

**IDENTIFIKASI SEBARAN REMBESAN LIMBAH BAHAN  
BERBAHAYA DAN BERACUN DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS**  
(Studi Kasus: Desa Lakardowo, Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto)

**SKRIPSI**



Oleh :  
**ANDIN NUR FITRIANTI**  
NIM. 14640026

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2018**

**IDENTIFIKASI SEBARAN REMBESAN LIMBAH BAHAN  
BERBAHAYA DAN BERACUN DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS  
(Studi Kasus: Desa Lakardowo, Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto)**

**SKRIPSI**

**Diajukan Kepada:**

**Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:**

**ANDIN NUR FITRIANTI  
NIM. 14640026**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2018**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**IDENTIFIKASI SEBARAN REMBESAN LIMBAH BAHAN  
BERBAHAYA DAN BERACUN DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS  
(Studi Kasus: Desa Lakardowo, Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto)**

SKRIPSI

Oleh:  
Andin Nur Fitrianti  
NIM.14640026

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Pada Tanggal: 5 Desember 2018

Pembimbing I

Irjan, M.Si  
NIP. 19691231 200604 1 004

Pembimbing II

Umairatus Syarifah, M.A  
NIP.19820925 200901 2 005

Menyetujui,  
Ketua Jurusan



Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP.19650504 199003 1 003


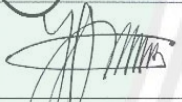


## HALAMAN PENGESAHAN

IDENTIFIKASI SEBARAN REMBESAN LIMBAH BAHAN  
BERBAHAYA DAN BERACUN DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS  
(Studi Kasus: Desa Lakardowo, Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto)

SKRIPSI

Oleh:  
Andin Nur Fitrianti  
NIM.14640026

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Pada Tanggal: 20 Desember 2018

Penguji Utama	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP.19650504 199003 1 003	
Ketua Penguji	<u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP.19740730 200312 1 002	
Sekretaris Penguji	<u>Irjan, M.Si</u> NIP.19691231 200604 1 003	
Anggota Penguji	<u>Umaiatus Syarifah, M.A</u> NIP.19820925 200901 2 005	

Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP.19650504 199003 1 003

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Andin Nur Fitrianti  
NIM : 14640026  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Identifikasi Sebaran Rembesan Limbah Bahan Berbahaya dan beracun Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas (Studi Kasus: Desa Lakardowo, Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 5 Desember 2018  
Yang membuat pernyataan



Andin Nur Fitrianti  
NIM. 14640026

## MOTTO



*Just remember that Allah knows the best for his people.*

*There is always a lesson behind all the difficulties.*

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*This thesis is dedicated to my parents,  
Mr. Prawoto Dwijo Tanoyo and Mrs. Nurkholis S.Pd.  
Thank you for always be there for me when I need you the most.  
Thank you for always supporting me when I'm down.  
Thank you for giving me what I want.  
I know that I cannot reply your kindness,  
but may this thesis be a way for me to make you happy 😊*



## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan berjalan dengan lancar tanpa bantuan pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang terlibat dan telah membantu penulis untuk menyelesaikan skripsi dengan baik, khususnya kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si, selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Irjan, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
5. Umaiyatus Syarifah, M.A selaku Dosen Pembimbing Integrasi.
6. Kedua orang tuaku Prawoto Dwijo Tanoyo dan Nurkholis, serta seluruh keluarga yang senantiasa memberikan dukungan, doa dan semangat agar penulis diberikan kemudahan dalam melaksanakan segala hal.
7. Sahabat tercinta Dita Aulia, Shafira Kurnia, Mega Aprilia, Malinda Rahma, Icmi Arifta, Devi Wahyu dan Ovie Aunita yang selalu memberikan semangat dan meluangkan waktu untuk bertemu pada saat penulis merasa bosan dengan skripsi.
8. Teman-teman mabna tercinta Nailil Tahta, Nur Laily R, Erin Nur W, Firsta Roisatul I, dan Khilwi Puteri yang selalu setia mendengarkan keluh kesah penulis selama proses penulisan skripsi.
9. Teman bermainku Andi Athiyah A, Ismatul Fuada, Kiki Arista, Muhimmatul Azizah SZ yang sudah menjadi teman bermain serta teman berdiskusi yang sangat baik.
10. Teman – teman seperjuangan Fisika 14 yang senantiasa bahu membahu untuk menyelesaikan penulisan skripsi masing – masing. Terimakasih sudah mau berjuang bersama.



11. Keluarga besar Geofisika 12, Geofisika 13, Geofisika 14 dan Geofisika 15 yang telah banyak membantu penulis. Mulai dari proses pengambilan data, pengolahan data hingga penulisan skripsi.
12. Serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung demi kesuksesan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Malang, 5 Desember 2018

Penulis



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Identifikasi Sebaran Rembesan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas (Studi Kasus: Desa Lakardowo, Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto)” dengan lancar. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun manusia dari jaman jahiliyah menuju jaman yang terang benderang, yang penuh dengan ilmu pengetahuan yang luar biasa.

Penulis berharap semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis dan semua pihak yang membaca laporan ini, dalam menambah wawasan ilmiah dan memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat penulis harapkan demi kebaikan bersama.

Malang, 5 Desember 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGAJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN KEASLIAN TULISAN</b> .....	<b>v</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>UCAPAN TERIMAKASIH</b> .....	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Limbah.....	6
2.1.1 Bahan Berbahaya dan Beracun.....	6
2.1.2 Pencemaran Air.....	7
2.2 Metode Geolistrik.....	11
2.2.1 Metode Geolistrik Resistivitas.....	12
2.2.2 Konfigurasi Elektroda.....	12
2.2.3 Konsep Resistivitas Semu.....	14
2.2.4 Resistivitas Batuan.....	17
2.3 Tinjauan Daerah Penelitian.....	20
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	22
3.2 Alat Penelitian.....	22
3.3 Desain Akuisisi.....	23
3.4 Metode Pengambilan Data.....	23
3.5 Metode Pengolahan Data.....	23
3.6 Metode Interpretasi Data.....	24
3.7 Metode Analisis Data.....	24
3.8 Diagram Alir Penelitian.....	25
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Akuisisi Data.....	26
4.2 Pengolahan Data.....	28
4.3 Interpretasi Data.....	29
4.3.1 Interpretasi Lintasan 1.....	30
4.3.2 Interpretasi Lintasan 2.....	32

4.3.3	Interpretasi Lintasan 3.....	33
4.3.4	Interpretasi Lintasan 4.....	35
4.3.5	Interpretasi Lintasan 5.....	37
4.3.6	Interpretasi Lintasan 6.....	38
4.4	Peta ISO-Resistivity.....	40
4.5	Pemodelan 3D.....	44
4.6	Pembahasan.....	46
4.6.1	Pembahasan Berdasarkan Parameter Kimia.....	46
4.6.2	Pembahasan Berdasarkan Parameter Fisika.....	49
4.7	Konservasi Air dalam Perspektif al-Quran dan Hadits.....	53
<b>BAB V PENUTUP</b>		
5.1	Kesimpulan.....	57
5.2	Saran.....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

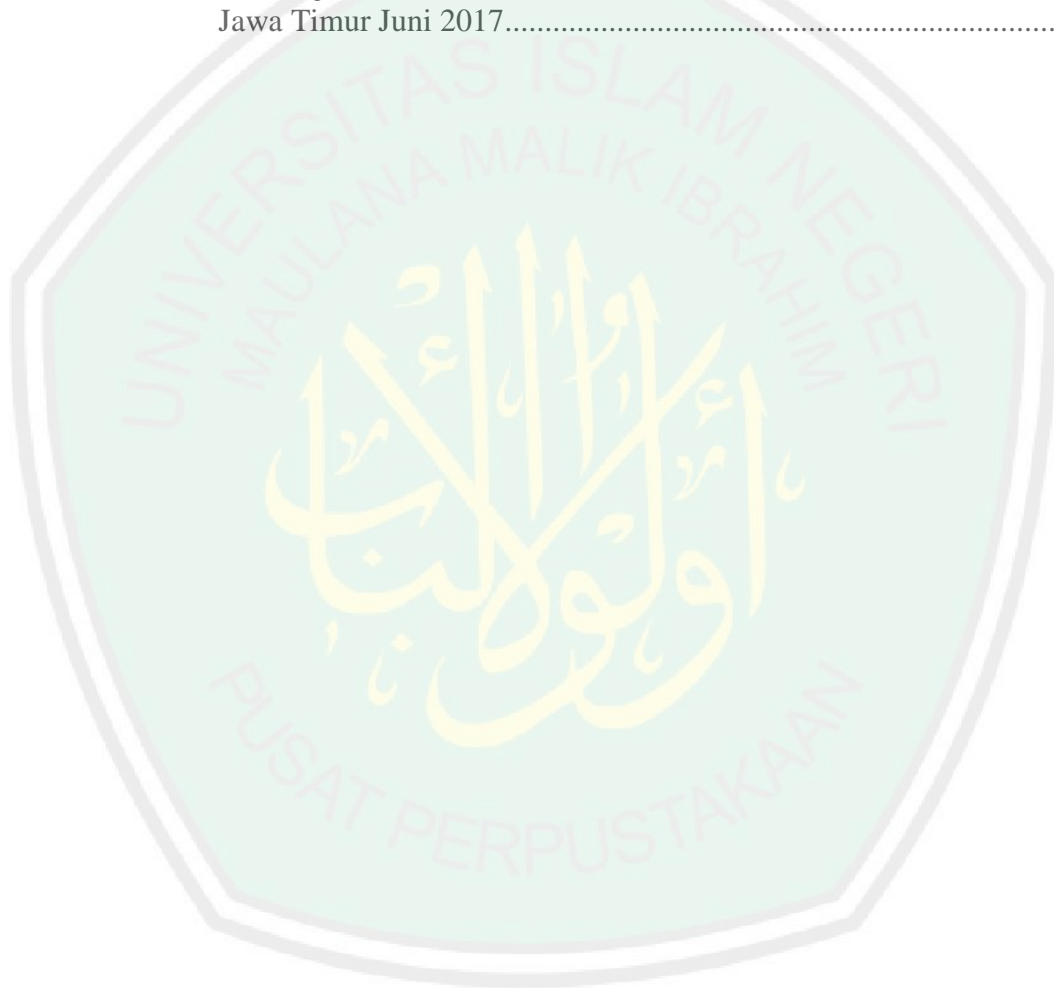


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Konfigurasi Wenner.....	13
Gambar 2.2	Efek Pada Resistivitas Semu Jika Spasi Elektroda Diperbesar..	15
Gambar 2.3	Variasi kualitatif pada resistivitas semu dengan spasi elektroda $a$ untuk suatu bidang batas horizontal. (a) Material dengan resistivitas yang lebih tinggi berada dibawah bidang batas (b) Material dengan resistivitas yang lebih tinggi berada di atas bidang batas.....	16
Gambar 2.4	Peta Geologi Lembar Mojokerto dan Peta Area Pengambilan Data.....	21
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 4.1	Penampang Hasil Inversi pada Lintasan 1.....	30
Gambar 4.2	Penampang Hasil Inversi pada Lintasan 2.....	32
Gambar 4.3	Penampang Hasil Inversi pada Lintasan 3.....	34
Gambar 4.4	Penampang Hasil Inversi pada Lintasan 4.....	35
Gambar 4.5	Penampang Hasil Inversi pada Lintasan 5.....	37
Gambar 4.6	Penampang Hasil Inversi pada Lintasan 6.....	39
Gambar 4.7	Peta ISO-Resistivity pada kedalaman yang berbeda (a) kedalaman 1,25 m dibawah permukaan, (b) kedalaman 3,875 m dibawah permukaan, (c) kedalaman 6,76 m dibawah permukaan, (d) kedalaman 10 m dibawah permukaan, (e) kedalaman 13,433 m dibawah permukaan.....	41
Gambar 4.8	Perpotongan pada sumbu X dan Y.....	44
Gambar 4.9	Perpotongan pada sumbu X dan Z.....	45
Gambar 4.10	Perpotongan pada sumbu Y dan Z.....	46
Gambar 4.11	Peta Topografi Daerah Penelitian dan Sebaran Sumur yang Terkontaminasi Limbah.....	52

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Air Lindi.....	10
Tabel 2.2	Resistivitas Dari Beberapa Batuan Dan Mineral.....	19
Tabel 4.1	Hasil interpretasi struktur bawah permukaan pada lintasan 1.....	31
Tabel 4.2	Hasil interpretasi struktur bawah permukaan pada lintasan 2.....	32
Tabel 4.3	Hasil interpretasi struktur bawah permukaan pada lintasan 3.....	34
Tabel 4.4	Hasil interpretasi struktur bawah permukaan pada lintasan 4.....	36
Tabel 4.5	Hasil interpretasi struktur bawah permukaan pada lintasan 5.....	37
Tabel 4.6	Hasil interpretasi struktur bawah permukaan pada lintasan 6.....	39
Tabel 4.7	Hasil Uji Kualitas Air Lakardowo oleh Laboratorium BLH Jawa Timur Juni 2017.....	46



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Hasil Akuisisi Data
- Lampiran 2 Hasil Inversi Data Dari *Software* Res2Dinv
- Lampiran 3 Data Inputan Pada *Software* Surfer
- Lampiran 4 Data Inputan Pada *Software* Voxler
- Lampiran 5 Cara Pengolahan Data
- Lampiran 6 Dokumentasi Akuisisi Data
- Lampiran 7 Bukti Konsultasi Skripsi



## ABSTRAK

Fitrianti, Andin Nur. 2018. **Identifikasi Sebaran Rembesan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas (Studi Kasus: Desa Lakardowo, Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto)**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Pembimbing (I) Irjan, M.Si. (II) Umayyatus Syarifah, M.A.

---

Kata Kunci: Air Terkontaminasi, Metode Geolistrik Resistivitas, Pemodelan 2D dan 3D

Mojokerto merupakan kota yang memiliki industri yang bergerak pada berbagai bidang, salah satunya industri pengolahan limbah. Beberapa limbah dibiarkan dan tidak diolah sehingga mencemari lingkungan sekitar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran rembesan limbah bahan beracun dan berbahaya menggunakan metode geolistrik. Metode geolistrik merupakan metode yang paling cocok untuk eksplorasi air bawah permukaan termasuk air yang terkontaminasi oleh limbah. Prinsip kerja dari metode ini adalah menginjeksikan arus ke dalam tanah dan menangkap beda potensial yang didapatkan dari penginjeksian arus tersebut. Pengambilan data di lapangan menggunakan konfigurasi Wenner Alpha dengan spasi antar elektroda adalah 5 m. Pengolahan data 2D dilakukan secara vertikal dan horisontal (*ISO-Resistivity*), sedangkan pemodelan 3D merupakan pemodelan 3D *block*. Hasil dari penelitian ini yaitu zona resistivitas rendah atau yang diduga sebagai air terkontaminasi menyebar di seluruh lintasan pengukuran, dengan nilai resistivitas sekitar 0,00205 – 1,44  $\Omega$ m. Zona resistivitas rendah mulai terdeteksi pada kedalaman 1,25 m di bawah permukaan. Berdasarkan penelitian ini dapat diketahui bahwa air terkontaminasi memiliki nilai resistivitas yang lebih rendah daripada air tanah, yaitu  $<10 \Omega$ m.



## ABSTRACT

Fitrianti, Andin Nur. 2018. **Identification The Distribution Of Seepage Of Toxical And Hazardous Materials Using Geoelectrical Method (Case Study: Lakardowo Village, Jetis Sub-District, Mojokerto District)**. Essay. Physics Department, Science and Technology Faculty, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim, Malang. Mentor (I) Irjan, M.Si. (II) Umayyatus Syarifah, M.A.

---

Keywords: Contaminated water, Geoelectrical method, 2D and 3D modelling.

Mojokerto is a city that has many industries that are budged in various fields, one of them is the waste processing industry. Some wastes are left and not processed, so they pollute the environment around it. This research aims to determine the spread of seepage of and toxical and hazardous materials waste using geoelectrical methods. Geoelectrical methods is the most suitable method for exploration of subsurface water including waste contaminated water. The principle of this method is to inject current into the ground and capture the potential difference. Data collecting in the field is using the Wenner Alpha configuration, where the space between electrodes is 5m. 2D data modelling is done vertically and horizontally (ISO-Resistivity), while 3D data modelling is done by using a 3D block modelling. The result has shown that 3D data resistivity zone or estimated as contaminated water spreads in the line of the data acquisition, with the resistivity value is around 0,00205 – 1,44  $\Omega$ m. The low resistivity zone is detected on depth 1,25 m beneath the surface. Based on this research, it can be known that contaminated water has lower resistivity value than the ground water, that is approximately <10  $\Omega$ m.

## ملخص البحث

فطرينتي، أنددين نور. 2018. تحديد انتشار مخلفات النفايات مواد الخطرة والسامة باستخدام طريقة الكهربية والكيميائية المقاومة (دراسة حالة: قرية لاكاردووو جيتي، مجوكراتو). البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم، مالانج. الاشراف: إرجان، الماجستير، وأمية الشريفة، الماجستير

الكلمات المفتاحية : المياه الملوثة ، طريقة الكهربية والكيميائية المقاومة، النمذجة ثنائية 2D وثلاثية الأبعاد 3D

مجوكراتو هو مدينة بصناعات التي تعمل في المجالات المختلفة، واحد منها هو صناعة لمعالجة النفايات. ترك بعض النفايات وعدم معالجتها وتسبب تلوث البيئة المحيطة. يهدف هذا البحث إلى تحديد انتشار مخلفات النفايات مواد الخطرة والسامة باستخدام طريقة الكهربية والكيميائية المقاومة. الطريقة الكهربية والكيميائية المقاومة هي الطريقة الأنسب لاستكشاف المياه الجوفية، فهي المياه الملوثة بالنفايات. مبدأ العمل من هذه الطريقة هو حقن التيار في الأرض والتقاط الفرق المحتملة التي تحصل عليها من حقن التيار. استخدم أخذ البيانات بتهيئة ألفا وينير مع التباعد بين الأقطاب الكهربية فهو خمسة أمتار. تتم معالجة البيانات لثنائية الأبعاد عموديا وأفقيا (*ISO-Resistivity*)، ونمذجة ثلاثية الأبعاد هي نمذجة ثلاثية الأبعاد (*block*). نتائج هذا البحث هي مناطق المقاومة المنخفضة أو تشبهها في انتشار المياه الملوثة بالتساوي تقريبا في منطقة الدراسة، مع قيم المقاومة حول  $1,44 - 0,00205 \Omega m$ . منطقة المقاومة المنخفضة هي على عمق  $1.25 - 13.433$  م تحت السطح. بناء على هذا البحث، نظر أن المياه الملوثة لها قيمة مقاومة أقل من المياه الجوفية، يعني  $10 > \Omega m$

# **BAB I PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang**

Air bersih merupakan kebutuhan primer bagi setiap manusia. Pembangunan industri yang semakin meningkat pada setiap tahunnya menyebabkan permasalahan limbah pabrik yang harus ditangani bertambah. Limbah yang dihasilkan oleh industri pada masa ini memberikan dampak yang besar terhadap ketersediaan air bersih untuk kebutuhan sehari-hari, diantaranya pencemaran air sumur pada pemukiman warga di sekitar lokasi pabrik atau industri. Kandungan berbahaya yang terdapat pada air sumur yang tercemar limbah menyebabkan beberapa penyakit, seperti gatal-gatal.

Limbah adalah sisa atau buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi, baik industri maupun domestik (rumah tangga). Limbah sering disebut dengan sampah yang dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan dan barang yang tidak memiliki nilai ekonomis. Limbah juga berdampak negatif terhadap kesehatan manusia (Arief, 2016).

Di Mojokerto, terdapat suatu industri pengolahan limbah yang mengolah limbah rumah sakit dan limbah sisa pembakaran batubara. Berdasarkan uji kandungan air sumur warga yang tercemar, limbah tersebut digolongkan sebagai limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Limbah rumah sakit yang diolah berasal dari seluruh rumah sakit di Jawa Timur dan Bali. Tidak semua limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit diolah dengan baik, ada beberapa limbah yang dibiarkan menumpuk begitu saja. Begitu pula dengan limbah pembakaran

batubara, ada beberapa oknum yang memanfaatkan limbah batubara sebagai urukan tanah sehingga menyebabkan air sumur di sekitar lokasi menghitam. Penimbunan sampah yang dilakukan secara terus menerus menyebabkan semakin luasnya jangkauan persebaran limbah. Persebaran limbah ini sudah meluas ke dua desa yang berada di sekitar lokasi industri, yaitu Desa Lakardowo (Dusun Sumberwuluh, Dusun Sambigembol, dan Dusun Kedungpalang) dan Desa Sidorejo (Dusun Greyol).

Limbah bukan persoalan yang baru bagi masyarakat. Industri pengolahan limbah yang berdiri sejak tahun 2010 banyak menimbulkan pro dan kontra di masyarakat. Berdirinya industri pengolahan limbah menciptakan lapangan pekerjaan bagi penduduk sekitar, sehingga dapat mengurangi tingkat pengangguran penduduk. Akan tetapi, masyarakat juga merasa dirugikan karena air sumur yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari, sudah mulai tercemari limbah berbahaya hasil kegiatan industri tersebut.

Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Jawa Timur telah melakukan pengujian terhadap beberapa sampel air sumur yang tercemar. Hasil uji kualitas air yang dilakukan bulan Juni 2016 menunjukkan bahwa terdapat beberapa sumur di desa Lakardowo yang hasil uji kandungannya melebihi baku mutu air minum. Salah satu indikator uji kualitas air adalah nilai TDS (*Total Dissolve Solid*). TDS adalah jumlah total larutan padat yang terkandung dalam air. Beberapa sumur memiliki nilai TDS (zat padat terlarut) mencapai lebih dari 2000mg/L, sedangkan nilai TDS air yang dapat diminum adalah 1000 mg/L. Tingginya nilai TDS menunjukkan bahwa kualitas air tersebut adalah jelek atau sudah tidak layak dikonsumsi.

Banyak sekali kerusakan di bumi yang disebabkan oleh kelalaian manusia, salah satunya adalah pencemaran limbah. Pencemaran limbah diakibatkan oleh kelalaian manusia yang melakukan penimbunan limbah di sembarang tempat. Fenomena kerusakan alam pada masa ini telah dijelaskan dalam al-Quran Surah Ali Imran [3]: 182 sebagai berikut:

ذٰلِكَ بِمَا قَدَّمْتُمْ اَيْدِيكُمْ وَاَنَّ اَللّٰهَ لَيْسَ بِظَلّٰمٍ لِّلْعٰبِدِ

*(azab) yang demikian itu adalah disebabkan perbuatan tanganmu sendiri, dan bahwasanya Allah sekali-kali tidak menganiaya hamba-hamba-Nya.*

Ayat di atas menjelaskan bahwa ada beberapa kerusakan alam terjadi akibat dari perbuatan manusia. Salah satu contoh dari kerusakan alam yang diakibatkan oleh perbuatan manusia adalah pencemaran air. Dalam kasus ini, pencemaran air terjadi karena adanya penimbunan limbah di sembarang tempat.

Metode geolistrik resistivitas adalah salah satu metode geofisika yang dapat memetakan struktur tanah berdasarkan besarnya nilai resistivitas batuan di dalam tanah. Prinsip kerja metode tersebut adalah mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi. Metode ini telah digunakan sebelumnya oleh Wulandari (2015) yang memetakan sebaran air lindi di tempat pembuangan akhir di TPA Jatibarang Semarang. Dari penelitian tersebut dapat diketahui sejauh mana aliran air lindi dan arah aliran air lindi berdasarkan sudut elevasi permukaan daerah penelitian. Metode ini juga telah digunakan oleh Subagiyo (2017) untuk mengetahui sebaran indikasi air tanah yang terkontaminasi lindi di sekitar TPA Bukit Pinang Kota Samarinda. Dari

penelitian tersebut diketahui bahwa air lindi memiliki nilai resistivitas dan *chargeability* yang rendah.

Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui sebaran rembesan limbah berbahaya di lokasi penelitian sehingga dapat diketahui daerah yang belum tercemari limbah dan daerah yang sudah tercemari limbah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu masyarakat untuk mengetahui titik yang belum tercemar, sehingga dapat dilakukan pengeboran sumur pada titik tersebut.

