



**PENDUGAAN AKUMULASI GAS METANA
DI TPA TAMAN KROCOK KABUPATEN BONDOWOSO
DENGAN METODE SELF POTENTIAL**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S1) dan mencapai gelar Sarjana

Oleh

**NURUL PUPUT DINA KAMELIA
NIM 111810201042**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**PENDUGAAN AKUMULASI GAS METANA
DI TPA TAMAN KROCOK KABUPATEN BONDOWOSO
DENGAN METODE SELF POTENTIAL**

SKRIPSI

Oleh

**NURUL PUPUT DINA KAMELIA
NIM 111810201042**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Alm. ayahanda Sahirudin dan Ibunda Patimah tercinta, terima kasih untuk doa, motivasi, kesabaran, kerja keras serta kasih sayang yang tercurahkan tiada henti;
2. guru-guru di TK Darmawanita, SDN 4 Kedungrejo, SDN 5 Parijatah Kulon, SMPN 2 Srono, MAN Genteng Banyuwangi, serta dosen-dosen di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing dengan penuh kesabaran;
3. Almamater tercinta Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTO

“wahai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan sholatmu sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah bersama dengan orang yang beriman”

(terjemahan surat Al-Baqarah ayat 153)*

“Perkataan yang baik dan pemberian maaf lebih baik daripada sedekah yang diiringi dengan sesuatu yang menyakitkan (perasaan si penerima). Allah Maha Kaya lagi Maha Penyantun”

(terjemahan Surat Al- Baqarah Ayat 263)*

*Departemen Agama Proyek Pengadaan Kitab Suci Al'Qur'an.1975. Al'Qur'an dan Terjemahannya. Jakarta: PT. Bumi Restu.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Nurul Puput Dina Kamelia

NIM : 111810201042

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “
Pendugaan Akumulasi Gas Metana di TPA Taman Krocok Kabupaten Bondowoso
dengan Metode Self Potential” adalah benar-benar hasil karya ilmiah antara dosen
pembimbing dan saya selaku mahasiswa, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan
sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya
jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan
sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan
paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata
di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Desember 2015
yang menyatakan,

Nurul Puput Dina K
NIM 111810201042

SKRIPSI

**PENDUGAAN AKUMULASI GAS METANA
DI TPA TAMAN KROCOK KABUPATEN BONDOWOSO DENGAN
METODE SELF POTENTIAL**

Oleh

**Nurul Puput Dina Kamelia
NIM 111810201042**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Supriyadi, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pendugaan Akumulasi Gas Metana di TPA Taman Krocok Kabupaten Bondowoso dengan Metode Self Potential” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji;

Ketua (DPU),

Sekretaris (DPA),

Supriyadi, S.Si., M.Si.

Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.

NIP 19820424 200604 1 003

NIP 19700327 199702 2 001

Penguji I,

Penguji II,

Ir. Misto, M.Si.

Endhah Purwandari, S.Si., M. Si.

NIP 1959112 199103 1 002

NIP 19811111 200501 2 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D
NIP 19610108 198602 1 001

RINGKASAN

Pendugaan Akumulasi Gas Metana di TPA Taman Krocok Kabupaten Bondowoso dengan Metode Self Potential; Nurul Puput Dina Kamelia, 111810201042; 2015: 63 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Gas Metana merupakan gas yang berasal dari penguapan air lindi di TPA Taman Krocok Kabupaten Bondowoso, dimana lindi merupakan cairan sampah organik yang telah membusuk sehingga gas metana dapat berasosiasi dengan lindi. Gas metana keberadaannya di TPA Taman Krocok dapat diketahui dengan menggunakan metode self potential dengan konfigurasi leaf frog. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan posisi dan kedalaman gas metana di setiap zona tumpukan sampah TPA. TPA Taman Krocok memiliki 4 zona tumpukan sampah (tinggi 3-5 meter), setiap zona terdiri dari beberapa lintasan dan setiap lintasan terdiri dari beberapa titik pengamatan, spasi antar lintasan dan antar titik memiliki jarak 2 meter. Pemodelan geometri berbentuk bola dilakukan untuk mengukur kedalaman gas metana. Sebelum melakukan pemodelan geometri berbentuk bola terlebih dahulu melakukan pemotongan melintang di daerah anomali yang terbentuk pada setiap zona.

Hasil penelitian yang dilakukan di TPA Taman Krocok menghasilkan 3 data yaitu data nilai potensial, jarak dan data GPS. Nilai potensial dan jarak diolah dengan surfer for windows 8.0 untuk menunjukkan kontur ekuipotensi yang dihasilkan. Kontur ekuipotensi menunjukkan adanya perbedaan warna yang berasal dari perbedaan nilai potensial dari masing-masing lintasan. Kontur ekuipotensi dan data GPS yang dihasilkan dapat menentukan posisi keberadaan gas metana di TPA Taman Krocok.

Penelitian dilakukan pada zona 1, 2, 3 dan 4 di TPA Taman Krocok Kabupaten Bondowoso. Zona 1 dan zona 2 merupakan tumpukan sampah lama

sedangkan zona 3 dan 4 merupakan tumpukkan sampah basah. Pada zona 1 dan zona 2 terdiri dari 5 lintasan, setiap lintasan terdiri dari 10 titik pengamatan. Zona 3 dan 4 terdiri dari 3 lintasan, setiap lintasan memiliki 5 titik pengamatan.

Nilai potensial yang didapatkan pada penelitian ini yaitu zona 1 memiliki nilai potensial antara -26,1 mV sampai 53,8 mV, zona 2 memiliki nilai potensial antara -2,6 mV sampai 2 mV, zona 3 memiliki nilai potensial antara -9,1 mV sampai -3 mV dan zona 4 memiliki nilai potensial antara -14 mV sampai 26 mV.

Kontur ekuipotensial yang diperoleh pada penelitian ini memiliki 6 daerah anomali yang berasal dari empat daerah anomali di zona 1, satu daerah anomali di zona 3 dan satu daerah anomali di daerah 4. Keenam daerah anomali tersebut dipotong melintang dan dimodelkan berdasarkan pemodelan geometri berbentuk bola. Keempat daerah anomali di zona 1 terletak di koordinat $07^{\circ} 53' 12,9''$ LS dan $113^{\circ} 52' 41,7''$ dengan kedalaman masing-masing gas metana yang didapatkan yaitu 1,06 meter, 1,27 meter, 1,32 meter dan 1,57 meter. Anomali yang berada di zona 3 terletak di koordinat $07^{\circ} 53' 12,4''$ sampai $07^{\circ} 53' 12,5''$ LS dan $113^{\circ} 52' 39,6''$ sampai $113^{\circ} 52' 39,7$ BT dengan kedalaman gas metana yaitu 1,86 meter. Sedangkan anomali yang berada di zona 4 terletak di koordinat $07^{\circ} 53' 13,2''$ sampai $07^{\circ} 53' 13,3''$ LS dan $113^{\circ} 52' 38,8$ BT dengan kedalaman gas metana yaitu 1,32 meter.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pendugaan Akumulasi Gas Metana di TPA Taman Krocok Kabupaten Bondowoso dengan Metode Self Potential”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Supriyadi, S.Si., M.si, selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini.
2. Nurul Priyantari, S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA) yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan, perbaikan, dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini;
3. Ir. Misto, S.Si., M.Si, selaku Dosen Penguji I dan Endhah Purwandari, S.Si., M.Si, selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktunya guna menguji, serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
4. bapak dan ibu dosen-dosen FMIPA UNEJ, dan dosen-dosen Jurusan Fisika khususnya yang telah banyak memberikan ilmu dan pengetahuan;
5. Alm. ayahanda Sahirudin dan Ibunda Patimah tercinta untuk doa, nasehat, kerja keras, motivasi dan kasih sayang yang selalu diberikan selama ini serta segala hal yang tidak dapat dicurahkan satu persatu;
6. kakak-kakakku tercinta terimakasih atas doa, semangat dan dukungannya selama ini;
7. Bagus Setiawan yang selalu tabah menghadapi sifat egoisku dan senang tiaan menemani saat suka dan duka;
8. sahabat Vita, Putri, Nola, Gagas, Novdi, Fina, Umi, Putri, Ira, Martien, mbak

Fina dan Ima yang telah berjuang bersama, mengajarkan arti persahabatan, memberikan dukungan dan atas kebersamaannya;

9. segenap penghuni Kos KPM dan GS selalu memberikan dukungan sebagai teman hidup bersama selama di Jember;
10. temen-temen Geofisika yang telah ikut serta dalam proses pengambilan data lapangan dan selalu meluangkan waktu untuk sharing sehingga skripsi ini terselesaikan;
11. semua pihak yang tidak bisa disebut satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan.

