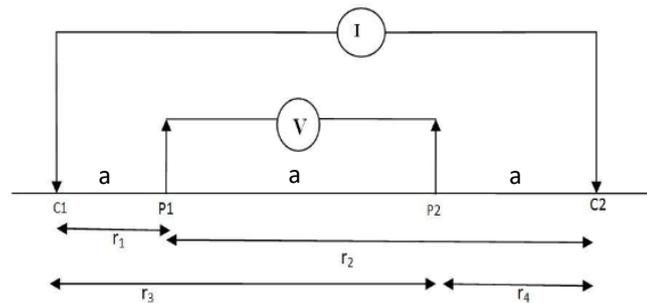
dengan nilai K merupakan faktor geometri:

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}\right)} \dots\dots\dots (2.20)$$

Besaran ρ adalah nilai resistivitas (ohm.meter), K adalah faktor geometri tergantung konfigurasi yang digunakan, besar R_1 menunjukkan jarak dari C_1 ke P_1 (jarak elektroda arus C_1 ke elektroda potensial P_1) dalam satuan meter, R_2 adalah jarak dari C_2 ke P_1 (jarak elektroda arus C_2 ke elektroda potensial P_1) dalam satuan meter, R_3 adalah jarak dari C_1 ke P_2 (jarak elektroda arus C_1 ke elektroda potensial P_2) dalam satuan meter, dan R_4 adalah jarak C_2 ke P_2 (jarak elektroda arus C_2 ke elektroda potensial P_2) dalam satuan meter.

2.7. Konfigurasi Wenner

Konfigurasi Wenner merupakan salah satu konfigurasi dalam metode geolistrik dengan susunan elektroda terletak dalam satu garis yang simetris terhadap titik tengah. Konfigurasi elektroda wenner memiliki resolusi vertikal yang bagus, sensitivitas terhadap perubahan lateral yang tinggi tetapi lemah terhadap penetrasi arus terhadap kedalaman.



Gambar 2.4 Susunan konfigurasi wenner [12].

Berdasarkan **gambar 2.4** Dengan jarak $R_1=R_4=a$ dan $R_2=R_3=2a$. Sehingga untuk nilai faktor geometri dari konfigurasi wenner adalah:

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}\right)} \dots \dots \dots (2.21)$$

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} + \frac{1}{a}\right)} \dots \dots \dots (2.22)$$

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{2}{a} - \frac{1}{a}\right)} \dots \dots \dots (2.23)$$

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{a}\right)} = 2\pi a \dots \dots \dots (2.24)$$

Selanjutnya hasil dari persamaan di atas disubstitusikan ke dalam persamaan solusi resistivitas sehingga mendapat solusi umum tahanan jenis untuk metode resistivitas dengan konfigurasi wenner sebagai berikut:

$$\rho = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \dots \dots \dots (2.25)$$

ρ : Resistivity (ohm.m)

ΔV : Beda Potensial (volt)

a : Spasi Elektroda (m)

I : Arus (Ampere)

2.8. Teknik Pengukuran

2.8.1. Resistivity Sounding

Resistivity sounding adalah metode pengukuran resistivitas yang bertujuan untuk mendapatkan informasi resistivitas medium pada arah vertikal (model bumi berlapis). Model pengukuran ini menganggap bahwa medium memiliki sifat homogen secara lateral. Pengukuran *resistivity sounding* dilakukan dengan pengukuran berulang-ulang menggunakan jarak elektroda kecil sampai besar dengan pusat titik duga yang tetap untuk sekali *sounding*. Kedalaman penetrasi adalah fungsi dari jarak elektroda ($AB/2$), yang berarti makin besar jarak elektroda, semakin dalam penetrasi yang dihasilkan

2.8.2. Resistivity Profiling

Resistivity profiling atau *resistivity mapping* adalah metode pengukuran yang bertujuan untuk mendapatkan informasi sebaran nilai resistivitas medium dalam arah mendatar. Pengukuran dilakukan setelah diperoleh informasi umum perlapisan dari data *sounding*, kemudian ingin diketahui variasi lateralnya. Tidak seperti data *sounding*, pengukuran dengan *profiling* hanya dilakukan untuk lapisan tertentu yang dianggap penting. Hasilnya berupa penampang atau peta beberapa titik (untuk lapisan tertentu).

2.8.3. Resistivity Imaging

Resistivity imaging merupakan gabungan dari metode *resistivity sounding* dan *resistivity profiling* yang akan menghasilkan penampang resistivitas pada arah lateral maupun vertikal (penampang 2D).

2.9. Flat Base Electrode Method

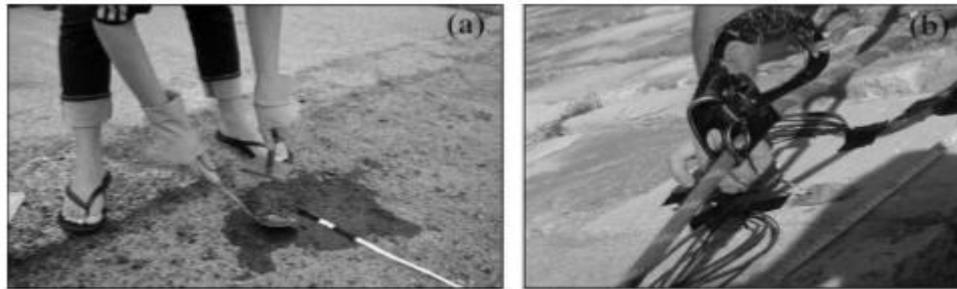
Metode *flat base electrode* atau yang lebih dikenal dengan metode elektroda pipih merupakan salah satu metode geolistrik tahanan jenis (*resistivity*) yang sering digunakan di daerah perkotaan atau kawasan jalan raya. Metode ini tergolong sebagai metode yang aman dan ramah karena bersifat *non-destructive* dikarenakan penggunaan elektroda yang pipih sehingga tidak perlu melakukan pemasangan secara konvensional atau ditancapkan ke tanah.

