

**ANALISIS SEBARAN AIRLINDI MENGGUNAKAN METODE  
*ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY* (ERT) DI  
TEMPAT PEMBUANGAN SAMPAH KELURAHAN  
AIRDINGIN KECAMATAN BUKITRAYA PROVINSI RIAU**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar*

*Sarjana Pada Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik*

*Universitas Islam Riau*



**Oleh :**

**FREZY UKHUAH ISLAMI**

**153610083**

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

**PEKANBARU**

**2020**

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

### PENELITIAN

Dengan ini saya menyatakan :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik (Strata satu), baik di Universitas Islam Riau maupun diperguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Penggunaan “*Software*” computer bukan menjadi tanggung jawab Universitas Islam Riau.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak kebenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Pekanbaru, Maret 2020

Yang Bersangkutan Pernyataan,



FREZY UKHUAH ISLAMI

NPM : 153610083

## HALAMAN PENGESAHAN

**Nama** : FREZY UKHUAH ISLAMI  
**NPM** : 153610083  
**Jurusan** : Teknik  
**Program Studi** : Teknik Geologi  
**Jenjang Pendidikan** : Strata I (S-1)  
**Judul** : Analisis Sebaran Airlindi Menggunakan Metode *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) di Tempat Pembuangan Sampah Kelurahan Airdingin Kecamatan Bukitraya Provinsi Riau

Format sistematika dan pembahasan materi pada masing – masing bab dan sub bab dalam skripsi ini, telah dipelajari dan dinilai relative telah memenuhi ketentuan dan kriteria dalam metode penulisan ilmiah. Oleh karena itu, skripsi ini dinilai layak serta dapat diuji untuk disidangkan dalam ujian komprehensif.

Pekanbaru, 01 April 2020

Disetujui Oleh :

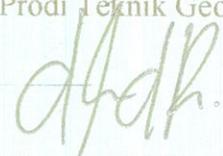
Dosen Pembimbing

  
Adi Suryadi., B.Sc (Hons) M.Sc

NIDN : 1023099301

Disahkan Oleh :

Ketua Prodi Teknik Geologi

  
Dewandra Bagus Eka Putra, M.Sc

NIDN : 1021128902

## KATA PENGANTAR

Puja dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan kenikmatan sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian berjudul “ANALISIS SEBARAN AIRLINDI MENGGUNAKAN METODE *ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY* (ERT) DI DAERAH SEKITAR TPS KELURAHAN AIRDINGINKECAMATAN BUKITRAYA”.

Penelitian tersebut penulis persembahkan bagi seluruh penggiat ilmu pengetahuan semoga bermanfaat untuk pembaca dan penulis. Terkhusus untuk kedua orangtua yang senantiasa memberikan dukungan. Terimakasih penulis ucapkan kepada Dosen Pembimbing Adi Suryadi.,B.Sc (Hons) M.Sc yang telah meluangkan waktu dan fikiran untuk membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian untuk Tugas Akhir sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Strata – 1. Do’a penulis untuk teman – teman seperjuangan agar diberi kekuatan dan keberkahan dalam meraih kebahagiaan dunia dan akhirat, termasuk salah satunya menyelesaikan pendidikan.

Penulis berharap tulisan karya ilmiah ini bermanfaat untuk penulis dan dapat membantu adik – adik sejurusan, pembaca pada umumnya dalam penelitian maupun untuk sebagai bahan bacaan yang mendatangkan manfaat. Tentunya untuk sebuah karya tulis yang dihasilkan dari akal fikiran yang bergantung pada perubahan ilmu, teknologi dan zaman penulis berharap hadirnya kritik dan saran membangun dari pembaca.

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Islam Riau, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : FREZY UKHUAH ISLAMI

NPM : 153610083

Program Studi : Teknik Geologi

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) kepada Universitas Islam Riau demi kepentingan Pengembangan ilmu pengetahuan atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**“Analisis Sebaran Airlindi Mengguakan Metode *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) Di Tempat Pembuangan Sampah Kelurahan Airdingin Kecamatan Bukitraya Provinsi Riau”**

Beserta perangkat yang ada. Dengan Hak tersebut maka Universitas Islam Riau berhak menyimpan, mengalihkan / format, mengelola dalam bentuk pangkalan data, merawat dan mempublikasikan karya ilmiah saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / peneliti dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Pekanbaru, Maret 2020

Yang Menyatakan,



FREZY UKHUAH ISLAMI  
NPM : 153610083

## SARI

Airlindi yang terbentuk dari tumpukan sampah dapat mencemari airtanah melalui rembesan kedalam permukaan tanah melalui pori – pori batuan. Daerah penelitian berlokasi di sekitar TPS Kelurahan Airdingin Kecamatan Bukitraya, yang berada pada wilayah padat pemukiman. Penelitian bertujuan untuk mengetahui arah sebaran airlindi dan pengaruhnya terhadap kualitas airtanah. Penelitian menggunakan metode *Electrical Resistivity Tomography*, analisis arah aliran airtanah dengan metode tiga titik, pemboran menggunakan *handauger* dan analisis kualitas airtanah menggunakan alat YSI. Nilai resistivitas dikorelasikan dengan data pemboran pada GS2 menunjukkan lapisan pasir dan tanah yang mengandung air dengan nilai 82,4  $\Omega\text{m}$  - 471  $\Omega\text{m}$ , endapan lempung 471  $\Omega\text{m}$  – 2687  $\Omega\text{m}$  dan endapan pasir kering 2687  $\Omega\text{m}$  – 36669  $\Omega\text{m}$ . Pencemaran airlindi terdeteksi dengan nilai resistivitas 26,1  $\Omega\text{m}$  pada GS1. Kualitas airtanah sekitar TPS telah tercemar ditunjukkan dari nilai pH dengan rentang nilai 5,87 – 7,76 dan parameter suhu 28,8 °C – 30,2 °C, parameter TDS 35,0 mg/L – 207,9 mg/L, parameter konduktivitas 0,1439  $\mu\text{S}/\text{cm}$  – 344,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Pencemaran airlindi ditemukan hingga kedalaman 0 m – 3 m pada lapisan pasir tidak terkonsolidasi dan tertahan oleh lapisan lempung dalam radius 200 m dari TPS Airdingin. Sebaran airlindi mengarah ke utara peta mengikuti arah aliran airtanah.

Kata Kunci : Sebaran Airlindi, *Electrical Resistivity Tomography*, Pemboran, Kualitas Airtanah.

## Abstract

*Leachate formed from a pile of garbage can contaminate groundwater through seepage into the soil surface through rock pores. The research area is located around landfill at Airdingin Village, Bukitraya District, which is in a densely populated area. The research aims to determine the direction of the distribution of leachate and its effect on groundwater quality. The study uses the Electrical Resistivity Tomography method, groundwater flow direction analysis with the three point method, drilling using handauger and groundwater quality analysis using the YSI tool. Resistivity values were correlated with drilling data on GS2 showing a layer of sand and soil containing water with a value of 82.4  $\Omega\text{m}$  - 471  $\Omega\text{m}$ , clay deposits 471  $\Omega\text{m}$  - 2687  $\Omega\text{m}$  and dry sand deposits 2687  $\Omega\text{m}$  - 36669  $\Omega\text{m}$ . Water leachate pollution was detected with a resistivity value of 26.1  $\Omega\text{m}$  in GS1. The quality of groundwater around the polling station has been polluted shown from the pH value with a range of values 5.87 - 7.76 and temperature parameters 28.8 °C - 30.2 °C, TDS parameters 35.0 mg / L - 207.9 mg / L, parameters conductivity 0.1439  $\mu\text{S} / \text{cm}$  - 344.3  $\mu\text{S} / \text{cm}$ . Distribution of leachate was found to a depth of 0 m - 3 m in the unconsolidated sand layer and held by the clay layer within a 200 m radius of the Airdingin TPS. The distribution of water in the northward direction of the map follows the direction of groundwater flow.*

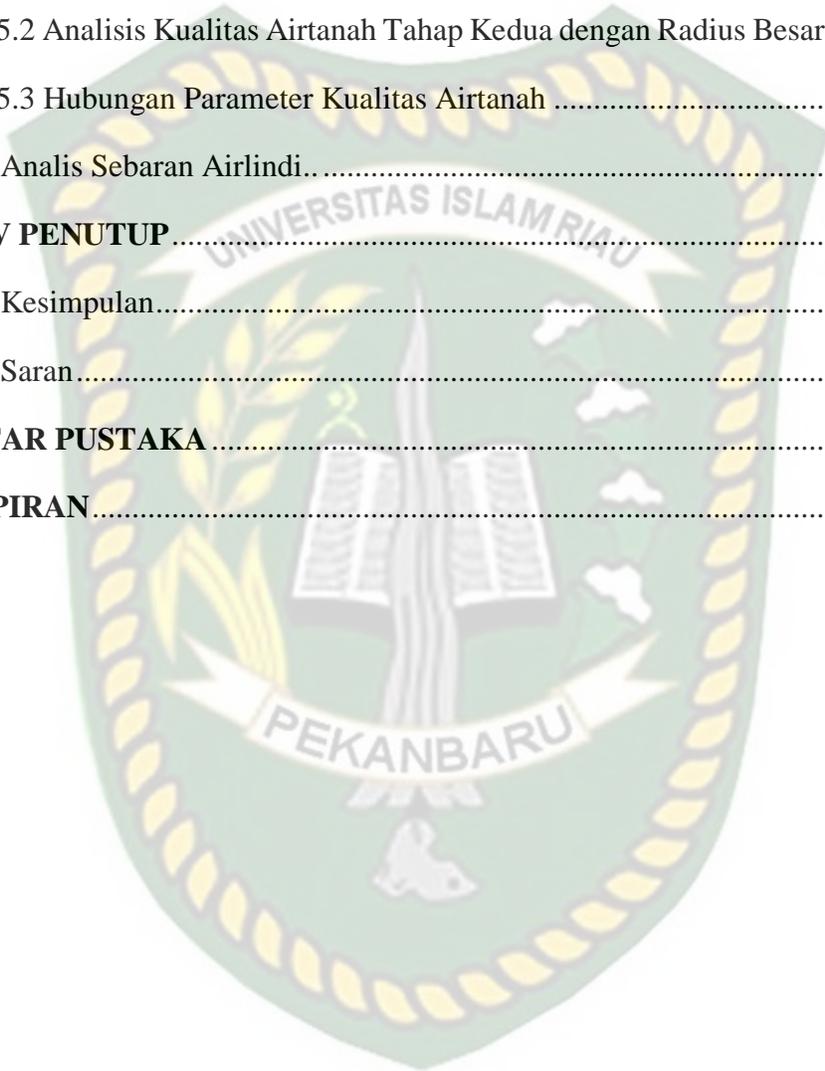
*Keyword : Distribution of leachate, Electrical Resistivity Tomography, Drilling, Groundwater Quality.*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	v
<b>SARI</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Maksud dan Tujuan .....	3
1.4 Batasan Penelitian .....	4
1.4.1 Batasan Lokasi Penelitian .....	4
1.4.2 Batasan Pembahasan .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Perspektif Al-Qur'an Tentang Pelestarian Lingkungan .....	7
2.2 Telaah Kepustakaan .....	9

2.2.1 Geologi Regional .....	9
2.2.2 Geologi Daerah Penelitian .....	10
2.3 Landasan Teori.....	10
2.3.1 Hidrogeologi Airtanah .....	10
2.3.2 Metode Geolistrik .....	15
2.3.3 Kualitas Airtanah .....	22
2.3.4 Airlindi dan Tempat Pembuangan Sampah .....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>30</b>
3.1 Kerangka Penelitian .....	30
3.2 Hipotesa Penelitian.....	31
3.3 Pendekatan Penelitian .....	31
3.4 Variabel Penelitian .....	31
3.5 Data- data yang Digunakan.....	32
3.6 Tahap Analisis dan Interpretasi Data .....	33
3.6.1 Analisis data Geolistrik.....	33
3.6.2 Analisis Data Pemboran.....	35
3.6.3 Analisis Arah Aliran Airtanah Dangkal.....	36
3.6.4 Analisis Kualitas Airtanah .....	37
3.6.5 Analisis Sebaran Airlindi .....	40
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>42</b>
4.1 Ketersediaan Data.....	42
4.2 Analisis Geolistrik Daerah Penelitian .. ..	44
4.2.1 Analisis Geolistrik Garis Survei Satu (GS1) .. ..	44
4.2.2 Analisis Geolistrik Garis Survei Dua (GS2).....	48
4.2.3 Analisis Geolistrik Garis Survei Tiga (GS3).....	51

4.3 Analisis Data Pemboran Daerah Penelitian.....	55
4.4 Analisis Pola Arah Aliran Airtanah Dangkal..	60
4.5 Analisis Kualitas Airtanah.....	62
4.5.1 Analisis Kualitas Airtanah Didekat Sumber Pencemar .....	63
4.5.2 Analisis Kualitas Airtanah Tahap Kedua dengan Radius Besar dari 200 m	72
4.5.3 Hubungan Parameter Kualitas Airtanah .....	79
4.6 Analisis Sebaran Airlindi.....	80
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>86</b>
5.1 Kesimpulan.....	86
5.2 Saran.....	87
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>88</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>92</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b>	Peta Administrasi Kota Pekanbaru (Dinas Kebersihan dan Pertamanan, 2014).....	5
<b>Gambar 1.2</b>	Peta Daerah Penelitian (Sumber ; Google earth 2019) .....	5
<b>Gambar 2.1</b>	Tektonostratigrafi Cekungan Sumatera Tengah (Heidrick dan Aulia 1993).....	9
<b>Gambar 2.2</b>	Aquifer dibawah Tanah (Shiddiqy, 2014).....	11
<b>Gambar 2.3</b>	Aliran air pada pori-pori antar butir tanah (Shiddiqy, 2014) .....	12
<b>Gambar 2.4</b>	Siklus Hidrogeologi (Shiddiqy, 2014).....	13
<b>Gambar 2.5</b>	Letak Aquiclude (Shiddiqy, 2014).....	14
<b>Gambar 2.6</b>	Dua pasang elektroda arus dan potensial pada permukaan medium homogen isotropis dengan tahanan jenis $\rho$ (Bahri, 2005) .....	16
<b>Gambar 2.7</b>	Pola aliran arus dan bidang ekipotensial antara dua elektroda arus dengan polaritas berlawanan (Bahri, 2005).....	16
<b>Gambar 2.8</b>	Bentuk susunan elektroda pada survey geolistrik tahanan jenis (Bahri, 2005) .....	17
<b>Gambar 2.9</b>	Bentuk Konfigurasi yang digunakan pada penelitian (Bahri, 2005) .....	18
<b>Gambar 2.10</b>	Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Airlindi (Qasim, 1994)	29
<b>Gambar 3.1</b>	Alur Metodologi Penelitian.....	30
<b>Gambar 3.2</b>	Susunan elektroda konfigurasi Wenner (Loke & Barker, 1996)..	34
<b>Gambar 3.3</b>	Peta Pola Aliran Sungai (sumber peta srtm) .....	38
<b>Gambar 4.1</b>	Lokasi Garis Survei Resistivitas .....	44
<b>Gambar 4.2</b>	Model Penampang 2D Garis Survei Satu.....	46

<b>Gambar 4.3</b>	Profil Garis Survei 1.....	47
<b>Gambar 4.4</b>	Model Penampang 2D Garis Survei Dua .....	50
<b>Gambar 4.5</b>	Profil Garis Survei 2.....	51
<b>Gambar 4.6</b>	Model Penampang 2D Garis Survei Tiga .....	54
<b>Gambar 4.7</b>	Profil Garis Survei 3.....	55
<b>Gambar 4.8</b>	Lokasi Pemboran.....	56
<b>Gambar 4.9</b>	Log Pemboran Daerah Penelitian.....	57
<b>Gambar 4.10</b>	Model Korelasi Penampang 2D Garis Survei 2 dengan Log Pemboran.....	58
<b>Gambar 4.11</b>	Korelasi Profil Penampang Resistivitas 2D GS2 dengan Log Pemboran.....	59
<b>Gambar 4.12</b>	Lokasi Pengukuran Tinggi Muka Airtanah.....	60
<b>Gambar 4.13</b>	Peta Penampang Topografi Daerah Penelitian.....	61
<b>Gambar 4.14</b>	Peta Isofreatik Daerah Penelitian .....	62
<b>Gambar 4.15</b>	Lokasi Pengambilan Sampel Airtanah .....	64
<b>Gambar 4.16</b>	Peta Lintasan Pengambilan Sampel Airtanah .....	64
<b>Gambar 4.17</b>	Grafik Nilai pH Pada Airtanah Dangkal di Sekitar Lokasi TPS Airdingin .....	66
<b>Gambar 4.18</b>	Grafik Nilai Suhu Pada Airtanah Dangkal di Sekitar Lokasi TPS Airdingin .....	67
<b>Gambar 4.19</b>	Grafik Nilai TDS Pada Airtanah Dangkal di Sekitar Lokasi TPS Airdingin .....	69
<b>Gambar 4.20</b>	Nilai Konduktivitas Pada Airtanah Dangkal di Sekitar Lokasi TPS Airdingin .....	71
<b>Gambar 4.21</b>	Lokasi Pengambilan Sampel Airtanah Dalam Tahap Kedua .....	73

<b>Gambar 4.22</b>	Peta Lintasan Pengambilan Sampel Airtanah di Dalam Tahap Kedua .....	73
<b>Gambar 4.23</b>	Grafik Nilai pH Pada Airtanah Dangkal di Sekitar Lokasi TPS Airdingin .....	75
<b>Gambar 4.24</b>	Grafik Nilai Suhu Pada Airtanah Dangkal di Sekitar Lokasi TPS Airdingin .....	76
<b>Gambar 4.25</b>	Grafik Nilai TDS Pada Airtanah Dangkal di Sekitar Lokasi TPS Airdingin .....	77
<b>Gambar 4.26</b>	Grafik Nilai Konduktivitas Pada Airtanah Dangkal di Sekitar Lokasi TPS Airdingin .....	78
<b>Gambar 4.27</b>	Daerah Analisis Sebaran Airlindi.....	80
<b>Gambar 4.28</b>	Peta Isofreatik Dengan Daerah Tercemar Airlindi.....	82
<b>Gambar 4.29</b>	Korelasi Data Log Pemboran dengan Log Garis Survei Resistivitas .....	83
<b>Gambar 4.30</b>	Daerah Dugaan Akumulasi Airlindi.....	84
<b>Gambar 4.31</b>	Distribusi Airlindi dalam Diagram 3D.....	85



Dokumen ini adalah Arsip Milik :  
**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b>	Jadwal Penelitian Tugas Akhir.....	4
<b>Tabel 2.1</b>	Variasi Material Bumi (Batuan) (Telford, 1974).....	20
<b>Tabel 2.2</b>	Klasifikasi air berdasarkan harga DHL (Hadipurwo, 2006).....	25
<b>Tabel 2.3</b>	Klasifikasi Tingkat Pencemaran dari Limbah Domestik .....	28
<b>Tabel 3.1</b>	Variabel Penelitian.....	32
<b>Tabel 3.2</b>	Data yang digunakan dalam Analisis Sebaran Airlindi .....	44
<b>Tabel 4.1</b>	Ketersediaan Data Penelitian .....	43
<b>Tabel 4.2</b>	Rangkuman Hasil Interpretasi Model Penampang GS1.....	45
<b>Tabel 4.3</b>	Rangkuman Hasil Interpretasi Model Penampang GS2.....	49
<b>Tabel 4.4</b>	Rangkuman Hasil Interpretasi Model Penampang GS3.....	53
<b>Tabel 4.5</b>	Kualitas Airtanah Pada Tahap Pertama di Dekat Sumber Pencemar.....	65
<b>Tabel 4.6</b>	Kualitas Airtanah Pada Tahap Kedua .....	74



Dokumen ini adalah Arsip Milik :  
**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan pokok bagi kelangsungan makhluk hidup. Air menumbuhkan pepohonan, rerumputan yang berperan dalam pembentukan hutan, sabana, padang pasir yang menjadi habitat fauna. Pemanfaatan air terpenting bagi manusia adalah untuk kebutuhan konsumsi, namun hari ini lebih dari sekedar konsumsi di era industri 4.0 bukan hanya digunakan untuk pertanian sebagai sumber irigasi, tapi telah digunakan pada sektor transportasi, rekreasi dan merambah ke sektor industri. Air merupakan komposisi terbesar di bumi (70%), tetapi yang bisa dipergunakan oleh manusia hanya berkisar 0,7%, sudah termasuk kedalam airtanah dan air permukaan. Sedangkan 97,1 % merupakan air di lautan dan 2,2 % terendapkan sebagai es di bagian kutub (Hendrayana, 2004).

Penggunaan sumber daya air dalam berbagai keperluan terus meningkat setiap waktunya, hal tersebut merupakan dampak pertumbuhan penduduk dan berbagai kebutuhannya. Kondisi tidak serupa terjadi pada sumber daya air bersih yang semakin terbatas dan cenderung semakin langka, hal tersebut diakibatkan oleh kualitas lingkungan dan kualitas air yang mengalami penurunan dari berbagai pencemaran. Berdasarkan data tersebut, pemanfaatan airtanah untuk memenuhi kebutuhan air bersih menjadi pilihan utama sebagai alternatif pengganti. Airtanah umumnya didefinisikan sebagai air yang mengisi rongga-rongga dalam lapisan geologi tertentu (Todd & Mays, 2005). Airtanah bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh beberapa faktor alam (Adji & Sejati, 2014). Airtanah terdapat pada pori-pori batuan penyusun akuifer (Santosa, 2004). Airtanah tidak tersebar merata di seluruh permukaan bumi, kondisi air tanah juga demikian, tidak sama di setiap daerah, bergantung pada kondisi geologi dan lingkungan daerah tersebut.

Salah satu faktor yang mempengaruhi kondisi airtanah adalah keberadaan limbah rumah tangga / sampah. Pertumbuhan populasi masyarakat akan berdampak pada permasalahan lingkungan ( Keller, 1992 ). Dengan penambahan jumlah populasi maka konsumsi limbah rumah tangga akan semakin meningkat yang mengakibatkan banyaknya timbulan limbah rumah tangga di TPS.

Kondisi seperti ini juga terjadi di Kecamatan Bukitraya Kelurahan Airdingin. TPS di Kecamatan Bukitraya Kelurahan Airdingin masih menggunakan metode (*open dumping*), dimana sampah ditimbun di satu tempat terbuka. TPS di Kecamatan Bukitraya Kelurahan Airdingin berpotensi menghasilkan airlindi (*leachate*) yang akan berpengaruh terhadap kondisi airtanah. Kandungan atau zat berbahaya pada sampah seperti sulfide ( $S^{2-}$ ), nitrat ( $NO_3^-$ ), COD (chemical oxygen demand) dan klorida ( $Cl^-$ ) dapat mencemari airtanah dari airlindi. Oleh karena itu diperlukan uji kualitas airtanah untuk mengetahui pendugaan distribusi airlindi.

Metoda tahanan jenis/pendugaan geolistrik adalah merupakan suatu metode geofisika dalam penyajian data susunan satuan batuan bawah permukaan melalui sifat-sifat kelistrikan batuan. Pada metode geolistrik, arus diinjeksikan kedalam permukaan bumi melalui dua elektroda arus, kemudian mengukur nilai tegangan melalui dua elektroda potensial menggunakan alat ukur resistivitymeter. Data lapangan yang dihasilkan berupa data semu dari sifat kelistrikan batuan. Data tersebut kemudian diolah untuk menggambarkan material penyusun bawah permukaan, yang akan digunakan dalam interpretasi pendugaan lapisan pembawa air (akuifer) dan distribusi airlindi (*leachate*).

Berdasarkan letak TPS di Kecamatan Bukitraya Kelurahan Airdingin yang berdekatan dengan pemukiman warga, permasalahan pencemaran airlindi terhadap airtanah di wilayah sekitar TPS dikhawatirkan akan menurunkan kualitas airtanah sehingga perlu mendapatkan tindakan lebih lanjut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi distribusi air lindi di bawah permukaan dan dampaknya terhadap airtanah pada akuifer bebas melalui uji geolistrik sebagai upaya evaluasi pengelolaan TPS.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana sebaran nilai resistivitas di wilayah sekitar TPS Kecamatan Bukitraya Kelurahan Airdingin ?
2. Bagaimana Kondisi Geologi bawah permukaan di wilayah sekitar TPS Kecamatan Bukitraya Kelurahan Airdingin ?
3. Bagaimanakah kualitas airtanah di wilayah sekitar TPS Kecamatan Bukitraya Kelurahan Airdingin ?

4. Apakah pencemaran yang ditimbulkan oleh TPS Kecamatan Bukitraya Kelurahan Airdingin mempengaruhi tingkat kualitas airtanah disekitarnya ?
5. Bagaimana pola penyebaran konsentrasi air lindi yang dihasilkan dari TPS Kecamatan Bukitraya Kelurahan Airdingin ?

### 1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dilakukannya penelitian ini adalah untuk memenuhi syarat kelulusan untuk meraih gelar sarjana di jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Disamping itu penelitian dimaksudkan agar dapat menjadi solusi bagi permasalahan ketersediaan sumber air bersih yang tercemar akibat limbah sampah.

Tujuan diadakannya penelitian tentang identifikasi aquifer tercemar air lindi menggunakan metode geolistrik dan uji konsentrasi ion mayor pada TPS Kecamatan Bukitraya Kelurahan Airdingin adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui letak dan kedalaman aquifer, aquifer tercemar dari sebaran nilai resistivitas di wilayah sekitar TPS Kecamatan Bukitraya Kelurahan Airdingin.
2. Mengetahui kondisi geologi bawah permukaan di wilayah sekitar TPS Kecamatan Bukitraya Kelurahan Airdingin.
3. Mengetahui kualitas airtanah di wilayah sekitar TPS Kecamatan Bukitraya Kelurahan Airdingin dari hasil uji parameter fisik airtanah.
4. Mengetahui pengaruh pencemaran air lindi TPS Kecamatan Bukitraya Kelurahan Airdingin terhadap kualitas airtanah.
5. Mengetahui pola penyebaran konsentrasi air lindi yang dihasilkan dari TPS Kecamatan Bukitraya Kelurahan Airdingin melalui interpretasi peta DHL airtanah

### 1.4 Batasan Penelitian

Secara umum penelitian dibatasi menjadi 2 batasan, yaitu batasan lokasi dan batasan pembahasan.

#### 1.4.1 Batasan Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama dua bulan tiga minggu di daerah sekitar TPS Airdingin yang dimulai pada 28 Agustus 2019 hingga 5 November 2019. Kemudian

dilanjutkan Pembuatan laporan dan bimbingan dalam waktu lebih dari tiga bulan di Universitas Islam Riau. Jadwal penelitian tugas akhir dapat dilihat pada **Tabel 1.1**.

**Tabel 1.1** Jadwal Penelitian Tugas Akhir

Bulan/tahun	Agustus				September				Oktober				November				Desember				Januari				Februari		
	2019				2019				2019				2019				2019				2020				2020		
<b>Rincian Kegiatan</b>	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
Kajian Literatur	■																										
Pengambilan Data Primer di Lapangan					■	■	■	■	■	■	■	■															
Analisis dan Interpretasi Data									■	■	■	■	■	■	■	■											
Pembuatan Laporan dan Bimbingan													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
Seminar Hasil Tugas Akhir																											■

Lokasi daerah penelitian secara administratif berada di Kelurahan Airdingin, Kecamatan Bukitraya, Kota Pekanbaru. Lokasi penelitian yang menjadi fokus utama adalah di Tempat pembuangan sampah Airdingin dan pemukiman warga yang berada dalam radius pergerakan rembesan airlindi yang dihasilkan oleh Tempat pembuangan sampah Airdingin **Gambar 1.1** dan **Gambar 1.2**.



**Gambar 1.1** Peta Administrasi Kota Pekanbaru  
(Sumber ; Dinas Kebersihan dan Pertamanan Pekanbaru,2014)



**Gambar 1.2** Peta Daerah Penelitian  
(Sumber Google earth,2019)

#### 1.4.2 Batasan Pembahasan

Batasan dibuat sebagai fokus pembahasan guna tercapainya tujuan yang diajukan pada penelitian. Berdasarkan beberapa permasalahan yang diutarakan terdapat beberapa batasan penelitian, sebagai berikut :

1. Kondisi geologi daerah penelitian
2. Sebaran nilai resistivitas
3. Pola arah aliran airtanah dangkal
4. Pengaruh TPS terhadap kondisi airtanah
5. Sebaran airlindi

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian identifikasi aquifer tercemar air lindi menggunakan metode geolistrik dan uji sifat fisik pada TPS Kecamatan Marpoyan Kelurahan Airdingin untuk pemahaman lebih lanjut mengenai pelaksanaan pengambilan data menggunakan alat geolistrik. Secara khusus manfaat dari penelitian ini adalah sebagai pemahaman bagi mahasiswa ataupun kontraktor dalam pengembangan TPS dengan memperhatikan aspek – aspek geologi untuk menunjang kelayakan TPS yang tidak mencemari aquifer airtanah di pemukiman masyarakat.

Data geolistrik juga bermanfaat dalam pemodelan struktur bawah permukaan, litologi penyusun dan kedalaman. Disamping itu data uji sifat fisik juga bermanfaat untuk mengetahui kualitas airtanah disekitar pemukiman masyarakat mengingat pentingnya air bagi kelangsungan hidup manusia sebagai sumber air minum yang dapat berdampak buruk pada kesehatan masyarakat sekitar TPS Kecamatan Bukitraya Kelurahan Airdingin, mengingat adanya beberapa depot air minum yang berada tidak jauh dari TPS tersebut.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Perspektif Al-Qur'an Tentang Pelestarian Lingkungan

Pelestarian Lingkungan dalam arti, pengelolaan, sangat erat kaitannya dengan pemanfaatan lingkungan bagi kehidupan manusia sebab lingkungan memiliki nilai – nilai yang konstruktif bagi kehidupan di seputar lingkungan itu sendiri. Pelestarian lingkungan dalam arti yang luas memberikan dampak yang positif bagi kelangsungan dan kemakmuran hidup manusia.

Al-Qur'an menjelaskan bahwa kerusakan lingkungan adalah akibat dari perbuatan kita sendiri (manusia) sebagaimana dijelaskan dalam Q.S. al-Rum/30: 4142;

Terjemahnya:

Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, Allah menghendaki mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar). Katakanlah (Muhammad), "Bepergianlah di bumi dan lihatlah bagaimana kesudahan orang-orang yang terdahulu. kebanyakan dari mereka itu adalah orang-orang yang mempersekutukan (Allah)."

Selain untuk beribadah kepada Allah, manusia juga diciptakanlah sebagai khalifah dimuka Bumi. Sebagai khalifah, manusia memiliki tugas untuk memanfaatkan, mengelola dan memelihara alam semesta. Allah telah menciptakan alam semesta untuk kepentingan dan kesejahteraan semua makhluk Nya, khususnya manusia.

Keserakahan dan perlakuan buruk sebagian manusia terhadap alam dapat menyengsarakan manusia itu sendiri. Tanah longsor, banjir, kekeringan, tata ruang daerah yang tidak karuan dan udara serta air yang tercemar adalah buah kelakuan manusia yang justru merugikan manusia dan makhluk hidup lainnya. Islam mengajarkan agar umat manusia senantiasa menjaga lingkungan. Hal ini seringkali tercermin dalam beberapa pelaksanaan ibadah, seperti ketika menunaikan ibadah haji. Dalam haji, umat Islam dilarang menebang pohon-pohon dan membunuh

binatang. Apabila larangan itu dilanggar maka ia berdosa dan diharuskan membayar denda (dam).

