



**IDENTIFIKASI PENCEMARAN LINGKUNGAN
LIMBAH CAIR HASIL PENGOLAHAN ALKOHOL
DENGAN METODE GEOLISTRIK**

Skripsi

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Program
Studi Fisika

Oleh

Henny Purwanti

4211411029

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2015**

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas dari plagiat dan apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan perundang – undangan.

Semarang,

2015



4211411029

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi yang berjudul

Identifikasi Pencemaran Lingkungan Limbah Cair Hasil Pengolahan
Alkohol Dengan Metode Geolistrik

disusun oleh

Henny Purwanti

4211411029

Telah disetujui untuk diajukan ke sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 2015

Pembimbing I



Drs. Siti Khanafiyah, M.Si
NIP. 195205211976032001

Pembimbing II



Dr. Ian Yulianti, M. Eng
NIP. 197707012005012001

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul:

Identifikasi Pencemaran Lingkungan Limbah Cair Hasil Pengolahan Alkohol Dengan Metode Geolistrik.

disusun oleh

Nama : HENNY PURWANTI

NIM : 4211411029

telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal 30 Oktober 2015.



Prof. Dr. Zaenuri, S. E, M. Si, Akt
NIP. 196412231988031001

Sekretaris

Dr. Khumaedi, M. Si
NIP. 196306101989011002

Ketua Penguji

Dra. Pratiwi Dwijananti, M. Si
NIP. 196203011989012001

Anggota Penguji/
Pembimbing Utama

Dra. Siti Khanafiyah, M. Si
NIP. 195205211976032001

Anggota Penguji/
Pembimbing Pembantu

Dr. Ian Yulianti, M. Eng
NIP. 197707012005012001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

- ✚ Menaruh harapan itu hanyalah kepada Allah SWT, jika harapan itu ditujukan kepada manusia maka bersiaplah untuk KECEWA.
- ✚ Jangan pernah malu untuk mengatakan Minta Maaf dan Terimakasih.
- ✚ Dalam berproses menuju sukses, adakalanya melalui apa yang dinamakan kegagalan. Maka, jadikanlah kegagalan sebagai bagian dari rangkaian proses menuju sukses yang sebenarnya (Ust. Yusuf Mansur).

PERSEMBAHAN

- Untuk keluargaku tercinta (Bapak Wagimin Purwanto, Ibu Tentrem, Kakak Tari dan Yusuf, Adek Tantri, dan Ponakanku Taqiyya, Fadhil, Afifah).
- Untuk sahabat - sahabatku Di Karanganyar dan Semarang.

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrohmaanirrohim

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan motivasi dari berbagai pihak.

Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang
2. Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang, Prof. Dr. Zaenuri, S. E, M. Si, Akt.
3. Ketua Jurusan Fisika, Dr. Khumaedi, M. Si.
4. Ketua Program Studi Fisika, Dr. Agus Yulianto, M. Si.
5. Kepala laboratorium Jurusan Fisika, Dr. Sulhadi.
6. Dra. Siti Khanafiyah, M. Si dan Dr. Ian Yulianti, M. Eng, dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu, tenaganya, nasehat, saran, dan motivasi dalam membimbing skripsi.
7. Dra. Pratiwi Dwijananti, M.Si, dosen penguji yang telah memberikan nasehat, kritik dan saran yang sangat berguna dalam penyempurnaan skripsi.
8. Dr. Ian Yulianti, M. Eng, dosen wali yang telah mengayomi dan memberikan saran dalam perkuliahan.
9. Segenap Bapak dan Ibu Dosen yang telah membagi ilmunya kepada penulis.

10. Teknisi laboratorium dan staf jurusan fisika yang telah membantu mempermudah dalam peminjaman alat.
11. Keluargaku (Bapak, ibu, kakak, adek, ponakan, dan simbah) yang telah memberikan dukungan dan do'a kepada penulis.
12. Kepala Desa Bekonang, Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo yang telah memberikan ijin untuk melaksanakan penelitian.
13. Segenap guru SD N 02 Lalung, SMP N 3 Karanganyar, dan SMA N 2 Karanganyar terimakasih untuk bekal ilmu yang diberikan kepada penulis.
14. Sahabat – sahabatku di Karanganyar (Lilis Lestari, Wahyu Nurma Eka Yuniarti, Dhika Ardy Hutama, Arie Setiawan, Margiyati, Lina Indriyani, Pramudita darmastuti, Suharni, Devita Sari, Aprilia Dwi Ariani dan Alfian Silvia Krisnasari).
15. Tim ekspedisi penelitian (Anis Stiyani, Ani'atul Addawiyah, Indah Afrari, Retno Purwaningsih, Serli Pangestika Suwarno, dan Tanti Nur Sholehah).
16. Tim KKN Galaksi Bersinar (Mas Aris, Mas Andry, Mas Edo, Nia, Nodi, Diyong, Agus, Islah, Misbah, Siska, Nisa, Anis, Fara, Nurul).
17. Pejuang KSGF Unnes (Nadine Vaidila, Siti Zulekho, Ferma Eni, Kristian, Ima, Rafi, Syifa, dll).

Semarang,
Penulis

2015

Henny Purwanti
NIM. 4211411029

ABSTRAK

Purwanti, H. 2015. *Identifikasi Pencemaran Lingkungan Limbah Cair Hasil Pengolahan Alkohol Dengan Metode Geolistrik*. Skripsi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Pembimbing I, Dra. Siti Khanafiyah, M.Si., dan pembimbing II, Dr. Ian Yulianti, M. Eng.

Kata kunci : limbah alkohol, geolistrik, resistivitas.

Dukuh Sentul, Desa Bekonang, Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo merupakan daerah produksi alkohol terbesar di Sukoharjo, sehingga limbah yang dihasilkan pada produksi ini sangat banyak. Salah satunya yaitu limbah cair. Limbah cair hasil pengolahan alkohol di buang ke tempat pembuangan limbah, tetapi ada juga produsen yang membuang limbahnya di aliran irigasi. Hal tersebut mengganggu lingkungan tanah di sekitar tempat pembuangan limbah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai resistivitas tanah yang tercemar limbah cair hasil pengolahan alkohol.

Berdasarkan nilai resistivitas, metode geolistrik dapat dimanfaatkan untuk studi masalah lingkungan, misalnya pencemaran limbah cair. Nilai resistivitas tanah yang tercemar limbah berbeda dengan nilai resistivitas tanah yang tidak tercemar limbah. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dan skala lapangan.

Metode yang digunakan yaitu metode geolistrik konfigurasi *Wenner*. Pada konfigurasi *Wenner* digunakan spasi antar elektroda yang sama. Skala laboratorium menggunakan spasi antar elektroda satu meter dan skala lapangan menggunakan spasi antar elektroda lima meter.

Hasil penelitian diperoleh bahwa nilai resistivitas tanah dalam skala laboratorium yang diduga adanya limbah adalah $3,1 - 10,0 \Omega\text{m}$. Data skala laboratorium digunakan untuk menduga tanah yang tercemar limbah dalam skala lapangan. Nilai resistivitas lintasan 1, 2, dan 3 menunjukkan bahwa tanah pada lintasan tersebut diperkirakan tercemar.

ABSTRACT

Purwanti, H. 2015. *Identifikasi Pencemaran Lingkungan Limbah Cair Hasil Pengolahan Alkohol Dengan Metode Geolistrik*. Skripsi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Pembimbing I, Dra. Siti Khanafiyah, M. Si. dan pembimbing II, Dr. Ian Yulianti, M. Eng.

Key words: alcohol waste, geoelectric, resistivity

Dukuh sentul, desa bekonang, kecamatan mojolaban is the largest area that produce alcohol. However, besides give many benefits, the alcohol production also disposes waste, especially liquid waste that pollutes the environment such as river, irrigation, and also soil. This research aim to investigate resistivity of soil which contaminated by liquid waste of alcohol.

By determine the resistivity value, geoelectric method can be used to identify environment problems. Resistivity of contaminated soil is different with the resistivity values of non contaminated soil. The research was done in laboratory scale, by using geoelectric method with wenner configuration which use the same spacing between electrodes.

The results of laboratory scale measurement show that the soil resistivity values is in the range of 3,1 – 10,0 Ω m. The laboratory scale results was then used to estimate the resistivitas of contaminated soil. The in situ measurement shows that line 1, 2, and 3 are predicted to be contaminated by the alcohol waste.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	iii
PENGESAHAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Skripsi.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Metode Geolistrik.....	6
2.2 Prinsip Dasar Metode Geolistrik.....	8
2.3 Aliran Listrik Di Dalam Bumi.....	9
2.4 Aturan Konfigurasi Wenner.....	12

2.5	Sifat Listrik Batuan	13
2.5.1	Konduksi secara Elektronik	13
2.5.2	Konduksi secara Elektrolitik.....	14
2.5.3	Konduksi secara Dielektrik.....	15
2.6	Resistivitas Batuan	15
2.7	Limbah.....	17
2.8	Proses Pencemaran Tanah Oleh Limbah Alkohol.....	18
2.9	Keadaan Geologi Daerah Penelitian.....	21
2.10	Kerangka Berfikir	23
BAB 3 METODE PENELITIAN		
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2	Tahapan Penelitian	26
3.2.1	Tahap Persiapan Pra Lapangan.....	26
3.2.2	Tahap Persiapan Pengukuran beda potensial (V) dan arus (I).....	27
3.2.3	Tahap Akuisisi Data (Pengukuran beda potensial (V) dan arus (I) skala laboratorium)	28
3.2.4	Tahap Akuisisi Data (Pengukuran beda potensial (V) dan arus (I) skala lapangan)	29
3.2.5	Tahap Pengolahan dan Analisis Data.....	29
3.3	Desain Penelitian	30
3.3.1	Skala Laboratorium.....	30
3.3.2	Skala Lapangan.....	31
3.4	Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian.....	33
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Penelitian Dalam Skala Laboratorium	34

4.1.1	Limbah dengan Konsentrasi 100%	37
4.1.2	Limbah dengan Konsentrasi 75%	38
4.1.3	Limbah dengan Konsentrasi 25%	39
4.2	Penelitian Dalam Skala Lapangan.....	41
4.2.1	Hasil Pengukuran Nilai Resistivitas Tanah Di Lintasan 1.....	42
4.2.2	Hasil Pengukuran Nilai Resistivitas Tanah Di Lintasan 2.....	43
4.2.3	Hasil Pengukuran Nilai Resistivitas Tanah Di Lintasan 3.....	44
4.2.4	Hasil Pengukuran Nilai Resistivitas Tanah Di Lintasan 4.....	45
BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Simpulan.....	49
5.2	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN.....		53

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Nilai Resistivitas Batuan.....	16
Tabel 2.2 Pengujian Limbah Cair Hasil Pengolahan Alkohol.....	20
Tabel 4.1 Nilai resistivitas batuan berdasarkan citra warna	36
Tabel 4.2 Tanah yang diduga tercemar limbah cair hasil pengolahan alkohol.....	47

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Sumber arus berupa satu titik pada permukaan bumi homogen	10
Gambar 2.2 Ekipotensial dan Garis Arus dari Dua Titik Sumber Arus di Permukaan	10
Gambar 2.3 Susunan Elektroda Konfigurasi Wenner	12
Gambar 2.4 Daya Hantar ekivalen terhadap konsentrasi	14
Gambar 2.5 Peta Administrasi Kabupaten Sukoharjo.....	21
Gambar 2.6 Peta Geologi Daerah Penelitian.....	22
Gambar 3.1 Desain Penelitian dalam Skala Laboratorium	31
Gambar 3.2 Desain Jalur Penelitian dalam Skala Lapangan.....	32
Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian	33
Gambar 4.1 Penampang Nilai Resistivitas Tanah Sebelum Penginjeksian Limbah Cair Hasil Pengolahan Alkohol terhadap Kedalaman dan Panjang Lintasan.	35
Gambar 4.2 Penampang Nilai Resistivitas Tanah Setelah Penginjeksian Limbah Cair Hasil Pengolahan Alkohol Dengan Konsentrasi 100% Terhadap Kedalaman Dan Panjang Lintasan	37
Gambar 4.3 Penampang Nilai Resistivitas Tanah Setelah Penginjeksian Limbah Cair	38
Gambar 4.4 Penampang Nilai Resistivitas Tanah Setelah Penginjeksian Limbah Cair.....	39

Gambar 4.5 Penampang Nilai Resistivitas Tanah Pada Lintasan 1.	42
Gambar 4.6 Penampang Nilai Resistivitas Tanah Pada Lintasan 2.	43
Gambar 4.7 Penampang Nilai Resistivitas Tanah Pada Lintasan 3	45
Gambar 4.8 Penampang Nilai Resistivitas Tanah Pada Lintasan 4.	46

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data Skala Laboratorium Sebelum Penginjeksian Limbah	53
Lampiran 2 Penginjeksian Limbah 100%	54
Lampiran 3 Penginjeksian Limbah 75%	55
Lampiran 4 Penginjeksian Limbah 25%	56
Lampiran 5 Data Pengukuran Nilai Resistivitas Tanah Di Lintasan 1	57
Lampiran 6 Data Pengukuran Nilai Resistivitas Tanah Di Lintasan 2	58
Lampiran 7 Data Pengukuran Nilai Resistivitas Tanah Di Lintasan 3	59
Lampiran 8 Data Pengukuran Nilai Resistivitas Tanah Di Lintasan 4	60
Lampiran 9 Sertifikat Hasil Pengujian Oleh BPIK	61
Lampiran 10 Foto – Foto Pengambilan Data	62
Lampiran 11 Peta Geologi Lembar Surakarta	64

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri alkohol di Dukuh Sentul, Desa Bekonang, Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo merupakan industri alkohol yang besar, karena 90% penduduk di Dukuh Sentul memiliki industri alkohol. Industri alkohol yang dimiliki penduduk. Dukuh Sentul berskala rumahan sehingga dalam pengolahan limbah alkohol belum di olah dengan baik, limbah tersebut dibuang begitu saja di perairan bebas dan ada yang dibuang ke IPAL (Instalasi Pengolahan Limbah) yang tidak berfungsi sehingga bau limbah mengganggu lingkungan sekitar. Semakin pesatnya pertumbuhan industri yang ada di Dukuh Sentul, maka permasalahan limbah menjadi permasalahan yang besar. Limbah yang dihasilkan berupa limbah cair alkohol. Komponen utama limbah cair adalah air, sedangkan komponen lainnya berupa bahan padat yang bergantung pada asal buangan tersebut (Nopiana, 2007:1). Limbah cair tidak hanya berasal dari industri saja, tetapi juga yang lain misalnya dari pertanian dan rumah tangga. Pembuangan limbah cair yang tidak diperhatikan akan mengakibatkan kerusakan pada lingkungan tanah dan akan menjadi persoalan yang besar ketika limbah cair tersebut dikonsumsi oleh manusia atau makhluk hidup lainnya. Limbah cair tersebut meresap ke dalam tanah dan menyebar ke daerah pemukiman warga. Pencemaran lingkungan oleh limbah cair dapat diketahui berdasarkan pada perubahan resistivitas. Menurut Damayanti *et al.*, (2011:138) setelah

penginjeksian limbah cair (limbah minyak jarak dan limbah kuning) nilai resistivitas tanah berubah.

Nilai resistivitas tanah dapat diketahui dengan menggunakan metode geolistrik. Metode geolistrik adalah metode eksplorasi geofisika. Metode ini dilakukan melalui pengukuran beda potensial yang ditimbulkan akibat injeksi arus listrik ke dalam bumi. Ada beberapa metode yaitu metode hambatan jenis (*resistivity*), metode potensial diri (*self potensial*), dan metode potensial terimbas (*induced potensial*). Metode geolistrik hambatan jenis (*resistivity*) memanfaatkan sifat resistivitas listrik batuan untuk mendeteksi dan memetakan bawah permukaan. Ada beberapa konfigurasi pada metode hambatan jenis tersebut, yaitu konfigurasi *Wenner* dan konfigurasi *Schlumberger*. Ketelitian pembacaan beda potensial pada konfigurasi *Wenner* lebih baik karena jarak elektroda potensial dekat dengan elektroda arus dan baik digunakan untuk sebaran pada arah horizontal. Sedangkan pada konfigurasi *Schlumberger* pembacaan tegangan pada elektroda potensial lebih kecil, terutama ketika jarak elektroda arus semakin jauh.

Penelitian tentang pencemaran lingkungan dengan menggunakan metode geolistrik sudah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya Ngadimin & Handayani (2001:43) yang menggunakan metode geolistrik konfigurasi *Wenner – Schlumberger* untuk monitoring *transport* limbah dalam pasir. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penyebaran polutan konduktif dapat dideteksi berdasarkan variasi hambatan jenis listrik (resistivitas). Suhendra (2006:105) menggunakan metode geolistrik konfigurasi *Wenner – Schlumberger* untuk identifikasi penyebaran limbah cair (oli bekas). Hasil penelitian tersebut

menunjukkan adanya polutan limbah cair yang ditunjukkan dengan nilai tahanan jenis yang rendah. Damayanti *et al.*, (2011:138) menggunakan metode geolistrik konfigurasi *Schlumberger* untuk menentukan nilai resistivitas lapisan tanah yang mengalami pencemaran. Hasil penelitian tersebut adalah penginjeksian limbah cair (limbah minyak jarak dan limbah kuningan) pada lapisan tanah mempengaruhi nilai resistivitas listrik batuan. Penelitian diatas dilakukan dalam skala laboratorium.