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana mengidentifikasi limbah bahan berbahaya dan beracun di lokasi penelitian berdasarkan nilai resistivitasnya?
2. Bagaimana pola sebaran rembesan limbah bahan berbahaya dan beracun di lokasi penelitian?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Mengidentifikasi limbah bahan berbahaya dan beracun di lokasi penelitian berdasarkan nilai resistivitasnya.
2. Mengetahui pola sebaran rembesan limbah bahan berbahaya dan beracun di lokasi penelitian.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Manfaat Dalam Bidang Keilmuan
  - a. Memberikan pengetahuan tentang prinsip kerja dan tata cara penggunaan alat geolistrik resistivitas.

- b. Memberikan pengetahuan tentang tata cara pengolahan data resistivitas, yaitu pemodelan 2D menggunakan *software* Res2dinv dan *software* Surfer, serta pemodelan 3D menggunakan *software* Voxler.
  - c. Sebagai informasi dan referensi untuk penelitian selanjutnya.
2. Manfaat Untuk Masyarakat
    - a. Memberikan pemahaman kepada masyarakat tentang penggunaan metode geolistrik pada bidang lingkungan, yakni untuk mengetahui sebaran rembesan limbah bahan berbahaya dan beracun pada desa Lakardowo.

### **1.5 Batasan Masalah**

1. Konfigurasi elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah konfigurasi Wenner Alpha.
2. Penelitian ini dilakukan di Dusun Kedungpalang, Desa Lakardowo, Kecamatan Jetis Kabupaten Mojokerto.
3. Luas daerah penelitian adalah 30.450 m<sup>2</sup> dengan panjang 145m dan lebar 210m.
4. Batas koordinat daerah penelitian adalah 9183990 – 9184135 LS (UTM) sampai 660930 – 661135 BT (UTM).

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Limbah**

Menurut PP No. 18 Tahun 1999, limbah merupakan sisa atau buangan yang dihasilkan dari suatu usaha atau suatu kegiatan produksi (Arief, 2016). Limbah tidak hanya dihasilkan oleh kegiatan-kegiatan dengan skala besar, seperti kegiatan industri. Limbah juga dihasilkan dari kegiatan sehari-hari, seperti makan, minum, dan mencuci. Limbah yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan berbagai persoalan lingkungan, seperti pencemaran air. Limbah telah menjadi masalah lingkungan yang sangat krusial, terutama di daerah perkotaan (Sunarsih, 2018).

Berdasarkan karakteristiknya, limbah yang dihasilkan oleh suatu industri dapat dibagi menjadi empat bagian, yaitu (Arief, 2016):

1. Limbah cair biasanya dikenal sebagai pencemar air. Komponen pencemaran air umumnya terdiri dari bahan buangan padat, bahan buangan organik, dan bahan buangan anorganik.
2. Limbah padat.
3. Limbah gas dan partikel.
4. Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun).

#### **2.1.1 Bahan Berbahaya dan Beracun**

Bahan berbahaya dan beracun yang kemudian disingkat B3 adalah zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi dan jumlahnya dapat mencemari dan membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta



kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain (Syapriallah, 2018). Limbah Bahan Beracun dan Berbahaya adalah hasil buangan dari suatu kegiatan produksi yang mengandung bahan-bahan berbahaya dan beracun. Limbah B3 secara langsung maupun tidak langsung dapat merusak lingkungan, menyebabkan gangguan kesehatan, dan mengancam kelangsungan hidup manusia serta organisme lainnya. Riyanto (2014) mengelompokkan zat-zat berbahaya sebagai berikut :

1. Bahan peledak, misalnya dinamit atau amunisi.
2. Gas-gas bertekanan tinggi, seperti hidrogen dan sulfur dioksida.
3. Cairan mudah terbakar, seperti minyak tanah, gas, dan aluminium alkali.
4. Bahan-bahan keras yang mudah terbakar, seperti metal magnesium, sodium hidrit, dan kalsium hidrit yang siap terbakar.
5. Bahan-bahan korosif, seperti oleum, sulfur oksida, dan soda caustik yang dapat menyebabkan luka pada kulit yang terbuka.
6. Bahan-bahan beracun, seperti asam hidrosianida atau aniline.
7. Bahan etiologik termasuk agen penyebab antraks, botulisme, atau tetanus.
8. Bahan bahan radioaktif, termasuk plutonium, cobalt-60 dan uranium hexafluorida.

### **2.1.2 Pencemaran Air**

Lingkungan hidup merupakan kesatuan ruang dengan semua benda, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya yang mempengaruhi kehidupan dan kesejahteraan manusia beserta makhluk hidup yang lainnya. Lingkungan hidup tidak hanya bersifat fisik seperti tanah, air,

cuaca, dan sebagainya. Namun dapat juga berupa lingkungan sosial yang meliputi semua kondisi yang ada pada masyarakat yang menimbulkan pengaruh atau perubahan sosiologis, seperti ekonomi, politik, dan sosial budaya (Mardiana, 2013). Air merupakan bagian dari lingkungan statis atau alam yang diciptakan oleh Allah swt.

Pencemaran air merupakan memburuknya kualitas dari air tanah/air bawah permukaan yang diakibatkan oleh aktivitas manusia baik secara langsung maupun tidak langsung (Boulding, 2016). Menurut SK Menteri Kependudukan Lingkungan Hidup No. 02/MENKLH/1988, pencemaran adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam air atau udara. Selain itu, pencemaran juga berarti berubahnya susunan (komposisi) air atau udara oleh kegiatan manusia dan proses alam sehingga kualitas air atau udara menjadi kurang baik (Arief, 2016). Pencemaran air ini biasa terjadi di sungai, danau, dan laut. Hal-hal yang berhubungan dengan kerusakan alam yang diakibatkan oleh perbuatan manusia dijelaskan dalam al-Quran surat Ar-Ruum [30]: 41 sebagai berikut:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي  
عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

*Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar) (QS. Ar-Ruum [30]: 41).*

Ada yang berpendapat bahwa makna الفساد (kerusakan) adalah kekeringan, sedikitnya hasil tanaman, hilangnya berkah. Seperti ini juga pendapat yang dikemukakan oleh Ibnu Abbas RA. Ibnu Abbas RA berkata, “*Kurangnya berkah pada pekerjaan hamba, agar mereka bertobat*” (Qamarullah, 2014). Yusuf al-Qardawi memahami *fasad* sebagai krisis lingkungan secara fisik yang mengakibatkan berbagai macam bencana, seperti penyebaran penyakit, krisis pangan, krisis sumber daya alam, perubahan musim, pencemaran lingkungan yang membahayakan seluruh makhluk hidup di bumi (Rodin, 2017). Pada kasus ini, kerusakan alam yang terjadi adalah pencemaran air bawah tanah. Pencemaran ini diakibatkan oleh kelalaian manusia yang melakukan penimbunan limbah di sembarang tempat. Pencemaran ini menyebabkan berkurangnya hasil panen tanaman pada daerah tersebut.

Abu Aliyah mengatakan bahwa barang siapa yang berbuat durhaka kepada Allah di bumi, berarti dia telah berbuat kerusakan di bumi, karena terpeliharanya bumi dan langit adalah dengan ketaatan (Katsir, 2000). Ayat di atas dapat dijadikan dalil tentang kewajiban manusia untuk melestarikan lingkungan hidup, sebab terjadinya berbagai macam bencana berasal dari ulah manusia yang melakukan eksploitasi secara berlebih tanpa diimbangi dengan upaya pelestarian.

Air lindi atau air terkontaminasi merupakan cairan yang berasal dari sampah dan mengandung zat-zat terlarut dan tersuspensi. Air lindi merupakan cairan yang keluar dari timbunan sampah. Turunnya hujan menyebabkan timbunan sampah menghasilkan air lindi yang mengandung mineral dan zat organik tinggi (Ali, 2011). Aliran air lindi berpotensi untuk mengontaminasi

akuifer bawah tanah dan air permukaan. Air lindi memiliki resiko jangka panjang terhadap kesehatan makhluk hidup dan kelestarian lingkungan (Maurya, 2017).

Lindi merupakan polutan yang mengandung ion-ion logam berat yang cenderung memiliki nilai tahanan jenis (resistivitas) lebih rendah bila dibandingkan dengan air bawah tanah. Nilai resistivitas air tanah adalah 10 – 100  $\Omega$ m, sedangkan nilai resistivitas dari air lindi adalah < 10  $\Omega$ m. Oleh karena itu adanya lindi dapat diamati dengan melakukan pengambilan data resistivitas pada daerah atau sistem yang ditinjau (Subagiyo, 2017).

Karakteristik air lindi sangat bervariasi tergantung dari proses-proses yang terjadi dalam *landfill*, yang meliputi proses fisik, kimia, dan biologis. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses yang terjadi di dalam *landfill* adalah: jenis sampah, lokasi *landfill*, hidrogeologi dan sistem pengoperasian. Faktor tersebut bervariasi antara tempat pembuangan satu dengan tempat pembuangan yang lainnya, begitu pula aktivitas biologis serta proses yang terjadi pada timbunan sampah, baik secara aerob maupun anaerob (Ali, 2011).

Tabel 2.1 Karakteristik Air Lindi (Balai Laboratorium Kesehatan Surabaya (2005) dalam Ali (2011))

Parameter	Range (mg/liter)
COD	150 – 100000
BOD <sub>5</sub>	100 – 90000
pH	5,3 – 8,5
Alkalinitas	300 – 11500
Hardness	500 – 8900
NH <sub>4</sub>	1 – 1500
N-Organik	1 – 2000
N-Total	50 – 5000
NO <sub>3</sub> (Nitrit)	0,1 – 50
NO <sub>2</sub> (Nitrat)	0 – 25
P-Total	0,1 – 30
PO <sub>4</sub>	0,3 – 25

Ca	10 – 2500
Mg	50 – 1150
Na	50 – 4000
K	10 – 2500
SO <sub>4</sub>	10 – 1200
Cl	30 – 4000
Fe	0,4 – 2200
Zn	0,05 – 170
Mn	0,4 – 50
CN	0,04 – 90
Aox <sup>a</sup>	$320 \times 10^{-3} - 3500 \times 10^{-3}$
Phenol	0,04 – 44
As	$5 \times 10^{-3} - 1600 \times 10^{-3}$
Cd	$0,5 \times 10^{-3} - 140 \times 10^{-3}$
Co	$4 \times 10^{-3} - 950 \times 10^{-3}$
Ni	$20 \times 10^{-3} - 2050 \times 10^{-3}$
Pb	$8 \times 10^{-3} - 1020 \times 10^{-3}$
Cr	$300 \times 10^{-3} - 1600 \times 10^{-3}$
Cu	$4 \times 10^{-3} - 1400 \times 10^{-3}$
Hg	$0,2 \times 10^{-3} - 50 \times 10^{-3}$

## 2.2 Metode Geolistrik

Geolistrik merupakan salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara pendeteksiannya di permukaan bumi. Proses pendeteksiannya meliputi pengukuran potensial, arus, dan medan elektromagnetik yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat adanya arus yang diinjeksikan ke dalam bumi. Ada beberapa macam metode geolistrik, diantaranya yaitu metode potensial diri, arus *telluric*, magnetotelurik, elektromagnetik, IP (*Induced Polarization*), resistivitas (Arif, 2016).

Sifat-sifat kelistrikan pada batuan dibagi dalam beberapa jenis, diantaranya tahanan jenis (*resistivity*) dan polarisasi. Tahanan jenis merupakan hambatan dari batuan terhadap aliran arus listrik yang diinjeksikan, sedangkan polarisasi adalah kemampuan batuan untuk menciptakan atau menyimpan sementara energi listrik, umumnya lewat proses elektrokimia (Hakim, 2017).

### 2.2.1 Metode Geolistrik Resistivitas

Metode resistivitas adalah salah satu metode geofisika yang berfungsi untuk mengetahui struktur bawah permukaan bumi berdasarkan distribusi nilai resistivitasnya. Prinsip kerja dari metode geolistrik resistivitas adalah menginjeksikan arus pada dua elektroda arus dan mengukur beda potensial yang ditimbulkan pada titik di permukaan bumi dengan dua elektroda potensial. Beda potensial yang terukur bergantung pada resistivitas dari batuan yang dilewati (Gasperikova,dkk, 2012). Metode ini lebih efektif jika digunakan untuk eksplorasi yang bersifat dangkal, karena jarang diperoleh informasi dari lapisan pada kedalaman lebih dari 1000 atau 1500 kaki dengan metode ini (Arif, 2016).

Metode resistivitas ini sangat berhubungan dengan Hukum Ohm. Hukum Ohm pertama kali dipresentasikan oleh fisikawan Jerman yang bernama George Simon Ohm. Hukum tersebut dituliskan sebagai berikut (Hayt dan Buck, 2006):

$$V = IR \dots\dots\dots(2.1)$$

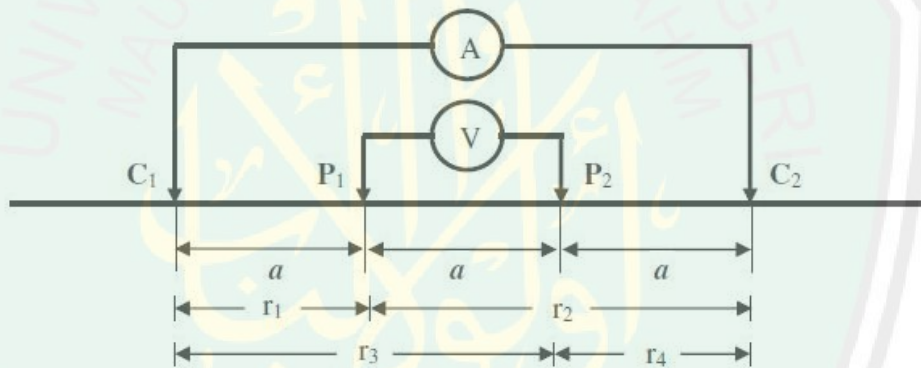
Hambatan dapat didefinisikan sebagai rasio V terhadap I, dimana V adalah beda potensial antara dua permukaan ekipotensial tertentu di dalam bahan, I adalah arus total yang dapat menembus permukaan ekipotensial tertentu di dalam bahan, dan R adalah hambatan atau resistansi.

### 2.2.2 Konfigurasi Elektroda

Penyusunan elektroda dalam suatu lintasan terdiri dari dua elektroda arus dan dua elektroda potensial. Ada beberapa macam konfigurasi elektroda yaitu Dipole-dipole, Schlumberger, Wenner dan lain-lain. Setiap konfigurasi memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing untuk investigasi kedalaman dan

kepekaan terhadap struktur baik vertikal maupun horisontal (Beck dan Herring, 2001).

Konfigurasi Wenner merupakan konfigurasi yang paling cocok untuk akuisisi data yang bersifat *mapping*. Spasi antar elektroda pada konfigurasi Wenner adalah sama. Prinsip kerja dari metode ini adalah menggeser seluruh elektroda sepanjang lintasan dengan spasi tetap. Konfigurasi Wenner dibagi menjadi tiga, yaitu Wenner Alpha, Wenner Beta dan Wenner Gamma.  $AM = r_1$ ,  $BM = r_2$ ,  $AN = r_3$  dan  $BN = r_4$ . Target kedalaman yang dapat dicapai dari konfigurasi ini adalah  $a/2$ . (Florsch, 2018).



Gambar 2.1 Konfigurasi Wenner

Koefisien geometri dari setiap susunan elektroda adalah berbeda. Koefisien geometri bergantung pada jarak antar elektroda. Pada konfigurasi Wenner Alpha, jarak antar elektrodanya adalah  $a$ . Nilai koefisien geometri dari konfigurasi Wenner dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Kisch, 2006):

$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)\right]} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a}\right) - \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a}\right)\right]} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$K = 2\pi a \dots \dots \dots (2.4)$$

Besarnya nilai potensial berbanding terbalik dengan jari-jari bidang ekuipotensial. Jarak antara elektroda arus dan potensial  $a$  mempengaruhi besarnya beda potensial yang terukur. Semakin besar jarak elektroda maka jari-jari bidang ekuipotensial juga semakin besar, sehingga potensial yang ditimbulkan akan semakin mengecil. Hal tersebut sudah dijelaskan pada persamaan dibawah ini (Vebrianto, 2016):

$$V_{P1} = \frac{A_1}{r} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$V_{P2} = \frac{A_2}{r} \dots \dots \dots (2.6)$$

### 2.2.3 Konsep Resistivitas Semu

Kemampuan bahan untuk menahan arus listrik yang mengalir melalui sebuah penampang dapat ditunjukkan dari nilai hambatan listriknya, disimbolkan dengan R, dan berhubungan dengan parameter-parameter berikut (Effendi dkk,2007);

$$R = \frac{\rho L}{A} \dots \dots \dots (2.7)$$

dimana  $\rho$  adalah resistivitas bahan, L adalah panjang bahan, dan A adalah luas penampang.

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.1) ke dalam (2.7), maka didapatkan persamaan resistivitas sebagai berikut:

$$\rho = \frac{A \Delta V}{L I} \dots \dots \dots (2.8)$$



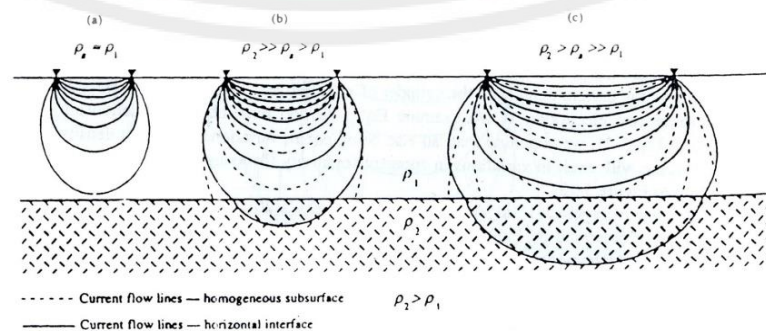
Persamaan di atas digunakan untuk material yang bersifat homogen, sehingga hasil yang didapat adalah resistivitas sesungguhnya. Pada kenyataannya, bumi terdiri dari lapisan–lapisan dengan nilai resistivitas ( $\rho$ ) yang berbeda pada setiap lapisannya, sehingga nilai resistivitas yang terukur bukan nilai resistivitas sesungguhnya. Resistivitas semu merupakan nilai yang didapatkan pada saat melakukan pengukuran resistivitas di lapangan pada suatu medium yang dianggap homogen dibawah permukaan tanah yang dipengaruhi oleh konfigurasi elektroda (Zohdy dalam Wulandari, 2015).

Untuk tanah yang homogen dan penyusunan elektroda yang berubah-ubah, resistivitas  $\rho$  sebagai parameter petrofisis yang relevan dapat dihitung dari arus ( $I$ ) dan beda potensial ( $\Delta V$ ), yakni (Kisch, 2006):

$$\rho_a = K \cdot \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan K adalah faktor geometri dari konfigurasi Wenner Alpha, yakni  $2\pi a$ . Jadi persamaan resistivitas semu untuk konfigurasi Wenner adalah (Roy, 2008):

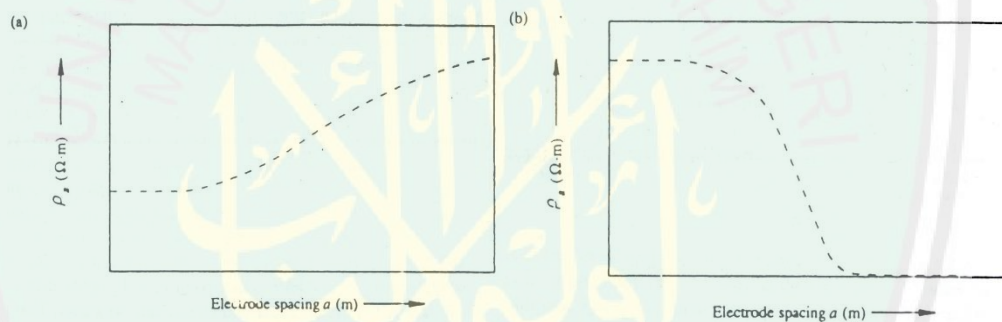
$$\rho = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots(2.10)$$



Gambar 2.2 Efek Pada Resistivitas Semu Jika Spasi Elektroda Diperbesar

Pada konfigurasi Wenner,  $\rho_a = \rho_1$  atau  $\rho_a \approx \rho_1$  pada saat spasi elektroda kecil. Semakin besar spasi elektroda maka arus akan menembus medium yang lebih dalam dan densitas arus akan mempengaruhi nilai  $\rho_2$ , sehingga resistivitas semu ( $\rho_a$ ) lebih besar dari  $\rho_1$  namun kurang dari  $\rho_2$  (Burger, 1992).

Kurva hasil *plotting* antara resistivitas semu ( $\rho_a$ ) dan spasi elektroda (a) akan menghasilkan kurva master pada gambar 2.3 (a) jika  $\rho_2 > \rho_a > \rho_1$ . Sebaliknya, Kurva hasil *plotting* antara resistivitas semu ( $\rho_a$ ) dan spasi elektroda (a) akan menghasilkan kurva master pada gambar 2.3 (b) jika  $\rho_2 < \rho_a < \rho_1$  (Burger, 1992).



Gambar 2.3 Variasi kualitatif pada resistivitas semu dengan spasi elektroda a untuk suatu bidang batas horizontal. (a) Material dengan resistivitas yang lebih tinggi berada dibawah bidang batas (b) Material dengan resistivitas yang lebih tinggi berada di atas bidang batas.

Untuk menentukan potensial pada titik  $P_1$  dan  $C_1$  di permukaan dengan anggapan udara memiliki nilai resistivitas tak terhingga,  $k_{1,0} = 1$  dan  $m = 0$  maka didapatkan (Burger, 1992):

$$V_{P_1} = \frac{\rho_1 i}{2\pi} \left\{ \left( \frac{1}{r_1} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{[1+(2nz/r)^2]^{1/2}} \right) + \left( \frac{1}{r_2} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{[1+(2nz/r)^2]^{1/2}} \right) \right\} \quad (2.11)$$

$$V_{P_2} = \frac{\rho_1 i}{2\pi} \left\{ \left( \frac{1}{r_3} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{[1+(2nz/r)^2]^{1/2}} \right) + \left( \frac{1}{r_4} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{[1+(2nz/r)^2]^{1/2}} \right) \right\} \quad (2.12)$$

Persamaan (2.11) menyatakan bahwa nilai potensial pada  $P_1$  bergantung pada sumber  $C_1$  dengan spasi  $a$ . Dengan analogi yang sama untuk spasi elektroda  $C_1$  ke  $P_2$  adalah  $2a$ , maka persamaan beda potensialnya adalah (Burger, 1992):

$$\Delta V = V_{P_1} - V_{P_2} = \frac{\rho_1 i}{2\pi r} \left\{ 1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{[1+(2nz/r)^2]^{1/2}} - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{[1+(nz/r)^2]^{1/2}} \right\} \quad (2.13)$$

Dengan memperhitungkan kontribusi  $C_2$ , maka akan diperoleh persamaan resistivitas semu sebagai berikut (Burger, 1992):

$$\rho_a = \left( \frac{2\pi a}{i} \right) \left\{ \frac{\rho_1 i}{2\pi r} \left[ 1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{[1+(2nz/r)^2]^{1/2}} - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{[1+(nz/r)^2]^{1/2}} \right] \right\} \quad (2.14)$$

$$\rho_a = \rho_1 \left\{ 1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{[1+(2nz/a)^2]^{1/2}} - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{[1+(nz/a)^2]^{1/2}} \right\} \quad (2.15)$$

Persamaan di atas merupakan solusi kuantitatif untuk satu bidang batas. Dengan  $\rho_a$  adalah resistivitas semu,  $\rho_1$  adalah lapisan di permukaan,  $k_{1,2}^n$  adalah koefisien refleksi,  $a$  adalah spasi elektroda, dan  $z$  adalah kedalaman.

#### 2.2.4 Resistivitas Batuan

Batuan memiliki nilai resistivitas yang berbeda-beda. Konduktivitas dari berbagai macam formasi batuan berbeda sesuai dengan arus listrik yang diinjeksikan dan beda potensial yang didapatkan setelah melewati medium antara dua elektroda yang ditancapkan di tanah. Resistivitas dari formasi geologi bergantung pada mineral, komposisi kimia, dan kepadatan (Patwardhan, 2012).