Manusia sebagai makhluk Allah swt. yang termulia diperintahkan untuk selalu berbuat baik dan dilarang untuk berbuat kerusakan di atas bumi, sebagaimana firman -Nya dalam Q.S. al-Qasas (28: 77) ;

Terjemahnya :

Dan carilah (pahala) negeri akhirat dengan apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu, tetapi janganlah kamu melupakan bahagianmu di dunia dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di Bumi. Sungguh, Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan.

Atas dasar kedudukan manusia sebagai khalifah di muka bumi ini dengan kewajiban dan tanggung jawabnya terhadap lingkungan sebagai konsekuensi nikmat yang diberikan Allah Tuhan yang maha Pengasih dan maha Penyayang kepada manusia, sebagaimana tampak dari ayat di atas, yang patut disukuri dan dilindungi serta di junjung tinggi manusia yang perlu meningkatkan kesadaran lingkungan. Tetapi manusia sebagai khalifah terkadang lupa posisi mereka yang menyebabkan kerusakan yang ada di muka bumi baik di darat maupun di laut.

kerusakan lingkungan akan berdampak negatif pada kehidupan manusia. Salah satu kerusakan yang paling berdampak dihasilkan dari tempat pembuangan sampah yang bersumber dari hasil aktivitas manusia. TPS terbuka (open dumping) yang dihujani oleh air hujan akan menghasilkan airlindi (Clark, 1977). Dampak yang ditimbulkan dari adanya atau ketidaklayakan TPA sampah salah satunya adalah pencemaran airtanah.

Air merupakan sumber kehidupan manusia. Maksud sumber kehidupan di sini merupakan elemen yang menyebabkan jadi hidup, bukan berarti sumber sebagai asa hidup. Karena sumber hidup yang hakekatnya adalah dari Allah. Hal ini menyebutkan air sebagai sumber kehidupan bukan menafikan asanya, tetapi sebagai elemen yang mempunyai proses untuk dapat menghidupkan. Sebagaimana

dijelaskan dalam Q.S Al-anbiya', ayat ke 30, yaitu "...dan dari pada air kami jadikan segala sesuatu hidup..."

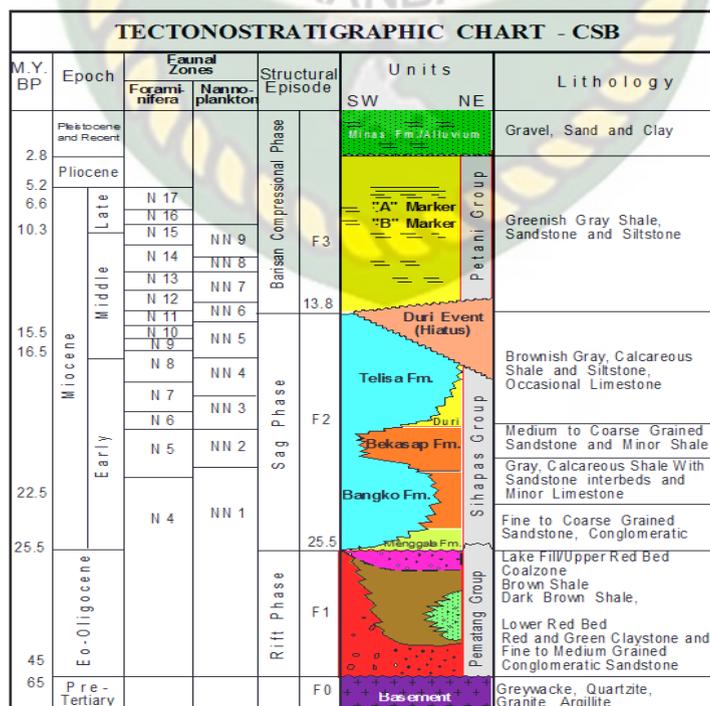
Ayat ini menerangkan secara umum tentang segala sesuatu yang hidup dijadikan dari pada air, menjelaskan semua kehidupan bersumber dari air. Maka di sini dijelaskan bahwa air menjadi asas bagi kehidupan. Selain demikian, begitu juga pada manfaat hujan bagi manusia. Dengan tercemarnya air yang merupakan kebutuhan untuk keperluan hidup, yang salah satunya adalah untuk minum, maka akan berdampak buruk pada kondisi kesehatan.

## 2.2 Telaah Kepustakaan

Pada Telaah kepustakaan akan membahas mengenai Fisiografi Regional, Geologi Regional dan Geologi daerah penelitian.

### 2.2.1 Geologi Regional

Secara geologi kawasan TPS Airdingin tercakup kedalam lembar peta geologi Pekanbaru tersusun dari Batuan Sedimen dan Metasedimen, Batuan Gunungapi, Batuan Terobosan yang terbentuk pada periode karbon - kuartar sekitar 10-300 juta tahun yang lalu, dan proses sedimentasi yang berlangsung hingga saat ini yang menghasilkan endapan sedimen kuartar.



Gambar 2.1 Tektonostratigrafi Cekungan Sumatera Tengah (Heidrick dan Aulia 1993)

## **2.2.2 Geologi Daerah Penelitian**

### **2.2.2.1 Stratigrafi Daerah Penelitian**

Berdasarkan hasil studi pustaka pada Peta Geologi Regional lembar Pekanbaru diperoleh tatanan stratigrafi dan litologi penyusun daerah penelitian termasuk kedalam Satuan Batuan Sedimen.

Batuan sedimen merupakan batuan rombakan dari material – material lepas yang mengalami proses kompaksi dan sedimentasi. Batuan sedimen terbentuk melalui empat proses (PETS) Pelapukan, Erosi, Transportasi dan Sedimentasi. Batuan sedimen pada daerah penelitian termasuk kedalam Formasi Minas (Qpml) dan Aluvium Tua (Qp) yang merupakan endapan kuartar. Formasi Minas diendapkan tidak selaras dibawah Aluvium Tua.

Batuan sedimen yang terdapat pada daerah penelitian terdiri dari kerikil, sebaran kerakal, pasir dan lempung yang merupakan bagian dari Formasi Minas. Selanjutnya kerikil, pasir, lempung, sisa – sisa tumbuhan dan rawa gambut yang merupakan bagian dari endapan Aluvium Tua.

### **2.2.2.2 Struktur Geologi**

Berdasarkan Peta Geologi Regional lembar Pekanbaru, Struktur Geologi yang berkembang di daerah penelitian diantaranya adalah Struktur Sesar. Struktur sesar ditemukan pada endapan sedimen Aluvium Tua (Qp). Struktur geologi yang berkembang didaerah penelitian merupakan bagian dari sesar normal yang pada Lembar Geologi Regional Pekanbaru berarah baratlaut – tenggara.

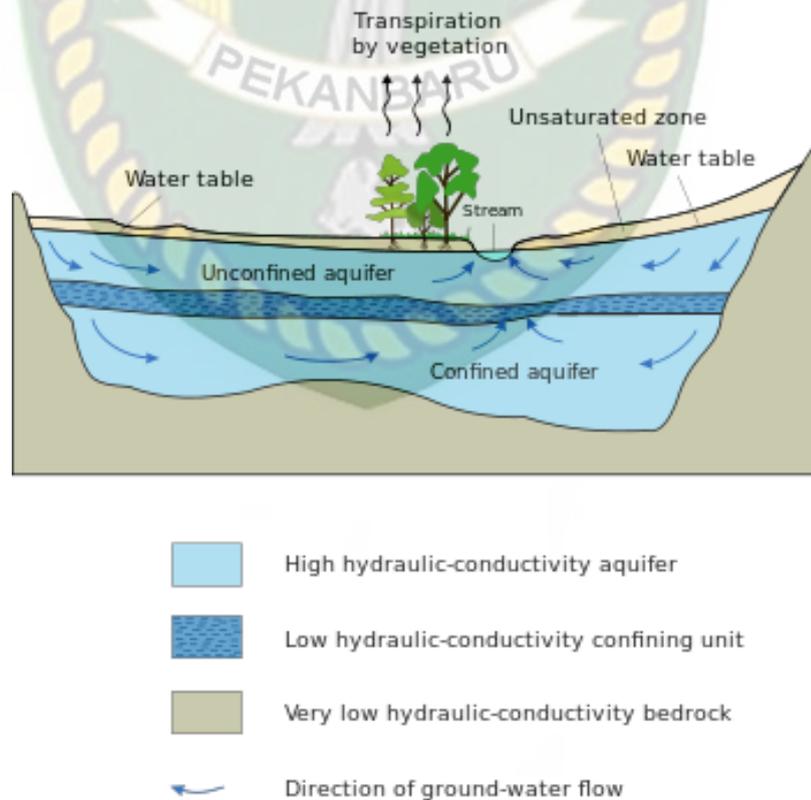
## **2.3 Landasan Teori**

Pada sub bab ini akan membahas tentang landasan teori mengenai hidrogeologi airtanah (groundwater), metode geolistrik dan uji konsentrasi ion mayor.

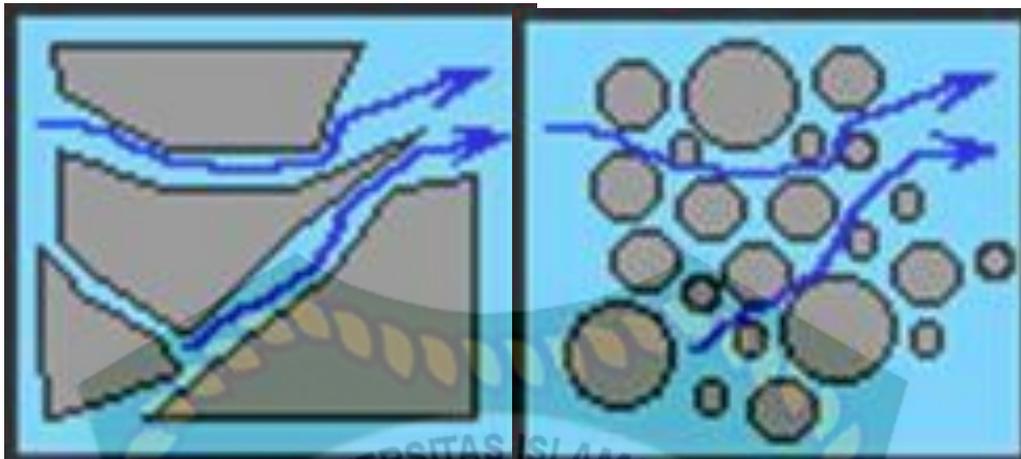
### **2.3.1 Hidrogeologi Airtanah**

Air merupakan salah satu kebutuhan utama manusia, sehingga ada ilmu pengetahuan khusus yang membahas tentang air yaitu hidrologi. Hidrologi adalah ilmu tentang air baik di atmosfer, di permukaan bumi, dan di dalam bumi, tentang terjadinya, perputarannya, serta pengaruhnya terhadap kehidupan yang ada di alam

ini (Shiddiqy, 2014). Airtanah didefinisikan sebagai air yang terdapat di bawah permukaan bumi. Salah satu sumber utamanya adalah air hujan yang meresap ke bawah lewat lubang pori di antara butiran tanah/batuan. Batuan tempat air yang terperangkap sehingga air terakumulasi dalam jumlah yang besar di bawah permukaan bumi ini disebut akuifer. Ada beberapa pengertian akuifer berdasarkan pendapat para ahli, Todd (1955) menyatakan bahwa akuifer berasal dari bahasa latin yaitu aqui dari kata aqua yang berarti air dan kata ferre yang berarti membawa, jadi akuifer adalah lapisan pembawa air. Herlambang (1996) menyatakan bahwa akuifer adalah lapisan batuan yang mengandung air, dimana air ini bergerak di dalam batuan karena adanya porositas (ruang kosong atau pori-pori) batuan. Berdasarkan kedua pendapat, dapat disimpulkan bahwa akuifer adalah lapisan batuan dibawah permukaan yang mampu menyimpan dan mengalirkan air. Hal ini disebabkan karena lapisan tersebut bersifat permeable yang mampu mengalirkan air baik karena adanya pori-pori pada lapisan tersebut ataupun memang sifat dari lapisan batuan tertentu. Contoh batuan yang dapat menjadi lapisan akuifer adalah batupasir, batugamping rekahan. Akuifer dan aliran air pada pori-pori ditunjukkan pada **Gambar 2.2** dan **Gambar 2.3**.



**Gambar 2.2** Akuifer Bawah Permukaan (Shiddiqy, 2014)

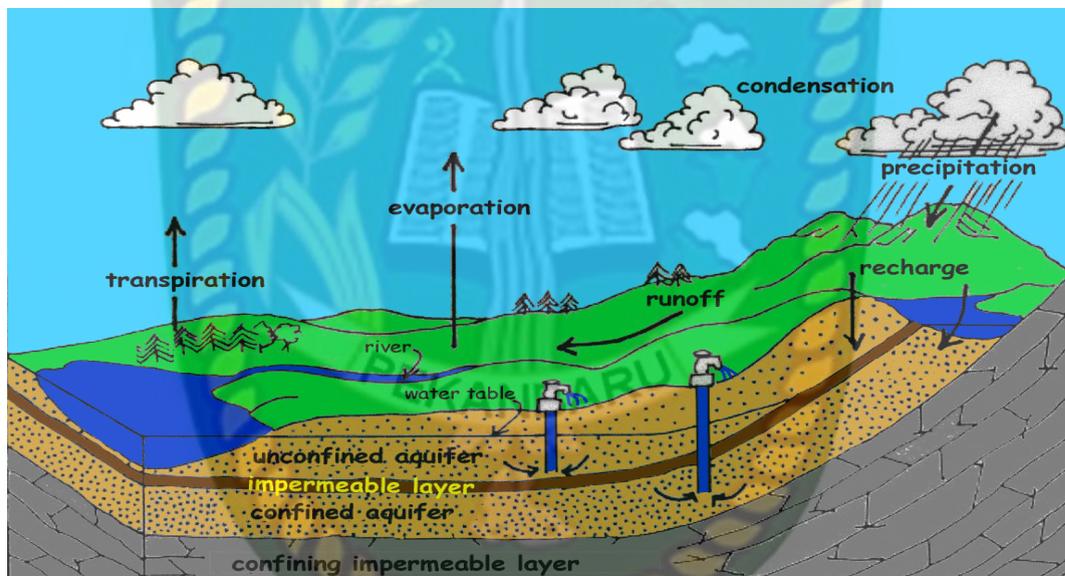


**Gambar 2.3** Aliran Air pada Pori-pori Antar Butir Batuan (Shiddiqy, 2014)

Terdapat tiga parameter penting yang menentukan karakteristik akuifer yaitu tebal akuifer, koefisien lolos atau permeabilitas, dan hasil jenis. Tebal akuifer diukur mulai dari permukaan air tanah (water table) sampai pada suatu lapisan yang bersifat semi kedap air (impermeable) termasuk aquiclude dan aquifuge. Permeabilitas merupakan kemampuan suatu akuifer untuk meloloskan sejumlah air tanah melalui penampang 1 m<sup>2</sup>. Nilai permeabilitas akuifer sangat ditentukan oleh tekstur dan struktur mineral atau partikel-partikel atau butir-butir penyusun batuan. Semakin kasar tekstur dengan struktur lepas, maka semakin tinggi batuan meloloskan sejumlah air tanah. Sebaliknya, semakin halus tekstur dengan struktur semakin tidak teratur atau semakin mampat, maka semakin rendah kemampuan batuan untuk meloloskan sejumlah air tanah. Dengan demikian, setiap jenis batuan akan mempunyai nilai permeabilitas yang berbeda dengan jenis batuan yang lainnya. Hasil jenis adalah kemampuan suatu akuifer untuk menyimpan dan memberikan sejumlah air dalam kondisi alami. Besarnya cadangan air tanah atau hasil jenis yang dapat tersimpan dalam akuifer sangat ditentukan oleh sifat fisik batuan penyusun akuifer (tekstur dan struktur butir-butir penyusunnya) (Anonim, 2006).

Menurut Krussman dan Ridder (1970), berdasarkan kadar kedap air dari batuan yang melingkupi akuifer terdapat beberapa jenis akuifer, yaitu: Akuifer terkungkung (confined aquifer), akuifer setengah terkungkung (semi confined aquifer), akuifer setengah bebas (semi unconfined aquifer), dan akuifer bebas (unconfined aquifer). Akuifer terkungkung adalah akuifer yang lapisan atas dan

bawahnya dibatasi oleh lapisan yang kedap air. Akuifer setengah terkungkung adalah akuifer yang lapisan di atas atau di bawahnya masih mampu meloloskan atau dilewati air meskipun sangat kecil (lambat). Akuifer setengah bebas merupakan peralihan antara akuifer setengah terkungkung dengan akuifer bebas. Lapisan bawahnya yang merupakan lapisan kedap air, sedangkan lapisan atasnya merupakan material berbutir halus, sehingga pada lapisan penutupnya masih dimungkinkan adanya gerakan air. Akuifer bebas lapisan atasnya mempunyai permeabilitas yang tinggi, sehingga tekanan udara di permukaan air sama dengan atmosfer. Air tanah dari akuifer ini disebut air tanah bebas (tidak terkungkung) dan akuifernya sendiri sering disebut water-table aquifer. Jenis-jenis akuifer ditunjukkan pada **Gambar 2.2**.



**Gambar 2.4** Siklus Hidrogeologi (Shiddiqy, 2014)

Todd (1980) menyatakan bahwa tidak semua formasi litologi dan kondisi geomorfologi merupakan akuifer yang baik. Berdasarkan pengamatan lapangan, akuifer dijumpai pada bentuk lahan sebagai berikut:

1. Lintasan air (water course)

Bentuk lahan di mana materialnya terdiri dari aluvium yang mengendap di sepanjang alur sungai sebagai bentuk lahan dataran banjir serta tanggul alam. Bahan aluvium itu biasanya berupa pasir dan kerikil.

2. Dataran (plain)

Bentuk lahan berstruktur datar dan tersusun atas bahan aluvium yang berasal dari berbagai bahan induk sehingga merupakan akuifer yang baik.

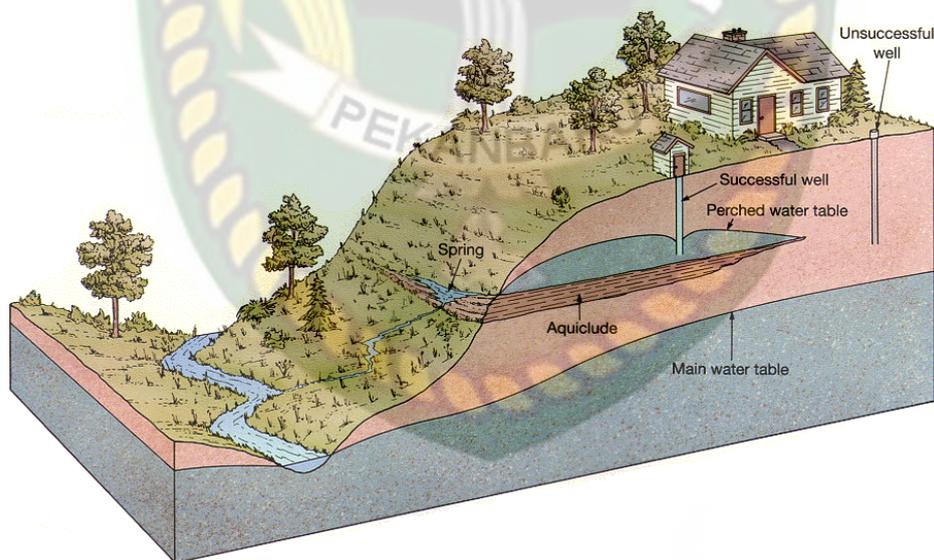
3. Lembah antar pegunungan (intermontane valley)

Merupakan lembah yang berada di antara dua pegunungan dan materialnya berasal dari hasil erosi dan gerak massa batuan dari pegunungan di sekitarnya.

4. Lembah terkubur (buried valley)

Lembah yang tersusun oleh material lepas yang berupa pasir halus sampai kasar.

Berdasarkan perlakuannya terhadap air tanah, terdapat lapisan-lapisan batuan selain akuifer yang berada di bawah permukaan tanah. Lapisan-lapisan batuan tersebut dapat dibedakan menjadi: Aquiclude, aquitard, dan aquifuge. Aquiclude adalah formasi geologi yang mungkin mengandung air, tetapi dalam kondisi alami tidak mampu mengalirkannya, misalnya lapisan lempung, serpih, tuf halus, lanau. Untuk keperluan praktis, aquiclude dipandang sebagai lapisan kedap air. Letak aquiclude ditunjukkan pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Letak Aquiclude (Shiddiqy, 2014)

Aquitard adalah formasi geologi yang semi kedap, mampu mengalirkan air tetapi dengan laju yang sangat lambat jika dibanding dengan akuifer. Meskipun demikian dalam daerah yang sangat luas, mungkin mampu membawa sejumlah besar air

antara akuifer yang satu dengan lainnya. Aquifuge merupakan formasi kedap yang tidak mengandung dan tidak mampu mengalirkan air.

### **2.3.2 Metode Geolistrik**

#### **2.3.2.1 Konsep Umum**

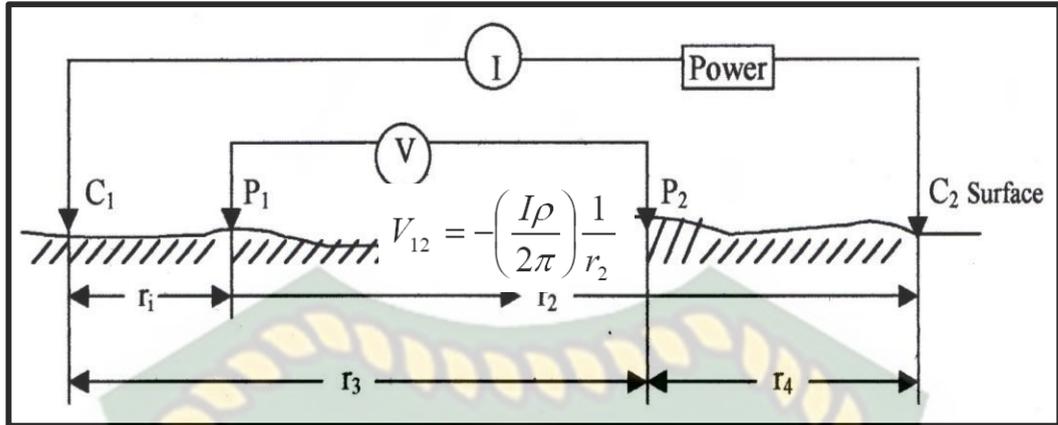
Geolistrik ialah suatu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan cara mendeteksinya di permukaan bumi. Pendeteksian ini meliputi pengukuran beda potensial, arus, dan elektromagnetik yang terjadi secara alamiah maupun akibat penginjeksian arus ke dalam bumi (Kanata, dan Zubaidah., 2008).

Azhar dan Handayani (2004) telah melakukan pemodelan berskala laboratorium untuk mengukur tahanan jenis beberapa sampel batubara dari Tambang Air Laya menggunakan konfigurasi Wenner-Schlumberger, dengan dasar pemikiran metode tahanan jenis telah banyak dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan eksplorasi lapisan dangkal. Metoda tahanan jenis merupakan metode geofisika yang dipakai untuk pengukuran tahanan jenis semu suatu medium. Pengukuran dengan konfigurasi schlumberger ini menggunakan 4 elektroda, masing-masing 2 elektroda arus dan 2 elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda tertentu, dapat ditentukan variasi harga hambatan jenis masing-masing lapisan di bawah titik ukur (titik sounding).

Berdasarkan letak (konfigurasi) elektroda, dikenal beberapa jenis konfigurasi resistivitas yaitu ; Konfigurasi Wenner, Konfigurasi Schlumberger Konfigurasi dipole-dipole, dan lain-lain. Masing-masing konfigurasi elektroda di atas memiliki kelebihan dan kekurangan. Oleh karena itu, sebelum dilakukan pengukuran harus terlebih dahulu diketahui dengan jelas tujuannya sehingga kita dapat memilih jenis konfigurasi yang cocok dan efisien untuk digunakan.

#### **2.3.2.2 Potensial Arus di permukaan**

Apabila terdapat dua Elektroda arus yang dibuat dengan jarak tertentu seperti gambar 11, potensial pada titik-titik dekat permukaan akan dipengaruhi oleh kedua elektroda arus tersebut.



**Gambar 2.6** Dua pasang elektroda arus dan potensial pada permukaan medium homogen isotropis dengan tahanan jenis  $\rho$  (Bahri, 2005)

Potensial pada titik P1 akibat elektroda arus C1 adalah (Reynolds, 1997 dalam Bahri, 2005) :

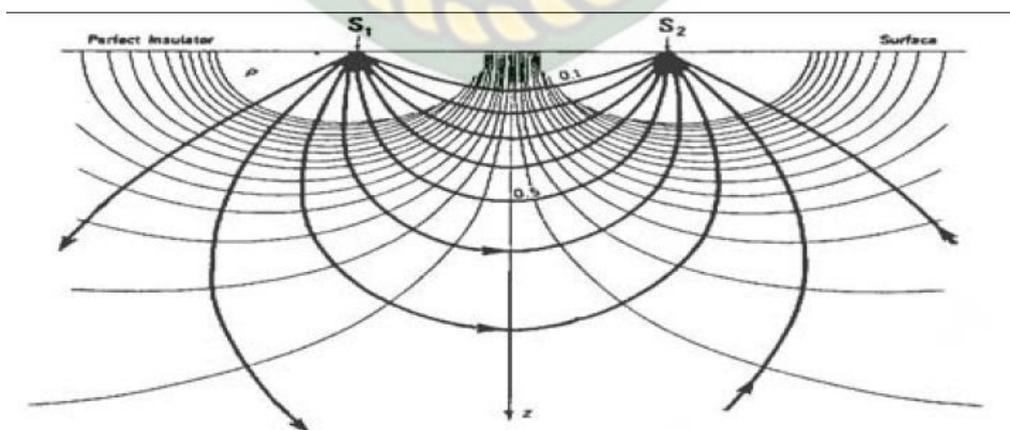
$$V_{11} = \left( \frac{I\rho}{2\pi} \right) \frac{1}{r_1} \quad (1)$$

Karena arus pada kedua elektroda sama dan berlawanan arah, maka potensial pada titik P2 akibat elektroda arus C2 dapat ditulis

$$V_{11} + V_{12} = \frac{I\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (2)$$

Sehingga potensial pada titik P1 akibat elektroda arus C1 dan C2 adalah,

$$\rho = k \frac{V}{I} \quad (3)$$



**Gambar 2.7** Pola aliran arus dan bidang ekipotensial antara dua elektroda arus dengan polaritas berlawanan (Sumber ; Bahri, 2005)

Dengan cara yang sama, potensial pada P2 akibat elektroda arus C1 dan C2 adalah ;

$$V_{21} + V_{22} = \frac{I\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (4)$$

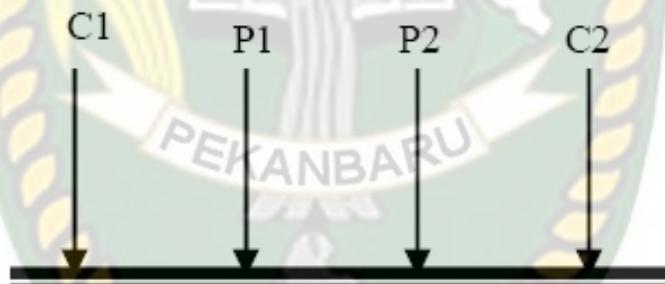
Akhirnya, beda potensial antara P1 dan P2 dapat ditulis sebagai ;

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (5)$$

Dari besarnya arus dan beda potensial yang terukur maka nilai resistivitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\rho = k \frac{V}{I} \quad (6)$$

Dengan  $K$  adalah factor geometri yang tergantung penempatan elektroda di permukaan.



**Gambar 2.8** Bentuk susunan elektroda pada survey geolistrik tahanan jenis (Sumber ; Bahri, 2005)

**Gambar 2.8** memperlihatkan elektroda yang digunakan pada penelitian ini dengan faktor geometri . Dengan ;

$$K = \frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right\}} = \frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{(y-x)} - \frac{1}{(y+x)} - \frac{1}{(y+x)} + \frac{1}{(y-x)} \right\}}$$

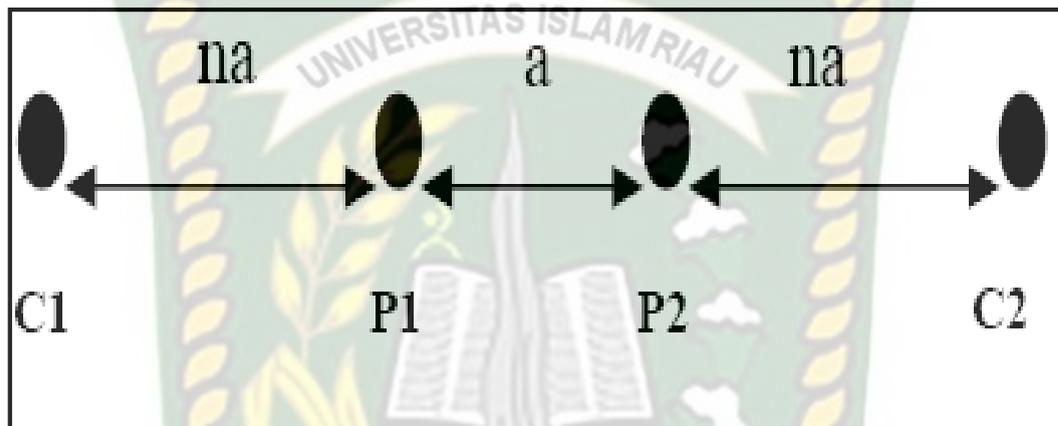
Dimana  $AB/2 = y$  dan  $MN/2 = x$ , karena  $y \gg x$ , maka  $K = \frac{\pi}{2x} (y^2 - x^2)$  sehingga,

$$K = \pi \left\{ \frac{(Ab/2)^2}{MN} - \frac{MN}{4} \right\} \quad (7)$$

$$\text{Sehingga, } \rho = \pi \left\{ \frac{(AB/2)^2}{MN} - \frac{MN}{4} \right\} \frac{\Delta V}{I} = \frac{\pi}{4} \left( \frac{AB - MN^2}{MN} \right) \frac{\Delta V}{I} \quad (8)$$

(Soengkono dan Hochstein, 1997 )

*Resistivitymeter* biasanya memberikan nilai resistansi  $R = V/I$ , sehingga nilai resistivitas dapat dihitung dengan persamaan (6).



**Gambar 2.9** Bentuk Konfigurasi yang digunakan pada penelitian  
(Sumber ; Bahri 2005)

### 2.3.2.3 Konfigurasi Wenner

Metode ini diperkenalkan oleh Wenner (1915). Konfigurasi Wenner merupakan salah satu konfigurasi yang paling sering digunakan dalam eksplorasi geolistrik. Mekanisme pengukuran yang digunakan adalah dengan memasang 4 (empat) elektroda yang terletak dalam satu garis dan simetris pada titik tengah. 38 Kemudian menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui elektroda arus, kemudian diukur kuat arus maupun beda potensial yang terjadi di permukaan bumi.

Dalam metode ini, elektroda dipasang dengan susunan jarak sama panjang,  $AM = MN = NB = a$ . Jarak antar elektroda arus adalah tiga kali jarak elektroda potensial. Jarak potensial dengan titik pengukuran adalah  $a/2$ , maka jarak masing-masing elektroda arus dengan titik pengukuran adalah  $3a/2$ .

Pengukuran resistivitas secara umum dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi dengan menggunakan dua elektroda arus ( $C_1$  dan  $C_2$ ),

dan pengukuran beda potensial dengan menggunakan dua elektroda tegangan ( $P_1$  dan  $P_2$ ).