Penelitian yang berhubungan dengan resistivitas limbah cair hasil pengolahan alkohol belum pernah dilakukan, sehingga perlu dilakukan penelitian pendahuluan untuk mengetahui resistivitas limbah cair hasil pengolahan alkohol dalam skala laboratorium. Oleh karena itu, untuk mengetahui nilai resistivitas akan dilakukan penelitian dalam skala laboratorium dan dalam skala lapangan yang berada di Dukuh Sentul, Desa Bekonang, Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo. Dalam penelitian ini, metode yang akan digunakan adalah metode geolistrik konfigurasi *Wenner*.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan pada latar belakang diatas adalah

1. Bagaimana nilai resistivitas tanah yang tercemar limbah cair hasil pengolahan alkohol dalam skala laboratorium?
2. Bagaimana nilai resistivitas tanah sekitar sumber pembuangan limbah cair hasil pengolahan alkohol di Dukuh Sentul, Kabupaten Sukoharjo?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah

1. Mengetahui nilai resistivitas tanah yang mengalami pencemaran oleh limbah cair hasil pengolahan alkohol dalam skala laboratorium.
2. Mengetahui nilai resistivitas tanah sekitar sumber pembuangan limbah cair hasil pengolahan alkohol di Dukuh Sentul, Kabupaten Sukoharjo.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah

1. Sebagai pengetahuan tambahan dalam mengaplikasikan metode geofisika yaitu metode geolistrik.
2. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk menentukan lokasi pembuangan limbah cair hasil pengolahan alkohol sehingga aman bagi pemukiman dan pertanian.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian adalah:

1. Unsur yang diteliti dari tanah adalah resistivitas
2. Hanya membandingkan dengan nilai resistivitas tanah yang tercemari oleh limbah cair hasil pengolahan alkohol dalam skala laboratorium.
3. Penelitian dilakukan dalam skala lapangan di Kabupaten Sukoharjo.
4. Mengetahui resistivitas tanah di daerah yang dekat dan yang jauh dari sumber pembuangan limbah cair alkohol dengan rentang jarak 3 – 500 meter.

5. Menganggap bahwa perubahan nilai resistivitas tanah di lapangan hanya akibat limbah cair hasil pengolahan alkohol.

1.6 Sistematika Penyusunan Skripsi

Penyusunan skripsi ini terdiri dari lima bab, yaitu BAB 1, BAB 2, BAB 3, BAB 4, dan BAB 5.

BAB 1 Pendahuluan yang berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan batasan penelitian.

BAB 2 Tinjauan Pustaka terdiri atas kajian mengenai landasan teori yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan.

BAB 3 Metode Penelitian berisi tentang tempat dan waktu penelitian dan desain penelitian yang dilakukan.

BAB 4 Hasil dan Pembahasan berisi tentang hasil – hasil yang sudah didapatkan dan membahasnya.

BAB 5 Penutup berisi simpulan dan saran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode Geolistrik

Pengguna geolistrik pertama kalinya adalah Conrad Schlumberger pada tahun 1912. Dalam metode geolistrik ini, arus diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus dan dilakukan pengukuran beda potensial melalui dua buah elektroda potensial. Dari pengukuran arus dan beda potensial, dapat dihitung nilai resistivitas lapisan tanah.

Menurut Loke (2001:1), metode geolistrik resistivitas pada umumnya bertujuan untuk mengetahui struktur atau kondisi bawah permukaan tanah berdasarkan pada nilai resistivitasnya dengan melakukan pengukuran di permukaan bumi. Resistivitas memiliki pengertian berbeda dengan resistansi (hambatan), resistansi tidak hanya bergantung pada bahan tetapi juga bergantung pada faktor geometri atau bentuk bahan tersebut, sedangkan resistivitas tidak bergantung pada faktor geometri. Nilai resistivitas tanah dipengaruhi oleh berbagai parameter geologi seperti kandungan mineral dan fluida (cairan), porositas, dan derajat tingkat kejenuhan air pada batuan. Penelitian geolistrik resistivitas telah digunakan dalam penyelidikan hidrogeologi, pertambangan, dan geoteknik. Geolistrik resistivitas dapat digunakan dalam survei lingkungan. Metode geolistrik dapat dimanfaatkan untuk studi masalah lingkungan, misalnya untuk pencemaran limbah cair. Nilai resistivitas tanah yang tercemar oleh limbah

cair berbeda dengan nilai resistivitas tanah normal yaitu tanah yang tidak terkena limbah cair. Hal ini karena limbah yang meresap ke dalam medium tanah mengisi ruang interfase tanah yang sebelumnya berisi udara, sehingga akan mempengaruhi nilai resistivitasnya.

Berdasarkan pada tujuan penyelidikan, metode geolistrik resistivitas dapat dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu *Mapping* dan *Sounding* (HMGI, 2012:94):

1. *Mapping*

Tujuan *mapping* adalah untuk mengetahui variasi resistivitas secara lateral. Oleh karena itu teknik *mapping* dilakukan menggunakan konfigurasi elektroda tertentu dengan jarak elektroda tetap. Seluruh susunan elektroda dipindah mengikuti suatu lintasan. Berdasarkan hal tersebut teknik *mapping* dikenal pula sebagai *constant separation traversing* (CST) atau *traversing* dan kadang – kadang disebut pula sebagai teknik *profiling*. Konfigurasi elektroda yang digunakan adalah konfigurasi *Wenner*.

2. *Sounding*

Istilah *sounding* diambil dari *vertical electrical sounding* (VES) yaitu teknik pengukuran geolistrik yang bertujuan untuk memperkirakan variasi resistivitas sebagai fungsi dari kedalaman pada suatu titik pengukuran. Jarak elektroda sebanding dengan kedalaman lapisan batuan yang terdeteksi. Konfigurasi elektroda yang digunakan umumnya adalah konfigurasi *Schlumberger*.

2.2 Prinsip Dasar Metode Geolistrik

Hukum dasar kelistrikan yang digunakan pada metode geolistrik adalah Hukum Ohm.

$$J = \sigma E \quad (2.1)$$

Sedangkan $E = \frac{\Delta V}{l}$ (2.2)

Dengan J = rapat arus, σ = konduktivitas, E = medan listrik.

Rapat arus didefinisikan sebagai banyaknya arus yang mengalir persatuan luas, sehingga persamaan (2.1) dapat dituliskan kembali sebagai berikut:

$$\frac{I}{A} = \sigma E \quad (2.3)$$

Sedangkan resistivitas adalah

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad (2.4)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.2) dan (2.4) ke dalam persamaan (2.3), sehingga persamaan (2.3) menjadi

$$I = \frac{A\Delta V}{\rho l} \quad (2.5)$$

Dengan I = arus listrik (A), A = luas penampang (m^2), ΔV = beda potensial (V), ρ = resistivitas (Ωm), dan l = panjang kawat (m).

2.3 Aliran Listrik Di Dalam Bumi

Metode pendekatan yang paling sederhana dalam mempelajari aliran arus listrik di dalam bumi adalah bumi dianggap homogen isotropis. Homogen isotropis merupakan anggapan bahwa bumi memiliki satu lapisan batuan dengan nilai resistivitas yang sama. Jika diinjeksikan arus listrik pada permukaan bumi yang homogen, maka arus menyebar ke dalam tanah secara radial seperti terlihat pada Gambar 2.1. Pada Gambar 2.1 ekipotensial dipusatkan di titik C_1 . Maka akan berlaku hukum ohm:

$$I = -\frac{A}{\rho} \frac{dv}{dr} \quad (2.6)$$

$$I = -\frac{2\pi r^2}{\rho} \frac{dV}{dr}$$

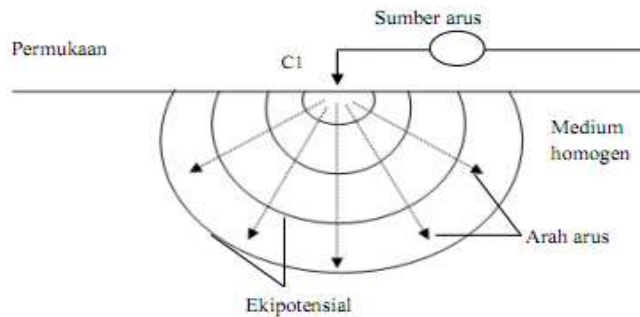
$$-dV = \frac{I\rho}{2\pi r^2} dr \quad (2.7)$$

Tanda negatif (-) menunjukkan bahwa arus mengalir dari tempat berpotensi tinggi ke tempat berpotensi rendah (HMGI, 2012:95).

Hasil integrasi persamaan (2.7) adalah

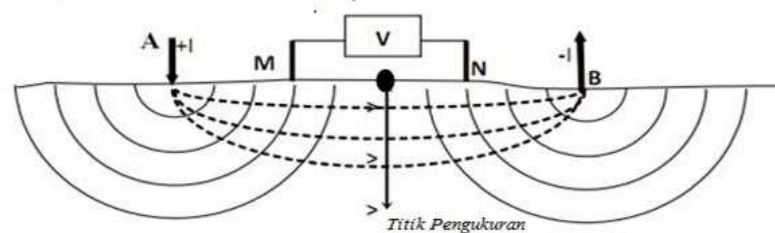
$$V = \int_0^r -\frac{I\rho}{2\pi r^2} dr = \frac{I\rho}{2\pi r} \quad (2.8)$$

Pola distribusi bidang ekipotensial melalui titik arus tunggal disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sumber arus berupa satu titik pada permukaan bumi homogen (Telford *et al.*, 1990:524)

Pada Gambar 2.2 terdapat empat buah elektroda. Keempat buah elektroda tersebut meliputi dua buah elektroda arus dan dua buah elektroda potensial. Dua buah elektroda arus bermuatan positif (A) dan negatif (B). Jika kedua elektroda arus (A dan B) diinjeksikan ke dalam Bumi, maka arah aliran arus listrik pada elektroda arus A akan ditangkap oleh elektroda arus B. Dua buah elektroda potensial (M dan N) diinjeksikan ke dalam Bumi, sehingga dapat diketahui pola distribusi bidang ekipotensial melalui dua titik arus seperti Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Ekipotensial dan Garis Arus dari Dua Titik Sumber Arus di Permukaan

Dari Gambar 2.2, potensial listrik terjadi pada titik *M* dan *N*. Sehingga besar potensial yang terjadi di masing – masing titik *M* dan *N* yaitu:

Potensial yang terjadi di titik M yaitu:

$$V_M = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) \quad (2.9)$$

Potensial yang terjadi di titik N yaitu:

$$V_N = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \quad (2.10)$$

Beda potensial yang terjadi antara MN yang diakibatkan oleh injeksi arus AB pada Gambar 2.3 adalah

$$\Delta V = V_M - V_N = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right] \quad (2.11)$$

$$\rho = 2\pi \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right]^{-1} \frac{\Delta V}{I} \quad (2.12)$$

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.13)$$

Dengan $K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right]^{-1}$ = faktor geometri;

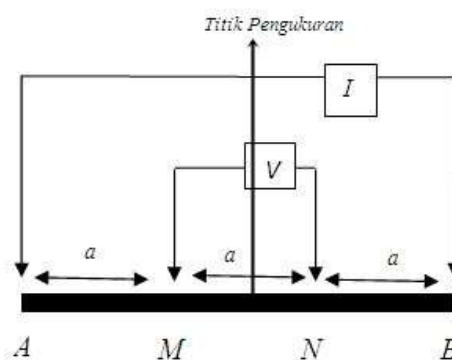
ρ = Resistivitas semu (Ωm); V = Besarnya tegangan (V); dan I = Besarnya arus (A).

Faktor geometri setiap konfigurasi berbeda – beda, karena besar faktor geometri tersebut berdasarkan pada letak atau posisi elektroda arus dan potensial suatu konfigurasi. Dengan penginjeksian elektroda arus dan elektroda potensial ke dalam bumi, maka diperoleh nilai resistivitas bawah permukaan bumi seperti pada persamaan (2.13).

2.4 Aturan Konfigurasi Wenner

Konfigurasi *Wenner* pertama kali dikembangkan oleh Wenner di Amerika dengan memasang keempat elektrodanya terletak dalam satu garis dan simetris terhadap titik tengah. Mekanisme pengukuran yang digunakan adalah dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui elektroda arus, kemudian diukur kuat arus maupun beda potensial yang terjadi di permukaan bumi.

Dalam hal ini elektroda – elektroda, baik arus maupun potensial diletakkan secara simetris terhadap titik pengukuran, jadi $AM = MN = NB = a$. Jarak antar elektroda arus tiga kali jarak antar elektroda potensial. Jadi, jika jarak masing – masing potensial terhadap titik pengukuran adalah $\frac{a}{2}$ maka jarak masing – masing elektroda arus terhadap titik pengukuran adalah $\frac{3a}{2}$. Susunan elektroda konfigurasi *Wenner* disajikan pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Susunan Elektroda Konfigurasi Wenner

Sehingga faktor geometri (K) pada konfigurasi *Wenner* adalah sebagai berikut :

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a}\right) - \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a}\right)} \quad (2.14)$$

$$K = \frac{2\pi}{\left[\frac{1}{a} + \frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a}\right]}$$

$$K = \frac{2\pi}{\frac{2}{a} - \frac{2}{2a}}$$

$$K = \frac{2\pi}{\frac{4a-2a}{2a}} = \frac{2\pi}{\frac{2a}{2a^2}} = \frac{2\pi}{\frac{1}{a}}$$

$$K = 2\pi a \quad (2.15)$$

Persamaan (2.15) merupakan faktor geometri dari konfigurasi *Wenner*.

2.5 Sifat Listrik Batuan

Menurut Telford *et al.*, (1990:286) aliran listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik.

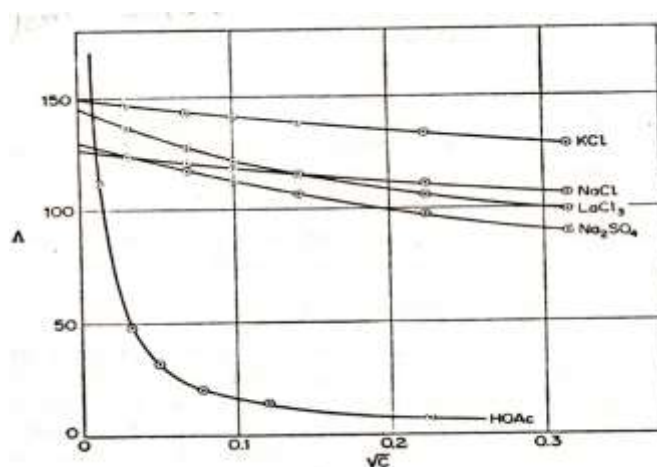
2.5.1 Konduksi secara Elektronik

Konduksi secara elektronik terjadi karena batuan atau mineral mengandung banyak elektron bebas yang dapat mengalirkan arus listrik. Aliran listrik pada batuan dipengaruhi oleh karakteristik masing – masing batuan atau mineral yang dilaluinya. Salah satu sifat atau karakteristik batuan atau mineral tersebut adalah resistivitas, yang menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk menghambat arus listrik. Semakin besar nilai resistivitas suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut untuk menghantarkan arus listrik.

2.5.2 Konduksi secara Elektrolitik

Konduksi secara elektrolitik terjadi jika batuan atau mineral bersifat konduktor elektrolitik terhadap aliran arus listrik, artinya konduksi arus listrik dibawa oleh ion – ion elektrolitik dalam air. Batuan tersebut biasanya bersifat porus dan memiliki pori – pori yang terisi oleh fluida, terutama air. Konduktivitas dan resistivitas batuan porus bergantung pada volume dan susunan pori – porinya. Konduktivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak, dan sebaliknya resistivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan berkurang.

Menurut Wiryoatmojo (1988:146 - 147), pada larutan encer elektrolit kuat, ion – ionnya bergerak lebih bebas karena gaya antar ion yang menghambat gerakan menjadi lebih kecil. Jadi kenaikan pada daya hantar ekivalen pada pengenceran larutan elektrolit kuat adalah akibat dari kenaikan kebebasan ion – ionnya untuk bergerak. Pengaruh konsentrasi pada daya hantar ekivalen beberapa elektrolit seperti tampak pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Daya Hantar Ekivalen Terhadap Konsentrasi

2.5.3 Konduksi secara Dielektrik

Konduksi ini terjadi jika batuan atau mineral bersifat dielektrik terhadap aliran arus listrik, artinya batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas sedikit, bahkan tidak sama sekali. Elektron dalam batuan berpindah dan berkumpul terpisah dalam inti karena adanya pengaruh medan listrik di luar, sehingga terjadi polarisasi. Peristiwa ini bergantung pada konduksi dielektrik batuan yang bersangkutan seperti mika.