Prinsip dasar dari metode ini pada dasarnya sama dengan metode geolistrik dengan menggunakan elektroda tiang (konvensional) hanya perbedaannya terdapat pada elektroda yang digunakan. Untuk skema transmisi arus listrik pada metode ini juga sama dimana arus yang ditransmisikan dari elektroda arus akan ditangkap oleh elektroda potensial sehingga diperoleh gambaran sebaran tahanan jenis di bawah permukaan.



Gambar 2.5 Flat base electrode [3]

Karena pada metode *flat base electrode* tidak dilakukan penancapan elektroda, kopling antara tanah dan elektroda menjadi tidak baik oleh karena itu diperlukan bantuan larutan elektrolit yang mampu menjadi penghantar bagi arus yang akan diinjeksikan agar mampu ditransmisikan secara sempurna. Larutan yang biasa digunakan berupa larutan *gel* dengan konduktivitas tinggi seperti larutan garam maupun larutan bentonit seperti pada **gambar 2.6**.



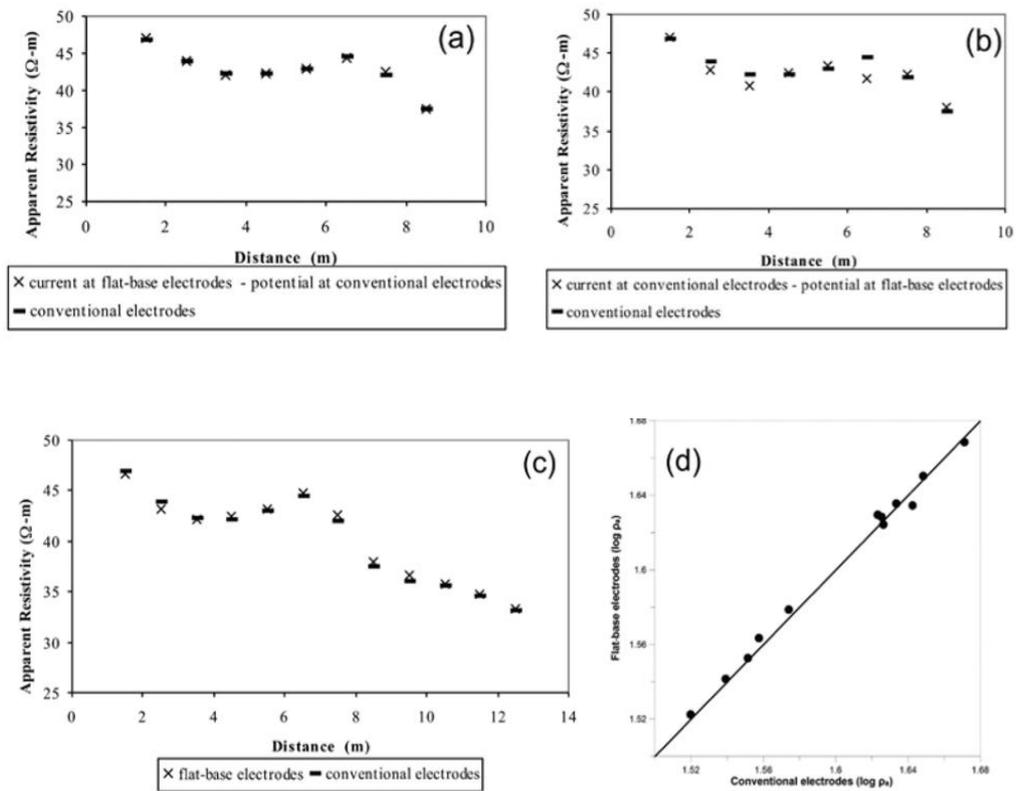
Gambar 2.6 Penggunaan larutan elektrolit sebagai penghantar antara elektroda dengan lapisan tanah [3]

Sebelumnya metode *flat base electrode* ini sudah diuji pada beberapa sampel material seperti pada **tabel 2.2** dan hasilnya sangat baik saat digunakan di lapisan yang sulit untuk dilakukan pemasangan elektroda konvensional seperti pada beton, *paving block*, jalan semen dan jalan beraspal.

Tabel 2.2 Data hasil pengujian *flat base electrode* pada beberapa tipe lapisan tanah [3]

Surface material	Applicability of flat-base electrode
Concrete	✓
Concrete pavement	✓
Pavement stones	✓
Limestone	✓
Marble	✓
Marble stones	✓
Asphalt (tarmac)	✗

Dari hasil yang didapatkan dengan menggunakan metode *flat base electrode* dan metode konvensional memiliki hasil yang tidak jauh berbeda dimana hasil yang didapatkan memiliki kesamaan bentuk dan pola persebaran nilai resistivitas yang relatif sama. Perbedaan yang muncul hanya pada bentuk dan lebar anomali tahanan jenis yang terdapat dari hasil pengolahan, dengan *flat base electrode* hasil anomali lebih melebar dikarenakan dengan menggunakan metode *flat base* titik transmisi dari gelombang listrik menjadi lebih lebar bukan terpusat pada satu titik seperti yang terdapat pada metode konvensional. Sehingga pada hasil yang didapatkan dengan menggunakan metode *flat base* respon anomali yang muncul lebih lebar dibanding dengan metode konvensional.



Gambar 2.7 Hasil perbandingan pengukuran dan tabel korelasi *logaritmik* dengan menggunakan metode konvensional dan *flat base* [3]