

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Geologi Lembar Balikpapan

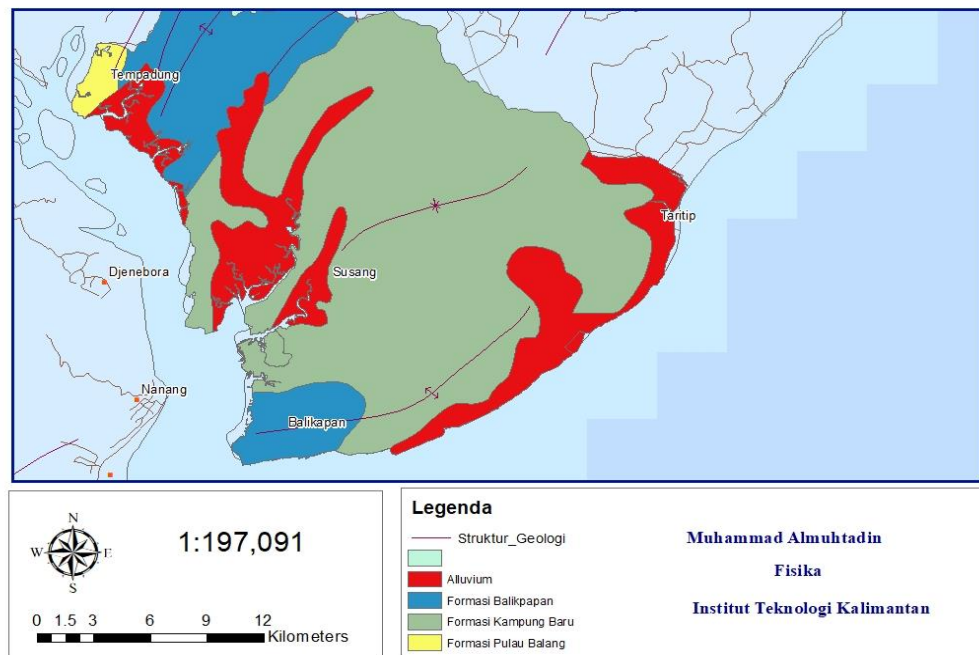
www.itk.ac.id

Berdasarkan peta geologi, lokasi penelitian masih termasuk pada lembar geologi Balikpapan. Berdasarkan lembar geologi, Balikpapan terdiri dari 4 formasi batuan yaitu *alluvium*, formasi Balikpapan, formasi Kampung Baru, dan formasi Pulau Balang. Formasi *alluvium* dapat ditemukan di pesisir timur Balikpapan terutama daerah pesisir Pantai Manggar. Formasi Balikpapan dapat ditemukan di area perkotaan Balikpapan terutama di kilang minyak Pertamina yang terletak di Balikpapan Selatan. Formasi Kampung Baru dapat ditemukan di seluruh kecamatan yang ada di Balikpapan. Formasi ini membentuk antiklin yang membentang dari pantai kilang minyak Balikpapan hingga daerah Teritip. Formasi Pulau Balang dapat ditemukan di barat Kota Balikpapan, terutama daerah Kariangau (Hidayat, 2004).

Formasi *alluvium* mengandung kerakal, kerikil, pasir, lempung yang terendapkan di pinggiran sungai, rawa, dan pantai. Formasi Balikpapan mengandung batupasir kuarsa, batu lempung, dengan sisipan batu gamping serta sisipan batubara. Formasi Pulau Balang mengandung batu pasir kuarsa, batupasir dengan sisipan batu bara (Hidayat, 2004). Dari keempat formasi tersebut, formasi Kampung Baru merupakan formasi yang menjadi lokasi area penelitian. Formasi Kampung Baru terdiri atas batu lempung pasiran, pasir kuarsa, napal, dan sisipan batubara (Hidayat, 2004). Formasi Kampung Baru yang mengandung banyak lempung pasiran terutama di perumahan Jokowi Batakan dapat mempengaruhi nilai yang terukur. Beda potensial pada daerah dengan porositas rendah akan memiliki nilai potensial yang bernilai besar dan positif (Telford, 1990).

www.itk.ac.id

## PETA GEOLOGI LEMBAR BALIKPAPAN



Gambar 2. 1 Peta Geologi Lembar Balikpapan (Hidayat, 1994).

