

*Skripsi Geofisika*

**Studi Pendugaan Volume Cadangan Silika ( $\text{SiO}_2$ ) Menggunakan  
Metode Geolistrik Tahanan Jenis di Desa Malaka Kecamatan  
Tondong Tallasa Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan**



Oleh

**ANDIKA**

**H061171511**

**DEPARTEMEN GEOFISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2023**



# HALAMAN JUDUL

**Studi Pendugaan Volume Cadangan Silika ( $\text{SiO}_2$ ) Menggunakan  
Metode Geolistrik Tahanan Jenis Di Desa Malaka, Kecamatan Tondong  
Tallasa, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan**

## SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains*

*Pada Departemen Geofisika*

*Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*

*Universitas Hasanuddin*

**OLEH:**

**ANDIKA**

**H061171508**

**DEPARTEMEN GEOFISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2024**



HALAMAN PENGESAHAN

STUDI PENDUGAAN VOLUME CADANGAN SILIKA ( $\text{SiO}_2$ )  
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK TAHANAN JENIS DI DESA  
MALAKA KECAMATAN TONDONG TALLASA KABUPATEN  
PANGKAJENE DAN KEPULAUAN

Disusun dan diajukan oleh:

ANDIKA

H061171511

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Program Sarjana Program Studi Geofisika Fakultas Matematika dan  
Ilmu Penegtahuan Alam Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 8 Maret 2024

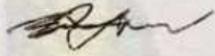
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama

  
Syamsuddin, S.Si., MT.  
NIP. 197401152002121001

  
Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si  
NIP. 196709032001121001

Ketua Departemen Geofisika,

  
Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng  
NIP. 196709291993031003



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andika  
NIM : H061171511  
Program Studi : Geofisika  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

**“STUDI PENDUGAAN VOLUME CADANGAN SILIKA (SiO<sub>2</sub>)  
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK TAHANAN JENIS DI DESA  
MALAKA KECAMATAN TONDONG TALLASA KABUPATEN  
PANGKAJENE DAN KEPULAUAN”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain. Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 08 Maret 24

Menyatakan  
METERAI  
TEMPEL  
C47AKXB16354033  
ANDIKA



## ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi sumber daya alam yang melimpah. Potensi tersebut meliputi minyak, gas, dan bahan-bahan mineral. Kabupaten pangkajene dan Kepulauan merupakan salah satu penghasil semen di Sulawesi Selatan. Tentu dengan kondisi ini, industri semen sangat membutuhkan pasir silika. Potensi cadangan pasir kuarsa / silika di wilayah Pangkajene dan Kepulauan dari data geologi regional cukup baik, oleh karena itu pasir silika ini sangat bermanfaat dalam hal pemenuhan kebutuhan permintaan di sekitar daerah Sulawesi Selatan maupun kebutuhan di seluruh Indonesia. Salah satu metode yang cukup baik untuk mengidentifikasi keberadaan silika yaitu menggunakan metode geolistrik tahanan jenis. Sedangkan untuk mengetahui kualitas kandungan pasir silika menggunakan metode XRF (*X-Ray Flourescence*). Adapun hasil rata-rata volume cadangan di Desa Malaka Kecamatan Tondong Tallasa kabupaten Pangkajene dan Kepulauan yaitu 3.550.000 Ton. Untuk hasil kualitas kandungan dari sampel pada daerah penelitian dinyatakan layak untuk kebutuhan industri semen.

**Kata kunci:** Pasir Silika, Geolistrik, Wenner Schlumberger, *X-Ray Flourescence*, semen.



## ABSTRACT

Indonesia has abundant natural resource potential. This potential includes oil, gas and mineral materials. Pangkajene and Ke Islandun districts are one of the cement producers in South Sulawesi. Of course, with these conditions, the cement industry really needs silica sand. The potential reserves of quartz / silica sand in the Pangkajene and Islands areas from regional geological data are quite good, therefore this silica sand is very useful in terms of meeting demand needs around the South Sulawesi area as well as needs throughout Indonesia. One method that is quite good for identifying the presence of silica is using the geoelectric resistivity method. Meanwhile, to determine the quality of silica sand content, use the XRF (X-Ray Fluorescence) method. The average reserve volume in Malaka Village, Tondong Tallasa District, Pangkajene and Islands Regency is 3,550,000 tons. The results of the quality of the content of the samples in the research area were declared suitable for the needs of the cement industry.

Key words: Silica Sand, Geoelectric, Wenner Schlumberger, X-Ray Fluorescence, cement.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunianya sehingga Laporan Tugas Akhir dengan **judul “Studi Pendugaan Volume Cadangan Silika (SiO<sub>2</sub>) Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Di Desa Malaka Kecamatan Minasatene Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan”** dibuat sebagai syarat untuk mendapatkan gelar sarjana sains.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak hambatan serta rintangan yang penulis hadapi namun pada akhirnya dapat melaluinya berkat adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak baik secara moral maupun spiritual.

Skripsi ini adalah sebuah karya saya yang dirangkai sejak November 2022. Skripsi ini adalah saksi bisu atas perjuangan yang telah dilalui; kesendirian, keterasingan, penghianatan dan ketidakpastian hidup adalah salah satu hal pembelajaran hidup bagi penulis.

Pada fase ini, kadangkala kita lupa akan arti kebaikan, kebenaran, kesetiaan, persahabatan ketenangan dan cinta, karena terlalu banyak penderitaan yang kita peroleh. Tetapi suatu hal yang harus diingat, *“dunia tidak pernah kehilangan orang-orang baik hanya saja kita yang terlalu sering bertemu orang-orang jahat”* – Dedi Irawan.

Skripsi ini saya persembahkan untuk orang-orang yang sering bertanya *“kapan skripsimu selesai?”* dan *“kapan ko wisudah?”*. Terlambatt lulus atau lulus tidak tepat waktu bukanlah sebuah kejahatan, bukan pula sebuah aib. Alangkah jahatnya jika



berdasarkan hanya dari siapa yang paling cepat lulus. Bukankah sebaik-

baiknya skripsi adalah skripsi yang selesai? Karena mungkin ada suatu hal dibalik terlambatnya mereka lulus.

Dalam kesempatan ini dengan segala kerendahan hati ucapan terimakasih yang tak terhingga saya haturkan Keluarga Besar Saya, khususnya kepada orang tua saya, **Bapak Anwar**, dan **Ibu Hapsah** sebagai orang yang berada pada posisi terdepan dalam memberikan cinta kasih, doa serta berbagai pengorbanan untuk penulis serta kakak dan adik yang senantiasa membantu dan mensupport penulis dalam hal kebaikan.

Ucapan terima kasih juga saya tujukan kepada kerabat atas segala bentuk bantuan dan dukungan yang tulus menjadi ungkapan terindah yang penulis dapat sampaikan.

Penulis juga ingin menyampaikan penghormatan dan rasa terimakasih kepada:

1. **Bapak Syamsuddin, S.Si., M.T** selaku pembimbing utama dan **Bapak Dr. Erfan Syamsuddin M.Si.** selaku pembimbing pertama yang selalu meluangkan waktunya dan memberi perhatian, bimbingan, nasihat, motivasi serta masukan-masukan yang memberi semangat saya dalam menyelesaikan skripsi ini
2. **Ibu Dra. Maria, M.Si dan Ibu Makhrani, S.Si., M.Si** selaku tim penguji yang telah memberikan saran, kritik, koreksi dan masukan kepada saya dalam penyelesaian skripsi ini. Terima kasih banyak atas waktu yang telah diluangkan dan ilmu yang telah diberikan.
3. Dosen-dosen pengajar dan para staff yang baik **Departeman Geofisika** yang telah memberikan banyak bentuk pengajaran dan bimbingan selama saya di bangku pendidikan serta staf pegawai yang telah banyak membantu.



-saudara seperjuangan GEOFISIKA 2017 TERCINTA yaitu **Jefri**  
**plan, Farid Wajedy, Karmila, Syakirah, Dhanty, Hikmah, Rapang,**

**Yusrin, Illa, Daya, Unia, Riri, Khusnul, Adhe, Desha, Aya, Ainun, Mirna, Rina, Sindi, Ajeng, Eky, Esi, Nina, Wide, Miftah, Melsi, Nea, Faishal, Ale, Aldo, Riyadi, Ucha, Indra, Dandung, Khalis, Dicky, Tsaqif, Angga, Albar, Zahari, Faqih, Firman, Bintang,** terimakasih atas segala kebersamaan yang pernah kita lewati bersama yang penuh dengan suka duka bersama.