Selain itu, nilai resistivitas juga bergantung pada banyaknya pori pada batuan dan salinitasnya. Batuan yang tidak memiliki porositas atau batuan berpori yang terisi dengan minyak biasanya memiliki nilai resistivitas yang tinggi dan batuan berpori yang terkontaminasi air garam memiliki resistivitas yang rendah (Groshong, 2006).

Konduktor didefinisikan sebagai material dengan nilai resistivitas kurang dari  $10^{-5}\Omega\text{m}$ , sedangkan isolator memiliki nilai resistivitas lebih dari  $10^7\Omega\text{m}$ . Untuk material yang memiliki nilai resistivitas diantara  $10^{-5}\Omega\text{m}$  dan  $10^7\Omega\text{m}$  adalah bahan semikonduktor. Dalam klasifikasinya, batuan dan mineral dapat digolongkan sebagai konduktor yang baik, *intermediate*, dan konduktor yang buruk dengan kisaran sebagai berikut (Telford, 1990) :

- a. Mineral dengan resistivitas sebesar  $10^{-8} < \rho < 1\Omega\text{m}$
- b. Mineral dan batuan dengan resistivitas sebesar  $1 < \rho < 10^7\Omega\text{m}$
- c. Mineral dan batuan dengan nilai resistivitas  $\rho > 10^7\Omega\text{m}$

Mineral dengan nilai resistivitas yang rendah (konduktor) adalah logam, grafit, sulfida kecuali sfalerit, *cinnabar*, dan stibnit, *arsenides* dan *sulfoarsenides* kecuali  $\text{SbAs}_2$ , *antimonide* kecuali beberapa senyawa timbal, *telluride*, dan beberapa oksida seperti *magnetite*, *manganite*, *pyrolusite*, dan *ilmenit*. Kebanyakan dari *oxides*, *ores*, dan batuan berpori termasuk material dengan nilai resistivitas menengah (semikonduktor). Mineral pembentuk batuan, silikat, fosfat dan karbonat, nitrat, sulfat, *borate*, dan sebagainya adalah material dengan nilai resistivitas tinggi (isolator) (Telford, 1990).

Table 2.2 Resistivitas Dari Beberapa Batuan Dan Mineral (Telford, 1990)

<b>Tipe Batuan</b>	<b>Nilai Resistivitas (<math>\Omega\text{m}</math>)</b>
Dasit	$2 \times 10^4$ (basah)
Andesit	$4,5 \times 10^4$ (basah) – $1,7 \times 10^2$ (kering)
Diabase ( <i>various</i> )	$20 - 5 \times 10^7$
Lava	$10^2 - 5 \times 10^4$
Gabbro	$10^3 - 10^4$
Basal	$10 - 1,3 \times 10^7$ (kering)
Sekis ( <i>Calcareous dan mica</i> )	$20 - 10^4$
Tufa	$20 - 2 \times 10^2$
Marbel	$10^2 - 1,7 \times 10^2$ (kering)
<i>Consolidated shales</i>	$20 - 2 \times 10^3$
<i>Argillities</i>	$10 - 8 \times 10^2$
Konglomerat	$10^2 - 5 \times 10^2$
Batuan pasir	$1 - 6,4 \times 10^8$
<i>Limestone</i>	$50 - 10^7$
Dolomit	$3,5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
<i>Unconsolidated wet clay</i>	20
<i>Marls</i>	3 – 70
Lempung	1 – 100
Oil sands	4 – 800
Air bersih	10 – 100
Air lindi	<10

Menurut (Yatini, 2006) Tiap lapisan bawah permukaan memiliki suatu material batuan penyusun yang mempunyai hambatan jenis yang berbeda-beda. Besar kecilnya hambatan jenis ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Kandungan air

Kandungan air yang ada pada batuan akan menurunkan harga resistivitas, sehingga nilai daya hantar listrik batuan tersebut akan semakin besar. Air terkontaminasi memiliki nilai daya hantar listrik batuan yang besar, sehingga nilai resistivitasnya kecil.

## 2. Porositas batuan

Batuan berpori yang mengandung air di dalamnya akan mempunyai nilai hambatan jenis yang lebih rendah daripada batuan berpori yang tidak mengandung air.

## 3. Kelarutan garam dalam air dan dalam batuan

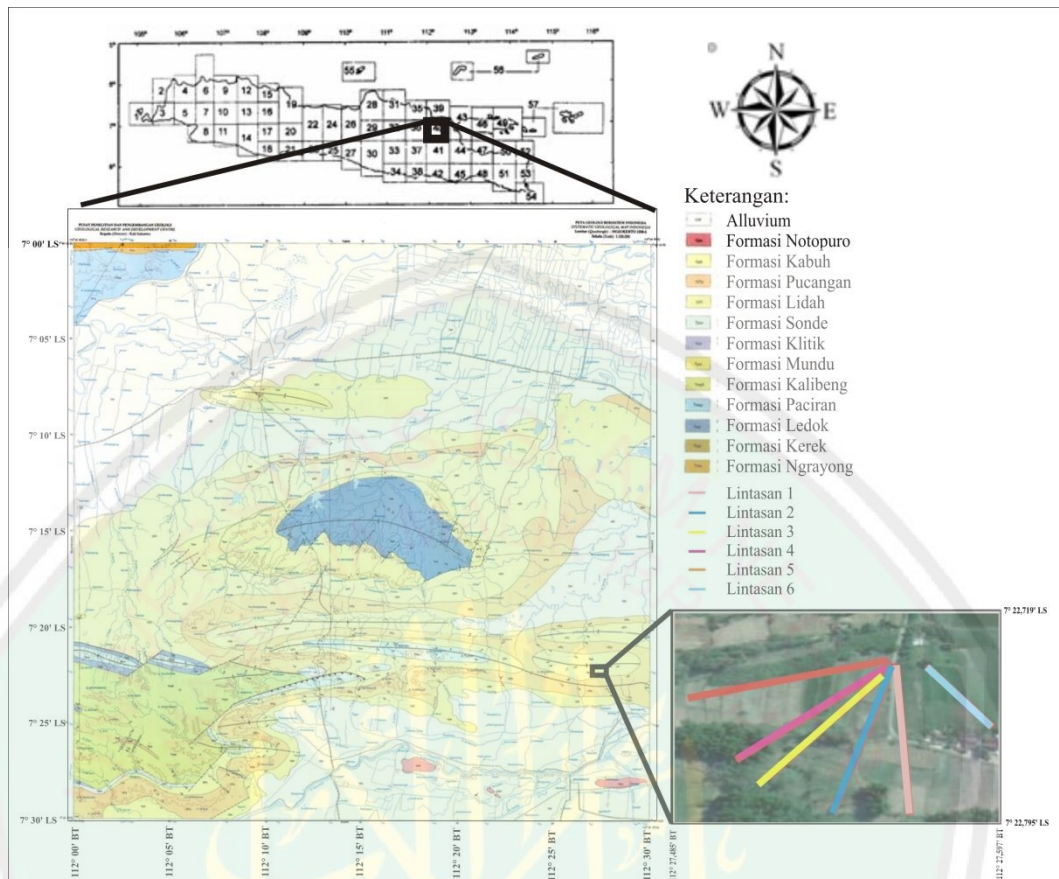
Kelarutan garam dalam air dan batuan mengakibatkan terjadinya peningkatan kandungan ion di dalam air, sehingga nilai hambatan jenis batuan tersebut menjadi rendah.

## 4. Suhu

Resistivitas batuan berbanding terbalik dengan suhu. Apabila suhu naik maka nilai resistivitas batuan akan turun secara eksponensial. Hal tersebut berlaku untuk nilai resistivitas batuan yang mengandung fluida di dalamnya.

### 2.3 Tinjauan Daerah Penelitian

Secara administratif, Desa Lakardowo terletak di wilayah Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto. Sesuai peta geologi lembar Mojokerto, Desa Lakardowo terdiri dari formasi pucangan, formasi kabuh, dan formasi lidah (Noya, 1992). Berdasarkan hasil *tracking* koordinat di lapangan, area pengambilan data merupakan bagian dari formasi Kabuh.



Gambar 2.4 Peta Geologi Lembar Mojokerto dan Peta Area Pengambilan Data

Batuan penyusun dari formasi Kabuh adalah batupasir tufan bersisipan batulempung, konglomerat dan tuf. Batupasir tufan berwarna putih kelabu sampai putih kotor. Komponennya terdiri dari andesit, piroksen, heronblenda dan batuapung dengan perekat tuf. Tebal per lapisnya yaitu 2 – 10 cm.

Batulempung berwarna kelabu terang, teksturnya kurang padat dan memiliki ketebalan 5 cm. Konglomerat berwarna putih kecoklatan, bertekstur kurang padat dan memiliki ketebalan 25 – 50 cm. Tuf berwarna putih kecoklatan, bertekstur kurang padat dan memiliki ketebalan 25 – 50 cm. Formasi ini berumur Plistosen Tengah.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Akuisisi data pada penelitian ini dilaksanakan selama 1 hari, yakni pada tanggal 22 September 2018. Lokasi pengambilan data berada di Desa Lakardowo, Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto. Pengolahan data hasil penelitian dilaksanakan selama 1 bulan di Laboratrium Geofisika, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

### **3.2 Alat Penelitian**

1. Resistivitymeter
2. Elektroda arus dan potensial
3. Kabel multielektroda
4. Jepit buaya multielektroda
5. Aki
6. Palu
7. Payung
8. HT
9. Peta Geologi daerah penelitian
10. Alat tulis
11. GPS
12. Laptop
13. *Software* (Res2dinv, Surfer 12, Voxler)



### 3.3 Desain Akuisisi

Desain akuisisi data berbentuk seperti kipas di atas area pengambilan data seperti yang ditunjuk pada gambar 2.4. Desain akuisisi data yang berbentuk seperti kipas diharapkan mampu mengetahui sebaran rembesan limbah bahan beracun dan berbahaya di area pengambilan data dengan sangat baik.

### 3.4 Metode Pengambilan Data

Proses pengambilan data di lapangan menggunakan alat geolistrik resistivitas *multichannel* dengan konfigurasi Wenner Alpha. Metode pengambilan data di lapangan akan dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

1. Membentangkan meteran sepanjang lintasan pengukuran yaitu 155 m dan 75 m.
2. Memasang elektroda pada titik-titik pengukuran dengan spasi antar elektroda adalah 5 m.
3. Menghubungkan setiap elektroda dengan *resistivitymeter* menggunakan kabel penghubung.
4. Menginjeksikan arus melalui dua elektroda arus.
5. Mencatat koordinat dan ketinggian *datum point* pada setiap lintasan.

### 3.5 Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan menggunakan tiga *software*, yakni Res2dinv, Surfer 12, dan Voxler. Data yang dihasilkan di lapangan diinversi menggunakan *software* Res2dinv. Metode inversi dipilih untuk memunculkan tiga penampang melintang. Penampang pertama merupakan hasil model data yang terukur di lapangan, penampang kedua merupakan hasil model data yang dibuat oleh

*software*. Prinsip dari pengolahan data ini adalah mencocokkan penampang pertama dan kedua menjadi semirip mungkin sehingga nilai *error* yang dihasilkan semakin kecil.

Pengolahan data menggunakan *software* Surfer 12 bertujuan untuk membuat peta topografi dan peta ISO-*Resistivity*. Data yang diolah pada *software* Surfer 12 merupakan data hasil inversi dari *software* Res2dinv. Selain pemodelan 2D, pada penelitian ini juga membuat pemodelan 3D menggunakan *software* Voxler.

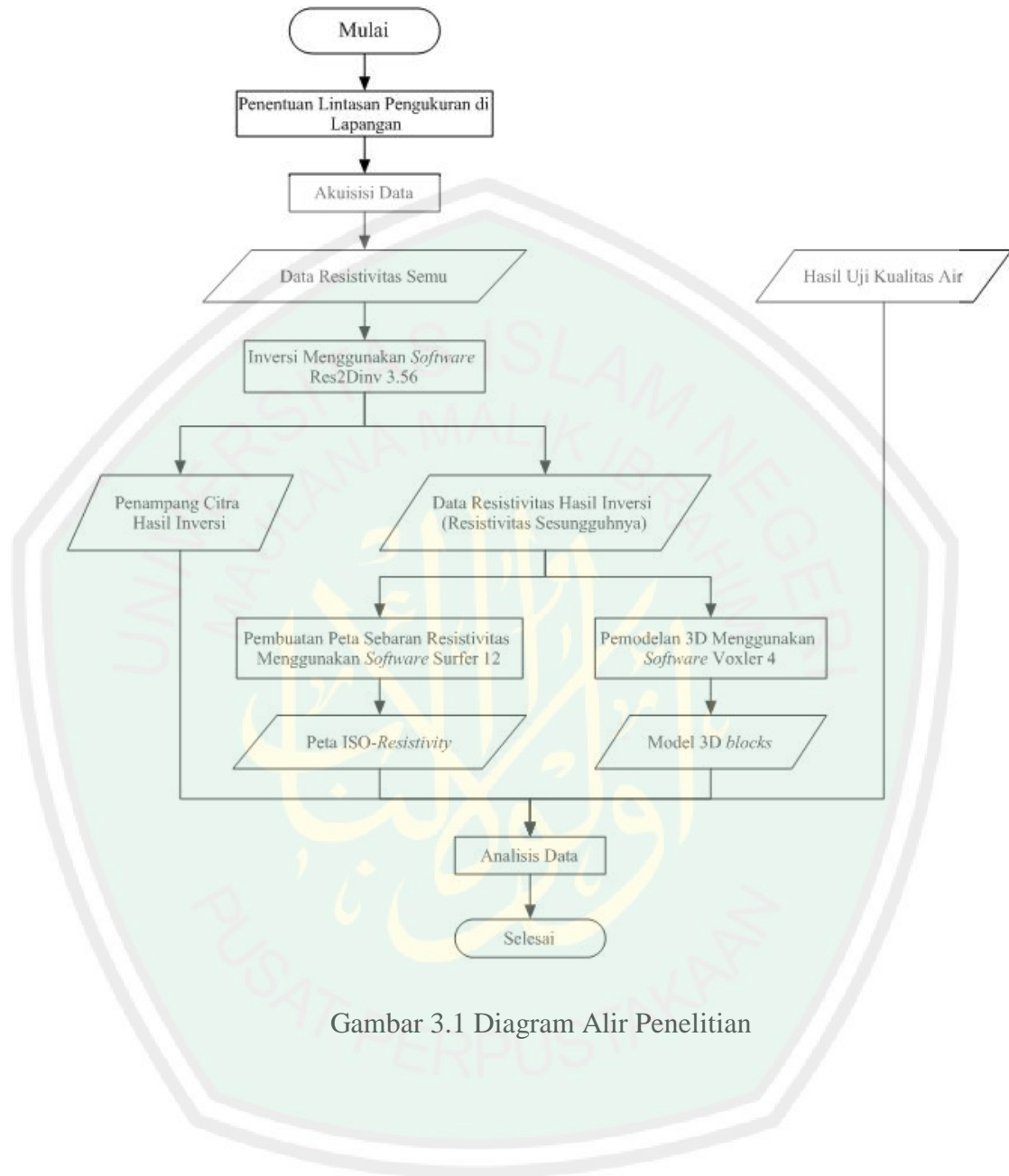
### **3.6 Metode Interpretasi Data**

Data yang diperoleh di lapangan akan diinversi dengan *software* Res2dinv. Output yang dihasilkan oleh *software* Res2dinv berupa penampang horisontal dan citra warna. Penampang tersebut akan diinterpretasi berdasarkan nilai resistivitas batuan yang dihasilkan. Perbedaan citra warna menunjukkan perbedaan nilai resistivitas. Dari perbedaan nilai resistivitas batuan tersebut, dapat diketahui persebaran air limbah yang dihasilkan oleh pabrik pengolahan limbah.

### **3.7 Metode Analisis Data**

Data yang telah diinterpretasi kemudian dianalisis untuk mengetahui daerah mana saja yang diduga tercemar. Data yang diperoleh di lapangan akan dibandingkan dengan data geologi daerah penelitian untuk mengetahui struktur bawah permukaannya. Daerah yang memiliki nilai resistivitas rendah diduga sebagai daerah yang terkontaminasi limbah.

### 3.8 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pencemaran air oleh limbah ini terjadi di Desa Lakardowo Kecamatan Jetis Kabupaten Mojokerto. Limbah telah mencemari sumur-sumur warga di beberapa dusun yakni Dusun Kedungpalang, Dusun Sambigembol, dan Dusun Sumberwuluh. Fokus dari penelitian ini yaitu sebaran rembesan limbah di Dusun Kedungpalang. Penelitian ini mengacu pada data hasil uji kualitas air yang dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Jawa Timur.

Prinsip dari rembesan limbah ini hampir sama dengan intrusi air laut, yang membedakan yakni apabila rembesan limbah adalah air tanah yang terkontaminasi dengan air limbah sedangkan intrusi air laut adalah air tanah yang terkontaminasi dengan air laut. Metode geofisika yang digunakan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan pada sumur-sumur yang tercemar limbah adalah metode geolistrik resistivitas. Data yang diperoleh dari akuisisi data di lapangan diolah melalui beberapa *software* sehingga menghasilkan penampang 2D dan 3D yang memperlihatkan distribusi resistivitas batuan di bawah permukaan. Data resistivitas yang diperoleh kemudian diinterpretasi dan dianalisis sehingga dapat diketahui daerah yang telah tercemar dan belum tercemar.

### **4.1 Akuisisi Data**

Akuisisi data di lapangan dilakukan pada 6 lintasan. Panjang dari masing-masing lintasan 1 sampai 5 adalah 155 m dan panjang lintasan 6 adalah 75 m. Pengambilan data di lapangan dilakukan menggunakan alat geolistrik *multichannel* dengan spasi antar elektroda adalah 5 m. Konfigurasi yang

digunakan pada akuisisi data ini adalah Wenner Alpha. Lintasan terletak di sekitar sumur-sumur yang tercemar. Lintasan berbentuk menyebar seperti kipas, dengan ujung setiap lintasan berada pada koordinat yang sama dan ujung yang lainnya pada koordinat yang berbeda.

*Datum point* dari setiap lintasan diukur menggunakan GPS Garmin. Berikut ini adalah titik koordinat dari setiap lintasan yang diukur:

1. Lintasan 1 membentang dari utara ke selatan. *Datum point* pertama terletak pada koordinat  $07^{\circ} 22,719'$  LS dan  $112^{\circ} 27,563'$  BT. *Datum point* terakhir terletak pada koordinat  $07^{\circ} 22,795'$  LS dan  $112^{\circ} 27,570'$  BT.
2. Lintasan 2 membentang dari utara ke selatan. *Datum point* pertama terletak pada koordinat  $07^{\circ} 22,720'$  LS dan  $112^{\circ} 27,561'$  BT. *Datum point* terakhir terletak pada koordinat  $07^{\circ} 22,794'$  LS dan  $112^{\circ} 27,543'$  BT.
3. Lintasan 3 membentang dari utara ke barat daya. *Datum point* pertama terletak pada koordinat  $07^{\circ} 22,723'$  LS dan  $112^{\circ} 27,557'$  BT. *Datum point* terakhir terletak pada koordinat  $07^{\circ} 22, 779'$  LS dan  $112^{\circ} 27,516$  BT.
4. Lintasan 4 membentang dari utara ke barat daya. *Datum point* pertama terletak pada koordinat  $07^{\circ} 22,718'$  LS dan  $112^{\circ} 27,558'$  BT. *Datum point* terakhir terletak pada koordinat  $07^{\circ} 22,771'$  LS dan  $112^{\circ} 27,506'$  BT.
5. Lintasan 5 membentang dari selatan ke barat. *Datum point* pertama terletak pada koordinat  $07^{\circ} 22,716'$  LS dan  $112^{\circ} 27,557'$  BT. *Datum point* terakhir terletak pada koordinat  $07^{\circ} 22,741'$  LS dan  $112^{\circ} 27,485'$  BT.

6. Lintasan 6 membentang dari utara ke tenggara. *Datum point* pertama terletak pada koordinat  $07^{\circ} 22,721'$  LS dan  $112^{\circ} 27,577'$  BT. *Datum point* terakhir terletak pada koordinat  $07^{\circ} 22,747'$  LS dan  $112^{\circ} 27,597'$  BT.

Alat yang digunakan pada akuisisi data di lapangan adalah *multielectrode resistivity and IP meter* merk MAE. Selain alat utama tersebut ada pula alat pendukung lainnya, yaitu 32 elektroda yang berfungsi sebagai elektroda arus dan potensial, arus diinjeksikan ke dalam tanah melalui dua elektroda arus dan dibaca beda potensial yang dihasilkan pada dua elektroda potensial. Aki / *power supply* berfungsi sebagai sumber arus listrik yang diinjeksikan. GPS Garmin berfungsi untuk mengetahui koordinat dan ketinggian pada setiap *datum point*.

#### 4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan menggunakan *software* Res2Dinv. Output yang dihasilkan dari *software* ini adalah model penampang bawah permukaan yang memiliki nilai resistivitas yang berbeda-beda. Hasil dari inversi menggunakan *software* Res2Dinv adalah tiga model penampang bawah permukaan yaitu perhitungan data lapangan (*measured apparent resistivity pseudosection*), model yang dibuatkan oleh *software* (*calculated apparent resistivity pseudosection*) dan hasil inversi data (*inverse model resistivity section*). Prinsip dari inversi adalah pencocokan kurva data dengan kurva model. Semakin mirip kurva data dengan kurva model maka nilai RMS yang terdapat pada *inverse model resistivity section* semakin kecil. Semakin kecil nilai RMS *error* maka model penampang bawah permukaan semakin sesuai dengan kondisi bawah permukaan yang sebenarnya. Cara yang dapat dilakukan untuk memperkecil nilai *error* adalah pada menu

*exterminate bad datum points* yang berfungsi untuk menghilangkan *datum point* dengan nilai yang jelek.

Hasil inversi dari *software* Res2dinv disimpan dengan memanfaatkan menu *Save data in SURFER format* yang kemudian akan menghasilkan file dengan format (.bln), (.dat), dan (.lvl). Data dari setiap lintasan diolah pada *software* Surfer dengan masukan posisi elektroda (x), kedalaman (y), dan resistivitas (z) sehingga menghasilkan penampang vertikal seperti hasil inversi data dari *software* Res2dinv. Data dari keenam lintasan dengan format (.dat) dibuka melalui Notepad dan kemudian diolah dengan *software* Surfer 12 sehingga menghasilkan penampang horizontal atau peta ISO-Resistivity dari setiap kedalaman yang berbeda. Selain peta ISO-Resistivity, dari *software* Surfer 12 ini akan menghasilkan peta topografi dengan masukan koordinat bujur timur (x), koordinat lintang selatan (y) dan ketinggian (z) dari setiap *datum point* pada lintasan pengukuran.

Pemodelan 3D menggunakan *software* Voxler 4. Data masukan pada *software* ini ada 5, yaitu koordinat bujur (x), koordinat lintang (y), kedalaman (z), nilai resistivitas sesungguhnya, dan *id line* atau nama lintasan. Dari *software* ini juga bisa dilakukan pemotongan pada beberapa titik untuk mengetahui struktur bawah permukaan pada titik tersebut.