### 2.2 Sampah

Sampah adalah hasil aktivitas manusia yang sudah tidak digunakan lagi. Menurut Undang-undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Sampah yang ada di lingkungan masyarakat harus dikelola terlebih dahulu sebelum diangkut ke tempat pemrosesan akhir. Sampah terdiri dari berbagai jenis, salah satunya yaitu: sampah rumah tangga, sampah sejenis sampah rumah tangga, dan sampah spesifik. Sampah rumah tangga berasal dari kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga, tidak termasuk tinja dan sampah spesifik. Sampah sejenis sampah rumah tangga berasal dari kawasan komersial, kawasan industri, kawasan khusus, fasilitas sosial, fasilitas umum, dan fasilitas lainnya.

### 2.3 Lindi

Salah satu fluida dalam penelitian ini yaitu air lindi yang dihasilkan oleh sampah. Sampah yang terdapat di sebuah tempat penampungan atau bak sampah biasanya meninggalkan cairan pada bagian bawah dari sampah organik ataupun

anorganik. Cairan tersebut disebut sebagai air lindi. Air lindi merupakan cairan dari hasil dekomposisi sampah akibat adanya air hujan ataupun sumber air eksternal lainnya. Air lindi ini mengandung polutan padatan tersuspensi dan terlarut serta ammonia dengan konsentrasi yang cukup tinggi seperti; nitrat, nitrit, sulfida, logam berat, nitrogen dan lain-lain. Air lindi yang mengandung logam mempunyai karakteristik nilai beda potensial yang cukup mencolok dibandingkan dengan daerah sekitarnya. Karakteristik air lindi sangat bervariasi tergantung dari proses yang terjadi di dalam tempat pengolahan sampah, yang meliputi proses fisik, kimiawi, serta biologi. Karakteristik air lindi dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2. 1 Tabel 2. 1 Karakteristik Air Lindi (Irharni dkk, 2017).

No.	Parameter	Hasil Analisis (ppm)
1	Merkuri (Hg)	0,00463
2	Tembaga (Cu)	0,1198
3	Seng (Zn)	0,4188
4	Kobalt (Co)	0,1698
5	Nikel (Ni)	0,9820
6	Kromium (Cr)	0,0502
7	Timbal (Pb)	0,0602
8	Besi (Fe)	10,9191

Genangan yang dihasilkan dari air lindi dapat mengakibatkan pencemaran pada tanah dan akuifer di sekitarnya (Said, 2015). Air lindi yang dihasilkan dari sampah tersebut merupakan salah satu bentuk permasalahan yang membutuhkan penanganan dan dapat memberikan manfaat. Sampah yang telah mengalami pembusukan akan menimbulkan bau busuk sampai menyengat hidung yang berasal dari H<sub>2</sub>S, serta metan yang bersifat racun terhadap tubuh (Masduki, 1986). Selain timbulnya gas-gas hasil dekomposisi, sampah juga menghasilkan air lindi yang terbentuk karena rembesan air hujan dalam timbunan sampah atau adanya kadar air yang tinggi. Air yang merembes ini akan menimbulkan aliran dengan membawa berbagai zat yang terkandung dalam sampah, sehingga air lindi dapat mengandung nitrit, nitrat, metan, CO<sub>2</sub>, sulfat, sulfida, air, dan mikroorganisme baik yang pathogen maupun non pathogen (Masduki, 1986). Air lindi yang berupa cairan

dapat meresap melalui tanah karena sifat fluida serta membawa material organik dan polutan berbahaya akibat dekomposisi sampah pada tempat pengolahan sampah yang ada (Damahuri, 1993). Komposisi kandungan air lindi tergantung dari komposisi sampahnya, hal ini dapat dilihat dari jenis sampah dan umur sampah yang tertimbun, keseimbangan air di TPA, dan mikroba dalam proses dekomposisi. Proses pembusukan sampah memerlukan mikroba-mikroba pengurai antara lain *fungi*, *yeast*, dan *actinomycetes*. Mikroba-mikroba ini dapat larut dalam air, sehingga bila terdapat air lindi yang ditimbulkan oleh dekomposisi sampah maka mikroba tersebut akan terbawa dan larut pada air lindi (Sugiharto, 1987).