5. **Jepri Nainggolan dan Farid Wajedy,** teman yang selalu setia memberikan waktu dan pikiran dalam membantu menyelesaikan tugas akhir ini. Terimakasih banyak dan maaf selalu merepotkan kanda.
6. Kanda **Nurhidayat Nurdin S.Si (Bang dayat),** terimakasih telah membantu menyelesaikan tugas akhir terutama masalah teknis dilapangan.
7. Untuk **IPPMP-UH 17** (ikatan pemuda pelajar mahasiswa pangkep unhas 2017) yang telah memberikan banyak semangat serta dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini terutama **Sufri** (superwiin), **Giyats** (sikablam), **Alif** (lancelot). Saya ucapkan banyak terimakasih atas ilmunya kanda.
8. Untuk teman-teman tongkrongan di **warkop Bro 25; Boscut, sule, hendra, udin, aan, asnur, asdar, lepu, Pian sappo, aldi, wira, kak dian, ahmad, palen, panjoli, siso, rini, nunu, ari mallitae, yampo, alwi, rafli, farhan, dika, illang, totti, tibo dan takesi.** Terimakasih karena selalu ada memberikan semangat dan motivasi. Dan terkhusus owner warkop bro 25 **Kaka Koko,** terimakasih telah memberikan support, arahan, masukan serta tempat yang menjadi salah satu saksi bisu dalam pengerjaan tugas akhir penulis.



## DAFTAR ISI

Halaman

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Ruang Lingkup.....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	3
II.1 Geologi Regional.....	3
II.1.1 Geomorfologi Regional .....	3
II.1.2 Stratigrafi Regional .....	5
II.1.3 Struktur Geologi Regional .....	10
II.2 Silika (SiO <sub>2</sub> ) .....	11
II.2.1 Klasifikasi Silika .....	13
II.2.2 Aplikasi Silika .....	13
II.3 Sumber Daya dan Cadangan .....	14
II.3.1 Kelas Sumber Daya .....	14
II.3.2 Perhitungan Sumber Daya .....	16
II.3.3 <i>X-Ray Fluorescence</i> .....	17
Metode Geolistrik.....	19
.4.1 Prinsip Dasar Metode Resistivitas.....	21
.4.2 Potensial Pada Bumi Homogen Isotropik .....	22



II.4.3 Potensial Listrik Akibat Arus Tunggal di Dalam Bumi.....	23
II.4.4 Potensial Listrik Akibat Arus Tunggal di Permukaan Bumi.....	25
II.4.5 Potensial Oleh Dua Sumber Arus Di Permukaan Bumi.....	26
II.4.6 Konfigurasi Wenner-Schlumberger .....	27
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
III.1 Lokasi Penelitian.....	29
III.2 Alat dan Bahan.....	29
III.3 Pengambilan Data .....	30
III.4 Pengolahan Data .....	31
III.5 Interpretasi .....	32
III.6 Bagan Alir.....	33
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
IV.1 Hasil .....	34
IV.1.1 Penampang Resistivitas .....	35
IV.1.2 Hasil Karakterisasi Laboratorium.....	37
IV. 2 Pembahasan .....	38
IV.2.1 Perhitungan Volume Sumber Daya Bawah Permukaan .....	40
IV.2.2 Perhitungan Volume Cadangan .....	41
IV.2.3 Hasil Karakterisasi <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF).....	43
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>46</b>
V.1 Kesimpulan .....	46
V.2 Saran.....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>47</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>49</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Peta Geologi Lembar Pangkajene dan Watampone .....	4
Gambar 2.2. Kolom Stratigrafi Regional Sulawesi Selatan .....	9
Gambar 2.3. Peta Struktur Geologi Regional .....	11
Gambar 2.4. Spektrofotometer XRF .....	18
Gambar 2.5. Model Susunan Multielektroda Geolistrik .....	20
Gambar 2.6. Sumber Arus di Dalam Bumi .....	25
Gambar 2.7. Sumber Arus di Permukaan .....	26
Gambar 2.8. Dua Elektroda Arus dan Potensial di Permukaan .....	26
Gambar 2.9. Konfigurasi Wenner Schlumberger .....	28
Gambar 3.1. Peta Lokasi Daerah Penelitian .....	29
Gambar 3.2. Bagan Alir .....	33
Gambar 4.1. Peta Lokasi Lintasan Daerah Penelitian .....	34
Gambar 4.2. Penampang Resistivitas 2D Hasil Inversi Lintasan 1 .....	35
Gambar 4.3. Penampang Resistivitas 2D Hasil Inversi Lintasan 2 .....	36
Gambar 4.4. Hasil Penampang Resistivitas Lintasan 1 .....	38
Gambar 4.5. Hasil Penampang Resistivitas Lintasan 2 .....	39
Gambar 4.6. Penampang 3 Dimensi Lintasan 1 dan Lintasan 2 .....	43



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik Silika Amorf .....	12
Tabel 4.1. Hasil Uji Laboratorium Komposisi Kimia .....	37
Tabel 4.2. Analisis Kandungan pasir Kuarsa Desa Malaka .....	45



Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Silikon Dioksida, juga dikenal sebagai silika atau asam silikat, merupakan oksida silikon yang memiliki rumus kimia  $\text{SiO}_2$ . Silika ini paling sering ditemukan di alam sebagai pasir atau kuarsa. Silika diproduksi dalam beberapa bentuk termasuk leburan kuarsa, kristal, silika koloid, gel silika, dan Aerogel. Mayoritas dari serat optik untuk telekomunikasi juga terbuat dari silika. Ini adalah bahan baku utama untuk keramik tembikar, porselin, dan industri semen (Sembiring dan Simanjuntak, 2015).

Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan merupakan salah satu daerah penghasil semen di Sulawesi Selatan. Tentu dengan kondisi ini, industri semen sangat membutuhkan pasir silika. Potensi cadangan pasir kuarsa / silika di wilayah Pangkajene dan Kepulauan dari data geologi regional cukup baik, oleh karena itu pasir silika ini sangat bermanfaat dalam hal pemenuhan kebutuhan permintaan di sekitar daerah Sulawesi Selatan maupun kebutuhan di seluruh Indonesia. Salah satu metode yang cukup baik untuk mengidentifikasi keberadaan silika yaitu menggunakan metode geolistrik tahanan jenis.

Metode geolistrik tahanan jenis merupakan salah satu metode geofisika yang dapat mendeteksi aliran listrik di bawah permukaan bumi. Dengan

identifikasi mineral silika berdasarkan nilai tahanan jenis, maka dapat ditentukan pula volume cadangan silika yang terdapat di bawah permukaan



bumi. Salah satu daerah yang menjanjikan dengan keberadaan pasir kuarsa / silika adalah Desa Malaka Kec. Tondong Tallasa Kab. Pangkajene dan Kepulauan. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian dengan judul “*Studi Pendugaan Volume Cadangan Silika (SiO<sub>2</sub>) Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis di Desa Malaka Kecamatan Tondong Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan*”

### **1.2. Rumusan masalah**

1. Berapakah jumlah cadangan terhitung pasir silika di Desa Malaka menggunakan metode geolistrik tahanan jenis?
2. Bagaimana kandungan yang terdapat pada pasir silika di Desa Malaka?

### **1.3. Ruang lingkup**

Adapun ruang lingkup penelitian ini adalah:

Penelitian ini dilakukan di Desa Malaka, Kecamatan Tondong Tallasa, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan. Penelitian ini dibatasi pada proses pengambilan data primer, pengolahan data dan analisis data geolistrik menggunakan resistivitas tahanan jenis serta menganalisis hasil laboratorium untuk mengetahui kandungan yang terdapat pada pasir silika.