Berikut persamaan untuk konfigurasi wenner ;

$$\rho_w = k \frac{\Delta V}{I}$$

K adalah faktor geometri yang bergantung pada penempatan elektroda di permukaan yang besarnya :

$$K_w = \frac{2\mu}{(1/AM - 1/BM) - (1/AN - 1/BN)}$$

dengan  $AM = MN = NB = a$ , Faktor geometri untuk konfigurasi *Wenner* adalah :

$$K_w = 2\mu a, \text{ dan } \rho_w = K_w R$$

#### 2.3.2.4 Resistivitas Batuan

Dari semua sifat fisika batuan dan mineral, resistivitas memperlihatkan variasi harga yang sangat banyak. Pada mineral-mineral logam, harganya berkisar pada  $10^{-8} \Omega m$  hingga  $10^7 \Omega m$ . Begitu juga pada batuan-batuan lain, dengan komposisi yang bermacam-macam akan menghasilkan range resistivitas yang bervariasi pula. Sehingga range resistivitas maksimum yang mungkin adalah dari  $1,6 \times 10^{-8}$  (perak asli) hingga  $10^{16} \Omega m$  (belerang murni).

Konduktor biasanya didefinisikan sebagai bahan yang memiliki resistivitas kurang dari  $10^{-8} \Omega m$ , sedangkan isolator memiliki resistivitas lebih dari  $10^7 \Omega m$ . Dan diantara keduanya adalah bahan semikonduktor.

Secara umum berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

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

Airtanah secara umum berisi campuran terlarut yang dapat menambah kemampuannya untuk menghantar listrik, meskipun air tanah bukan konduktor yang baik Variasi resistivitas material bumi ditunjukkan sebagai berikut :

Tabel 2.1 Variasi Material Bumi (Batuan) (Telford, 1974)

Bahan	Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )
Udara	~
Pirit	$3 \times 10^{-1}$
Galena	$2 \times 10^{-3}$
Kwarsa	$4 \times 10^{10}$ s.d. $2 \times 10^{-14}$
Kalsit	$1 \times 10^{12}$ s.d. $1 \times 10^{13}$
Batuan Garam	30 s.d. $1 \times 10^{13}$
Mika	$9 \times 10^{12}$ s.d. $1 \times 10^{14}$
Basalt	10 s.d. $1 \times 10^7$
Batuan Gamping	50 s.d. $1 \times 10^7$
Batuan Pasir	1 s.d. $1 \times 10^8$
Batuan Serpih	20 s.d. $1 \times 10^3$
Dolomit	$10^2$ s.d. $10^4$
Pasir	1 s.d. $10^3$
Lempung	1 s.d. $10^2$
Air Tanah	0,5 s.d. $3 \times 10^2$
Air Laut	0,2

#### 2.3.2.5 Geolistrik Tahanan Jenis

Geolistrik merupakan alat yang dapat diterapkan untuk beberapa metode geofisika, prinsip kerja metode ini adalah mempelajari aliran listrik di dalam bumi dan cara mendeteksinya di permukaan bumi. Dalam hal ini meliputi pengukuran potensial, arus, dan medan elektromagnetik yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat injeksi arus ke dalam bumi (buatan) (Wuryantoro, 2007).

Dari sekian banyak metode geofisika yang diterapkan dalam geolistrik, metode tahanan jenis adalah metode yang paling sering digunakan. Metode ini pada prinsipnya bekerja dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui dua elektroda arus sehingga menimbulkan beda potensial. Beda potensial yang terjadi diukur melalui dua elektroda potensial (Reynold, 1997). Hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda yang berbeda dapat digunakan untuk menurunkan variasi harga tahanan jenis lapisan dibawah titik ukur (sounding point).

Berdasarkan letak (konfigurasi) elektroda-elektroda arus dan potensialnya, dikenal beberapa jenis metode geolistrik tahanan jenis, antara lain metode Schlumberger, metode Wenner dan metode Dipole Sounding.

#### 2.3.2.6 Penyelidikan Airlindi Menggunakan Data Geolistrik

Penyelidikan airlindi menggunakan metode geolistrik didasarkan pada nilai tahanan jenis yang diperoleh. Nilai resistivitas yang diperoleh mencerminkan karakteristik dari tiap material yang ada di bawah permukaan. Penelitian terkait pendugaan distribusi air lindi dan dampaknya terhadap airtanah dengan menggunakan metode Electrical Resistivity Tomography (ERT) masih jarang dilakukan, padahal metode ERT sangat akurat dalam pendugaan distribusi air lindi (Loke, 2000). Metode ERT merupakan salah satu metode geolistrik yang dapat dilakukan untuk mengidentifikasi pencemaran airtanah berdasarkan nilai resistivity dari material penyusun. Resistivity material penyusun diperoleh dari pengolahan data ERT yang berupa data listrik injeksi dan beda potensial. Hasil pendugaan distribusi airlindi dengan metode ERT diharapkan dapat menjadi pertimbangan evaluasi pengelolaan sampah di TPA Airdingin termasuk untuk identifikasi pencemaran airtanah akibat airlindi.

Persebaran air lindi di bawah permukaan ditunjukkan oleh nilai resistivitas yang semakin rendah (Degueurce et al., 2016). Air lindi yang masuk ke dalam airtanah menyebabkan airtanah tersebut semakin konduktif, sehingga menghasilkan nilai resistivitas rendah dan DHL tinggi (Bernstone et al., 2000). Sementara itu, nilai resistivitas airtanah dalam kondisi normal (tidak mengalami pencemaran) yaitu 10-100  $\Omega$ meter (Loke, 2000). Berdasarkan penelitian lainnya yakni Chambers et al., (2006) yang berhasil mengidentifikasi pencemaran airtanah di daerah MidlandValley, Skotlandia dengan nilai resistivitas airtanah 2,2-9  $\Omega$ meter. Nilai resistivitas < 8  $\Omega$ meter menunjukkan airtanah sekitar TPA telah tercemar oleh air lindi (Casado et al., 2015).

Penelitian terkait sebaran airlindi yang dihasilkan oleh TPS juga dilakukan oleh Zulis erwanto dan Ahmad Afandi (2017). Penelitian tersebut menggunakan metode geolistrik dalam penyelidikan pengaruh rembesan airlindi berdasarkan metode geolistrik resistivitas terhadap kualitas airtanah di sekitar TPA Bulusan Banyuwangi. Untuk mendeteksi rembesan *leachate* dengan geolistrik resistivitas,

dimana nilai resistivitas air bersih (*fresh*) 10-100  $\Omega$ m. Metode yang digunakan adalah Konfigurasi Wenner (*Lateral Mapping*) dan Konfigurasi Schlumberger (*Vertical Sounding*). Analisis kualitas air tanah menggunakan metode STORET, Indeks Pencemaran (PI) dan Indeks Kualitas Air (IKA). Hasil yang diperoleh dalam penelitian tersebut ditemukan keberadaan lindi dengan nilai resistivitas 6,0  $\Omega$ m – 29,1  $\Omega$ m.

Letak akumulasi lindi hasil interpretasi Konfigurasi Wenner (*Mapping*) menyebar pada kedalaman dari 2,50 – 24,9 meter pada lapisan pasir *tuffaan* dan pasir *tuffaan* sedikit gravel dengan nilai resistivitas 6,0 – 29,1  $\Omega$ m. Pada metode Konfigurasi Schlumberger (*sounding*), letak akumulasi leachate terdapat pada kedalaman 57,5 – 69,2 meter yang diduga terjadinya intrusi air laut dan diindikasikan terdapatnya leachate dengan nilai resistivitas 0,0273  $\Omega$ m. Berdasarkan metode STORET, PI dan IKA pada radius 50, 100, dan 250 m dari lokasi TPA terindikasi tercemar ringan. Sedangkan untuk sample S3 radius 150 m dan S4 radius 200 m dari lokasi TPA kearah timur laut diindikasikan air tanah telah terkontaminasi oleh rembesan leachate dengan predikat Cemar Sedang sampai Buruk. Perlu adanya pengolahan air tanah menjadi air bersih sebagai bentuk penanggulangan pencemaran leachate terhadap air tanah.

### 2.3.3 Kualitas Airtanah

Air memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia, seperti garam garam, asam, beberapa jenis gas, dan banyak molekul organik sehingga air disebut pelarut universal. Air berada dalam kesetimbangan dinamis antara fase cair dan padat di bawah tekanan dan temperatur standar. (Hanafiah, A.K., 2012:99). Berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/MEN.KES/PER/IV/2010 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air yang disebut sebagai air minum adalah air yang melalui proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Sedangkan air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak.

Peraturan tersebut dibuat sebagai standar kualitas mutu air minum yang memenuhi syarat kesehatan dan mempunyai peranan penting dalam rangka quality control terhadap pemeliharaan kualitas air dan perlindungan kesehatan masyarakat. Dengan demikian, air yang digunakan sebagai kebutuhan air bersih sehari-hari sebaiknya tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbau, jernih, dan mempunyai suhu yang sesuai dengan standar yang ditetapkan sehingga menimbulkan rasa nyaman. Berikut syarat-syarat kualitas air.

### 2.3.3.1 Kandungan Unsur Dalam Air

Air hujan yang meresap ke bawah permukaan tanah dalam bentuk penelusan maupun peresapan, dalam perjalanannya membawa unsur-unsur kimia. Komposisi kimia air tanah ini memberikan beberapa pengaruh terhadap berbagai kegiatan pemanfaatannya seperti pertanian, industri maupun domestik. Komposisi zat terlarut dalam air tanah dapat dikelompokkan menjadi 4 (empat) kelompok (dalam Hadipurwo, 2006):

1. Unsur utama (major constituents), dengan kandungan 1,0-1000 mg/l, yakni ; natrium, kalsium, magnesium, bikarbonat, sulfat, klorida, silika.
2. Unsur sekunder (secondary constituents), dengan kandungan 0,01-10 mg/l, yakni besi, strontium, kalium, klorinat, nitrat, florida, boron.
3. Unsur minor (minor constituents), dengan kandungan 0,0001-0,1 mg/l, yakni atimon, aluminium, arsen, barium, brom, cadmium, krom, kobalt, tembaga, germanium, jodium, timbal, litium, mangan, molibdiunum, nikel, fosfat, rubidium, selenium, titanium, uranium, vanadium, seng.
4. Unsur langka (trace constituents), dengan kandungan biasanya kurang dari 0,001 mg/l, yakni berilium, bismut, cerium, cesium, galium, emas, indium, lanthanum, niobium, platina, radium, ruthenium, scandium, perak, thalium.

### 2.3.3.2 Klasifikasi Kualitas Airtanah

Kualitas air tanah ditentukan oleh tiga sifat utama, yaitu: sifat fisik, kimia, dan sifat biologi/bakteriologi.

#### A. Sifat Fisik

Sifat fisik antara lain warna, bau, rasa, kekentalan, kekeruhan, suhu (Hadipurwo, 2006).

1. Warna air tanah disebabkan oleh zat yang terkandung di dalamnya, baik berupa suspensi maupun terlarut.
2. Bau air tanah dapat disebabkan oleh zat atau gas yang mempunyai aroma yang terkandung dalam air.
3. Rasa air tanah ditentukan oleh adanya garam atau zat yang terkandung dalam air tersebut, baik yang tersuspensi maupun yang terlarut.
4. Kekentalan air dipengaruhi oleh partikel yang terkandung di dalamnya. Semakin banyak yang dikandung akan semakin kental. Di samping itu apabila suhunya semakin tinggi maka kekentalannya akan semakin kecil (encer).
5. Kekeruhan air disebabkan oleh adanya tidak terlarutkan zat yang dikandung. Sebagai contoh adalah adanya partikel lempung, lanau, juga zat organik ataupun mikroorganisme.
6. Suhu air juga merupakan sifat fisik dari air. Suhu ini dipengaruhi oleh keadaan sekeliling, seperti musim, cuaca, siang-malam, tempat ataupun lokasinya.

#### **B. Sifat Kimia**

Termasuk dalam sifat kimia adalah kesadahan, jumlah garam terlarut (total dissolved solids atau TDS), daya hantar listrik (electric conductance atau DHL), keasaman, dan kandungan ion.

##### **1. Kesadahan ( $\text{CaCO}_3$ )**

Kesadahan atau kekerasan (total hardness), adanya kandungan Ca dan Mg. Kesadahan ada dua macam, yaitu kesadahan karbonat dan kesadahan non karbonat. Kesadahan air yang tinggi dapat merugikan karena dapat merusak peralatan yang terbuat dari Besi melalui proses pengkaratan (korosi), juga dapat menimbulkan endapan atau kerak pada peralatan. Air dengan kesadahan tinggi menjadi sukar melarutkan sabun.

##### **2. Daya Hantar Listrik**

Daya Hantar Listrik adalah sifat menghantarkan listrik dari air. Air yang banyak mengandung garam akan mempunyai DHL tinggi. Pengukurannya dengan alat Electric Conductivity Meter (EC Meter), yang satuannya adalah mikromhos/cm atau  $\mu\text{mhos/cm}$  atau  $\mu\text{siemens/cm}$  sering ditulis  $\mu\text{S/cm}$ .

Air tanah pada umumnya mempunyai harga 100 - 5000  $\mu\text{mhos}$ . Besaran DHL dapat dikonversikan menjadi jumlah garam terlarut (mg/l), yaitu:  $10 \text{ m}^3 \mu\text{mhos/cm} = 640 \text{ mg/l}$  atau  $1 \text{ mg/l} = 1,56 \text{ mmhos/cm}$  ( $1,56 \mu\text{S/cm}$ ).

Hubungan antara harga DHL dengan jumlah garam yang terlarut secara tepat perlu banyak koreksi seperti temperatur pengukuran, maupun tergantung juga dengan jenis garam yang terlarut. Hubungan antara harga DHL dan macam air seperti terlihat **Tabel 2.2**.

**Tabel 2.2** Klasifikasi air berdasarkan harga DHL (Hadipurwo, 2006)

DHL (mmhos/cm pada 25°C)	Macam Air
0,055	Air Murni
0,5 – 5,0	Air Suling
5 – 30	Air Hujan
30 – 2000	Air Tanah
35000 – 45000	Air Laut

### 3. Keasaman Air

Keasaman air dinyatakan dengan pH, mempunyai besaran mulai dari 1-14. Air yang mempunyai pH 7 adalah netral, sedangkan yang mempunyai pH lebih besar/kecil dari 7 disebut bersifat basa/asam. Jadi air yang mengandung garam kalsium karbonat atau magnesium karbonat, bersifat basa (pH 7,5 - 8), sedangkan yang mempunyai harga pH < 7 adalah bersifat asam, sangat mudah melarutkan Fe, sehingga air yang asam biasanya mempunyai kandungan besi (Fe) tinggi. Pengukuran pH air di lapangan dilakukan dengan pH meter, atau kertas lakmus (Hadipurwo, 2006).

### 4. Kandungan Ion

Kandungan ion baik kation maupun anion yang terkandung di dalam air diukur banyaknya, biasanya dalam satuan part per million (ppm) atau mg/l. Ion-ion yang diperiksa antara lain Na, K, Ca, Mg, Al, Fe, Mn, Cu, Zn, Cl, SO<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, KMnO<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub>, boron, ion-ion logam yang biasanya jarang akan tetapi ion ini bersifat sebagai racun antara lain As, Pb, Sn, Cr, Cd, Hg, Co (Hadipurwo, 2006).

### 2.3.3.3 Penyelidikan Airlindi Berdasarkan Kualitas Airtanah

Penyelidikan kualitas airtanah menggunakan alat YSI. Data yang didapatkan berupa data pH, suhu, TDS dan konduktivitas airtanah. Dari data kualitas airtanah dapat menunjukkan adanya pencemaran dan gangguan terhadap kualitas airtanah, hal ini dapat dijadikan acuan sebagai indikasi adanya pencemaran oleh airlindi.

Limbah cair sampah (airlindi) diindikasikan banyak mengandung senyawa asam, basa dan garam. Senyawa-senyawa tersebut jika dilarutkan ke dalam air, dapat terpecah menjadi ion positif dan ion negatif, yang dinamakan elektrolit. Jika di dalam larutan elektrolit dimasukkan dua elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif dan kutub negatif sumber arus searah atau bolak-balik, maka dapat timbul medan listrik di antara kedua elektroda tersebut. Akibatnya ion positif bergerak ke elektroda negatif untuk mengambil elektron dari elektroda ini, dan ion negatif bergerak ke elektroda positif untuk menyerahkan elektron ke elektroda ini. Hal ini berarti bahwa di dalam larutan elektrolit terjadi konduksi muatan dari satu elektroda ke elektroda lainnya melalui pengangkutan ion-ion. Oleh karena itu airlindi akan menunjukkan nilai DHL yang tinggi. Sedangkan untuk nilai resistivitasnya akan cenderung lebih rendah.

### 2.3.4 Airlindi dan Tempat Pembuangan Sampah

#### 2.3.4.1 Pengertian Airlindi

Airlindi merupakan cairan yang dihasilkan dari resapan air melalui sampah yang mengandung unsur – unsur yang terlarut dan tersuspensi (Tchobanoglous, 1993). Secara umum airlindi terbentuk melalui tumpukan – tumpukan sampah yang kemudian dialiri oleh air hujan maupun air hasil pembusukan sampah tersebut yang kemudian dapat meresap ke dalam permukaan tanah dan menyebabkan terjadinya pencemaran airtanah.

Lindi terbentuk di setiap lokasi pembuangan sampah (Biehler dan Hagele, 1995). Terutama pada tempat pembuangan sampah dengan sistem terbuka (*Open dumping*). Lindi memiliki karakteristik tertentu, dikarenakan limbah yang dibuang pada lokasi pembuangan sampah berasal dari berbagai sumber yang berbeda dengan tipe limbah yang berbeda pula. Menurut Fadel *et al.* (1997), komposisi

air lindi tidak hanya dipengaruhi oleh karakteristik sampah (organik, anorganik), tetapi juga tingkat penguraian (larut/tidak larut), kondisi tumpukan sampah (suhu, pH, kelembaban, umur), karakteristik sumber air (kuantitas dan kualitas air yang dipengaruhi iklim dan hidrogeologi), komposisi tanah penutup, ketersediaan nutrient dan mikroba, serta kehadiran inhibitor.

Selain kuantitas, kualitas lindi juga penting diketahui dalam menentukan pengaruhnya yang potensial terhadap kualitas airtanah dangkal disekitarnya, hal ini dikarenakan kontaminan yang terbawa sangat beragam. Kontaminan yang terbawa di dalam lindi adalah tergantung pada komposisi sampahnya dan simultan aktifitas fisik, kimia dan biologi di dalam timbunan sampah.

#### **2.3.4.2 Pembentukan dan Karakteristik Airlindi**

Proses dekomposisi terjadinya lindi yaitu ketika terjadinya penumpukan sampah yang ditandai dengan adanya perubahan secara fisik, biologis, dan kimia pada sampah. Proses yang terjadi (Chen, 1975), yaitu ;

1. Penguraian biologis bahan organik secara aerob dan anaerob yang menghasilkan gas dan cairan.
2. Oksidasi kimiawi.
3. Pelepasan gas dari timbunan sampah.
4. Pelarutan bahan organik dan anorganik oleh air dan lindi yang melewati timbunan sampah.
5. Perpindahan materi terlarut karena gradien konsentrasi dan osmosis.
6. Penurunan permukaan yang disebabkan oleh pemadatan sampah yang mengisi ruang kosong pada timbunan sampah.

Salah satu hasil dari rangkaian proses diatas adalah terbentuknya lindi yang berupa cairan. Kuantitas lindi yang ditimbulkan oleh timbunan sampah padat pada suatu tempat pembuangan akhir (TPA) dipengaruhi oleh :

1. Presipitasi atau aliran permukaan yang berinfiltrasi kedalam timbunan.
1. Air tanah dari sumber lain yang bergerak dalam arah horizontal melalui tempat penimbunan.
2. Kandungan dari sampah itu sendiri.

3. Air dari proses dekomposisi bahan organik pada sampah.

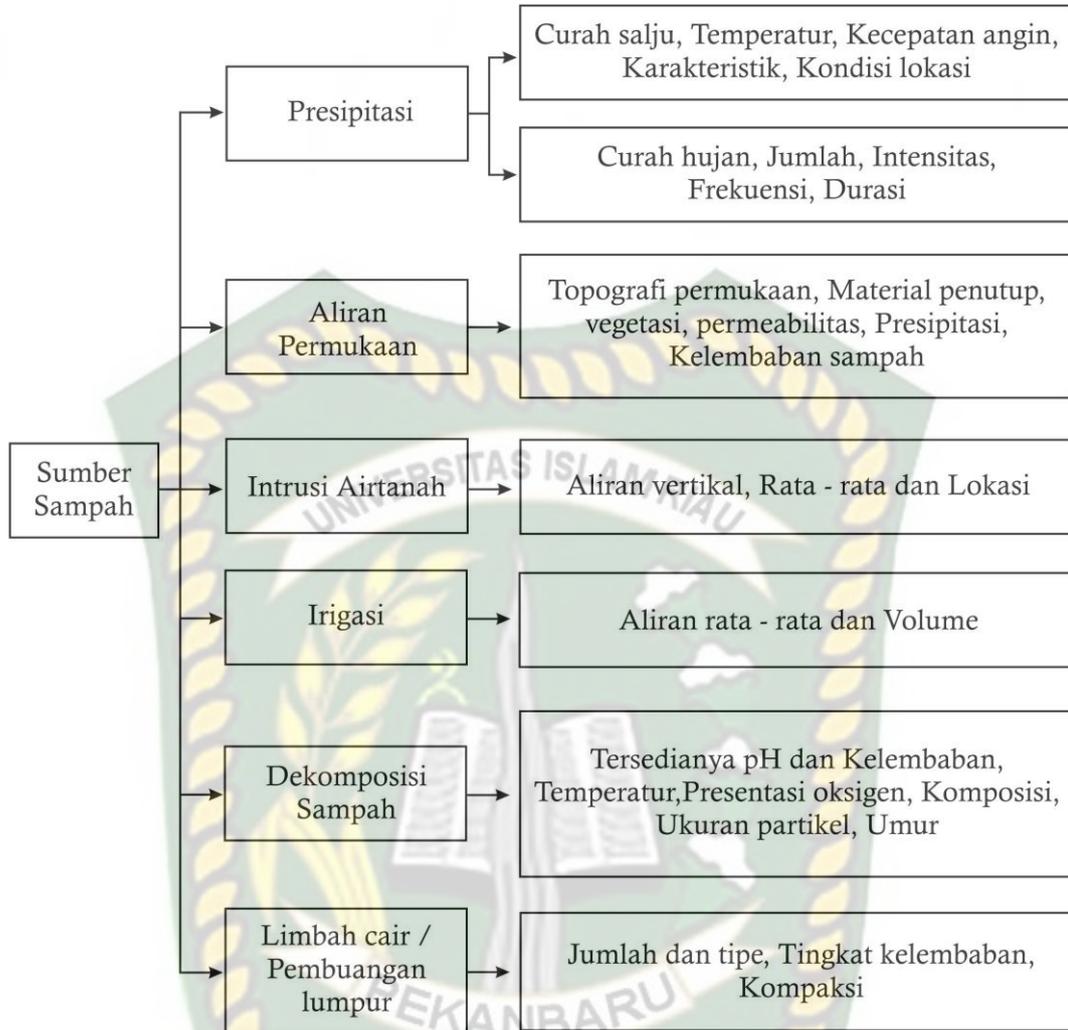
Karakteristik lindi sangat bervariasi tergantung dari proses dalam TPS yang meliputi proses fisik, kimiawi, dan biologis. Mikroorganisme di dalam sampah akan menguraikan senyawa yang terdapat dalam sampah menjadi senyawa organik yang sederhana. Sedangkan senyawa anorganik seperti besi dan logam lainnya yang dapat teroksidasi (Tchobanoglous, 1977).

Aktifitas didalam TPS umumnya mengikuti suatu pola tertentu. Karakteristik lindi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis dan golongan sampah yang dibuang, kontinuitas pembuangan, parameter kimia yang terdapat dalam sampah, mikrobial yang berperan, topografi lahan dan keseimbangan air di tempat pembuangan akhir (TPA) (Anonim, 1995). Tingkat pencemaran dari limbah domestik ditunjukkan pada **Tabel 2.3**.

**Tabel 2.3** Klasifikasi Tingkat Pencemaran dari Limbah Domestik

NO	Parameter	Tingkat Pencemaran		
		Berat	Sedang	Ringan
1	Padatan Total (mg / L)	1000	500	200
2	Bahan Padatan Terendapkan (ml / L)	12	8	4
3	BOD (mg / L)	300	200	100
4	COD (mg / L)	800	600	400
5	Nitrogen Total (mg / L)	85	50	25
6	Amonia nitrogen (mg / L)	30	30	15

Sumber : Rump & Krist (1992 dalam effendi, 2013)



**Gambar 2.10** Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Airlindi

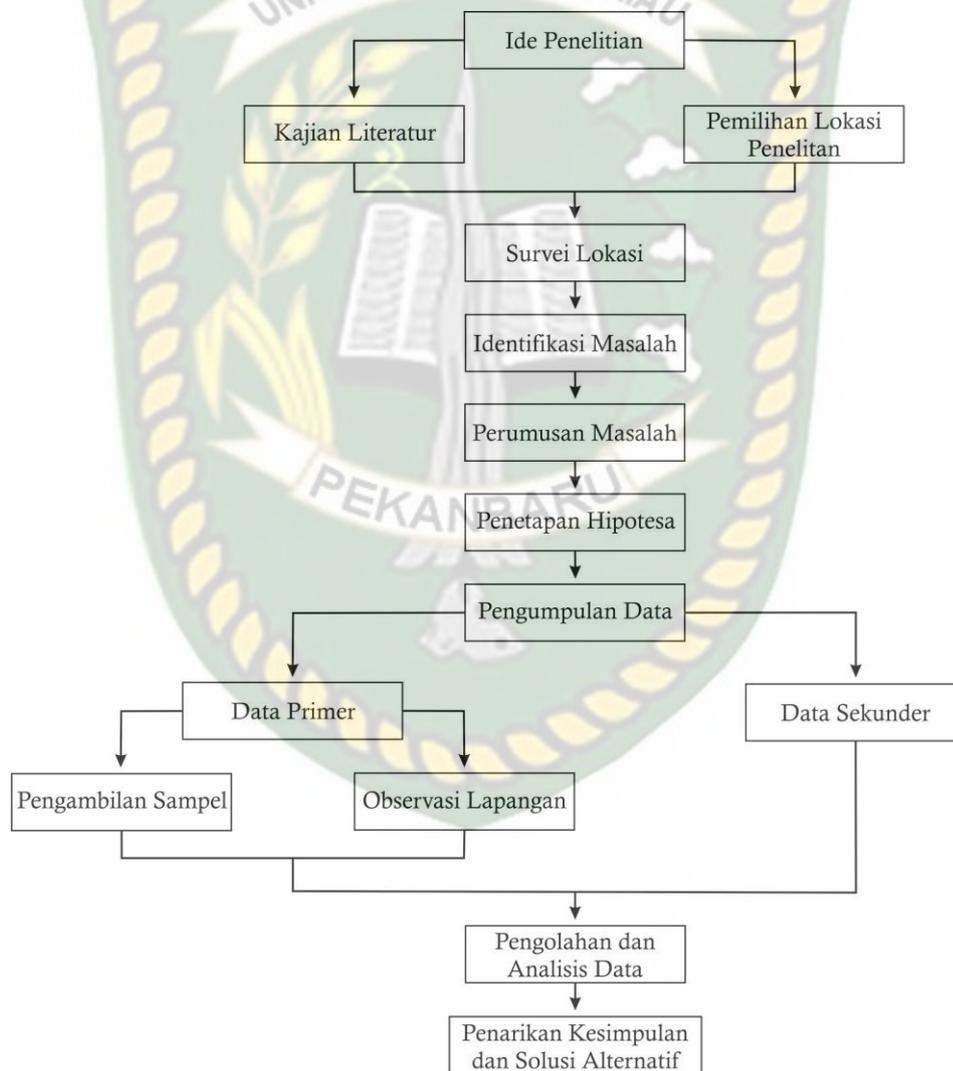
(Sumber : Qasim, 1994)

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian disusun sebagai pedoman dalam pelaksanaan penelitian agar permasalahan yang diambil sebagai ide penelitian dapat terselesaikan sesuai dengan tujuan penelitian. Kerangka penelitian disusun secara sistematis, untuk mengetahui langkah – langkah yang akan dilakukan saat penelitian hingga pembuatan laporan hasil penelitian.



Gambar 3.1 Alur Metodologi Penelitian

### 3.2 Hipotesa Penelitian

Hipotesis yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tempat pembuangan sampah airdingin menghasilkan airlindi yang meresap kebawah permukaan
2. Pembuangan sampah dilahan terbuka di TPS Airdingin mempengaruhi kualitas airtanah milik warga
3. Terdapat hubungan antara tingkat pencemaran airtanah dengan jarak sumber airtanah terhadap TPS. Semakin dekat jarak sumber airtanah dari TPS maka kontaminasinya semakin besar.
4. Pencemaran airlindi dibawah permukaan mengarah ke timurlaut daerah penelitian mengikuti arah aliran sungai.

### 3.3 Pendekatan Penelitian

Pendekatan yang digunakan adalah kuantitatif. Pendekatan kuantitatif merupakan pendekatan yang menggunakan proses data-data yang berupa angka sebagai alat menganalisis dan melakukan kajian penelitian, terutama mengenai apa yang sudah diteliti.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif merupakan penelitian ilmiah yang sistematis terhadap bagian – bagian, fenomena dan hubungannya yang bertujuan untuk mengembangkan dan menggunakan model – model matematis, teori dan hipotesis yang berkaitan dengan fenomena alam. Metode penelitian ini menggunakan metode survei, pengambilan data dilapangan yang berupa data *sounding* alat geolistrik, pemboran menggunakan *hand auger*, pengukuran tinggi muka airtanah dan pengambilan sampel airtanah, kemudian dianalisis di laboratorium. Tahapan selanjutnya yaitu interpretasi menggunakan data – data yang diperoleh di lapangan dan laboratorium menggunakan perhitungan matematis.

### 3.4 Variabel Penelitian

Variabel adalah karakteristik yang dapat diamati dari suatu objek dan dapat memberikan beranekaragam nilai dan beberapa kategori. Variabel penelitian terbagi dua yaitu, variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel

yang memberi pengaruh terhadap variabel terikat dalam suatu penelitian. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah posisi titik pengambilan sampel dan jarak titik pengambilan sampel airtanah dari TPS Airdingin.

Sedangkan variabel terikat adalah variabel yang mendapat pengaruh dari variabel bebas. Variabel terikat merupakan variabel utama dalam suatu penelitian. Pada penelitian ini variabel terikat yang identifikasi adalah sebaran pencemaran airlindi dan kualitas airtanah yaitu, nilai pH, Suhu airtanah, nilai TDS dan Konduktivitas airtanah.