Jember, 16 Agustus 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKARTA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Penelitian	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sampah	5
2.1.1 Tempat Pengolahan Akhir Sampah (TPA)	6
2.1.2 Air Lindi (Leachate)	7
2.1.3 Gas Metana	7
2.2 Profil TPA Taman Krocok Kabupaten Bondowoso	9
2.3 Self Potential	10
2.4 Mekanisme Self Potential	11

2.4.1 Potensial Elektrokinetik	11
2.4.2 Potensial Elektrokimia	12
2.4.3 Potensial Mineralisasi	12
2.5 Pemodelan Pengukuran Self Potential	15
2.6 Interpretasi Bawah Permukaan Tanah Data Self Potential	16
BAB 3. METODE PENELITIAN	23
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.1.1 Waktu Penelitian	23
3.1.2 Tempat Penelitian	23
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	24
3.3 Diagram Alir Penelitian	25
3.4 Prosedur Penelitian	27
3.4.1 Akuisisi Data	27
3.4.2 Pengolahan Data	29
3.4.3 Analisa Data Self Potential	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Hasil	31
4.2 Pembahasan	57
BAB 5 PENUTUP	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN - LAMPIRAN	68
A. DATA HASIL PENGAMATAN	68
B. DATA PERHITUNGAN KEDALAMAN DENGAN PEMODELAN BERBENTUK BOLA	72
C. DOKUMENTASI PENELITIAN	88

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Komposisi biogas	9
2.2 Anomali self potential pada sumber mineral	11
2.3 Hubungan A/h dan x_{12}/h sebagai fungsi dari α	21
4.1 Hasil perhitungan pemodelan geometri bola di masing-masing zona	56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Oksidasi yang terjadi pada sulfida	13
2.2 Konfigurasi elektrode tetap	15
2.3 Konfigurasi elektrode leap frog	16
2.4 Benda yang terpolarisasi dan bayangannya	17
2.5 Potongan melintang dari kurva self potential sepanjang sumbu x	19
2.6 Master kurva hubungan antara $A/(x_{min} - x_{maks})$ dengan α	21
2.7 Master kurva hubungan antara α dengan $A/(x_{maks} - x_{1/2})$	22
3.1 Denah lokasi penelitian TPA Taman Krocok Bondowoso	24
3.2 Skema kerja penelitian	26
3.3 Skema kerja pengaturan elektroda non polar pada self potential metode leap frog	29
4.1 Hubungan jarak dengan nilai potensial pada lintasan 1 zona 1	32
4.2 Hubungan jarak dengan nilai potensial pada lintasan 2 zona 1	32
4.3 Hubungan jarak dengan nilai potensial pada lintasan 3 zona 1	33
4.4 Hubungan jarak dengan nilai potensial pada lintasan 4 zona 1	33
4.5 Hubungan jarak dengan nilai potensial pada lintasan 5 zona 1	34
4.6 Hubungan jarak dengan nilai potensial pada lintasan 1 zona 2	34
4.7 Hubungan jarak dengan nilai potensial pada lintasan 2 zona 2	35
4.8 Hubungan jarak dengan nilai potensial pada lintasan 3 zona 2	35
4.9 Hubungan jarak dengan nilai potensial pada lintasan 4 zona 2	36
4.10 Hubungan jarak dengan nilai potensial pada lintasan 5 zona 2	36
4.11 Hubungan jarak dengan nilai potensial pada lintasan 1 zona 3	37
4.12 Hubungan jarak dengan nilai potensial pada lintasan 2 zona 3	37

4.13 Hubungan jarak dengan nilai potensial pada lintasan 3 zona 3	38
4.14 Hubungan jarak dengan nilai potensial pada lintasan 1 zona 4	39
4.15 Hubungan jarak dengan nilai potensial pada lintasan 2 zona 4	39
4.16 Hubungan jarak dengan nilai potensial pada lintasan 3 zona 4	40
4.17 Kontur ekuipotensial yang dihasilkan pada lintasan 1 sampai lintasan 5 di zona 1 pada jarak koordinat X dan Y dalam meter dan perbedaan warna dalam mV.....	41
4.18 Kontur ekuipotensial yang dihasilkan pada lintasan 1 sampai lintasan 5 di zona 2 pada jarak koordinat X dan Y dalam meter dan perbedaan warna dalam mV	41
4.19 Kontur ekuipotensial yang dihasilkan pada lintasan 1 sampai lintasan 3 di zona 3 pada jarak koordinat X dan Y dalam meter dan perbedaan warna dalam mV.....	42
4.20 Kontur ekuipotensial yang dihasilkan pada lintasan 1 sampai lintasan 3 di zona 4 pada jarak koordinat X dan Y dalam meter dan perbedaan warna dalam mV	42
4.21 Potongan melintang yang dihasilkan zona 1	43
4.22 Potongan-potongan bagian anomali kurva ekuipotensial yang ada di zona 1.....	44
4.23 Potongan melintang yang dihasilkan oleh kurva ekuipotensial pada zona 3.....	45
4.24 Potongan melintang yang dihasilkan oleh kurva ekuipotensial pada zona 4.....	46
4.25 Kurva potensial zona 1 bagian 1 potongan pertama	47
4.26 Kurva potensial zona 1 bagian 1 potongan kedua.....	47
4.27 Kurva potensial zona 1 bagian 1 potongan ketiga	48
4.28 Kurva potensial zona 1 bagian 2 potongan pertama	48
4.29 Kurva potensial zona 1 bagian 2 potongan kedua.....	49
4.30 Kurva potensial zona 1 bagian 2 potongan ketiga	49

4.31 Kurva potensial zona 1 bagian 3 potongan pertama	50
4.32 Kurva potensial zona 1 bagian 3 potongan kedua.....	50
4.33 Kurva potensial zona 1 bagian 3 potongan ketiga	51
4.34 Kurva potensial zona 1 bagian 4 potongan pertama	51
4.35 Kurva potensial zona 1 bagian 4 potongan kedua.....	52
4.36 Kurva potensial zona 1 bagian 4 potongan ketiga	52
4.37 Kurva potensial zona 3 potongan pertama	53
4.38 Kurva potensial zona 3 kedua	53
4.39 Kurva potensial zona 3 pertama.....	54
4.40 Kurva potensial zona 4 kedua	54
4.41 Dokumentasi pembakaran gas metana pada TPA Taman Krocok Kabupaten Bondowoso.....	54

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masyarakat umumnya membuang sampah pada tempat yang telah disediakan. Setiap hari sampah tersebut diangkut ke Tempat Pembuangan Sementara (TPS), kemudian sampah diangkut oleh truk-truk sampah ke Tempat Pengolahan Akhir (TPA). Sampah-sampah pada TPA akan mengalami proses pembusukan yang dapat mengundang aroma bau tak sedap dan sumber penyakit akibat dari pertumbuhan nyamuk dan lalat. Keadaan di TPA akan mempengaruhi kondisi lingkungan hidup di sekitarnya menjadi kurang baik. Pada proses pembusukan sampah terdapat lendir, apabila lendir ini dikenai tetesan air hujan maka lendir ini akan menjadi lindi. Lindi akan masuk ke dalam lapisan tanah dan aliran air di dalam tanah sehingga kualitas air dan tanah di sekitar TPA mengalami pencemaran.

Air lindi yang berasal dari proses pembusukan sampah organik dapat menjadi gas. Gas yang dihasilkan tersebut mengandung 56,82% sampai 69,58 % gas metana. Pembentukan gas metana berawal dari bau tak sedap akibat pembusukan sampah yang mengenai lindi, dalam beberapa waktu tertentu bau tidak sedap akan hilang bersamaan dengan proses penguapan, gas dari penguapan tersebut adalah gas metana (Sabari, et al. 2010).

Banyaknya gas metana yang dihasilkan TPA bergantung pada lamanya proses pembusukan dan tebalnya sampah pada suatu TPA. Selain itu gas produksi gas metana pada suatu TPA juga bergantung pada jenis sampah organiknya. Gas metana bermanfaat untuk sumber energi terbarukan. Dampak negatif dari gas metana yaitu gas metana mengandung nitrogen oksida dan karbon monoksida yang dapat

mempengaruhi pemanasan global yaitu emisi gas rumah kaca dan zat yang mudah menguap (Hambali, et al. 2007).

TPA Taman Krocok Bondowoso merupakan satu-satunya TPA yang berada di Kabupaten Bondowoso. Berdasarkan hasil survei lapangan, TPA ini diresmikan pada bulan Mei tahun 2013 dengan luas area 1,6 Ha dan bersifat sistem terbuka yang disebut dengan open dumping. Setiap hari TPA Taman Krocok menampung sampah sebanyak 5 unit truk sampah. Setiap truk sampah berisi 2-3 ton sampah. Sampah yang berada di TPA Taman Krocok berasal dari pasar tradisional dan perumahan yang berada di kawasan perkotaan. TPA Taman Krocok baru memulihkan kembali pengolahan sampah secara baik yang tadinya sempat vakum dalam beberapa tahun. Pengolahan sampah yang dilakukan TPA Taman Krocok yaitu pembuatan biogas dan pupuk organik. Sampai saat ini, TPA ini belum dibangun tembok pemisah antara lahan TPA dengan lahan pertanian. Lahan pertanian sekitar TPA memiliki jarak kurang dari 200 m dengan TPA. Lahan tersebut hampir mengelilingi TPA dan sekitar TPA terdapat sungai besar (Jawapos, 2014).

Komposisi sampah yang masuk di TPA Taman Krocok meliputi sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik pada TPA Taman Krocok telah dimanfaatkan sebagai pupuk kompos. Sedangkan lindi yang terdapat pada TPA tersebut belum dimanfaatkan. Beberapa contoh penelitian pemanfaatan lindi untuk gas metana yaitu di TPA Puri Cempo Mojosari, Indarto (2007) melakukan penelitian tentang pengaruh kematangan sampah terhadap produksi gas metana yang digunakan untuk mencari gas metana pada kematangan sampah. Anggraini et al. (2012) melakukan penelitian di Palembang tentang pengaruh jenis sampah dan umur sampah terhadap pembentukan sampah, penelitian tersebut digunakan untuk mengetahui pembentukan gas metana pada sampah. Wahyono (2013) melakukan penelitian tentang pengelolaan sampah berbasis renewable energy, pengolahan sampah jenis ini digunakan untuk mengurangi volume sampah kota dengan memanfaatkan kandungan gas metana sebagai energi alternatif. Sabari et al. (2012) melakukan penelitian tentang pemanfaatan lindi (limbah cair sampah) untuk produksi biogas sebagai upaya

menanggulangi dampak pencemaran sampah. Kurniasari et al. (2014) melakukan penelitian tentang penutupan landfill menggunakan sampah lama untuk mengurangi gas metana pada empat TPA di Bandung.