## 2.4 Konduktivitas Listrik

Salah satu sifat batuan yaitu konduktivitas. Konduktivitas yaitu kemampuan suatu batuan untuk menghantarkan arus listrik dengan baik. Aliran arus listrik yang mengalir di bawah permukaan bumi terbagi menjadi tiga yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik (Telford, 1990). Konduksi secara elektronik yaitu konduksi yang terjadi diakibatkan oleh arus listrik yang mengalir melewati batuan yang mempunyai banyak elektron bebas. Konduksi secara elektrolitik yaitu konduksi yang terjadi diakibatkan oleh arus listrik yang mengalir melewati batuan yang mempunyai porositas besar dan mengandung air. Batuan yang mempunyai porositas besar akan memiliki konduktivitas yang tinggi disebabkan banyaknya elektron yang terkandung. Konduksi dielektrik terjadi akibat injeksi arus listrik yang berasal dari luar batuan. Konduksi dielektrik mempunyai sedikit elektron bebas ataupun tidak sama sekali. Rumus konduktivitas listrik yaitu sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \dots \dots \dots 2.1$$

dengan  $\rho$  yaitu resistivitas batuan dengan satuan ohm meter dan  $\sigma$  yaitu konduktivitas listrik batuan dengan satuan siemens per meter (S/m).

## 2.4 *Self-Potential*

*Self-Potential* adalah metode geofisika pasif yang memanfaatkan potensial alami dari alam. Potensial alami terbentuk karena aliran fluida di dalam lapisan tanah, aktivitas bioelektrik pada vegetasi tumbuhan, konsentrasi elektrolit pada air tanah, dan aktivitas geokimia lainnya. Amplitudonya bervariasi di antara kondisi tertentu namun secara umum berada di kisaran kurang dari 100 mV (Telford, 1990). Potensial alami yang terjadi di alam tentunya berbeda bergantung terhadap mineral yang terkandung di bawah struktur permukaan bumi. Potensial alami yang membentuk anomali pada *self potential* tidak hanya bergantung pada nilai beda potensial tetapi juga struktur geologi, serta perbedaan nilai potensial yang berubah terhadap waktu yang disebabkan oleh aktivitas eksternal seperti adanya petir yang menyebabkan induksi listrik dari gelombang elektromagnetik yang dihasilkan oleh petir, variasi nilai medan magnet bumi, dan akibat hujan deras yang menimbulkan genangan air (Reynolds, 1997).

Metode *self potential* merupakan salah satu metode geofisika pasif dengan prinsip kerjanya adalah mengukur tegangan statis alam (*static natural voltage*) yang berada pada titik-titik pengukuran di permukaan tanah. Metode *self potential* merupakan metode dalam geofisika yang paling sederhana dilakukan karena hanya memerlukan alat ukur tegangan yang peka terhadap perubahan nilai beda potensial dan dua elektroda khusus lapisan bawah berpori atau dikenal dengan elektroda *porouspot* dengan fungsi merembeskan fluida kimia ke bawah permukaan bumi. Metode *self potential* merupakan metode pasif dalam bidang geofisika karena untuk mendapatkan informasi bawah tanah melalui pengukuran tanpa menginjeksi arus listrik melalui permukaan tanah (Revil 2013).

Metode *self potential* merupakan metode geolistrik yang memanfaatkan adanya beda potensial yang terbentuk secara alami yang terukur di permukaan. Berdasarkan pengertian tersebut, maka metode *self potential* tidak membutuhkan sumber buatan, melainkan hanya menggunakan sumber data potensial dari alam. Hal tersebut menjadikan metode *self potential* sebagai metode geofisika yang ramah lingkungan. Pengukuran metode *self potential* dilakukan dengan menanamkan elektroda *porouspot* di beberapa titik permukaan pengukuran untuk mencari nilai beda potensial listrik alami. Hasil yang didapatkan berupa data beda



potensial yang nilainya sangat kecil dalam satuan mV karena terjadinya aktivitas secara alami pada bawah permukaan bumi (Kearey, 2002). Nilai beda potensial yang terbentuk secara alami tersebut dapat diidentifikasi sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Tipe Anomali *Self Potential* Berdasarkan Sumber Geologi(Reynolds, 1997).