**Tabel 3.1** Variabel Penelitian

NO	VARIABEL BEBAS	VARIABEL TERIKAT			
1	Sebaran Nilai Resistivitas	Sebaran Pencemaran Airlindi			
2	Jarak Titik Pengambilan Sampel	Kualitas Airtanah			
		pH	Suhu	TDS	Konduktivitas
3	Posisi Pengambilan Sampel				

### 3.5 Data- data yang Digunakan

Data merupakan keterangan atau catatan tentang kumpulan fakta, angka, grafik, tabel, kata, dan gambar yang menyatakan sesuatu pemikiran, objek, serta kondisi dan situasi. Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data primer, dan data sekunder, yaitu sebagai berikut :

1. Data Primer
  - a. Data geolistrik berupa nilai resistivitas bawah permukaan hingga kedalaman 12,5 m.
  - b. Data pemboran menggunakan *hand auger*
  - c. Data tinggi muka airtanah
  - d. Kualitas airtanah dari sumur warga sekitar TPS Airdingin

2. Data Sekunder

a. Litologi bawah permukaan

b. Peta Pola Aliran

**3.6 Tahap Analisis dan Interpretasi Data**

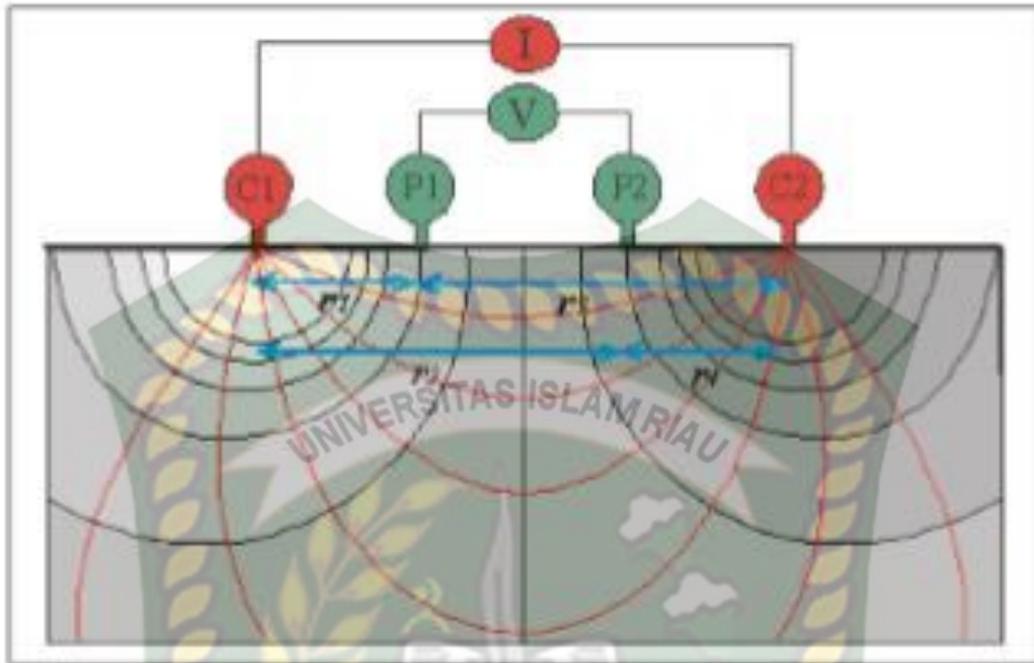
**3.6.1 Analisis data Geolistrik**

Data geolistrik yang digunakan merupakan data primer yang diambil menggunakan alat geolistrik. Data yang dihasilkan berupa nilai resistivitas dibawah permukaan. Dari analisis data geolistrik dapat diketahui kondisi bawah permukaan, termasuk litologi penyusun, identifikasi lapisan *aquifer* dan pencemaran airlindi dibawah permukaan dengan melakukan interpretasi data resistivitas yang dihasilkan.

**3.6.1.1 Pengambilan Data**

Pengambilan data geolistrik menggunakan konfigurasi Wenner dengan spasi 2 meter antar elektroda. Konfigurasi Wenner merupakan salah satu konfigurasi dalam eksplorasi Geofisika 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 tapi lemah terhadap penetrasi arus terhadap kedalam. Susunan elektroda konfigurasi Wenner dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.

Pengukuran dilapangan dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik ke permukaan tanah, kemudian diukur nilai beda potensial listrik (V) dan kuat arus listrik (I). Sehingga dapat diperoleh nilai resistivitas di bawah permukaan bumi. Penelitian menggunakan 32 elektroda, pengambilan data dilakukan pada 3 titik (FL01, FL02, FL03) sehingga menghasilkan bentang maksimum dari setiap line adalah 62 meter. Pengambilan data menggunakan ketentuan line 1 dan line 2 searah dengan arah aliran sungai, dan line lainnya diambil tegak lurus terhadap line 1 dan line 2, sehingga diharapkan akan menemukan arah pencemaran airlindi dibawah permukaan.



**Gambar 3.2** Susunan elektroda konfigurasi Wenner (Loke & Barker, 1996)

### 3.6.1.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan program RES2DINV. Program RES2DINV adalah program komputer yang akan secara otomatis menghitung tahanan jenis (resistivitas) lapisan bawah tanah dengan data yang diperoleh dari pengukuran geolistrik. Data yang didapatkan adalah kurva perolehan nilai resistivitas dalam bentuk 2D. Kurva tersebut didapatkan dengan memasukkan data kuat arus ( $I$ ) dan beda potensial ( $V$ ) sehingga menghasilkan data ketebalan atau kedalaman masing – masing lapisan. Untuk menentukan jenis dan lapisan geologi bawah permukaan diperoleh dengan mencocokkan nilai resistivitas sebenarnya hasil perhitungan dengan nilai harga tahanan listrik berbagai material batuan. Program ini dapat digunakan untuk beberapa konfigurasi yaitu konfigurasi *Schlumberger*, *Wenner*, *Wenner-Schlumberger*, *pole-pole*, dan lain sebagainya.

### 3.6.1.3 Interpretasi Data

Interpretasi data dapat dilihat dengan membaca hasil kurva sounding yang terdapat pada program RES2DINV. Pertama identifikasi jenis batuan pada hasil penggambaran aplikasi RES2DINV, ditentukan oleh nilai resistivitas batumannya.

Hal ini disebabkan oleh perbedaan resistivitas setiap batuan yang dapat digunakan sebagai acuan dalam membaca keadaan bawah permukaan tanah pada timbunan tubuh bendungan. Dimana, nilai resistivitas semakin rendah akan menandakan semakin tinggi kadar air yang terkandung dalam lapisan batuan tersebut. Hal ini pula dapat digunakan sebagai dasar penentuan posisi dan arah rembesan air. Adapun acuan yang digunakan sebagai penentu jenis batuan menggunakan tabel resistivitas semu batuan menurut Telford, 1974.

### 3.6.2 Analisis Data Pemboran

Data pemboran yang digunakan merupakan data primer yang diambil menggunakan *hand auger*. Data yang dihasilkan berupa sampel material dibawah permukaan. Dari analisis data pemboran dapat diketahui kondisi bawah permukaan, termasuk litologi penyusun, identifikasi lapisan penyimpan air dan pencemaran air di bawah permukaan dengan material bawah permukaan yang didapat. Data pemboran diperlukan untuk mendukung interpretasi data geolistrik dengan mendapatkan secara langsung sampel material penyusun bawah permukaan.

#### 3.6.2.1 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pada pagi hari menggunakan alat *hand auger*. Pemboran dilakukan pada satu titik bor, yaitu perpotongan antara garis survei dua dan garis survei tiga. Penentuan titik sampel berdasarkan data geolistrik. Pemboran dilakukan secara manual dengan kedalaman mencapai tiga meter. Proses pengambilan sampel dilakukan setiap kedalaman satu meter, kemudian diangkat ke permukaan menggunakan mata bor berdiameter 10 cm. Sampel yang telah diambil kemudian dikemas dan disusun berdasarkan kedalaman, untuk melihat perubahan jenis material penyusun bawah permukaan di daerah penelitian.

#### 3.6.2.2 Pengolahan dan Interpretasi Data

Sampel data bor yang didapatkan berupa material penyusun bawah permukaan dengan kedalaman mencapai tiga meter. Sampel tersebut kemudian dideskripsikan berdasarkan perbedaan sifat fisik (*fasies*) material tersebut. Pemerian tersebut dilakukan setelah sampel berhasil diangkat ke permukaan. Sebelum pemerian

tersebut, terlebih dahulu pada saat pemboran dilakukan beberapa pencatatan seperti kondisi sampel, kondisi pada kedalaman tertentu dan pencatatan kedalaman sampel.

Hasil dari pemerian sampel kemudian ditampilkan kedalam *log* pemboran. Data yang ditampilkan dalam *log* pemboran adalah jenis material penyusun berdasarkan kedalaman, kondisi sampel, kandungan air di kedalaman tertentu, dan tinggi muka airtanah pada titik bor. Hasil data bor kemudian dikorelasikan dengan *log* dari nilai resistivitas untuk menggambarkan material penyusun di bawah permukaan.

### **3.6.3 Analisis Arah Aliran Airtanah Dangkal**

Analisis arah aliran airtanah diperlukan untuk pendugaan arah distribusi airlindi. Data yang diperoleh merupakan data primer yang didapat dari pengukuran di lapangan. Data yang diukur berupa Tinggi Muka airtanah disekitar TPA sampah Airdingin. Data tinggi muka airtanah selanjutnya akan digunakan untuk membuat jejaring atau peta arah aliran airtanah (*flownet*). Dari pengolahan data tersebut akan menghasilkan peta kontur airtanah dan arah alirannya.

#### **3.6.3.1 Pengambilan Data**

Analisis arah aliran airtanah didaerah penelitian dilakukan dengan membuat peta kontur airtanah (peta isofreatik). Peta kontur airtanah didapatkan dari hasil pengukuran tinggi muka airtanah. Pengukuran tinggi muka airtanah di daerah penelitian dilakukan pada Sembilan titik sumur galian yang tersebar merata dari TPS Airdingin. Hal tersebut dikarenakan peneliti ingin mengetahui pengaruh arah aliran airtanah dan sebaran airlindi berdasarkan aliran airtanah yang melewati TPS Airdingin. Pengukuran dilapangan, menggunakan alat ukur panjang berupa meteran sepanjang 50 m dan GPS (*global positioning system*). Pengukuran yang dilakukan adalah kedalaman sumur, tinggi muka airtanah dari permukaan, elevasi sumur dan koordinat sumur.

#### **3.6.3.2 Pengolahan dan Interpretasi Data**

Data yang diolah merupakan data yang diukur langsung di lapangan. Data yang diperlukan dalam pembuatan peta kontur airtanah adalah elevasi dan koordinat titik pengukuran, kedalaman sumur dan tinggi muka airtanah dari permukaan. Data

tersebut kemudian dimasukkan kedalam table dan simpan dalam format excel. Data excel tersebut kemudian dimasukkan dan diolah menggunakan perangkat lunak Surfer 13. Data yang dimasukkan kedalam perangkat lunak surfer adalah elevasi dan koordinat titik pengukuran, selisih tinggi muka airtanah dengan elevasi sehingga menghasilkan kontur dengan ketinggian muka airtanah. Setelah peta kontur airtanah didapatkan, selanjutnya adalah tahap interpretasi data.

Interpretasi dilakukan dengan membaca arah aliran airtanah yang dihasilkan dari peta. Pembacaan arah aliran airtanah didasarkan pada pola kontur dan skala warna yang dihasilkan dari perangkat lunak Surfer 13. Tahapan selanjutnya adalah menggambarkan arah aliran airlindi mengikuti arah aliran airtanah yang memotong TPS Airdingin.

#### **3.6.4 Analisis Kualitas Airtanah**

Analisis Kualitas airtanah pada daerah penelitian merupakan data primer yang didapat dari pengukuran di lapangan. Data yang dihasilkan dari analisis kualitas airtanah diperlukan untuk mengetahui pengaruh keberadaan TPS Airdingin terhadap kualitas airtanah disekitar kawasan TPS Airdingin, terkait pada posisi rembesan dan arah pencemaran airlindi yang dihasilkan oleh TPS tersebut.

Data yang diukur adalah beberapa parameter kualitas airtanah. Data yang didapatkan dilapangan berupa sampel airtanah dari beberapa titik uji, yang kemudian dilakukan pengukuran beberapa parameter kualitas airtanah di laboratorium.

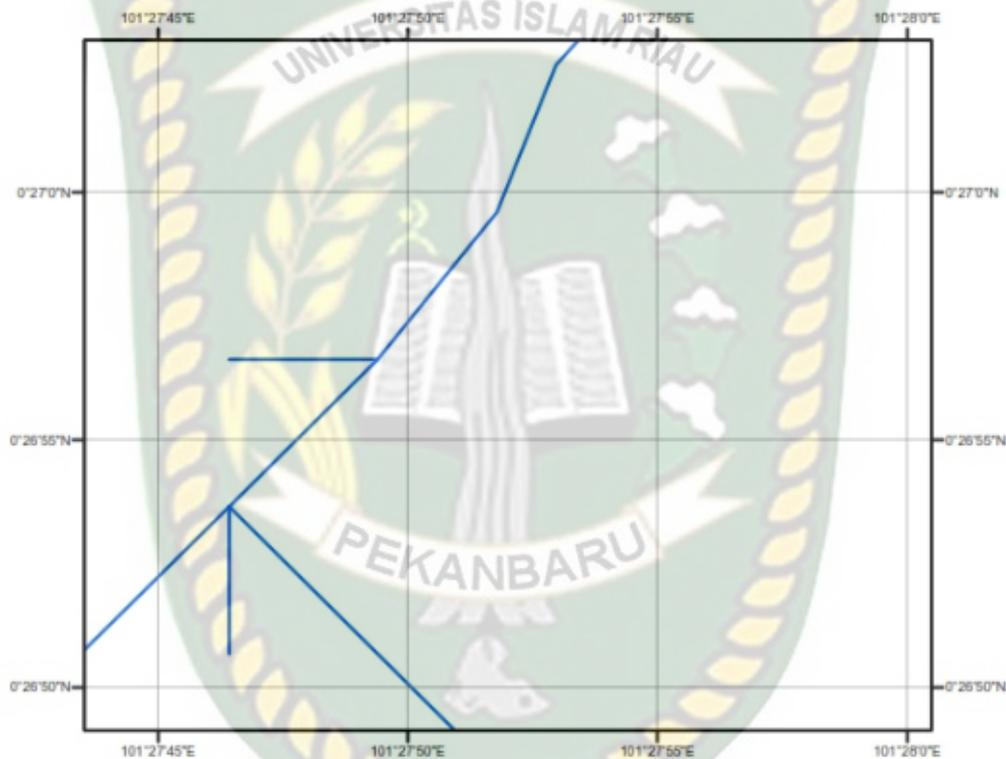
##### **3.6.4.1 Pengambilan Data**

Pengambilan data untuk analisis kualitas airtanah dilakukan dalam dua tahapan, tahapan awal dan tahapan lanjut. Pengambilan sampel di lapangan adalah sampel airtanah yang diambil langsung dari sumur uji dan kemudian dikemas dalam wadah berupa botol berukuran 1500 ml. Botol yang menjadi wadah penyimpanan sampel airtanah sebelumnya dibersihkan dengan air yang berasal dari titik uji tersebut.

Pengambilan sampel dalam tahapan awal dilakukan pada enam titik sampel. Penentuan titik sampel tersebut berdasarkan keperluan (*purpose sampling*), yaitu

berada di empat arah dari TPS Airdingin, satu sampel airlindi dan satu sampel yang berasal dari sumur yang berada dalam area TPS.

Sedangkan Pengambilan sampel dalam tahapan lanjut dilakukan pada tujuh titik sampel berdasarkan pola aliran di daerah penelitian. Penentuan titik sampel dilakukan searah dengan pergerakan arah aliran air dari peta pola aliran, yang mengarah ke timurlaut daerah penelitian. Pengambilan sampel dilakukan demikian untuk mengetahui pengaruh pencemaran airlindi terhadap airtanah.



**Gambar 3.3** Peta Pola Aliran Sungai  
(sumber peta srtm)

Pengambilan sampel airtanah diukur dengan kedalaman yang sama pada beberapa titik sampel, yang masih berada pada *aquifer* yang sama, yaitu *aquifer* tidak tertekan (*unconfined aquifer*) dengan kedalaman kurang dari 40 meter. Dikarenakan kemungkinan terbesar pencemaran kontaminasi airlindi berada pada airtanah dangkal. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode *purpose sampling* yang berfokus pada target penelitian untuk menggambarkan arah pencemaran airlindi dan pengaruh pencemarannya terhadap kualitas airtanah. Metode *purpose sampling* adalah metode pengambilan sampel yang berdasar pada

suatu pertimbangan tertentu seperti karakteristik yang sudah diketahui sebelumnya. Adapun kriteria pemukiman yang akan dijadikan sampel adalah :

- a. Sampel yang diambil berada dalam radius cakupan penelitian
- b. Sampel bersumber dari airtanah sumur gali warga
- c. Kedalaman sumber airtanah yang dijadikan sampel diambil pada kedalaman lapisan penyimpan air (*aquifer*) yang sama

#### 3.6.4.2 Pengolahan dan Analisis Data

Penilaian tingkat pencemaran airlindi terhadap kualitas airtanah melibatkan 2 tahapan, yaitu pengukuran Tinggi Muka Airtanah (TMA) dan analisa kualitas airtanah menggunakan beberapa parameter **Tabel 3.1**.

Hasil dari pengukuran Tinggi Muka Airtanah akan digunakan untuk mengetahui arah pencemaran airtanah, dikarenakan rembesan airlindi akan mengalir searah mengikuti arah aliran airtanah (Grisey et.al., 2016). Sedangkan analisa kualitas airtanah menggunakan beberapa parameter fisik yang tercantum pada baku mutu air yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintahan RI Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Penyajian data dijabarkan dengan grafik hubungan antara setiap parameter yang dianalisis dengan jarak titik pengeambilan sampel dari TPA sampah. Kemudian dianalisis untuk menentukan daerah aman pencemaran.

Selanjutnya untuk menduga pengaruh sampah TPA terhadap kualitas airtanah dilakukan pendugaan dengan analisis statistika sehingga sehingga dapat ditentukan daerah aman dari pencemaran. Analisis yang digunakan yaitu analisis regresi, berikut persamaan regresi linear sederhana yang digunakan (Harinaldi, 2005) :

$$Y_i = aX_i + b$$

Dimana :

$Y_i$  = Data Kualitas Air

$a$  = Kemiringan

$X_i$  = Jarak (m)

$b$  = Konstanta

Untuk menghitung Koefisien Korelasi (r) dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Harinaldi, 2005) :

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

Dimana :

r = Koefisien Korelasi

n = Banyaknya Sampel

### 3.6.5 Analisis Sebaran Airlindi

Analisis sebaran airlindi merupakan tahapan akhir dan merupakan tujuan dilakukannya penelitian. Analisis sebaran airlindi dilakukan untuk mengetahui pengaruh keberadaan TPS Airdingin terhadap kualitas airtanah disekitarnya. Keberadaan TPS Airdingin merupakan salah satu tempat penghasil airlindi yang dapat mencemari kualitas airtanah disekitarnya, terlebih daerah sekitar TPS merupakan daerah padat pemukiman. Dalam analisis sebaran airlindi terdapat beberapa target yang ingin dicapai yaitu, untuk mengetahui arah sebaran airlindi, kedalaman distribusi airlindi, dan pengaruhnya terhadap kualitas airtanah disekitar TPS Airdingin.

Analisis sebaran airlindi menggunakan korelasi beberapa data (**Tabel 3.2**).

**Tabel 3.2** Data yang digunakan dalam Analisis Sebaran Airlindi

NO	DATA YANG DIGUNAKAN	HASIL ANALISIS
1	Data Geolistrik	Tabel 2D dan Log Profil Nilai Resistivitas
2	Data Pemboran	Log Pemboran
3	Data Tinggi Muka Airtanah	Peta Isofreatik Airtanah
4	Data Kualitas Airtanah	Nilai Kualitas Airtanah

Untuk mendapatkan pencemaran airlindi secara vertikal digunakan data geolistrik untuk mengetahui keberadaan airlindi dari nilai resistivitas material bawah permukaan. Nilai resistivitas juga dapat mencerminkan keberadaan dan pola

pencemaran airlindi. Berikutnya data pemboran digunakan untuk mengetahui komposisi penyusun dan kondisi bawah permukaan pada kedalaman tertentu. Data log pemboran digunakan untuk membantu interpretasi data geolistrik.

Data TMA dan kualitas airtanah digunakan untuk mengetahui arah sebaran airlindi (pencemaran horizontal). Data TMA menghasilkan peta isofreatik yang diperlukan untuk mengetahui arah aliran airtanah dan arah aliran airlindi. Berikutnya data kualitas airtanah untuk mengetahui pengaruh keberadaan TPS Airdingin terhadap kualitas airtanah dan untuk mendapatkan lokasi yang telah tercemar oleh airlindi.



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab hasil penelitian dan pembahasan berisikan hasil dari penelitian tiap garis survei geolistrik menggunakan metode wenner, tinggi muka airtanah, kualitas airtanah melalui analisis laboratorium menggunakan alat *YSI*, dan data log pemboran menggunakan *hand auger*.

Data survei geolistrik kemudian dianalisis dengan metode resistivitas 2D menggunakan perangkat lunak *Res2Dinv*, hasil analisis kemudian diinterpretasi berdasarkan ketentuan - ketentuan yang berlaku dan dikorelasikan dengan log pemboran sebagai data pendukung atau penguat bukti interpretasi lapisan penyusun daerah penelitian. Berikutnya data tinggi muka airtanah dan kualitas airtanah akan digunakan sebagai dasar untuk mengetahui arah aliran airtanah dan potensi arah sebaran airlindi serta pengaruh dari keberadaan TPS terhadap kualitas airtanah di pemukiman masyarakat sekitar TPS.

Keempat data tersebut kemudian dikorelasikan untuk mencapai tujuan penelitian terkait arah sebaran airlindi dan pengaruhnya terhadap kualitas airtanah disekitar TPS. Hasil dari korelasi data kemudian dibahas dan dijelaskan pada BAB IV yang bertujuan untuk memudahkan pembaca dalam memahami hasil interpretasi.

#### 4.1 Ketersediaan Data

Analisis hasil penelitian didapat dari empat jenis data, yaitu data perhitungan nilai resistivitas, tinggi muk airtanah, kualitas airtanah dan log hasil pemboran. Ketersediaan data berupa perhitungan nilai resistivitas terdiri dari tiga garis survei, data tinggi muka airtanah dari 9 sumur galian, data kualitas airtanah terdiri dari 6 sampel sumur bor, 7 sampel sumur galian, dan satu data log pemboran. Ketersediaan data untuk lebih detailnya dapat dilihat pada tabel dibawah (**Tabel 4.1**).

**Tabel 4.1** Ketersediaan Data Penelitian

NO	KETERSEDIAAN DATA	
	GEOLISTRIK (GS)	PANJANG KABEL (m)
1	GS 1	62 m
	GS 2	62 m
	GS 3	62 m
2	KUALITAS AIRTANAH (KA) pH, SUHU (°C), TDS (mg/L), KONDUKTIVITAS (µS/cm)	
	SUMUR BOR	SUMUR GALIAN
	KA 1	KA 1
	KA 2	KA 2
	KA 3	KA 3
	KA 4	KA 4
	KA 5	KA 5
	KA 6	KA 6
-	KA 7	
3	TINGGI MUKA AIRTANAH (TMA)	
	TMA 1	1,20 m
	TMA 2	0,72 m
	TMA 3	2,10 m
	TMA 4	1 m
	TMA 5	1,20 m
	TMA 6	4,30 m
	TMA 7	4,25 m
	TMA 8	4,70 m
	TMA 9	2 m
4	LOG PEMBORAN (LP)	KEDALAMAN (m)
	LP 1	3 m

## 4.2 Analisis Geolistrik Daerah Penelitian

Pengolahan data geolistrik daerah penelitian dilakukan menggunakan perangkat lunak Res2DInv untuk mendapatkan model penampang kondisi bawah permukaan berdasarkan nilai resistivitas. Model resistivitas yang dihasilkan berbentuk penampang 2D dengan skala warna dan nilai resistivitas, bergantung pada respon dari lapisan – lapisan tanah dan batuan dibawah permukaan. Nilai resistivitas didapat sesuai dengan karakteristik dari material yang terdapat di daerah penelitian. Dari hasil pengukuran tiga garis survei di daerah penelitian, Tempat Pembuangan Sampah Kelurahan Airdingin, Kecamatan Bukitraya, Provinsi Riau, didapatkan nilai resistivitas 82,4Ωm - 68735 Ωm.



**Gambar 4.1** Lokasi Garis Survei Resistivitas

### 4.2.1 Analisis Geolistrik Garis Survei Satu (GS1)

Garis survei satu berada pada TPA sampah Airdingin. Pengukuran dilakukan tepat diatas timbunan sampah pada koordinat N 00° 26' 58.54" / E 101° 27' 51.88" – N 00° 26' 57.03" / E 101° 27' 50.30". Pengambilan data menggunakan konfigurasi Wenner, panjang lintasan 62 meter dengan spasi 2 meter. Nilai resistivitas yang didapat pada lintasan 1 yaitu 26,1 ohm – 91770 ohm dengan kedalaman mencapai 9,60 meter.

Model penampang resistivitas dari lintasan 1 menunjukkan berbagai warna yaitu, variasi warna biru, warna hijau, warna kuning hingga *orange*, dan warna merah hingga ungu tua. Setiap warna memiliki nilai resistivitas berbeda tergantung dari respon material bawah permukaan dan hasil analisis perangkat lunak Res2DInv sesuai dengan karakteristik dari material yang terkandung pada lintasan 1.

Nilai resistivitas yang sudah didapat digolongkan kedalam tiga kelompok, yaitu nilai resistivitas dengan nilai yang rendah, nilai resistivitas dengan nilai yang menengah, dan nilai resistivitas dengan nilai yang tinggi. Nilai resistivitas dengan nilai yang rendah memiliki nilai 26,1  $\Omega$ m hingga 269  $\Omega$ m, nilai resistivitas dengan nilai yang menengah memiliki nilai 269  $\Omega$ m hingga 2775  $\Omega$ m, sedangkan nilai resistivitas yang tinggi memiliki nilai 2775  $\Omega$ m hingga 91770  $\Omega$ m.

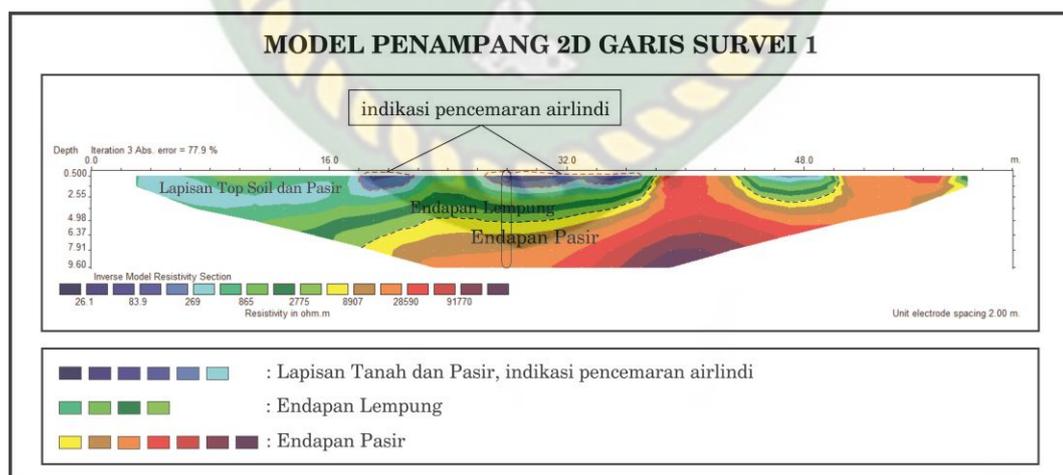
Lapisan berwarna birutua hingga biru muda memiliki nilai resistivitas 21,6  $\Omega$ m – 269  $\Omega$ m merupakan nilai resistivitas untuk pasir, kerikil dan lempung, ditemukan pada kedalaman 0 m – 3 m. Lapisan tersebut merupakan lapisan yang mengandung air. selanjutnya lapisan berwarna hijau muda ke hijau tua dengan nilai resistivitas antara 865  $\Omega$ m – 2775  $\Omega$ m diinterpretasikan sebagai endapan lempung, ditemukan pada kedalaman 0,5 m – 6,37 m. Lapisan berikutnya memiliki nilai resistivitas yang tinggi antara 8907  $\Omega$ m - 91770  $\Omega$ m diinterpretasikan sebagai endapan pasir, ditemukan dari kedalaman 0,5 m – 9,60 m.

**Tabel 4.2** Rangkuman Hasil Interpretasi Model Penampang GS 1

Kedalaman (m)	Skala Warna	Nilai Resistivitas ( $\Omega$ m)	Jenis Batuan / Material
0 - 3		26,1 - 269	Lapisan Tanah dan Pasir yang Mengandung Air
0,5 - 6,37		269 - 2775	Endapan Lempung
0,5 - 9,60		2776 - 91770	Endapan pasir

Endapan pasir ditemui pada kedalaman 0m – 3m dan juga ditemui kembali dibawah endapan lempung. Namun kedua pasir tersebut memiliki karakteristik yang berbeda, hal tersebut didasarkan pada nilai resistivitas pasir yang tinggi, sehingga lapisan pasir yang terletak pada lapisan ke tiga setelah lapisan lempung yaitu endapan pasir kering.

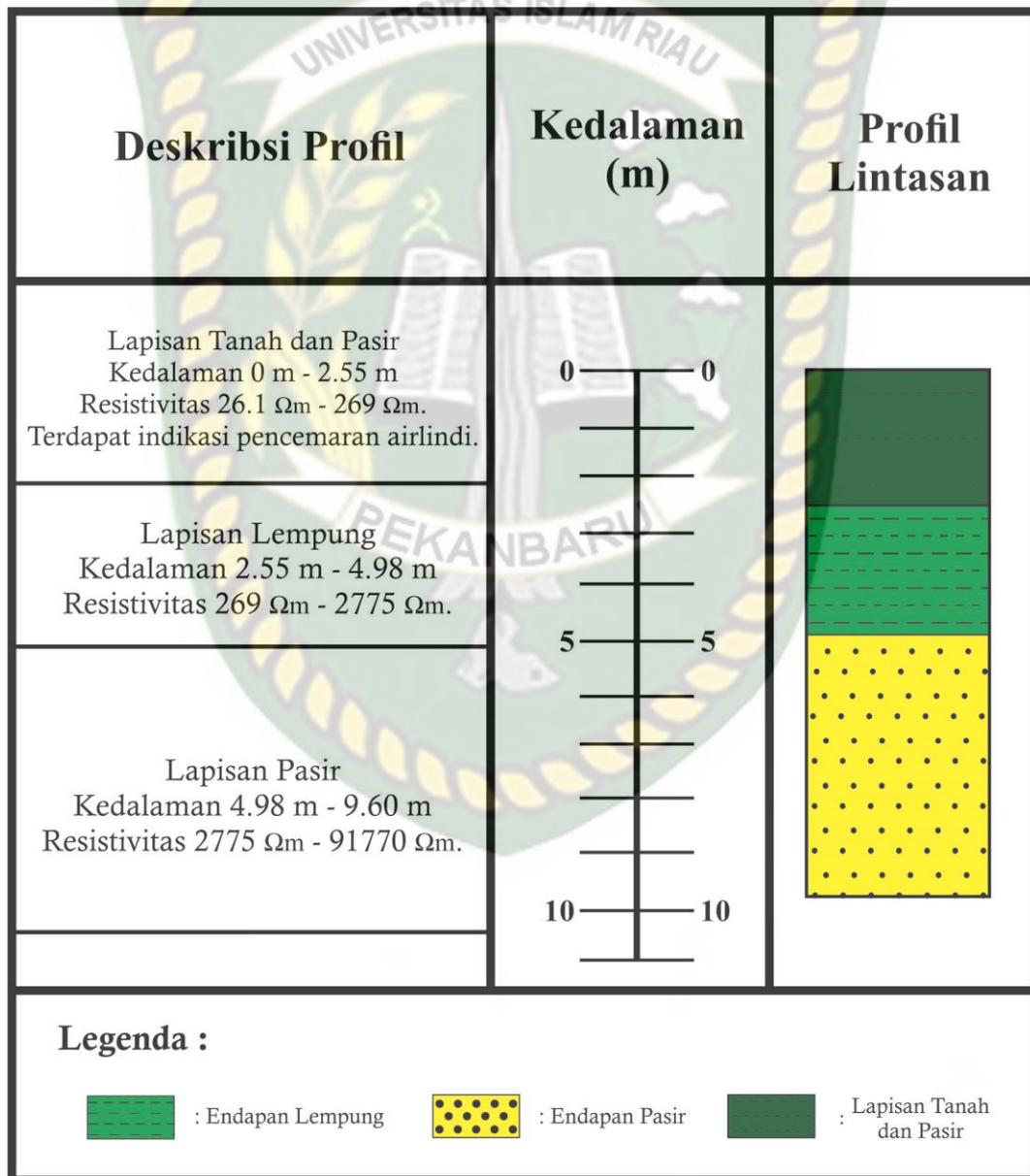
Lapisan yang berpotensi menjadi *aquifer* (penyimpan air) terdeteksi pada elektroda 2 hingga elektroda 19 yang menunjukkan citra biru – hijautua dengan kedalaman mencapai 7,91 meter. Untuk airtanah ditemukan hingga kedalaman 5 meter dengan nilai resistivitas 26,1 ohm – 269 ohm. Pencemaran airlindi diperkirakan berada pada jarak 18 – 20 meter dengan nomor elektroda 9 – 10 dan pada jarak 27 – 32 meter dengan nomor elektroda 14 – 16, dikarenakan terdapat anomali pada nilai resistivitas di jarak tersebut. Nilai resistivitas air adalah 0,5 – 300 ohm (Telford, 1973), dengan kualitas airtanah yang semakin baik jika nilai resistivitasnya lebih tinggi. Untuk jangka panjang, lapisan pasir yang berada pada kedalaman 2 meter – 7,91 meter yang diinterpretasikan sebagai lapisan *aquifer* pada daerah penelitian juga berpotensi tercemar oleh airlindi yang dihasilkan oleh TPS Airdingin. Hal ini dikarenakan batupasir memiliki porositas yang membuatnya baik menjadi *aquifer* dan tentu saja mudah untuk menerima dan menyimpan rembesan airlindi.