Salah satu metode untuk mendeteksi bawah permukaan tanah dengan menggunakan metode geolistrik. Geolistrik merupakan metode eksplorasi yang digunakan untuk mengetahui keadaan bawah permukaan tanah dengan memanfaatkan sifat-sifat kelistrikan permukaan tanah. Metode geolistrik memiliki eksplorasi yang sangat beragam antara lain metode self potential, metode geolistrik, metode elektromagnetik dan metode polarisasi magnetik (Telford, et al. 1990).

Metode potensial diri atau yang dikenal dengan nama self potential (SP) merupakan metode yang digunakan untuk mengukur potensial alami di permukaan dalam tanah. Penelitian menggunakan metode self potential banyak digunakan diantaranya Hamzah et al. (2008) meneliti pola aliran air dalam media berpori, Fithria et al.(2012) meneliti tentang distribusi pola penyebaran dan kedalaman air di salah satu lapangan tua di Semarang, Syamsu et al. (2011) meneliti tentang estimasi aliran lindi di TPA Bantar Gebang Bekasi. Rahmawati (2008) meneliti tentang pola aliran air lindi di TPA Pakusari. Penelitian-penelitian di atas menunjukkan bahwa metode self potential sangat efektif untuk mengidentifikasi aliran lindi ataupun gas metana pada TPA.

Berdasarkan uraian di atas, TPA Taman Krocok Bondowoso memiliki potensi kandungan gas metana yang semakin meningkat. Kandungan gas metana yang tidak diolah dengan baik akan menimbulkan ledakan seperti yang terjadi di TPA Bantar Gebang Bekasi pada tahun 2011 lalu. Oleh sebab itu, maka dilakukannya sebuah penelitian menggunakan metode self potential. Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui spot-spot gas metana pada TPA Taman Krocok. Metode self potential akan menunjukkan adanya anomali yang berasosiasi dengan potensial alami yang diakibatkan oleh aliran lindi. Menurut Priyambada (2010) lindi pada TPA adalah sumber utama gas metana yang terdapat pada TPA.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut bagaimanakah akumulasi gas metana di TPA Taman Krocok Bondowoso dengan menggunakan self potential?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian identifikasi akumulasi gas metana di Tempat Pengolahan Akhir sampah (TPA) Kecamatan Taman Krocok Kabupaten Bondowoso dengan menggunakan self potential memiliki batasan masalah yaitu:

1. Akuisisi data di lapangan menggunakan metode self potential konfigurasi potensial gradient (leap frog).
2. Pengolahan data menggunakan software surfer for windows 8.0.
3. Pengambilan data dilakukan pada lokasi dengan ketinggian lebih dari 3 meter di TPA Taman Krocok Kabupaten Bondowoso.
4. Metana diasumsikan bersosiasi dengan lindi.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pola sebaran gas metana di TPA Taman Krocok Bondowoso sehingga dapat mengetahui keberadaan gas metana di daerah tersebut dengan menggunakan metode self potential.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari hasil penelitian ini yaitu:

1. Untuk mencegah timbulnya ledakan yang akibat dari penyumbatan gas metana di daerah TPA Taman Krocok Bondowoso.
2. Memberikan informasi keberadaan gas metana dalam tumpukan sampah.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

Sampah adalah suatu bahan yang terbuang atau dibuang yang bersumber dari aktifitas manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis (Basriyanta, 2007). Pengertian sampah berdasarkan organisasi dunia seperti American Public Health Association (APHA), sampah adalah sesuatu yang tidak dapat digunakan yang berasal dari aktifitas manusia yang dibuang. Berdasarkan World Health Organization (WHO), sampah adalah sesuatu yang tidak terpakai, tidak disukai, dibuang dan berasal dari kegiatan manusia yang terjadi dengan begitu saja. Sampah organik mungkin digunakan lagi akan tetapi pada akhirnya sampah tersebut akan dibuang karena tidak terpakai lagi (Dainur, 1995).

Menurut Basriyanta (2007) penggolongan sampah ini dapat didasarkan atas beberapa kriteria, yaitu didasarkan atas asal, komposisi, bentuk, lokasi, proses terjadinya, sifat dan jenisnya. Penggolongan sampah, meliputi:

- a. Penggolongan sampah berdasarkan asalnya meliputi sampah kegiatan rumah tangga, industri atau pabrik, perdagangan dan pembangunan.
- b. Penggolongan sampah berdasarkan komposisinya. Sampah jenis ini berdasarkan isi sampah yaitu sampah yang sejenis dan tidak sejenis.
- c. Penggolongan sampah berdasarkan bentuknya, bentuk sampah yang diketahui selama ini ada 3 yaitu padat, cair dan gas
- d. Penggolongan sampah berdasarkan lokasinya meliputi sampah perkotaan (urban) dan sampah daerah (pedesaan atau pesisir).
- e. Penggolongan sampah berdasarkan proses terjadinya yaitu secara alami dan non-alami. Sampah non alami terjadi karena kegiatan manusia

- f. Penggolongan sampah berdasarkan sifatnya, ada dua jenis yaitu sampah organik dan anorganik.
- g. Penggolongan sampah berdasarkan jenisnya meliputi sampah makanan, sampah kebun, sampah plastik, sampah kain, sampah kayu, sampah logam, sampah kaca atau keramik dan sampah abu

Ada pula pengolahan sampah digolongkan berdasarkan pelapukannya yaitu sampah lapuk, sampah tak mudah lapuk dan sampah tak lapuk.

Berbagai aktifitas manusia menimbulkan sampah, maka setiap hari volume sampah terus bertambah. Oleh sebab itu terdapat beberapa upaya dalam mengolah sampah yaitu mengolah sampah berbasis 3R (Reduce, Reuse, Recycle) yang berarti pengolahan sampah dengan cara mengurangi, menggunakan kembali, mendaur ulang (Widyatmoko dan Sintorin, 2002). Cara lain mengolah sampah yaitu dengan metode landfill dan metode incenerator. Metode landfill adalah metode yang digunakan untuk membusukkan sampah pada wadah besar sedangkan metode incenerator merupakan metode untuk mengolah sampah dengan cara membakarnya (Rushbrook, et al. 2005).

2.1.1 Tempat Pengolahan Akhir Sampah (TPA)

Tempat Pengolahan Akhir (TPA) sampah adalah suatu ruang dimana sampah dikumpulkan dan diolah sedemikian rupa sehingga dapat dimanfaatkan kembali benda yang telah diletakkan pada ruang tersebut. TPA memiliki prinsip kerja yaitu mengolah atau meminimalkan sampah domestik ke tempat pembuangan akhir sehingga tidak mengganggu ekosistem pada lingkungan sekitar, baik setelah melakukan pengolahan maupun tanpa pengolahan terlebih dahulu. Ruang yang dijadikan TPA sebaiknya telah terencana dalam perencanaan tata ruang kota. Selanjutnya membuat konsep rencana penataan kembali ruang TPA yang telah habis masa pemakaiannya. Lebih dari setengah ruang pada TPA mengandung sampah organik. Sampah organik yang membusuk dapat menyebabkan pencemaran air, tanah dan udara (Djamin, 2007).

Pada TPA terdapat banyak sampah yang bertumpuk hingga beberapa meter sehingga dapat menyebabkan proses dekomposisi alamiah yang menimbulkan sampah menjadi menjadi pupuk organik dan apabila terkena hujan akan menimbulkan air lindi (Djamin, 2007).

Rushbrook et al. (2005) mengatakan bahwa sistem pemrosesan sampah pada TPA ada tiga cara yaitu sistem open dumping, sistem control landfill dan sistem sanitary landfill. Sistem open dumping adalah sistem pembuangan dan penimbunan sampah pada suatu tempat tanpa adanya perlakuan khusus sehingga lingkungan disekitarnya terganggu. Sistem control landfill adalah suatu sistem pembuangan sampah yang berupa cekungan permukaan tanah sehingga TPA tersebut permukaannya rata dan dapat ditutupi oleh tanah yang dilakukan secara periodik. Sistem sanitary landfill adalah sistem penutupan sampah dengan tanah yang menyebabkan sampah terkubur oleh tanah.

2.1.2 Air Lindi (Leachate)

Sampah organik yang busuk jika dikenai air hujan akan menjadi lindi. Air lindi merupakan air dengan konsentrasi kandungan organik yang tinggi yang terbentuk dalam landfill akibat adanya air hujan yang masuk ke dalam landfill. Lindi atau leachate merupakan cairan limbah sampah yang mengalir di bawah tumpukan sampah terapung pada suatu tempat terendah (Mutawakil, 2006).

Pengolahan air lindi dapat dilakukan dengan berbagai alternatif seperti : resirkulasi air lindi kembali ke dalam landfill. Hal ini dapat meningkatkan laju dekomposisi kandungan organik menjadi biogas hingga sekitar 70%. Resirkulasi air lindi dapat dilakukan pada musim kemarau, sedangkan pada musim hujan, air lindi harus diolah untuk mengurangi volumenya (Gareso, et al. 2010).