### **1.4. Tujuan penelitian**

1. Menentukan jumlah cadangan terhitung pasir silika di Desa Malaka Kecamatan Tondong Tallasa Kabupaten Pangkajene Dan Kepulauan menggunakan geolistrik tahanan jenis

Mengetahui kandungan dari pasir silika yang ada di Desa Malaka Kecamatan Tondong Tallasa Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Geologi Regional

##### II.1.1 Geomorfologi Regional

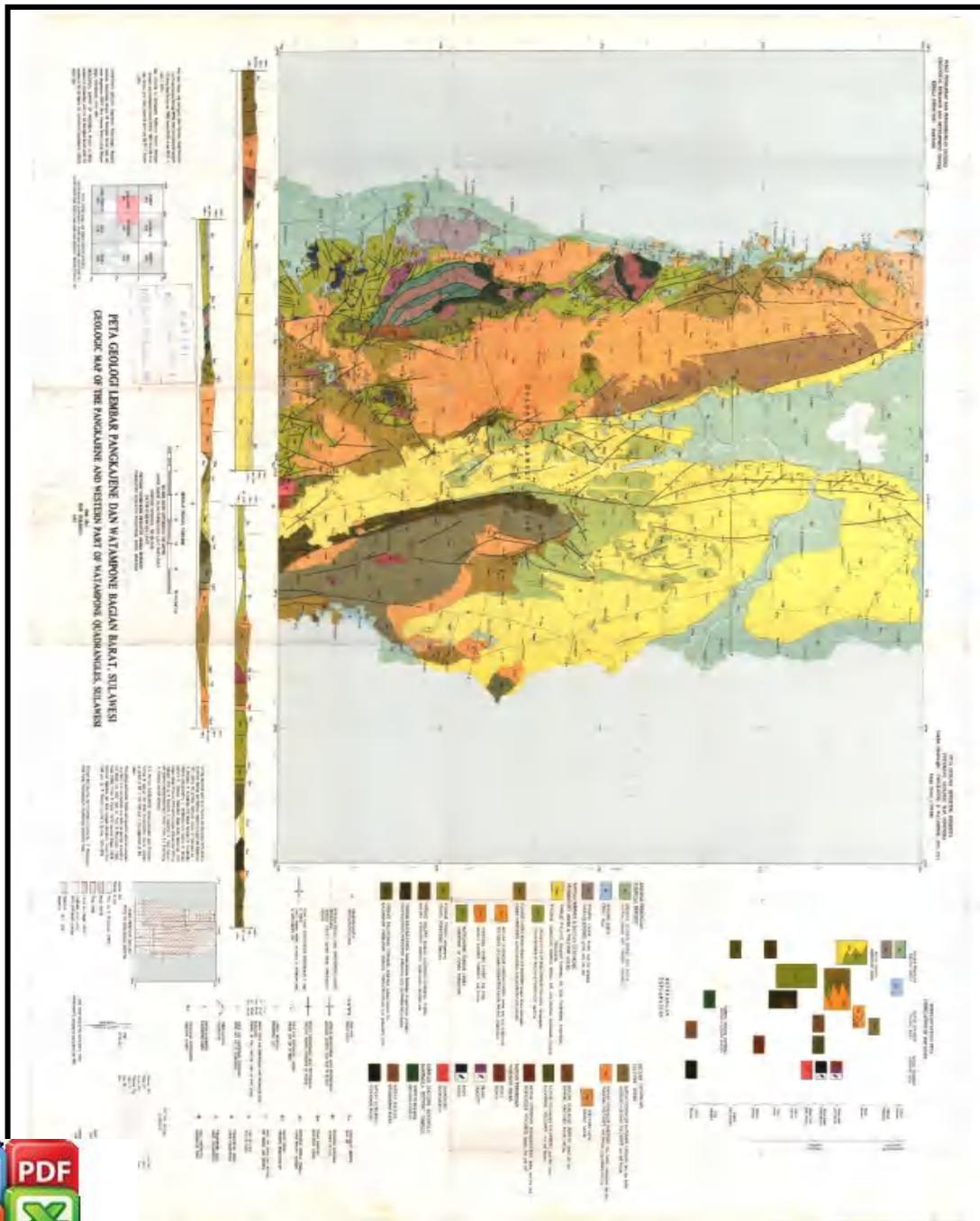
Geomorfologi regional daerah penelitian termasuk dalam Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat Sulawesi, yang terletak pada koordinat  $119^{\circ}38'00''$ - $119^{\circ}42'00''$  Lintang Selatan dan  $04^{\circ}46'00''$  -  $04^{\circ}42'00''$  Bujur Timur yang meliputi daerah Kabupaten Maros, Pangkep, Barru, Watangsoppeng, Wajo, Watampone, Sinjai dan Kotamadya Parepare yang semuanya termasuk dalam wilayah Propinsi Sulawesi Selatan. Lembar peta ini berbatasan dengan Lembar Majene–Palopo di bagian utara, Lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai di bagian selatan, Selat Makassar di bagian barat dan Teluk Bone di bagian timur, (Sukamto dan Supriatna 1982). Pada peta lengan selatan Pulau Sulawesi secara umum terdapat dua baris pegunungan yang memanjang hampir sejajar pada arah utara - barat laut dan dipisahkan oleh Lembah Sungai Walanae (Sukamto dan Supriatna., 1982).

Pegunungan pada bagian barat menempati hampir setengah luas daerah, melebar di bagian selatan dan menyempit di bagian utara dengan ketinggian rata-rata 1500 meter. Pembentuknya sebagian besar berupa batuan gunung api dan batugamping (Sukamto dan Supriatna, 1982). Pegunungan pada bagian timur lebih sempit dan rendah, ketinggian puncak rata-ratanya 700 meter. Pembentuknya sebagian besar



batuan gunung api. Lembah Walanae yang memisahkan kedua bagian tersebut di bagian utara lebih lebar dari pada di bagian selatannya. Di

tengah lembah terdapat sungai Walanae yang mengalir ke utara dan di bagian selatan berupa perbukitan rendah dan di bagian utara berupa dataran alluvium dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



bar 2.1 Peta geologi lembar Pangkajene dan Watampone bagian Barat (Sukamto dan Supriatna, 1982)



## II.1.2 Stratigrafi Regional

Peta Geologi Lembar Pangkajene dan Watampone bagian Barat, stratigrafi yang terdapat pada daerah tersebut, yaitu sebagai berikut: (Sukamto dan Supriatna, 1982).

- a) Endapan Aluvium, Danau dan Pantai; lempung, lanau, lumpur, pasir dan kerikil di sepanjang sungai sungai besar dan pantai. Endapan pantai setempat mengandung sisa kerang dan batugamping koral.
- b) Endapan Undak; kerikil, pasir dan lempung membentuk dataran rendah bergelombang di sebelah utara Pangkajene. Satuan ini dapat dibedakan secara morfologi dari endapan aluvium yang lebih muda.
- c) Formasi Camba; batuan sedimen laut berselingan dengan batuan gunung api; batupasir tufa berselingan dengan tufa, batupasir, batulanau, dan batulempung; konglomerat dan breksi gunung api, dan batubara; berwarna beraneka, putih, coklat, kuning, kelabu muda sampai kehitaman; umumnya mengeras kuat dan sebagian kurang padat; berlapis dengan tebal antara 4 cm – 100 cm. Tufanya berbutir halus hingga lapili; tufa lempungan berwarna merah mengandung banyak mineral biotit; konglomerat dan breksinya terutama berkomponen andesit dan basal dengan ukuran antara 2 cm – 40 cm; batugamping pasiran dan batupasir gampingan mengandung pecahan koral dan Mollusca, batu lempung gampingan kelabu tua dan napal mengandung foram kecil dan mollusca. Fosil-fosil yang ditemukan ada satuan ini menunjukkan kisaran umur Miosen tengah-Miosen Akhir ada lingkungan neritik. Ketebalan satuan sekitar 5.000 meter, menindih



tidak selaras batugamping Formasi Tonasa (Temt) dan Formasi Mallawa (Tem), mendatar berangsur berubah jadi bagian bawah daripada Formasi Walanae (Tmpw); diterobos oleh retas, sill dan stock bersusunan basal piroksin, andesit dan diorit.

- d) Anggota Batuan gunung api; batuan gunung api bersisipan batuan sedimen laut; breksi gunung api, lava, konglomerat gunung api, dan tufa berbutir halus hingga lapilli; bersisipan batu pasir tufaan, batu pasir gampingan, batu lempung mengandung sisa tumbuhan, batu gamping dan napal. Batuannya bersusunan andesit dan basal, umumnya sedikit terpropilitkan, sebagian terkersikkan, amigdaloidal dan berlubang-lubang, diterobos oleh retas, sill dan stock bersusunan basal dan diorit; berwarna kelabu muda, kelabu tua dan coklat. Penarikan Kalium/Argon pada batuan basal oleh Indonesian Gulf Oil berumur 17,7 juta tahun, dasit dan andesit berumur 8,93 juta tahun dan 9,92 juta tahun (Obradovich, 1972 dalam Sukamto, 1982), dan basal dari Barru menghasilkan 6,2 juta tahun (Van Leeuwen, 1981).
- e) Formasi Tonasa; batu gamping koral pejal, sebagian terhablurkan, berwarna putih dan kelabu muda; batu gamping bioklastika dan kalkarenit, berwarna putih, coklat muda dan kelabu muda, sebagian berlapis, berselingan dengan napal Globigerina tufaan; bagian bawahnya mengandung batu gamping berbitumen, setempat bersisipan breksi batu amping dan batu gamping pasiran; di daerah Ralla ditemukan batu amping yang mengandung banyak serpihan sekis dan batuan ultramafik;



batu gamping berlapis sebagian mengandung banyak foraminifera kecil dan beberapa lapisan napal pasiran mengandung banyak kerang (pelecypoda) dan siput (gastropoda) besar. Batu gamping pejal pada umumnya terkekalkan kuat; di daerah Tanete Riaja terdapat tiga jalur napal yang berselingan dengan jalur batu gamping berlapis.