Sumber	Tipe Anomali
Potensial Mineral	
Sulfida ( <i>pyrite, chalcopyrite, pyrrhotite, sphalerite, galena</i> )	Negatif $\approx$ ratusan mV
Grafit	Negatif $\approx$ ratusan mV
Magnetite + mineral konduktor lainnya	Negatif $\approx$ ratusan mV
Batubara	Negatif $\approx$ ratusan mV
Mangan	Negatif $\approx$ ratusan mV
Urat Kuarsa	Positif $\approx$ puluhan mV
<i>Pegmatite</i>	Positif $\approx$ puluhan mV
Potensial alami	
Aliran fluida, reaksi geokimia, dll	Positif/Negatif $\leq$ 100 mV
Bioelektrik (tumbuhan, pohon, pergerakan aliran air bawah tanah)	Negatif $\leq$ 300 mV
Topografi	Negatif hingga 2 V

Adapun yang mempengaruhi terbentuknya potensial alami yaitu aliran fluida yang dikontrol oleh beberapa faktor seperti cuaca, suhu permukaan, dan suhu bawah permukaan dari mediumnya. Selain itu terdapat faktor lain yaitu aktivitas bioelektrik akibat oleh proses penyerapan air oleh akar tumbuhan penyerapan ion-ion negatif. Kemudian konsentrasi larutan elektrolit pada air tanah yang merupakan mekanisme perpindahannya ion-ion dalam larutan elektrolit pada air bawah permukaan untuk mencapai keadaan netral yang ditandai dengan jumlah ion positif dan ion negatif seimbang. Potensial alami yang terakhir yaitu aktivitas reaksi reduksi dan oksidasi pada zona mineralisasi (Grant, 1965). Salah satu cara yang digunakan untuk mengukur potensial alami yang terjadi di bumi yaitu

menggunakan metode *Self Potential*. Salah satu cara pengukuran *self potential* yaitu menggunakan metode *fix base/ fixed geometry*. Keuntungan metode *fixed geometry* adalah metode ini hanya membutuhkan data SP saja dengan interpretasi cepat dan akurat (Fajriani dan Srigutomo, 2016).

Dalam penelitian ini digunakan potensial alami yang terbentuk dari alam. Potensial alami terdiri dari dua komponen, komponen pertama bernilai konstan dan tak berarah, sedangkan komponen berikutnya berfluktuasi terhadap waktu. Komponen konstan berhubungan dengan proses elektrokimia, sedangkan komponen variabel berhubungan dengan variasi dari berbagai proses, seperti induksi arus bolak-balik akibat adanya petir berupa penjalaran medan elektromagnetik dan medan magnetik bumi. Di dalam eksplorasi mineral, kedua komponen tersebut dapat disebut dengan potensial mineralisasi atau *background potential*. Terdapat berbagai jenis potensial elektrik yang diketahui yaitu: (Grant, 1965).

Tabel 2. 3 Tipe Potensial Listrik (Reynolds, 1997)

Potensial	Jenis Potensial	Nilai
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrofiltrasi</li> <li>• Elektromekanik</li> <li>• Aliran</li> </ul>	Elektrokinetik	Bervariasi terhadap ketinggian
Potensial Difusi		Bervariasi terhadap waktu
<i>Liquid-junction</i>	Potensial elektrokimia	
Potensial Nernst		
Potensial Mineralisasi		Konstan

• Potensial elektrokinetik disebabkan oleh fluida mengalir yang mengandung elektrolit melewati medium berpori. Hal tersebut akan menciptakan efek elektrokinetik. Efek elektrokinetik tersebut menghasilkan nilai anomali yang kecil serta negatif sehingga akan menimbulkan penumpukan muatan di sekitar medium berpori (Reynolds, 1997). Penumpukan muatan di sekitar medium berpori akan menimbulkan distribusi kerapatan arus muatan listrik pada medium berpori apabila fluida yang mengalir mengandung elektrolit. Persamaan distribusi muatan listrik pada fluida yang mengalir yaitu sebagai berikut.