2.1.3 Gas Metana

Sampah yang dibuang pada TPA di Indonesia kebanyakan langsung dibuang di tanah tanpa adanya pelapisan seperti beton sehingga komposisi yang terdapat di

sampah dapat mengganggu kesuburan tanah karena adanya sampah yang mengandung Bahan Buangan Berbahaya (B3). Pengumpulan sampah di ruang terbuka dapat berpotensi menghasilkan lindi terutama di saat musim hujan. Lindi yang mengalir bersama dengan aliran air tanah yang mengakibatkan air tanah tercemar. Akibat dari proses pembusukan sampah muncul aroma tak sedap. Aroma tak sedap ini berasal dari gas-gas yang dihasilkan saat proses pembusukan. Gas-gas tersebut antara lain adalah CO, CO₂, CH₄, H₂S, dan lain-lain (Hambali. et al, 2007).

Menurut Hambali et al. (2007) pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh sampah dapat diatasi dengan penanggulangan untuk mencegah timbunan sampah dan melakukan pengolahan sampah secara tepat untuk kepentingan kesehatan masyarakat sangat perlu untuk dilakukan. Salah satu cara untuk menangani sampah terutama sampah organik adalah menerapkan teknologi sederhana, yaitu dengan mengolah sampah menjadi kompos dan biogas.

Biogas yang dihasilkan dari sampah organik merupakan gas yang mudah terbakar dan didominasi senyawa metana dan senyawa CO. Gas ini dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob yang tahan pada wilayah atau area yang kedap udara. Semua jenis bahan organik yang mengandung senyawa karbohidrat, protein, lemak bisa diproses untuk menghasilkan biogas. Namun, keheterogenan sampah organik dapat mengakibatkan bakteri anaerobik tidak dapat hidup sehingga perlu pengolahan lebih lanjut agar sampah tersebut benar-benar dapat digunakan sebagai bahan baku untuk memproduksi biogas (Widyatmoko dan Sintori, 2002).

Sampah dari bahan organik yang homogen, baik padat maupun cair sangat cocok sebagai umpan pada sistem peralatan produksi biogas secara sederhana. sampah yang terdapat di TPA dapat dijadikan biogas sebagai energi terbarukan dengan menggunakan proses anaerobik digester untuk menentukan fase perkembangan bakteri dan komposisi sampah yang dijadikan biogas (Hambali. et al, 2007). Menurut Zhang dalam Bahri et al. (2011), menyatakan bahwa kandungan metana dalam biogas yang diproduksi oleh reaktor berbeda-beda tergantung jenis

feed, komposisi masukan, dan lama waktu fermentasi serta kapasitas reaktor. Secara umum komposisi biogas dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini :

Table 2.1 Komposisi biogas

Komponen	Persentase (% volume)
Metana (CH ₄)	55-75
Karbon dioksida (CO ₂)	25-45
Nitrogen (N ₂)	0-0,3
Hidrogen (H ₂)	1-5
Hidrogen sulfida (H ₂ S)	0-3
Oksigen (O ₂)	0,1-0,5

Sumber: Hermawan dalam Bahri D (2011).

2.2 Profil TPA Taman Krocok Kabupaten Bondowoso

Menurut Undang-undang No 3 Tahun 2011 tentang pengolahan sampah di Kabupaten Bondowoso menyatakan bahwa jumlah penduduk Kabupaten Bondowoso memiliki tingkat pertumbuhan tinggi, kehidupan masyarakat yang semakin konsumtif sehingga menimbulkan bertambahnya volume, jenis, dan karakteristik sampah yang semakin beragam di wilayah Kabupaten Bondowoso. Masyarakat dalam mengelola sampah masih bertumpu pada pendekatan akhir (end-of-pipe), yaitu sampah dikumpulkan, diangkut, dan dibuang ke tempat pemrosesan akhir sampah. Padahal, timbunan sampah dengan volume yang besar di lokasi tempat pemrosesan akhir sampah berpotensi melepas gas metana yang dapat meningkatkan emisi gas rumah kaca dan memberikan kontribusi terhadap pemanasan global.

Tempat Pembuangan Akhir sampah (TPA) di Kecamatan Bondowoso terletak di Desa Paguan, Kecamatan Taman Krocok, Kabupaten Bondowoso. TPA Taman Krocok Bondowoso memiliki luas 1,6 Ha dan bersifat open dumping. Setiap hari TPA taman Krocok menampung 5 truk sampah yang setara dengan 143 m³ sampah. Sampah tersebut berasal dari pasar tradisional, pertokoan dan perumahan yang berada di pusat kota (Jawapos, 2014).

2.3 Self Potential

Self potential merupakan potensial listrik yang terjadi secara alami dari bumi yang dihasilkan dari geologi, geokimia dan interaksi hidrologi yang menyebabkan potensial listrik ada di bumi di sekitar titik pengukuran (Corry, et al. 1983). Menurut Telford. et al (1990), self potential adalah potensial spontan yang ada di permukaan bumi yang diakibatkan oleh adanya proses mekanis ataupun oleh proses elektrokimia yang dikontrol oleh air tanah.

Self potential yang dihasilkan oleh adanya gradien alam potensial listrik. Dalam situasi lapangan self potential mungkin timbul dari potensial termoelektrik, konsekuensi dari gradien suhu, dari potensial kimia yang berasal dari gradien konsekuensi kimia, dan dari potensial streaming, fenomena elektrokinetik, konsekuensi dari cairan gradien tekanan. Anomali self potential sering diasumsikan hasil terutama dari fenomena elektrokinetik karena koefisien termoelektrik dan kimia yang lebih kecil dari koefisien elektrokinetik (Telford, et al. 1990).

Menurut Telford. et al (1990) anomali yang terlihat pada data self potential berupa nilai potensial yang terukur pada jarak tertentu yang dapat dibuat grafik antara nilai offset dengan nilai potensial yang terukur. Hal ini disebut dengan peta kontur ekuiopotensial yang dihasilkan. Nilai potensial yang terukur antara beberapa mV hingga ratusan mV baik terpolarisasi positif maupun terpolarisasi negatif. Nilai potensial pada self potential bergantung pada sumber jebakan atau kondisi geologi.

Berdasarkan hasil penelitian Rahmawati (2008) menyatakan bahwa anomali lindi yang terlihat pada data self potential adalah negatif yang berkisar antara -4 mV sampai -12 mV. Beberapa nilai potensial yang dapat dilihat pada pengukuran self potential ditunjukkan tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Anomali self potential pada sumber mineral

Sumber	Tipe Anomali
Potensial background	
- Reaksi Geokimia dan streaming fluida	Positif atau negatif kurang dari sama dengan 100 mV
- Bioelektrik (pohon dan Tanaman)	Negatif kurang dari sama dengan 300 mV
- Pergerakan air tanah	Positif atau negatif lebih dari ratusan mV
- Topografi	Negatif lebih dari 2V
Potensial Mineral	
- Sulfida (pyrite, chalcopyrite, pyrrotite, sphalerite, galena)	Negatif mencapai ratusan mV
- Graphite (magnetite dan bahan konduksi elektronik	Negatif mencapai ratusan mV
- Coal	Negatif mencapai ratusan mV
- Mangan	Negatif mencapai ratusan mV
- Kuarsa	Positif mencapai ratusan mV
- Pegmatit	Positif mencapai ratusan mV

Sumber: Reynold. J. M (1997).

2.4 Mekanisme Self Potential

Pada metode self potential terdapat beberapa mekanisme dalam menentukan unsur yang terbaca antara lain potensial elektrokinetik, potensial elektrokimia, dan potensial mineral.

2.4.1 Potensial Elektrokinetik

Menurut Telford. et al (1990) metode self potential merupakan metode eksplorasi Sumber Daya Alam (SDA) yang digunakan dalam geofisika. Akhir-akhir ini metode self potential banyak dikembangkan untuk eksplorasi air tanah atau groundwater. Salah satu self potential adalah potensial elektrokinetik yang biasa juga

disebut streaming potensial. Mekanisme yang terjadi sehingga muncul potensial elektrokinetik adalah berkaitan dengan perembesan air dalam medium berpori. Oleh karena itu, potensial elektrokinetik dapat digunakan untuk eksplorasi perembesan air tanah (groundwater).

Karakteristik gradien regional background potential yaitu dengan luasan beberapa mil hasil pengukuran menunjukkan beberapa mV dengan nilai positif dan negatif yang disebabkan oleh adanya perubahan difusi tanah dan potensial listrik pada tanah. Gradien selanjutnya nilai yang terukur berubah sangat cepat dan acak pada baseline background potential. Hal ini disebabkan oleh dengan intensitas hujan, badai variasi magnet dan topografi (Telford, et al. 1990).