- f) Formasi Mallawa; batu pasir, konglomerat, batu lanau, batu lempung, napal dengan sisipan lapisan atau lensa batu bara dan batu lempung; batu pasirnya sebagian besar batu pasir kuarsa adapula yang arkose, graywacke dan tufaan, umumnya berwarna kelabu muda dan coklat muda; pada umumnya bersifat rapuh, kurang padat; konglomeratnya sebagian kompak; batu lempung, batu gamping dan napal umumnya mengandung mollusca yang belum diperiksa, dan berwarna kelabu muda sampai kelabu tua; batu bara berupa lensa setebal beberapa sentimeter dan berupa lapisan sampai 1,5 meter.
- g) Formasi Balangbaru; sedimen tipe *flysch*; batu pasir berselingan dengan batu lanau, batu lempung, dan serpih, bersisipan konglomerat, tufa dan lava. Batu pasirnya bersusunan graywacke dan arkose, sebagian tufaan dan gampingan, pada umumnya menunjukkan struktur turbidit di beberapa tempat di temukan konglomerat dengan susunan basal, andesit, diorit, serpih, tufa terkesikkan, sekis, kuarsa dan bersemen batu pasir, pada umumnya padat dan sebagian serpih terkesikkan.



rakit; terobosan trakit berupa stok, sil dan retas; bertekstur porfiri kasar dengan fenokris sanidin 3 cm panjangnya; berwarna putih keabuan sampai

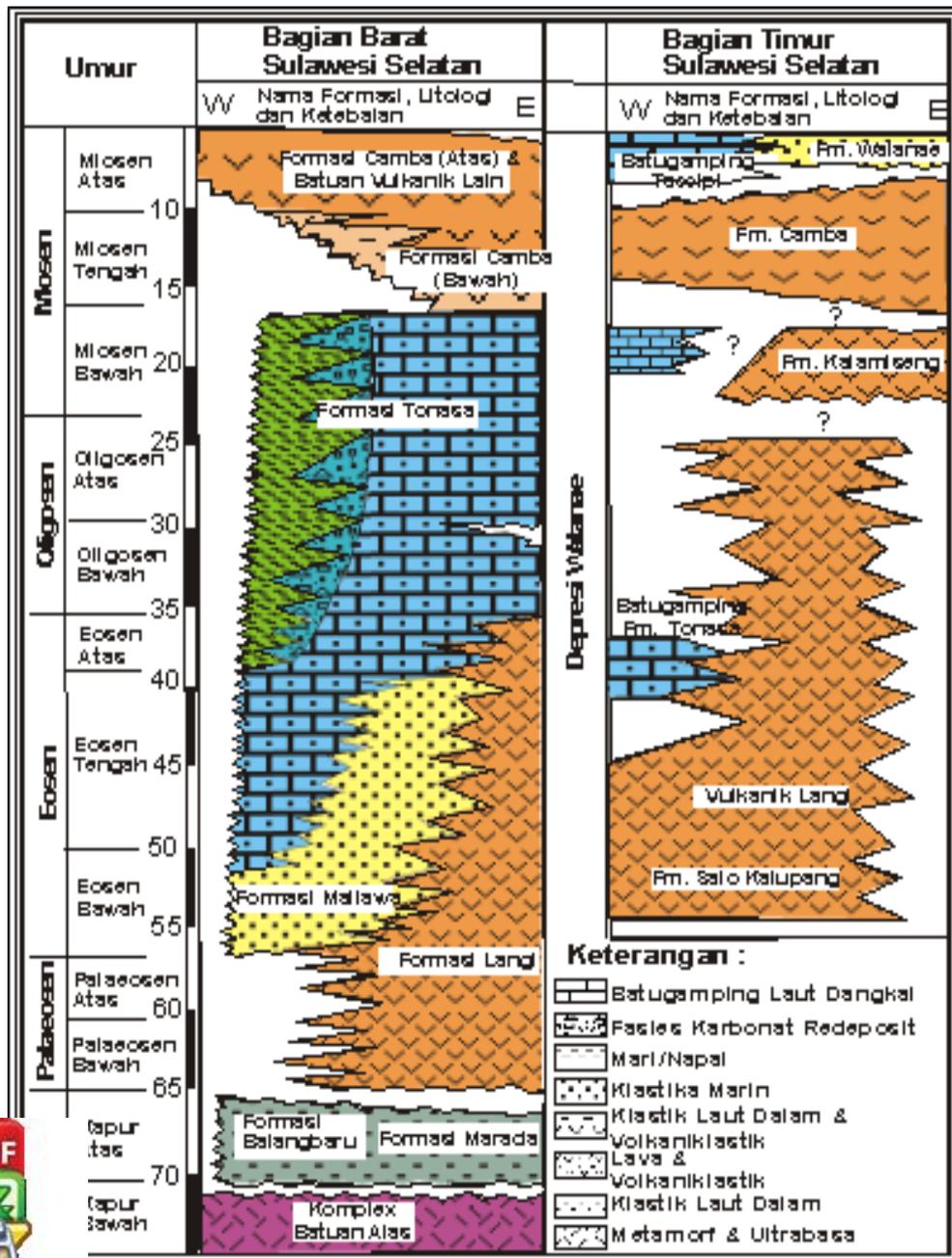
kelabu muda. Di Tanete Riaja trakit menerobos batu gamping Formasi Tonasa dan di Utara Soppeng menerobos batuan gunung api Soppeng (Tmsv). Penarikan kalium/argon trakit menghasilkan; pada feldspar 8,3 juta tahun dan pada biotit 10,9 juta tahun (Sukamto dan Supriatna, 1982).

- i) Batuan Malihan, sebagian besar sekis dan sedikit genes, secara megaskopis terlihat mineral diantaranya glaukohan, garnet, epidot, mika dan klorit. Batuan malihan ini umumnya berpedaunan miring ke arah timur laut, serbagian besar terbreksikan dan tersesar naikkan ke arah barat daya. Satuan ini tebalnya tidak kurang dari 2000-meter dan bersentuhan sesar dengan satuan batuan disekitarnya. Penarikan kalium/argon pada sekis diperoleh umum 111 juta tahun (Obradovich, 1974 dalam Sukamto, 1982). Penyebaran batuan di Sulawesi Selatan dapat dilihat pada gambar berikut.
- j) Kompleks Melange, batuan tercampur aduk secara tektonik terdiri dari grewake, breksi, konglomerat, batu pasir terbreksikan, serpih kelabu, serpih merah, rijang radiolaria merah, batu sabak, sekis ultramafik, basal, diorit dan lempung, himpunan batuan ini mendaun, kebanyakan miring ke arah timur laut, dan tersesar naikkan ke arah barat daya, satuan ini tebalnya tidak kurang dari 1750 m dan mempunyai sentuhan sesar dengan satuan batuan disekitarnya.

- k) Kompleks Melange, batuan campur aduk secara tektonik terdiri dari grewake, breksi, konglomerat, batu pasir terbreksikan, serpih kelabu, serpih merah, rijang radiolaria merah, batu sabak, sekis ultramafik, basal,



diorit dan lempung, himpunan batuan ini mendaun, kebanyakan miring ke arah timur laut, dan tersesar naikan ke arah barat daya, satuan ini tebalnya tidak kurang dari 1750 m dan mempunyai sentuhan sesar dengan satuan batuan disekitarnya. Urutan batuan di Sulawesi Selatan dapat di lihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Kolom stratigrafi regional Sulawesi Selatan (Wilson, 1995)