$$j = \rho \dot{u} \dots \dots \dots 2.5$$

dengan  $j$  yaitu kerapatan arus muatan listrik dengan satuan ( $\text{Cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ),  $\rho$  yaitu kerapatan muatan listrik di permukaan medium berpori ( $\text{Cm}^{-3}$ ), dan  $\dot{u}$  yaitu kecepatan fluida mengalir melewati medium berpori ( $\text{ms}^{-1}$ ). Fluida yang mengalir melewati medium berpori dapat dirumuskan sebagai berikut:

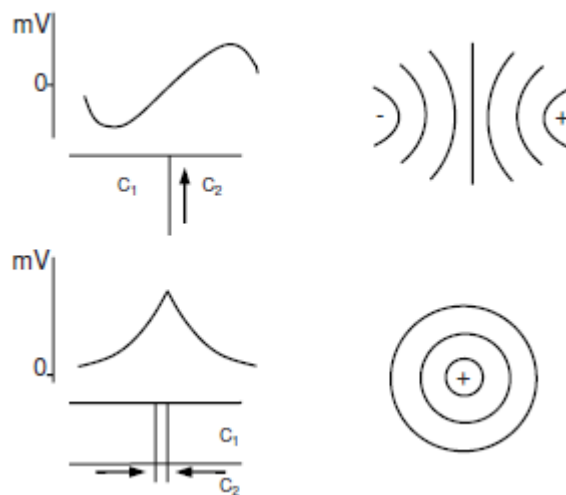
$$\dot{u}(r) = \frac{\delta P}{4\pi\eta l} \dots \dots \dots 2.6$$

dengan  $\delta P$  yaitu perbedaan tekanan di antara dua titik dengan satuan  $\text{Nm}^2$ ,  $\eta$  yaitu viskositas dinamis dari elektrolit dengan satuan  $\text{Ns/m}^2$ , dan  $l$  yaitu panjang dari medium berpori (m). (Burke, 2007). Persamaan potensial elektrokinetik dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E_K = \frac{\varepsilon \xi \delta P \rho}{4\pi\eta} \dots \dots \dots 2.7$$

dengan  $\varepsilon$  yaitu konstanta dielektrik dengan satuan farad/m,  $\xi$  yaitu potensial zeta dengan satuan volt,  $\delta P$  yaitu perbedaan tekanan di antara dua titik dengan satuan Pascal,  $\rho$  yaitu resistivitas larutan elektrolit dengan satuan ohm meter, dan  $\eta$  yaitu viskositas dinamis dari elektrolit dengan satuan  $\text{Ns/m}^2$  (Reynolds, 1997).





Gambar 2. 2 Peta Kontur Isopotensial Akibat Potensial Elektrokinetik(Reynolds, 1997).

• Potensial difusi diakibatkan oleh bertemunya dua larutan atau lebih dengan konsentrasi ionik yang berbeda sehingga akan memunculkan fluks massa. Proses perpindahan massa mengikuti hukum Fick yaitu perubahan konsentrasi pada pada titik tertentu sebanding dengan perbedaan konsentrasi pada titik tersebut. Proses tranfer massa/konsentrasi pada potensial difusi mengikuti kaidah hukum Fick difusi atom mengikuti perubahan fungsi waktu (Burke, 2007). Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$q = -D\nabla c \dots\dots\dots 2.8$$

dengan q yaitu fluks massa dengan satuan ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) dan D yaitu koefisien difusi ( $\text{m}^2\text{s}^{-1}$ ), serta c yaitu konsentrasi ion ( $\text{mol m}^{-3}$ ), dengan koefisien difusi yaitu

$$D = \frac{uKT}{e} \dots\dots\dots 2.9$$

sehingga persamaan potensial difusi yaitu sebagai berikut.

$$E_d = -\frac{RT(I_a - I_c)}{nF(I_a + I_c)} \ln \left( \frac{c_1}{c_2} \right) \dots\dots\dots 2.10$$

dengan R yaitu konstanta gas ( $8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ), T adalah suhu dengan satuan kelvin,  $I_a$  dan  $I_c$  yaitu mobilitas anion dan kation (+ve) dan (-ve),  $C_1$  dan  $C_2$  yaitu