2.4.2. Potensial Elektrokimia

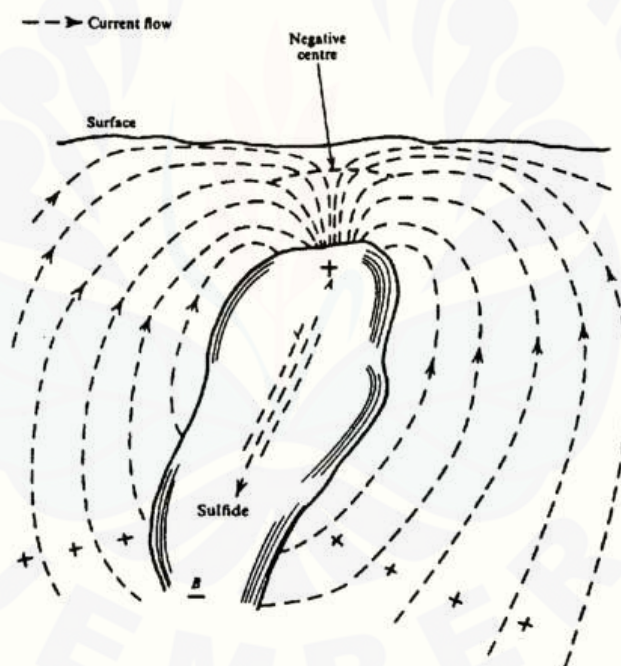
Perubahan potensial difusi secara transien dapat mencapai puluhan mV disebabkan oleh perbedaan mobilitas elektrolit yang memiliki konsentrasi berbeda di dalam air tanah. Peristiwa potensial pada background dapat dipertahankan dengan mengganggu konsentrasi pada elektrolit. Apabila tidak terjadi perbedaan konsentrasi maka difusi akan hilang pada waktu tertentu. Potensial elektrokimia dipengaruhi oleh nerst potential dan potensial difusi. Nerst potential merupakan perbedaan potensial dari dua elektroda yang dicelupkan ke dalam larutan homogen yang memiliki konsentrasi larutan tertentu. Potensial difusi terjadi akibat dari perbedaan mobilitas ion dalam larutan elektrolit (Telford, et al. 1990).

2.4.3 Potensial Mineralisasi

Lowrie (1997) menyatakan bahwa dalam mengidentifikasi mineral di lapangan (permukaan tanah), anomali self potential terjadi apabila berada pada zona oksidasi. Menurut Telford et al. (1990) proses mineralisasi yang terjadi pada self potential apabila amplitudo yang dihasilkan berkisar antara 200-1000 mV. Nilai potensial yang dihasilkan selalu negatif dan dalam keadaan yang stabil. Nilai potensial yang terukur negatif telah dibuktikan pada penelitian Yungul dalam Telford

et al. (1990) di Turki yang menunjukkan bahwa anomali terendah pada saat itu sebesar -120 mV yang menunjukkan adanya pyrite dalam daerah yang ditinjau.

Pada gambar 2.1, Sato dan Mooney (1960) dalam Telford, et al (1990) menjelaskan bahwa timbulnya potensial disebabkan oleh mineral yang teramati. Ketika sebagian elektroda berada di atas permukaan air tanah terbentuklah katoda sebagai hasil dari reduksi ion di sekeliling elektrolit sehingga memerlukan elektron. Sebaliknya di bawah permukaan air tanah terbentuknya anoda dimana oksidasi lebih dominan dan ion kehilangan elektronnya. Peran elektroda adalah meneruskan aliran elektron dari bagian atas permukaan menjadi lebih negatif dan bagian bawah lebih positif.



Gambar 2.1 Oksidasi yang terjadi pada sulfida (Sumber: Telford, et al. 1990).

Persamaan untuk menentukan potensial elektrokinetik potensial nerst dan potensial difusi yaitu

$$E_k = -\frac{\phi \Delta P \varepsilon \rho}{4\pi \eta} \quad (2.1)$$

$$E_d = -\frac{R\theta(I_a - I_c)}{F_n(I_a + I_c)} \log\left(\frac{C_1}{C_2}\right) \quad (2.2)$$

$$E_s = -\frac{R\theta}{F_n} \log\left(\frac{C_1}{C_2}\right) \quad (2.3)$$

Keterangan:

ϕ = Potensial absorpsi (Volt)

ΔP = Beda tekanan (Pa)

ε = Konstanta dielektrik larutan

ρ = Resistivitas listrik ($\Omega \cdot m$)

η = Koefisien larutan (Pa.s)

R = Konstanta gas ($8,31 J/^\circ C \cdot mol$)

F_n = Konstanta Faraday ($9,65 \times 10^4 C/mol$)

θ = Temperatur absolute (K)

n = Valensi

I_a = Mobilitas anion

I_c = Mobilitas kation

C = Konsentrasi larutan (mol/m^2)

E_d = Potensial difusi (Volt)

E_s = Potensial nernst (Volt)

E_k = Potensial elektrokinetik (Volt)

(Kartini dan Hermowo, 2005).

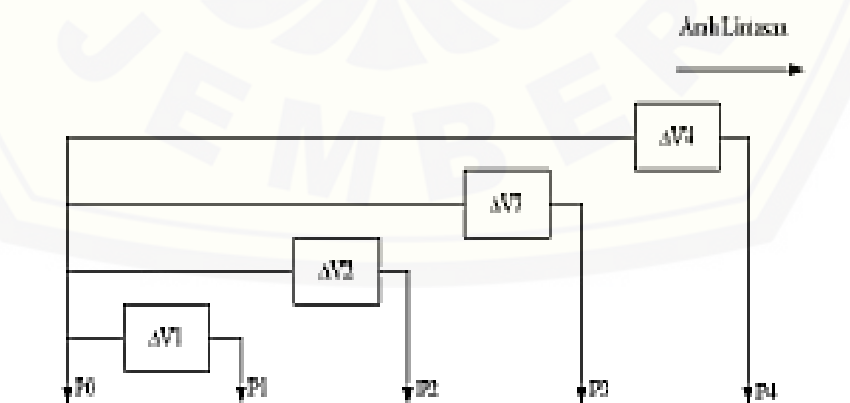
Jika sebuah elektroda ditancapkan ke tanah sebagai elektrode potensial, maka resultan gaya elektrokimia pada bidang kontak antara elektrode dengan tanah air akan membentuk potensial palsu (spurious) meski tidak ada arus yang melaluinya. Potensial palsu ini mempunyai nilai berbeda-beda antara satu tempat dengan tempat yang lain, atau antara satu waktu terhadap waktu yang lain, sehingga sangat sulit membuat faktor koreksinya untuk mereduksi nilai potensial ini. Konsensuensinya diperlukan yang bersifat non polarisasi, sehingga nilai potensialnya tidak dipengaruhi

oleh arus yang melewatinya. Elektroda semacam ini dapat didesain dari logam penghantar yang dicelupkan ke dalam larutan jenuhnya, misalnya logam Cu dalam larutan CuSO_4 , logam Zn dalam larutan ZnSO_4 dan sebagainya. Logam dan larutan tersebut dikemas dalam sebuah container berbentuk pot berpori (porous pot). Penggunaan pot berpori dimaksudkan agar larutan dapat merembes secara perlahan sehingga membuat kontak dengan tanah (Telford, et al. 1990).

2.5 Pemodelan Pengukuran Self Potential

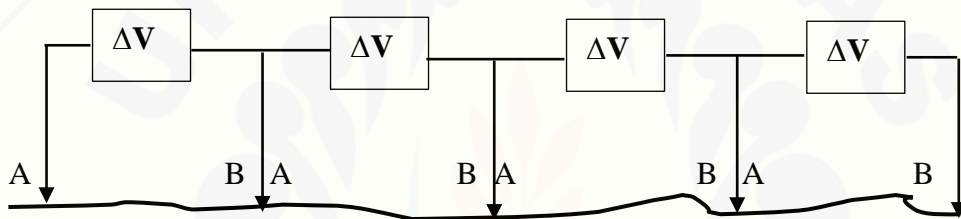
Menurut Meiser (1962) proses pengambilan data self potential ada dua macam yaitu potensial leap frog dan konfigurasi elektroda tetap. Konfigurasi elektroda tetap yaitu dengan menjaga satu elektroda tetap di stasiun base atau titik referensi, sedangkan elektroda lainnya bergerak dari satu titik ukur ke titik ukur lainnya, seperti yang digambarkan pada gambar 2.2.

Konfigurasi elektrode tetap menggunakan dua elektrode yaitu elektrode A dan elektrode B. Pada konfigurasi elektrode tetap, elektrode A tidak bergerak di setiap lintasan sedangkan elektrode B bergerak sebanyak titik yang berada pada suatu lintasan. Keuntungan dari konfigurasi bergerak ini yaitu membutuhkan kabel yang pendek sehingga kerusakan alat dapat diminimalkan. Kekurangan dari elektrode bergerak yaitu nilai eror pada setiap titik selalu bertambah pada setiap interval (Meiser, 1962).



Gambar 2.2 Konfigurasi elektrode tetap (Sumber: Meiser, 1962)

Konfigurasi elektrode potensial gradien (leap frog) adalah konfigurasi yang hampir menyerupai konfigurasi elektrode bergerak. Pada konfigurasi potensial gradien pemindahan elektrode A bergerak di titik elektrode B, sedang elektrode B bergerak ke titik selanjutnya. Kelebihan konfigurasi elektrode potensial gradien yaitu nilai eror yang diperoleh relatif lebih kecil sehingga polarisasi elektrode membutuhkan waktu cepat dan kabel yang dibutuhkan pendek. Kekurangan konfigurasi potensial gradien yaitu variasi waktu yang pendek menyebabkan kesulitan dalam mengenali noise (Meiser, 1962).