**Gambar 4.2** Model Penampang 2D Garis Survei Satu

Pada penampang garis survei satu (GS1) dibuatkan profil resistivitas. Profil resistivitas diambil pada panjang penampang ke 28 m (elektroda 14), dengan

kedalaman kurang lebih 9,60 m. Profil resistivitas GS1 diinterpretasikan terdiri dari tiga lapisan, yaitu lapisan tanah dan pasir berada di kedalaman 0 – 2,55 m dengan nilai resistivitas 26,1  $\Omega\text{m}$  – 269  $\Omega\text{m}$ , lapisan lempung di kedalaman 2,55 m – 4,98 m dengan nilai resistivitas 269  $\Omega\text{m}$  – 2775  $\Omega\text{m}$ , dan lapisan pasir pada kedalaman 4,98 m – 9,60 m dengan nilai resistivitas 2775  $\Omega\text{m}$  – 91770  $\Omega\text{m}$ . Pada profil resistivitas GS1 diinterpretasikan keberadaan potensi pencemaran airlindi berada pada kedalaman hingga 2,55 m dengan nilai resistivitas 21,6  $\Omega\text{m}$  – 269  $\Omega\text{m}$ . Profil resistivitas GS1 dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.3 Profil Garis Survei 1

#### 4.2.2 Analisis Geolistrik Garis Survei Dua (GS2)

Garis Survei Dua berada pada TPA sampah Airdingin. *Running* data pada lintasan kedua dilakukan diantara tumpukan sampah dan tanah yang merupakan rawa gambut. Lintasan kedua berada pada koordinat N 00° 26' 46.45" / E 101° 27' 39.52" – N 00° 27' 00.21" / E 101° 27' 53.72". Pengambilan data mengguakan konfigurasi Wenner, panjang lintasan 62 meter dengan spasi 2 meter. Nilai resistivitas yang didapat pada lintasan 2 yaitu 82,4 ohm – 36669 ohm dengan kedalaman mencapai 9,60 meter.

Model penampang resistivitas dari lintasan 2 menunjukkan berbagai warna yaitu, variasi warna biru, warna hijau, warna kuning hingga *orange*, dan warna merah hingga ungu tua. Setiap warna memiliki nilai resistivitas berbeda tergantung dari respon material bawah permukaan dan hasil analisis perangkat lunak Res2DInv sesuai dengan karakteristik dari material yang terkandung pada lintasan 2.

Nilai resistivitas yang sudah didapat digolongkan kedalam tiga kelompok, yaitu nilai resistivitas dengan nilai yang rendah, nilai resistivitas dengan nilai yang menengah, dan nilai resistivitas dengan nilai yang tinggi. Nilai resistivitas dengan nilai yang rendah memiliki nilai 82,4  $\Omega$ m hingga 471  $\Omega$ m, nilai resistivitas dengan nilai yang menengah memiliki nilai 471  $\Omega$ m hingga 2687  $\Omega$ m, sedangkan nilai resistivitas yang tinggi memiliki nilai 2687  $\Omega$ m hingga 36669  $\Omega$ m.

Lapisan berwarna birutua hingga biru muda memiliki nilai resistivitas 82,4  $\Omega$ m – 471  $\Omega$ m diinterpretasikan sebagai lapisan tanah dan pasir yang mengandung air, ditemukan pada kedalaman 0 m – 3 m. Selanjutnya lapisan berwarna hijau muda ke hijau tua diinterpretasikan sebagai resistivitas endapan lempung dengan nilai resistivitas antara 471  $\Omega$ m – 2687 ohm, ditemukan pada kedalaman 0,7 m – 9,60 m. Lapisan berikutnya dengan warna kuning hingga ungu memiliki nilai resistivitas 2687  $\Omega$ m - 36669  $\Omega$ m ditemukan pada kedalaman 0,5 m – 9,60 m diinterpretasikan sebagai resistivitas endapan pasir. Endapan pasir ditemui pada kedalaman 0m – 3m dan juga ditemui kembali dibawah endapan lempung. Namun kedua pasir tersebut memiliki karakteristik yang berbeda, hal tersebut didasarkan pada nilai resistivitas pasir yang tinggi, sehingga lapisan pasir yang terletak pada lapisan ke tiga setelah lapisan lempung yaitu endapan pasir kering.

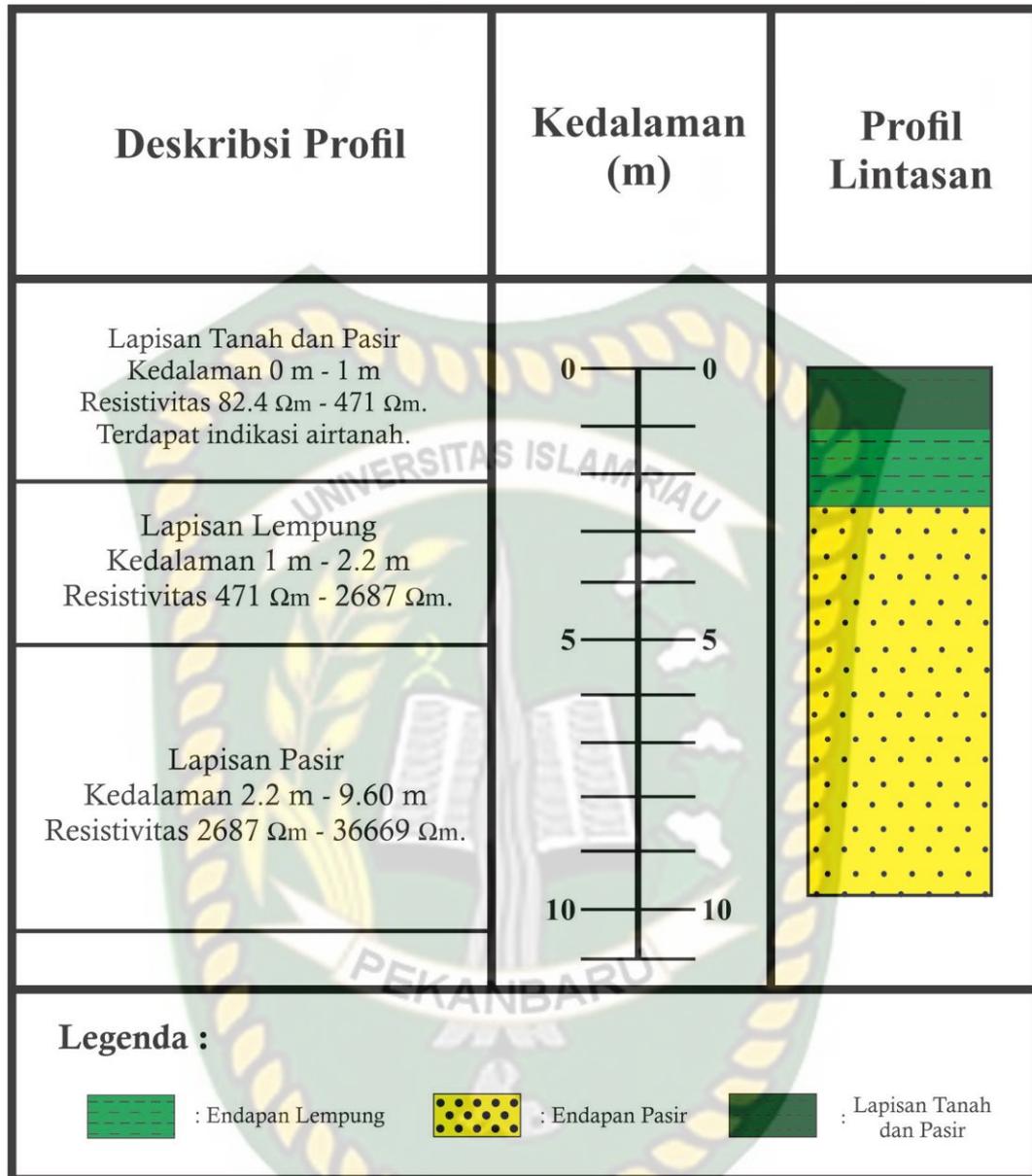
**Tabel 4.3** Rangkuman Hasil Interpretasi Model Penampang GS2

Kedalaman (m)	Skala Warna	Nilai Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )	Jenis Batuan / Material
0 - 3		82,4 - 471	Lapisan Tanah dan Pasir yang Mengandung Air
0,7 - 9,60		471 - 2687	Endapan Lempung, Endapan Pasir yang Mengandung Air
0,5 - 9,60		2687 - 36669	Endapan Pasir

Lapisan yang berpotensi menjadi *aquifer* (penyimpan air) terdeteksi pada jarak 2 m hingga 60 m ( elektroda 1 – 30 ) yang menunjukkan citra biru – hijautua dengan kedalaman mencapai 9,60 m pada rentang jarak 30 m - 34 m ( elektroda 15 – 17 ). Untuk airtanah diindikasikan dengan nilai resistivitas 82,4  $\Omega\text{m}$  hingga 197  $\Omega\text{m}$  yang ditemukan tersebar merata sepanjang lintasan 2 dengan kedalaman mencapai 3 meter.

Airtanah sudah ditemukan pada kedalaman 0,3 meter, namun disebagian daerah pada lintasan kedua ini sudah ditemukan air dipermukan tanah. Dari nilai resistivitas tidak ditemukan anomali yang menjadi indikasi ditemukannya rembesan airlindi. Berdasarkan nilai resistivitas terendah (82,4  $\Omega\text{m}$ ) dapat diinterpretasikan kualitas airtanah pada daerah tersebut yang relatif baik.





**Gambar 4.5** Profil Garis Survei 2

#### 4.2.3 Analisis Geolistrik Garis Survei Tiga (GS3)

Garis Survei Tiga berada pada TPA sampah Airdingin. Pengukuran tidak dilakukan diatas timbunan sampah melainkan diatas tanah berawa. Lintasan ketiga diambil tegak lurus memotong jalur lintasan dua, dilakukan demikian bertujuan untuk mengetahui arah rembesan dan sebaran pencemaran airlindi. Lintasan 3 berada pada koordinat N 00° 26' 58.90" / E 101° 27' 53.91" – N 00° 26' 59.64" / E 101° 27' 52.23". Pengambilan data mengguakan konfigurasi Wenner, panjang lintasan

62 meter dengan spasi 2 meter. Nilai resistivitas yang didapat pada lintasan 3 yaitu 228  $\Omega\text{m}$  – 24713  $\Omega\text{m}$  dengan kedalaman mencapai 9,60 meter.

Model penampang resistivitas dari lintasan 3 menunjukkan berbagai warna yaitu, variasi warna biru, warna hijau, warna kuning hingga *orange*, dan warna merah hingga ungu tua. Setiap warna memiliki nilai resistivitas berbeda tergantung dari respon material bawah permukaan dan hasil analisis perangkat lunak Res2DInv sesuai dengan karakteristik dari material yang terkandung pada lintasan 3.

Nilai resistivitas yang sudah didapat digolongkan kedalam tiga kelompok, yaitu nilai resistivitas dengan nilai yang rendah, nilai resistivitas dengan nilai yang menengah, dan nilai resistivitas dengan nilai yang tinggi. Nilai resistivitas dengan nilai yang rendah memiliki nilai 228  $\Omega\text{m}$  hingga 870  $\Omega\text{m}$ , nilai resistivitas dengan nilai yang menengah memiliki nilai 870  $\Omega\text{m}$  hingga 3319  $\Omega\text{m}$ , sedangkan nilai resistivitas yang tinggi memiliki nilai 3319  $\Omega\text{m}$  hingga 24713  $\Omega\text{m}$ .

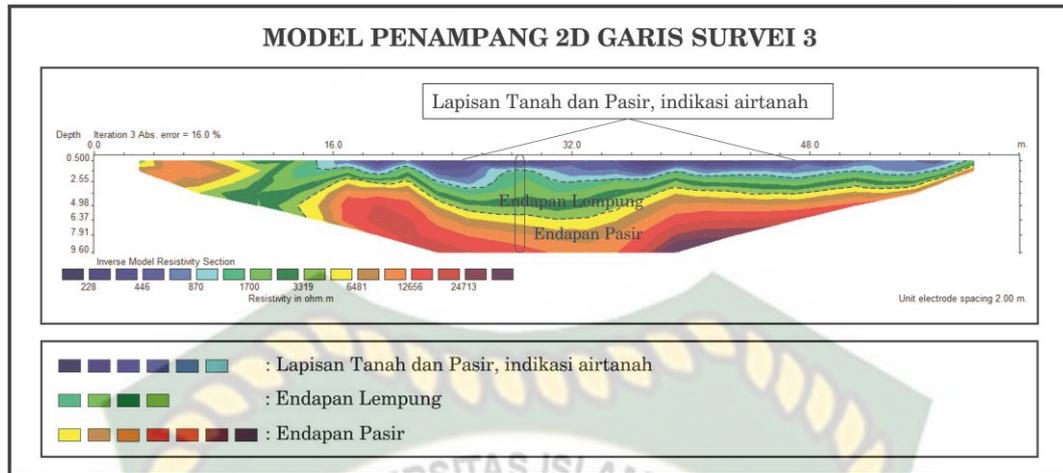
Lapisan berwarna birutua hingga biru muda dengan nilai resistivitas 228  $\Omega\text{m}$  – 870  $\Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai lapisan tanah dan pasir yang mengandung air, ditemukan pada kedalaman 0 m – 3 m. selanjutnya lapisan berwarna hijaumuda ke hijautua dengan nilai resistivitas antara 1700  $\Omega\text{m}$  – 3319  $\Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai endapan lempung, ditemukan merata pada kedalaman 2 m hingga 6,37 m. Dan dapat dimukan mulai dari kedalaman 0,6 m pada jarak 7 m – 14 m (elektroda 3 - 7). Lapisan berikutnya berwarna kuning hingga ungutua dengan nilai resistivitas antara 6481  $\Omega\text{m}$  – 24713  $\Omega\text{m}$  ditemukan merata pada kedalaman 2,55 m hingga 9,60 m, dan dikedalaman yang lebih dangkal 0,6 m pada jarak 3 m – 10 m (elektroda 2 - 5). Diinterpretasikan sebagai endapan pasir. Endapan pasir ditemui pada kedalaman 0m – 3m dan juga ditemui kembali dibawah endapan lempung. Namun kedua pasir tersebut memiliki karakteristik yang berbeda, hal tersebut didasarkan pada nilai resistivitas pasir yang tinggi, sehingga lapisan pasir yang terletak pada lapisan ke tiga setelah lapisan lempung yaitu endapan pasir kering.

**Tabel 4.4** Rangkuman Hasil Interpretasi Model Penampang GS3

Kedalaman (m)	Skala Warna	Nilai Resistivitas ( $\Omega m$ )	Jenis Batuan / Material
0 - 3		228 - 870	Lapisan Tanah dan Pasir yang Mengandung Air
0,6 - 6,37		1700 - 3319	Endapan Lempung
0,6 - 9,60		6481 - 24713	Endapan Pasir

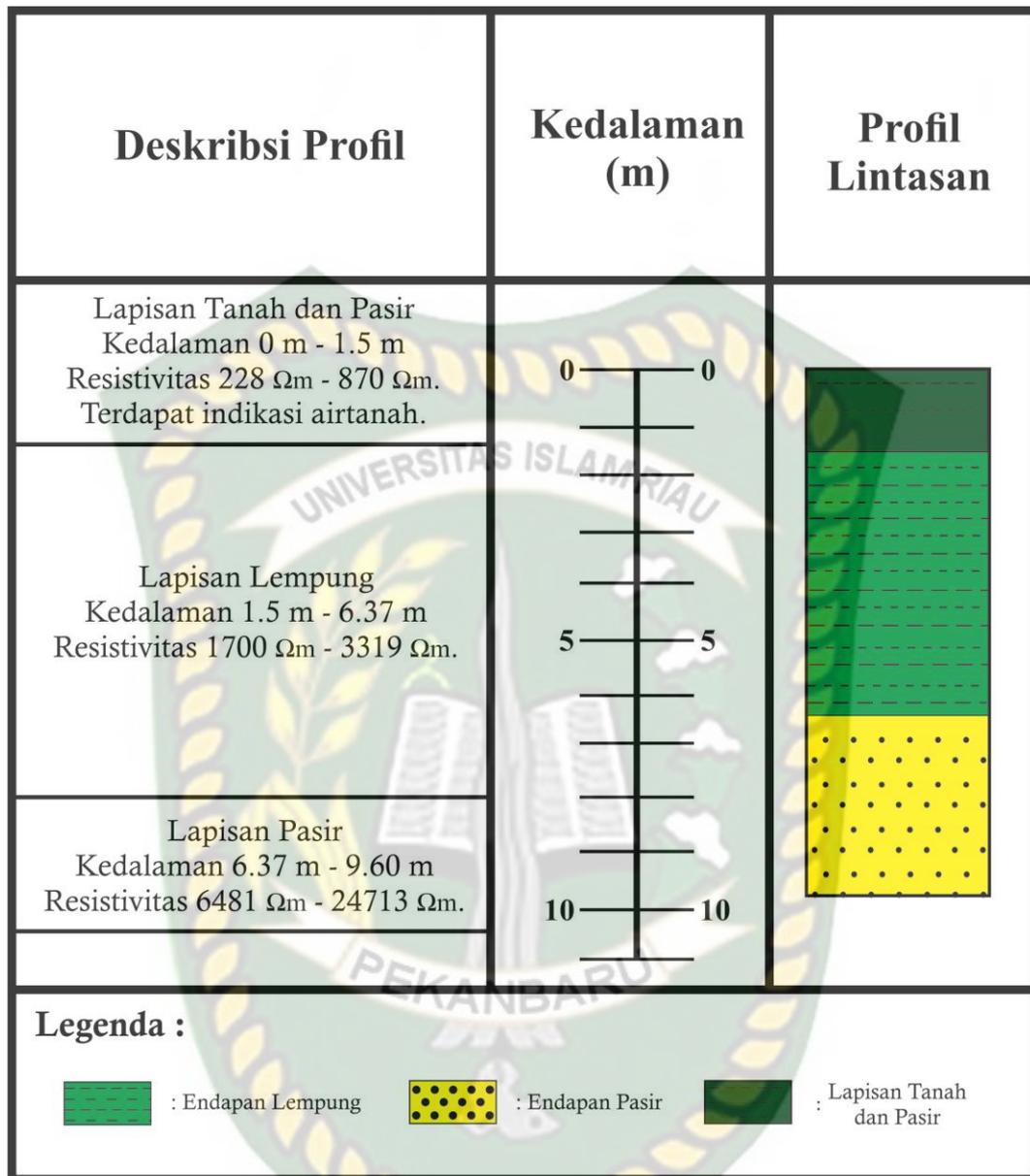
Airtanah ditemukan pada jarak 16 meter – 60 meter (elektroda 8 - 30). Potensi airtanah yang terlihat dari lintasan tiga menunjukkan kualitas air yang baik. Sementara yang menjadi lapisan *aquifer* adalah batupasir sama seperti yang ditemukan ada lintasan 1 dan 2. Lapisan yang diinterpretasikan sebagai *aquifer* dapat ditemukan pada kedalaman 3 meter hingga 9,60 meter dengan persebaran merata sepanjang lintasan.

Pada lintasan 3 tidak ditemukannya anomali nilai resistivitas yang menjadi indikasi adanya rembesan airlindi. Airtanah pada lintasan tersebut diinterpretasikan memiliki nilai resistivitas 228  $\Omega m$  dan dapat ditemukan mulai dari kedalaman 0,3 meter. Namun lapisan yang berada pada titik akhir lintasan masih berpotensi terkena rembesan airlindi dikarenakan posisinya yang berdekatan dengan lokasi yang diinterpretasikan terkena kontaminasi airlindi pada lintasan 1. Dengan demikian untuk jangka panjang, lapisan batupasir yang diinterpretasikan sebagai lapisan *aquifer* pada daerah penelitian juga berpotensi tercemar oleh airlindi yang dihasilkan oleh TPS Airdingin. Hal ini dikarenakan endapan pasir memiliki porositas yang membuatnya baik menjadi *aquifer* dan tentu saja mudah untuk menerima dan menyimpan rembesan airlindi.



**Gambar 4.6** Model Penampang 2D Garis Survei Tiga

Pada penampang garis survei tiga (GS3) dibuatkan profil resistivitas. Profil resistivitas diambil pada jarak 28 m (elektroda 14), dengan kedalaman mencapai 9,60 m. Profil resistivitas GS3 diinterpretasikan terdiri dari tiga lapisan, yaitu lapisan tanah dan pasir berada di kedalaman 0 m – 2,2 m dengan nilai resistivitas 228  $\Omega$ m – 870  $\Omega$ m, lapisan lempung di kedalaman 2,2 m – 6 m dengan nilai resistivitas 870  $\Omega$ m – 3319  $\Omega$ m, dan lapisan pasir pada kedalaman 6 m – 9,60 m dengan nilai resistivitas 3319  $\Omega$ m – 24713  $\Omega$ m. Pada profil resistivitas GS3 terdapat indikasi airtanah pada kedalaman hingga 2,2 m. Selanjutnya diinterpretasikan keberadaan airtanah berada pada lapisan pasir sebagai *aquifer* berada pada kedalaman 6 m, dengan nilai resistivitas 3319  $\Omega$ m – 24713  $\Omega$ m. Profil resistivitas GS3 dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.7 Profil Garis Survei 3

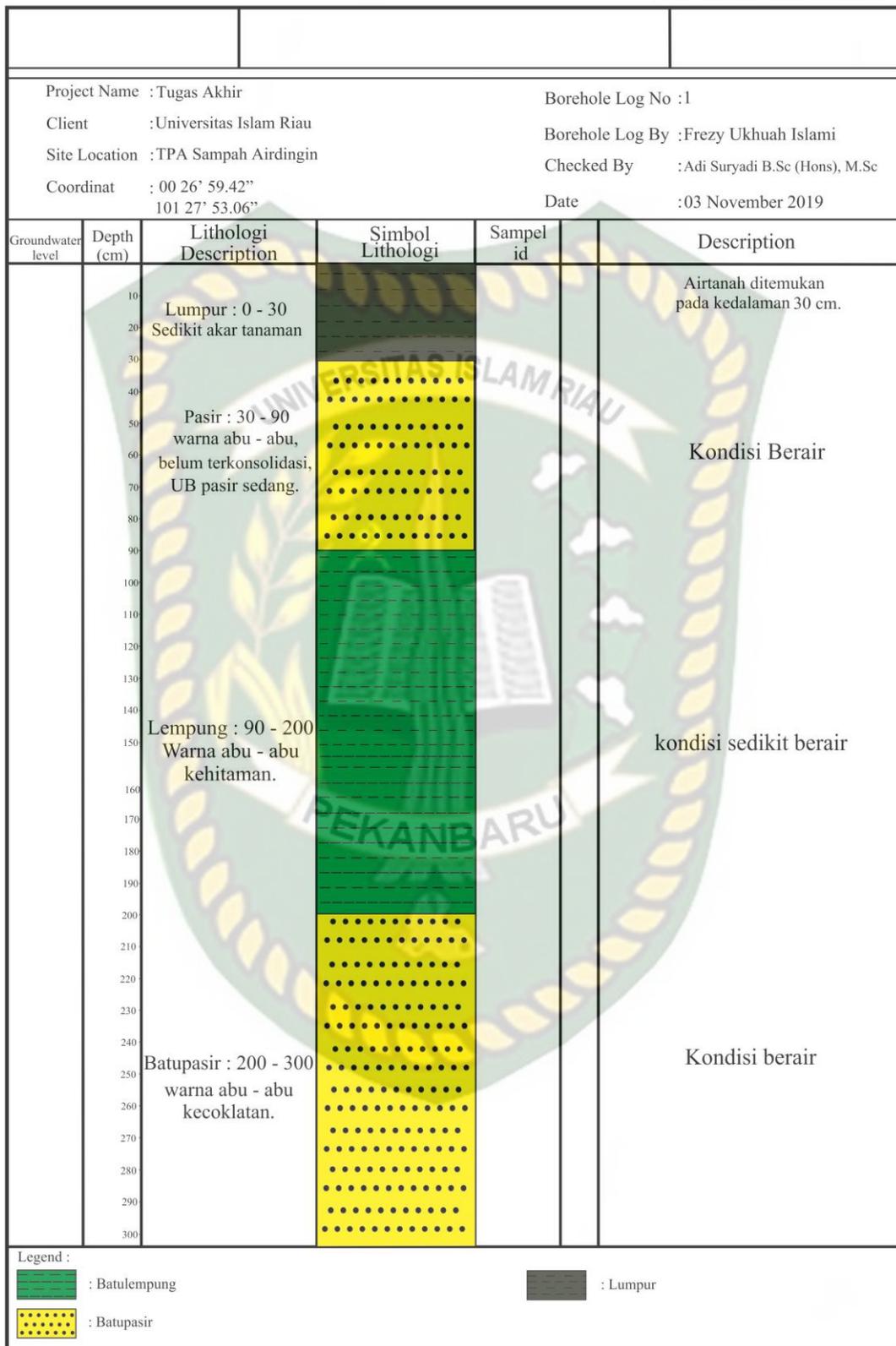
### 4.3 Analisis Data Pemboran Daerah Penelitian

Analisis data pemboran dilakukan untuk mengetahui jenis litologi penyusun di daerah penelitian. Pemboran dilakukan pada titik perpotongan Garis Survei 2 dan Garis Survei 3 (N 00° 26' 58.90" / E 101° 27' 53.91") dengan menggunakan *hand auger*, bertujuan untuk mendukung data interpretasi dari hasil pengolahan data menggunakan perangkat lunak Res2DINV yang ditampilkan dalam model penampang bawah permukaan.



**Gambar 4.8** Lokasi Pemboran

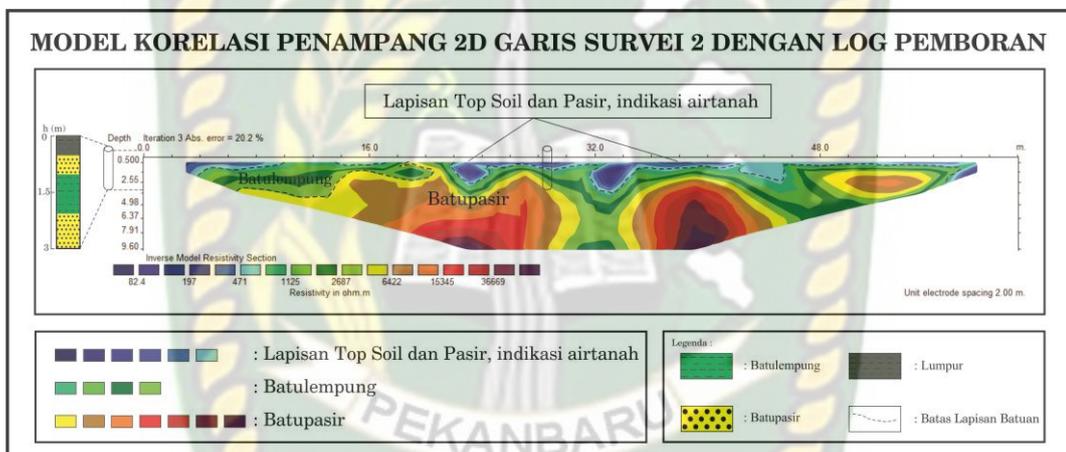
Data pemboran ditampilkan dalam bentuk *Borehole Log* (Log Pemboran) ditunjukkan pada **Gambar 4.5**. Berdasarkan hasil Log Pemboran, daerah penelitian tersusun oleh material lumpur, pasir, batulempung dan batupasir. Pemboran dilakukan menggunakan *hand auger* hingga kedalaman 3 m. Dari permukaan ditemukan material lumpur berwarna coklat kehitaman yang mengandung air dan terdapat akar – akar tanaman. Material lumpur ditemukan dari permukaan hingga kedalaman 30 cm. Selanjutnya material pasir dengan karakteristik berwarna abu – abu, belum terkonsolidasi dan berukuran pasir sedang ditemukan dari kedalaman 30 cm – 90 cm. Sama dengan material lumpur, material pasir juga mengandung air. Kedalaman 90 cm – 200 cm ditemukan litologi batulempung berwarna abu – abu kehitaman. Bagian atas dari lapisan batulempung sedikit berair, tetapi pada bagian tengah hingga bagian bawah sudah tidak ditemukan indikasi keberadaan air. Kedalaman 200 cm – 300 cm ditemukan litologi batupasir dengan karakteristik berwarna abu – abu kecoklatan, ukuran butir pasir dan mengandung air. Dari kedalaman 3 m, peneliti mendapati material yang keras, sehingga sukar untuk melanjutkan pengeboran. Untuk lapisan setelah kedalaman 3 m, peneliti menginterpretasikan lapisan tersebut merupakan bagian dari batupasir. Namun untuk mendukung intrpretasi lapisan dibawah kedalaman 3 m, maka perlu dilakukan korelasi antara data log pemboran dengan model penampang 2D Garis Survei 2 untuk mendapatkan data yang lebih akurat (**Gambar 4.6**).



Gambar 4.9 Log Pemboran Daerah Penelitian

Berdasarkan korelasi antara model penampang 2D Garis Survei 2 dengan Log Pemboran didapatkan jenis litologi yang berbanding lurus. Pada model penampang 2D Garis survey 2 didapatkan interpretasi berupa lapisan top soil yang selaras dengan lapisan lumpur, material pasir selaras dengan pasir belum terkonsolidasi, batulempung, dan batupasir selaras dengan lapisan batulempung dan batupasir pada Log Pemboran.