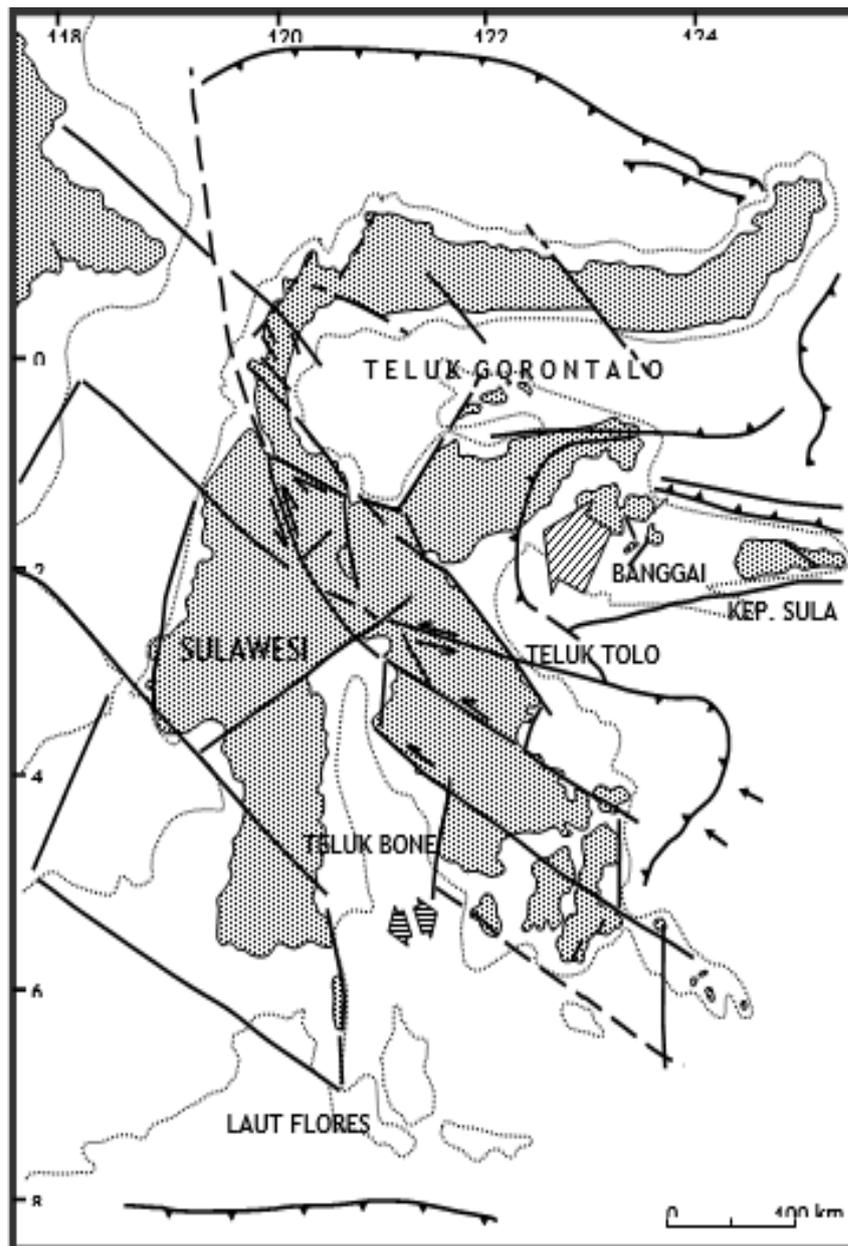
### II.1.3 Struktur Geologi Regional

Pulau Sulawesi dan sekitarnya adalah salah satu dari beberapa kompleks aktif margin di dalam ilmu geologi, struktur dan tektonik. Daerah pada bagian tengah dari pulau Sulawesi merupakan pertemuan tiga lempeng konvergen, sebagai hasil interaksi tiga kerak bumi mayor dalam waktu Neogen (Darman dan Sidi, 2000).

Menurut Sukanto (1982) seperti yang terlihat pada gambar 2.3 bahwa akhir dari kegiatan gunung api pada Kala Miosen Awal diikuti oleh kegiatan tektonik yang menyebabkan terjadinya permulaan terban Walanae. Terban Walanae ini memanjang dari utara ke selatan lengan Sulawesi bagian barat sehingga struktur sesar inilah yang mempengaruhi terhadap struktur geologi sekitarnya. Proses tektonik ini juga yang menyebabkan terbentuknya cekungan tempat pembentukan Satuan Walanae. Peristiwa ini berlangsung sejak awal Miosen Tengah dan menurun perlahan selama proses sedimentasi hingga Kala Pliosen.

Sesar utama yang berarah utara – barat laut terjadi sejak Miosen Tengah dan tumbuh sampai setelah Pliosen. Adanya perlipatan besar yang berarah hampir sejajar dengan sesar utama diperkirakan terbentuk sehubungan dengan adanya tekanan mendatar berarah kira-kira timur-barat pada kala sebelum akhir Pliosen.





Gambar 2.3 Peta Struktur Geologi Regional Pulau Sulawesi (Sukanto, 1982)

## II.2 Silika (SiO<sub>2</sub>)

Silika adalah senyawa kimia dengan rumus molekul SiO<sub>2</sub> (silicon dioksida) yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati dan sintesis kristal. Silika mineral



senyawa yang banyak ditemui dalam bahan tambang/galian yang berupa seperti pasir kuarsa, granit, dan feldspar yang mengandung kristal-kristal

silika (SiO<sub>2</sub>) (Bragmann and Goncalves, 2006). Selain terbentuk secara alami, silika dengan struktur kristal tridimit dapat diperoleh dengan cara memanaskan pasir kuarsa pada suhu 870°C dan bila pemanasan dilakukan pada suhu 1470°C dapat diperoleh silika dengan struktur kristobalit (Cotton and Wilkinson, 1989). Silika juga dapat dibentuk dengan mereaksikan silikon dengan oksigen atau udara pada suhu tinggi (Iler, 1979). Karakteristik silika amorf diperlihatkan dalam Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Karakteristik Silika Amorf (Surdia dan Chijiwa, 2000).

Nama lain	Silikon Dioksida
Rumus Molekul	SiO <sub>2</sub>
Berat Jenis (g/cm <sup>3</sup> )	2,6
Bentuk	Padat
Daya larut dalam air	Tidak larut
Titik cair (°C)	1610
Titik didih (°C)	2230
Kekerasan (Kg/mm <sup>2</sup> )	650
Kekuatan tekuk (Mpa)	70
Kekuatan tarik (Mpa)	110
Modulus elastisitas (Gpa)	73 – 75
Resistivitas (Ωm)	>1.014
Koordinasi geometri	Tetrahedral
Struktur Kristal	Kristobalit, Tridimit, Kuarsa



### II.2.1 Klasifikasi Silika

Pada umumnya silika adalah bentuk amorf terhidrat, namun bila pembakaran berlangsung terus-menerus pada suhu diatas  $650^{\circ}\text{C}$  maka tingkat kristalinitasnya akan cenderung naik dengan terbentuknya fasa quartz, crystobalite, dan tridymite. Bentuk struktur quartz, crystobalite, dan tridymite yang merupakan jenis kristal utama silika memiliki stabilitas dan kerapatan yang berbeda (Brindley and Brown, 1980).

Di ketahui bahwa satuan struktur primer silika adalah tetrahedron  $\text{SiO}_4$ , dimana satu atom silika dikelilingi oleh empat atom oksigen (seperti terlihat pada Tabel 2.1). Gaya-gaya yang mengikat tetrahedral ini berasal dari ikatan ionik dan kovalen sehingga ikatan *tetrahedral* ini kuat. Pada silika murni tidak terdapat ion logam dan setiap atom oksigen merupakan atom penghubung antara dua atom silikon (Lawrence and Vlack, 1992).

### II.2.2 Aplikasi Silika

Bahan silika merupakan keramik bertemperatur tinggi yang banyak digunakan dalam industri baja, Industri gelas, dan juga Industri Semen (Smallman and Bishop, 1999). Saat ini telah banyak pemanfaatan silika selain sebagai bahan keramik maupun gelas, beberapa penelitian juga telah di lakukan untuk mengetahui potensi dari silika itu sendiri. Beberapa diantaranya adalah penelitian tentang penambahan dispersi  $\text{SiO}_2$  sebagai penguat pada karet alam menjadi bahan komposit karetaam  $\text{SiO}_2$  membuktikan terjadinya perbaikan pada sifat fisik unikuntuk bahan jadi karet yang dihasilkan (Hildayati, 2009).



n kandungan silika yang dominan dapat menurunkan indeks plastisitas pada tanah (Ummah, dkk. 2010), dan natrium silikat hasil sintesis dapat

digunakan sebagai inhibitor korosi pada *ductile cast iron* (besi cor ulet) dalam larutan lumpur lapindo (Adziima, dkk. 2013).

### **II.3 Sumber Daya Dan Cadangan**

Sumber daya adalah bagian dari endapan batuan atau mineral yang diharapkan dapat dimanfaatkan. Sumber daya ini dibagi dalam kelas sumber daya berdasarkan tingkat keyakinan geologi yang ditentukan secara kualitatif oleh kondisi geologi atau tingkat kompleksitas dan secara kuantitatif oleh jarak titik informasi. Sumber daya ini dapat meningkat menjadi cadangan apabila setelah dilakukan kajian kelayakan kemudian dinyatakan layak.

Cadangan (*Reserves*) sendiri adalah bagian dari sumber daya yang telah diketahui dimensi, sebaran kuantitas, dan kualitasnya, yang pada saat pengkajian kelayakan dinyatakan layak untuk di tambang. Klasifikasi sumber daya dan cadangan didasarkan pada tingkat keyakinan geologi dan kajian kelayakan. Pengelompokan tersebut mengandung dua aspek, yaitu aspek geologi dan aspek ekonomi (Standar Nasional Indonesia, 2011).