2.6 Resistivitas Batuan

Menurut Telford *et al.*, (1990:289), resistivitas batuan merupakan kemampuan batuan dalam menghambat aliran arus. Berdasarkan nilai resistivitasnya, bahan digolongkan menjadi tiga, yaitu konduktor, isolator, dan semikonduktor. Konduktor didefinisikan sebagai bahan yang memiliki resistivitas kurang dari $10^{-8} \Omega m$, sedangkan isolator memiliki resistivitas lebih dari $10^7 \Omega m$. Di antara kedua bahan tersebut adalah bahan semikonduktor. Di dalam konduktor berisi banyak elektron bebas dengan gerakan yang sangat tinggi. Bahan semikonduktor memiliki jumlah elektron bebas yang lebih sedikit, sedangkan isolator dicirikan dengan ikatan ionik sehingga elektron – elektron valensi tidak bebas bergerak.

Berdasarkan nilai resistivitas batuan atau mineral, Konduktor baik dicirikan dengan nilai resistivitas antara $10^{-8} < \rho < 1 \Omega m$. Semikonduktor antara $1 < \rho < 10^7 \Omega m$. Isolator antara $\rho > 10^7 \Omega m$. Setiap material di dalam bumi mempunyai interval nilai resistivitas yang berbeda seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai Resistivitas Batuan (Telford *et al.*, (1990:285-290))

No.	Jenis	Rentang Resistivitas (Ωm)
1.	<i>Porphyry (various)</i>	$60 - 10^4$
2.	<i>Diabase (various)</i>	$20 - 5 \times 10^7$
3.	<i>Lavas</i>	$10^2 - 5 \times 10^4$
4.	<i>Gabbro</i>	$10^3 - 10^6$
5.	<i>Basalt</i>	$10 - 1.3 \times 10^7$
6.	<i>Schists (calcareous and mica)</i>	$20 - 10^4$
7.	<i>Graphite schist</i>	$10 - 10^2$
8.	<i>Slates (various)</i>	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$
9.	<i>Quartzites (various)</i>	$10 - 2 \times 10^8$
10.	<i>Consolidated shales</i>	$20 - 2 \times 10^3$
11.	<i>Argillites</i>	$10 - 8 \times 10^2$
12.	<i>Conglomerates</i>	$2 \times 10^3 - 10^4$
13.	<i>Sandstones</i>	$1 - 6.4 \times 10^8$
14.	<i>Limestones</i>	$50 - 10^7$
15.	<i>Marls</i>	$3 - 70$
16.	<i>Clays</i>	$1 - 100$
17.	<i>Oil sands</i>	$4 - 800$
18.	<i>Surface Water</i>	$10 - 100$
19.	<i>Soil Water</i>	100
20.	<i>Mudstones</i>	$20 - 100$
21.	<i>Sand and Gravel</i>	$10^2 - 3 \times 10^3$

2.7 Limbah

Limbah adalah buangan yang kehadirannya tidak dikehendaki pada suatu saat dan pada tempat tertentu karena limbah tersebut tidak bernilai ekonomis. Selain tidak bernilai ekonomis, sebagian besar limbah berbahaya, misalnya limbah cair hasil pengolahan alkohol. Berdasarkan sumbernya, limbah dibagi menjadi empat yaitu limbah industri, limbah pertanian, limbah domestik, dan limbah peternakan. Limbah industri adalah limbah yang berasal dari industri. Limbah pertanian adalah limbah yang berasal dari kegiatan pertanian. Limbah domestik adalah limbah yang berasal dari pemukiman. Limbah peternakan adalah limbah yang berasal dari peternakan.

Secara kimiawi, limbah terdiri dari bahan kimia organik dan anorganik. Limbah organik berupa limbah yang dapat membusuk, sedangkan limbah anorganik berupa limbah yang tidak dapat membusuk dan sulit didegradasi oleh mikroorganisme. Dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu, kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia. Biasanya limbah tersebut dibuang ke suatu tempat dan limbah tersebut akan mempengaruhi lingkungan di sekitar tempat pembuangan limbah.

Berdasarkan sifatnya (Rahayu, 2009:1), limbah digolongkan menjadi tiga, yaitu limbah cair, padat, dan gas. Pabrik biasanya banyak menggunakan air dalam proses produksinya. Limbah cair dari pabrik merupakan hasil samping dari proses produksi. Disamping itu ada pula bahan baku yang mengandung air sehingga dalam proses pengolahannya air harus dibuang. Air dari pabrik membawa sejumlah padatan dan partikel baik yang larut maupun mengendap. Bahan ini ada

yang kasar dan halus. Sering kali air dari pabrik berwarna keruh dan bertemperatur tinggi. Menurut Bahri (2013:17), menyatakan bahwa limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan alkohol cukup banyak dan berbahaya, jumlah limbah cair setiap produksi alkohol yang dihasilkan rata – rata 44,2 liter/hari dan jumlah lumpur yang dihasilkan rata – rata 4,25 liter/hari.

2.8 Proses Pencemaran Tanah Oleh Limbah Alkohol

Pencemaran tanah adalah berubahnya sifat lingkungan tanah karena masuknya bahan kimia atau bahan hasil industri ke dalam lingkungan tanah, misalnya limbah cair hasil pengolahan alkohol. Pencemaran tanah oleh limbah cair hasil pengolahan alkohol terjadi karena limbah tersebut di buang oleh produsen ke dalam tanah secara langsung tanpa melalui proses pengolahan limbah terlebih dahulu, sehingga kandungan yang terdapat pada limbah cair tersebut mempengaruhi sifat lingkungan tanah antara lain berubahnya sifat kimia, biologi, dan fisika tanah.

Perubahan sifat kimia tanah dapat diketahui dengan menggunakan parameter kimia melalui pengukuran pH. Untuk tanah yang tidak tercemar pH tanah netral atau berkisar 6,5 – 8,5. Jika tanah memiliki pH kurang dari 6,5 atau lebih dari 8,5 maka tanah tersebut mengalami pencemaran. Perubahan sifat biologi dapat diketahui dengan menggunakan parameter biologi, misalnya menggunakan hewan yaitu cacing tubifex (cacing merah). Cacing merah merupakan cacing yang tahan hidup dan berkembang baik di lingkungan yang tercemar meskipun hewan yang lain telah mati. Hal ini berarti keberadaan cacing tersebut dapat dijadikan indikator pencemaran tanah.

Perubahan sifat fisika tanah dapat diketahui dengan menggunakan parameter fisik, misalnya warna dan bau. Selain itu parameter terukur lainnya yaitu resistivitas tanah. Tanah yang mengalami pencemaran berwarna lebih gelap dan berbau. Hal itu karena limbah cair hasil pengolahan alkohol masuk dan meresap ke dalam tanah dan mengisi ruang udara di dalam tanah, sehingga mempengaruhi sifat listrik batuan (resistivitas).

Adapun parameter yang digunakan dalam menentukan tingkat pencemaran limbah industri alkohol atau bir ada dua, yaitu parameter BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*). Parameter BOD merupakan salah satu parameter yang dilakukan dalam pemantauan air, khususnya pencemaran bahan organik yang tidak mudah terurai. Pemeriksaan parameter BOD didasarkan pada reaksi oksidasi zat organik dengan oksigen di dalam air dan proses tersebut berlangsung karena adanya bakteri aerobik. Sedangkan parameter COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat – zat organik yang ada dalam 1 liter air. Pada pengukuran COD, sumber oksigen yang digunakan salah satunya adalah $K_2Cr_2O_7$ (Alfikri, 2014:24-26).

Kadar BOD dan COD tinggi menunjukkan tingkat pencemaran yang tinggi baik yang bersifat biologi maupun kimia. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2015 tentang baku mutu air limbah menyatakan bahwa kadar paling tinggi untuk parameter BOD adalah 40 mg/L dan beban pencemaran paling tinggi adalah 24,0 gram/hektoliter, sedangkan untuk parameter COD adalah 100 mg/L dan beban pencemaran paling tinggi yaitu 60,0 gram/hektoliter.

Pengujian limbah cair hasil pengolahan alkohol yang dihasilkan dari Dukuh Sentul, Desa Bekonang, Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo oleh Balai Pengujian Dan Informasi Konstruksi (BPIK) disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pengujian Limbah Cair Hasil Pengolahan Alkohol

No.	Sampel yang diperiksa	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	Salinitas (%)
1.	<i>Inlet</i>	112.710,00	> 13.529	6,40
2.	<i>Outlet</i>	1.450,40	608,81	0,40
3.	Baku mutu limbah bir atau alkohol	100	40	

Berdasarkan Tabel 2.2 dapat dilihat bahwa sampel yang diperiksa ada dua, yaitu *inlet* dan *outlet*. *Inlet* merupakan pemeriksaan limbah cair hasil pengolahan alkohol sebelum limbah tersebut dimasukkan ke dalam tempat pembuangan limbah, sedangkan *Outlet* merupakan pemeriksaan limbah cair hasil pengolahan alkohol setelah dimasukkan ke dalam tempat pembuangan limbah.

Pengujian tentang kandungan yang terdapat didalam limbah cair hasil pengolahan alkohol telah diteliti juga oleh Nurcahyani & Utami (2015:114) yang menyatakan bahwa limbah cair hasil pengolahan alkohol teridentifikasi mengandung glukosa.

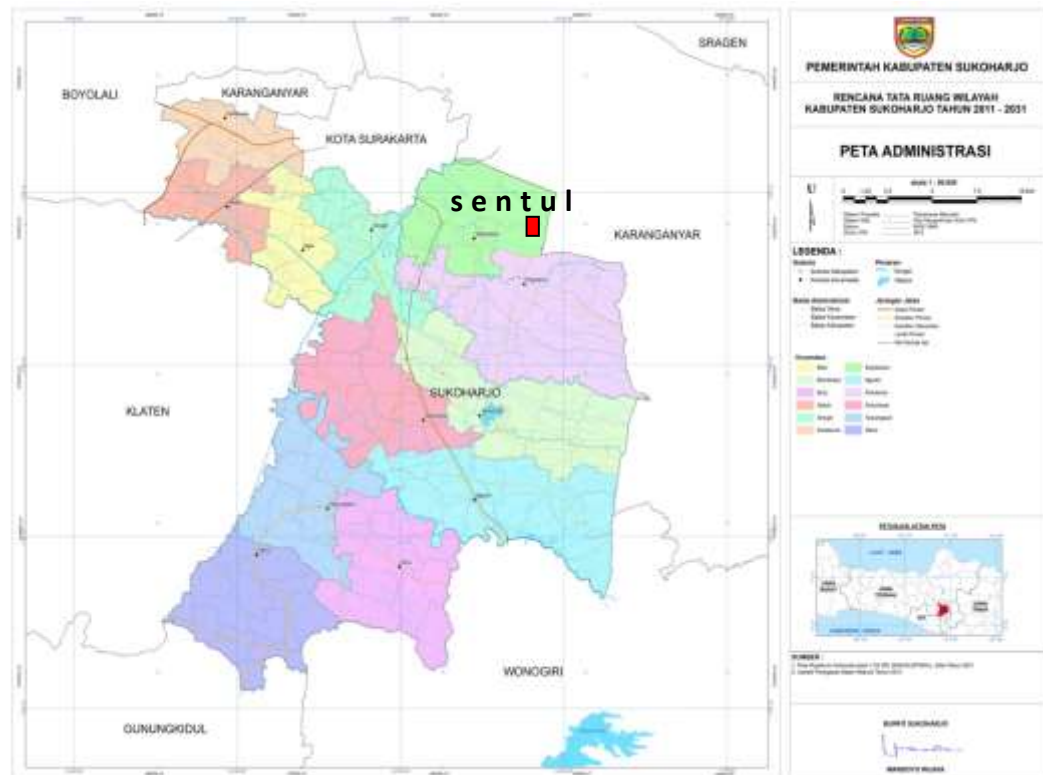
Ketika limbah cair hasil pengolahan alkohol masuk ke dalam tanah, maka tanah akan tercemar oleh limbah. Berdasarkan pada Tabel 2.2 terlihat bahwa limbah cair hasil pengolahan alkohol mengandung garam. Garam yang ada di dalam limbah tersebut dapat menghantarkan listrik. Larutan garam tersebut yang dapat mempengaruhi nilai resistivitas tanah setelah adanya limbah hasil

pengolahan alkohol. Semakin tinggi nilai resistivitasnya, maka daya hantarnya semakin rendah. Tetapi jika semakin rendah nilai resistivitasnya, maka daya hantarnya semakin besar.

2.9 Keadaan Geologi Daerah Penelitian

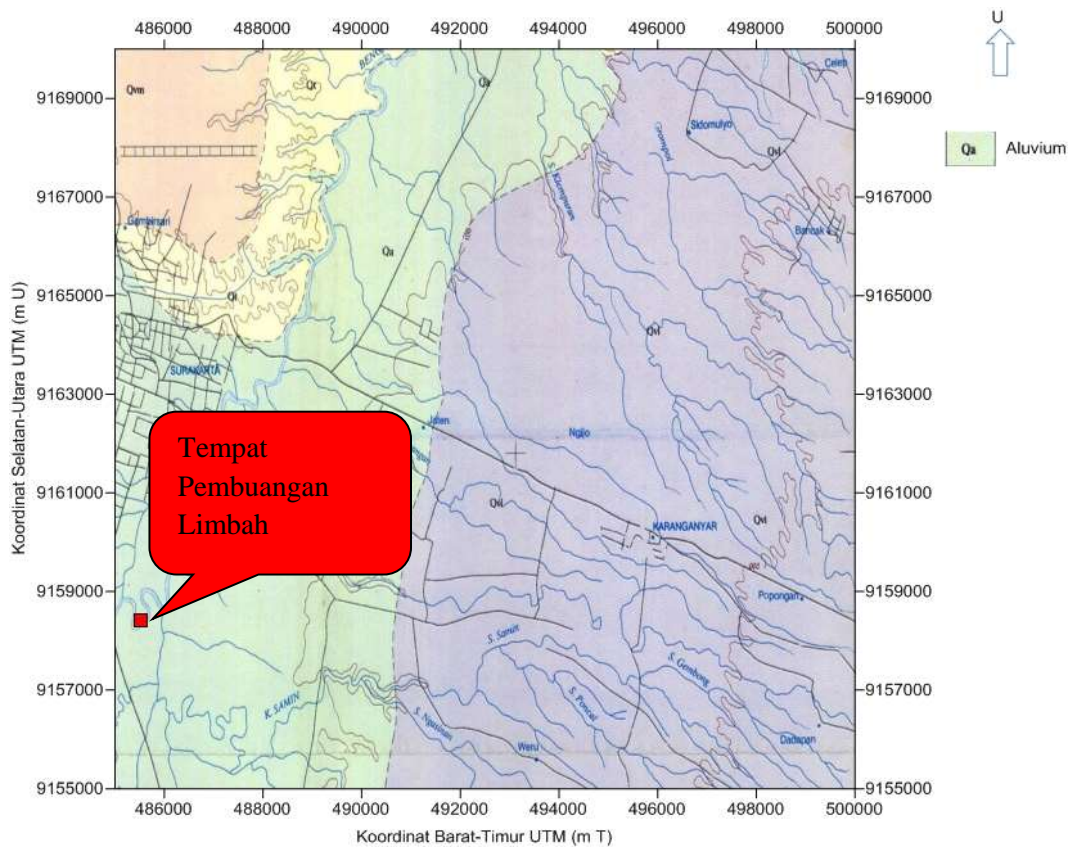
Kabupaten Sukoharjo merupakan salah satu kabupaten yang berada di Provinsi Jawa Tengah. Kabupaten ini dilewati oleh Sungai Bengawan Solo. Bengawan Solo membelah kabupaten ini menjadi dua bagian, yaitu di bagian utara pada umumnya merupakan dataran rendah dan bergelombang. Sedangkan pada bagian selatan merupakan dataran tinggi dan pegunungan.

Penelitian ini dilakukan di Desa Sentul, Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo, seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Peta Administrasi Kabupaten Sukoharjo.

Geologi Kabupaten Sukoharjo disajikan pada Gambar 2.6. Di lokasi penelitian hanya terdapat satu formasi, yaitu formasi Aluvium. Formasi aluvium terdiri atas lempung, lumpur, lanau, pasir, kerikil, kerakal dan berangkal.



Gambar 2.6 Peta Geologi Daerah Penelitian.

Tanah tersusun dari butir – butir tanah dengan berbagai ukuran. Bagian butir tanah yang berukuran lebih dari 2 mm disebut bahan kasar tanah, seperti kerikil, koral sampai batu. Bagian butir tanah yang berukuran kurang dari 2 mm disebut bahan halus tanah. Bahan halus tanah dibedakan menjadi pasir, debu, dan liat (Sutedjo & Kartasapoetra, 1991:31):

1. Pasir, yaitu butir tanah yang berukuran antara 0,050 mm sampai dengan 2 mm.

2. Debu, yaitu butir tanah yang berukuran antara 0,002 mm sampai dengan 0,050 mm.
3. Liat, yaitu butir tanah yang berukuran kurang dari 0,002 mm.