Korelasi antara model penampang 2D dengan Log Pemboran juga diperlukan untuk interpretasi kondisi dibawah permukaan, seperti keberadaan airtanah, keberadaan airlindi, permeabilitas batuan dibawah permukaan dan kedalaman spesifik batas – batas batuan.

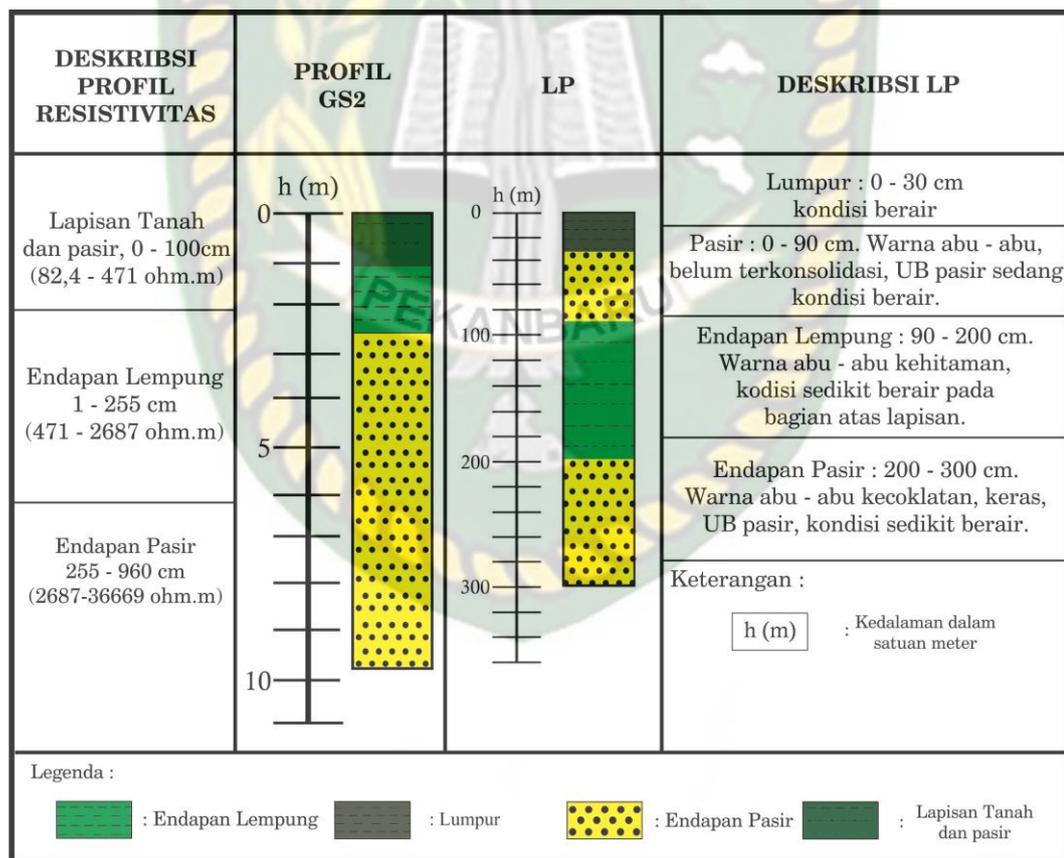


**Gambar 4.10** Model Korelasi Penampang 2D Garis Survei 2 dengan Log Pemboran

Hasil penampang resistivitas pada Garis Survei 2 (**Gambar 4.2**) dan hasil data bor (**Gambar 4.5**) menunjukkan susunan lapisan di daerah penelitian dari permukaan yaitu lapisan top soil berupa material lumpur dengan kedalaman mencapai 30 cm dengan nilai resistivitas 82,4  $\Omega$ m – 471  $\Omega$ m. Lapisan kedua yang didapatkan dari hasil pemboran adalah lapisan pasir yang belum terkonsolidasi dengan nilaeresistivitas 82,4  $\Omega$ m – 471  $\Omega$ m. Lapisan pasir ditentukan pada kedalaman 30 cm – 90 cm. Dibawah lapisan pasir ditemukan lapisan batulempung dengan nilai resistivitas 471  $\Omega$ m – 2687  $\Omega$ m. lapisan batulempung ditemukan pada kedalaman 90 cm – 200 cm. Lapisan terakhir yang didapatkan dari data pemboran adalah lapisan batupasir dengan kedalaman 200 cm – 300 cm. Dari korelasi data

bor dengan penampang resistivitas 2D, batupasir pada daerah penelitian memiliki nilai resistivitas antara 2687  $\Omega$ m – 36669  $\Omega$ m.

Kondisi bawah permukaan daerah penelitian juga menunjukkan adanya potensi keberadaan airtanah, ditunjukkan dari hasil pemboran ditemukan adanya kandungan air pada lapisan lumpur, pasir belum terkonsolidasi dan lapisan batupasir. Keberadaan airtanah tersebut juga ditunjukkan dari hasil survei nilai resistivitas di daerah penelitian, yaitu 82,4  $\Omega$ m – 471  $\Omega$ m. Dari nilai resistivitas tersebut, airtanah didaerah penelitian memiliki kualitas yang cukup rendah, didukung dari data pemboran yang telah dilakukan. Sampel air yang didapatkan dari hasil pemboran memiliki karakteristik fisik berwarna keruh kecoklatan dan berbau pada lapisan lumpur dan pasir belum terkonsolidasi dan semakin membaik pada lapisan batupasir.

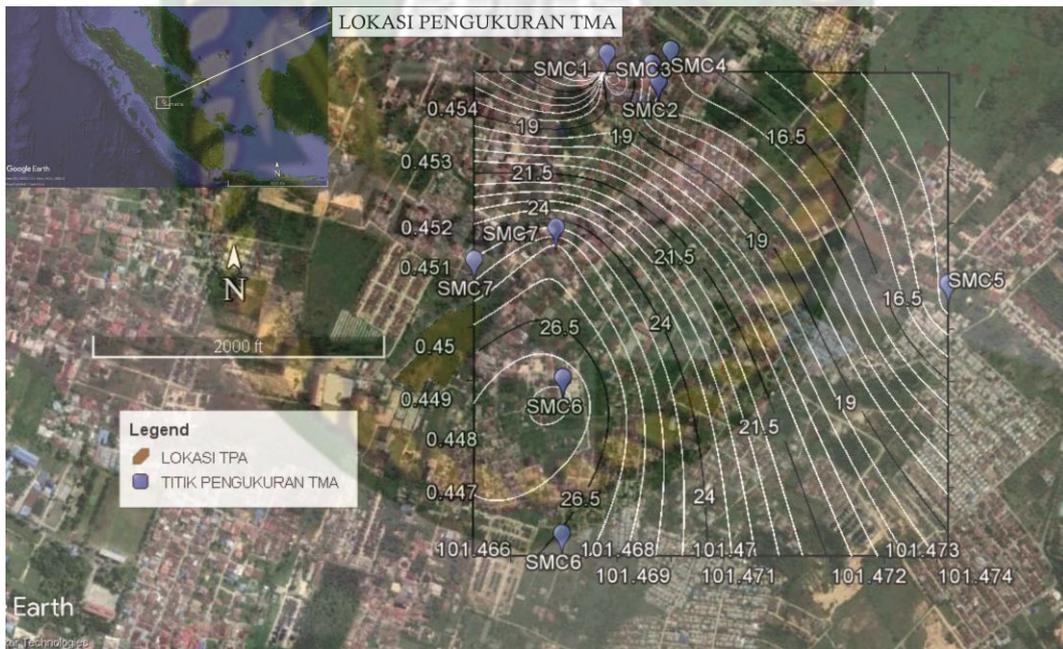


**Gambar 4.11** Korelasi Profil Penampang Resistivitas 2D GS2 dengan Log Pemboran

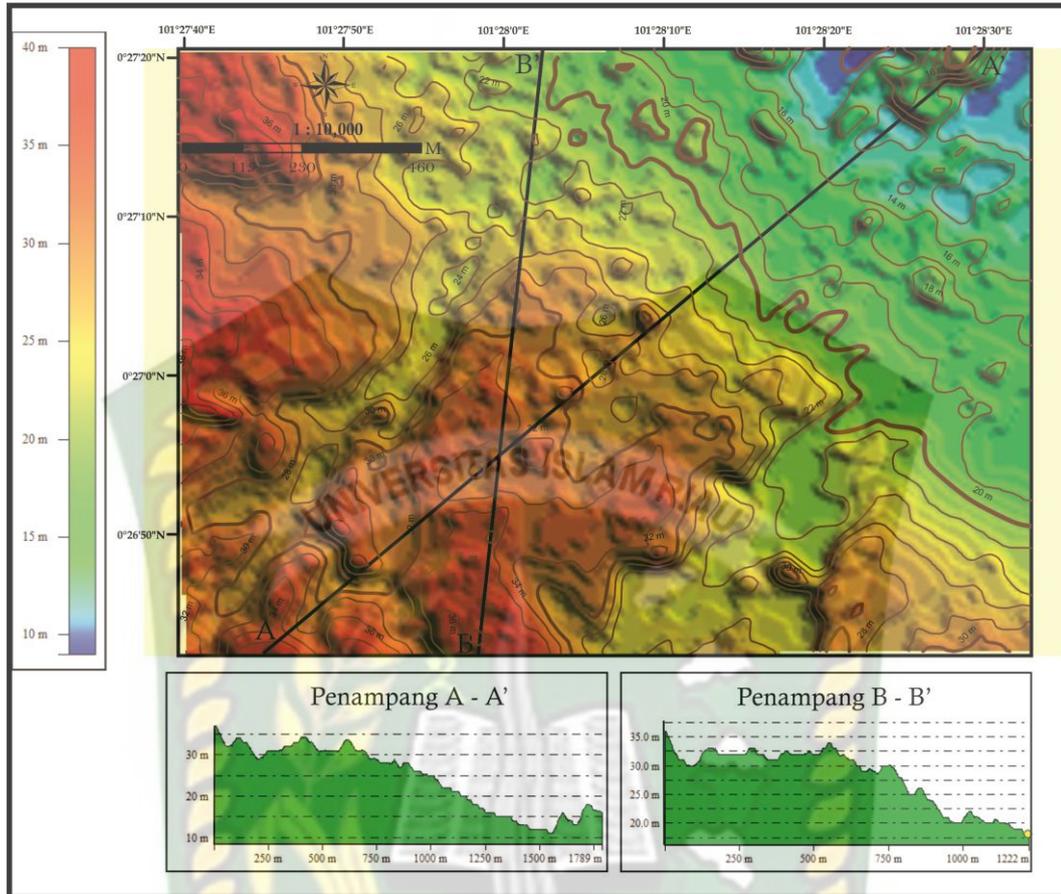
#### 4.4 Analisis Pola Arah Aliran Airtanah Dangkal

Daerah penelitian merupakan kawasan padat pemukiman, terutama pada bagian utara peta (**Gambar 4.12**). Lokasi TPS Airdingin berada di area sekitar wilayah pemukiman, sehingga akan dapat mencemari sumber airtanah milik warga.

Arah pergerakan aliran airtanah dikontrol oleh kondisi topografi yang mempengaruhi elevasi muka airtanah (*hydraulic head*), yang perbedaan antara kedua titiknya bisa juga disebut dengan kemiringan hidraulik, sehingga dapat diketahui bahwa pada daerah utara dan timurlaut cenderung memiliki elevasi muka airtanah yang lebih rendah dibanding kawasan TPA. Kondisi topografi di daerah penelitian menunjukkan daerah dataran rendah dengan pola elevasi yang cenderung lebih rendah ke arah utara - timurlaut, dengan elevasi terendah yaitu 12 m. Elevasi tertinggi pada daerah penelitian berada di barat – baratdaya peta, dengan elevasi 36 m (**Gambar 4.13**).



**Gambar 4.12** Lokasi Pengukuran Tinggi Muka Airtanah



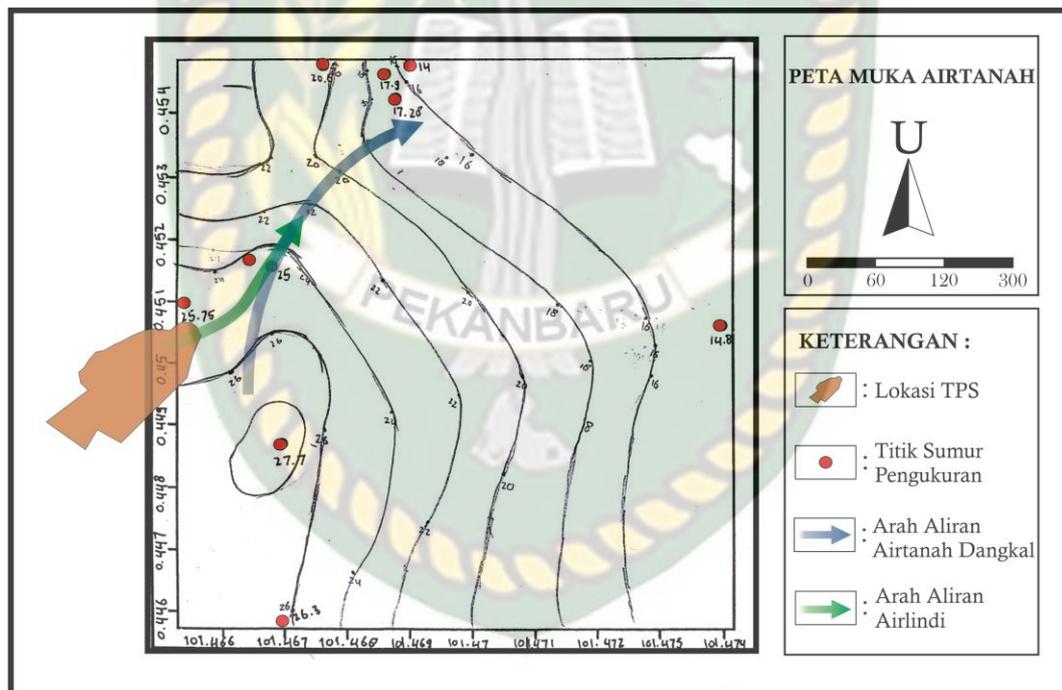
**Gambar 4.13** Peta Penampang Topografi Daerah Penelitian

Pola arah aliran airtanah dangkal diperlukan untuk mengetahui sebaran airlindi. Hasil penelitian didasarkan pada data observasi 9 titik sumur uji untuk menghasilkan peta *isofreatik* ( peta kontur muka airtanah dangkal ) dengan pola arah aliran secara umum menyebar ke berbagai arah. Sumur uji merupakan sumur cincin (galian) yang terdapat disekitar daerah penelitian dengan kedalaman bervariasi sesuai dengan muka airtanahnya. Pengukuran sumur uji dilakukan secara acak seputar daerah Tempat Pembuangan Sampah Airdingin (**Gambar 4.12**).

Umumnya daerah bagian selatan peta memiliki arah aliran airtanah yang cenderung berarah relatif utara dan timurlaut, sehingga wilayah pemukiman yang berada dibagian selatan peta tidak akan tercemar oleh airlindi TPS Airdingin. Sedangkan wilayah pemukiman yang berada di bagian utara dan timurlaut peta berpotensi terkena dampak dari pencemaran airlindi. Hal tersebut didasarkan oleh pergerakan airtanah dangkal yang melewati TPS airdingin berarah utara dan

timurlaut pada peta, sementara arah pergerakan airlindi umumnya cenderung bergerak mengikuti arah pergerakan aliran airtanahnya (Grisey et al., 2016). Dikarenakan arah aliran airtanah dangkal memperlihatkan pola pergerakan airtanah yang bergerak dari lokasi TPS Airdingin kearah utara dan timurlaut daerah penelitian (dalam peta diberi batas garis merah putus - putus), peta isofreatik ditampilkan pada **Gambar 4.14**.

Kondisi tersebut menyebabkan airtanah pada kawasan padat permukiman bagian utara dan timurlaut berpotensi terkontaminasi oleh air lindi. Hal tersebut dikarenakan aliran airtanah bergerak dari TPA Airdingin menuju kawasan permukiman, sehingga dapat membahayakan kesehatan masyarakat sekitar karena air hujan yang jatuh dan meresap ke tanah melewati tumpukan sampah terlebih dahulu sebelum bergerak menuju kawasan permukiman.



**Gambar 4.14** Peta Isofreatik Daerah Penelitian

#### 4.5 Analisis Kualitas Airtanah

Tahapan analisis kualitas airtanah bertujuan untuk menguji dan mengetahui kualitas airtanah disekitar wilayah TPS airdingin, dengan melakukan uji laboratorium terhadap beberapa parameter fisika. Parameter yang diujikan berupa pH, Suhu, TDS dan Konduktivitas airtanah.

Pengambilan sampel airtanah dilakukan dengan metode *purposive sampling* pada sumur bor dan sumur galian di wilayah pemukiman sekitar TPS Airdingin. Penentuan lokasi sampel didasarkan pada posisi dan jarak terhadap TPS Airdingin serta hasil analisis pola aliran airtanah dangkal di daerah penelitian.

Untuk mengetahui kelayakan kualitas airtanah yang bersumber dari setiap titik sampel yang telah ditentukan, hasil yang didapat disandingkan dengan standar baku mutu yang ditetapkan oleh PERMENKES RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010. Pemilihan parameter tersebut berdasarkan pada kemungkinan peningkatan konsentrasi beberapa parameter akibat rembesan airlindi yang berpotensi mencemari kualitas airtanah di wilayah pemukiman sekitar TPS Airdingin. Pengambilan sampel dilakukan sekali, pada waktu siang hari.

Analisis kualitas airtanah dilakukan dalam 2 tahapan, pertama untuk mengetahui pengaruh airlindi terhadap kualitas airtanah di dekat TPS Airdingin yang merupakan media penghasil airlindi yang dapat mencemari airtanah. Kedua yaitu untuk mengetahui sebaran distribusi airlindi dalam radius tertentu, hal tersebut diperlukan untuk mengetahui sudah seberapa jauh pendistribusian airlindi yang dihasilkan oleh TPS Airdingin. Analisis kualitas airtanah dijabarkan sebagai berikut ;

#### **4.5.1 Analisis Kualitas Airtanah Di Sumber Pencemar**

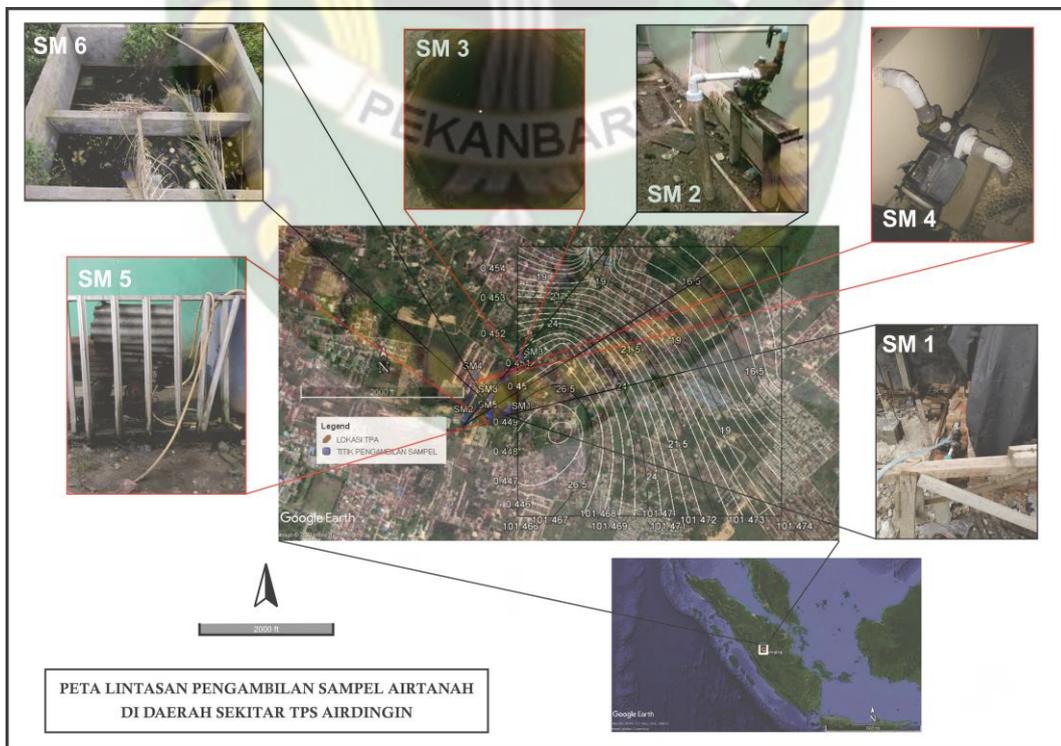
Hasil penelitian didasarkan pada data observasi dan uji laboratorium menggunakan peralatan YSI – 556 MPS (pH meter, suhu, konduktivitas, TDS) pada enam titik sampel yang berada dekat dengan lokasi TPS Airdingin. Pengambilan sampel terdiri dari satu sampel airlindi yang diambil langsung dari kolam airlindi TPS Airdingin, satu sampel airtanah pada lokasi TPS dan empat sampel airtanah yang tersebar di area sekitar TPS Airdingin. Pengambilan sampel airtanah diambil langsung dari sumur bor milik warga dan dikemas dalam wadah botol berukuran 1500 ml. Pengambilan sampel dilakukan dihari Selasa, 22 Oktober 2019.

Daerah penelitian dan lokasi titik pengambilan sampel airtanah ditunjukkan pada **Gambar 4.15**.



**Gambar 4.15** Lokasi Pengambilan Sampel Airtanah

Analisis kualitas airtanah dalam tahapan ini dilakukan dalam radius 0 m – 200 m yang tersebar di utara, timur, selatan dan barat dari TPS Airdingin. Posisi terhadap lokasi TPS tersebut merupakan aspek utama dalam penentuan titik sampel.



**Gambar 4.16** Peta Lintasan Pengambilan Sampel Airtanah

Pengambilan sampel airlindi dilakukan untuk mengetahui karakteristik yang dihasilkan oleh TPS Airdingin dan hubungannya terhadap kualitas air disekitar lokasi TPS. Selanjutnya pengambilan sampel di lima titik lainnya dilakukan untuk mengetahui pencemaran airlindi, sampel tersebut diambil di pemukiman terdekat yang berada di sekeliling lokasi TPS Airdingin. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh keberadaan TPS Airdingin terhadap kualitas airtanah yang digunakan oleh masyarakat sekitar TPS. Analisis kualitas airtanah juga diperlukan untuk mengetahui arah pencemaran airlindi yang dihasilkan oleh TPS Airdingin. Hasil uji laboratorium menggunakan peralatan YSI – 556 MPS ditunjukkan pada **Tabel 4.5**.

Berikut merupakan hasil dan analisis dari empat parameter (pH, suhu, konduktivitas, TDS) yang diujikan :

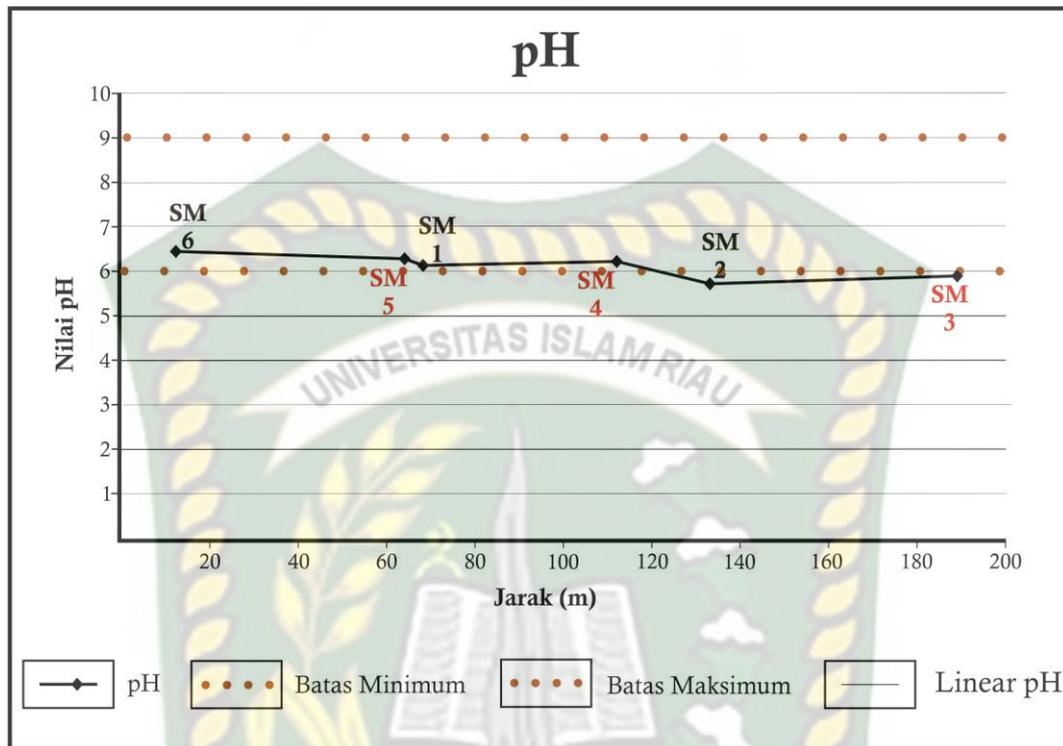
**Tabel 4.5** Kualitas Airtanah Tahap Pertama di Dekat Sumber Pencemar

NO	KOORDINAT	pH	SUHU (°C)	TDS (mg/L)	KONDUKTIVITAS (µS/cm)	JARAK (m)
1	N 00 26' 56.53" / E 101 27' 53.58"	6.07	29.6	64.9	108.6	68
2	N 00 26' 55.35" / E 101 27' 48.04"	5.87	30.2	47.2	79.9	133
3	N 00 27' 03.12" / E 101 27' 55.05"	5.94	29.4	62.6	104.3	189
4	N 00 27' 00.64" / E 101 27' 49.53"	6.13	29.6	81.0	135.5	112
5	N 00 26' 55.91" / E 101 27' 51.35"	6.28	29.6	35.0	58.6	65
6	N 00 26' 57.81" / E 101 27' 51.93"	6.37	29.0	207.9	344.3	16
7	-	6.52	29.0	5.8	9.7	-

#### 4.5.1.1 Parameter pH

pH adalah derajat keasaman yang menjadi salah satu syarat ketentuan kualitas air. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 memberikan batas maksimum untuk parameter pH

adalah 6,5 - 8,5. Berikut grafik yang menunjukkan nilai pH di enam titik pengambilan sampel :



**Gambar 4.17** Grafik Nilai pH Pada Airtanah Dangkal di Sekitar Lokasi TPS Airdingin

Grafik nilai pH menunjukkan hubungan antara nilai pH dengan letak titik pengambilan sampel dan variasi jarak terhadap TPS Airdingin. Garis putus – putus teratas merupakan batas maksimum dari nilai pH, sedangkan garis putus – putus bagian bawah merupakan batas minimum nilai pH yang masih diperbolehkan.

Nilai pH yang didapatkan bervariasi. Berdasarkan hasil analisis laboratorium, nilai pH yang terdapat di daerah penelitian antara 5,87 - 6,37 dan secara keseluruhan nilai pH berada dibawah baku mutu yang ditetapkan. Nilai pH tersebut semakin menurun seiring dengan jauhnya jarak dari TPA.

Dari nilai analisis data yang menggunakan rumus korelasi diperoleh persamaan regresi dan nilai korelasi, sebagai berikut :

$$Y_1 = 6,370296 - 0,00268 X_1$$

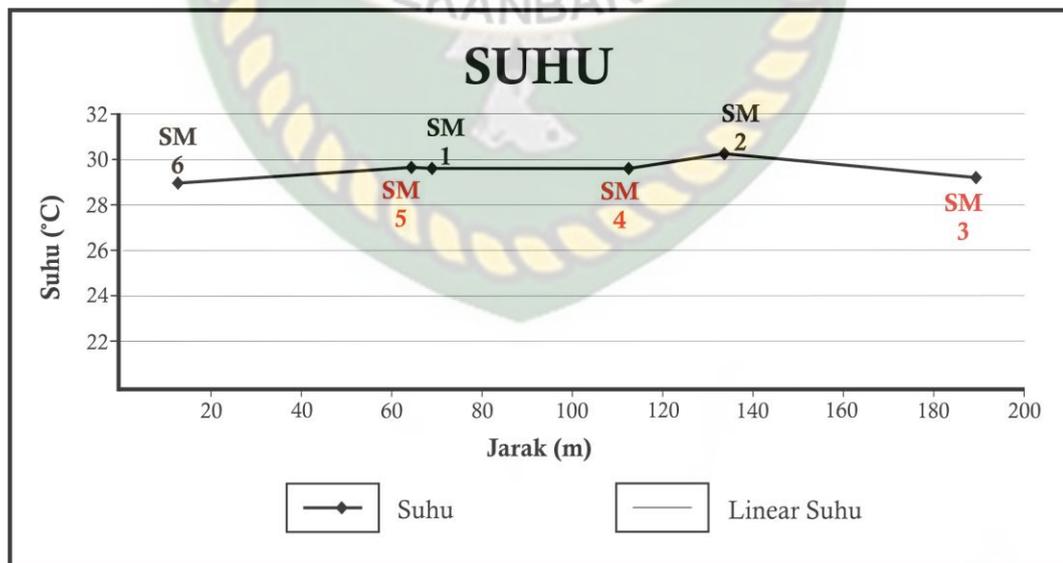
$$r_1 = 0,84509$$

Berdasarkan hasil analisis regresi, tanda minus (-) yang diperoleh menunjukkan adanya penurunan pH seiring dengan semakin jauhnya jarak titik pengambilan sampel dengan lokasi TPS Airdingin. Berikutnya nilai korelasi yang mendekati satu, menunjukkan adanya pengaruh sampah dan airlindi yang dihasilkan oleh TPS Airdingin terhadap perubahan nilai pH disekitar deaerah penelitian tahap awal, dan memiliki hubungan yang kuat.

Secara keseluruhan nilai pH di daerah penelitian tahap awal memiliki nilai pH yang rendah, yaitu 5,87 – 6,37 dan berada dibawah baku mutu yang ditetapkan. nilai pH yang mendekati baku mutu terletak pada titik sampel enam yang berada di Selatan TPS Airdingin (**Gambar 4.16**). dan nilai pH terendah terletak pada titik sampel dua, dan titik sampel tiga yang berada di utara peta.

#### 4.5.1.2 Parameter Suhu

Suhu merupakan salah satu parameter yang disyaratkan untuk menentukan kualitas air. Besaran suhu yang diizinkan adalah  $\pm 3^{\circ}$  suhu kamar, dalam satuan *celcius* ( $^{\circ}\text{C}$ ). Suhu di daerah penelitian pada saat pengambilan sampel adalah  $30^{\circ}\text{C}$ . Untuk hasil pengukuran suhu pada sampel airtanah dapat dilihat pada **Gambar 4.17**.



**Gambar 4.18** Grafik Nilai Suhu Pada Airtanah Dangkal di Sekitar Lokasi TPS Airdingin

Berdasarkan hasil analisis laboratorium, nilai suhu yang didapatkan pada titik sampel antara 29,0 °C – 30,2 °C dan secara keseluruhan berada dalam batas yang ditetapkan. Nilai suhu tertinggi didapatkan pada titik sampel dua yang berada di selatan TPS Airdingin, sedangkan yang nilai suhu terendah didapatkan pada titik sampel enam, dan titik sampel tiga yang berada di utara peta.