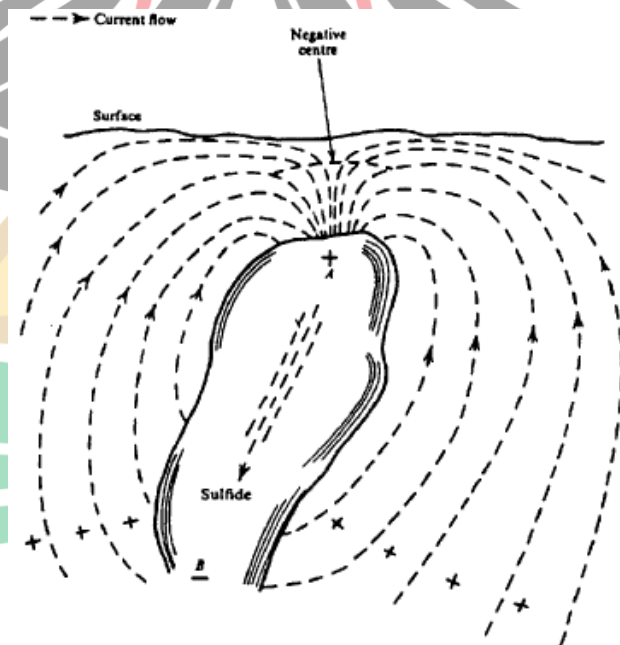
konsentrasi larutan dengan satuan mol, n yaitu ion valensi, F yaitu konstanta Faraday (96487 mol<sup>-1</sup>) (Reynolds, 1997).

• Potensial Nernst terjadi akibat dua elektroda ditempatkan pada larutan yang homogen dengan konsentrasi larutan yang berbeda dengan yang lainnya sehingga tidak dapat terdapat perbedaan nilai potensial diakibatkan larutan yang homogen. Adapun persamaannya yaitu sebagai berikut:

$$E_N = -\frac{RT}{nF} \ln(C_1/C_2) \dots \dots \dots 2.11$$

dengan R yaitu konstanta gas (8.314 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>), T adalah suhu dengan satuan kelvin, C<sub>1</sub> dan C<sub>2</sub> yaitu konsentrasi larutan dengan satuan mol, n yaitu ion valensi, F yaitu konstanta Faraday (96487 mol<sup>-1</sup>) (Reynolds, 1997).

• Potensial mineralisasi terjadi akibat dua elektroda yang ditanamkan pada larutan yang homogen akan memunculkan beda potensial. Pada daerah yang mengandung banyak mineral dapat memunculkan beda potensial yang kontras dengan lingkungan sekitarnya. Hal ini disebabkan mineral yang berperilaku layaknya sel galvanik yang dapat mengalami reaksi kimia secara spontan sehingga dapat timbul nilai beda potensial (Telford, 1990).



www.itk.ac.id

Gambar 2. 3 Zona sulfida dengan sifat sel galvanik (Telford, 1990).

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu yang menjadi acuan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)

Tabel 2. 4 Penelitian terdahulu yang telah dilakukan

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1	Andri Wasis Handoko dkk, 2016	Metode: Aplikasi metode <i>Self Potential</i> untuk pemetaan sebaran lindi di TPA Putri Cempo Surakarta Hasil: lindi ditemukan dengan nilai 3 mV hingga -25 mV dengan jarak spasi <i>gridding</i> 10 meter.
2	Godwin O. Emujakporue	Metode: <i>Self Potential Investigation of Contaminants in a Dumpsite, University of Port Harcourt, Nigeria</i> Hasil: Nilai beda potensial yang terukur yaitu -8 mV hingga 1.5 mV di tempat pembuangan yang dapat dikaitkan dengan proses redoks kontaminan.
3	Meidi Arisalwadi dan Rahmania, 2020	Metode: Pemetaan distribusi Lindi berdasarkan metode <i>self potential</i> di TPA Manggar Hasil: Nilai potensial lindi terukur dengan nilai -40 mV hingga 2.68 mV
4	Syamsu Rosid dkk, 2011	Metode: Estimasi Aliran Lindi TPA Bantar Gebang Bekasi Menggunakan Metode SP Hasil: Nilai konduktivitas listrik yang terukur yaitu sebesar 2.68 mS.

[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)