### **4.3 Interpretasi Data**

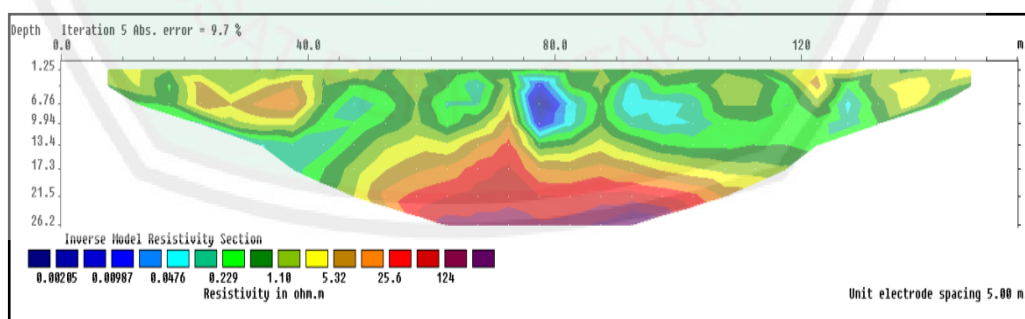
Berdasarkan peta geologi, daerah penelitian merupakan bagian dari Formasi Kabuh (Qpk). Jenis batuan penyusun dari formasi ini adalah batupasir bersisipan batulempung, batu konglomerat dan tuf (Noya, 1992). Pada penelitian ini, data

terukur mulai dari kedalaman 1,25 m di bawah permukaan. Hal tersebut sesuai dengan spasi antar elektroda yang digunakan. Semakin besar spasi elektroda yang digunakan, maka kedalaman dari data pertama atau  $n=1$  yang terukur akan semakin besar juga.

### 4.3.1 Interpretasi Lintasan 1

Hasil pengolahan data resistivitas dengan menggunakan *software* Res2Dinv akan diinterpretasi berdasarkan distribusi resistivitasnya. Dalam pengolahan data geolistrik, nilai *error* yang dibutuhkan adalah kurang dari 10%, karena semakin kecil nilai *error*nya maka model penampang yang dihasilkan akan semakin mendekati litologi bawah permukaan yang sesungguhnya.

Panjang lintasan 1 adalah 155 m yang membentang dari utara ke selatan. Data diolah dengan 5 kali iterasi dan menghasilkan nilai *error* sebesar 9,7%. Kedalaman model hasil inversi data adalah 26,2 m. Kedalaman muka air tanah yang terkontaminasi pada sumur warga sekitar adalah 4 m. Di bawah ini merupakan hasil inversi data dengan *software* Res2dinv.



Gambar 4.1 Penampang Hasil Inversi pada Lintasan 1

Hasil interpretasi lapisan bawah permukaan berdasarkan model 2D yang dihasilkan dari *software* Res2dinv adalah sebagai berikut:



Tabel 4.1 Hasil interpretasi struktur bawah permukaan pada lintasan 1 (sumber acuan: Data Geologi Lembar Mojokerto, 1992, dan Telford, 1990)

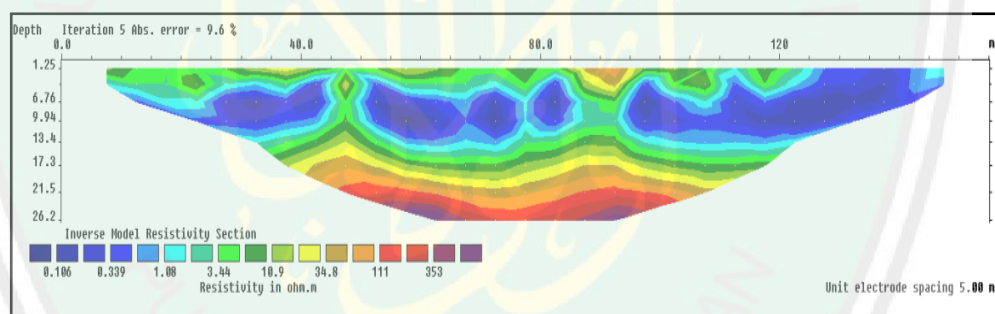
No.	Nilai Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )	Jenis batuan/mineral
1.	0,00205 – 1,09	Batupasir tufan bersisipan batulempung yang tersaturasi lindi
2.	1,10 – 5,31	Batupasir, batulempung
3.	5,32 – 122	Tufa, batuan konglomerat

Air lindi atau air terkontaminasi memiliki nilai resistivitas yang rendah. Pada lintasan ini, yang diduga sebagai air lindi memiliki nilai resistivitas antara 0,00205 – 1,09  $\Omega\text{m}$  yang digambarkan dengan warna biru tua sampai hijau muda. Material dengan nilai resistivitas rendah tersebut bukan murni air lindi, namun diduga sebagai batupasir tufan bersisipan batulempung yang pori-porinya terisi atau tersaturasi dengan air lindi. Daerah dengan nilai resistivitas rendah membentuk pola *closure* tertutup. Pola *closure* yaitu pola suatu material yang terperangkap dalam pola material yang lain. Pola tersebut tersebar pada beberapa titik, yakni:

1. Titik 30 – 55 m dari titik nol pengukuran dan pada kedalaman 3,8 – 17,3 m di bawah permukaan.
2. Titik 60 – 70 m dari titik nol pengukuran dan pada kedalaman 1,25 – 9,96 m di bawah permukaan.
3. Titik 72,5 – 87 m dari titik nol pengukuran dan pada kedalaman 1,25 – 13,4 m di bawah permukaan.
4. Titik 88 – 131 m dari titik nol pengukuran dan pada kedalaman 1,25 – 13,4 m di bawah permukaan.

### 4.3.2 Interpretasi Lintasan 2

Panjang lintasan 2 adalah 155 m yang membentang dari utara ke selatan. Elektroda pertama berada di tempat yang hampir sama dengan lintasan 1, sedangkan elektroda terakhir posisinya bergeser sedikit ke sebelah barat. Data diolah dengan 5 kali iterasi dan menghasilkan nilai *error* sebesar 9,6%. Kedalaman model hasil inversi data adalah 26,2 m. Kedalaman muka air tanah yang terkontaminasi pada sumur warga sekitar adalah 4 m. Semakin banyak iterasi mengakibatkan nilai RMS *error*nya akan semakin turun. Semakin kecil nilai *error* maka model penampang yang dihasilkan akan semakin mendekati litologi bawah permukaan yang sesungguhnya. Di bawah ini merupakan hasil inversi data dengan *software* Res2dinv.



Gambar 4.2 Penampang Hasil Inversi pada Lintasan 2

Hasil interpretasi lapisan bawah permukaan berdasarkan model 2D yang dihasilkan dari *software* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil interpretasi struktur bawah permukaan pada lintasan 2 (sumber acuan: Data Geologi Lembar Mojokerto, 1992 dan Telford, 1990)

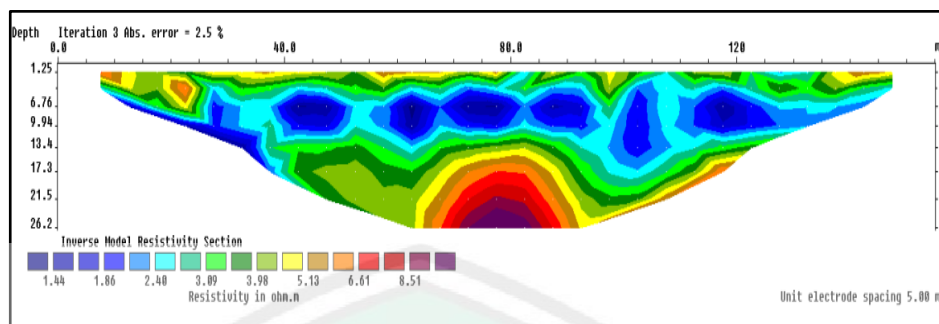
No.	Nilai Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )	Jenis batuan/mineral
1.	0,106 – 1,08	Batupasir tufan bersisipan batulempung yang tersaturasi lindi
2.	1,09 – 10,8	Batupasir, batulempung
3.	10,9 – 353	Tufa, batuan konglomerat

Pada lintasan ini, air lindi diduga memiliki nilai resistivitas antara 0,106 – 1,08  $\Omega$ m yang digambarkan dengan warna biru tua sampai biru. Material dengan nilai resistivitas rendah tersebut bukan murni air lindi, namun diduga sebagai batupasir tufan bersisipan batulempung yang pori-porinya terisi atau tersaturasi dengan air lindi. Daerah dengan nilai resistivitas rendah membentuk pola *closure* tertutup. Pola *closure* yaitu pola suatu material yang terperangkap dalam pola material yang lain. Pola tersebut tersebar pada beberapa titik, yakni:

1. Titik 20 – 44 m dari titik nol pengukuran dan pada kedalaman 3,8 – 9,94 m di bawah permukaan.
2. Titik 50 – 85 m dari titik nol pengukuran dan pada kedalaman 1,25 – 13,4 m di bawah permukaan.
3. Titik 95 – 147,5 m dari titik nol pengukuran dan pada kedalaman 1,25 – 13,4 m di bawah permukaan.

#### 4.3.3 Interpretasi Lintasan 3

Panjang lintasan 3 adalah 155 m yang membentang dari selatan ke barat daya. Elektroda pertama berada di tempat yang hampir sama dengan lintasan 1, sedangkan elektroda terakhir posisinya bergeser ke sebelah barat dari lintasan 2. Data diolah dengan 3 kali iterasi dan menghasilkan nilai *error* 2,5%. Kedalaman model hasil inversi data adalah 26,2 m. Kedalaman muka air tanah yang terkontaminasi pada sumur warga sekitar adalah 4 m. Di bawah ini merupakan hasil inversi data dengan *software* Res2dinv.



Gambar 4.3 Penampang Hasil Inversi pada Lintasan 3

Hasil interpretasi lapisan bawah permukaan berdasarkan model 2D yang dihasilkan dari *software* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil interpretasi struktur bawah permukaan pada lintasan 3 (sumber acuan: Data Geologi Lembar Mojokerto, 1992 dan Telford, 1990)

No.	Nilai Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )	Jenis batuan/mineral
1.	<1,44	Batupasir tufan bersisipan batulempung yang tersaturasi lindi
2.	1,45 – 8,51	Batupasir, batulempung
3.	>8,51	Tufa, batuan konglomerat

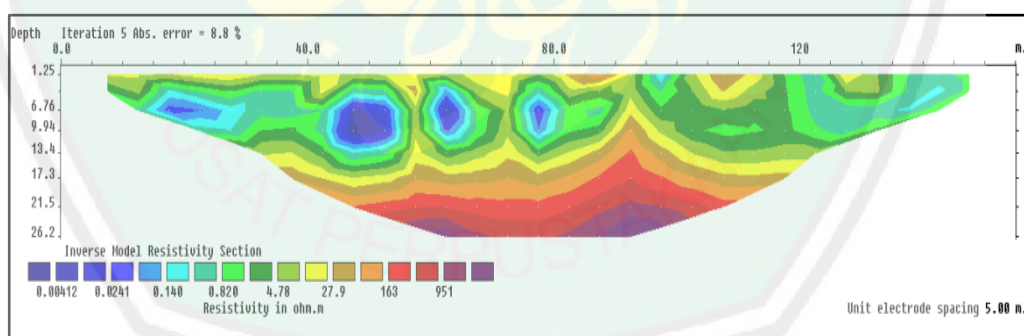
Material dengan nilai resistivitas rendah yang diduga sebagai batupasir tufan bersisipan batulempung yang tersaturasi lindi digambarkan dengan warna biru gelap. Nilai resistivitasnya adalah <1,44  $\Omega\text{m}$ . Daerah dengan nilai resistivitas rendah membentuk pola *closure* tertutup. Pola *closure* yaitu pola suatu material yang terperangkap dalam pola material yang lain. Pola tersebut tersebar pada beberapa titik, yakni: titik 42,5 m, titik 62,5 m, titik 77,5 m, titik 87,5 m, dan titik 117,5 m dari titik nol pengukuran. Titik-titik tersebut berada pada kedalaman 6,76 m di bawah permukaan.

Pada lintasan ini, hampir semua material didominasi oleh batulempung dan batupasir. Batulempung dan batupasir digambarkan dengan warna biru sampai merah gelap dengan nilai resistivitas berkisar antara 1,45 – 8,51  $\Omega\text{m}$ . Material

dengan nilai resistivitas  $>8,52 \Omega\text{m}$  digambarkan dengan warna plum sampai ungu gelap. Material dengan nilai resistivitas tersebut diduga sebagai tufa dan batuan konglomerat yang berada pada titik 72,5 – 85 m dari titik nol pengukuran dan pada kedalaman 21,5 – 26,2 m di bawah permukaan.

#### 4.3.4 Interpretasi Lintasan 4

Panjang lintasan 4 adalah 155 m yang membentang dari selatan ke barat daya. Data diolah dengan 5 kali iterasi dan menghasilkan nilai *error* sebesar 8,8%. Kedalaman model hasil inversi data adalah 26,2 m. Kedalaman muka air tanah yang terkontaminasi pada sumur warga sekitar adalah 4 m. Semakin banyak iterasi mengakibatkan nilai RMS *error*nya akan semakin turun. Semakin kecil nilai *error* maka model penampang yang dihasilkan akan semakin mendekati litologi bawah permukaan yang sesungguhnya. Di bawah ini merupakan hasil inversi data dengan *software* Res2dinv.



Gambar 4.4 Penampang Hasil Inversi pada Lintasan 4

Hasil interpretasi lapisan bawah permukaan berdasarkan model 2D yang dihasilkan dari *software* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil interpretasi struktur bawah permukaan pada lintasan 4 (sumber acuan: Data Geologi Lembar Mojokerto, 1992 dan Telford, 1990)

No.	Nilai Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )	Jenis batuan/mineral
1.	0,00412 – 0,820	Batupasir tufan bersisipan batulempung yang tersaturasi lindi
2.	0,830 – 4,77	Batulempung, batupasir
3.	4,78 – 951	Tufa, batuan konglomerat

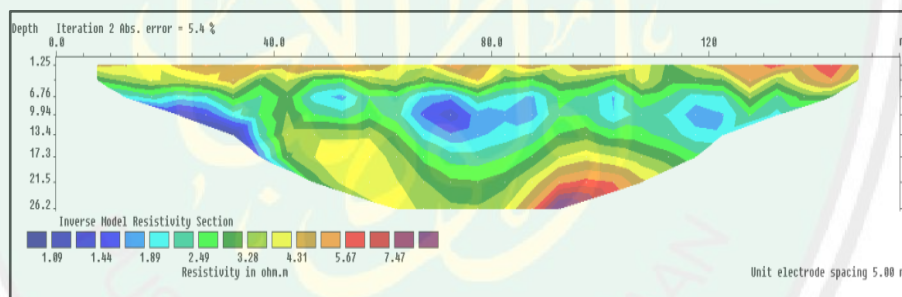
Pada lintasan ini, air lindi diduga memiliki nilai resistivitas antara 0,00412 – 0,820  $\Omega\text{m}$  yang digambarkan dengan warna biru gelap sampai hijau muda. Material dengan nilai resistivitas rendah tersebut bukan murni air lindi, namun diduga sebagai batupasir tufan bersisipan batulempung yang pori-porinya terisi atau tersaturasi dengan air lindi. Daerah dengan nilai resistivitas rendah membentuk pola *closure* tertutup. Pola *closure* yaitu pola dari suatu material yang terperangkap dalam pola material yang lain. Pola tersebut tersebar pada beberapa titik, yakni:

1. Titik 7,5 – 55 m dari titik nol pengukuran dan pada kedalaman 2 – 13,4 m di bawah permukaan.
2. Titik 58 – 70 m dari titik nol pengukuran dan pada kedalaman 2 – 12 m di bawah permukaan.
3. Titik 74 – 90 m dari titik nol pengukuran dan pada kedalaman 2 – 12 m di bawah permukaan.
4. Titik 95 – 100 m dari titik nol pengukuran dan pada kedalaman 1,25 – 6,76 m di bawah permukaan.
5. Titik 105 – 115 m dari titik nol pengukuran dan pada kedalaman 9,94 m di bawah permukaan.

6. Titik 117,5 – 147,5 m dari titik nol pengukuran dan pada kedalaman 1,25 – 10 m dibawah permukaan.

#### 4.3.5 Interpretasi Lintasan 5

Panjang lintasan 5 adalah 155 m yang membentang dari utara ke barat. Data diolah dengan 3 kali iterasi dan menghasilkan nilai *error* sebesar 5,4%. Kedalaman model hasil inversi data adalah 26,2 m. Kedalaman muka air tanah yang terkontaminasi pada sumur warga sekitar adalah 4 m. Semakin banyak iterasi mengakibatkan nilai RMS *error*nya akan semakin turun. Semakin kecil nilai *error* maka model penampang yang dihasilkan akan semakin mendekati litologi bawah permukaan yang sesungguhnya. Di bawah ini merupakan hasil inversi data dengan *software* Res2dinv.



Gambar 4.5 Penampang Hasil Inversi pada Lintasan 5

Hasil interpretasi lapisan bawah permukaan berdasarkan model 2D yang dihasilkan dari *software* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Hasil interpretasi struktur bawah permukaan pada lintasan 5 (sumber acuan: Data Geologi Lembar Mojokerto, 1992 dan Telford, 1990)

No.	Nilai Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )	Jenis batuan/mineral
1.	<1,09	Batupasir tufan bersisipan batulempung yang tersaturasi lindi
2.	1,10 – 7,47	Batulempung, batupasir
3.	>7,47	Tufa, batuan konglomerat

Material dengan nilai resistivitas rendah yang diduga sebagai air lindi digambarkan dengan warna biru gelap. Nilai resistivitasnya adalah  $<1,09 \Omega\text{m}$ . Material dengan nilai resistivitas rendah tersebut bukan murni air lindi, namun diduga sebagai batupasir tufan bersisipan batulempung yang pori-porinya terisi atau tersaturasi dengan air lindi. Daerah dengan nilai resistivitas rendah membentuk pola *closure* tertutup. Pola *closure* yaitu pola suatu material yang terperangkap dalam pola material yang lain. Pola tersebut tersebar pada beberapa titik, yakni: titik 20 - 35 m dan titik 70 m dari titik nol pengukuran. Titik-titik tersebut berada pada kedalaman 9,94 m di bawah permukaan.

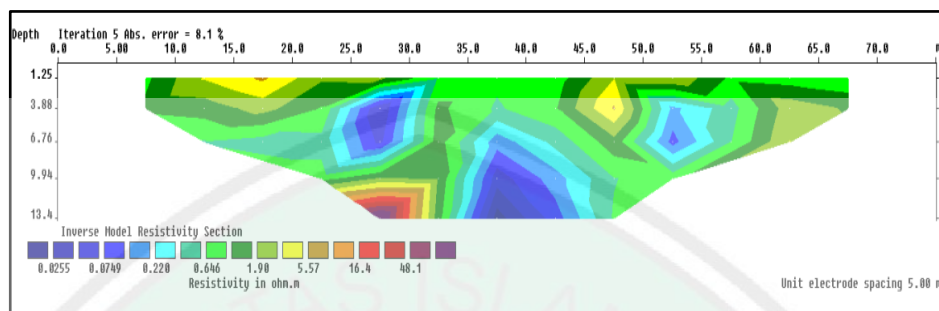
Pada lintasan ini, hampir semua material didominasi oleh batulempung dan batupasir. Batulempung dan batupasir digambarkan dengan warna biru sampai merah gelap dengan nilai resistivitas berkisar antara 1,10 – 7,47  $\Omega\text{m}$ . Material dengan nilai resistivitas  $>7,47 \Omega\text{m}$  digambarkan dengan warna plum sampai ungu gelap. Material dengan nilai resistivitas tersebut diduga sebagai batulempung, batupasir, dan tufa yang berada pada titik 90 – 100 m dari titik nol pengukuran dan pada kedalaman 26,2 m di bawah permukaan.

#### 4.3.6 Interpretasi Lintasan 6

Panjang lintasan enam adalah 75 m yang membentang dari utara ke tenggara. Data diolah dengan 5 kali iterasi dan menghasilkan nilai *error* 8,1%. Kedalaman model hasil inversi data adalah 26,2 m. Kedalaman muka air tanah yang terkontaminasi pada sumur warga sekitar adalah 4 m. Semakin banyak iterasi mengakibatkan nilai RMS *error*nya akan semakin turun. Semakin kecil nilai *error* maka model penampang yang dihasilkan akan semakin mendekati



litologi bawah permukaan yang sesungguhnya. Di bawah ini merupakan hasil inversi data dengan *software* Res2dinv.



Gambar 4.6 Penampang Hasil Inversi pada Lintasan 6

Hasil interpretasi lapisan bawah permukaan berdasarkan model 2D yang dihasilkan dari *software* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.6 Hasil interpretasi struktur bawah permukaan pada lintasan 6 (sumber acuan: Data Geologi Lembar Mojokerto, 1992 dan Telford, 1990)

No.	Nilai Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )	Jenis batuan/mineral
1.	0,0255 – 0,646	Batupasir tufan bersisipan batulempung yang tersaturasi lindi
2.	0,647 – 5,56	Batulempung, batupasir
3.	5,57 – 48,1	Tufa, batuan konglomerat

Material yang mempunyai nilai resistivitas rendah diduga sebagai batupasir tufan bersisipan batulempung yang tersaturasi lindi, dengan nilai resistivitas sekitar 0,0255 – 0,646  $\Omega\text{m}$  ditunjukkan oleh warna biru sampai warna hijau. Material dengan nilai resistivitas tersebut menyebar pada beberapa titik, yakni pada titik 24 – 32,5 m dari titik nol pengukuran pada kedalaman 1,25 – 8 m di bawah permukaan, pada titik 35 – 46 m dari titik nol pengukuran pada kedalaman 3,88 – 144 m di bawah permukaan, dan yang terakhir pada titik 50 – 57,5 m dari titik nol pengukuran pada kedalaman 3,88 – 8 m di bawah permukaan. Daerah dengan nilai resistivitas rendah membentuk pola *closure*

tertutup. Pola *closure* yaitu suatu material yang terperangkap dalam pola material yang lain. Warna tersebut hampir menyebar pada seluruh penampang. Batuan yang digambarkan dengan warna hijau muda sampai kuning memiliki nilai resistivitas sekitar  $0,647 - 5,56 \Omega\text{m}$  dan diduga sebagai batupasir dan batulempung. Material dengan nilai resistivitas tersebut menyebar pada hampir semua titik pengukuran.

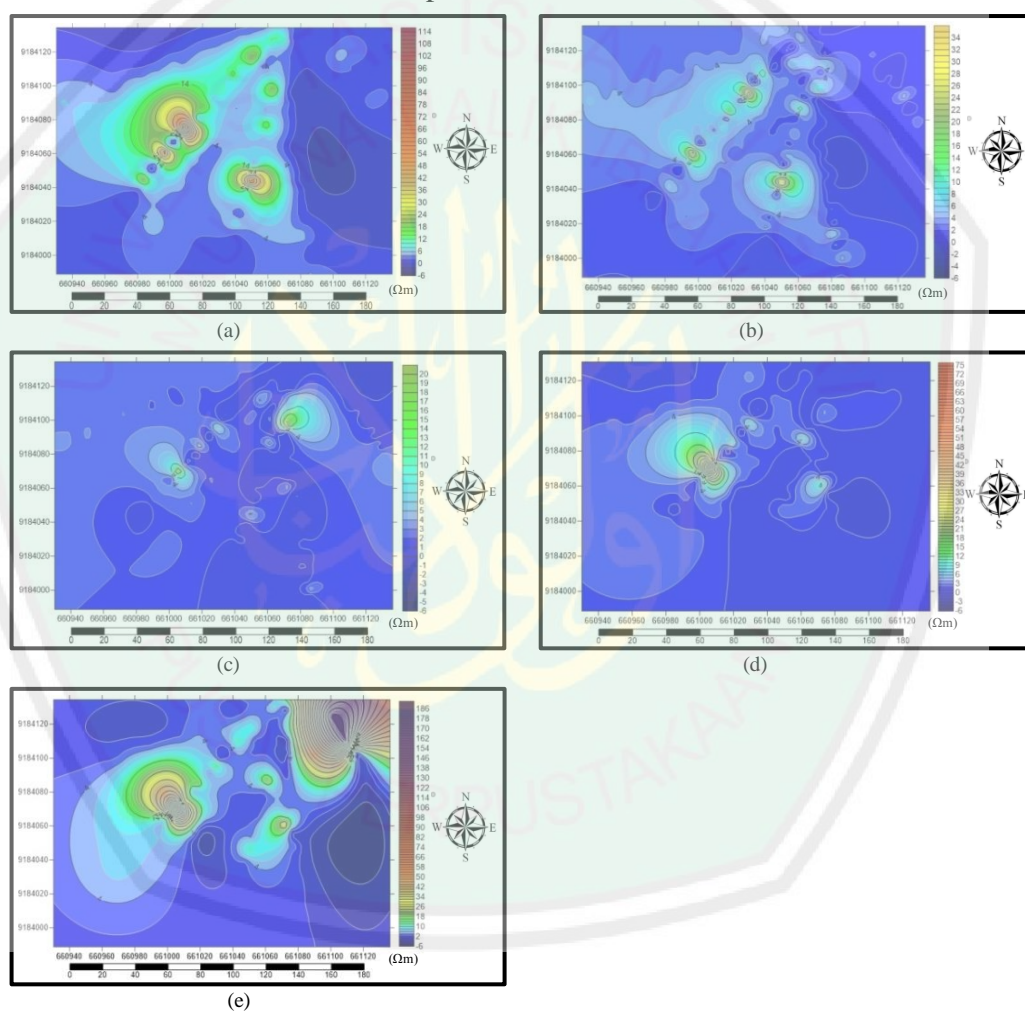
Material yang digambarkan dengan warna coklat sampai ungu tua memiliki nilai resistivitas sekitar  $5,57 - 48,1 \Omega\text{m}$  dan diduga sebagai tufa dan batuan konglomerat. Material dengan nilai resistivitas tersebut menyebar pada beberapa titik, yakni pada titik 17,5 m dari titik nol pengukuran pada kedalaman 1,25 m di bawah permukaan, pada titik 47,5 m dari titik nol pengukuran pada kedalaman 3,88 m di bawah permukaan, dan yang terakhir pada titik 22,5 – 32,5 m dari titik nol pengukuran pada kedalaman 10 – 13,4 m di bawah permukaan.