Lapisan batuan yang berbeda – beda, mempengaruhi arus listrik yang mengalir ke dalam tanah. Karena setiap batuan memiliki ukuran yang berbeda dan juga dipengaruhi oleh kepadatan batuan, kondisi kelembaban tanah, dan kualitas batuan.

2.10 Kerangka Berfikir

Metode geolistrik merupakan metode eksplorasi. Pada umumnya, metode geolistrik digunakan untuk mengetahui struktur atau kondisi bawah permukaan berdasarkan pada nilai resistivitas dari batuan. Nilai resistivitas dapat diketahui dengan menginjeksikan elektroda arus dan potensial. Berdasarkan letak atau posisi elektroda, ada beberapa jenis konfigurasi dalam metode geolistrik. Salah satunya adalah konfigurasi *Wenner*. Pada konfigurasi *Wenner*, elektroda arus dan potensial diletakkan secara simetris yaitu jarak antar elektroda besarnya sama. Metode pendekatan dalam mempelajari aliran listrik di dalam Bumi adalah Bumi dianggap homogen isotropis. Homogen isotropis merupakan anggapan bahwa Bumi memiliki satu lapisan dengan nilai resistivitas yang sama. Aliran listrik terjadi apabila ada penginjeksian elektroda arus dan potensial pada permukaan Bumi, sehingga besarnya arus dan potensial dapat diketahui. Dari nilai arus dan potensial listrik yang diperoleh, nilai resistivitas bawah permukaan Bumi dapat diketahui. Resistivitas berbanding terbalik dengan konduktivitas. Ada tiga macam

sifat listrik di dalam batuan dan mineral, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik.

Limbah merupakan buangan yang kehadirannya tidak dikehendaki pada suatu saat dan pada tempat tertentu karena limbah tersebut tidak bernilai ekonomis. Contoh dari limbah tersebut adalah limbah cair hasil pengolahan alkohol yang berada di Dukuh Sentul, Desa Bekonang, Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo. Alkohol diproduksi dengan menggunakan bahan tetes tebu atau molase. Tetes tebu atau molase merupakan hasil samping (limbah) dari produksi gula. Dalam proses produksi alkohol menghasilkan limbah berupa cair dan padat. Limbah tersebut cukup banyak dan berbahaya, sehingga mengganggu lingkungan sekitar. Lingkungan akan mengalami pencemaran. Pencemaran merupakan masalah yang sangat *populer* di kalangan masyarakat. Pencemaran tanah terjadi karena limbah cair hasil pengolahan alkohol di buang begitu saja tanpa proses pengolahan terlebih dahulu. Beberapa produsen ada yang membuang limbah cair hasil pengolahan alkohol di aliran irigasi, sehingga airnya berwarna hitam dan berbau. Hal tersebut menyebabkan kerusakan pada lahan, ketidaksuburan tanaman, serta tidak berkembangnya padi yang ditanam.

Geologi Dukuh Sentul, Desa Bekonang, Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo terdapat satu formasi, yaitu formasi aluvium. Formasi aluvium terdiri atas lempung, lumpur, lanau, pasir, kerakal, dan berangkal. Tanah tersebut memiliki nilai resistivitas tanah yang berbeda – beda. Berdasarkan nilai resistivitasnya, bahan digolongkan menjadi tiga, yaitu konduktor didefinisikan sebagai bahan yang memiliki nilai resistivitas kurang dari $10^{-8} \Omega\text{m}$, isolator

memiliki nilai resistivitas lebih dari $10^7 \Omega\text{m}$, dan semikonduktor memiliki nilai resistivitas diantara kedua bahan tersebut.

Kandungan yang terdapat di dalam limbah cair hasil pengolahan alkohol adalah garam. Larutan garam dapat menghantarkan listrik, yang disebut sebagai larutan elektrolit. Larutan garam tersebut yang dapat mempengaruhi perubahan nilai resistivitas tanah setelah limbah diinjeksikan.

Nilai resistivitas tanah yang tercemar oleh limbah cair hasil pengolahan alkohol dapat diketahui dengan menggunakan metode geolistrik. Pengambilan data resistivitas tanah dilakukan dalam skala laboratorium dan skala lapangan. Skala laboratorium dilakukan untuk mengetahui perubahan nilai resistivitas tanah sebelum dan setelah penginjeksian limbah. Dari nilai resistivitas tanah setelah penginjeksian limbah, data tersebut digunakan untuk mendeteksi tanah yang terkena oleh limbah cair hasil pengolahan alkohol disekitar tempat pembuangan limbah. Skala lapangan dilakukan di sekitar tempat pembuangan limbah yang diperkirakan mengalami pencemaran tanah. Dari tempat pembuangan limbah, ada empat lintasan yang diambil data resistivitas tanah yang mewakili. Jarak antar lintasan berbeda – beda, karena disesuaikan dengan kondisi di lapangan.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tentang “Identifikasi Pencemaran Lingkungan Limbah Cair Hasil Pengolahan Alkohol Dengan Metode Geolistrik” dilaksanakan selama 2 hari, yaitu hari Sabtu – Minggu pada tanggal 13 – 14 Juni 2015. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dan skala lapangan yang telah dilakukan di Dukuh Sentul, Desa Bekonang, Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo.

3.2 Tahapan Penelitian

3.2.1 Tahap Persiapan Pra Lapangan

Persiapan pra lapangan dilakukan untuk survei tempat atau lokasi penelitian, membuat lintasan. Adapun tahapannya adalah sebagai berikut:

- a. Studi literatur yang dilakukan meliputi memperdalam materi yang berkaitan dengan limbah dan metode yang digunakan (metode geolistrik).
- b. Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Sukoharjo. Sebelum melakukan penelitian, dilakukan survei tempat pembuangan limbah cair hasil pengolahan alkohol yang dijadikan penelitian. Sehingga dapat diperoleh gambaran untuk prosedur selanjutnya dalam penelitian.
- c. Menentukan lokasi penelitian dalam skala laboratorium dengan panjang lintasan 15 meter spasi satu meter.
- d. Menentukan lokasi pengukuran dalam skala lapangan, dengan

memperhitungkan panjang lintasan sehingga elektroda dapat dipasang sepanjang lintasan. Panjang lintasannya adalah 75 meter dengan jarak spasi lima meter.

- e. Mempersiapkan alat dengan melakukan uji test sebelum alat digunakan di lapangan.

3.2.2 Tahap Persiapan Pengukuran beda potensial (V) dan Arus (I)

Persiapan alat yang digunakan selama penelitian berlangsung adalah

- a. GPS (*Global Positioning System*), untuk menentukan titik lokasi penelitian.
- b. Resistivimeter untuk memberikan harga beda potensial (V) dan kuat arus (I). Adapun karakteristik alat resistivimeter sebagai berikut:
 - ❖ Resistivimeter S – Field
 - ❖ *AB voltage* : *Automatic*
 - 500V (100mA)
 - 1000V (50mA)
 - ❖ *AB current* : 100mA
 - ❖ *Injection time* : 2 – 5s
 - ❖ *Resolution* : auto range 5 x 12 bit
 - ❖ nilai standart terkecil : 0,01 Ω m
- c. 16 Elektroda (elektroda potensial dan elektroda arus), untuk penginjeksian ke permukaan tanah.
- d. *Accu* (elemen kering) 12 volt sebagai sumber arus.
- e. Meteran, untuk mengukur panjang lintasan.

- f. Kabel listrik, digunakan sebagai kabel penghubung antara elektroda dengan alat resistivimeter.
- g. Laptop dan Program GeoRes untuk menampilkan data dari alat resistivimeter.

3.2.3 Tahap Akuisisi Data (Pengukuran beda potensial (V) dan arus (I) skala laboratorium)

Berikut ini langkah – langkah pengambilan data dalam skala laboratorium:

1. Membentangkan meteran sepanjang 15 meter.
2. Memasang 16 elektroda pada lintasan yang sesuai dengan konfigurasi *Wenner* dengan spasi 1 meter.
3. Kabel penghubung elektroda dimasukkan pada lubang alat *resistivity multichannel S-Field*.
4. Kabel penghubung *accu* dihubungkan dengan alat *resistivity multichannel S-Field* dengan USB agar terhubung dengan PC
5. Membuka *software* GeoRes pada PC
6. Melakukan pengukuran beda potensial (V) pada elektroda potensial dan arus (I) pada elektroda arus sebelum tanah diinjeksikan limbah cair hasil pengolahan alkohol.
7. Menyimpan data hasil pengukuran.
8. Menginjeksikan limbah cair hasil pengolahan alkohol diantara elektroda 7 dan 8 dengan konsentrasi 100%.
9. Melakukan pengukuran beda potensial (V) pada elektroda potensial dan arus (I) pada elektroda arus setelah tanah diinjeksikan limbah cair hasil

pengolahan alkohol.

10. Mengulangi langkah 1 – 9 dengan konsentrasi 75% dan 25%.
11. Menyimpan data hasil pengukuran.

3.2.4 Tahap Akuisisi Data (Pengukuran beda potensial (V) dan arus (I) skala lapangan)

Berikut ini langkah – langkah pengambilan data skala lapangan:

1. Membentangkan meteran sepanjang 75 meter.
2. Memasang 16 elektroda yang sesuai dengan konfigurasi *Wenner* dan spasi antar elektroda 5 meter.
3. Kabel penghubung elektroda dimasukkan pada lubang alat *resistivity multichannel S-Field*.
4. Kabel penghubung *accu* dihubungkan dengan alat *resistivity multichannel S-Field* dengan USB agar terhubung dengan PC
5. Membuka *software GeoRes* pada PC
6. Melakukan pengukuran beda potensial (V) pada elektroda potensial dan arus (I) pada elektroda arus di lintasan 1.
7. Menyimpan data hasil pengukuran.
8. Mengulangi langkah 1 – 7 untuk lintasan berikutnya yaitu lintasan 2, lintasan 3, dan lintasan 4.

3.2.5 Tahap Pengolahan dan Analisis Data

Perhitungan nilai resistivitas menggunakan *software Res2DInv*. Langkah – langkahnya sebagai berikut:

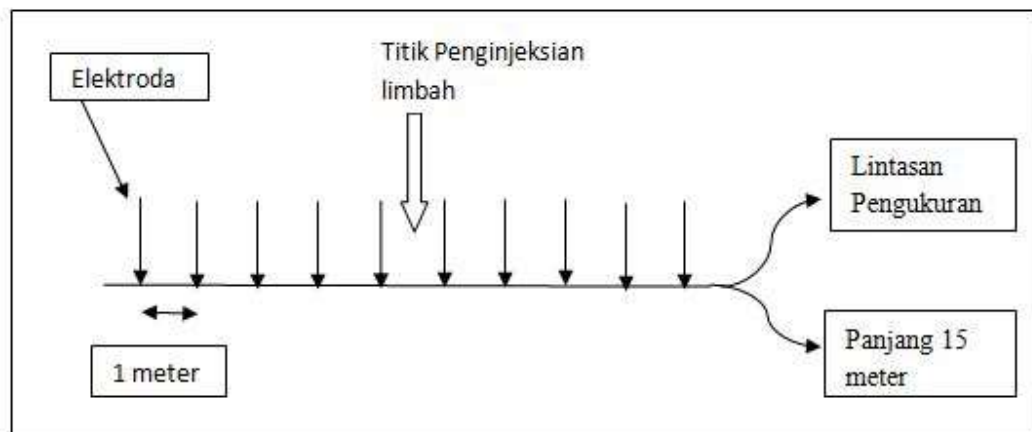
- a. Data yang diperoleh berupa nilai beda potensial (V) dan besarnya arus (I).
- b. Data resistivitas semu (ρ_s) hasil perhitungan, data datum point (dp), dan spasi elektroda (a) diinput ke program *notepad* kemudian file disimpan dalam bentuk *.dat.
- c. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *software Res2Dinv*. Setelah mengikuti format *software Res2Dinv*, diperoleh hasil penampang nilai resistivitas tanah.
- d. Analisis data laboratorium dilakukan secara kualitatif terhadap peta penampang lintang resistivitas 2D, sehingga akan diketahui resistivitas tanah sebelum dan sesudah diinjeksi limbah cair hasil pengolahan alkohol.
- e. Analisis data lapangan dilakukan berdasarkan data yang diperoleh pada penelitian dalam skala laboratorium, hal itu untuk mendeteksi setiap lintasan sudah atau belum tercemar.
- f. Interpretasi data dilakukan berdasarkan data resistivitas dalam skala laboratorium dan skala lapangan.

3.3 Desain Penelitian

3.3.1 Skala Laboratorium

Penelitian dalam skala laboratorium dilakukan dengan menentukan lintasan di sekitar daerah penelitian yang diperkirakan jauh dari tempat pembuangan limbah. Panjang lintasan adalah 15 meter dengan spasi elektroda satu meter. Alat geolistrik siap digunakan, kemudian melakukan pengukuran resistivitas tanah sebelum diinjeksi oleh limbah cair hasil pengolahan alkohol. Setelah itu limbah cair hasil pengolahan alkohol diinjeksikan ke dalam tanah yang

berada diantara elektroda 7 dan elektroda 8, dengan variasi konsentrasi yaitu berturut – turut 100%, 75%, dan 25%. Berikut ini desain penelitian dalam skala laboratorium disajikan pada Gambar 3.1.

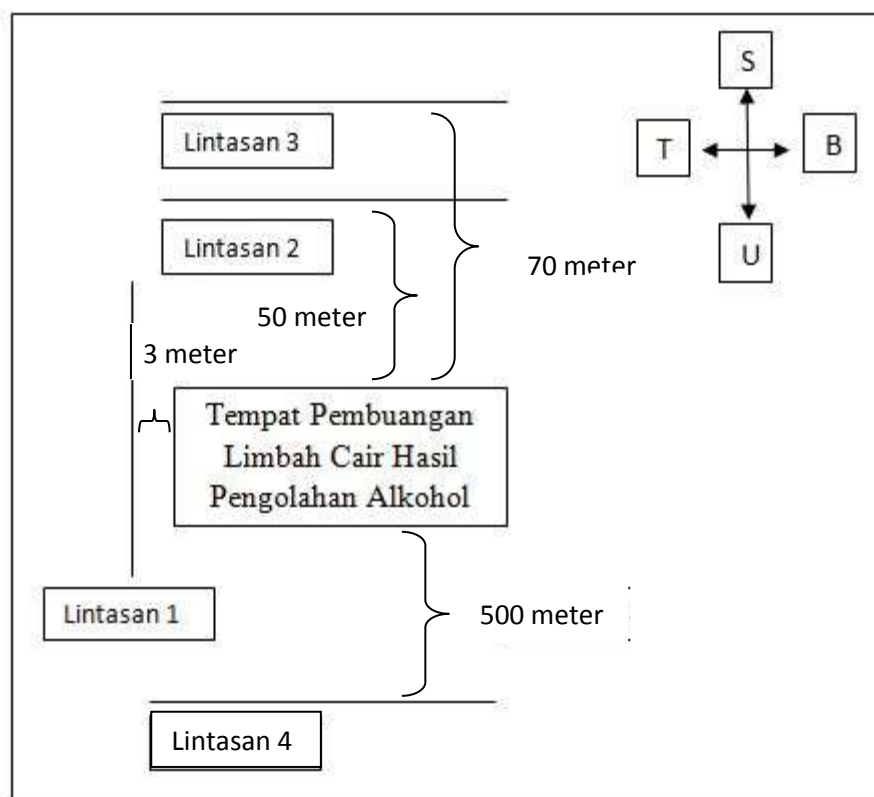


Gambar 3.1 Desain Penelitian dalam Skala Laboratorium

3.3.2 Skala Lapangan

Penelitian dilakukan dengan membuat empat lintasan yang berada di daerah sekitar tempat pembuangan limbah cair hasil pengolahan alkohol. Daerah yang berada di sekitar sumber pembuangan merupakan area pertanian dan pemukiman warga. Lintasan 1 berada di sebelah timur dari sumber pembuangan limbah yang merupakan daerah pemukiman warga. Oleh karena itu, hanya ada satu lintasan yang bisa diambil data resistivitasnya. Lintasan 1 berjarak 3 meter ke arah timur dari tempat pembuangan limbah. Lintasan 2 berada di sebelah selatan dengan jarak 50 meter dari tempat pembuangan limbah. Di sebelah selatan dari sumber pembuangan yang merupakan area pertanian warga, sehingga mencari dan menentukan lintasan 3 yang dapat dilalui elektroda tanpa mengganggu sawah yang dimiliki oleh warga. Lintasan 3 berada di sebelah selatan dari lintasan 2.