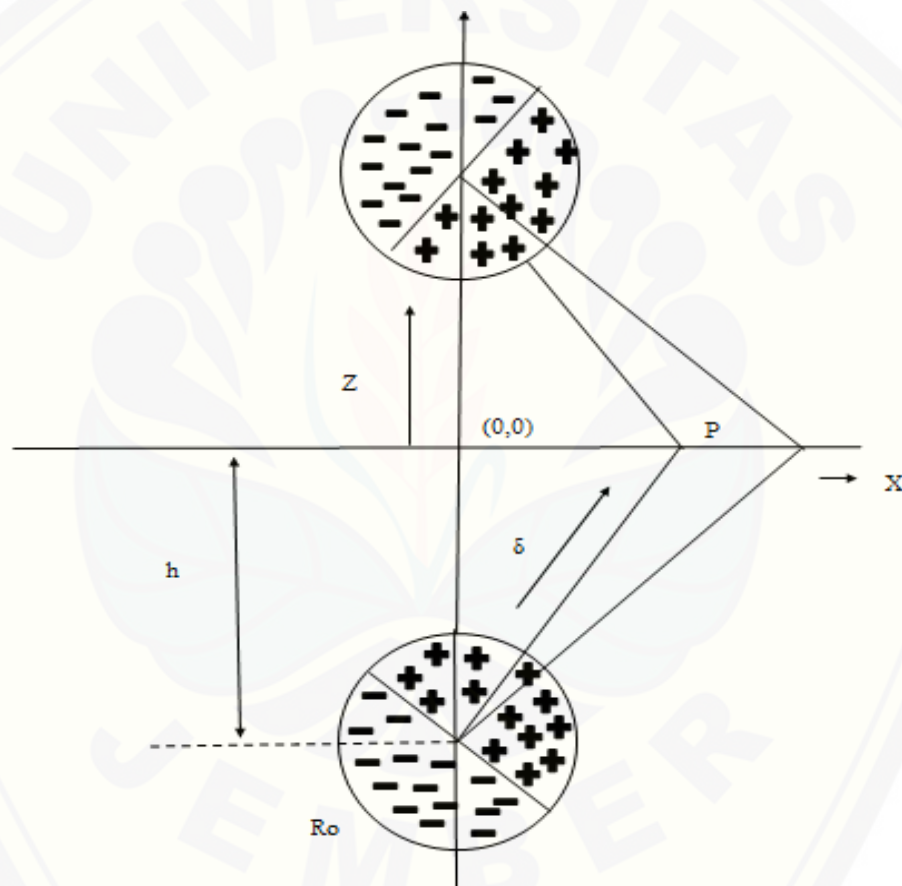
Gambar : 2.3 Konfigurasi elektrode leap frog (Sumber: Meiser, 1962)

2.6 Interpretasi Bawah Permukaan Tanah Data Self Potential

Perbedaan tekanan, temperatur dan konsentrasi kimiawi di bumi menimbulkan anomali potensial diri. Besarnya amplitudo akibat dari anomali bergantung pada beda potensial dan koefisien cross-coupling yang berhubungan dengan aliran air tanah, suhu tanah dan bahan-bahan yang terkandung dalam tanah. Hal tersebut dapat menimbulkan potensial dan resistivitas listrik dari struktur lapisan tanah. Potensial yang timbul akibat aliran fluida disebabkan elektrokinetik menghubungkan dengan ion yang berasal dari termoelektrik dan potensial elektrokimia (Corwin dan Hower dalam Maktaluddin, 2006).

Interpretasi bawah permukaan pada self potential berdasarkan interpretasi model bola yang tersembunyi di permukaan tanah, yaitu dengan menggunakan rapat arus proposional untuk menurunkan suatu kurva potensial yang digunakan untuk

interpretasi suatu potongan melintang yang tetap (Petrovsky dalam Maktaluddin, 2006). Petrovsky memiliki dua asumsi, yang pertama bahwa massa bawah permukaan merupakan bola yang terpolarisasi, yang diatas permukaan terdapat bayangan sama persis seperti bentuk bawah permukaannya dan dianggap tidak terjadi interaksi diantara keduanya. Asumsi ke dua yaitu medan luar normal dan homogen. Pada bagian atas massa bawah permukaan adalah kutub positif, sedangkan bagian lain adalah negatif.



Gambar : 2.4 Benda yang terpolarisasi dan bayangannya (Sumber: Meiser, 1962).

Setiap titik P pada permukaan sumbu x , besarnya potensial di sekitar bola massa bola bawah permukaan yang terpolarisasi dan tersembunyi Petrovsky menghitungnya dengan persamaan berikut:

$$V = \frac{ER_0^2 h \cos \alpha + x \sin \alpha}{2 (x^2 + h^2)^{3/2}} \quad (2.4)$$

dimana: V = besarnya self potensial di titik P (Volt)

x = jarak titik asal (0,0) ke titik P (meter)

h = kedalaman pusat (meter)

R_0 = jari-jari pusat bola (meter)

E = emf hasil polarisasi (Volt/meter)

α = sudut polarisasi

Titik-titik kritis diperoleh dari persamaan 2.3 diturunkan terhadap x , sehingga

$dV/dx = 0$, maka:

$$\frac{dV}{dx} = \frac{d}{dx} \frac{ER_0^2 h \cos \alpha + x \sin \alpha}{2 (x^2 + h^2)^{3/2}} \quad (2.5)$$

$$\frac{dV}{dx} = \frac{ER_0^2}{2} \left(\frac{-3xh \cos \alpha + (x^2 + h^2) \sin \alpha}{(x^2 + h^2)^{5/2}} \right) = 0 \quad (2.6)$$

atau,

$$-3xh \cos \alpha + (x^2 + h^2) \sin \alpha = 0 \quad (2.7)$$

$$x^2 + \frac{3}{2}hx \cot \alpha - \frac{h^2}{2} = 0 \quad (2.8)$$

akar-akar dari x dapat ditentukan sebagai berikut,

$$x_{12} = -\frac{3}{4}h \cot \alpha \pm h \sqrt{\frac{9}{16} \cot^2 \alpha + \frac{1}{2}} \quad (2.9)$$

maka didapatkan,

$$x_1 = -\frac{3}{4}h \cot \alpha + h \sqrt{\frac{9}{16} \cot^2 \alpha + \frac{1}{2}} \quad (2.10)$$

$$x_2 = -\frac{3}{4}h \cot \alpha - h \sqrt{\frac{9}{16} \cot^2 \alpha + \frac{1}{2}} \quad (2.11)$$

selanjutnya,

$$A = \left| \frac{x_1 - x_2}{2} \right| \quad (2.12)$$

Sehingga,

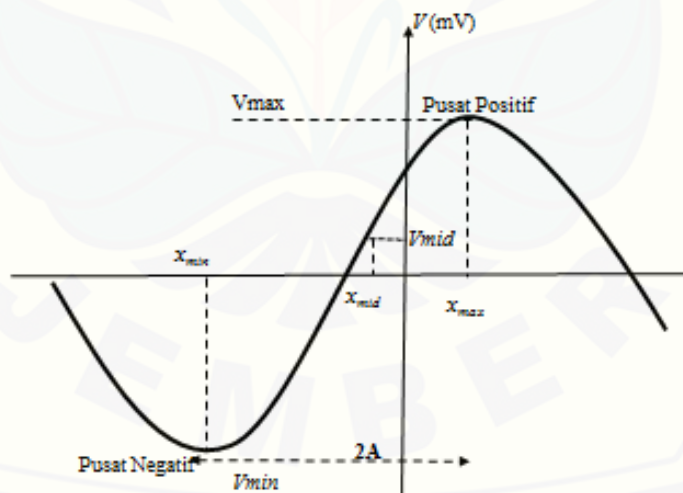
$$A = h \sqrt{\frac{9}{16} \cot \alpha + \frac{1}{2}} \quad (2.13)$$

atau

$$\frac{A}{h} = \sqrt{\frac{9}{16} \cot \alpha + \frac{1}{2}} \quad (2.14)$$

Panjang $2A$ adalah jarak antar titik potensial maksimum dan titik potensial minimum pada sumbu x dengan satuan meter.

Potongan melintang self potential yang menunjukkan posisi relatif dari potensial maksimum dan potensial minimum. Basis potensial didefinisikan sebagai titik tengah dimana titik potensial $V_{1/2}$ sama dengan $\frac{1}{2}(V_{mak} + V_{min})$ dan terletak diantara pusat positif dan pusat negatif yang ditunjukkan dengan gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 Potongan melintang dari kurva self potential sepanjang sumbu (De Witte, 1948)

V_{max} dan V_{min} dapat dicari menggunakan persamaan 2.5 dengan cara mendefinisikan $A = ER_0^2/2$ sehingga:

$$V_{1/2} = \frac{1}{2}(V_{max} + V_{min}) = F(\alpha) \quad (2.15)$$

$$V_{max} = \frac{A \cos \alpha + \left(\frac{x_{max}}{h}\right) \sin \alpha}{h^2 \left[\left(\frac{x_{max}}{h}\right)^2 + 1\right]^{3/2}} \quad (2.16)$$

$$V_{min} = \frac{A \cos \alpha + \left(\frac{x_{min}}{h}\right) \sin \alpha}{h^2 \left[\left(\frac{x_{min}}{h}\right)^2 + 1\right]^{3/2}} \quad (2.17)$$

Variasi harga α dapat dicari dengan menggunakan dengan persamaan 2.14 di atas yang awalnya menghitung nilai x_{max}/h dan x_{min}/h dari persamaan 2.9 dan 2.10, disubstitusikan ke persamaan 2.13 dan 2.14, sehingga akan menghasilkan persamaan 2.15 dan 2.16.