#### **II.3.1 Kelas Sumber Daya**

##### **1) Sumber Daya Hipotetik (*Hypothetical Resource*)**

Sumber daya hipotetik adalah jumlah silikon dioksida (silika) di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan. Untuk tahap penyelidikan survei tinjau sejumlah kelas sumber daya yang belum ditemukan yang sama

adangan yang diharapkan mungkin ada di daerah atau wilayah yang sama kondisi geologi atau perluasan dari sumber daya tereka.



Pada umumnya, sumber daya berada pada daerah dimana titik-titik sampling dan pengukuran serat bukti untuk ketebalan silikon dioksidasi (silika). Jika eksplorasi menyatakan bahwa kebenaran dari hipotesis sumber daya dan mengungkapkan informasi yang cukup tentang kualitasnya dan jumlahnya, maka akan diklasifikasikan kembali sebagai sumber daya teridentifikasi (*identified resources*).

## 2) Sumber Daya Tereka (*Inferred Resource*)

Sumber daya tereka adalah jumlah suatu endapan di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap penyelidikan prospeksi.

Titik pengamatan mempunyai jarak yang cukup jauh sehingga penilaian dari sumber daya tidak dapat diandalkan. Daerah sumber daya ini ditentukan dari proyeksi ketebalan dan tanah penutup, dan kualitas data dari titik pengukuran dan sampling berdasarkan bukti geologi dalam daerah antara 1,2– 4,8 km.

## 3) Sumber Daya Tertunjuk (*Indicated Resource*)

Sumber daya tertunjuk adalah jumlah sumber daya di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap eksplorasi pendahuluan.

Densitas dan kualitas titik pengamatan cukup untuk melakukan penafsiran secara realistis dari ketebalan, kualitas, dengan alasan sumber daya yang ditafsir tidak akan mempunyai variasi yang cukup besar jika eksplorasi yang lebih detail

1. Daerah sumber daya ini ditentukan dari proyeksi ketebalan dan tanah



penutup, dan kualitas data dari titik pengukuran dan sampling berdasarkan bukti geologi dalam daerah antara 0,4– 1,2 km.

#### 4) Sumber Daya Terukur (*Measured Resourced*)

Sumber daya terukur adalah jumlah silikon dioksidasi (silika) di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat–syarat yang ditetapkan untuk tahap eksplorasi rinci. (Standar Nasional Indonesia, 2011).

### II.3.2 Perhitungan Sumber Daya

Metode yang dapat digunakan untuk menghitung sumber daya silikon dioksidasi (silika) di daerah penelitian yakni dengan melihat pola penyebaran dan luasan area konsesi. Di mana konsesi adalah sistem negosiasi terhadap suatu tempat untuk dilakukan eksplorasi dan eksploitasi.

Beberapa metode yang dapat dipakai dalam melakukan estimasi sumberdaya, antara lain:

1. Metode Luas dan faktor rata-rata
2. Metode Blok Penampang
3. Metode Penampang:
  - a. Metode Penampang Tegak
  - b. Metode Penampang Mendatar
4. Metode Analitik:
  - a. Metode Segitiga
  - Metode Poligon
  - e Blok Reguler Inverse Distance Weighting:



- a. Blok Berdasarkan Titik Conto
- b. Blok Berdasarkan Ukuran Tetap Metode yang penulis gunakan adalah metode penampang tegak (Cross Section).

### II.3.3 X-Ray Fluorescence (XRF)

Spektrometer XRF adalah alat uji yang digunakan untuk analisis unsur yang terkandung dalam bahan secara kualitatif maupun kuantitatif. Pada analisis kualitatif mampu memberikan informasi jenis unsur yang terdapat atau terkandung di dalam sampel yang di analisis, yang menunjukkan adanya spektrum unsur pada energy sinar-x karakteristiknya. Analisis kualitatif ditunjukkan oleh puncak spektrum yang mewakili jenis unsur sesuai dengan energy sinar-X karakteristiknya. Sedangkan pada analisis kuantitatif mampu memberikan informasi jumlah unsur yang terdapat atau terkandung di dalam sampel yang ditunjukkan oleh ketinggian puncak spektrum. Analisis dengan menggunakan XRF adalah alat yang digunakan berdasarkan identifikasi dan pencacahan karakteristik sinar-X yang terjadi dari peristiwa efekfotolistrik. Analisis kuantitatif diperoleh dengan cara membandingkan intensitas sampel dengan standar (Jamaludin dan Darma, 2012).

Sementara itu difraksi sinar-X dilakukan untuk mengetahui struktur kristal yang terbentuk pada sampel. Sampel batuan yang sudah digerus dimasukkan dalam plat sampel. Plat sampel diletakkan pada tempat sampel dalam alat XRD. Pengamatan intensitas yang dihamburkan dimulai dari sudut difraksi  $\theta = 00$  sampai 600. XRD n untuk mendeteksi senyawa kristal di dalam bahan dan akterisasi struktur dari batuan tambang (Sari, R.K, 2016).





**Gambar 2.4** Spektrofotometer XRF

Prinsip pengukuran XRF berdasarkan terjadinya proses eksitasi elektron pada kulit atom bagian dalam ketika atom suatu unsur tersebut dikenai sinar-X, kekosongan elektron tersebut akan diisi oleh elektron bagian luar dengan melepaskan energi yang spesifik untuk setiap unsur (Saksono, 2002). Elektron dari kulit yang lebih tinggi akan mengisi kekosongan tersebut. Perbedaan energi dari dua kulit itu muncul sebagai sinar-X yang dipancarkan oleh atom spektrum sinar-X selama proses tersebut menunjukkan puncak yang karakteristik, dimana setiap unsur akan menunjukkan puncak karakteristik yang merupakan landasan dari uji kualitatif untuk unsur-unsur yang ada (Sari, R.K, 2016).

Prinsip kerja alat XRF sinar-x fluoresensi yang dipancarkan oleh sampel dihasilkan dari penyinaran sampel dengan sinar-x primer dari tabung sinar-x (X-Ray Tube), yang dibangkitkan dengan energi listrik dari sumber tegangan sebesar 1200 volt. Bila radiasi dari tabung sinar-x mengenai suatu bahan maka elektron dalam bahan tersebut akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih rendah, sambil memancarkan sinar-x karakteristik. Sinar-x karakteristik ini ditangkap oleh



diubah ke dalam sinyal tegangan, diperkuat oleh Preamp dan dimasukkan ke dalam komputer untuk diolah datanya. Energi maksimum sinar-x primer (keV)

tergantung pada tegangan listrik (kVolt) dan kuat arus ( $\mu$ Ampere). Fluoresensi sinar-x tersebut terdeteksi oleh detektor SiLi (Jamaludin dan Darma, 2012).

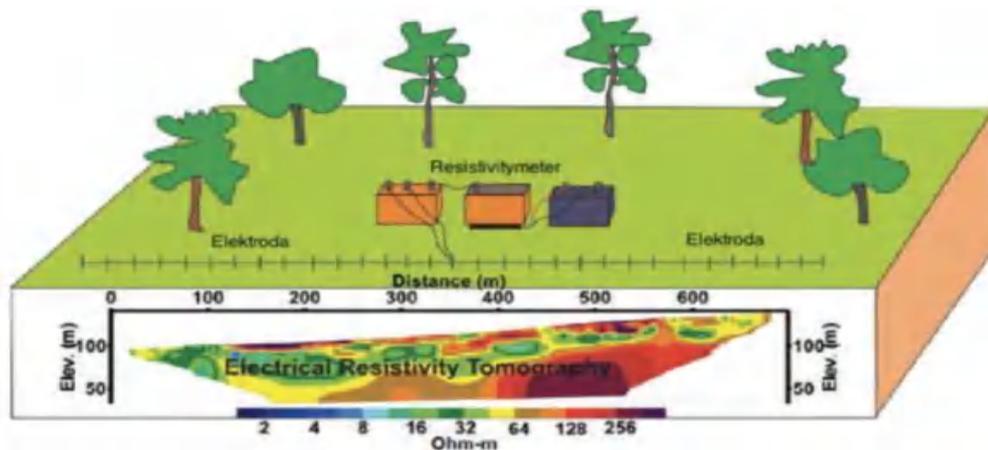
Hasil XRF berupa spektrum hubungan energi eksitasi dan intensitas sinar-X. Energi aktivasi menunjukkan unsur penyusun sampel dan intensitas menunjukkan nilai kualitas dari unsur tersebut. Semakin intensitasnya maka semakin tinggi pula persentase unsur tersebut dalam sampel (Jamaluddin, 2007). Metode XRF akan memberikan nilai intensitas secara total dari unsur tertentu dalam semua bentuk senyawa (Saksono, 2002). Metode XRF secara luas digunakan untuk menentukan komposisi unsur suatu material. Tergantung pada penggunaannya, XRF dapat dihasilkan tidak hanya oleh sinar-X tetapi juga eksitasi primer yang lain seperti partikel alfa, proton atau sumber elektron dengan energy yang tinggi. (Vicklun, 2008)

#### II.4 Metode Geolistrik

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi batuan bawah permukaan menggunakan analisis atau kemampuan menghantarkan arisan listrik dari material di dalam bumi. Aliran arus listrik ini mengalir melalui batuan-batuan dan sangat dipengaruhi adanya air tanah didalam batuan, serta mineral logam maupun panas yang tinggi (Pryambodo & Prihantono, 2017).