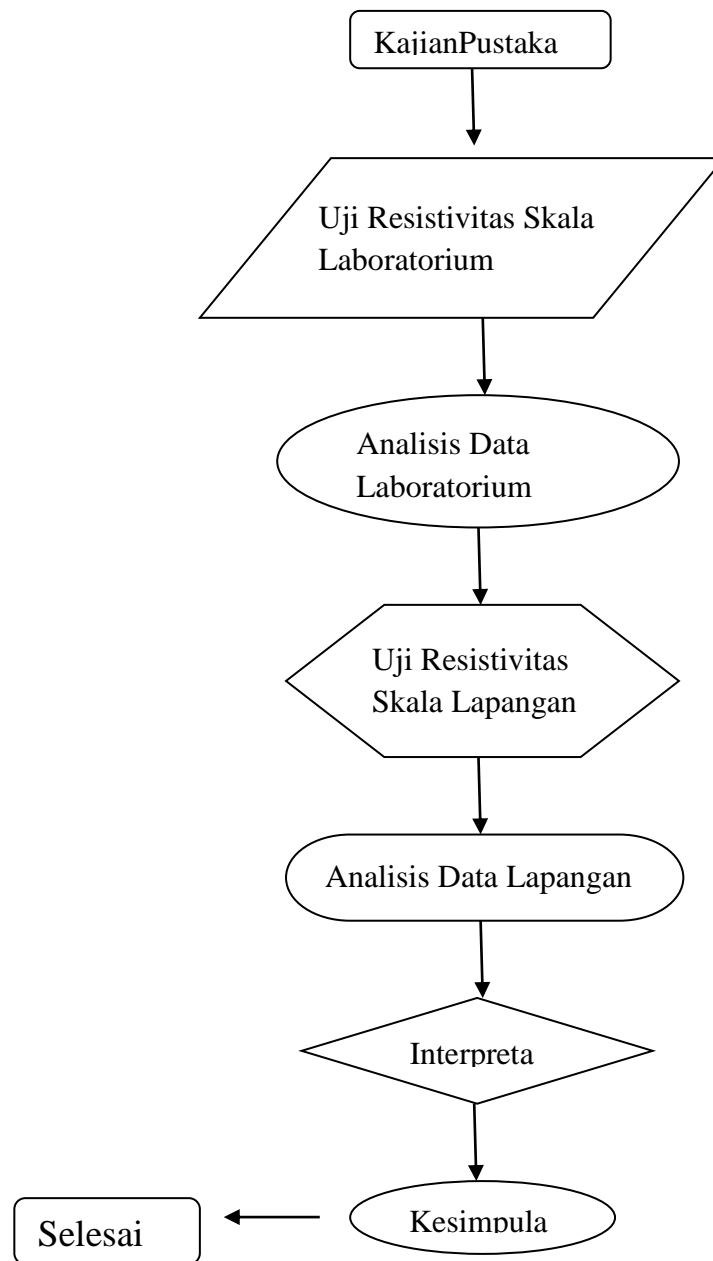
Lintasan 3 berjarak 70 meter dari tempat pembuangan limbah. Daerah di sekitar lintasan 3 merupakan area pertanian, sehingga dipilih lintasan yang dapat dilalui elektroda. Lintasan 4 berjarak 500 meter ke arah utara dari tempat pembuangan limbah. Daerah antara lintasan 4 dengan tempat pembuangan limbah merupakan area pertanian warga.



Gambar 3.2 Desain Jalur Penelitian dalam Skala Lapangan

3.4 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian

Bagan alir pelaksanaan penelitian disajikan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian

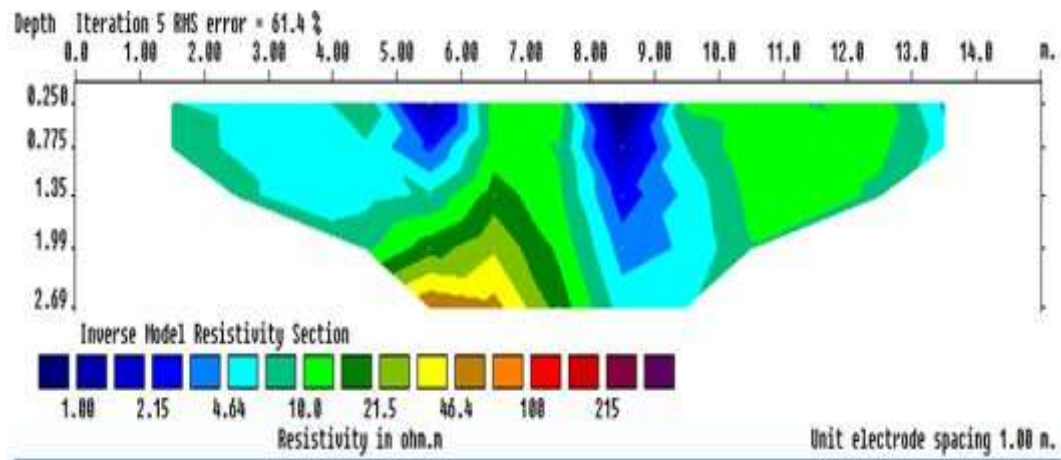
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penelitian Dalam Skala Laboratorium

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi *Wenner* dalam skala laboratorium sepanjang 15 meter, dan spasi elektroda satu meter. Akuisisi data dilakukan dua kali. Pertama melakukan akuisisi data resistivitas sebelum penginjeksian limbah cair hasil pengolahan alkohol. Kedua melakukan akuisisi data resistivitas tanah setelah limbah cair hasil pengolahan alkohol diinjeksikan ke dalam tanah. Penginjeksian limbah cair hasil pengolahan alkohol berada diantara elektroda 8 dan elektroda 9 atau pada jarak 7 – 8 meter dari jarak elektroda pertama. Interpretasi data dilakukan hanya pada titik injeksi saja, hal ini karena pada titik injeksi data resistivitasnya yang paling berpengaruh.

Berdasarkan pengolahan data yang menggunakan *software Res2Dinv* untuk tanah sebelum diinjeksi diperoleh penampang nilai resistivitas berupa citra warna seperti terlihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Penampang Nilai Resistivitas Tanah Sebelum Penginjeksian Limbah Cair Hasil Pengolahan Alkohol terhadap Kedalaman dan Panjang Lintasan.


















Gambar 4.1 merupakan penampang nilai resistivitas tanah sebelum penginjeksian limbah cair hasil pengolahan alkohol. Dari Gambar 4.1 tersebut menunjukkan, lapisan tanah tidak bersifat homogen sehingga nilai resistivitas tanah yang diperoleh berbeda – beda. Pada jarak $\pm 6,5$ meter dan $\pm 7,5$ meter pada kedalaman 1,35 – 2,69 meter nilai resistivitasnya membesar, hal ini diduga ukuran dan bentuk pori – pori tanah yang lebih besar. Pada tanah yang berpori besar nilai resistivitas tanah lebih tinggi, sedangkan tanah yang berpori lebih halus memiliki nilai resistivitas yang lebih rendah, hal ini terjadi karena pada tanah yang berpori lebih halus, aliran listrik lebih mudah mengalir daripada tanah yang berpori besar (Pujiastuti, *et al.*, 2014:29). Pada tanah sebelum diinjeksikan limbah cair hasil pengolahan alkohol diantara elektroda 8 dan 9, tanah memiliki nilai resistivitas sebesar 10,1 – 21,4 Ω m.

Untuk mempermudah pembacaan, maka skala warna dari hasil pengolahan data menggunakan *Res2DInv* dikonversi ke dalam nilai resistivitas dan jenis

batuan berdasarkan Telford *et al.*, (1990:285 – 290) yang disajikan pada Tabel

4.1.

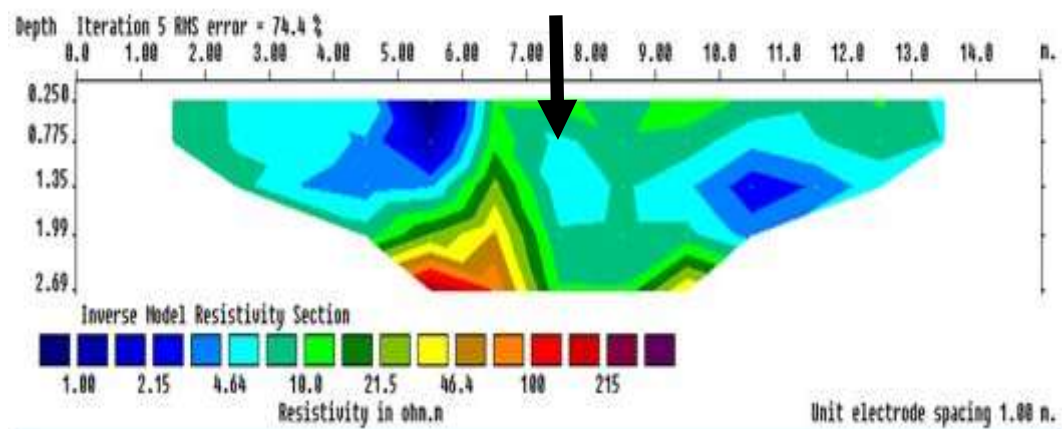
Tabel 4.1 Nilai resistivitas batuan berdasarkan citra warna

No.	Warna	Resistivitas (ohm.m)	Litologi
1		0 – 1,0	Lempung
2		1,1 – 1,5	Lempung
3		1,6 – 2,0	Lempung
4		2,1 – 3,0	Lempung
5		3,1 – 4,5	Lempung
6		4,6 – 7,0	Lempung
7		7,1 – 10,0	Lempung
8		10,1 – 15,0	Lempung
9		15,0 – 21,4	Lempung, batu lumpur
10		21,5 – 31,0	Lempung, batu lumpur
11		31,1 – 46,0	Lempung, batu lumpur
12		46,1 – 50,0	Lempung, batu lumpur
13		51 – 100	Lempung, batu lumpur
14		101 – 157	Batu pasir dan kerikil
15		158 – 214	Batu pasir dan kerikil
16		215 – 272	Batu pasir dan kerikil
17		273 – 316	Batu pasir dan kerikil

Nilai resistivitas dan litologi (jenis batuan) yang diperoleh sesuai dengan peta geologi lembar Surakarta. Lokasi penelitian berada pada formasi aluvium, formasi ini terdiri dari lempung, lumpur, pasir, dan kerikil. Formasi aluvium terdiri dari beberapa material atau bahan, maka nilai resistivitas yang diperoleh juga berbeda – beda. Resistivitas batuan juga bergantung pada macam – macam materialnya, porositas, ukuran dan bentuk pori – pori batuan, kandungan air, kualitas dan suhu.

Setelah limbah cair hasil pengolahan alkohol diinjeksikan ke dalam tanah, akan diperoleh perubahan nilai resistivitas tanah. Berikut ini disajikan perubahan nilai resistivitas tanah dalam skala laboratorium.

4.1.1 Limbah dengan Konsentrasi 100%



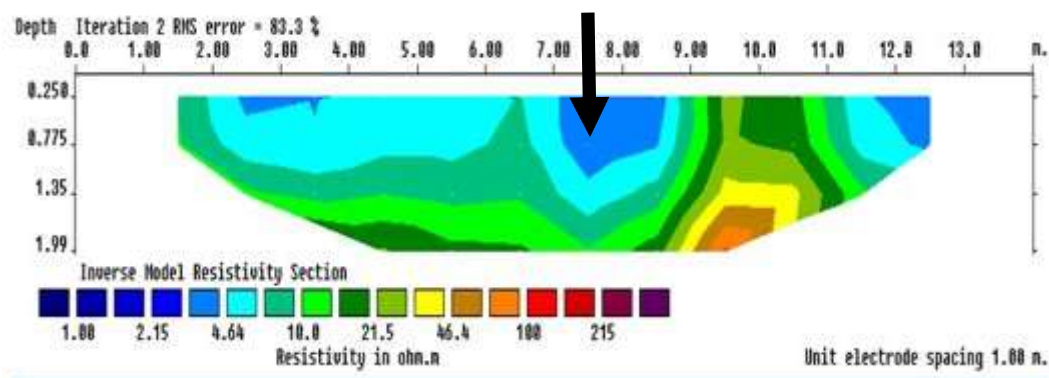
Gambar 4.2 Penampang Nilai Resistivitas Tanah Setelah Penginjeksian Limbah Cair Hasil Pengolahan Alkohol Dengan Konsentrasi 100% Terhadap Kedalaman Dan Panjang Lintasan

Gambar 4.2 menunjukkan nilai resistivitas tanah setelah penginjeksian. Titik injeksi pada Gambar 4.2 memiliki nilai resistivitas antara 4,6 – 10,0 Ω m. Penurunan nilai resistivitas tanah diduga terjadi karena limbah cair hasil

pengolahan alkohol masuk ke dalam pori – pori tanah. Dari hasil pengujian oleh BPIK (2015), limbah mengandung garam. Larutan garam disebut larutan elektrolit. Larutan elektrolit merupakan larutan yang dapat menghantarkan listrik (Wiryoatmojo, 1988:143). Karena limbah mengandung garam, maka limbah tersebut bersifat konduktif (daya hantar tinggi) yang mengakibatkan menurunnya nilai resistivitas tanah.

4.1.2 Limbah dengan Konsentrasi 75%

Setelah melakukan penginjeksian limbah cair hasil pengolahan alkohol dengan konsentrasi 75% kemudian dilakukan pengambilan data resistivitasnya. Adapun hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Penampang Nilai Resistivitas Tanah Setelah Penginjeksian Limbah Cair Hasil Pengolahan Alkohol Dengan Konsentrasi 75% Terhadap Kedalaman Dan Panjang Lintasan.

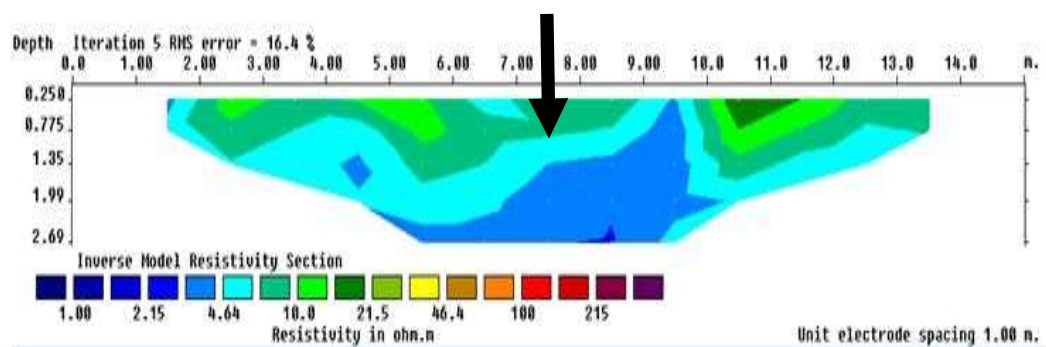
Gambar 4.3 merupakan hasil yang diperoleh setelah limbah diinjeksikan. Pada limbah dengan konsentrasi 75% ini, limbah ditambah dengan air. Pada titik injeksi, hasil yang diperoleh adalah nilai resistivitas tanah menurun. Nilai resistivitas tanah setelah terinjeksi oleh limbah dengan konsentrasi 75% adalah 3,1 – 10,0 Ω m. Untuk limbah dengan konsentrasi 75%, nilai resistivitasnya lebih

rendah dari limbah dengan konsentrasi 100%. Diduga hal ini terjadi karena limbah tersebut bersifat konduksi secara elektrolitik. Menurut Telford (1992:286) konduksi secara elektrolitik terjadi ketika aliran arus listrik dibawa oleh ion – ion di dalam air. Konduktivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak, dan sebaliknya resistivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan berkurang.

Jadi ketika ada penambahan air maka nilai resistivitasnya semakin kecil, karena dengan adanya penambahan air maka ion – ion yang terdapat dalam limbah bergerak bebas. Pada limbah dengan konsentrasi 100% (tanpa penambahan air), nilai resistivitasnya lebih tinggi diduga karena ion – ion yang ada di dalam limbah pergerakannya tidak bebas (terbatas).

4.1.3 Limbah dengan Konsentrasi 25%

Nilai sebaran resistivitas tanah setelah limbah dengan konsentrasi 25% diinjeksikan ke dalam tanah yang ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Penampang Nilai Resistivitas Tanah Setelah Penginjeksian Limbah Cair Hasil Pengolahan Alkohol Dengan Konsentrasi 25% Terhadap Kedalaman Dan Panjang Lintasan.

Nilai resistivitas tanah setelah limbah diinjeksikan dengan konsentrasi 25% antara 3,1– 10,0 Ω m. Nilai resistivitas tersebut hampir sama dengan nilai resistivitas tanah setelah penginjeksian limbah dengan konsentrasi 75%. Hal ini terjadi diduga karena banyaknya ion yang bergerak dalam larutan pada konsentrasi 75% dan 25% sama, sehingga nilai resistivitas yang diperoleh hampir sama.

Larutan garam merupakan larutan elektrolit kuat. Pada larutan encer elektrolit kuat, ion – ionnya bergerak lebih bebas karena gaya antar ion yang menghambat gerakan menjadi lebih kecil. Jadi kenaikan pada daya hantar ekuivalen pada pengenceran larutan elektrolit kuat adalah akibat dari kenaikan kebebasan ion – ionnya untuk bergerak (Wiryoatmojo, 1988:147).