Nilai $x_{1/2}$ dicari melalui persamaan 2.3 dan 2.14 sehingga diperoleh:

$$F(\alpha) \frac{A}{h^2} = \left(\frac{A \cos \alpha + \left(\frac{x_{1/2}}{h}\right) \sin \alpha}{h^2 \left[\left(\frac{x_{1/2}}{h}\right)^2 + 1\right]^{3/2}} \right) \quad (2.18)$$

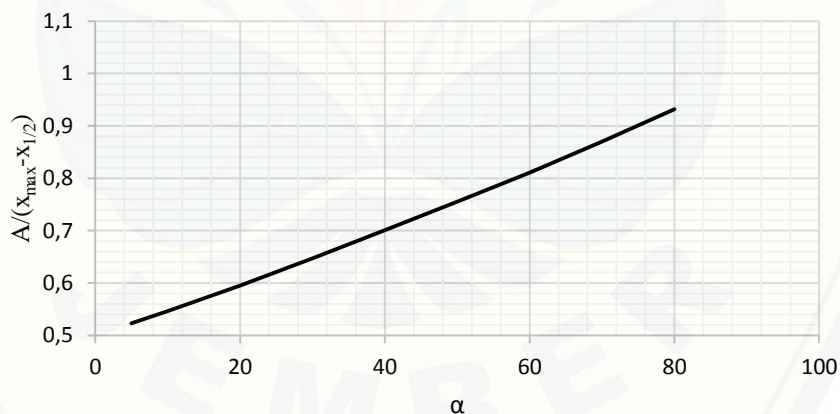
Persamaan 2.18 menunjukkan bahwa hubungan dari α/h dan $x_{1/2}$ adalah fungsi dari α yang disajikan pada tabel 2.3 (Petrovsky dalam Maktaluddin, 2009)

Tabel 2.3 Hubungan A/h dan $x_{1/2}/h$ sebagai fungsi dari α

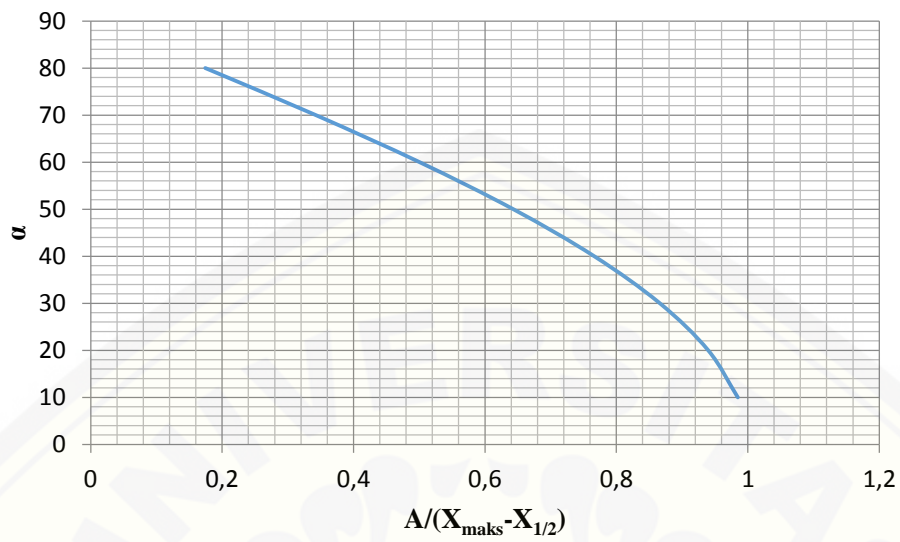
A	A/h	$x_{1/2}/h$	$A/(x_{min} - x_{1/2})$	$A/(x_{mak} - x_{1/2})$
5	8,6	-0,721	11,47	0,523
10	4,31	-0,573	5,9	0,546
20	2,18	-0,579	2,126	0,595
30	1,48	-0,493	2,2	0,647
40	1,14	-0,407	1,75	0,701
50	0,947	-0,323	1,48	0,755
60	0,829	-0,24	1,3	0,811
70	0,757	-0,16	1,19	0,87
80	0,719	-0,079	1,08	0,932

Sumber : De Witte (1948)

Pada tabel 2.3 di atas dapat dibuat kurva master sebagai alat bantu untuk mencari parameter kedalaman sumber anomali. Kurva tersebut digambarkan sebagai berikut:



Gambar: 2.6 Master kurva hubungan antara $A/(x_{min} - x_{1/2})$ dengan α (Sumber: De Witte, 1948)



Gambar: 2.7 Master kurva hubungan antara α dengan $A/(x_{maks} - x_{1/2})$ (Sumber: De Witte, 1948)

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2015 sampai bulan Desember 2015.

3.1.2 Tempat penelitian

Penelitian dilakukan di kawasan Tempat Pengolahan Akhir (TPA) yang terletak di Desa Paguan Kecamatan Taman Krocok Kabupaten Bondowoso Jawa Timur. Tempat penelitian berada pada titik koordinat $07^{\circ}53'198''$ LS sampai $07^{\circ}53'245''$ LS dan $113^{\circ}52'47''$ BT sampai $113^{\circ}52'94''$ BT. Zona merupakan tempat sampah dari truk pengangkut sampah diletakkan. TPA Taman Krocok memiliki 4 zona. Setiap zona terdiri dari beberapa lintasan dan setiap lintasan terdiri dari beberapa titik pengamatan. Penelitian dilakukan menggunakan 4 zona yang berbeda, 2 zona di tumpukan sampah baru dan 2 zona di tumpukan sampah lama. Jarak antar lintasan pada penelitian ini adalah 2 meter. Pada zona 1 dan zona 2 memiliki 5 lintasan dan 10 titik pengamatan sedangkan pada zona 3 dan 4 memiliki 3 lintasan dan 5 titik pengamatan. Zona lokasi penelitian ditunjukkan pada gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3.1 Denah Lokasi Penelitian TPA Taman Krocok Bondowoso

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Elektroda non polar

Elektroda non polar adalah batang tembaga dimasukkan ke dalam wadah yang terbuat dari tanah liat dan berisi larutan CuSO_4 yang dapat meresap ke dalam lapisan tanah. setiap lintasan membutuhkan 4 elektroda non polar

2. Voltmeter digital

Voltmeter digital digunakan untuk mengukur nilai potensial gas metana.

3. Kabel

Kabel digunakan untuk menghubungkan elektroda satu dengan elektroda lain dan menghubungkan elektroda dengan voltmeter digital.

4. Larutan CuSO_4

Larutan CuSO_4 berfungsi sebagai cairan elektrolit yang dimasukkan ke dalam pot berporos.

5. Pot Berporos

Pot berporos digunakan sebagai tempat elektroda dan cairan CuSO_4 .

6. GPS

GPS digunakan untuk menentukan titik lokasi penelitian.

7. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur panjang lintasan dan spasi.

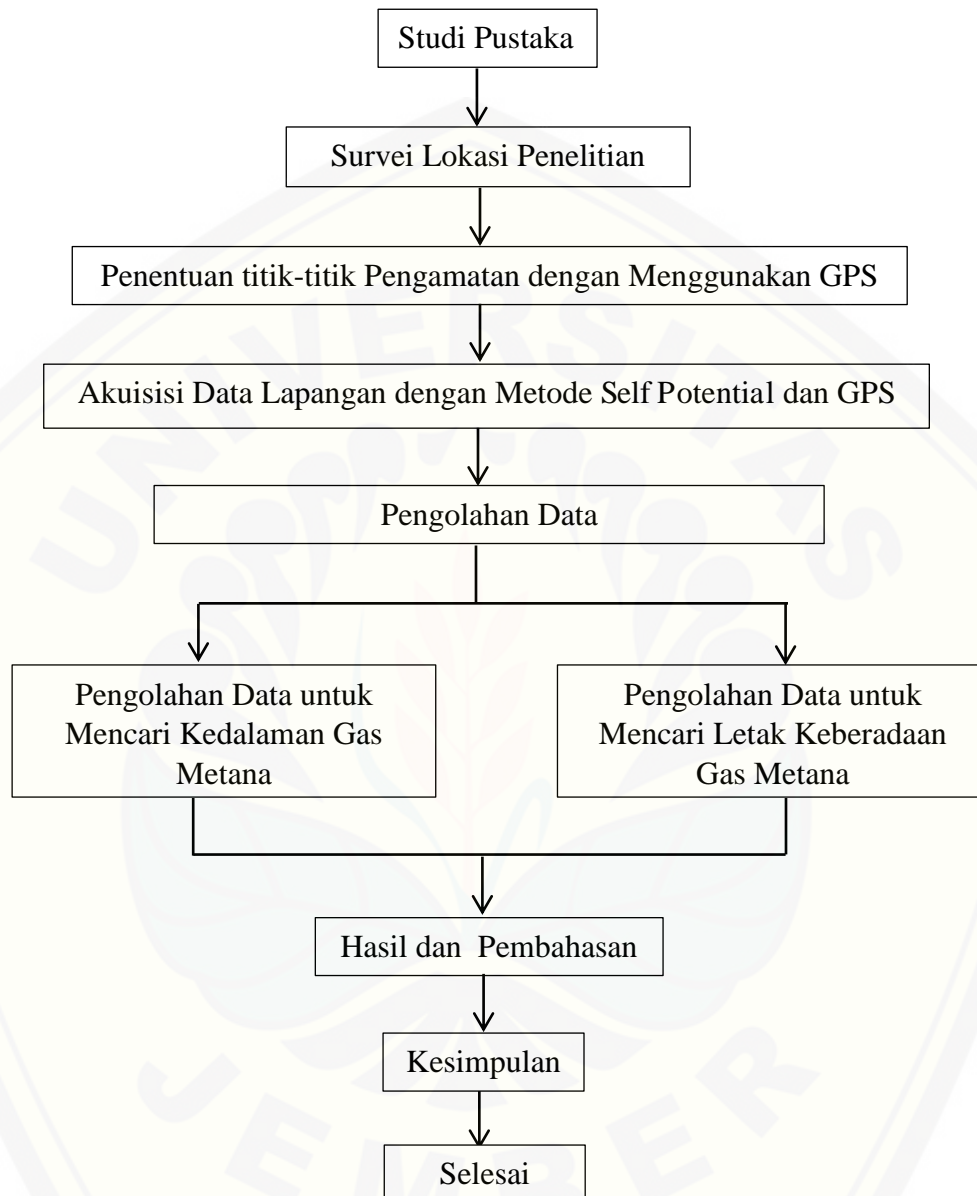
8. Alat Tulis dan Kertas

Alat tulis dan kertas digunakan untuk mencatat nilai potensial yang terukur.