#### 4.4 Peta ISO-Resistivity

Peta ISO-Resistivity merupakan peta distribusi resistivitas dari seluruh lintasan penelitian yang dikelompokkan berdasarkan kedalaman yang sama. Hasil inversi data disimpan dengan format sesuai SURFER untuk mengetahui nilai resistivitas sesungguhnya pada setiap kedalaman dan *datum point*. Data hasil inversi dari setiap lintasan berupa 3 data, yaitu *datum point* (x), kedalaman (y), dan resistivitas (z). Data dari keenam lintasan tersebut kemudian dikelompokkan berdasarkan kedalaman yang sama. Setelah dikelompokkan kemudian dibuat peta distribusi resistivitas pada kedalaman yang sama (ISO-Resistivity). Data masukan sehingga menghasilkan peta ini adalah koordinat bujur timur (x) dan koordinat

lintang selatan ( $y$ ) dari setiap *datum point*, serta nilai resistivitas sesungguhnya (hasil inversi dari resistivitas semu) pada sumbu  $Z$ .

Luas daerah penelitian adalah  $30.450 \text{ m}^2$  dengan panjang 145 m dan lebar 210 m. Pada penelitian ini dibuat 5 peta ISO-Resistivity dengan kedalaman yang berbeda-beda. Peta ISO-Resistivity dibuat pada kedalaman 1,25 m, 3,875 m, 6,762 m, 10 m, dan 13,433 m di bawah permukaan.



Gambar 4.7 Peta ISO-Resistivity pada (a) kedalaman 1,25 m di bawah permukaan, (b) kedalaman 3,875 m di bawah permukaan, (c) kedalaman 6,76 m di bawah permukaan, (d) kedalaman 10 m di bawah permukaan, (e) kedalaman 13,433 m di bawah permukaan

Peta *ISO-Resistivity* yang pertama yaitu distribusi resistivitas pada kedalaman 1,25 m di bawah permukaan. Peta distribusi resistivitas pada kedalaman 1,25 m ditunjukkan dengan gambar 4.7 (a). Nilai resistivitas pada kedalaman tersebut berkisar antara 0,34 – 118,55  $\Omega\text{m}$ . Material yang tersebar pada kedalaman ini adalah batupasir tufan bersisipan batulempung yang tersaturasi lindi, batulempung, batupasir, tufa, dan batuan konglomerat.

Peta *ISO-Resistivity* yang kedua yaitu distribusi resistivitas pada kedalaman 3,875 m di bawah permukaan. Peta distribusi resistivitas pada kedalaman 3,875 m ditunjukkan dengan gambar 4.7 (b). Nilai resistivitas pada kedalaman tersebut berkisar antara 0,042607 – 39,72  $\Omega\text{m}$ . Material yang tersebar pada kedalaman ini adalah batupasir tufan bersisipan batulempung yang tersaturasi lindi, batulempung, batupasir, dan tufa.

Peta *ISO-Resistivity* yang ketiga yaitu distribusi resistivitas pada kedalaman 6,76 m di bawah permukaan. Peta distribusi resistivitas pada kedalaman 6,76 m ditunjukkan dengan gambar 4.7 (c). Nilai resistivitas pada kedalaman tersebut berkisar antara 0,0070919 – 21,49  $\Omega\text{m}$ . Material yang tersebar pada kedalaman ini adalah batupasir tufan bersisipan batulempung yang tersaturasi lindi, batulempung, batupasir, dan tufa.

Peta *ISO-Resistivity* yang keempat yaitu distribusi resistivitas pada kedalaman 10 m di bawah permukaan. Peta distribusi resistivitas pada kedalaman 10 m ditunjukkan dengan gambar 4.7 (d). Nilai resistivitas pada kedalaman tersebut berkisar antara 0,0026518 – 74,77  $\Omega\text{m}$ . Material yang tersebar pada

kedalaman ini adalah batupasir tufan bersisipan batulempung yang tersaturasi lindi, batulempung, batupasir, dan tufa.

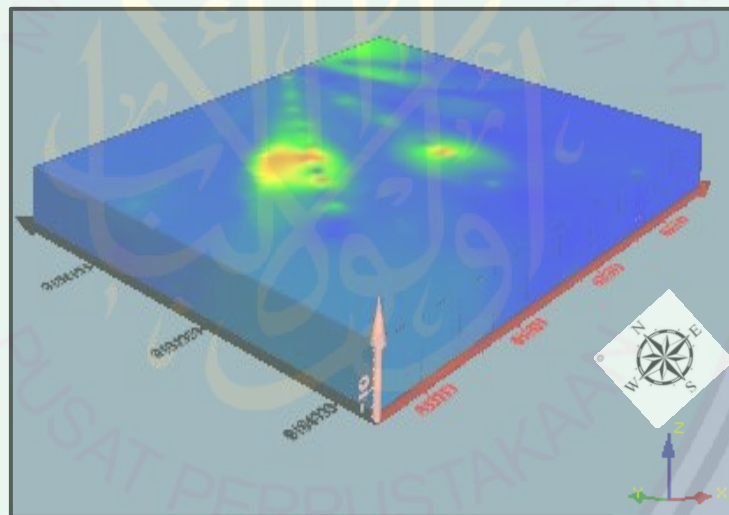
Peta *ISO-Resistivity* yang terakhir yaitu distribusi resistivitas pada kedalaman 13,433 m di bawah permukaan. Nilai resistivitas pada kedalaman tersebut berkisar antara 0,019472 – 184,98  $\Omega$ m. Material yang tersebar pada kedalaman ini adalah batupasir tufan bersisipan batulempung yang tersaturasi lindi, batulempung, batupasir, tufa, dan batuan konglomerat.

Pada kedalaman 1,25 m dibawah permukaan masih banyak daerah yang bukan termasuk zona resistivitas rendah. Pada kedalaman 3,675 m, 6,762 m, dan 10 m dibawah permukaan daerah penelitian didominasi oleh material bernilai resistivitas rendah yang ditandai dengan warna biru. Material bernilai resistivitas rendah ini diduga sebagai batupasir tufan bersisipan batulempung yang tersaturasi lindi. Pada kedalaman 13,5 m telah muncul material dengan nilai resistivitas tinggi yang diduga sebagai tufa dan batuan konglomerat.

Pada penelitian ini hanya dibuat peta *ISO-Resistivity* sampai kedalaman 13,433 m di bawah permukaan karena menyesuaikan kedalaman dari lintasan yang paling pendek, yaitu lintasan keenam dengan panjang 75 m. Hal tersebut dilakukan agar luas daerah penelitian tidak terpotong. Selain itu, penelitian ini berfokus pada material yang memiliki nilai resistivitas rendah. Maurya,dkk (2017) mengatakan bahwa air terkontaminasi memiliki nilai resistivitas yang lebih rendah daripada air tanah, yakni  $<10 \Omega$ m.

#### 4.5 Pemodelan 3D

Pemodelan 3D dilakukan menggunakan *software* Voxler. Pemodelan 3D ini bertujuan untuk melihat distribusi nilai resistivitas secara vertikal dan horizontal pada titik yang bukan merupakan lintasan pengukuran. Data masukan pada *software* ini ada lima, yaitu koordinat lintang, koordinat bujur, kedalaman, resistivitas, dan nama lintasan. Pada *software* ini bisa dilakukan pemotongan secara *axial* (memotong sumbu x dan y), *coronal* (memotong sumbu x dan z), *sagittal* (memotong sumbu y dan z). Sumbu X adalah koordinat bujur timur, sumbu Y adalah koordinat lintang selatan, dan Z adalah kedalaman di bawah permukaan.

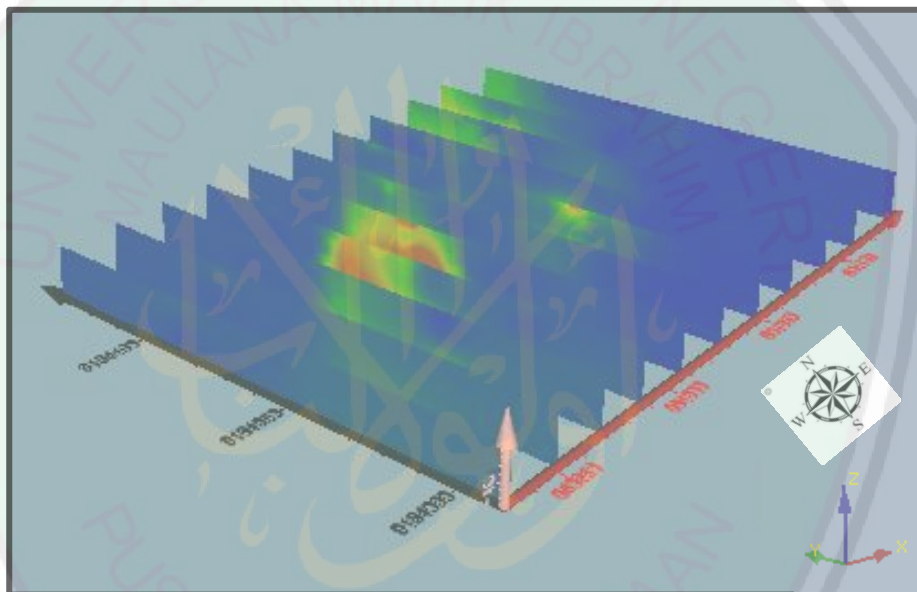


Gambar 4.8 Perpotongan pada sumbu X dan Y

Gambar di atas menunjukkan hasil perpotongan secara horizontal. Bila diamati secara mendalam gambar tersebut membentuk 6 garis yang menyerupai kipas, itu merupakan lintasan pengukuran di lapangan. Pemotongan pada sumbu X dan Y menghasilkan gambar yang hampir sama dengan peta ISO-Resistivity.

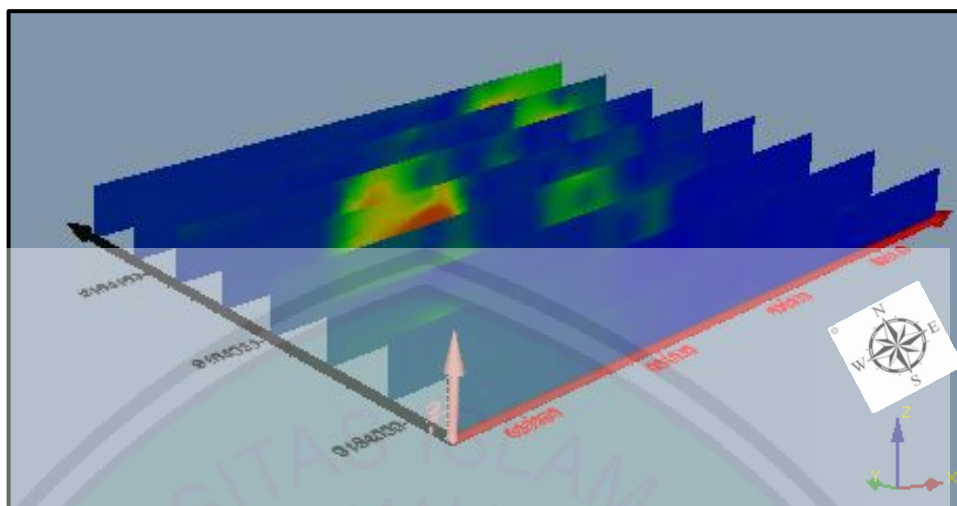
Pemotongan pada sumbu X dan Y menunjukkan distribusi nilai resistivitas pada kedalaman yang sama. Pemotongan dilakukan pada 5 kedalaman yang berbeda.

Perpotongan secara vertikal dapat dilakukan dengan dua cara yaitu memotong sumbu X dan sumbu Z, yang kedua yaitu memotong sumbu Y dan Z. Perpotongan secara vertikal berfungsi untuk melihat distribusi nilai resistivitas bawah permukaan pada garis perpotongan. Pemotongan dilakukan sebanyak 11 kali hingga menjadi gambar seperti gambar 4.9.



Gambar 4.9 Perpotongan pada sumbu X dan Z

Gambar di bawah ini merupakan hasil perpotongan antara sumbu Y dan Z. Perpotongan pada sumbu ini juga berfungsi untuk melihat distribusi nilai resistivitas secara vertikal. Pemotongan pada sumbu X dan Z dilakukan sebanyak 8 kali sehingga menghasilkan gambar 4.10 di bawah ini.



Gambar 4.10 Perpotongan pada sumbu Y dan Z

## 4.6 Pembahasan

Data dianalisis berdasarkan dua parameter, yakni parameter kimia dan parameter fisika. Parameter kimia meliputi hasil uji kualitas air, sedangkan parameter fisika meliputi hasil akuisisi data di lapangan.

### 4.6.1 Pembahasan Berdasarkan Parameter Kimia

Sebelum melakukan akuisisi data di lapangan, hal yang perlu dilakukan adalah melakukan pengujian kualitas air pada beberapa sampel air yang diambil dari beberapa sumur yang berada di lokasi penelitian. Data tersebut berfungsi sebagai penguat atau penelitian pendahuluan. Berikut adalah hasil uji kualitas air yang dilakukan oleh BLH Jawa Timur pada tahun 2017.

Tabel 4.7 Hasil Uji Kualitas Air Lakardowo oleh Laboratorium BLH Jawa Timur Juni 2017 (Sumber: BLH Jawa Timur, 2017)

Lokasi	Nama Sampel Air	Parameter Kualitas Air							
		TDS (mg/L)	COD (mg/L)	KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	Sulfat (mg/L)	Mangan (mg/L)	Seng (mg/L)	CaCO <sub>3</sub> (mg/L)	Fecal Coliform Jumlah/100ml
Baku Mutu Air Minum Perda Jatim No. 2/2008		1000	10	10	400	0,1	0,05	500	100
Kedungpa lang	SBNS1A Nanang	<b>1713</b>	<b>12</b>	1,6	<b>729,6</b>	<b>0,402</b>	<0,016	<b>1047</b>	5



(Selatan-Barat)	SBR12A Riamun	700	<b>13,7</b>	3,3	100,4	<b>0,243</b>	<0,016	300,8	2
	SBBR1A Bambangrofiq	542	2,72	1,3	73,3	<b>0,309</b>	0,022	311,6	5
	SBB11A Bilal	<b>2552</b>	3,75	1,9	<b>1308,2</b>	0,062	<b>14,7</b>	<b>1682,5</b>	5

Data yang dicetak tebal (*bold*) merupakan data yang nilainya melebihi baku mutu air minum. Dua sumur memiliki nilai COD yang melebihi baku mutu air minum. COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat dalam air, secara kimia. Pembuangan air limbah ke badan air dengan kandungan COD dan BOD yang tinggi dapat menyebabkan turunnya kadar oksigen dalam air. Kondisi tersebut dapat mempengaruhi kehidupan biota di dalam air yang hidupnya tergantung pada oksigen terlarut dalam air (Kodoatie, 2010). Selain memiliki nilai COD yang tinggi, beberapa sampel air mengandung sulfat, mangan, dan  $\text{CaCO}_3$  yang melebihi baku mutu air minum.

Perairan yang diperuntukkan untuk air minum sebaiknya tidak mengandung senyawa natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) dan magnesium sulfat ( $\text{Mg}_2\text{SO}_4$ ). Kadar sulfat pada perairan tawar alami berkisar antara 2 – 80 mg/liter. Kadar sulfat air minum sebaiknya tidak melebihi 400 mg/liter (Ali, 2011). Pada hasil uji kualitas air diatas, terdapat dua sampel yang mengandung sulfat melebihi baku mutu air minum. Melakukan kontak langsung dengan asam sulfat dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada tubuh manusia.

Beberapa air tanah mengandung zat besi (Fe) dan Mangan (Mn) yang cukup besar. Kandungan besi dan mangan dalam air menyebabkan warna air tersebut berubah menjadi kuning-coklat setelah beberapa saat kontak dengan

udara. Besi dan mangan dapat mengganggu kesehatan manusia, selain itu juga menimbulkan bau yang kurang enak dan menyebabkan warna kuning pada dinding bak serta bercak-bercak kuning pada pakaian. Menurut PP No. 20 Tahun 1990, kadar mangan (Mn) dalam air minum yang dibolehkan adalah 0,1 mg/liter (Said, Tanpa Tahun). Pada hasil uji kualitas air diatas, terdapat tiga sampel yang mengandung mangan melebihi baku mutu air minum.

Pada hasil uji kualitas air diatas, terdapat satu sampel yang mengandung seng (Zn) melebihi baku mutu air minum. Suprijanto (1988) mengatakan bahwa air minum yang memiliki kadar Zn melebihi baku mutu air minum dapat menyebabkan gangguan fisik seperti diare yang berat, keram perut, dan muntah.

Kadar kesadahan maksimum  $\text{CaCO}_3$  yang diperbolehkan yaitu 500 mg/liter. Air dengan nilai kesadahan yang tinggi tidak layak digunakan untuk air minum karena mengandung mineral kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) yang banyak, sehingga dapat mengakibatkan gangguan terhadap kesehatan. Selain itu, air yang memiliki tingkat kesadahan yang tinggi dapat menimbulkan karatan atau korosi pada peralatan yang terbuat dari besi (Fardiaz, 1992). Pada hasil uji kualitas air di atas, terdapat dua sampel yang memiliki tingkat kesadahan melebihi baku mutu air minum.

Berdasarkan tabel data hasil uji laboratorium di atas, terdapat dua sumur dari empat sumur yang dijadikan sampel pada lokasi ini memiliki nilai TDS (*Total Dissolved Solid*) melebihi baku mutu air minum yakni 1000 mg/L. Kelarutan zat padat dalam air atau disebut dengan TDS adalah terlarutnya zat padat, baik berupa ion, senyawa, atau koloid di dalam air (Situmorang, 2007).

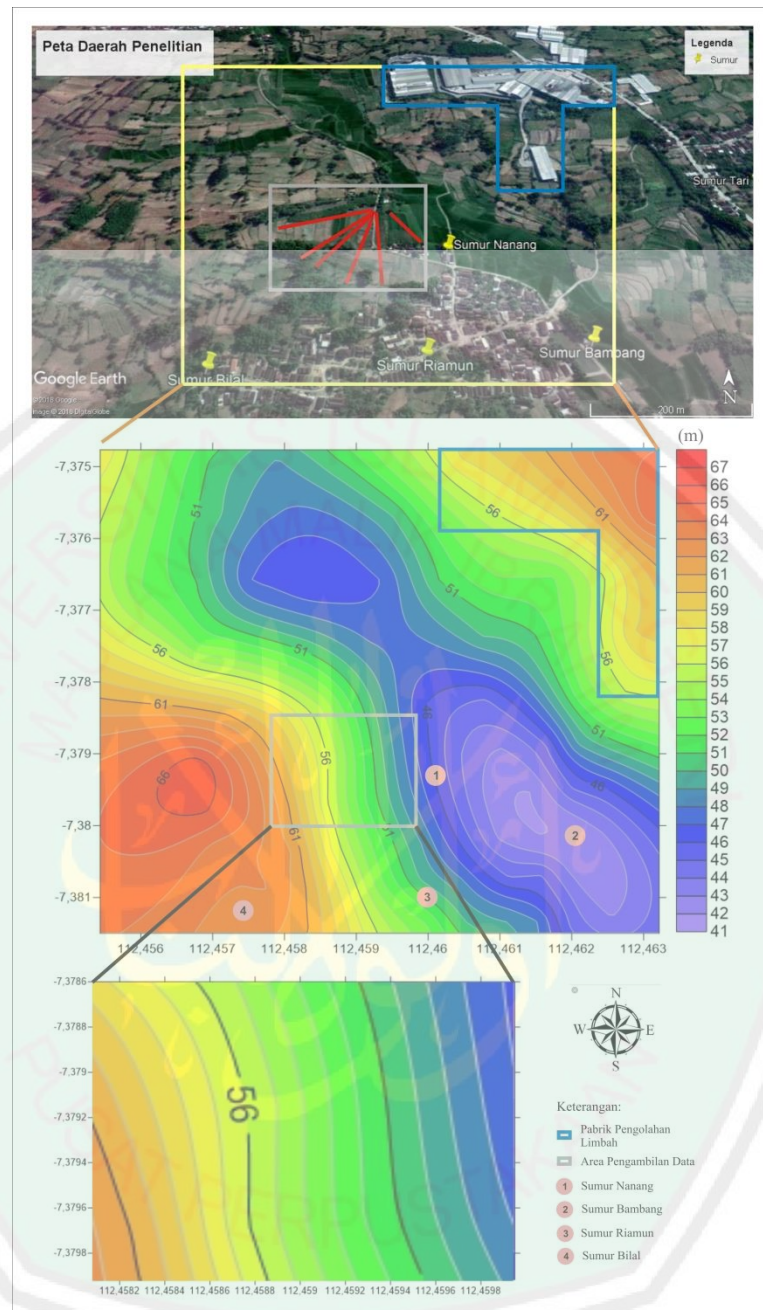
#### 4.6.2 Pembahasan Berdasarkan Parameter Fisika

Nilai TDS berhubungan erat dengan nilai DHL (Daya Hantar Listrik). DHL merupakan kemampuan larutan untuk menghantarkan arus listrik. Nilai TDS biasanya lebih kecil dari nilai DHL (Effendi, 2003). Berdasarkan penjelasan di atas, apabila nilai TDS tinggi, maka bisa dipastikan bahwa nilai DHL juga tinggi. Konduktivitas berhubungan dengan resistivitas, apabila nilai konduktivitas atau DHL tinggi maka nilai resistivitasnya akan rendah. Hal tersebut sesuai dengan data yang didapatkan di lapangan. Pada tabel hasil uji kualitas air sebelumnya diketahui bahwa terdapat dua sampel dari empat sampel uji kualitas air yang memiliki nilai TDS tinggi dan melebihi baku mutu air minum. Setelah melakukan pengolahan data resistivitas, dapat diketahui beberapa daerah yang merupakan zona resistivitas rendah.

Resistivitas batuan dipengaruhi oleh porositas batuan. Batuan berpori yang mengandung air mempunyai nilai hambatan jenis yang lebih rendah. Batuan berpori yang berisi air nilai konduktivitasnya berasal dari nilai konduktivitas larutan elektrolit itu sendiri. Interaksi antara komponen padat dan cair dapat meningkatkan nilai konduktivitas listrik (Farid, 2008). Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi porositas dari suatu material, maka semakin banyak jumlah air yang terperangkap dalam pori-pori batuan tersebut. Nilai resistivitas batuan juga dipengaruhi oleh cairan yang mengisi pori-porinya. Semakin tinggi nilai konduktivitas cairan yang mengisi pori-pori batuan maka nilai resistivitas dari batuan yang tersaturasi atau porinya terisi oleh air terkontaminasi akan semakin rendah.