Perubahan nilai resistivitas tanah setelah penginjeksian limbah terjadi pada setiap konsentrasi. Konsentrasi 100% nilai resistivitas tanah 4,6 – 10,0 Ω m, konsentrasi 75% nilai resistivitas tanah 3,1 – 10,0 Ω m, dan konsentrasi 25% nilai resistivitas tanah 3,1 – 10,0 Ω m.

Data nilai resistivitas tanah yang diperoleh dalam skala laboratorium, digunakan untuk menganalisis dan mendeteksi nilai resistivitas tanah yang diduga tanah tersebut tercemar oleh limbah cair hasil pengolahan alkohol dalam skala lapangan.

4.2 Penelitian Dalam Skala Lapangan

Setelah melakukan penelitian dan mendapatkan data berupa nilai resistivitas tanah dalam skala laboratorium, selanjutnya dilakukan penelitian dalam skala lapangan. Penelitian dalam skala lapangan menggunakan metode geolistrik konfigurasi *Wenner* dengan panjang lintasan 75 meter dan jarak antar elektroda lima meter. Elektroda yang digunakan selama pengukuran nilai resistivitas sebanyak 16 elektroda. Ada empat lintasan yang diambil data nilai resistivitasnya. Seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2.

Pengukuran nilai resistivitas dilakukan di sebelah timur, selatan, dan utara dari tempat pembuangan limbah. Pengukuran yang dilakukan ke arah timur dari tempat pembuangan limbah di lintasan 1 (berjarak tiga meter dari tempat pembuangan limbah) daerah di sebelah timur merupakan area pemukiman warga, sehingga hanya satu yang bisa diukur nilai resistivitasnya.

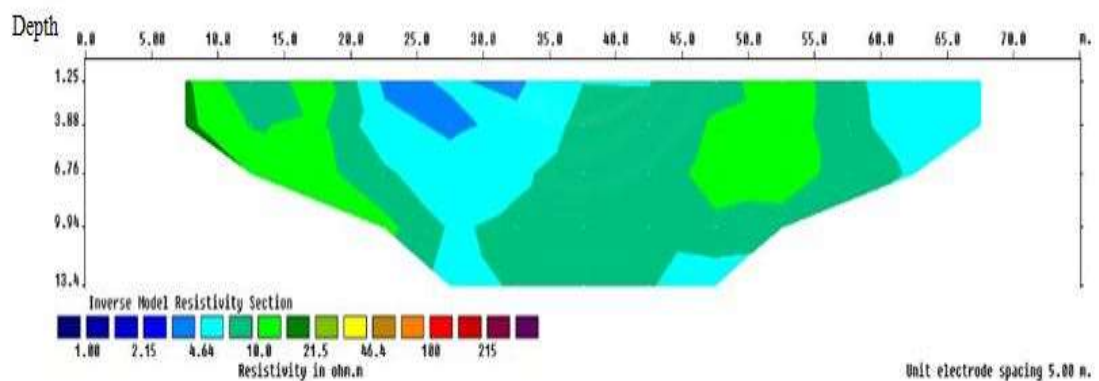
Pengukuran ke arah selatan dari tempat pembuangan limbah adalah lintasan 2 (berjarak 50 meter dari tempat pembuangan limbah) dan lintasan 3 (berjarak 70 meter dari tempat pembuangan limbah). Daerah tersebut merupakan area pertanian, sehingga hanya pada lintasan tersebut yang diukur nilai resistivitasnya.

Pengukuran ke arah utara dari tempat pembuangan limbah adalah lintasan 4 (berjarak 500 meter). Daerah di sebelah utara dari tempat pembuangan limbah merupakan area pertanian, sehingga hanya satu yang bisa diambil nilai resistivitasnya. Pada lintasan 4 ini letaknya paling jauh dari tempat pembuangan

limbah. Pada arah ke barat dari tempat pembuangan limbah tidak dilakukan pengukuran nilai resistivitas, karena terdapat tempat pembuangan sampah, dikhawatirkan limbah sampah yang terdeteksi.

4.2.1 Hasil Pengukuran Nilai Resistivitas Tanah Di Lintasan 1

Pada lintasan 1, elektroda 1 terletak pada koordinat UTM 485510 m Timur 9158374 m Utara dan elektroda 16 terletak pada koordinat UTM 485521 m Timur 9158449 m Utara. Nilai resistivitas tanah lintasan 1 disajikan pada Gambar 4.5.



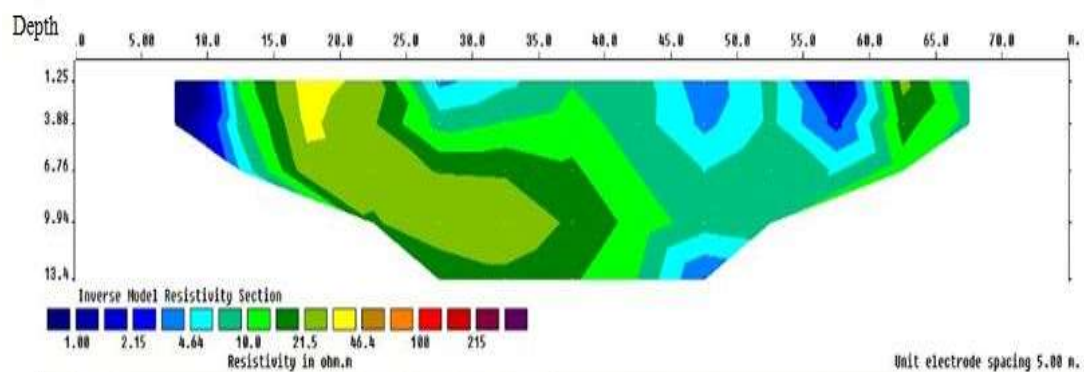
Gambar 4.5 Penampang Nilai Resistivitas Tanah Pada Lintasan 1.

Lintasan 1 merupakan lintasan yang berada paling dekat dengan tempat pembuangan limbah dan berjarak tiga meter dari tempat pembuangan limbah. Berdasarkan hasil penelitian dalam skala laboratorium, tanah yang terkena limbah antara 3,1 – 10,0 Ω m. Dari citra warna yang diperoleh pada lintasan 1 terlihat bahwa pada lintasan 1, diduga tanah terkena limbah cair hasil pengolahan alkohol karena di sepanjang lintasan 1 memiliki nilai resistivitas yang rendah, antara 3,1 – 21,5 Ω m. Nilai resistivitas yang diperoleh sesuai dengan rentang minimum pada

skala laboratorium. Adanya limbah tersebut mengakibatkan nilai resistivitas tanah lebih rendah dari pada yang tidak terkena limbah. Hal ini terjadi karena pengaruh dari zat yang terkandung dalam limbah, yaitu garam. Larutan garam merupakan larutan elektrolit kuat. Menurut Wiryoatmojo (1988:147), pada larutan encer elektrolit kuat, ion – ionnya bergerak lebih bebas karena gaya antar ion yang menghambat gerakan menjadi lebih kecil. Jadi kenaikan pada daya hantar ekuivalen pada pengenceran larutan elektrolit kuat adalah akibat dari kenaikan kebebasan ion – ionnya untuk bergerak.

4.2.2 Hasil Pengukuran Nilai Resistivitas Tanah Di Lintasan 2

Lintasan 2 berjarak 50 meter ke arah selatan dari tempat pembuangan limbah. Elektroda 1 terletak pada koordinat UTM 485425 m Timur 9158356 m Utara, dan elektroda 16 terletak pada koordinat UTM 485501 m Timur 9158352 m Utara. Hasil pengolahan data dengan menggunakan program *Res2DInv* disajikan pada Gambar 4.6.

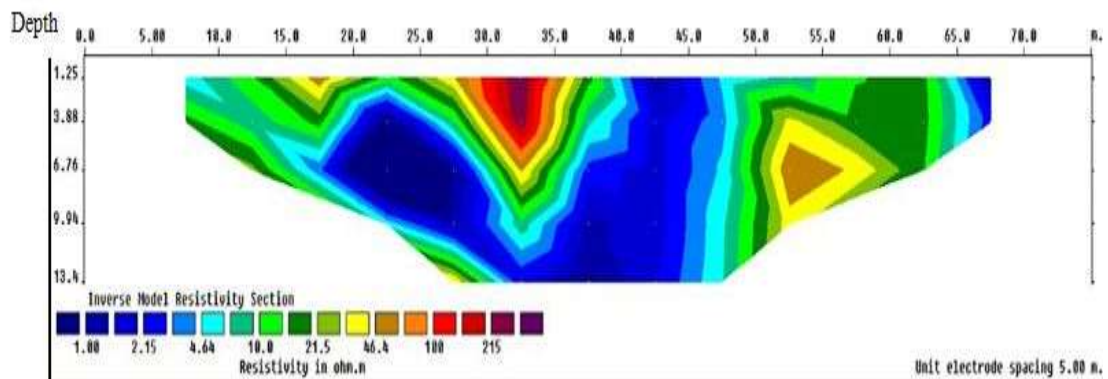


Gambar 4.6 Penampang Nilai Resistivitas Tanah Pada Lintasan 2.

Pada Gambar 4.6, di sepanjang lintasan 2 memiliki nilai resistivitas tanah antara 2,15 – 45 Ω m. Pada lintasan 2 ini diduga terkena limbah, karena memiliki nilai resistivitas yang lebih rendah yang dicitrakan dengan warna biru – biru toska. Nilai resistivitas yang rendah merupakan pengaruh dari zat yang terkandung di dalam limbah, yaitu garam. Hal ini sudah dijelaskan pada lintasan 1. Pada lintasan 2 ini masih terdeteksi limbah cair hasil pengolahan alkohol, tetapi pada jarak dan kedalaman yang berbeda – beda. Tanah yang diduga terkena oleh limbah cair hasil pengolahan alkohol pada lintasan 2 berada pada jarak antara \pm 8 – 14 meter yang terdeteksi hingga kedalaman 9, 94 meter. Pada jarak antara \pm 25 – 60 meter dari arah barat ke timur (dari elektroda 1) dengan kedalaman yang berbeda – beda. Pada jarak \pm 25 – 35 meter tanah diperkirakan terdeteksi oleh limbah sampai kedalaman 6 meter, sedangkan jarak \pm 40 – 48 meter tanah terdeteksi terkena oleh limbah sampai kedalaman 13 meter, pada jarak \pm 50 – 60 meter tanah terdeteksi limbah sampai kedalaman 9 meter.

4.2.3 Hasil Pengukuran Nilai Resistivitas Tanah Di Lintasan 3

Lintasan 3 berjarak 70 meter ke arah selatan dari tempat pembuangan limbah. Elektroda 1 terletak pada koordinat UTM 485399 m Timur 9158214 m Utara dan elektroda 16 berada pada koordinat UTM 485474 m Timur 9158202 m Utara. Nilai resistivitas tanah pada lintasan 3 disajikan pada Gambar 4.7.



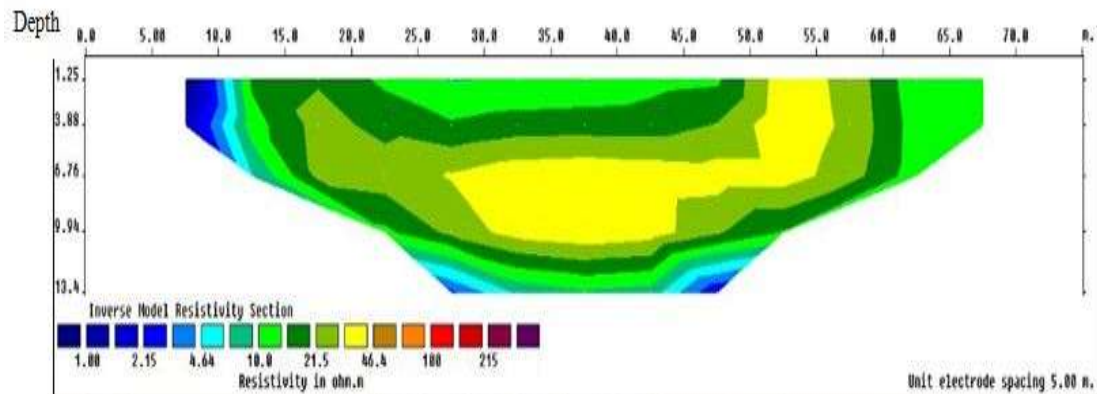
Gambar 4.7 Penampang Nilai Resistivitas Tanah Pada Lintasan 3

Pada lintasan 3 memiliki nilai resistivitas antara 1,0 – 215 Ω m. Pada lintasan 3 ini diduga terkena limbah, karena memiliki nilai resistivitas 3,1 – 10,0. Nilai resistivitas tanah yang rendah karena kandungan garam di dalam limbah, seperti dijelaskan pada lintasan sebelumnya. Pada Gambar 4.7 masih terlihat tanah yang diduga terkena oleh limbah cair hasil pengolahan alkohol, tetapi pada jarak dan kedalaman yang berbeda - beda. Ada beberapa titik yang diduga terkena oleh limbah. Pada jarak \pm 8 – 10 meter tanah yang terkena limbah terdeteksi melebar hingga ke permukaan tanah dan meresap sampai kedalaman 3 – 6 meter. Pada jarak \pm 18 – 20 meter limbah terdeteksi sampai kedalaman 13,4 meter. Pada jarak \pm 39 – 40 meter tanah diperkirakan terdeteksi oleh limbah cair hasil pengolahan alkohol di permukaan tanah sampai kedalaman 13 meter. Pada jarak \pm 65 meter limbah juga terdeteksi di permukaan sampai kedalaman 3,88 meter.

4.2.4 Hasil Pengukuran Nilai Resistivitas Tanah Di Lintasan 4

Lintasan 4 berjarak 500 meter ke arah utara dari tempat pembuangan limbah. Elektroda 1 terletak pada koordinat UTM 485421 m Timur 9158882 m

Utara, sedangkan elektroda 16 terletak pada koordinat UTM 485496 m Timur 9158873 m Utara. Gambar 4.8 merupakan hasil pengolahan data resistivitas.



Gambar 4.8 Penampang Nilai Resistivitas Tanah Pada Lintasan 4.

Pada Gambar 4.8 merupakan lintasan yang paling jauh dari tempat pembuangan limbah dengan jarak 500 meter dari tempat pembuangan limbah. Pada lintasan 4, tanah memiliki nilai resistivitas 2,15 – 45 Ω m. Lintasan 4 ini diduga sudah tidak terdeteksi limbah karena jaraknya yang jauh dari tempat pembuangan limbah dan limbah tersebut mengalir ke arah selatan. Nilai resistivitas yang rendah pada lintasan 4, diduga karena litologi tanah di Kabupaten Sukoharjo.

Berdasarkan penelitian oleh BPIK (2015), semakin tinggi kadar BOD dan COD, semakin tinggi pula kadar garam, maka tanah tersebut memiliki tingkat pencemaran yang tinggi. Semakin rendah nilai BOD dan COD, semakin rendah pula kadar garam, maka tanah memiliki tingkat pencemaran yang rendah. Berdasarkan acuan penelitian sebelumnya, yaitu penelitian dalam skala

laboratorium, interpretasi dilakukan bahwa tanah yang berada di sekitar tempat pembuangan limbah memiliki tingkat pencemaran tanah yang tinggi. Dilihat dari nilai terukur yaitu nilai resistivitas yang dihasilkan, nilai resistivitas skala lapangan sesuai dengan rentang minimum dari penelitian skala laboratorium. Dari keempat lintasan yang diambil data resistivitasnya, limbah masih terdeteksi di ketiga lintasan tersebut yaitu lintasan 1, 2, dan 3. Seperti terlihat pada Tabel 4.2.

Table 4.2 Tanah yang diduga tercemar limbah cair hasil pengolahan alkohol

Lintasan	Jarak dari tempat pembuangan limbah (m)	Resistivitas (Ωm)	Kesimpulan
1	3	3,1 – 21,5	Diduga tercemar limbah
2	50	2,15 – 45	Diduga tercemar limbah
3	70	1,0 – 215	Diduga tercemar limbah
4	500	2,15 – 45	Diduga tidak tercemar limbah

Skala laboratorium:

Resistivitas tanah diduga tercemar (3,1 – 10,0) Ωm .

Darinilai resistivitas tanah yang diperoleh di sekitar tempat pembuangan limbah, terlihat bahwa limbah menyebar sampai jarak 70 meter dengan kedalaman 13,4 meter. Pada limbah cair hasil alkohol, limbah tersebut bersifat konduktif. Hal ini karena pergerakan ion – ion garam di dalam limbah. Limbah yang berbeda akan mengakibatkan berbeda pula persebarannya, misalnya limbah sampah (lindi). Sebagaimana penelitian yang telah dilakukan oleh Nilasari *et al.*, (2011:5), limbah TPA Jatibarang sudah menyebar sampai pada pemukiman penduduk pada jarak 100 – 200 meter dari TPA Jatibarang dengan kedalaman 30,3 meter.