3.3 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini pertama-tama dilakukan studi literatur. Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan dan mempelajari literatur yang akan digunakan sebagai tinjauan pustaka yang berkaitan dengan judul penelitian. Langkah kedua melakukan survei lokasi penelitian yang berfungsi untuk mencari informasi yang berkaitan dengan objek penelitian dan kondisi di sekitar TPA Taman Krocok Kabupaten Bondowoso. Hasil dari survei lokasi penelitian digunakan untuk menentukan titik pengamatan penelitian. Titik pengamatan pada penelitian ini memiliki empat lintasan yaitu dua lintasan berada di tumpukan sampah lama dan dua lintasan lainnya berada di sekitar tumpukan sampah baru. Keempat titik tersebut diukur besarnya beda potensial dan posisi pengukuran dengan menggunakan metode self potential dan GPS. Data beda potensial dan data GPS diolah dengan menggunakan software surfer for windows 8.0 yang berguna untuk mengetahui spot-spot gas metana pada TPA sehingga hasilnya dapat membahas tentang titik-titik keberadaan metana pada TPA Taman Krocok Bondowoso dan dapat memberi kesimpulan dari penelitian ini.

Skema kerja yang dilaksanakan pada penelitian ini adalah:



Gambar 3.2 Skema Kerja Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode self potential konfigurasi leap frog. Pada metode ini akan didapatkan variasi nilai tegangan bawah permukaan tanah, sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengeksplorasi kandungan bawah permukaan tanah, adanya anomali bawah permukaan tanah. Anomali yang diharapkan dari penelitian ini adalah nilai negatif dari beda potensial yang menunjukkan keberadaan gas metana pada TPA diasumsikan dari fluida lindi yang konduktif.

Obyek dari penelitian ini adalah gas metana yang berasosiasi dengan lindi yang berasal dari proses pembusukan sampah. Gas metana berada di bawah permukaan tanah dan dapat terdeteksi dari nilai tegangannya. Menurut Yunggul dalam Telford et al. (1990) menyatakan bahwa suatu mineral liquid memiliki nilai potensial negatif. Pada penelitian ini gas metana diasosiasikan berasal dari lindi.

Letak akumulasi gas metana akan dijawab secara kuantitatif, berdasarkan angka dari hasil pengukuran dan perhitungan yaitu nilai beda potensial (mV) dan kedalaman dari permukaan tanah terukur (meter). Pola distribusi gas metana dijawab secara kualitatif, dalam hal ini akan diceritakan keberadaan gas metana pada masing-masing lintasan.

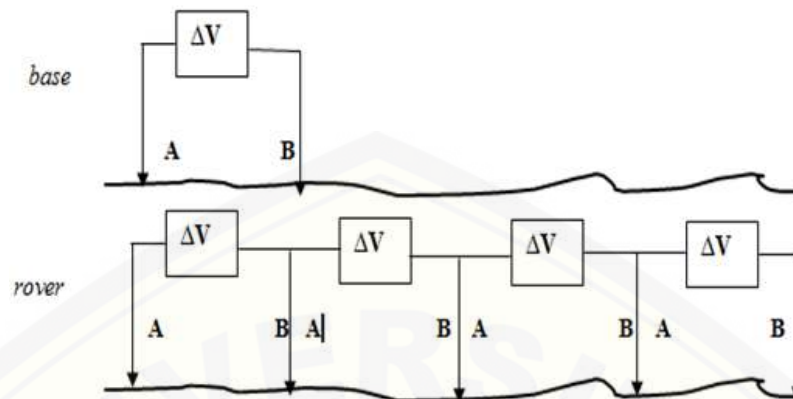
3.4.1 Akuisisi Data

Data dari hasil pengukuran di lapangan adalah beda potensial, jarak spasi dan koordinat titik pengambilan data. Data yang diharapkan dalam penelitian ini adalah berupa data pengukuran tegangan statis alam yang dihasilkan dari pengukuran data lapangan. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Survei tempat penelitian.
2. Menentukan tempat penelitian.
3. Observasi tempat penelitian.
4. Menentukan dan membuat lintasan penelitian

5. Mengukur spasi 1 meter yang ditandai dengan pasak sesuai dengan aturan konfigurasi leap frog.
6. Memasang empat elektrode non polar yaitu dua elektrode non polar sebagai rover dan dua elektrode non polar base dengan konfigurasi leap frog seperti gambar 3.2.
7. Menghubungkan keempat elektroda dengan voltmeter digital dengan menggunakan kabel penghubung untuk mengukur nilai potensial.
8. Mengaktifkan voltmeter kemudian melakukan injeksi pot berporos ke permukaan tanah.
9. Mencatat nilai potensial yang terukur pada base dan rover.
10. Memindahkan elektroda non polar base sesuai dengan aturan konfigurasi leap frog dan mencatat nilai potensialnya. Pemindahan elektroda base dilakukan pada awal dan akhir setiap lintasan sedangkan pemindahan rover dilakukan sepanjang lintasan.

Pengukuran di atas didukung oleh data yang berkaitan dengan lokasi penelitian. Data tersebut berupa posisi lokasi penelitian, luas lokasi penelitian, volume sampah, frekuensi datangnya sampah dan letak sampah. Pengukuran lokasi penelitian dilakukan dengan menggunakan GPS. Data GPS yang didapatkan berupa elevasi dan titik koordinat. Data yang mengenai luas TPA Taman Krocok Bondowoso, volume sampah, letak sampah dan frekuensi sampah didapatkan dengan melakukan wawancara dengan petugas TPA Taman Krocok Bondowoso.



Gambar 3.3 Skema kerja pengaturan elektroda non polar pada self potential metode leap frog.

3.4.2 Pengolahan Data

Pada pengambilan data dilakukan di tempat terbuka. Data yang didapatkan pada penelitian berupa data primer. Data primer yang didapatkan diolah dengan menggunakan perangkat lunak surfer for windows 8.0 yang akan ditampilkan dalam bentuk kontur beda potensial. Kontur merupakan gradasi warna yang ditunjukkan oleh surfer for windows 8.0 untuk mengetahui anomali data potensial di dalam permukaan tanah. Berdasarkan warna tersebut akan terlihat daerah yang memiliki keanomalian yang sama. Anomali yang ditinjau adalah anomali gas metana. Kontur beda potensial juga dapat menentukan kedalaman kandungan gas metana yang ada di TPA Taman Krocok Bondowoso.

Perhitungan pada model kontur beda potensial dapat dipermudah dengan cara dibuat potongan melintang potensial. Potongan melintang dibuat melalui pusat anomali dan membentuk kurva potensial. Kurva potensial dapat dilakukan perhitungan pemodelan bola dengan cara melakukan pemodelan geometri berbentuk bola sehingga dari kurva potensial dapat digunakan untuk menentukan nilai minimum.

Langkah-langkah dalam menginterpretasi data dengan pemodelan geometri berbentuk bola dalam menentukan kandungan kedalaman kandungan mineral yaitu:

1. Menentukan nilai V_{mak} dan V_{min} dari kurva potensial

2. Menentukan nilai $V_{1/2}$ dengan menggunakan persamaan 2.14.
3. Menentukan nilai x_{mak} dan x_{min} dari kurva potensial
4. Menentukan nilai A sebagai jarak pusat minimum dan pusat maksimum dengan persamaan 2.11.
5. Menentukan nilai $x_{1/2}$ yang merupakan posisi dari kurva potensial $V_{1/2}$
6. Menentukan nilai $(x_{min} - x_{1/2})$ dan $(x_{mak} - x_{1/2})$ sebagai jarak pusat maksimum dan minimum terhadap titik tengah.
7. Menentukan nilai $A/(x_{min} - x_{1/2})$ dan $A/(x_{mak} - x_{1/2})$
8. Menentukan nilai α dengan menggunakan tabel 2.3 atau dengan kurva master pada gambar 2.6 dan 2.7 dengan menggunakan $A/(x_{min} - x_{1/2})$ dan $A/(x_{mak} - x_{1/2})$
9. Menentukan nilai A/h dari nilai α dengan tabel 2.3 atau gambar 2.6
10. Menentukan nilai h dari nilai A/h , dimana h adalah kedalaman kandungan gas metana dari permukaan tanah.

3.4.3 Analisa Data Self Potential

Profil anomali potensial menggambarkan nilai potensial pada masing-masing jarak dari lintasan pengukuran. Nilai potensial terendah ditunjukkan oleh nilai anomali yang terinterpretasi secara kualitatif. Nilai anomali potensial pada setiap profil diasosiasikan oleh gas metana adalah nilai potensial negatif pada lindi di dalam bawah permukaan tanah. Hasil kontur ekuipotensial digunakan untuk melihat respon potensial spontannya. Fungsi dari kontur ekuipotensial digunakan untuk mengetahui posisi jebakan sebaran anomali yang ditunjukkan gas metana dan kedalaman gas metana pada lokasi penelitian. Analisa data dilakukan secara deskriptif dari data kontur ekuipotensial yang didapatkan. kontur ekuipotensial dibuat potongan melintang, hal ini bertujuan untuk mempermudah perhitungan pemodelan geometri berbentuk bola. Potongan melintang berasal dari pusat anomali yang kemudian dibuat kurva potensial.