Area pengambilan data berada di formasi batuan geologi yang sama, yaitu formasi Kabuh (Qpk) sehingga hasil penampang 2D bawah permukaan dari *software* Res2dinv tidak banyak berbeda antara lintasan yang satu dengan lintasan yang lainnya. Dari penampang 2D tersebut, dapat diketahui bahwa batuan dengan nilai resistivitas yang rendah tersebar pada kedalaman 1,25 sampai beberapa meter di bawah permukaan. Air lindi diduga mengisi pori-pori dari batuan pasir. Nilai resistivitas rendah yang diduga sebagai material yang tersaturasi dengan air lindi adalah sekitar 0,00205 – 1,44  $\Omega$ m.

Berdasarkan penampang citra 2D hasil inversi data terdapat dua kelompok material, kelompok yang pertama yaitu material dengan nilai resistivitas rendah yang diduga sebagai batupasir tufan bersisipan batulempung yang tersaturasi lindi, batulempung dan batupasir. Kelompok yang kedua yaitu material dengan nilai resistivitas tinggi yang diduga sebagai tufa dan batuan konglomerat. Target dari penelitian menggunakan metode geolistrik resistivitas ini adalah daerah dengan nilai resistivitas yang rendah, karena air terkontaminasi memiliki nilai resistivitas yang rendah.



Gambar 4.11 Peta Topografi Daerah Penelitian dan Sebaran Sumur yang Terkontaminasi Limbah

Salah satu sifat air adalah mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Lokasi dari pabrik pengolahan limbah yang lebih tinggi dari area pengambilan data menyebabkan area tersebut rawan tercemar limbah bahan

beracun dan berbahaya. Menurut warga sekitar, limbah ditimbun pada sumur-sumur galian sehingga berpengaruh terhadap air bawah permukaan.

Proses terjadinya rembesan limbah adalah sebagai berikut. Limbah yang ditimbun secara terus-menerus dapat mencemari lingkungan. Ketika hujan turun dan air hujan masuk ke dalam timbunan limbah bahan beracun dan berbahaya maka akan melarutkan komponen-komponen limbah bahan beracun dan berbahaya yang akhirnya menghasilkan air lindi (Widyatmoko, 2001). Air lindi tersebut akan merembes ke dalam tanah dan bergerak melalui lapisan bawah permukaan. Semakin banyak limbah yang ditimbun dan lama waktu penimbunan berpengaruh pada sebaran rembesan air lindi. Apabila limbah dibiarkan begitu saja dalam waktu beberapa tahun, maka rembesan akan semakin meluas dan semakin banyak daerah yang tercemar.

Material penyusun daerah penelitian merupakan batulempung, batupasir, tufa dan batuan konglomerat. Formasi batuan ini termasuk bagian dari Lajur Rembang. Batuan pada lajur Rembang tersusun oleh batuan karbonat tanpa batuan gunungapi (Noya, 1992). Tampungan air pada perbatasan antara alluvium dan muka air dapat memberikan keuntungan. Namun dalam masalah rembesan limbah ini, keuntungan tersebut membuat semakin tinggi potensi daerah tersebut sebagai daerah tercemar. Jenis tanah daerah penelitian yang memiliki porositas tinggi berpotensi besar untuk tercemar. Pori-pori batuan tersebut berpotensi untuk terisi dengan air lindi. Adanya bahan pencemar dalam jumlah banyak yang masuk ke akuifer bebas dapat menyebabkan air tanah dangkal tercemar (Erini, 1999).

Berdasarkan hasil uji kualitas air terdapat beberapa sampel yang mengandung bahan kimia melebihi baku mutu air minum. Tercemarnya air tanah memberikan banyak dampak negatif untuk kehidupan manusia, salah satunya adalah berdampak buruk pada kesehatan manusia. Jika dibiarkan secara terus menerus, maka akan berdampak serius pada keseimbangan lingkungan. Keseimbangan ekosistem tanah, air, dan udara akan terganggu karena adanya pencemaran ekosistem baik yang disebabkan oleh pencemar biologis, kimiawi maupun fisik .

#### 4.7 Konservasi Air dalam Perspektif al-Quran dan Hadits

Pencemaran air yang dimaksud oleh ajaran Islam adalah seperti kencing, buang air besar, dan sebab lain yang dapat mengotori sumber air. Rasulullah saw bersabda:

اتَّقُوا الْمَلَاعِينَ الثَّلَاثَةَ الْبَرَّازَ فِي الْمَوَارِدِ وَقَارِعَةَ الطَّرِيقِ وَالظِّلَّ.

*Jauhilah tiga macam perbuatan yang dilaknat; buang air besar di sumber air, ditengah jalan, dan dibawah pohon yang teduh.*

Pencemaran air pada masa ini tidak hanya kencing, buang air besar, ataupun hajat manusia yang lain. Banyak penyebab pencemaran air yang jauh lebih berbahaya dan berpengaruh, yakni pencemaran limbah industri, zat kimia, zat beracun yang mematikan, serta minyak yang mengengangi samudera (Mardiana, 2013).

Dari hasil analisis data di atas, terdapat beberapa titik di bawah permukaan bumi yang memiliki nilai resistivitas rendah. Material dengan nilai resistivitas

rendah diduga sebagai air lindi. Adanya rembesan air lindi mengakibatkan terjadinya ketidakseimbangan ekosistem, rembesan tersebut juga berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Allah melarang manusia membuat kerusakan di bumi dalam bentuk apapun, sebagaimana dijelaskan dalam al-Quran Surah Al-A'raaf [7]: 56.

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

*Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik. (QS. Al-A'raaf [7]: 56).*

Allah SWT melarang perbuatan yang menimbulkan kerusakan di muka bumi dan hal-hal yang membahayakan kelestarian alam sesudah diperbaiki. Apabila segala sesuatu di muka bumi telah berjalan sesuai dengan kelestariannya, kemudian terjadi pengrusakan di muka bumi, maka hal tersebut akan membahayakan semua hamba Allah (Katsir, 2000).

Air merupakan sumber daya alam yang sangat diperlukan oleh semua makhluk hidup. Apabila terdapat pencemaran air, maka keseimbangan ekosistem di alam akan terganggu. Pencemaran air memiliki banyak dampak negatif, contohnya adalah berdampak pada kesehatan dan kesuburan tanaman. Pemeliharaan lingkungan sudah dijelaskan dalam al-Quran Surah Huud [11]: 61 sebagai berikut:



﴿ وَإِلَىٰ تَمُودَ أَخَاهِمُ صَالِحًا ۚ قَالَ يَا قَوْمِ أَعْبُدُوا اللَّهَ مَا لَكُم مِّنْ إِلَٰهٍ غَيْرُهُ ۗ هُوَ أَنشَأَكُم مِّنَ الْأَرْضِ وَأَسْتَعْمَرَكُمْ فِيهَا فَاسْتَغْفِرُوهُ ثُمَّ تَوْبُوا إِلَيْهِ ۚ إِنَّ رَبِّي قَرِيبٌ مُّجِيبٌ ۝۶۱﴾



dan kepada Tsamud (kami utus) saudara mereka shaleh. Shaleh berkata: "Hai kaumku, sembahlah Allah, sekali-kali tidak ada bagimu Tuhan selain Dia. Dia telah menciptakan kamu dari bumi (tanah) dan menjadikan kamu pemakmurnya, karena itu mohonlah ampunan-Nya, kemudian bertobatlah kepada-Nya, Sesungguhnya Tuhanku Amat dekat (rahmat-Nya) lagi memperkenankan (doa hamba-Nya)."

Maksud dari kalimat "menjadikan kamu pemakmurnya" adalah manusia dijadikan penghuni dunia untuk menguasai dan memakmurkan dunia. Manusia diperintahkan untuk memakmurkan bumi dan merawat bumi, karena bumi dengan seluruh kekayaannya dipersembahkan untuk manusia (Katsir, 2000).

“Dan menjadikan pemakmurnya”. Ia berkata, “Kami menjadikanmu pemakmur di dalamnya”. Jadi maknanya adalah, menjadikan manusia yang menempati kehidupan di dunia sebagai makhluk yang dapat melestarikan lingkungan (Muhammad, 2009). Sebagai khalifah Allah di bumi, manusia bertugas mewakili Allah untuk mengurus dan memakmurkan bumi dengan segala isinya. Dalam perspektif al-Quran, arti kekhalifahan memiliki 3 unsur, yaitu (1) manusia (sendiri) yang dinamai khalifah, (2) alam raya yang disebut sebagai bumi, (3) hubungan manusia dengan alam dan segala isinya. Hubungan manusia dengan alam adalah hubungan sebagai pemelihara yang saling membutuhkan satu sama lain, maka tugas manusia adalah memelihara dan memakmurkan alam (Rodin, 2017). Manusia diharapkan untuk turut menjaga kelestarian alam, tidak hanya

mengeksploitasi alam. Karena apabila dieksploitasi secara terus menerus tanpa adanya usaha perbaikan, maka semakin banyak kerusakan yang terjadi di muka bumi ini.

Solusi dari masalah pencemaran air adalah menghentikan penimbunan limbah, sehingga tidak semakin meluas ke daerah yang lain. Selain itu cara yang dapat dilakukan adalah mengoptimalkan pelaksanaan rehabilitasi lahan kritis yang bertujuan untuk meningkatkan konservasi air bawah tanah, karena limbah tidak bisa hilang begitu saja dan air bawah tanah tidak bisa sebersih sediakala. Disini, peran manusia sangat dibutuhkan agar tidak membuat kerusakan, serta menjaga lingkungan agar tetap asri.



## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

1. Limbah bahan berbahaya dan beracun dapat diidentifikasi menggunakan metode geolistrik resistivitas. Limbah atau air terkontaminasi memiliki nilai resistivitas yang cenderung lebih rendah dari air tanah, yakni  $<10 \Omega\text{m}$ . Pada penelitian ini nilai resistivitas dari material yang diduga sebagai air lindi adalah sekitar  $0,00205 - 1,44 \Omega\text{m}$ .
2. Air terkontaminasi tersebar di bagian timur dan selatan dari area pengambilan data. Air terkontaminasi terdeteksi dari kedalaman  $1,25 \text{ m}$  di bawah permukaan hingga beberapa meter ke bawah.

### **5.2 Saran**

Pada penelitian selanjutnya diharapkan mempertimbangkan dengan sangat baik bagaimana pola atau desain akuisisi data di lapangan, sehingga tidak mengalami kesulitan pada saat melakukan pengolahan data dan analisis data. Pengecekan sampel tanah yang diduga tersaturasi lindi (setelah akuisisi data geolistrik) di area pengambilan data akan membuat hasil yang diperoleh lebih akurat lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Munawar. 2011. *Monograf: Rembesan Air Lindi (Leachate) Dampak pada Tanaman, Pangan dan Kesehatan*. Surabaya: UPN Press.
- Arief, Latar Muhammad. 2016. *Pengolahan Limbah Industri : Dasar-Dasar Pengetahuan dan Aplikasi di Tempat Kerja*. Yogyakarta: ANDI.
- Arif, Irwandy. 2016. *Geoteknik Tambang: Mewujudkan Produksi Tambang yang Berkelanjutan dengan Menjaga Kestabilan Lereng*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Beck, Berry F dan J Gayle Herring. 2001. *Geotechnical And Environmental Applications Of Karst Geology And Hidrology*. Tokyo: Balkema Publishers.
- Boulding, J. Russell dan Jon S. Ginn. 2016. *Soil, Vadose Zone and Ground-Water Contamination*. New York: Lewis Publisher.
- Burger, H. Robert. 1992. *Exploration Geophysics Of The Swallow Subsurface*. New Jersey: Prentice Hall.
- Dinas Lingkungan Hidup Jawa Timur. 2016. *Hasil Uji Kualitas Air Lakardowo oleh Laboratorium DLH Jawa Timur Juni 2016*. Surabaya: DLH Jawa Timur.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius.
- Effendi, Rustam, Slamet Syamsuddin, Wilson S. Sinambela, dan Soemarto. 2007. *Medan Elektromagnetika Terapan*. Jakarta: Erlangga.
- Erini, Y dan Alfrida. 1999. *Parameter Kunci Limbah Cair*. Jakarta: PUSARPEDAL.
- Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius
- Farid, M., Arif Ismul Hadi dan Fetusianti. 2008. *Analisis Resistivitas Batuan Berdasarkan Data Geolistrik untuk Memprediksi Sumber Panas Bumi (Studi Kasus: Daerah Air Putih, Kec. Lebong Utara, Kab. Lebong, Prov. Bengkulu)*. Lampung: Jurnal Sains MIPA. Vol. 14, No. 2: 79 – 84.
- Florsch, Nicolas dan Frederic Muhlach. 2018. *Everyday Applied Geophysics 1: Electrical Methods*. United States: ISTE Press and Elsevier.
- Gasperikova, Erika, Susan S. Hubbard, David B. Watson, Gregory S. Baker, John E. Peterson, Michael B. Kowalsky, Meagan Smith, and Scott Brooks. 2012. *Long-term electrical resistivity monitoring of recharge-induced contaminant plume behavior*. United States: Journal Of Contaminant Hydrology (142 – 143): 33 – 49.

- Groshong, Richard H. 2006. *3-D Structural Geology: A Practical Guide to Quantitative Surface and Subsurface Map Interpretation*. Berlin: Springer.
- Hakim, Arif Rahman, Hairunisa dan Nurjumiyati. 2017. *Studi Akumulasi Rembesan Air Lindi Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Mapping*. Bima: Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi. Vol. 3, No.2: 239-248.
- Hayt, William H, dan John A. Buck. 2006. *Elektromagnetika*. Jakarta: Erlangga.
- Katsir, Ibnu Al-Imam Abdul Fida Ismail. 2000. *Tafsir Ibnu Katsir Juz 1*. Bandung: Sinar Baru Algesino.
- Kisch, Reinhard. 2006. *Groundwater Geophysics : A Tool for Hidrology*. Germany: Springer.
- Kodoatie, Robert J., dan Roestam, Sjarief. 2010. *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: Andi.
- Mardiana. 2013. *Kajian Tafsir Tematik Tentang Pelestarian Lingkungan Hidup*. Makassar: AL-FIKR. Vol. 17, No. 1: 139 – 151.
- Maurya, P.K., V.K. Ronde, G. Fiandaca, N. Balbarini, E. Auken, P.L. Bjerg, dan A.V. Christiansen. 2017. *Detailed landfill leachate plume mapping using 2D and 3D electrical resistivity tomography – with correlation to ionic strength measured in screens*. Denmark: Journal of Applied Geophysics (138) : 1 – 8.
- Mushaf Aisyah. 2010. *Al-Quran dan Terjemahan untuk Wanita*. Bandung: Roudlotul Jannah.
- Noya, Y, T. Suwarti, L. Sarmili dan Suharsono. 1992. *Geologi Lembar Mojokerto, Jawa*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Patwardhan, A. M. 2012. *The Dynamic Earth System*. New Delhi: PHI Learning Private Limited.
- Qomarullah, Muhammad. 2014. *Lingkungan dalam Kajian al-Qur'an: Krisis Lingkungan dan Penanggulangannya dalam Perspektif al-Qur'an*. Lubuklinggau: Jurnal Studi Ilmu-Ilmu al-Qur'an dan Hadis. Vol. 15, No. 1: 135 – 158.
- Riyanto. 2014. *Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*. Yogyakarta: Deepublish.
- Rodin, Dede. 2017. *Al-Quran dan Konservasi Lingkungan: Telaah Ayat-Ayat Ekologis*. Semarang: Al-Tahrir. Vol. 17, No. 2: 391 – 410.
- Roy, Kaylan Kumar. 2008. *Potential Theory in Applied Geophysics*. Berlin: Springer.

Said, Nusa Idaman. Tanpa Tahun. *Pembuatan Filter untuk Menghilangkan Zat Besi dan Mangan di Dalam Air*. Jakarta: Balai Pengkajian dan Penerapan Teknologi.

Situmorang, M. 2007. *Kimia Lingkungan*. Medan: FMIPA – UNIMED.

Subagiyo, Lambang, Petrus AD Lazar dan Sumaryono. 2017. *Sebaran Indikasi Air Tanah Terkontaminasi Lindi di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir Sampah Bukit Pinang Kota Samarinda*. Samarinda: Journal of Physical Science and Engineering. Vol. 2, No.1 :13-19.

Sunarsih, Lilis Endang. 2018. *Penanggulangan Limbah*. Yogyakarta: Deepublish Publisher.

Suprijanto, Inswiasri dan Agustina Lubis. 1988. *Kandungan Logam Berat Dalam Sumber Air Minum di DKI Jakarta*. Jakarta: Buletin Penelitian Kesehatan. 16 (2): 20 – 26.

Syapriallah, Aditia. 2018. *Buku Ajar Mata Kuliah Hukum Lingkungan*. Yogyakarta: Deepublish.

Telford, W. M, L. P Geldart dan R. E Sheriff. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. New York: Cambridge University Press.

Vebrianto. 2016. *Eksplorasi Metode Geolistrik Resistivitas, Polarisasi Diri, dan Potensial Diri*. Malang: UB Press.

Widiatmoko, H. Sintorini. 2001. *Menghindari, Mengolah, dan Menyingkirkan Sampah*. Jakarta: PT. Dinastindo Adiperkasa Internasional.

Wulandari, Ratna Sri. 2015. *Identifikasi Pertambahan Persebaran Limbah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jatibarang Menggunakan Metode Geolistrik*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Yatini. 2006. *Penerapan Metode Geolistrik Sounding untuk Mengatasi Persoalan Air Bersih di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta pasca Gempa Tektonik 27 Mei 2006*. Yogyakarta: Penelitian Jurusan Teknik Geofisika UPN “Veteran”.



# LAMPIRAN

## HASIL AKUISISI DATA PADA LINE

1

<u>mis</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>M</u>	<u>N</u>	<u>I (mA)</u>	<u>V (mV)</u>	<u>PS (mV)</u>	<u>r (O*m)</u>	<u>var</u>	<u>M (ms)</u>
1	1	4	2	3	686	22	56	1,00952219963073	0	
2	2	5	3	4	701	31	-27	1,39426982402801	0	
3	3	6	4	5	711	56	-419	2,48592805862426	0	
4	4	7	5	6	706	35	-28	1,55247044563293	0	
5	5	8	6	7	672	36	-106	1,69247698783874	0	
6	6	9	7	8	706	36	-137	1,60235977172851	0	
7	7	10	8	9	701	35	-66	1,56968533992767	0	
8	8	11	9	10	686	23	-105	1,07350504398345	0	
9	9	12	10	11	711	29	-101	1,26402616500854	0	
10	10	13	11	12	706	33	-220	1,48045551776885	0	
11	11	14	12	13	676	20	-168	0,93914651870728	0	
12	12	15	13	14	652	13	-87	0,63236868381500	0	
13	13	16	14	15	677	9	-174	0,39723020792007	0	
14	14	17	15	16	657	11	84	0,54735797643661	0	
15	15	18	16	17	662	7	-258	0,32500380277634	0	
16	16	19	17	18	672	45	-349	2,12041473388671	0	
17	17	20	18	19	662	9	-75	0,43692070245743	0	
18	18	21	19	20	657	7	-90	0,34275740385056	0	
19	19	22	20	21	652	12	66	0,58297395706177	0	
20	20	23	21	22	657	12	-295	0,58100610971451	0	
21	21	24	22	23	681	26	-239	1,21749687194824	0	
22	22	25	23	24	672	15	-79	0,68145108222961	0	
23	23	26	24	25	681	12	-71	0,55860704183578	0	
24	24	27	25	26	686	22	-261	0,98954129219055	0	
25	25	28	26	27	696	29	-107	1,32184720039367	0	
26	26	29	27	28	677	12	-101	0,54022955894470	0	
27	27	30	28	29	696	28	11	1,24316227436065	0	
28	28	31	29	30	686	29	-183	1,33916473388671	0	
29	29	32	30	31	691	37	-141	1,67627072334289	0	
30	1	7	3	5	672	10	-78	0,97210717201233	0	
31	2	8	4	6	716	17	-42	1,46182203292846	0	
32	3	9	5	7	721	15	-435	1,34154570102691	0	
33	4	10	6	8	895	16	-517	1,21504259109497	0	
34	5	11	7	9	676	10	-62	0,89190316200256	0	
35	6	12	8	10	701	17	18	1,55480718612670	0	
36	7	13	9	11	691	15	6	1,35323059558868	0	
37	8	14	10	12	696	13	-151	1,16963195800781	0	
38	9	15	11	13	667	5	-281	0,48308140039444	0	
39	10	16	12	14	642	3	341	0,29955217242241	0	
40	11	17	13	15	677	6	157	0,55524557828903	0	
41	12	18	14	16	658	5	-267	0,50105357170105	0	
42	13	19	15	17	672	7	-90	0,66151678562164	0	
43	14	20	16	18	677	57	-327	5,30119609832763	0	
44	15	21	17	19	647	4	-322	0,37191915512085	0	
45	16	22	18	20	657	3	-18	0,28957882523537	0	
46	17	23	19	21	677	3	22	0,27311620116234	0	
47	18	24	20	22	657	3	-42	0,30110257863998	0	
48	19	25	21	23	681	7	-121	0,61023861169815	0	
49	20	26	22	24	652	4	-232	0,41883879899979	0	
50	21	27	23	25	677	14	-10	1,32591748237609	0	



51	22	28	24	26	672	8	-116	0,79095089435577	0
52	23	29	25	27	681	17	-231	1,58047080039978	0
53	24	30	26	28	652	10	-86	0,97510373592377	0
54	25	31	27	29	691	18	-3	1,64688003063201	0
55	26	32	28	30	667	6	-102	0,58426547050476	0
56	1	10	4	7	657	5	-318	0,77200722694397	0
57	2	11	5	8	672	7	-23	0,92769265174866	0
58	3	12	6	9	681	11	-31	1,52126288414001	0
59	4	13	7	10	686	12	-64	1,66653537750244	0
60	5	14	8	11	686	9	-384	1,18684744834899	0
61	6	15	9	12	657	4	-481	0,57863807678223	0
62	7	16	10	13	652	2	-193	0,27532380819321	0
63	8	17	11	14	662	4	-204	0,55976545810699	0
64	9	18	12	15	652	4	12	0,60870242118835	0
65	10	19	13	16	667	5	258	0,72320306301117	0
66	11	20	14	17	667	4	115	0,61672681570053	0
67	12	21	15	18	672	58	-97	8,07093048095703	0
68	13	22	16	19	681	8	-356	1,08819556236267	0
69	14	23	17	20	676	9	-187	1,22094774246215	0
70	15	24	18	21	677	2	-98	0,25899213552475	0
71	16	25	19	22	667	3	52	0,36481708288193	0
72	17	26	20	23	672	2	-213	0,28444403409958	0
73	18	27	21	24	642	3	-24	0,41888958215714	0
74	19	28	22	25	657	5	115	0,75833702087402	0
75	20	29	23	26	637	4	-12	0,63122892379761	0
76	21	30	24	27	667	11	-201	1,57846117019653	0
77	22	31	25	28	677	6	-422	0,88730359077454	0
78	23	32	26	29	691	13	-79	1,80390095710754	0
79	1	13	5	9	657	5	-145	0,89545035362244	0
80	2	14	6	10	686	7	-14	1,32162857055664	0
81	3	15	7	11	642	3	397	0,60464036464691	0
82	4	16	8	12	642	1	14	0,13276416063309	0
83	5	17	9	13	677	2	-380	0,44619321823120	0
84	6	18	10	14	662	2	-446	0,42889195680618	0
85	7	19	11	15	647	5	-432	0,92196822166443	0
86	8	20	12	16	681	5	-192	0,97882902622223	0
87	9	21	13	17	691	8	130	1,48204982280731	0
88	10	22	14	18	1043	61	-34	8,46794223785400	4
89	11	23	15	19	686	5	-152	0,93554747104645	0
90	12	24	16	20	681	7	-237	1,23716747760772	0
91	13	25	17	21	681	9	-236	1,59174132347106	0
92	14	26	18	22	672	4	18	0,70221519470215	0
93	15	27	19	23	676	3	-66	0,49011191725731	0
94	16	28	20	24	652	3	-195	0,58828938007355	0
95	17	29	21	25	672	2	-103	0,37924849987030	0
96	18	30	22	26	647	4	-300	0,87268805503845	0
97	19	31	23	27	647	4	-139	0,77829909324646	0
98	20	32	24	28	652	4	-130	0,80478179454803	0
99	1	16	6	11	662	1	105	0,30009913444519	0
100	2	17	7	12	672	2	351	0,42076587677002	0
101	3	18	8	13	628	0	41	0,10138756781817	0
102	4	19	9	14	677	3	-12	0,73151385784149	0
103	5	20	10	15	657	3	88	0,79798841476440	0
104	6	21	11	16	701	9	-234	1,91111052036285	0