Menurut Kirana *et al.*, (2011:177) cairan lindi bersifat konduktif, hal ini terjadi karena pergerakan ion – ion di dalam lindi tersebut.

Setelah mengetahui persebaran limbah cair hasil pengolahan alkohol, maka ketika membuat tempat pembuangan limbah cair hasil pengolahan alkohol diperlukan data pendukung lainnya. Supaya limbah tersebut tidak mengganggu lingkungan pemukiman warga dan area pertanian.

BAB 5

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di sekitar daerah tempat pembuangan limbah cair hasil pengolahan alkohol di Dukuh Sentul dengan menggunakan metode geolistrik, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dalam skala laboratorium nilai resistivitas tanah yang mengalami pencemaran oleh limbah cair hasil pengolahan alkohol antara 3,1 - 10,0 Ω m.
2. Nilai resistivitas tanah di daerah sekitar tempat pembuangan limbah cair hasil pengolahan alkohol diperkirakan ketiga lintasan tersebut tercemar oleh limbah cair hasil pengolahan alkohol. Namun pada ketiga lintasan tersebut berbeda – beda jarak dan kedalaman tanah yang diperkirakan tercemar. Pada lintasan yang pertama dengan jarak tiga meter ke arah timur dari tempat pembuangan limbah, limbah tersebut menyebar ke seluruh lintasan. Sedangkan pada lintasan 3 dengan jarak 70 meter ke arah selatan limbah masih terdeteksi. Pada lintasan 4 dengan jarak 500 meter ke arah utara dari tempat pembuangan limbah, diperkirakan limbah sudah tidak terdeteksi.

5.2 Saran

Setelah dilakukan penelitian sampai tahap akhir yaitu interpretasi dan pembahasan, ada beberapa hal yang harus diperhatikan untuk peneliti, yaitu

1. Mengembangkan penelitian ini dengan menggunakan konfigurasi yang berbeda, misalnya konfigurasi *wenner* secara manual dan konfigurasi *schlumberger*.
2. Pengambilan data dalam skala lapangan diperbanyak, sehingga data yang didapat lebih rapat.
3. Melakukan penambahan pengujian kandungan yang terdapat di dalam limbah cair hasil pengolahan alkohol, sehingga menambah pengetahuan tentang kandungan di dalam limbah tersebut.
4. Hasil penelitian yang diperoleh tidak dapat menunjukkan secara pasti tercemar atau tidaknya tanah pada daerah penelitian. Untuk memastikan adanya pencemaran tanah, diperlukan data pendukung lainnya seperti data dari uji kimia dan biologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfikri, A. 2014. *BOD (Biological Oxygen Demand) dan COD (Chemical Oxygen Demand)*. Bandung: Program Studi Analisis Kimia.
- Bahri, Muhammad Thoriq. 2013. *Konflik Lingkungan Di Sentra Industri Alkohol Kecamatan Mojolaban Kabupaten Sukoharjo*. Skripsi. Yogyakarta : FISIP Universitas Gadjah Mada.
- BPIK. 2015. Sertifikat Hasil Uji Laboratorium Mutu Air. Semarang, 27 Agustus 2015.
- Damayanti, T., Supriyadi, & Khumaedi. 2011. Aplikasi Metode Geolistrik Skala Model untuk Menentukan Nilai Resistivitas Lapisan Tanah yang Mengalami Pencemaran. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* 7 (2) : 138 – 144.
- Daraninggar. F. V., Khumaedi, & P. Dwijananti. 2014. Aplikasi Geolistrik 3-Dimensi Untuk Mengetahui Sebaran Limbah RCO (Rubber Compound Oils) Di Kabupaten Kendal. *Jurnal MIPA* 37 (1) : 22 – 30.
- HMGI. 2012. *Geophysics Field Camp 2012 student guidebook*. Yogyakarta.
- Kirana, K, N. Aufa, E. Huliselan, & S. Bijaksana. 2011. Magnetic and electrical properties of leachate. *ITB J.Sci* 43A(3) : 165 – 178.
- Loke, MH. 2001. Tutorial : 2D dan 3D Electrical Imaging Surveys. Tersedia di www.geoelectrical.com [diakses pada 22 Mei 2015].
- Nilasari, PR, Khumaedi, & Supriyadi. 2011. Pendugaan Pola Sebaran Limbah TPA Jatibarang Dengan Menggunakan Metode Geolistrik. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* 7(2) : 1 – 5.
- Ngadimin & G. Handayani. 2001. Aplikasi Metode Geolistrik Untuk Alat Monitoring Rembesan Limbah (Penelitian Model Fisik di Laboratorium). *JMS* 6 (1) : 43 – 53.
- Nurchayani, K & B. Utami. 2015. Pengolahan limbah cair industry alcohol bekonang menggunakan proses fermentasi. Makalah dipresentasikan pada seminar nasional konservasi dan pemanfaatan sumber daya alam 2015. FKIP UNS.
- Nopiana, A.P. 2007. *Identifikasi Penyebaran Limbah Cair Menggunakan Metode Geolistrik*. Bandung: Departemen Teknik Geofisika ITB.

- Pujiastuti, R., Y. Arman, & Y. S. Putra. 2014. Penyelidikan Pengaruh Rembesan Limbah Karet Bawah Permukaan Tanah Menggunakan Metode Geolistrik. *Prisma Fisika* 2(1): 27 – 30.
- Rahayu, S. S. 2009. Limbah Cair. Tersedia di <http://Chem-Is-Try.Org/SitusKimiaIndonesia> [diakses pada 22 Mei 2015].
- Suhendra. 2005. Pencitraan Konduktivitas Bawah Permukaan dan Aplikasinya untuk Identifikasi Penyebaran Limbah Cair Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis 2 D. *Jurnal Gradien* 2 (1) : 105 – 108.
- Sutedja, MM, & A. G. Kartasapoetra. 1991. *Pengantar Ilmu Tanah*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Telford, WM, LP Geldart, R.E sheriff & DD Keys. 1990. *Applied Geophysic First Edition*. New York: Cambridge University Press.
- Wiryoatmojo, S. 1988. *Kimia Fisika I*. Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Data Skala Laboratorium Sebelum Penginjeksian Limbah

Datum	Depth	Axis	A	M	N	B	SP(Volt)	I:AB(mA)	V:MN(Volt)	Time
1	1	1	1	2	3	4	0,0048	0,1284	5,27	12:13:35 PM
2	1	2	2	3	4	5	0,466	0,1289	9,46	12:13:45 PM
3	1	3	3	4	5	6	0,1555	0,1286	5,32	12:13:56 PM
4	1	4	4	5	6	7	0,1056	0,1289	10,98	12:14:07 PM
5	1	5	5	6	7	8	0,2595	0,1294	6,6	12:14:18 PM
6	1	6	6	7	8	9	0,0963	0,1295	11,1	12:14:29 PM
7	1	7	7	8	9	10	0,1055	0,1279	8,98	12:14:40 PM
8	1	8	8	9	10	11	0,0918	0,1283	11,04	12:14:50 PM
9	1	10	10	11	12	13	0,45	0,1288	9,13	12:15:09 PM
10	1	11	11	12	13	14	0,623	0,1283	11,67	12:15:21 PM
11	1	12	12	13	14	15	0,0153	0,1285	7,09	12:15:32 PM
12	1	13	13	14	15	16	0,0292	0,1288	6,78	12:15:42 PM
13	2	1	1	3	5	7	0,155	0,1278	4,94	12:15:53 PM
14	2	2	2	4	6	8	0,2483	0,129	6,32	12:20:21 PM
15	2	3	3	5	7	9	0,468	0,1291	5,07	12:16:15 PM
16	2	4	4	6	8	10	0,542	0,1289	5,51	12:16:26 PM
17	2	5	5	7	9	11	0,3134	0,129	6,14	12:16:37 PM
18	2	6	6	8	10	12	0,0607	0,1289	7,19	12:16:48 PM
19	2	7	7	9	11	13	0,1837	0,129	5,09	12:16:59 PM
20	2	8	8	10	12	14	0,0573	0,1292	6,12	12:17:10 PM
21	2	10	10	12	14	16	1,466	0,1285	5,88	12:17:29 PM
22	3	1	1	4	7	10	0,0768	0,1287	3,343	12:17:40 PM
23	3	2	2	5	8	11	0,1555	0,1294	3,98	12:17:51 PM
24	3	3	3	6	9	12	0,755	0,1292	3,642	12:18:02 PM
25	3	4	4	7	10	13	0,628	0,1289	3,464	12:18:12 PM
26	3	5	5	8	11	14	0,453	0,1285	3,368	12:18:23 PM
27	3	6	6	9	12	15	0,0299	0,1286	3,61	12:18:34 PM
28	3	7	7	10	13	16	0,2343	0,1282	3,277	12:18:45 PM
29	4	1	1	5	9	13	0,976	0,1276	2,849	12:18:56 PM
30	4	2	2	6	10	14	0,755	0,1292	2,447	12:19:07 PM
31	4	3	3	7	11	15	0,844	0,1291	2,599	12:19:18 PM
32	4	4	4	8	12	16	0,3071	0,1295	1,698	12:19:29 PM
33	5	1	1	6	11	16	0,654	0,1287	1,645	12:19:40 PM

Lampiran 2

Penginjektian Limbah 100%

Datum	Depth	Axis	A	M	N	B	SP(Volt)	I:AB(mA)	V:MN(Volt)	Time
1	1	1	1	2	3	4	0,677	0,1271	0,824	1:07:32 PM
2	1	2	2	3	4	5	0,27	0,1282	0,443	1:07:42 PM
3	1	3	3	4	5	6	0,0062	0,1284	0,1421	1:07:53 PM
4	1	4	4	5	6	7	0,2454	0,1283	0,414	1:08:05 PM
5	1	5	5	6	7	8	0,0984	0,1298	0,0843	1:08:16 PM
6	1	6	6	7	8	9	0,1338	0,1295	0,287	1:08:27 PM
7	1	7	7	8	9	10	0,3731	0,1285	0,591	1:08:38 PM
8	1	8	8	9	10	11	0,1367	0,1296	0,0339	1:08:49 PM
9	1	10	10	11	12	13	0,3485	0,1302	0,1415	1:09:08 PM
10	1	11	11	12	13	14	0,435	0,1297	0,586	1:09:19 PM
11	1	12	12	13	14	15	0,2778	0,1298	0,485	1:09:30 PM
12	1	13	13	14	15	16	0,0233	0,1297	0,1206	1:09:41 PM
13	2	1	1	3	5	7	0,471	0,1295	0,404	1:09:52 PM
14	2	2	2	4	6	8	0,0353	0,1295	0,1092	1:10:03 PM
15	2	3	3	5	7	9	0,55	0,1291	0,614	1:10:14 PM
16	2	4	4	6	8	10	0,3869	0,13	0,456	1:10:25 PM
17	2	5	5	7	9	11	0,487	0,1292	0,556	1:10:37 PM
18	2	6	6	8	10	12	0,0113	0,1293	0,0593	1:10:48 PM
19	2	7	7	9	11	13	0,2225	0,1295	0,1574	1:10:59 PM
20	2	8	8	10	12	14	0,0857	0,1297	0,1532	1:11:10 PM
21	2	10	10	12	14	16	0,495	0,1291	0,573	1:11:29 PM
22	3	1	1	4	7	10	0,3414	0,1298	0,2838	1:11:40 PM
23	3	2	2	5	8	11	0,549	0,1294	0,604	1:11:51 PM
24	3	3	3	6	9	12	0,649	0,1295	0,705	1:12:02 PM
25	3	4	4	7	10	13	0,647	0,1296	0,692	1:12:13 PM
26	3	5	5	8	11	14	0,3213	0,129	0,3676	1:12:24 PM
27	3	6	6	9	12	15	0,1139	0,1295	0,0682	1:12:35 PM
28	3	7	7	10	13	16	0,237	0,1294	0,2906	1:12:46 PM
29	4	1	1	5	9	13	1,155	0,1296	1,186	1:12:57 PM
30	4	2	2	6	10	14	1,455	0,1302	0,448	1:13:07 PM
31	4	3	3	7	11	15	0,918	0,1293	0,955	1:13:18 PM
32	4	4	4	8	12	16	0,1506	0,1306	0,1951	1:13:29 PM
33	5	1	1	6	11	16	1,46	0,1297	0,45	1:13:39 PM

Lampiran 3

Pengeinjeksian Limbah 75%

Datum	Depth	Axis	A	M	N	B	SP(Volt)	I:AB(mA)	V:MN(Volt)	Time
1	1	1	1	2	3	4	0,3149	0,1306	0,484	2:21:33 PM
2	1	2	2	3	4	5	0,3308	0,1296	0,477	2:21:44 PM
3	1	3	3	4	5	6	0,2726	0,1291	0,442	2:21:55 PM
4	1	4	4	5	6	7	0,1082	0,1295	0,0414	2:22:05 PM
5	1	5	5	6	7	8	0,1772	0,1294	0,3569	2:22:16 PM
6	1	6	6	7	8	9	0,0634	0,1298	0,2135	2:22:27 PM
7	1	7	7	8	9	10	0,0598	0,1291	0,2742	2:22:38 PM
8	1	8	8	9	10	11	0,0849	0,13	0,1979	2:22:49 PM
9	1	9	9	10	11	12	0,082	0,1289	0,2895	2:22:59 PM
10	1	10	10	11	12	13	0,1206	0,1297	0,252	2:23:10 PM
11	1	11	11	12	13	14	0,1091	0,1298	0,274	2:23:21 PM
12	1	12	12	13	14	15	0,3911	0,1293	0,576	2:23:32 PM
13	2	1	1	3	5	7	0,0606	0,1301	0,1342	2:23:51 PM
14	2	2	2	4	6	8	0,3015	0,1303	0,374	2:24:02 PM
15	2	3	3	5	7	9	0,389	0,1297	0,461	2:24:13 PM
16	2	4	4	6	8	10	0,617	0,1306	0,706	2:24:24 PM
17	2	5	5	7	9	11	0,0786	0,1296	0,1488	2:24:35 PM
18	2	6	6	8	10	12	0,1178	0,1293	0,0602	2:24:45 PM
19	2	7	7	9	11	13	0,0649	0,1292	0,1301	2:24:57 PM
20	2	8	8	10	12	14	0,096	0,1302	0,1765	2:25:08 PM
21	2	9	9	11	13	15	0,2477	0,1296	0,3202	2:25:19 PM
22	3	1	1	4	7	10	0,3726	0,1295	0,436	2:25:38 PM
23	3	2	2	5	8	11	1,457	0,1304	0,467	2:25:49 PM
24	3	3	3	6	9	12	0,1993	0,1296	0,2535	2:26:00 PM
25	3	4	4	7	10	13	0,559	0,1296	0,597	2:26:11 PM
26	3	5	5	8	11	14	0,1214	0,1291	0,1655	2:26:21 PM
27	3	6	6	9	12	15	1,459	0,1311	0,455	2:26:32 PM
28	4	1	1	5	9	13	0,363	0,1315	0,3963	2:26:51 PM
29	4	2	2	6	10	14	0,786	0,1311	0,807	2:27:02 PM
30	4	3	3	7	11	15	1,467	0,1287	0,45	2:27:13 PM

Lampiran 4

Pengeinjeksian Limbah 25%

Datum	Depth	Axis	A	M	N	B	SP(Volt)	I:AB(mA)	V:MN(Volt)	Time
1	1	1	1	2	3	4	0,0294	0,1303	0,1307	5:13:43 PM
2	1	2	2	3	4	5	0,513	0,1306	0,677	5:13:54 PM
3	1	3	3	4	5	6	0,1281	0,1314	0,0239	5:14:06 PM
4	1	4	4	5	6	7	0,0914	0,1299	0,2504	5:14:16 PM
5	1	5	5	6	7	8	0,1461	0,1307	0,3301	5:14:28 PM
6	1	6	6	7	8	9	0,0835	0,13	0,2258	5:14:38 PM
7	1	7	7	8	9	10	0,464	0,13	0,625	5:14:49 PM
8	1	8	8	9	10	11	0,227	0,1296	0,0789	5:15:00 PM
9	1	10	10	11	12	13	0,3466	0,13	0,1565	5:15:18 PM
10	1	11	11	12	13	14	0,529	0,1294	0,668	5:15:30 PM
11	1	12	12	13	14	15	0,2695	0,1305	0,437	5:15:41 PM
12	1	13	13	14	15	16	0,0049	0,1302	0,1694	5:15:52 PM
13	2	1	1	3	5	7	0,1986	0,1296	0,1351	5:16:03 PM
14	2	2	2	4	6	8	0,705	0,1297	0,648	5:16:13 PM
15	2	3	3	5	7	9	0,523	0,131	0,577	5:16:24 PM
16	2	4	4	6	8	10	0,807	0,131	0,855	5:16:35 PM
17	2	5	5	7	9	11	0,498	0,1303	0,56	5:16:46 PM
18	2	6	6	8	10	12	0,1255	0,1308	0,184	5:16:57 PM
19	2	7	7	9	11	13	0,3345	0,1299	0,2799	5:17:08 PM
20	2	8	8	10	12	14	0,0041	0,1305	0,0531	5:17:19 PM
21	2	10	10	12	14	16	0,594	0,131	0,653	5:17:38 PM
22	3	1	1	4	7	10	0,2779	0,1309	0,233	5:17:49 PM
23	3	2	2	5	8	11	0,0217	0,1295	0,0686	5:18:00 PM
24	3	3	3	6	9	12	1,28	0,1307	1,31	5:18:11 PM
25	3	4	4	7	10	13	0,446	0,1303	0,48	5:18:22 PM
26	3	5	5	8	11	14	0,6	0,1308	0,633	5:18:34 PM
27	3	6	6	9	12	15	0,3029	0,1306	0,2658	5:18:45 PM
28	3	7	7	10	13	16	0,2438	0,1308	0,2876	5:18:56 PM
29	4	1	1	5	9	13	1,164	0,1303	1,18	5:19:07 PM
30	4	2	2	6	10	14	0,97	0,1305	0,995	5:19:18 PM
31	4	3	3	7	11	15	0,67	0,13	0,681	5:19:29 PM
32	4	4	4	8	12	16	0,331	0,1305	0,3664	5:19:40 PM
33	5	1	1	6	11	16	0,991	0,1304	1,012	5:19:51 PM