Dari hasil analisis data kualitas airtanah menggunakan analisis regresi, diperoleh data regresi dan nilai korelasi, sebagai berikut :

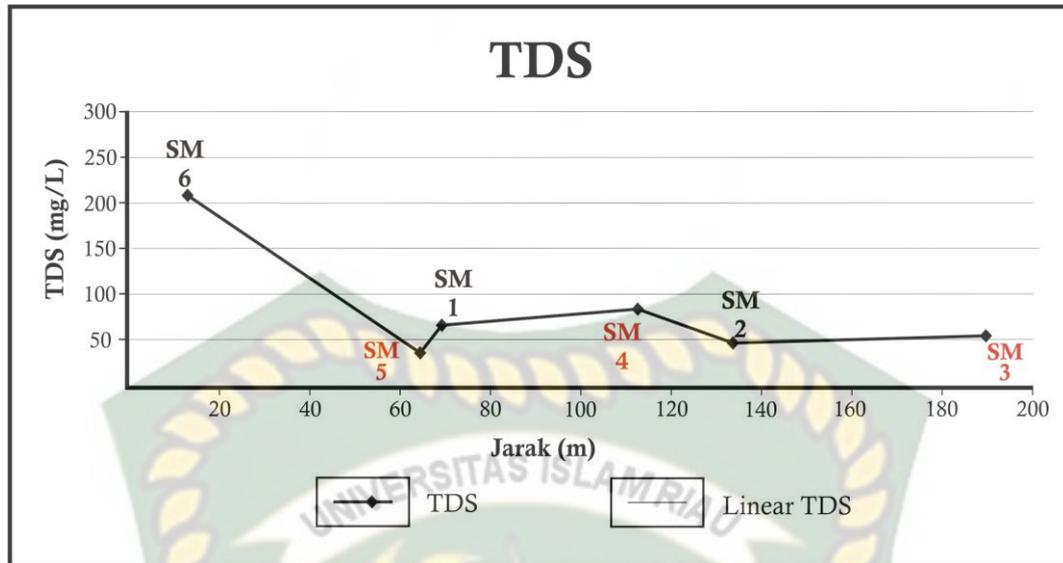
$$Y_2 = 29,29311 + 0,002815 X_2$$

$$r_2 = 0,440128$$

Berdasarkan hasil analisis regresi, tanda positif (+) yang diperoleh menunjukkan adanya hubungan searah antara nilai suhu dan jarak dari titik pengambilan sampel ke lokasi TPS Airdingin. Hubungan tersebut menunjukkan terjadinya peningkatan nilai suhu seiring dengan semakin jauhnya jarak titik pengambilan sampel dengan lokasi TPS Airdingin. Berikutnya nilai korelasi yang bernilai (0,440128), menunjukkan adanya pengaruh sampah dan airlindi yang dihasilkan oleh TPS Airdingin terhadap perubahan nilai pH disekitar deaerah penelitian tahap awal, namun pengaruh yang ditimbulkan sampah dan Airlindi tidak begitu signifikan dan dikategorikan memiliki hubungan sedang.

#### 4.5.1.3 Parameter TDS

Total Dissolve Solid (TDS) merupakan salah satu parameter penentuan kualitas air yang memiliki pengaruh yang signifikan. TDS menunjukkan total kandungan zat padat yang terlarut dalam air, baik organik maupun anorganik. Besaran TDS yang diizinkan adalah 500 mg/L, nilai tersebut merupakan batas yang ditentukan untuk kualitas air minum layak konsumsi yang diepkan oleh Menteri Kesehatan Republik Indonesia dalam PP RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010. Berikut merupakan hasil analisis parameter TDS yang didapatkan dari enam titik sampel :



**Gambar 4.19** Grafik Nilai TDS Pada Airtanah Dangkal di Sekitar Lokasi TPS Airdingin

Berdasarkan hasil analisis laboratorium, nilai TDS yang didapatkan pada titik sampel antara 35,0 mg/L – 207,9 mg/L dan secara keseluruhan berada dalam batas yang ditetapkan. Nilai TDS terendah didapatkan pada titik sampel lima yang berada di selatan TPS Airdingin, sedangkan yang nilai TDS tertinggi didapatkan pada titik sampel enam, dan titik sampel empat yang berada di utara terhadap lokasi TPS Airdingin (**Gambar 4.15**).

Dari hasil analisis data kualitas airtanah menggunakan analisis regresi, diperoleh data regresi dan nilai korelasi, sebagai berikut :

$$Y_3 = 142,483 - 0,61115 X_3$$

$$r_3 = 0,58734$$

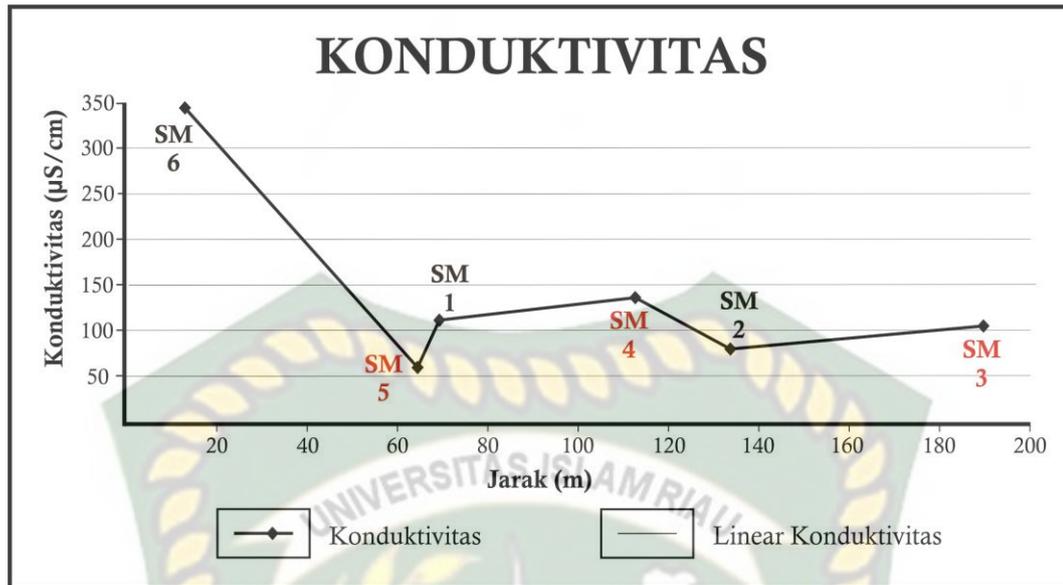
Berdasarkan hasil analisis regresi, tanda minus (-) yang diperoleh menunjukkan adanya hubungan berlawanan antara nilai TDS dan jarak dari titik pengambilan sampel ke lokasi TPS Airdingin. Hubungan tersebut menunjukkan terjadinya penurunan nilai TDS seiring dengan semakin jauhnya jarak titik pengambilan sampel dengan lokasi TPS Airdingin. Berikutnya nilai korelasi yang bernilai (0,58734), menunjukkan adanya pengaruh sampah dan airlindi yang dihasilkan oleh TPS Airdingin terhadap perubahan nilai TDS disekitar daerah penelitian tahap

awal, namun pengaruh yang ditimbulkan sampah dan airlindi tidak begitu signifikan dan dikategorikan memiliki hubungan sedang.

Dari hasil analisis yang ditampilkan dalam grafik (**Gambar 4.19**), memperlihatkan adanya hubungan antara jarak dan posisi titik pengambilan sampel terhadap nilai TDS sampel airtanah. Sampel yang semakin jauh akan memiliki nilai TDS yang relatif menurun, ditunjukkan dari perhitungan analisis regresi. Sedangkan hubungannya terhadap posisi titik pengambilan sampel adalah, daerah yang berada di selatan TPS Airdingin akan memiliki nilai TDS yang rendah, sedangkan untuk daerah yang berada relatif utara terhadap TPS akan menghasilkan nilai TDS yang lebih tinggi dibanding titik pengambilan sampel yang berada di selatan TPS. Hal tersebut menunjukkan adanya kecenderungan arah pencemaran airlindi yang bergerak searah dengan pergerakan airtanah dangkal pada daerah penelitian.

#### **4.5.1.4 Parameter Konduktivitas**

Konduktivitas merupakan salah satu parameter penentuan kualitas air yang memiliki pengaruh yang signifikan. Konduktivitas merupakan kemampuan suatu larutan untuk menghantarkan listrik. Nilai konduktivitas dipengaruhi oleh kandungan ion yang terdapat di dalam larutan, dan akan berbanding terbalik terhadap nilai resistivitas. Besaran konduktivitas airtanah dangkal adalah  $30 \mu\text{S}/\text{cm}$  –  $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ , dan yang batas nilai layak minum adalah berkisar  $42 \mu\text{S}/\text{cm}$  –  $500 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Nilai lebih dari  $250 \mu\text{S}/\text{cm}$  tidak dianjurkan karena dapat mengendap dan merusak batu ginjal<sup>(3,7,8)</sup>. Berikut merupakan hasil analisis parameter konduktivitas yang didapatkan dari enam titik sampel :



**Gambar 4.20** Nilai Konduktivitas Pada Airtanah Dangkal di Sekitar Lokasi TPS Airdingin

Berdasarkan hasil analisis laboratorium, nilai konduktivitas yang didapatkan pada titik sampel antara 58,6 µS/cm – 344,3 µS/cm. Nilai konduktivitas terendah didapatkan pada titik sampel lima yang berada di selatan TPS Airdingin, sedangkan yang nilai konduktivitas tertinggi didapatkan pada titik sampel enam, dan titik sampel empat yang berada di utara terhadap lokasi TPS Airdingin (**Gambar 4.16**).

Dari hasil analisis data kualitas airtanah menggunakan analisis regresi, diperoleh data regresi dan nilai korelasi, sebagai berikut :

$$Y_4 = 236,4183 - 1,00739 X_4$$

$$r_4 = 0,58689$$

Berdasarkan hasil analisis regresi, tanda minus (-) yang diperoleh menunjukkan adanya hubungan berlawanan antara nilai konduktivitas dan jarak dari titik pengambilan sampel ke lokasi TPS Airdingin. Hubungan tersebut menunjukkan terjadinya penurunan nilai konduktivitas seiring dengan semakin jauhnya jarak titik pengambilan sampel dengan lokasi TPS Airdingin. Berikutnya nilai korelasi yang bernilai (0,58689), menunjukkan adanya pengaruh sampah dan airlindi yang dihasilkan oleh TPS Airdingin terhadap perubahan nilai konduktivitas disekitar

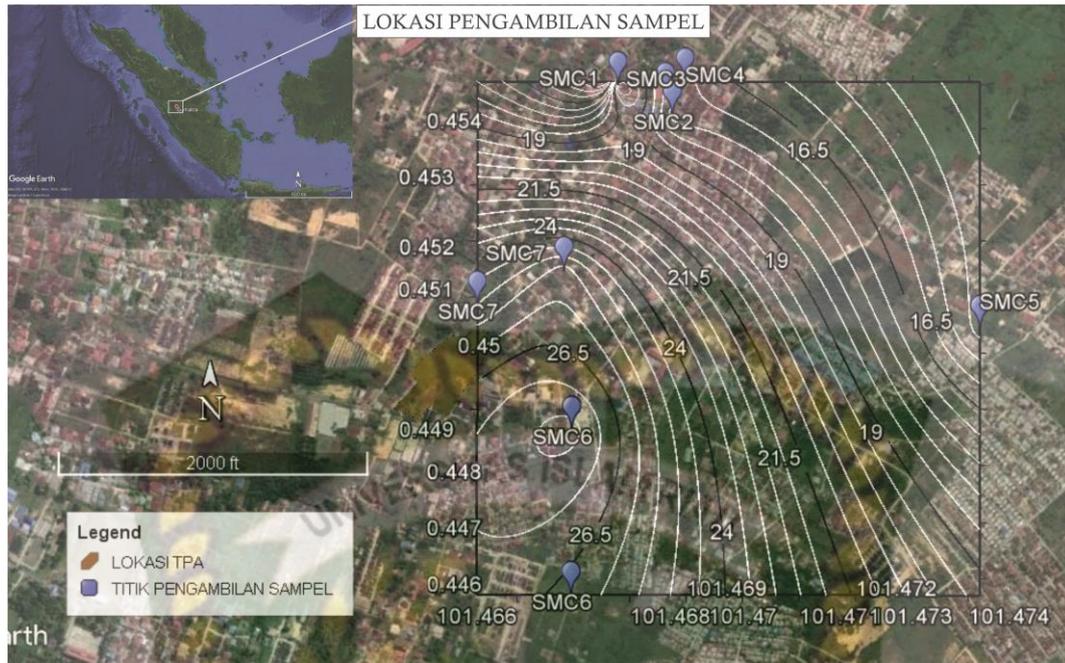
daerah penelitian tahap awal, namun pengaruh yang ditimbulkan sampah dan airlindi tidak begitu signifikan dan dikategorikan memiliki hubungan sedang.

Dari hasil analisis yang ditampilkan dalam grafik (**Gambar 4.20**), memperlihatkan adanya hubungan antara jarak dan posisi titik pengambilan sampel terhadap nilai TDS sampel airtanah. Sampel yang semakin jauh akan memiliki nilai TDS yang relatif menurun, ditunjukkan dari perhitungan analisis regresi. Sedangkan hubungannya terhadap posisi titik pengambilan sampel adalah, daerah yang berada di selatan TPS Airdingin akan memiliki nilai konduktivitas yang rendah, sedangkan untuk daerah yang berada relatif utara terhadap TPS akan menghasilkan nilai konduktivitas yang lebih tinggi dibanding titik pengambilan sampel yang berada di selatan TPS. Hal tersebut menunjukkan adanya kecenderungan arah pencemaran airlindi yang bergerak searah dengan pergerakan airtanah dangkal pada daerah penelitian.

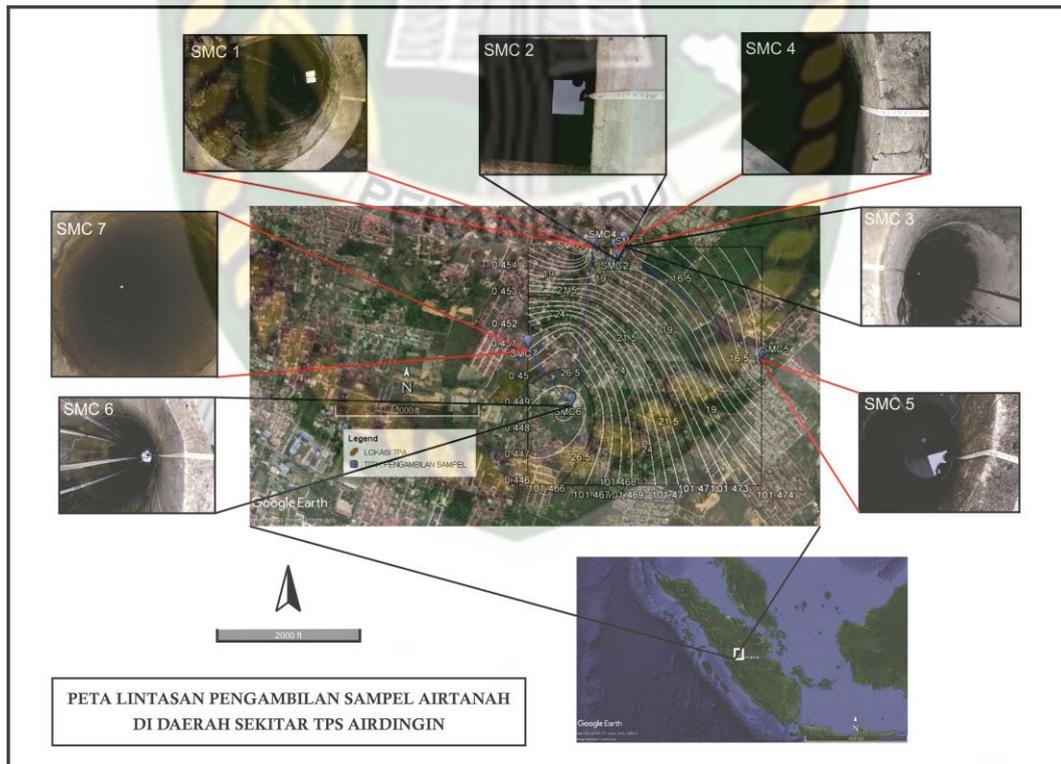
Dari hasil analisis kualitas airtanah di dekat sumber pencemar, didapatkan beberapa hasil yang menjadi dasar dalam tahap analisis kualitas airtanah tahap lanjut. Hasil analisis kualitas airtanah di dekat sumber pencemar dapat ketahui adanya pengaruh sampah dan airlindi yang dihasilkan TPS Airdingin terhadap kualitas airtanah disekitar lokasi TPS. Dampak pencemaran airlindi berpengaruh pada perubahan nilai beberapa parameter, sehingga tidak sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Dampak pencemaran terlihat jelas pada beberapa titik sampel, terutama yang berada di utara dan berjarak dekat dengan lokasi TPS Airdingin. Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan analisis tahap lanjut untuk mengetahui sudah seberapa jauh penyebaran airlindi.

#### **4.5.2 Analisis Kualitas Airtanah Tahap Kedua dengan Radius Besar dari 200m**

Analisis kualitas airtanah tahap kedua dilakukan dengan jarak yang lebih jauh dari lokasi TPS Airdingin yang tersebar di beberapa arah. Analisis kualitas airtanah dalam tahap kedua didasarkan pada hasil analisis tahap pertama yang memperlihatkan adanya pengaruh jarak dan letak titik sampel terhadap kualitas airtanah. Berikut merupakan lokasi pengambilan sampel airtanah yang akan dijadikan sebagai sampel uji (**Gambar 4.21**).



**Gambar 4.21** Lokasi Pengambilan Sampel Airtanah Dalam Tahap Kedua



**Gambar 4.22** Peta Lintasan Pengambilan Sampel Airtanah di Dalam Tahap Kedua

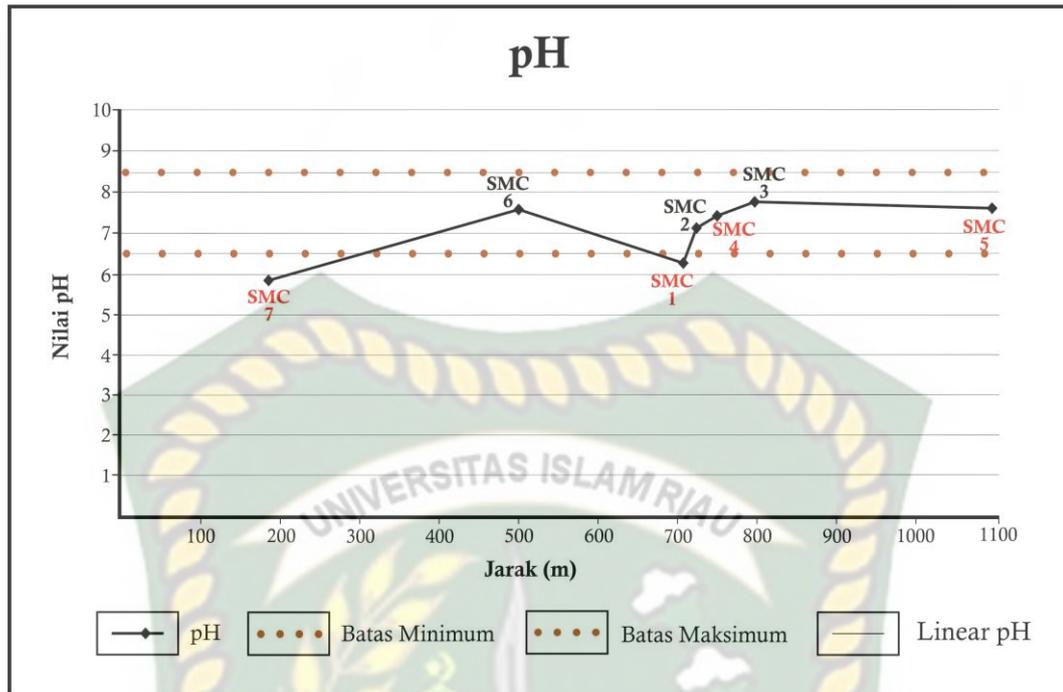
Pengambilan sampel airtanah dilakukan pada tujuh titik sumur galian milik warga. Sampel airtanah yang akan diuji diambil langsung dari sumber air, yaitu sumur galian dengan kedalaman beraneka ragam dan dikemas dalam wadah berukuran 1500 ml. Pengambilan sampel dilakukan pada siang hari. Parameter yang diukur adalah nilai pH, suhu, TDS dan konduktivitas airtanah, sama dengan analisis pada tahap pertama. Hasil dari analisis tahap kedua diharapkan dapat menggambarkan arah pencemaran secara keseluruhan dan daerah yang telah terkonsentrasi dan yang berpotensi terkena pencemaran airlindi secara keseluruhan. Berikut merupakan hasil analisis sampel airtanah di tujuh titik (**Tabel 4.6**).

**Tabel 4.6** Kualitas Airtanah Tahap Kedua

NO	KOORDINAT	pH	SUHU (°C)	TDS (mg/L)	KONDUKTIVITAS (µS/cm)	JARAK (m)
1	N 00 27' 17.19" / E 101 28' 04.01"	6.28	29.4	113.2	0.1948	706
2	N 00 27' 15.28" / E 101 28' 07.48"	7.03	29.2	170.9	0.2933	719
3	N 00 27' 16.50" / E 101 28' 07.04"	7.41	28.8	177	0.3013	744
4	N 00 27' 17.43" / E 101 28' 08.30"	7.76	28.8	85.8	0.1462	790
5	N 00 27' 01.57" / E 101 28' 27.09"	7.61	29.0	287.9	0.4915	1090
6	N 00 26' 44.51" / E 101 28' 01.03"	7.58	29.0	84.3	0.1439	500
7	N 00 27' 03.12" / E 101 27' 55.05"	5.94	29.4	62.6	104.3	189

#### 4.5.2.1 Parameter pH

pH adalah derajat keasaman yang menjadi salah satu syarat ketentuan kualitas air. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 memberikan batas maksimum untuk parameter pH adalah 6,5 - 8,5. Berikut grafik yang menunjukkan nilai pH di tujuh titik pengambilan sampel :



**Gambar 4.23** Grafik Nilai pH Pada Airtanah Dangkal di Sekitar Lokasi TPS Airdingin

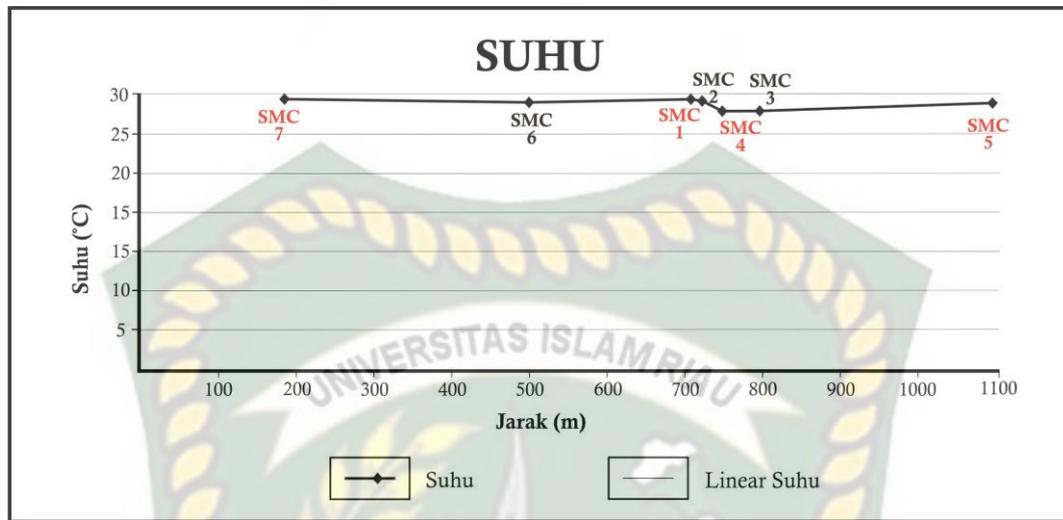
Grafik nilai pH menunjukkan hubungan antara nilai pH dengan letak titik pengambilan sampel dan variasi jarak terhadap TPS Airdingin. Garis putus – putus teratas merupakan batas maksimum dari nilai pH, sedangkan garis putus – putus bagian bawah merupakan batas minimum nilai pH yang masih diperbolehkan. Secara umum grafik nilai pH tersebut memperlihatkan kecenderungan kenaikan nilai pH berbanding lurus dengan jarak.

Nilai pH yang didapatkan bervariasi. Berdasarkan hasil analisis laboratorium, nilai pH yang terdapat di daerah penelitian antara 5,94 – 7,61 dan secara keseluruhan nilai pH memenuhi batas baku mutu yang ditetapkan. Hanya terdapat dua titik sampel yang tidak memenuhi batas baku mutu, yaitu titik sampel tujuh yang dekat dengan lokasi TPS dan titik sampel satu yang berada di utara peta.

#### 4.5.2.2 Parameter Suhu

Suhu merupakan salah satu parameter yang disyaratkan untuk menentukan kualitas air. Besaran suhu yang diizinkan adalah  $\pm 3^{\circ}$  suhu kamar, dalam satuan *celcius* ( $^{\circ}\text{C}$ ). Suhu di daerah penelitian pada saat pengambilan sampel adalah  $30^{\circ}\text{C}$ .

Untuk hasil pengukuran suhu pada sampel airtanah dapat dilihat pada **Gambar 4.24**.

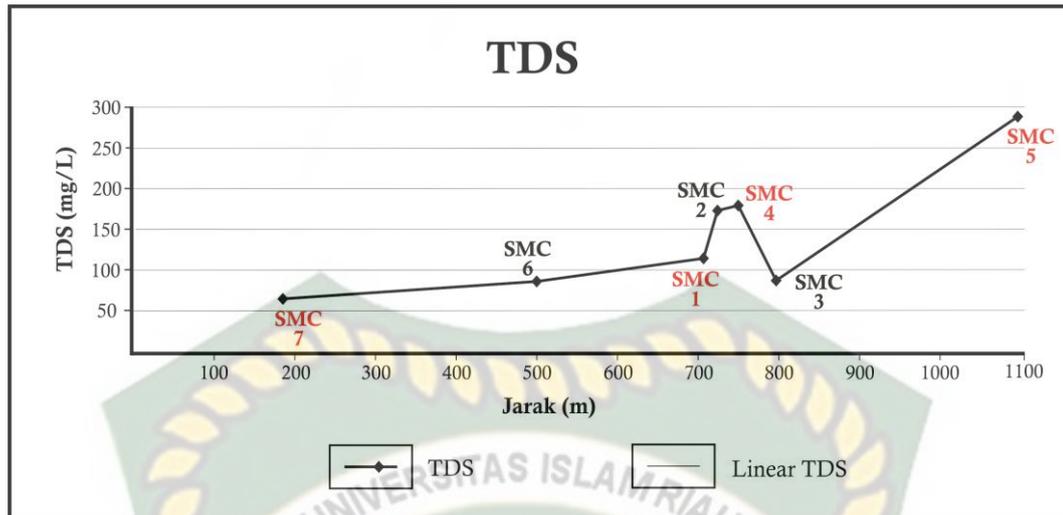


**Gambar 4.24** Grafik Nilai Suhu Pada Airtanah Dangkal di Sekitar Lokasi TPS Airdingin

Berdasarkan hasil analisis laboratorium, nilai suhu yang didapatkan pada titik sampel antara 28,8 °C – 29,4 °C dan secara keseluruhan berada dalam batas yang ditetapkan. Nilai suhu tertinggi didapatkan pada titik sampel satu yang berada di utara peta dan titik sampel tujuh yang berada dekat dengan lokasi TPS. Sedangkan yang nilai suhu terendah didapatkan pada titik sampel tiga dan titik sampel empat yang berada di utara peta.

#### 4.5.2.3 Parameter TDS

Total Dissolve Solid (TDS) merupakan salah satu parameter penentuan kualitas air yang memiliki pengaruh yang signifikan. TDS menunjukkan total kandungan zat padat yang terlarut dalam air, baik organik maupun anorganik. Besaran TDS yang diizinkan adalah 500 mg/L, nilai tersebut merupakan batas yang ditentukan untuk kualitas air minum layak konsumsi yang diepkan oleh Menteri Kesehatan Republik Indonesia dalam PP RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010. Berikut merupakan hasil analisis parameter TDS yang didapatkan dari tujuh titik sampel :

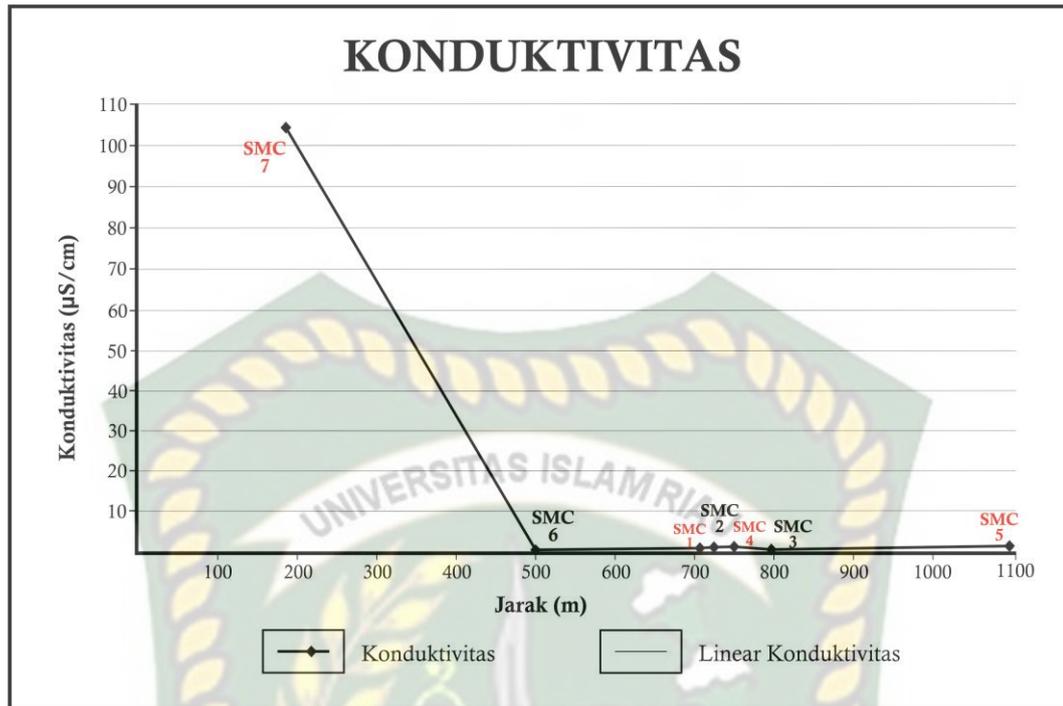


**Gambar 4.25** Grafik Nilai TDS Pada Airtanah Dangkal di Sekitar Lokasi TPS Airdingin

Berdasarkan hasil analisis laboratorium, nilai TDS yang didapatkan pada titik sampel antara 62,6 mg/L – 287,9 mg/L dan secara keseluruhan berada dalam batas yang diizinkan, yaitu 500 mg/L. Nilai TDS terendah didapatkan pada titik sampel tujuh yang berjarak 189 m dari utara TPS Airdingin, sedangkan yang nilai TDS tertinggi didapatkan pada titik sampel lima yang terletak di utara TPS Airdingin dengan jarak 1090 m (**Gambar 4.21**).