105	7	22	12	17	672	5	-269	1,07331788539886	0
106	8	23	13	18	676	47	-354	10,88351249694820	0
107	9	24	14	19	677	6	-436	1,33027935028076	0
108	10	25	15	20	686	7	-411	1,67596244812011	0
109	11	26	16	21	647	3	-358	0,63368415832520	0
110	12	27	17	22	677	6	-196	1,30181539058685	0
111	13	28	18	23	686	2	-192	0,47300690412521	0
112	14	29	19	24	662	6	-135	1,51003074645996	0
113	15	30	20	25	681	2	-216	0,52585351467133	0
114	16	31	21	26	652	5	-115	1,16661679744720	0
115	17	32	22	27	667	2	-259	0,39548695087433	0
116	1	19	7	13	647	3	311	0,78900301456451	0
117	2	20	8	14	672	3	69	0,73243069648743	0
118	3	21	9	15	691	7	128	1,98630177974700	0
119	4	22	10	16	686	5	-82	1,34828162193298	0
120	5	23	11	17	686	6	8	1,54497182369232	0
121	6	24	12	18	677	51	-263	14,07757759094230	0
122	7	25	13	19	672	6	-523	1,67166447639465	0
123	8	26	14	20	681	7	-461	1,82727181911468	0
124	9	27	15	21	672	5	-600	1,36530339717864	0
125	10	28	16	22	691	6	-318	1,57770800590515	0
126	11	29	17	23	691	4	-553	1,08461833000183	0
127	12	30	18	24	681	4	-208	0,99605470895767	1
128	13	31	19	25	681	7	-95	1,94000148773193	0
129	14	32	20	26	681	6	-230	1,73108065128326	0
130	1	22	8	15	662	4	-15	1,22741198539733	1
131	2	23	9	16	686	7	-153	2,18529367446899	0
132	3	24	10	17	681	5	-73	1,54174757003784	0
133	4	25	11	18	677	57	-274	18,46372222900390	1
134	5	26	12	19	672	7	-467	2,17805075645446	0
135	6	27	13	20	672	8	-355	2,65641736984252	0
136	7	28	14	21	681	5	-507	1,50212836265563	0
137	8	29	15	22	672	5	-425	1,75228965282440	0
138	9	30	16	23	672	4	-471	1,39240944385528	0
139	10	31	17	24	696	6	-474	1,77744519710540	0
140	11	32	18	25	672	4	-224	1,47157680988311	1
141	1	25	9	17	652	4	-225	1,40504407882690	1
142	2	26	10	18	642	55	-306	21,38964080810540	1
143	3	27	11	19	677	7	-508	2,58064842224121	0
144	4	28	12	20	681	8	-288	3,05122327804565	0
145	5	29	13	21	686	4	-405	1,58073568344116	0
146	6	30	14	22	681	5	-367	1,92187130451202	0
147	7	31	15	23	691	5	-519	1,68987739086151	0
148	8	32	16	24	672	5	-333	1,90390014648437	0
149	1	28	10	19	672	6	-378	2,65359973907470	0
150	2	29	11	20	691	8	-314	3,46677470207214	0
151	3	30	12	21	672	4	-376	1,81440234184265	0
152	4	31	13	22	890	5	-305	1,63509249687194	1
153	5	32	14	23	681	4	-508	1,63400554656982	0
154	1	31	11	21	657	4	-405	2,06927013397216	0
155	2	32	12	22	686	4	-292	1,94662642478942	0

## HASIL AKUISISI DATA PADA LINE

2

<u>mis</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>M</u>	<u>N</u>	<u>I (mA)</u>	<u>V (mV)</u>	<u>PS (mV)</u>	<u>r (O*m)</u>	<u>var</u>	<u>M (ms)</u>
1	1	4	2	3	306	37	-78	3,77872896194458	0	
2	2	5	3	4	308	32	-171	3,29600906372070	0	
3	3	6	4	5	388	40	-279	3,26425647735595	0	
4	4	7	5	6	350	40	-153	3,59994912147521	0	
5	5	8	6	7	413	46	-113	3,47551774978637	0	
6	6	9	7	8	353	35	-197	3,14142990112304	0	
7	7	10	8	9	344	34	-166	3,07746195793151	0	
8	8	11	9	10	353	38	-129	3,37042808532714	0	
9	9	12	10	11	299	25	-116	2,66537356376647	0	
10	10	13	11	12	327	32	-191	3,05708360671997	0	
11	11	14	12	13	352	37	-97	3,30041885375976	0	
12	12	15	13	14	302	28	-69	2,90711808204650	0	
13	13	16	14	15	175	18	-84	3,27868747711181	1	
14	14	17	15	16	202	17	-317	2,64754056930541	0	
15	15	18	16	17	174	18	10	3,24802279472351	1	
16	16	19	17	18	193	16	-196	2,61986923217773	1	
17	17	20	18	19	270	30	-130	3,50166273117065	1	
18	18	21	19	20	217	18	-228	2,56469106674194	1	
19	19	22	20	21	186	20	-94	3,40377664566040	1	
20	20	23	21	22	189	23	-141	3,77994918823242	1	
21	21	24	22	23	263	22	-294	2,67896652221679	1	
22	22	25	23	24	660	30	-28	1,41148734092712	0	
23	23	26	24	25	643	7	-276	0,32537263631821	0	
24	24	27	25	26	564	14	-265	0,85133308172226	0	
25	25	28	26	27	652	10	-162	0,49739071726799	0	
26	26	29	27	28	513	9	-25	0,53757548332214	0	
27	27	30	28	29	571	17	-231	0,94283348321915	0	
28	28	31	29	30	657	12	-263	0,57213640213013	0	
29	29	32	30	31	450	12	-56	0,83125895261765	0	
30	1	7	3	5	677	14	-26	1,33418488502502	0	
31	2	8	4	6	504	13	-16	1,66993916034698	0	
32	3	9	5	7	677	15	-490	1,39947032928466	0	
33	4	10	6	8	554	13	-535	1,43888401985168	0	
34	5	11	7	9	662	13	-105	1,27394986152648	0	
35	6	12	8	10	681	16	-85	1,47811126708984	0	
36	7	13	9	11	597	15	-17	1,65956473350524	0	
37	8	14	10	12	706	16	-147	1,43336057662963	0	
38	9	15	11	13	595	13	-139	1,41493153572082	0	
39	10	16	12	14	652	8	2	0,78259754180908	0	
40	11	17	13	15	580	8	44	0,83798974752426	0	
41	12	18	14	16	563	7	-170	0,86362433433533	0	
42	13	19	15	17	475	6	-68	0,76601880788803	0	
43	14	20	16	18	597	9	25	0,99434375762939	0	
44	15	21	17	19	424	7	-98	1,06688594818115	0	
45	16	22	18	20	558	5	-94	0,57459920644760	0	
46	17	23	19	21	567	4	-131	0,44290369749069	0	
47	18	24	20	22	580	6	50	0,68314099311829	0	
48	19	25	21	23	581	3	-141	0,33589196205139	0	
49	20	26	22	24	561	5	-151	0,60306745767593	0	

50	21	27	23	25	563	6	-1	0,66261613368988	0
51	22	28	24	26	607	9	-85	0,98095071315765	0
52	23	29	25	27	496	14	149	1,89588236808776	1
53	24	30	26	28	663	10	32	0,92437648773193	0
54	25	31	27	29	672	3	-216	0,30845353007317	0
55	26	32	28	30	672	5	-412	0,48302280902863	0
56	1	10	4	7	696	9	-70	1,26113855838775	0
57	2	11	5	8	677	8	5	1,10386514663696	0
58	3	12	6	9	691	10	-3	1,31936395168304	0
59	4	13	7	10	667	10	-454	1,42750155925750	0
60	5	14	8	11	681	11	-485	1,57303595542907	0
61	6	15	9	12	686	10	-528	1,34745395183563	0
62	7	16	10	13	734	5	-106	0,70737993717194	0
63	8	17	11	14	667	6	-11	0,87240862846375	0
64	9	18	12	15	662	6	56	0,82519376277924	0
65	10	19	13	16	652	6	-117	0,84658163785934	0
66	11	20	14	17	677	6	-7	0,89526343345642	0
67	12	21	15	18	647	5	-82	0,71676015853882	0
68	13	22	16	19	662	7	122	0,95928382873535	0
69	14	23	17	20	652	5	-142	0,66069942712784	0
70	15	24	18	21	681	8	-15	1,16565966606140	0
71	16	25	19	22	662	3	-141	0,40140616893768	0
72	17	26	20	23	647	4	-70	0,54605460166931	0
73	18	27	21	24	672	4	-166	0,55013477802277	0
74	19	28	22	25	647	4	-146	0,63128083944321	0
75	20	29	23	26	667	4	-1	0,55931389331818	0
76	21	30	24	27	662	4	3	0,53262758255005	0
77	22	31	25	28	672	4	43	0,51838272809982	0
78	23	32	26	29	657	3	-36	0,40682673454285	0
79	1	13	5	9	681	8	-4	1,40140008926391	0
80	2	14	6	10	686	8	-35	1,37857949733734	0
81	3	15	7	11	331	7	-26	2,80375480651855	0
82	4	16	8	12	169	4	-36	3,08936738967895	0
83	5	17	9	13	189	5	-381	3,18157505989074	0
84	6	18	10	14	184	5	-269	3,15918111801147	0
85	7	19	11	15	248	6	-264	3,25220155715942	0
86	8	20	12	16	227	6	-203	3,47814846038818	0
87	9	21	13	17	274	8	-1	3,53337025642395	0
88	10	22	14	18	152	4	-153	3,33303976058959	0
89	11	23	15	19	208	7	-8	4,34674263000488	0
90	12	24	16	20	261	6	-317	3,06878209114074	0
91	13	25	17	21	163	5	-55	3,80740499496459	0
92	14	26	18	22	236	7	5	3,89303421974182	0
93	15	27	19	23	170	4	-269	3,12674856185913	0
94	16	28	20	24	226	6	-115	3,29961085319519	0
95	17	29	21	25	193	6	-125	3,72365260124206	0
96	18	30	22	26	268	7	-148	3,17201805114746	0
97	19	31	23	27	208	6	-81	3,34540796279907	0
98	20	32	24	28	157	4	131	3,16419172286987	0
99	1	16	6	11	166	3	17	2,59280252456665	1
100	2	17	7	12	167	3	11	2,97763514518737	0
101	3	18	8	13	178	4	-51	3,25664258003234	0
102	4	19	9	14	237	5	5	3,05903291702270	0
103	5	20	10	15	217	4	-28	3,03418874740600	0

104	6	21	11	16	156	4	-318	4,22931957244873	0
105	7	22	12	17	162	4	-338	4,00477123260498	0
106	8	23	13	18	217	6	-344	4,14524459838867	0
107	9	24	14	19	266	6	-203	3,50983619689941	0
108	10	25	15	20	159	4	-387	4,30410337448120	0
109	11	26	16	21	223	6	-158	3,94859886169433	0
110	12	27	17	22	168	4	-97	3,61961650848388	0
111	13	28	18	23	169	4	-117	3,82525730133056	0
112	14	29	19	24	242	6	-387	3,65048980712890	0
113	15	30	20	25	217	5	-16	3,71928405761718	0
114	16	31	21	26	256	5	-87	3,33884525299072	0
115	17	32	22	27	267	6	-141	3,61669254302978	0
116	1	19	7	13	235	4	10	3,52306318283081	0
117	2	20	8	14	192	3	34	3,26496934890747	0
118	3	21	9	15	153	3	16	3,34794235229492	0
119	4	22	10	16	154	3	167	3,26705312728881	0
120	5	23	11	17	213	4	2	3,92334413528442	0
121	6	24	12	18	302	6	-280	3,55530953407287	0
122	7	25	13	19	163	6	-225	6,62931585311889	0
123	8	26	14	20	234	5	-452	4,28837490081787	0
124	9	27	15	21	171	4	-383	3,87209916114807	0
125	10	28	16	22	162	4	-469	4,25302410125732	0
126	11	29	17	23	229	5	-383	4,43101024627685	0
127	12	30	18	24	215	4	-287	3,78970122337341	0
128	13	31	19	25	213	4	-251	3,86197304725646	0
129	14	32	20	26	229	4	3	3,67263102531433	0
130	1	22	8	15	152	2	-41	3,41833400726318	0
131	2	23	9	16	203	4	23	4,34851646423339	0
132	3	24	10	17	287	5	-91	3,45040655136108	0
133	4	25	11	18	158	4	-235	6,04476165771484	0
134	5	26	12	19	230	7	-146	6,70627117156982	0
135	6	27	13	20	184	3	-392	3,97939658164978	0
136	7	28	14	21	173	3	-340	4,24427413940429	0
137	8	29	15	22	241	5	-347	5,00674629211425	0
138	9	30	16	23	218	4	-466	4,10158157348632	0
139	10	31	17	24	202	4	-448	4,02928066253662	0
140	11	32	18	25	202	4	-164	4,21851539611816	0
141	1	25	9	17	157	5	-203	7,63247680664062	2
142	2	26	10	18	218	5	-292	5,47580242156982	1
143	3	27	11	19	178	4	-163	5,80054807662963	0
144	4	28	12	20	165	3	-318	4,47853612899780	0
145	5	29	13	21	236	5	-259	5,09543704986572	0
146	6	30	14	22	242	4	-308	4,31056737899780	0
147	7	31	15	23	220	4	-306	4,33057451248168	0
148	8	32	16	24	230	4	-493	4,29647922515869	0
149	1	28	10	19	163	3	-84	5,96563434600830	0
150	2	29	11	20	224	4	-306	4,95721054077148	0
151	3	30	12	21	233	4	-229	4,28367948532104	0
152	4	31	13	22	206	3	-262	4,48880481719970	0
153	5	32	14	23	219	3	-316	4,48325252532958	0
154	1	31	11	21	202	3	-224	4,33942985534667	0
155	2	32	12	22	194	3	-246	4,52655744552612	0

### HASIL AKUISISI DATA PADA LINE

3

<u>mis</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>M</u>	<u>N</u>	<u>I (mA)</u>	<u>V (mV)</u>	<u>PS (mV)</u>	<u>r (O*m)</u>	<u>var</u>	<u>M (ms)</u>
1	1	4	2	3	215	26	-193	3,77533769607543	0	
2	2	5	3	4	244	22	12	2,87004065513610	0	
3	3	6	4	5	245	32	-409	4,10665798187255	1	
4	4	7	5	6	180	20	-212	3,54503107070922	1	
5	5	8	6	7	254	32	-86	3,89954996109008	1	
6	6	9	7	8	213	23	-150	3,41638374328613	1	
7	7	10	8	9	158	18	-187	3,56620931625366	1	
8	8	11	9	10	162	17	-130	3,26540040969848	1	
9	9	12	10	11	158	18	-116	3,54567837715148	1	
10	10	13	11	12	161	16	-123	3,09317803382873	1	
11	11	14	12	13	209	26	-101	3,88371109962463	0	
12	12	15	13	14	188	17	-138	2,84785556793212	1	
13	13	16	14	15	156	18	-85	3,57560205459594	1	
14	14	17	15	16	259	22	-245	2,68409562110900	1	
15	15	18	16	17	260	31	-59	3,69007587432861	1	
16	16	19	17	18	153	11	-225	2,18031048774719	1	
17	17	20	18	19	197	25	-67	4,02024745941162	1	
18	18	21	19	20	237	16	-190	2,17178297042846	0	
19	19	22	20	21	226	24	-179	3,36857748031616	0	
20	20	23	21	22	266	25	-132	2,97043991088867	1	
21	21	24	22	23	246	21	-144	2,63294696807861	0	
22	22	25	23	24	249	23	-133	2,95265722274780	0	
23	23	26	24	25	168	15	-109	2,87836027145385	0	
24	24	27	25	26	251	23	-78	2,86136817932128	0	
25	25	28	26	27	194	18	-213	2,98479557037353	0	
26	26	29	27	28	154	15	-140	3,03105449676513	1	
27	27	30	28	29	160	18	-68	3,57753419876098	1	
28	28	31	29	30	158	18	-109	3,49159216880798	0	
29	29	32	30	31	210	22	-194	3,31205224990844	0	
30	1	7	3	5	233	10	2	2,66747570037841	0	
31	2	8	4	6	251	11	-31	2,66256570816040	0	
32	3	9	5	7	192	9	-508	2,80501508712768	0	
33	4	10	6	8	278	14	-466	3,06102561950683	0	
34	5	11	7	9	153	7	-78	2,85978770256042	0	
35	6	12	8	10	188	9	-107	2,90773820877075	0	
36	7	13	9	11	196	8	-24	2,57590579986572	0	
37	8	14	10	12	170	7	-118	2,56178855895996	0	
38	9	15	11	13	211	9	-74	2,75552558898925	0	
39	10	16	12	14	248	11	-34	2,90279841423034	0	
40	11	17	13	15	247	11	-14	2,71503376960754	0	
41	12	18	14	16	180	7	-116	2,55130863189697	0	
42	13	19	15	17	197	8	-56	2,71451568603515	0	
43	14	20	16	18	254	11	-37	2,61123561859130	0	
44	15	21	17	19	251	9	-133	2,32301187515258	0	
45	16	22	18	20	171	7	-80	2,50094223022460	0	
46	17	23	19	21	266	13	-133	2,99992227554321	0	
47	18	24	20	22	252	11	-80	2,82066154479980	0	
48	19	25	21	23	209	8	-44	2,31971311569213	0	
49	20	26	22	24	212	8	-113	2,47759103775024	0	

50	21	27	23	25	235	12	-80	3,08827018737792	0
51	22	28	24	26	208	10	0	3,08915805816650	0
52	23	29	25	27	229	9	-103	2,51390838623046	0
53	24	30	26	28	164	6	-176	2,41598200798034	0
54	25	31	27	29	177	8	-103	2,95803022384643	0
55	26	32	28	30	158	9	-15	3,43023800849914	0
56	1	10	4	7	179	4	13	2,34048271179199	0
57	2	11	5	8	280	8	24	2,62950944900512	0
58	3	12	6	9	172	5	2	2,92426991462707	0
59	4	13	7	10	182	5	-443	2,73973679542541	0
60	5	14	8	11	161	5	-477	2,67593216896057	0
61	6	15	9	12	279	8	-451	2,56626367568969	0
62	7	16	10	13	152	5	-39	2,81801223754882	0
63	8	17	11	14	223	7	-33	2,92557001113891	0
64	9	18	12	15	201	6	-9	3,00013208389282	0
65	10	19	13	16	155	4	-103	2,56595277786254	0
66	11	20	14	17	241	8	3	3,01951980590820	0
67	12	21	15	18	176	5	-86	2,43582057952880	0
68	13	22	16	19	231	7	23	2,73491525650024	0
69	14	23	17	20	243	7	-132	2,60057926177978	0
70	15	24	18	21	270	9	-55	3,08730840682983	0
71	16	25	19	22	161	5	-143	2,78611755371093	0
72	17	26	20	23	215	7	-112	3,00311517715454	0
73	18	27	21	24	241	7	-128	2,71435070037841	0
74	19	28	22	25	180	6	-32	3,00362372398376	0
75	20	29	23	26	243	8	6	3,00489759445190	0
76	21	30	24	27	159	5	-90	3,00434017181396	0
77	22	31	25	28	188	5	-152	2,71683073043823	0
78	23	32	26	29	237	7	-140	2,85551261901855	0
79	1	13	5	9	239	5	4	2,87430357933044	0
80	2	14	6	10	156	3	-29	2,62651658058166	0
81	3	15	7	11	243	5	-7	2,79394865036010	0
82	4	16	8	12	271	6	-10	2,73859953880310	0
83	5	17	9	13	216	5	-428	3,08607864379882	0
84	6	18	10	14	260	6	-359	2,96682739257812	0
85	7	19	11	15	192	5	-342	3,02430796623229	0
86	8	20	12	16	217	6	-396	3,38271045684814	0
87	9	21	13	17	197	5	61	2,97694253921508	0
88	10	22	14	18	174	4	-98	2,79802179336547	0
89	11	23	15	19	223	5	-81	2,91878652572631	0
90	12	24	16	20	183	4	-38	2,77237176895141	0
91	13	25	17	21	214	5	-131	2,98388862609863	0
92	14	26	18	22	159	4	-50	3,29332208633422	0
93	15	27	19	23	258	6	-117	3,07718133926391	0
94	16	28	20	24	271	7	-150	3,29663753509521	0
95	17	29	21	25	250	6	-141	3,09067559242248	0
96	18	30	22	26	162	4	-77	3,07278442382812	0
97	19	31	23	27	166	4	-105	3,23744320869445	0
98	20	32	24	28	245	5	-67	2,72090172767639	0
99	1	16	6	11	174	3	21	2,51443624496459	1
100	2	17	7	12	212	4	9	2,95058774948120	0
101	3	18	8	13	230	5	10	3,16530370712280	0
102	4	19	9	14	179	3	14	3,02182579040527	0
103	5	20	10	15	210	4	42	3,20655345916748	0

104	6	21	11	16	252	5	-408	3,10080671310424	0
105	7	22	12	17	225	5	-290	3,24511671066284	0
106	8	23	13	18	178	3	-357	2,97381830215454	0
107	9	24	14	19	206	4	-344	3,18243241310119	0
108	10	25	15	20	163	3	-380	3,03076314926147	0
109	11	26	16	21	151	3	-98	3,35292720794677	0
110	12	27	17	22	178	4	-222	3,15073752403259	0
111	13	28	18	23	183	4	-139	3,47192835807800	0
112	14	29	19	24	213	5	-195	3,32702589035034	0
113	15	30	20	25	166	4	-151	3,60483002662658	0
114	16	31	21	26	256	5	2	3,22495150566101	0
115	17	32	22	27	253	5	-78	3,06013870239257	0
116	1	19	7	13	233	4	38	3,02957773208618	0
117	2	20	8	14	206	3	61	3,12881612777709	0
118	3	21	9	15	223	4	44	3,14100694656372	0
119	4	22	10	16	206	3	27	3,08987426757812	0
120	5	23	11	17	169	3	45	3,32949209213256	0
121	6	24	12	18	269	5	-278	3,36158227920532	0
122	7	25	13	19	208	4	-399	3,25963830947875	0
123	8	26	14	20	247	5	-420	3,60446929931640	0
124	9	27	15	21	199	4	-450	3,49665212631225	0
125	10	28	16	22	273	5	-425	3,64730834960937	0
126	11	29	17	23	196	4	-464	3,37177276611328	0
127	12	30	18	24	252	5	-229	3,57298755645751	0
128	13	31	19	25	168	3	-147	3,63484239578247	0
129	14	32	20	26	219	4	-78	3,50343799591064	0
130	1	22	8	15	283	5	-36	3,70580816268920	0
131	2	23	9	16	162	2	-73	3,27027559280395	0
132	3	24	10	17	236	4	-22	3,62633895874023	0
133	4	25	11	18	191	3	-271	3,41195869445800	0
134	5	26	12	19	239	4	-292	3,78506469726562	0
135	6	27	13	20	256	4	-320	3,58781170845031	0
136	7	28	14	21	179	3	-419	3,91701841354370	0
137	8	29	15	22	162	3	-469	3,62889885902404	0
138	9	30	16	23	268	5	-399	3,88485360145568	0
139	10	31	17	24	258	4	-468	3,52312874794006	0
140	11	32	18	25	202	3	-234	3,70312523841857	0
141	1	25	9	17	258	4	-105	4,06499624252319	0
142	2	26	10	18	233	4	-306	4,26569461822509	1
143	3	27	11	19	226	4	-347	3,97483062744140	0
144	4	28	12	20	167	3	-238	3,80407190322875	0
145	5	29	13	21	154	2	-318	3,75812911987304	0
146	6	30	14	22	166	3	-444	4,08422279357910	0
147	7	31	15	23	165	3	-356	3,85759735107421	0
148	8	32	16	24	165	2	-350	3,59664607048034	0
149	1	28	10	19	213	3	-215	4,09251642227172	0
150	2	29	11	20	278	3	-258	3,45284509658813	0
151	3	30	12	21	155	2	-289	4,17581462860107	0
152	4	31	13	22	155	2	-379	3,80337405204772	0
153	5	32	14	23	158	2	-362	3,39046812057495	0
154	1	31	11	21	192	3	-314	4,16944122314453	0
155	2	32	12	22	281	3	-364	3,86774301528930	0