Pada dasarnya metode geolistrik memiliki dua teknik pengukuran yaitu secara  
dan *sounding*. *Sounding* merupakan sebuah teknik metode geolistrik yang





**Gambar 2.5** model susunan multielektroda pada pengukuran geolistrik (Syukri, 2020)

memperlihatkan nilai resistivitas batuan di bawah permukaan secara vertikal, sedangkan *mapping* merupakan teknik metode geolistrik yang memperlihatkan nilai resistivitas batuan secara horizontal. Pada metode geolistrik ini semakin panjang lintasan maka lapisan batuan yang terdeteksi semakin dalam. Metode ini juga dapat digunakan untuk melihat struktur bawah permukaan untuk mendeteksi kedalaman lapisan dasar. Teknik pengukuran geolistrik di lapangan telah berkembang dari penggunaan sepasang elektroda sumber arus dan potensial menjadi beberapa elektroda sekaligus (*multi electrode*), seperti gambar 2.5. Setiap elektroda dapat berfungsi sebagai sumber atau penerima pada saat tertentu (Syukri, 2020).

Sifat kelistrikan batuan adalah karakteristik dari batuan bila dialirkan arus listrik kedalamnya. Arus listrik ini dapat berasal dari alam itu sendiri akibat terjadinya ketidakseimbangan maupun arus listrik yang sengaja dimasukkan ke dalamnya.



Arus listrik dalam batuan dibagi atas 3 macam (Syamsuddin, dkk. 2012):

1. Konduksi elektronik. Konduksi ini adalah tipe normal dari aliran arus listrik

dalam batuan atau mineral. Hal ini terjadi jika batuan tersebut mempunyai banyak elektron bebas. Akibatnya arus listrik mudah mengalir dalam batuan.

2. Konduksi elektrolit. Konduksi jenis ini banyak terjadi pada batuan atau mineral yang bersifat *porous* dan pada porinya berisi larutan elektrolit. Dalam hal ini, arus listrik mengalir karena dibawa oleh ion-ion larutan elektrolit. Konduksi dengan cara ini lebih lambat dari pada konduksi elektronik.
3. Konduksi dielektrik. Konduksi terjadi pada batuan yang bersifat dielektrik artinya batuan tersebut mempunyai elektron bebas yang sedikit atau tidak ada sama sekali. Tetapi karena adanya pengaruh medan listrik eksternal, maka elektron dalam atom dipaksa berpindah dan berkumpul dengan intinya sehingga terjadi polarisasi. Peristiwa ini sangat tergantung konduktivitas batuan yang bersangkutan.

#### II.4.1 Prinsip Dasar Metode Resistivitas

Konsep dasar dari metode resistivitas adalah hukum Ohm yang pertama kali dicetuskan oleh ilmuwan Jerman Bernama George Simon Ohm (1787-1854). Dia menyatakan bahwa beda potensial ( $V$ ) timbul di ujung-ujung suatu medium berbanding lurus dengan arus listrik ( $I$ ) yang mengalir pada medium tersebut. Selain itu, dia juga menyatakan bahwa tahanan listrik ( $R$ ) berbanding lurus dengan Panjang medium ( $L$ ) dan berbanding terbalik dengan luas penampangnya ( $A$ ). formulasi dari kedua pernyataan Ohm ini dapat dinyatakan sebagai berikut



2020):

$$V \propto I \text{ atau } V = I \cdot R \quad (2.1)$$

$$R \propto \frac{L}{A} \text{ atau } R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.2)$$

Prinsip pelaksanaan survei resistivitas adalah mengalirkan arus listrik secara searah ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus yang ditancap pada dua titik permukaan tanah dan mengukur respon beda potensial yang terjadi antara dua titik yang lain dimana dua elektroda potensial ditempatkan dengan konfigurasi tertentu (Syamsuddin, 2007).

#### II.4.2 Potensial Pada Bumi Homogen Isotropik

Diasumsikan aliran arus mengalir dalam medium homogen isotropis. Bila  $\delta A$  adalah elemen permukaan dan  $\vec{J}$  adalah kerapatan arus, maka arus yang melalui  $\delta A$  adalah  $\vec{J} \cdot \delta A$ . Hubungan kerapatan arus  $\vec{J}$  dan medan listrik  $\vec{E}$  berdasarkan hukum Ohm adalah:

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \quad (2.3)$$

Dengan  $\vec{E}$  dalam volt/meter dan  $\sigma$  adalah konduktivitas medium dalam siemens/meter.

Medan listrik adalah gradien dari potensial skalar, yang didefinisikan dengan persamaan menurut Telford (1990):

$$\vec{E} = -\vec{\nabla} V \quad (2.4)$$

sehingga,

$$\vec{J} = -\sigma \vec{\nabla} V \quad (2.5)$$

arena  $\vec{\nabla} \cdot \vec{J} = 0$ , maka



$$\vec{\nabla} (\sigma \vec{\nabla} V) = 0 \quad (2.6)$$

yang dijabarkan menjadi

$$\vec{\nabla} \sigma \cdot \vec{\nabla} V + \sigma \nabla^2 V = 0 \quad (2.7)$$

Jika  $\sigma$  adalah konstan, maka suku pertama dapat diabaikan dan persamaan potensial adalah harmonik

$$\nabla^2 V = 0 \quad (2.8)$$

Persamaan (2.8) yang diberikan merupakan persamaan dasar pada teori geolistrik tahanan jenis sehingga distribusi arus listrik searah dalam medium homogen isotropis memenuhi persamaan Laplace.

#### II.4.3 Potensial Listrik Akibat Arus Tunggal di Dalam Bumi

Potensial ( $V$ ) akibat suatu sumber arus tunggal ( $I$ ) pada medium homogen dengan ( $\rho$ ) konstan pada seluruh ruang lebih sesuai jika dibahas dalam sistem koordinat bola. Karena sifat simetri dari sistem yang ditinjau dalam hal ini tidak berotasi dan berevolusi maka potensial hanya menerapkan fungsi dari jarak  $r$  atau  $V(r)$  sehingga persamaan (2.9) dituliskan (Telford, dkk. 1990):

$$\nabla^2 V = \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left( r^2 \frac{dv}{dr} \right) = 0 \quad (2.9)$$

Integrasi sebanyak dua kali terhadap persamaan (2.9) didapatkan:

$$\int r^2 \frac{dv}{dr} dr = 0 \rightarrow r^2 \frac{dv}{dr} = p \rightarrow \frac{dv}{dr} = \frac{p}{r^2} \quad (2.10)$$

$$V = \int \frac{p}{r^2} dr = -\frac{p}{r} + Q \quad (2.11)$$



Dengan P dan Q merupakan konstanta. Dengan menerapkan batas bawah potensial pada jarak tidak berhingga memiliki harga sama dengan nol ( $V = 0, r = \infty$ ), maka  $Q = 0$ , sehingga persamaan (2.11) menjadi:

$$V = - \frac{p}{r} \quad (2.12)$$

Substitusi dengan menggunakan persamaan  $J \cdot \delta A$  dan (2.3) pada persamaan (2.10) maka didapatkan:

$$I = 4 \pi r^2 (-\sigma \nabla V) = 4 \pi r^2 \sigma \frac{p}{r^2} = -4 \pi \sigma P \quad (2.13)$$

Karena  $\sigma = \frac{1}{\rho}$ , maka persamaan (2.13) dapat ditulis:

$$P = - \frac{I \rho}{4 \pi} \quad (2.14)$$

Persamaan (2.14) disubstitusikan pada persamaan (2.12) maka:

$$V = \left( \frac{I \rho}{4 \pi} \right) \frac{1}{r} \quad (2.15)$$

$\rho$  = Resistivitas (ohm. m)

$I$  = Kuat Arus Listrik (Ampere)