#### 4.5.2.4 Parameter Konduktivitas

Konduktivitas merupakan salah satu parameter penentuan kualitas air yang memiliki pengaruh yang signifikan. Konduktivitas merupakan kemampuan suatu larutan untuk menghantarkan listrik. Nilai konduktivitas dipengaruhi oleh kandungan ion yang terdapat di dalam larutan, dan akan berbanding terbalik terhadap nilai resistivitas. Besaran konduktivitas airtanah dangkal adalah 30  $\mu\text{S}/\text{cm}$  – 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , dan yang batas nilai layak minum adalah berkisar 42  $\mu\text{S}/\text{cm}$  – 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Nilai lebih dari 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  tidak dianjurkan karena dapat mengendap dan merusak batu ginjal<sup>(3,7,8)</sup>. Berikut merupakan hasil analisis parameter konduktivitas yang didapatkan dari tujuh titik sampel :



**Gambar 4.26** Grafik Nilai Konduktivitas Pada Airtanah Dangkal di Sekitar Lokasi TPS Airdingin

Berdasarkan hasil analisis laboratorium, nilai konduktivitas yang didapatkan pada titik sampel antara 0,1439  $\mu\text{S}/\text{cm}$  – 104,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Nilai konduktivitas terendah didapatkan pada titik sampel enam yang berjarak 500 m di selatan TPS Airdingin, sedangkan yang nilai konduktivitas tertinggi didapatkan pada titik sampel tujuh, yang berjarak 189 m di utara TPS Airdingin (**Gambar 4.21**).

Grafik nilai konduktivitas menunjukkan perbedaan yang signifikan, dari tujuh titik sampel terdapat satu titik sampel dengan nilai 104,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , dan enam titik sampel lainnya memiliki nilai konduktivitas dengan nilai desimal dibawah 1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Titik sampel dengan nilai konduktivitas tertinggi tersebut merupakan titik sampel terdekat dengan lokasi TPS Airdingin. Titik sampel terdekat lainnya adalah titik sampel enam yang berjarak 500 m dari TPS, tetapi memiliki nilai konduktivitas terendah diantara tujuh titik sampel yang dilakukan analisis. Titik sampel dengan nilai konduktivitas terendah tersebut berada di selatan TPS.

#### 4.5.3 Hubungan Parameter Kualitas Airtanah

Parameter kualitas airtanah menunjukkan tingkat pencemaran yang berbeda diantara beberapa parameter. Dari pengukuran pH, suhu, TDS dan konduktivitas diketahui bahwa daerah dengan radius 200 m dari TPS telah tercemar dan dipengaruhi oleh airlindi. hal tersebut ditunjukkan dari nilai pH yang rendah berada dibawah bakumutu, nilai TDS dan konduktivitas yang dipengaruhi oleh airlindi. Nilai pH yang rendah berarti kandungan airlindi dan pencemarannya terhadap airtanah megandung ion – ion dan mineral yang bersifat asam. Konduktivitas yang tinggi menunjukkan keberadaan mineral logam dan ion – ion yang mampu menghantarkan arus listrik sebagai hasil dari airlindi yang dihasilkan oleh TPS Airdingin. Nilai TDS di daerah penelitian dalam radius 200 m dari TPS Airdingin tidak terlalu tinggi, hal tersebut menunjukkan adanya lapisan *preventif* (penahan) sehingga dapat menyaring dan menahan resapan airlindi ke lapisan *aquifer*.

Sedangkan kualitas airtanah dalam radius besar dari 200 m menunjukkan nilai pH yang lebih tinggi dan mendekati sifat basa. Nilai konduktivitas yang diperoleh lebih kecil dibandingkan dengan sampel airtanah dalam radius 200 m. nilai konduktivitas yang didapatkan rata – rata memiliki nilai  $< 1 \mu\text{S/cm}$ . Nilai konduktivitas sendiri berarti kemampuan airtanah dalam menghantarkan arus listrik yang dipengaruhi oleh kandungan di dalam airtanah tersebut. Hal tersebut menunjukkan bahwa airtanah dalam radius besar dari 200 m tidak mengalami pencemaran oleh airlindi, dikarenakan airlindi akan menghasilkan konduktivitas yang tinggi dan nilai resistivitas yang rendah. Nilai TDS dalam radius besar dari 200 m menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai TDS dalam radius 200 m. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh kedalaman pengambilan sampel airtanah yang bervariasi dan proses masuknya air ke permukaan tanah melewati lapisan yang bervariasi pula. Pengambilan sampel dalam radius besar dari 200 m, dilakukan pada kedalaman yang lebih dangkal yaitu 2 m – 4 m.

Dari hasil analisis kualitas airtanah di daerah penelitian telah terjadi pencemaran yang dipengaruhi oleh airlindi dalam radius 200 m, sehingga menurunkan kualitas airtanah dibuktikan dengan beberapa parameter yang tidak memenuhi standar bakumutu. Pencemaran yang terjadi berada pada kedalaman 0 m – 4 m, diatas

lapisan lempung dan memiliki tingkat pencemaran yang terjadi masih dalam kategori ringan.

#### 4.6 Analisis Sebaran Airlindi

Analisis sebaran airlindi dilakukan untuk mengetahui pola penyebaran airlindi yang dihasilkan oleh TPS Airdingin dan menggambarkan daerah yang telah tercemar serta yang berpotensi sebagai daerah sebaran airlindi. Analisis sebaran airlindi dilakukan dengan mengkorelasikan data geolistrik, data pemboran, data pola aliran airtanah dangkal dan data kualitas airtanah. Lokasi meliputi daerah yang berada disekitar TPS Airdingin dengan koordinat  $101^{\circ} 28' 27.7148''$  E /  $0^{\circ} 27' 17.5620''$  N dan  $101^{\circ} 27' 50.0070''$  E /  $0^{\circ} 26' 43.9827''$  N.

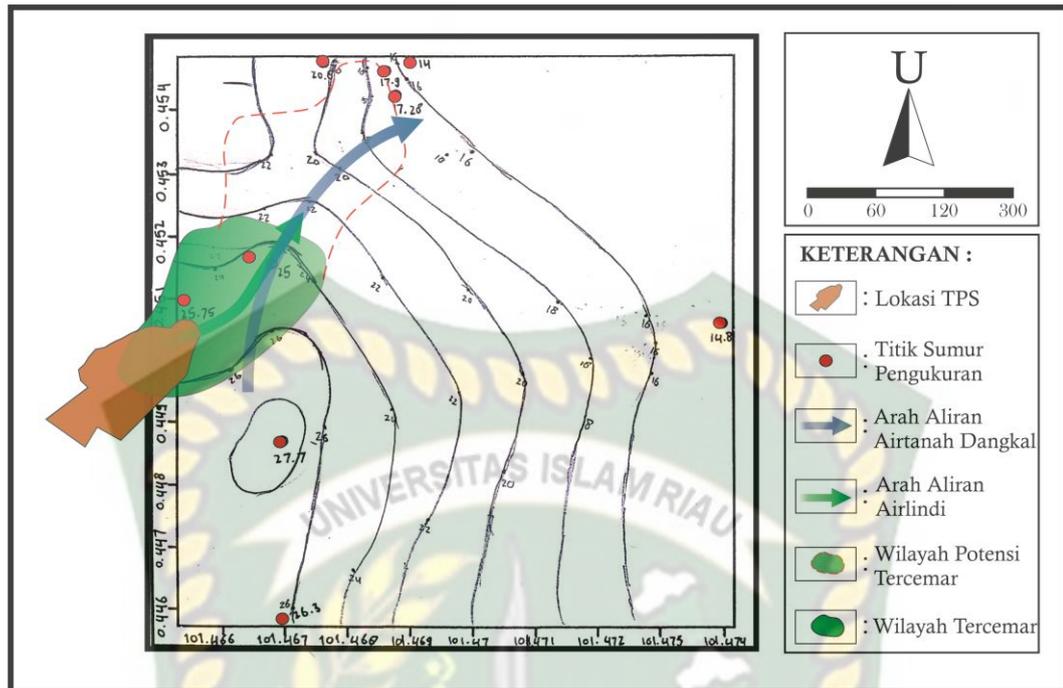


**Gambar 4.27** Daerah Analisis Sebaran Airlindi

Analisis sebaran airlindi dilakukan secara vertikal dan horizontal, dari ke empat data yang digunakan nilai resistivitas dan kualitas airtanah digunakan untuk mengetahui persebaran secara vertikal, sedangkan untuk persebaran horizontal dilakukan dengan menggunakan data pola aliran airtanah dangkal. Data pemboran digunakan sebagai pembanding dan data pendukung untuk interpretasi lapisan bawah permukaan. Data pemboran juga berfungsi untuk mendapatkan keadaan bawah permukaan dari hasil *coring*, diantaranya mengetahui secara langsung susunan lapisan bawah permukaan, tinggi muka airtanah di lokasi TPS Airdingin.

Analisis sebaran airlindi menggunakan data geolistrik dilakukan untuk mengetahui jenis material dibawah permukaan berdasarkan nilai resistivitas. Dari hasil analisis nilai resistivitas dengan kedalaman mencapai 9,60 m, didapatkan tiga jenis dan susunan material penyusun bawah permukaan yaitu tanah dan endapan pasir, lapisan kedua adalah lapisan lempung dan lapisan ketiga berupa endapan pasir. Nilai resistivitas rendah menunjukkan adanya anomali dan kemungkinan terjadinya pencemaran airlindi, dengan nilai resistivitas 26,1  $\Omega$ m. Nilai resistivitas rendah didapatkan di kedalaman 0 m – 2,55 m. Berdasarkan nilai resistivitas tersebut diinterpretasikan pencemaran airlindi hanya terjadi di kedalaman berkisar 0 m – 2,55 m. Hal tersebut dikarenakan kehadiran endapan lempung sebagai lapisan *preventif* yang bersifat impermeable sehingga dapat menahan sebaran airlindi secara vertikal.

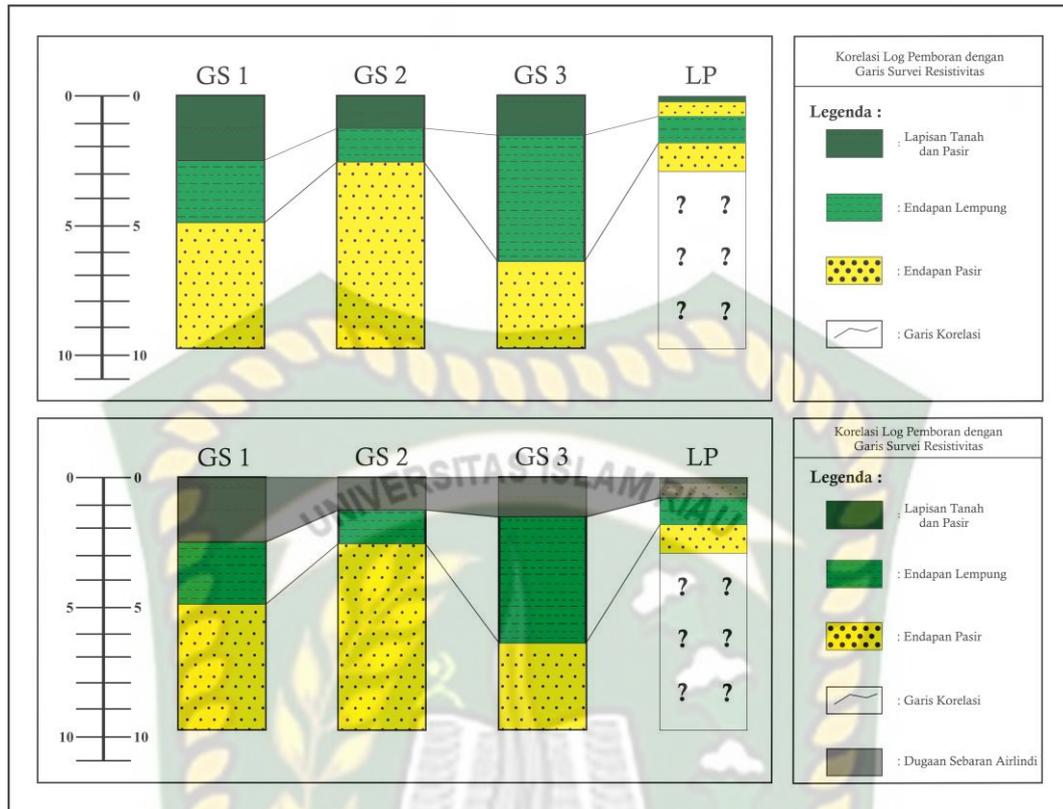
Data berikutnya untuk mengetahui sebaran airlindi adalah data kualitas airtanah. Hasil analisis kualitas airtanah juga menunjukkan adanya pencemaran airlindi diwilayah sekitar TPS Airdingin dengan tingkat pencemaran semakin tinggi ke permukaan. Beberapa parameter kualitas airtanah telah dipengaruhi oleh airlindi dan tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan, parameter yang tidak memenuhi baku mutu merupakan titik sampel yang berada di utara dan dekat dengan TPS Airdingin. Hal tersebut menjadi dasar adanya pencemaran airtanah oleh airlindi yang dihasilkan TPS.



**Gambar 4.28** Peta Isofreatik Dengan Daerah Tercemar Airlindi

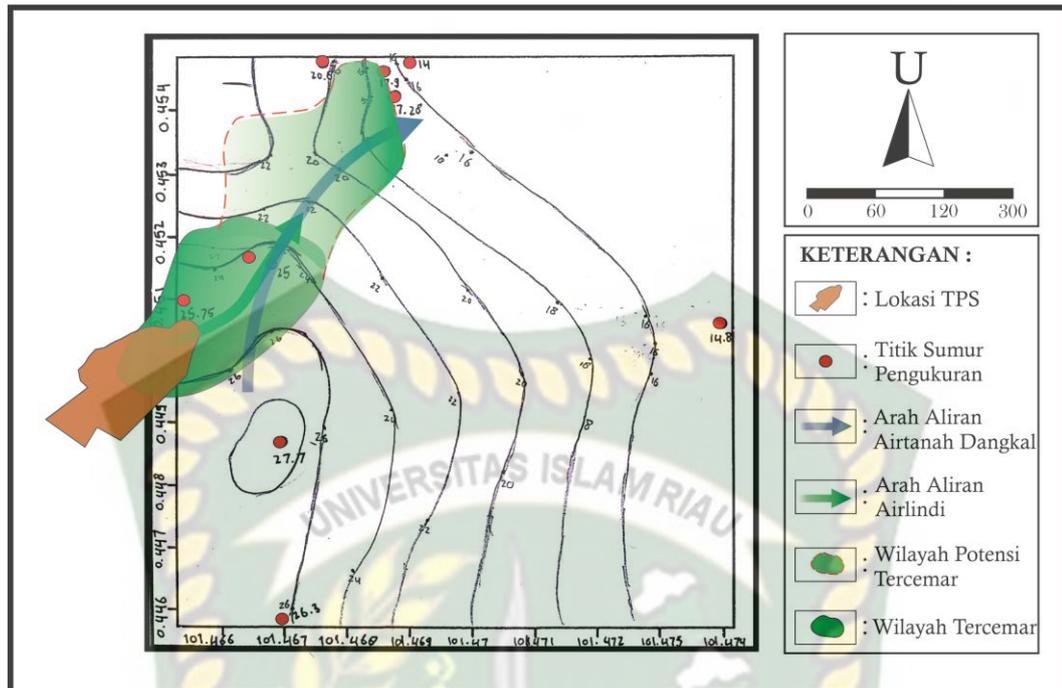
Daerah tercemar didapatkan dari analisis kualitas airtanah, sehingga dapat di petakan. Sebaran airlindi pada daerah penelitian mengikuti arah aliran airtanah dangkal dan masih berada pada kedalaman yang dangkal yaitu berkisar 0m - 2,55m.

Kondisi tersebut dikarenakan adanya lapisan lempung yang dapat menghambat dan atau mengurangi resapan airlindi kedalam permukaan tanah sehingga tidak mencapai kedalaman *aquifer* airtanah di daerah penelitian. Rata – rata kedalaman titik sampel adalah mulai dari 2,5 m – 20 m dengan tinggi muka airtanah tertinggi yaitu 0,72 m.



**Gambar 4.29** Korelasi Data Log Pemboran dengan Log Garis Survei Resistivitas

Secara keseluruhan kualitas airtanah di daerah penelitian masih dalam kategori layak, namun dalam beberapa parameter telah dipengaruhi oleh rembesan airlindi *The Present Is The Key To The Past*, merupakan teori yang dikemukakan oleh James Hutton, memiliki makna apa yang telah terbentuk dan proses yang berjalan pada masa sekarang merupakan kunci untuk mengetahui apa yang terjadi di masa lalu. Dewasa ini juga banyak peneliti menggunakan teori *The Pas Is The Key To The Present*, salah satunya peneliti asal Universitas London Andrew C.Scott pada tahun 1998 dalam “The Legacy Of Charles Lyell : Advances In Our Knowledge Of Coal and Coal-Bearing Strata”. Peneliti juga terinspirasi dari teori tersebut dalam menggambarkan pendugaan sebaran airlindi di disekitar wilayah TPS Airdingin (**Gambar 4.30**).

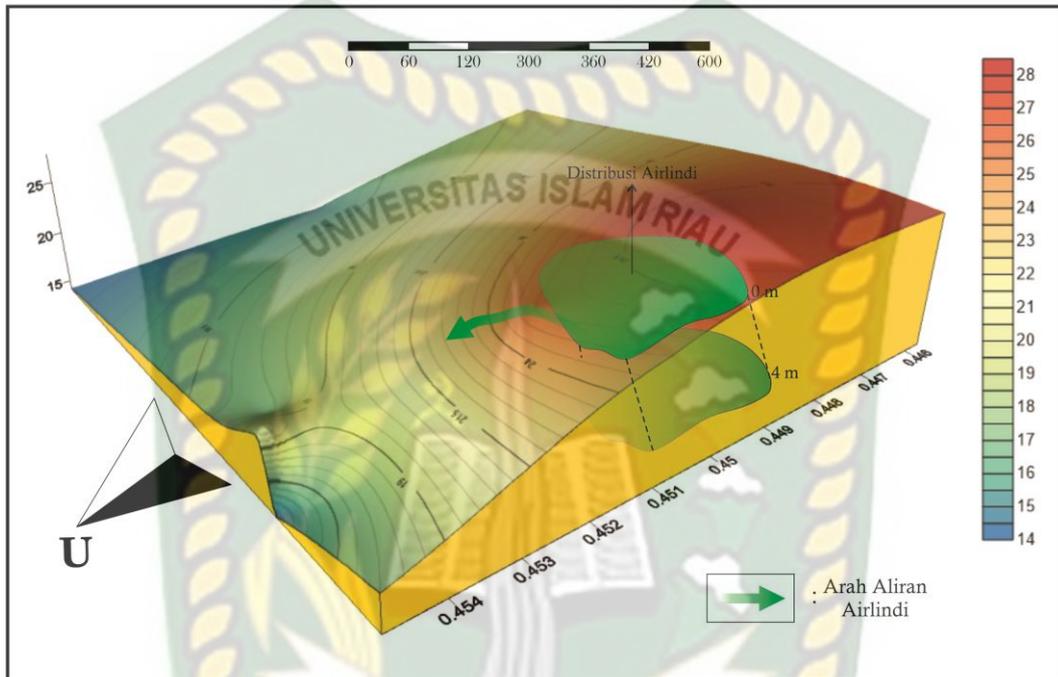


**Gambar 4.30** Daerah Dugaan Akumulasi Airlindi

Pendugaan airlindi tersebut berdasarkan data arah aliran airtanah dari peta isofreatik, yang menunjukkan adanya daerah yang menjadi tempat akumulasi airtanah dengan sumber aliran airtanah dari selatan, barat laut dan timurlaut. Pergerakan airlindi yang mengikuti arah aliran airtanah menjadi dasar peneliti menjadikan daerah tersebut sebagai tempat yang berpotensi sebagai daerah akumulasi airlindi. didukung dengan data kualitas airtanah yang semakin buruk dan terindikasi terpengaruh oleh airlindi kearah utara dari lokasi TPS Airdingin.

Hasil penelitian yang didapat dari korelasi data nilai resistivitas, data pemboran, data arah aliran dan kualitas airtanah serta dibantu dengan analisis regresi menunjukkan adanya pencemaran dan penurunan kualitas airtanah di daerah penelitian dalam radius 200 m. Pencemaran airtanah tersebut merupakan dampak yang ditimbulkan dari airlindi yang dihasilkan oleh TPS Airdingin. Dampak pencemaran airlindi terlihat jelas terutama pada kedalaman 0 m – 4 m, pada kedalaman lebih dari 4 m, pengaruh yang ditimbulkan airlindi terhadap airtanah tidak terlalu besar, hal tersebut dikarenakan keterdapatannya lapisan lempung yang mampu menahan distribusi airlindi. Lapisan lempung terdapat pada kedalaman 4 m – 7 m. Sedangkan dari analisis kualitas dan arah aliran airtanah diketahui bahwa

pergerakan airlindi juga bergerak searah dengan aliran airtanah dangkal, yaitu ke arah utara dan timurlaut dari peta. Sebagai hasil dari korelasi data untuk mengetahui arah sebaran airlindi di daerah sekitar TPS Airdingin dapat dilihat pada **Gambar 4.31** yang ditampilkan dalam bentuk 3D.



**Gambar 4.31** Distribusi Airlindi dalam Diagram 3D

## BAB V KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis sebaran airlindi di daerah sekitar TPS Airdingin menggunakan metode ERT (Electrical Resistivity Tomography) dan beberapa data pendukung, yaitu data log pemboran, data tinggi muka airtanah dan data kualitas airtanah didapatkan beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

1. Berdasarkan survei nilai resistivitas dan data log pemboran, ditemukan tiga lapisan penyusun yaitu, endapan tanah dan pasir belum terkonsolidasi, endapan lempung dan endapan pasir.
2. TPS Airdingin menghasilkan airlindi (*leachet*) yang mempengaruhi kualitas Airtanah disekitar lokasi TPS, hal tersebut dibuktikan dengan adanya hubungan yang sedang - kuat antara beberapa parameter kualitas airtanah dengan jarak dan posisi terhadap lokasi TPS Airdingin. Berikut merupakan hasil analisis regresi yang menunjukkan hubungan anantara parameter kualitas airtanah dengan jarak dan posisi terhadap lokasi TPS ; parameter pH ( $r_1 = 0,84509$ ), suhu ( $r_2 = 0,440128$ ), TDS ( $r_3 = 0,587334$ ), konduktivitas ( $r_4 = 0,58689$ ).
3. Tingkat pencemaran airtanah di daerah sekitar TPS Airdingin termasuk kedalam kategori pencemaran ringan.
4. Endapan lempung berperan sebagai lapisan penghalang (*preferitif*) distribusi pencemaran airlindi secara vertikal.
5. Airlindi yang dihasilkan oleh TPS Airdingin telah terdistribusi hingga pada kedalaman 2,55 m. Dibuktikan oleh nilai resistivitas yang rendah pada kedalaman tersebut, yaitu 26,1  $\Omega\text{m}$  (ditunjukkan pada GS1). Kualitas airtanah pada kedalaman 0 m – 3 m juga menunjukkan indikasi tercemar oleh airlindi.
6. Dampak Pencemaran oleh airlindi terhadap kualitas airtanah terjadi dalam radius 200 m disekeliling TPS Airdingin. Dibuktikan dengan hasil analisis kualitas airtanah di dekat sumber pencemar terdapat beberapa parameter yang tidak memenuhi batas baku mutu yang telah ditetapkan oleh Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010.

7. Distribusi sebaran airlindi mengarah ke utara dari TPS Airdingin. Pencemaran tersebut searah dengan pergerakan airtanah dangkal di daerah penelitian. Pola pencemaran tersebut dibuktikan dengan kualitas airtanah yang menunjukkan kualitas yang tidak memenuhi batas baku mutu pada daerah yang terletak di utara peta dari lokasi TPS Airdingin. Sedangkan arah aliran airtanah dangkal didapatkan dari pembuatan peta isofreatik dari pengukuran tinggi muka airtanah.

## 5.2 Saran

Daerah penelitian termasuk kedalam daerah yang tercemar oleh TPS Airdingin, baik kualitas airtanah yang terganggu maupun polusi udara yang ditimbulkan oleh TPS. Pencemaran tersebut akan semakin bertambah seiring berjalannya waktu, sehingga dengan hal tersebut dan hasil penelitian untuk memperkecil dampak dari pencemaran oleh TPS Airdingin, dapat dilakukan dengan system koagulasi (*biofiltering anaerobic*) untuk menurunkan level pencemaran hingga pada level yang tidak membahayakan kesehatan manusia. Sedangkan untuk menekan level pencemaran pulusi udara terutama bau yang ditimbulkan oleh sampah dapat dilakukan pemisahan sampah anorganik dan organik dan dibuatkan pola drainase yang tidak mengarah dan mendekati pemukiman.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullahi Nasir Khalid, Osazuwa Isaac Babatunde, Onugba Abraham. 2010. Detecting municipal solid waste leachate plumes through electrical resistivity survey and physio-chemical analysis of groundwater samples. *Journal of American Science*, 6: 540–548
- Amien Syamsul. 2016. Penyelidikan hidrogeologi dengan metode geolistrik schlumberger di kecamatan hamparan perak, deli serdang, sumatera utara. *Journal of Electrical Technology*, Vol. 1, No. 2, ISSN : 2502 – 3624
- Amirah. 2012. Pengaruh Timbunan Sampah di Lahan Terbuka Terhadap Kualitas Airtanah di Sekitar Tempat Penampungan Sampah Sementara Kelurahan Batu Ampar (skripsi). Depok (ID) : Universitas Indonesia
- Arbi Yaumal, Siregar Ronald, Damanhuri Tri Padmi. 2018. Kajian pencemaran airtanah oleh lindi di sekitar tempat pembuangan akhir sampah Airdingin Kota Padang. *Jurnal SAINS dan Teknologi* Vol.18, No.1, Juni 2018. E-ISSN 2615-2827
- Bahri. 2005. Hand Out Mata Kuliah Geofisika Lingkungan dengan Topik Metode Geolistrik Resistivitas. FMIPA ITS : Surabaya
- Casado, I., Mahjoub, H., Lovera, R., Fernandez, R., & Casas, A.L. (2015). Use of Electrical Tomography Methods to Determinate the Extension and Main Migration Routes of Uncontrolled Landfill Leachates in Fractured Areas. *Science of the Total Environment Journal*, 506-507: 546–553
- Departemen Kesehatan RI. (2010). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Jakarta: Departemen Kesehatan RI
- Effendi, H. (2003). Telaah Kualitas Air. Yogyakarta: Penerbit Kanisius
- Erwanto Zulis, Affandi Akhmad, dkk. 2017. Pengaruh rembesan leachate berdasarkan geolistrik resistivitas terhadap kualitas air tanah di sekitar TPA

bulusan banyuwangi. *SNITT- Politeknik Negeri Balikpapan 2017* ; ISBN:978-602-51450-0-1

- Firdaus Adam Rahmat, Paenrongi Andi Vhephenk, Safira Bella, dkk. 2017. Analisis kualitas airtanah berdasarkan parameter kekeruhan, tds (total dissolved solid), ph dan zat organik di wilayah bukit batu putih, samarinda, kalimantan timur. *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, Vol. 5, No. 2, Desember 2017: 1-4
- Grisey, E., & Aleya, L. (2016). Assessing the Impact of Leachate Plumes on Groundwater Quality in the Etueffont Landfill (Belfort, France). *Journal of Environment Earth Science*, 75: 913
- Hakim, Hi. Manrulu Rahma. Aplikasi konfigurasi Wenner dalam menganalisis jenis material bawah permukaan. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi* 05 (1) 2016 95-103. DOI : 10.24042/jpifalbiruni.v5i1.109
- Irwan Fadhilah, Afdal, Arlindia Indah. 2016. Kajian hubungan konduktivitas listrik dengan konsentrasi padatan terlarut pada air permukaan. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016* : DOI : doi.org/10.21009/0305020102
- Miswar. 2017. Identifikasi rembesan limbah cair dengan metode geolistrik resistivitas di kawasan industri makassar (kima) (skripsi). Makassar (ID) : UIN Alauddin Makassar
- M.Reynolds John. 2011. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. UK : WILEY - BLACKWELL
- Nuraini Yuli. 2011. Kualitas airtanah dangkal disekitar tempat pembuangan akhir Cipayung Kota Depok (skripsi). Depok (ID) : Universitas Indonesia
- Raisya. 2019. Analisis Sebaran Airtanah Menggunakan Data Resistivitas 2 Dimensi di Kulim, Kedah, Malaysia (skripsi). Pekanbaru (ID) : Universitas Islam Riau

- Ramadhan Fajri, D.R Farida Prasasti, Firizqy Febby, Adjid Tjahyo Nugroho. 2019. Pendugaan disitribusi air lindi dengan geolistrik metode ERT. *Majalah Geografi Indonesia* Vol.33, No.1, Maret 2019 (1-8). DOI : 10.22146/mgi.38813
- Rosdiana. 2015. Identifikasi Arah Rembesan dan Letak Akumulasi Lindi dengan Metode Geolistrik Resistivitas di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Tamangapa Makassar. *Skripsi*. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alaudin Makassar : Makassar
- Sari Mayang, Huljana Mifta. 2019. Analisis bau, warna, tds, ph, dan salinitas air sumur gali di tempat pembuangan akhir. *ALKIMIA: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan* Vol. 3 No. 1 2019
- Sartobadi J, Widyastuti M, Lestari I S. 2005. Penyebaran airtanah bebas tercemar air lindi di sekitar tpa piyungan kabupaten bantul, daerah istimewa Yogyakarta. *Forum Geografi*, Vol.19, No.1, Juli 2005 : 16-29
- Sehah, Cahyanto Wahyu Tri. 2009. Pengujian daya hantar listrik air tanah di sekitar tempat pembuangan akhir gunung tugel kabupaten banyumas menggunakan prinsip jembatan *wheatstone*. *Molekul*, Vol. 4. No. 1. Mei, 2009 : 39 – 47
- Shiddiqy, Muhammad Hanif. 2014. Pemetaan Keberadaan Akuifer menggunakan Metode Resistivitas Konfigurasi Schlumberger di Daerah Nanggulan, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. (skripsi). Yogyakarta (ID) : UGM
- Sihombing Leonard, Nurhasanah, Lapanoro B P. 2016. Pemetaan sebaran kandungan ph, tds, dan konduktivitas air sumur bor (studi kasus kelurahan sengkung kabupaten sintang kalimantan barat). *PRISMA FISIKA*, Vol. IV, No. 01 (2016), Hal. 36 – 40 : ISSN : 2337-8204
- Suryadi A, Batara, Amir S N. 2018. Electrical resistivity imaging (ERI) and induced polarization (IP) survey to solve water drought problem at Alor Gajah , Melaka, Malaysia. IOP Publishing doi: 10.1088/1757-899X/532/1/012025

Suryadi Adi, Yacoob Wan Zuhairi, Azahar Muhammad Azrief, Samsudin Abdul Rahim. 2016. 2D geo-electrical resistivity imaging (eri) of hydrocarbon contaminated soil. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering* : Vol. 21 [2016], Bund. 01

Syahrulyati T. 2005. Analisis Sebaran Dampak Pencemaran Lindi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Terhadap Kualitas Air bawah Permukaan (tesis). Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor

Telford, M.W., Geldart, L.P., Sheriff, R.E, & Keys, D.A. (1976). Applied geophysics, New York: Cambridge University Press

Wijaya, L. Legowo, B., Dan Ramelan, A.H. 2009. *Identifikasi Pencemaran Air Tanah Dengan Metode Geolistrik di Wilayah Ngringo Jaten Karanganyar*. Prosiding Seminar Nasional ke-15 Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir. Surakarta