## HASIL AKUISISI DATA PADA LINE

4

<u>mis</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>M</u>	<u>N</u>	<u>I (mA)</u>	<u>V (mV)</u>	<u>PS (mV)</u>	<u>r (O*m)</u>	<u>var</u>	<u>M (ms)</u>
1	1	4	2	3	179	22	-54	3,92487287521362	0	
2	2	5	3	4	253	23	-93	2,84884881973266	0	
3	3	6	4	5	170	20	-345	3,79664182662963	1	
4	4	7	5	6	185	21	-144	3,58830213546752	1	
5	5	8	6	7	257	31	-138	3,78414368629455	1	
6	6	9	7	8	191	21	-224	3,53394746780395	1	
7	7	10	8	9	166	18	-54	3,48457288742065	1	
8	8	11	9	10	167	20	-182	3,75984144210815	1	
9	9	12	10	11	164	16	-151	2,99231576919555	1	
10	10	13	11	12	169	20	-156	3,67320632934570	1	
11	11	14	12	13	197	20	-118	3,17068004608154	0	
12	12	15	13	14	204	24	-104	3,63541316986083	1	
13	13	16	14	15	309	31	-180	3,15072631835937	0	
14	14	17	15	16	286	37	-170	4,08152389526367	0	
15	15	18	16	17	263	28	-147	3,37509179115295	1	
16	16	19	17	18	292	34	-116	3,60290956497192	0	
17	17	20	18	19	189	21	-275	3,46312832832336	1	
18	18	21	19	20	204	22	-119	3,30664801597595	1	
19	19	22	20	21	272	29	-140	3,35179567337036	1	
20	20	23	21	22	295	23	-172	2,86418962478637	2	
21	21	24	22	23	647	15	-195	0,74334967136383	0	
22	22	25	23	24	566	9	-159	0,54870587587357	0	
23	23	26	24	25	576	8	-80	0,40863490104675	0	
24	24	27	25	26	437	15	-178	1,07180404663085	0	
25	25	28	26	27	667	14	-145	0,63986766338348	0	
26	26	29	27	28	576	14	-141	0,80751591920853	0	
27	27	30	28	29	441	15	-95	1,09500908851623	0	
28	28	31	29	30	441	12	-163	0,82491850852966	0	
29	29	32	30	31	461	17	-237	1,14677739143371	0	
30	1	7	3	5	451	8	7	1,16548848152160	0	
31	2	8	4	6	494	6	5	0,77267503738403	0	
32	3	9	5	7	470	8	-467	1,09108304977416	0	
33	4	10	6	8	563	6	-488	0,72454756498337	0	
34	5	11	7	9	466	6	-60	0,87051510810852	0	
35	6	12	8	10	577	7	-36	0,82020974159241	0	
36	7	13	9	11	531	10	-60	1,13388276100158	0	
37	8	14	10	12	577	7	-104	0,74325937032700	0	
38	9	15	11	13	510	12	-143	1,46325671672821	0	
39	10	16	12	14	471	8	1	1,08065032958984	0	
40	11	17	13	15	520	12	-117	1,49756002426147	0	
41	12	18	14	16	452	6	-131	0,79985761642456	0	
42	13	19	15	17	551	10	-5	1,19064867496490	0	
43	14	20	16	18	397	5	-34	0,73790323734283	0	
44	15	21	17	19	530	10	-101	1,15482735633850	0	
45	16	22	18	20	476	9	-284	1,22683835029602	0	
46	17	23	19	21	582	5	-91	0,54260766506195	0	
47	18	24	20	22	558	6	-129	0,74328505992889	0	
48	19	25	21	23	556	8	-76	0,88668781518936	0	
49	20	26	22	24	537	3	-20	0,40914708375931	0	

50	21	27	23	25	591	5	-67	0,56600224971771	0
51	22	28	24	26	523	5	-102	0,63705599308014	0
52	23	29	25	27	527	3	-144	0,35094597935677	0
53	24	30	26	28	585	5	-77	0,49122849106789	0
54	25	31	27	29	1043	4	10	0,28082823753357	0
55	26	32	28	30	585	6	-17	0,66003489494324	0
56	1	10	4	7	662	4	8	0,59042632579803	0
57	2	11	5	8	647	4	-14	0,64496135711670	0
58	3	12	6	9	575	4	-12	0,71977806091309	0
59	4	13	7	10	681	5	-392	0,72457289695740	0
60	5	14	8	11	546	4	-382	0,73161405324936	0
61	6	15	9	12	677	7	-426	0,93345785140991	0
62	7	16	10	13	609	8	-100	1,19364368915557	0
63	8	17	11	14	541	6	-84	1,05560708045959	0
64	9	18	12	15	662	4	-107	0,55945575237274	0
65	10	19	13	16	566	5	-38	0,86450433731079	0
66	11	20	14	17	652	3	-104	0,43167138099670	0
67	12	21	15	18	670	9	116	1,20193016529083	0
68	13	22	16	19	662	5	-145	0,69635665416718	0
69	14	23	17	20	416	11	-63	2,41070055961608	0
70	15	24	18	21	657	6	-207	0,84092962741852	0
71	16	25	19	22	590	6	-130	1,04857325553894	0
72	17	26	20	23	561	6	-41	1,12628543376922	0
73	18	27	21	24	647	4	-101	0,63123416900635	0
74	19	28	22	25	159	6	-18	3,35522246360778	0
75	20	29	23	26	286	6	-72	2,10692477226257	0
76	21	30	24	27	211	7	34	3,25165748596191	0
77	22	31	25	28	189	7	112	3,27444839477539	0
78	23	32	26	29	266	7	-31	2,58402204513549	1
79	1	13	5	9	209	4	2	2,62313747406005	0
80	2	14	6	10	159	4	-13	2,77793788909912	0
81	3	15	7	11	228	4	-8	2,42238759994506	0
82	4	16	8	12	229	5	-11	2,55667543411254	0
83	5	17	9	13	194	4	-453	2,42118620872497	0
84	6	18	10	14	221	6	-401	3,40760707855224	0
85	7	19	11	15	212	5	-463	2,97611927986145	0
86	8	20	12	16	130	5	-345	4,51770496368408	1
87	9	21	13	17	154	4	10	3,25238037109375	0
88	10	22	14	18	225	6	132	3,30342507362365	0
89	11	23	15	19	267	10	6	4,87246465682983	0
90	12	24	16	20	213	12	-251	7,33156108856201	1
91	13	25	17	21	238	7	-47	3,78114175796508	0
92	14	26	18	22	280	9	-259	3,85332727432250	0
93	15	27	19	23	270	7	-17	3,35674476623535	0
94	16	28	20	24	197	6	19	3,98286390304565	0
95	17	29	21	25	207	7	-68	4,05943250656127	0
96	18	30	22	26	178	5	-110	3,29849839210510	0
97	19	31	23	27	230	7	-160	3,64832973480224	0
98	20	32	24	28	290	6	39	2,42313528060913	0
99	1	16	6	11	271	5	-18	2,85975623130798	0
100	2	17	7	12	209	4	4	2,74255466461181	0
101	3	18	8	13	213	4	32	3,16599321365356	0
102	4	19	9	14	176	3	3	2,89402103424072	0
103	5	20	10	15	284	6	20	3,13124632835388	0

104	6	21	11	16	276	6	-293	3,63347029685974	0
105	7	22	12	17	264	6	-355	3,66266441345214	0
106	8	23	13	18	249	9	-141	5,43483781814575	0
107	9	24	14	19	237	6	-390	4,14584112167358	0
108	10	25	15	20	205	13	-468	10,16426658630370	1
109	11	26	16	21	278	7	-208	3,75880908966064	0
110	12	27	17	22	160	7	-90	6,66083812713623	0
111	13	28	18	23	164	8	-216	7,89859008789062	0
112	14	29	19	24	157	5	-59	4,84746456146240	0
113	15	30	20	25	275	7	71	4,22997522354125	0
114	16	31	21	26	261	8	-41	4,76162052154541	0
115	17	32	22	27	253	6	-90	3,76601123809814	0
116	1	19	7	13	200	4	30	3,51371383666992	1
117	2	20	8	14	283	5	95	3,28931379318237	0
118	3	21	9	15	266	4	30	3,13063907623291	0
119	4	22	10	16	238	4	53	3,16861271858215	0
120	5	23	11	17	238	4	71	3,27395224571228	0
121	6	24	12	18	228	6	-76	4,72222089767456	0
122	7	25	13	19	233	6	-445	4,78205966949462	0
123	8	26	14	20	251	15	-478	11,12130451202390	1
124	9	27	15	21	199	5	-376	4,67611980438232	0
125	10	28	16	22	249	12	-364	8,76099014282226	0
126	11	29	17	23	155	9	-315	10,49597930908200	1
127	12	30	18	24	214	9	-316	7,89214515686035	0
128	13	31	19	25	234	8	13	6,46767282485961	1
129	14	32	20	26	179	3	63	3,50915431976318	0
130	1	22	8	15	254	5	-45	3,92482995986938	1
131	2	23	9	16	239	5	-68	4,94663047790527	0
132	3	24	10	17	221	4	-2	3,64898061752319	0
133	4	25	11	18	213	6	-95	6,45433044433593	0
134	5	26	12	19	235	7	-344	6,12853240966796	0
135	6	27	13	20	184	14	-378	16,28528404235830	0
136	7	28	14	21	161	6	-325	7,98751163482666	0
137	8	29	15	22	261	12	-316	10,00352859497070	1
138	9	30	16	23	239	12	-229	11,42413330078120	2
139	10	31	17	24	203	10	-351	10,43449592590330	0
140	11	32	18	25	177	6	-293	7,19080448150634	0
141	1	25	9	17	226	4	-117	4,97568845748901	1
142	2	26	10	18	244	8	-118	8,05144500732421	1
143	3	27	11	19	174	5	-392	7,09801673889160	1
144	4	28	12	20	265	21	-333	20,02450370788570	3
145	5	29	13	21	244	10	-228	10,42293262481680	0
146	6	30	14	22	229	14	-247	14,97801876068110	1
147	7	31	15	23	230	13	-153	14,62446308135980	2
148	8	32	16	24	153	6	-226	9,87437057495117	0
149	1	28	10	19	153	4	-234	6,76153373718261	0
150	2	29	11	20	254	23	-355	25,33615875244140	3
151	3	30	12	21	223	10	-214	12,81586265563960	1
152	4	31	13	22	211	15	-183	20,19154357910150	1
153	5	32	14	23	266	15	-170	15,89177894592280	1
154	1	31	11	21	224	10	-237	14,22135925292960	0
155	2	32	12	22	278	15	-179	16,76889038085930	1

## HASIL AKUISISI DATA PADA LINE

5

<u>mis</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>M</u>	<u>N</u>	<u>I (mA)</u>	<u>V (mV)</u>	<u>PS (mV)</u>	<u>r (O*m)</u>	<u>var</u>	<u>M (ms)</u>
1	1	4	2	3	171	17	-96	3,17693567276000	0	
2	2	5	3	4	216	23	-25	3,35456895828247	0	
3	3	6	4	5	272	35	-552	4,09388828277587	1	
4	4	7	5	6	165	23	-151	4,34723377227783	1	
5	5	8	6	7	252	35	-88	4,31104898452758	1	
6	6	9	7	8	180	21	-324	3,64621019363403	1	
7	7	10	8	9	224	29	-127	4,10580921173095	1	
8	8	11	9	10	220	25	-128	3,50281810760498	1	
9	9	12	10	11	252	29	-158	3,62194967269897	0	
10	10	13	11	12	184	21	-136	3,62293577194213	1	
11	11	14	12	13	277	31	-164	3,46144485473632	0	
12	12	15	13	14	274	31	-213	3,60313844680786	0	
13	13	16	14	15	255	29	-104	3,56952047348022	1	
14	14	17	15	16	235	29	-60	3,86791181564331	0	
15	15	18	16	17	269	29	-238	3,43386840820312	0	
16	16	19	17	18	174	18	-184	3,29839730262756	1	
17	17	20	18	19	196	23	-49	3,74495601654052	0	
18	18	21	19	20	206	20	-102	3,05066108703613	0	
19	19	22	20	21	203	23	-129	3,63271832466125	0	
20	20	23	21	22	251	26	-163	3,28397321701049	1	
21	21	24	22	23	170	24	-93	4,49593973159790	1	
22	22	25	23	24	177	18	-305	3,11724281311035	0	
23	23	26	24	25	195	28	-136	4,51330280303955	1	
24	24	27	25	26	179	22	-110	3,80530881881713	1	
25	25	28	26	27	275	34	-143	3,91927433013916	1	
26	26	29	27	28	193	28	-185	4,56321716308593	1	
27	27	30	28	29	195	24	-107	3,87830781936645	0	
28	28	31	29	30	255	38	-349	4,71619987487792	1	
29	29	32	30	31	159	26	-81	5,17481374740600	2	
30	1	7	3	5	147	6	10	2,47017931938171	0	
31	2	8	4	6	262	10	56	2,48359584808349	0	
32	3	9	5	7	170	8	-354	2,86894035339355	0	
33	4	10	6	8	265	12	-513	2,92064070701599	0	
34	5	11	7	9	281	12	-238	2,73156642913818	0	
35	6	12	8	10	189	8	-106	2,70341467857360	0	
36	7	13	9	11	180	8	-52	2,93259453773498	0	
37	8	14	10	12	210	10	-73	2,86631274223327	0	
38	9	15	11	13	250	12	-110	3,01588678359985	0	
39	10	16	12	14	197	9	-160	2,85133028030395	0	
40	11	17	13	15	246	10	-160	2,54016399383544	0	
41	12	18	14	16	268	12	14	2,78183388710021	0	
42	13	19	15	17	163	8	-90	2,98072052001953	0	
43	14	20	16	18	212	9	-216	2,72254157066345	0	
44	15	21	17	19	203	9	-40	2,63643169403076	0	
45	16	22	18	20	157	7	31	2,78023386001586	0	
46	17	23	19	21	261	12	-38	2,99955058097839	0	
47	18	24	20	22	207	9	-83	2,87141895294189	0	
48	19	25	21	23	199	10	3	3,10993289947509	0	
49	20	26	22	24	233	11	-156	2,90366601943969	0	

50	21	27	23	25	174	7	-266	2,56564092636108	0
51	22	28	24	26	276	13	-34	3,06886029243469	0
52	23	29	25	27	200	11	-42	3,49080848693847	0
53	24	30	26	28	186	9	-80	3,08331584930419	0
54	25	31	27	29	156	8	69	3,15119504928588	0
55	26	32	28	30	154	8	-174	3,45890498161315	1
56	1	10	4	7	229	6	6	2,32808995246887	1
57	2	11	5	8	158	4	86	2,57552075386047	0
58	3	12	6	9	179	5	-10	2,58105874061584	0
59	4	13	7	10	206	6	-331	2,76039147377014	0
60	5	14	8	11	273	8	-452	2,71132516860961	0
61	6	15	9	12	188	6	-432	2,81443834304809	0
62	7	16	10	13	183	5	-47	2,81651067733764	0
63	8	17	11	14	192	6	-122	2,80654859542846	0
64	9	18	12	15	246	7	-109	2,67968511581420	0
65	10	19	13	16	282	8	-67	2,72050380706787	0
66	11	20	14	17	221	7	-91	2,80137228965759	0
67	12	21	15	18	199	6	-117	2,74237871170043	0
68	13	22	16	19	278	8	-235	2,70399808883666	0
69	14	23	17	20	272	8	-13	2,89610600471496	0
70	15	24	18	21	208	6	77	2,93680572509765	0
71	16	25	19	22	155	5	66	2,84345746040344	0
72	17	26	20	23	242	9	3	3,41910886764526	0
73	18	27	21	24	218	6	-158	2,78682470321655	0
74	19	28	22	25	161	5	-160	2,84291696548461	0
75	20	29	23	26	243	7	-191	2,82461929321289	0
76	21	30	24	27	178	5	-68	2,90519380569458	0
77	22	31	25	28	157	5	-59	3,02272701263427	0
78	23	32	26	29	159	6	122	3,59190511703491	1
79	1	13	5	9	184	3	129	2,19567990303039	0
80	2	14	6	10	290	6	15	2,75151586532592	0
81	3	15	7	11	178	4	181	2,66776251792907	0
82	4	16	8	12	211	5	-22	2,77172708511352	0
83	5	17	9	13	260	6	-365	2,79673814773559	0
84	6	18	10	14	186	4	-447	2,89797258377075	0
85	7	19	11	15	204	4	-443	2,64332771301269	0
86	8	20	12	16	177	4	-341	2,92095661163330	0
87	9	21	13	17	185	4	-151	2,83773612976074	0
88	10	22	14	18	236	5	-128	2,70621681213378	0
89	11	23	15	19	277	7	-68	2,95027184486389	0
90	12	24	16	20	208	5	-130	3,08766889572143	0
91	13	25	17	21	274	6	-1	2,71891927719116	0
92	14	26	18	22	252	7	43	3,46283674240112	0
93	15	27	19	23	220	5	99	3,13261079788208	0
94	16	28	20	24	252	6	-199	3,02241325378417	0
95	17	29	21	25	254	6	-181	3,18804311752319	0
96	18	30	22	26	229	5	-125	2,91292142868041	0
97	19	31	23	27	175	4	-250	2,91143465042114	0
98	20	32	24	28	184	5	35	3,68093585968017	0
99	1	16	6	11	188	3	19	2,21877121925354	1
100	2	17	7	12	272	5	259	2,81918573379516	0
101	3	18	8	13	177	3	4	2,94497370719909	0
102	4	19	9	14	240	4	24	2,86206436157226	0
103	5	20	10	15	247	4	-8	2,84713792800903	0

104	6	21	11	16	150	3	-291	3,02669143676757	0
105	7	22	12	17	192	3	-421	2,78828167915344	0
106	8	23	13	18	246	5	-467	3,08411931991577	0
107	9	24	14	19	195	4	-434	2,99968838691711	0
108	10	25	15	20	233	5	-338	3,06532764434814	0
109	11	26	16	21	256	6	-176	3,77030754089355	0
110	12	27	17	22	219	4	-70	3,11563062667846	0
111	13	28	18	23	241	5	106	3,42652463912963	0
112	14	29	19	24	265	6	-97	3,43450212478637	0
113	15	30	20	25	231	5	-222	3,11604452133178	0
114	16	31	21	26	265	5	-87	3,03825759887695	0
115	17	32	22	27	189	5	-106	4,01729631423950	0
116	1	19	7	13	210	4	347	3,41673970222473	1
117	2	20	8	14	258	4	24	3,01580333709716	0
118	3	21	9	15	274	4	61	2,91227483749389	0
119	4	22	10	16	224	3	53	2,71783900260925	0
120	5	23	11	17	201	3	21	2,97473621368408	0
121	6	24	12	18	157	3	-392	3,09002614021301	0
122	7	25	13	19	190	3	-469	2,77431726455688	0
123	8	26	14	20	229	5	-381	3,87496423721313	1
124	9	27	15	21	205	4	-406	3,32343578338623	0
125	10	28	16	22	180	4	-424	3,70110011100769	0
126	11	29	17	23	270	5	-268	3,75645160675048	0
127	12	30	18	24	232	4	-148	3,26725769042968	0
128	13	31	19	25	253	4	-86	3,05807042121887	0
129	14	32	20	26	195	4	-126	4,15279817581176	0
130	1	22	8	15	198	3	-95	3,26515293121337	1
131	2	23	9	16	207	3	-55	3,27860808372497	0
132	3	24	10	17	151	2	-99	3,25084328651428	0
133	4	25	11	18	222	3	-330	2,85996961593627	0
134	5	26	12	19	191	3	-435	3,51857852935791	0
135	6	27	13	20	162	2	-323	3,19477224349975	0
136	7	28	14	21	173	4	-315	5,68199539184570	0
137	8	29	15	22	239	4	-373	4,00791645050048	0
138	9	30	16	23	215	3	-253	3,40486574172973	0
139	10	31	17	24	198	3	-429	3,56185936927795	0
140	11	32	18	25	197	4	-165	4,46337604522705	0
141	1	25	9	17	195	3	-208	4,38142633438110	2
142	2	26	10	18	196	3	-449	4,46330070495605	1
143	3	27	11	19	156	2	-402	3,52310657501220	1
144	4	28	12	20	200	3	-236	3,91355323791503	0
145	5	29	13	21	197	4	-244	5,46643066406250	0
146	6	30	14	22	168	2	-293	2,96923160552978	0
147	7	31	15	23	178	2	-145	2,67089891433715	0
148	8	32	16	24	181	3	-386	4,58237552642822	0
149	1	28	10	19	177	2	-364	2,96189641952514	0
150	2	29	11	20	203	3	-161	4,70885658264160	0
151	3	30	12	21	162	2	-248	3,95562553405761	0
152	4	31	13	22	208	3	-257	4,11947441101074	0
153	5	32	14	23	155	2	-120	4,23275470733642	0
154	1	31	11	21	182	4	-179	7,13222217559814	0
155	2	32	12	22	159	3	-287	6,46972227096557	0

## HASIL AKUISISI DATA PADA LINE

6

<u>mis</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>M</u>	<u>N</u>	<u>I (mA)</u>	<u>V (mV)</u>	<u>PS (mV)</u>	<u>r (O*m)</u>	<u>var</u>	<u>M (ms)</u>
1	1	4	2	3	677	23	-302	1,07452893257141	0	
2	2	5	3	4	677	2	84	0,07462796568871	0	
3	3	6	4	5	681	15	155	0,70419716835022	0	
4	4	7	5	6	671	18	-815	0,83600091934204	0	
5	5	8	6	7	676	23	-261	1,05082082748413	0	
6	6	9	7	8	657	12	-132	0,57480585575104	0	
7	7	10	8	9	667	19	-261	0,89091551303864	0	
8	8	11	9	10	671	20	-208	0,91292905807495	0	
9	9	12	10	11	691	23	-229	1,04294657707214	0	
10	10	13	11	12	657	19	-17	0,88703703880310	0	
11	11	14	12	13	667	18	-312	0,82574641704559	0	
12	12	15	13	14	701	27	-82	1,20590686798095	0	
13	13	16	14	15	657	21	-379	0,99104702472687	0	
14	1	7	3	5	686	15	424	1,34099674224853	0	
15	2	8	4	6	676	1	41	0,12959665060043	0	
16	3	9	5	7	662	7	-812	0,62042701244354	0	
17	4	10	6	8	671	8	-287	0,72297656536102	0	
18	5	11	7	9	671	7	-101	0,64619827270508	0	
19	6	12	8	10	681	4	-341	0,36847817897797	0	
20	7	13	9	11	662	7	-137	0,67910385131836	0	
21	8	14	10	12	686	12	82	1,14182281494140	0	
22	9	15	11	13	676	12	-54	1,07334613800048	0	
23	10	16	12	14	676	9	-185	0,86719977855682	0	
24	1	10	4	7	676	9	66	1,28673565387725	0	
25	2	11	5	8	662	1	-206	0,07790959626436	0	
26	3	12	6	9	676	4	57	0,58295929431915	0	
27	4	13	7	10	671	5	-536	0,70849740505219	0	
28	5	14	8	11	662	6	-544	0,80116212368011	0	
29	6	15	9	12	676	4	-362	0,50984501838684	0	
30	7	16	10	13	676	6	-85	0,84065806865692	0	
31	1	13	5	9	676	7	-322	1,28898489475250	0	
32	2	14	6	10	647	5	-498	0,97517955303192	0	
33	3	15	7	11	657	5	-510	0,95294463634491	0	
34	4	16	8	12	662	4	-84	0,79108607769012	0	
35	1	16	6	11	701	10	-396	2,18188405036926	0	