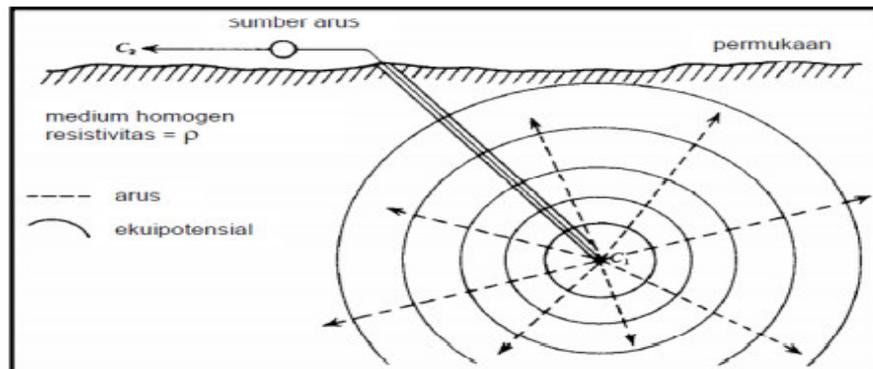
$V$  = Potensial Listrik (Volt)

$A$  = Konstanta

Berdasarkan persamaan tersebut, permukaan ekuipotensial yaitu permukaan dengan potensial yang sama, membentuk permukaan bola konsentris dengan titik etak pada sumber arus. Dari titik tersebut kemudian mengalir arus listrik arah secara homogen, dan membentuk lintasan tegak lurus terhadap



permukaan ekuipotensial diman r sama dengan konstanta, seperti yang diilustrasikan pada gambar (2.6)



**Gambar 2.6** Sumber Arus di Dalam Bumi (Telford, dkk. 1990)

#### II.4.4 Potensial Listrik Akibat Arus Tunggal di Permukaan Bumi

Jika elektroda arus berada di permukaan pada media homogen isotropik dan nilai konduktivitas udara sama dengan nol, maka setiap titik equipotensial yang dihasilkan membentuk permukaan setengah bola (Telford, dkk. 1990), sehingga persamaan (2.15) menjadi:

$$V = \left(\frac{I\rho}{2\pi}\right) \frac{1}{r} \quad (2.16)$$

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (2.17)$$

Dimana faktor  $4\pi$  menjadi  $2\pi$  dikarenakan didistribusi arus berlaku pada setengah ruang sebagaimana terlihat pada gambar (2.7)



$V$  = Potensial Listrik (Volt)

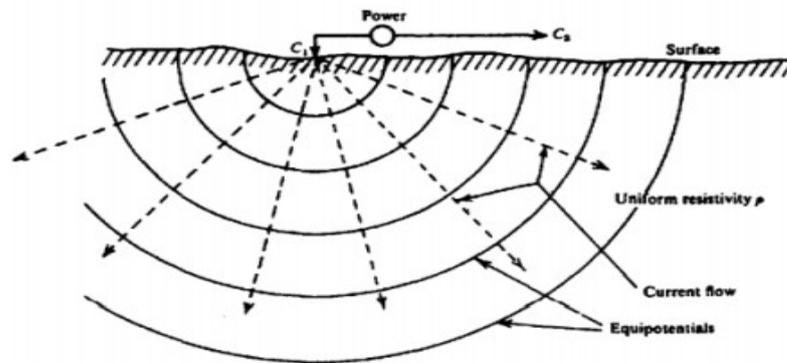
$\rho$  = Resistivitas (Ohm.m)

$I$  = Kuat Arus Listrik (Ampere)

$A = \text{Konstanta}$

$J = \text{Rapat Arus (A/m}^2\text{)}$

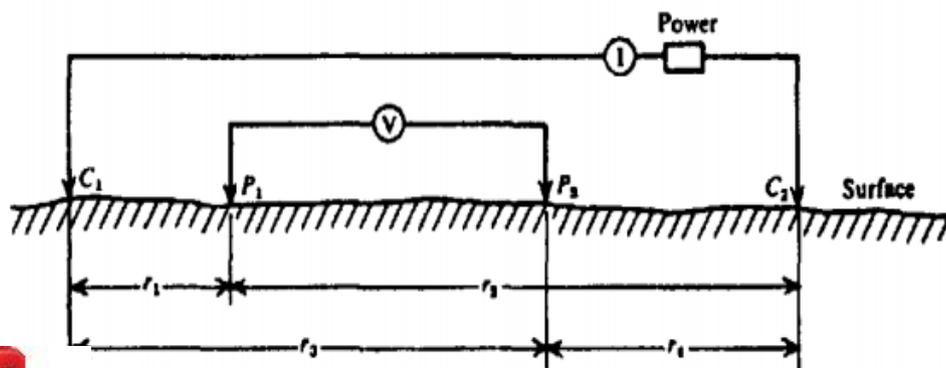
$\sigma = \text{Konduktivitas (S/m)}$



**Gambar 2.7** Sumber Arus di permukaan (Telford, dkk. 1990)

#### II.4.5 Potensial Oleh Dua Sumber Arus Di Permukaan Bumi

Potensial listrik untuk dua sumber arus di permukaan bumi ditunjukkan pada gambar 2.8. Model ini menampilkan  $P_1$  dan  $P_2$  merupakan elektroda potensial dan  $C_1$  dan  $C_2$  merupakan elektroda arus. Untuk  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  dan  $r_4$  merupakan jarak antara elektroda yang terpasang.



**Gambar 2.8** Dua Elektroda Arus dan Potensial di Permukaan (Telford, dkk., 1990)



Mengacu pada persamaan (2.17), besar potensial pada titik P<sub>1</sub> (V<sub>1</sub>) akibat sumber arus C<sub>1</sub> dan C<sub>2</sub> yaitu:

$$V_1 = \frac{I\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (2.18)$$

Dengan rumus yang sama, potensial di titik P<sub>2</sub> (V<sub>2</sub>) akibat sumber arus C<sub>1</sub> dan C<sub>2</sub> yaitu:

$$V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (2.19)$$

Sehingga beda potensial antara titik P<sub>1</sub> dan P<sub>2</sub> adalah

$$\Delta V = V_1 - V_2 \quad (2.20)$$

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (2.21)$$

Berdasarkan persamaan (2.21) diatas, diperoleh persamaan resistivitas pada sumber arus ganda (sumber arus C<sub>1</sub> dan C<sub>2</sub>), yaitu:

$$\rho = \frac{2\pi}{\left[ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]} \frac{\Delta V}{I} \quad (2.22)$$

Atau dapat di tuliskan:

$$\rho = k \frac{\Delta V}{I} \quad (2.23)$$

Dengan

$$k = 2\pi \left[ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (2.24)$$

*k* inilah di sebut faktor geometri elektroda.

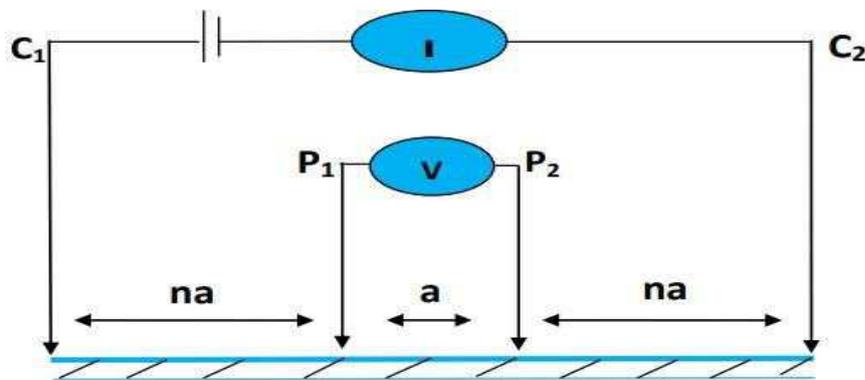
#### II.4.6 Konfigurasi Wenner-Schlumberger



asi ini adalah hasil penggabungan dari dua konfigurasi, yaitu konfigurasi Schlumberger dan Wenner. Hal ini sendiri dapat dilihat pada faktor spasialnya, yaitu ketika dengan faktor spasial pada pengukuran n=2 dan

seterusnya sama dengan pengukuran pada konfigurasi Schlumberger kecuali untuk  $(n) = 1$ , konfigurasi Wenner-Schlumberger sama dengan pengukuran pada konfigurasi Wenner dimana jarak antar elektroda =  $a$ , (Untuk susunan elektroda konfigurasi ini dengan pengukuran  $n=2$  dan seterusnya dapat diperhatikan pada gambar 2.9). Konfigurasi Wenner-Schlumberger sama dengan konfigurasi Schlumberger (jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial lebih besar daripada jarak antar elektroda potensial) (Pertiwi, 2017). Persamaan faktor geometri dari konfigurasi Wenner – Schlumberger adalah:

$$k = \pi a n (n + 1) \quad (2.25)$$



**Gambar 2.9** Susunan elektroda konfigurasi Wenner – Schlumberger (Rusmin, 2013).