Lampiran 5

Data Pengukuran Nilai Resistivitas Tanah Di Lintasan 1

Datum	Depth	Axis	A	M	N	B	SP(Volt)	I:AB(mA)	V:MN(Volt)	Time
1	1	1	1	2	3	4	0,2751	0,1214	0,2389	10:41:44 AM
2	1	2	2	3	4	5	0,435	0,1149	0,476	10:48:48 AM
3	1	3	3	4	5	6	0,3733	0,079	0,3361	10:42:04 AM
4	1	4	4	5	6	7	0,3996	0,1177	0,409	10:42:15 AM
5	1	5	5	6	7	8	0,1311	0,1216	0,1515	10:42:26 AM
6	1	6	6	7	8	9	0,1003	0,1217	0,1231	10:42:37 AM
7	1	7	7	8	9	10	0,1394	0,1259	0,1695	10:42:48 AM
8	1	8	8	9	10	11	0,0519	0,1284	0,0164	10:42:59 AM
9	1	10	10	11	12	13	0,458	0,127	0,386	10:43:18 AM
10	1	11	11	12	13	14	0,492	0,1278	0,508	10:43:30 AM
11	1	12	12	13	14	15	0,0557	0,1274	0,0043	10:52:12 AM
12	1	13	13	14	15	16	0,2321	0,1267	0,2653	10:43:51 AM
13	2	1	1	3	5	7	0,526	0,1255	0,54	10:44:02 AM
14	2	2	2	4	6	8	0,1841	0,1269	0,1604	10:44:13 AM
15	2	3	3	5	7	9	0,2322	0,101	0,2449	10:44:24 AM
16	2	4	4	6	8	10	0,631	0,1233	0,639	10:44:35 AM
17	2	5	5	7	9	11	0,2107	0,1207	0,2247	10:44:46 AM
18	2	6	6	8	10	12	0,0007	0,1214	0,013	10:44:56 AM
19	2	7	7	9	11	13	0,0788	0,1236	0,0618	10:45:07 AM
20	2	8	8	10	12	14	0,1522	0,1281	0,1662	10:45:18 AM
21	2	10	10	12	14	16	0,1412	0,1293	0,1609	10:45:37 AM
22	3	1	1	4	7	10	0,3016	0,128	0,2892	10:45:48 AM
23	3	2	2	5	8	11	0,3836	0,1268	0,3641	10:45:59 AM
24	3	3	3	6	9	12	0,765	0,0977	0,782	10:46:11 AM
25	3	4	4	7	10	13	0,704	0,1198	0,708	10:46:21 AM
26	3	5	5	8	11	14	0,548	0,1167	0,534	10:46:32 AM
27	3	6	6	9	12	15	0,0897	0,1224	0,0963	10:46:43 AM
28	3	7	7	10	13	16	0,1494	0,1247	0,1618	10:46:54 AM
29	4	1	1	5	9	13	0,2586	0,1255	0,2626	10:47:05 AM
30	4	2	2	6	10	14	0,78	0,1257	0,783	10:47:16 AM
31	4	3	3	7	11	15	0,93	0,0989	0,948	10:47:27 AM
32	4	4	4	8	12	16	0,3238	0,1218	0,3324	10:47:38 AM
33	5	1	1	6	11	16	0,725	0,126	0,727	10:47:48 AM

Lampiran 6

Data Pengukuran Nilai Resistivitas Tanah Di Lintasan 2

Datum	Depth	Axis	A	M	N	B	SP(Volt)	I:AB(mA)	V:MN(Volt)	Time
1	1	1	1	2	3	4	0,0217	0,1298	0,0241	1:39:40 PM
2	1	2	2	3	4	5	1,173	0,1302	1,207	1:39:51 PM
3	1	3	3	4	5	6	0,0345	0,1305	0,0015	1:40:01 PM
4	1	4	4	5	6	7	0,1084	0,1298	0,1564	1:40:12 PM
5	1	5	5	6	7	8	0,1409	0,1293	0,1166	1:40:23 PM
6	1	6	6	7	8	9	0,2356	0,13	0,2796	1:40:34 PM
7	1	7	7	8	9	10	0,1605	0,1295	0,2154	1:40:45 PM
8	1	8	8	9	10	11	0,0998	0,1301	0,1529	1:40:56 PM
9	1	9	9	10	11	12	0,0274	0,1298	0,011	1:41:07 PM
10	1	10	10	11	12	13	0,1821	0,1305	0,157	1:41:18 PM
11	1	11	11	12	13	14	0,1196	0,1307	0,1148	1:41:29 PM
12	1	12	12	13	14	15	0,603	0,13	0,648	1:41:40 PM
13	1	13	13	14	15	16	0,3373	0,1305	0,3176	1:41:51 PM
14	2	1	1	3	5	7	0,3555	0,1302	0,385	1:42:02 PM
15	2	2	2	4	6	8	0,1793	0,1302	0,1534	1:42:13 PM
16	2	3	3	5	7	9	0,504	0,1304	0,513	1:42:23 PM
17	2	4	4	6	8	10	0,588	0,1314	0,593	1:42:34 PM
18	2	5	5	7	9	11	0,345	0,1305	0,3706	1:42:45 PM
19	2	6	6	8	10	12	0,3069	0,1292	0,3369	1:42:55 PM
20	2	7	7	9	11	13	0,1088	0,1295	0,1266	1:43:06 PM
21	2	8	8	10	12	14	0,3902	0,1306	0,3727	1:43:17 PM
22	2	9	9	11	13	15	0,574	0,1306	0,569	1:43:29 PM
23	2	10	10	12	14	16	0,3125	0,1304	0,3349	1:43:40 PM
24	3	1	1	4	7	10	0,2519	0,1305	0,236	1:43:50 PM
25	3	2	2	5	8	11	0,3084	0,1306	0,3275	1:44:02 PM
26	3	3	3	6	9	12	0,295	0,1303	0,311	1:44:13 PM
27	3	4	4	7	10	13	1,008	0,131	1,017	1:44:23 PM
28	3	5	5	8	11	14	0,506	0,1306	0,516	1:44:34 PM
29	3	6	6	9	12	15	0,2303	0,1298	0,2439	1:44:45 PM
30	3	7	7	10	13	16	0,636	0,1313	0,626	1:44:56 PM
31	4	1	1	5	9	13	0,533	0,1304	0,531	1:45:07 PM
32	4	2	2	6	10	14	1,02	0,1306	1,013	1:45:18 PM
33	4	3	3	7	11	15	1,144	0,1303	1,145	1:45:29 PM
34	4	4	4	8	12	16	0,0359	0,1306	0,0479	1:45:40 PM
35	5	1	1	6	11	16	0,927	0,1308	0,93	1:45:52 PM

Lampiran 7

Data Pengukuran Nilai Resistivitas Tanah Di Lintasan 3

Datum	Depth	Axis	A	M	N	B	SP(Volt)	I:AB(mA)	V:MN(Volt)	Time
1	1	1	1	2	3	4	0,0081	0,1297	0,0476	2:38:58 PM
2	1	2	2	3	4	5	0,3858	0,1302	0,415	2:39:09 PM
3	1	3	3	4	5	6	0,1222	0,1306	0,1571	2:39:20 PM
4	1	4	4	5	6	7	0,0291	0,1302	0,0619	2:39:31 PM
5	1	5	5	6	7	8	0,0264	0,1303	0,0555	2:39:42 PM
6	1	6	6	7	8	9	0,1429	0,1308	0,1763	2:39:53 PM
7	1	7	7	8	9	10	0,1932	0,1312	0,1775	2:40:04 PM
8	1	8	8	9	10	11	0,0023	0,1308	0,0115	2:40:15 PM
9	1	9	9	10	11	12	0,3696	0,1308	0,421	2:40:26 PM
10	1	10	10	11	12	13	0,0737	0,1306	0,0523	2:40:37 PM
11	1	11	11	12	13	14	0,1066	0,1317	0,1368	2:40:48 PM
12	1	12	12	13	14	15	0,233	0,1297	0,2718	2:40:58 PM
13	1	13	13	14	15	16	0,008	0,1301	0,017	2:41:09 PM
14	2	1	1	3	5	7	0,0134	0,1309	0,0309	2:41:20 PM
15	2	2	2	4	6	8	0,063	0,1304	0,0822	2:41:31 PM
16	2	3	3	5	7	9	0,453	0,1307	0,451	2:41:43 PM
17	2	4	4	6	8	10	0,476	0,1311	0,482	2:41:54 PM
18	2	5	5	7	9	11	0,0027	0,1297	0,0155	2:42:05 PM
19	2	6	6	8	10	12	0,1831	0,1304	0,1872	2:42:16 PM
20	2	7	7	9	11	13	0,1852	0,1308	0,1986	2:42:27 PM
21	2	8	8	10	12	14	0,3102	0,1313	0,3298	2:42:38 PM
22	2	9	9	11	13	15	0,0539	0,1301	0,0409	2:42:49 PM
23	2	10	10	12	14	16	0,454	0,1301	0,473	2:42:59 PM
24	3	1	1	4	7	10	0,1712	0,1307	0,1899	2:43:10 PM
25	3	2	2	5	8	11	0,0569	0,1304	0,0736	2:43:22 PM
26	3	3	3	6	9	12	0,2958	0,1306	0,2842	2:43:32 PM
27	3	4	4	7	10	13	0,1637	0,1304	0,1517	2:43:43 PM
28	3	5	5	8	11	14	0,695	0,1308	0,696	2:43:55 PM
29	3	6	6	9	12	15	0,679	0,1303	0,674	2:44:06 PM
30	3	7	7	10	13	16	0,461	0,1301	0,468	2:44:17 PM
31	4	1	1	5	9	13	0,285	0,1297	0,2893	2:44:28 PM
32	4	2	2	6	10	14	0,1688	0,131	0,1601	2:44:38 PM
33	4	3	3	7	11	15	0,813	0,1306	0,806	2:44:49 PM
34	4	4	4	8	12	16	0,2978	0,1301	0,3051	2:45:01 PM
35	5	1	1	6	11	16	0,621	0,1294	0,623	2:45:12 PM

Lampiran 8

Data Pengukuran Nilai Resistivitas Tanah Di Lintasan 4

Datum	Depth	Axis	A	M	N	B	SP(Volt)	I:AB(mA)	V:MN(Volt)	Time
1	1	1	1	2	3	4	0,0256	0,127	0.0297	9:45:41 AM
2	1	2	2	3	4	5	0,431	0,1268	0.469	9:45:52 AM
3	1	3	3	4	5	6	0,0619	0,1275	0.1108	9:46:03 AM
4	1	4	4	5	6	7	0,0461	0,1257	0.1006	9:46:14 AM
5	1	5	5	6	7	8	0,1434	0,1272	0.1975	9:46:25 AM
6	1	6	6	7	8	9	0,1802	0,1291	0.2389	9:46:36 AM
7	1	7	7	8	9	10	0,1137	0,1242	0.1619	9:46:47 AM
8	1	8	8	9	10	11	0,1184	0,1281	0.0586	9:46:58 AM
9	1	10	10	11	12	13	0,429	0,1281	0.2858	9:47:16 AM
10	1	11	11	12	13	14	0,492	0,1288	0.546	9:47:27 AM
11	1	12	12	13	14	15	0,01	0,1287	0.0459	9:47:37 AM
12	1	13	13	14	15	16	0,0965	0,1291	0.1568	9:47:48 AM
13	2	1	1	3	5	7	0,0316	0,1236	0.0005	9:47:59 AM
14	2	2	2	4	6	8	0,0325	0,1286	0.0034	9:48:10 AM
15	2	3	3	5	7	9	0,457	0,1286	0.484	9:48:21 AM
16	2	4	4	6	8	10	0,1455	0,1273	0.1805	9:52:42 AM
17	2	5	5	7	9	11	0,3627	0,1286	0.3957	9:48:43 AM
18	2	6	6	8	10	12	0,0116	0,1286	0.0454	9:48:54 AM
19	2	7	7	9	11	13	0,2797	0,1246	0.247	9:49:05 AM
20	2	8	8	10	12	14	0,0307	0,1278	0.0622	9:49:15 AM
21	2	10	10	12	14	16	0,2337	0,1281	0.2688	9:49:35 AM
22	3	1	1	4	7	10	0,024	0,1272	0.0436	9:49:46 AM
23	3	2	2	5	8	11	0,1434	0,1284	0.1672	9:49:57 AM
24	3	3	3	6	9	12	0,722	0,1273	0.735	9:50:08 AM
25	3	4	4	7	10	13	0,3952	0,129	0.409	9:50:19 AM
26	3	5	5	8	11	14	0,1801	0,1273	0.2027	9:53:29 AM
27	3	6	6	9	12	15	0,1767	0,1281	0.1604	9:50:41 AM
28	3	7	7	10	13	16	0,1891	0,1248	0.2088	9:50:51 AM
29	4	1	1	5	9	13	1,002	0,1281	1.006	9:53:55 AM
30	4	2	2	6	10	14	0,618	0,1281	0.616	9:51:13 AM
31	4	3	3	7	11	15	0,684	0,127	0.68	9:51:25 AM
32	4	4	4	8	12	16	0,2244	0,1293	0.2371	9:51:36 AM
33	5	1	1	6	11	16	0,505	0,1271	0.504	9:51:47 AM

Lampiran 9

Sertifikat Hasil Pengujian Oleh BPIK



PEMERINTAH PROVINSI JAWA TENGAH
DINAS CIPTA KARYA DAN TATA RUANG
BALAI PENGUJIAN DAN INFORMASI KONSTRUKSI

Jln. Murbei 1 Timur, Srandul Wetan, Telp./ Fax. (024)7471705, Semarang - 50235

ISO/IEC 17025:2005



F.BPIK-MU- A
IV.0/01-10-2012
No 760/BPIK-2015/1236

SERTIFIKAT HASIL UJI
LABORATORIUM MUTU AIR

Nama / Alamat pelanggan : Sdri. HENNY PURWANTI
Jl. Kradenan Baru Semarang
Nama Kegiatan : Penelitian
Tanggal terima Benda Uji : 11 Agustus 2015
Jenis Benda Uji / dari / Kod : Air / A1169, 1-2
Kondisi contoh : Kemasan Jerigen plastik Volume 500 mL.
Metode pengambilan contoh : Oleh pelanggan
Metode Uji : SNI
Hasil Pengujian :

No.	Sampel yang diperiksa	COD mg/L	BOD mg/L	Salinitas ‰	Keterangan	Ketidaktetapan
1	2	3	4	5	6	7
1	OUTLET	1.450,40	608,81	0,40	3 SNI 6989.2-2009	2%
2	INLET	112.710,00	> 13.529,20	6,40	4 SNI 6989.72-2009	4%
					5 Hach. CO 150	2%

Catatan

Hasil tersebut diatas adalah sesuai dengan contoh yang dikirim oleh pemohon

Semarang, 27 Agustus 2015

Mengetahui :

An. Kepala Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Prov. Jateng
Kepala Balai Pengujian dan Informasi Konstruksi

Penanda tangan Sertifikat

F. DYAH WIDAYANTI
NIP. 19670402 199303 2 006



ANIEK CHANIFAH, MM
NIP. 19601105 198703 2 003

Lampiran 10

Foto – Foto Pengambilan Data



Lintasan yang diambil data nilai resistivitasnya



Memasang elektroda dengan menginjeksikan elektroda ke dalam tanah dengan menggunakan palu



Saat penginjeksian limbah cair hasil pengolahan alcohol ke dalam tanah



Penyambungan kabel dan memastikan kabel yang digunakan terhubung semua



Pengambilan data dengan menggunakan satu set alat geolistrik

Lampiran 11

Peta Geologi Lembar Surakarta

