



## Studi Penyebaran Kontaminan Pada Air Tanah TPA Airmadidi Terhadap Pemukiman

Wulandarry D. Harundja<sup>#a</sup>, Hendra Riogilang<sup>#b</sup>, Liany A. Hendratta<sup>#c</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia  
<sup>a</sup>17021107024@student.unsrat.ac.id, <sup>b</sup>riogilanghendra@gmail.com, <sup>c</sup>lianyhendratta@unsrat.ac.id

### Abstrak

TPA Airmadidi merupakan TPA yang mencakup wilayah pemukiman Airmadidi, Kecamatan Airmadidi, Kabupaten Minahasa Utara. TPA Airmadidi beroperasi dengan sistem Controlled Landfill tetapi TPA ini belum memiliki Instalasi khusus untuk pengolahan lindi yang dihasilkan. Oleh karena itu berpotensi untuk mencemari air sumur di sekitarnya. Berdasarkan hal tersebut peneliti melakukan riset mengenai kualitas, status mutu dan pergerakan penyebaran kontaminan pada air tanah dengan parameter Biological Oxygen Demand (BOD) dan Total Dissolved Solid (TDS) di area sekitar TPA Airmadidi yaitu Saluran Inlet (SI), Saluran Outlet (SO), Sumur Warga (SW). Pengujian air lindi di Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Kelas 1 Manado menunjukkan hasil bahwa pada parameter yang diuji berdasarkan standar baku mutu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.82 Tahun 2001 yaitu parameter Biological Oxygen Demand (BOD) ada yang telah melebihi nilai baku mutu. Status mutu air yang dianalisis menggunakan metode indeks pencemaran menunjukkan hasil pada rentang 0,433 – 4,78 dengan kategori cemar ringan. Berdasarkan hasil pemodelan dari software modflow yang diproyeksikan pada saat umur TPA 19 Tahun menunjukkan bahwa plume kontaminan Biological Oxygen Demand (BOD) bergerak sejauh  $\pm 160\text{m}$  dengan nilai konsentrasi maksimum sebesar 171 mg/l yang terdapat di (bak pengolahan lindi) menuju pemukiman.

*Kata kunci: TPA, air lindi, pencemaran, BOD, TDS*

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Airmadidi yang telah berdiri sejak tahun 2016 ini memiliki luas area sebesar 52.290 m<sup>2</sup> lalu pada tahun 2020 ada penambahan luas sebesar 2ha sehingga menjadi 72.220 m<sup>2</sup> yang berlokasi di Kelurahan Airmadidi Bawah Kecamatan Airmadidi, Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara. Sistem operasional yang digunakan di TPA Sampah Airmadidi saat ini yaitu *Controlled Landfill*, *landfill* yang mengandung limbah padat yang dipadatkan secara berturut-turut kemungkinan dapat mencemari air bersih disekitarnya apabila tidak dikelola dengan baik dan benar. lindi dari *landfill* seringkali berpotensi mencemari air tanah maupun air sungai. Ketika lindi mencapai sumber air, maka dapat menyebabkan pencemaran pada sumber air tersebut. Kontaminan terbawa oleh pergerakan air melalui tanah, mengkontaminasi tanah, air tanah, dan air sungai.

Pencemaran lindi terhadap air tanah disebabkan adanya rembesan lindi yang kemudian menyebar mengikuti aliran air tanah. Kualitas air lindi di daerah TPA Airmadidi untuk beberapa parameter telah melebihi baku mutu berdasarkan PP. No. 82 tahun 2001 yang diduga penyebaran berasal dari bak pengolahan lindi. Oleh karena itu, untuk mengetahui sejauh mana pencemaran yang telah terjadi perlu dilakukan pemodelan pergerakan lindi yang berasal dari saluran pembuangan lindi TPA dengan melakukan kontrol pencemaran dengan menggunakan program *modflow* yang ampuh dan biasa digunakan untuk pemodelan dan simulasi air tanah juga berguna

untuk mengetahui sejauh mana penyebaran kontaminan yang telah terjadi. Atas dasar inilah, penulis memilih judul sebagai Tugas Akhir: “Studi Penyebaran Kontaminan Pada Air Tanah TPA Sampah Airmadidi Terhadap Pemukiman”. Parameter yang menjadi fokus adalah BOD, Parameter ini berpengaruh terhadap reaksi biokimiawi yang terjadi di dalam air baku sehingga ikut menentukan besarnya perubahan konsentrasi. Serta parameter TDS untuk mengetahui kualitas air bersih disekitar TPA Airmadidi.

### 1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang dapat diidentifikasi berdasarkan latar belakang tersebut adalah:

1. Apakah pencemaran akan sampai ke pemukiman warga atau tidak?
2. Sampai batas maksimal umur TPA berapa luas area yang tercemar kontaminan ?
3. Bagaimana kontur penyebaran kontaminan dengan parameter (BOD) ?
4. Bagaimana profil penyebaran pencemaran kontaminan (Parameter BOD) pada saat 19 tahun dan pada batas umur TPA (diproyeksikan 23 tahun)?

### 1.3. Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Parameter air tanah yang diteliti adalah BOD dan TDS.
2. Penelitian ini dilakukan di wilayah pemukiman sekitar TPA Airmadidi, Kecamatan Airmadidi, Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara.
3. Studi penyebaran kontaminan dianalisa menggunakan software *modflow*.
4. Parameter yang dianalisa penyebarannya dibatasi atau diwakili hanya untuk parameter BOD.
5. Pemodelan simulasi penyebaran hanya menggunakan 1 layer pada lapisan aquifer bebas.
6. Penelitian ini tidak membahas remediasi pada air tanah.

### 1.4. Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pergerakan pencemaran dari TPA Airmadidi apakah akan mencapai pemukiman atau tidak.
2. Menganalisis sampai batas umur TPA berapa luas area yang tercemar kontaminan BOD.
3. Mengidentifikasi kontur penyebaran kontaminan dengan parameter (BOD).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi penyebaran kontaminan BOD di sekitar TPA Airmadidi pada 19 tahun, serta proyeksi penyebaran kontaminan pada 23 tahun.

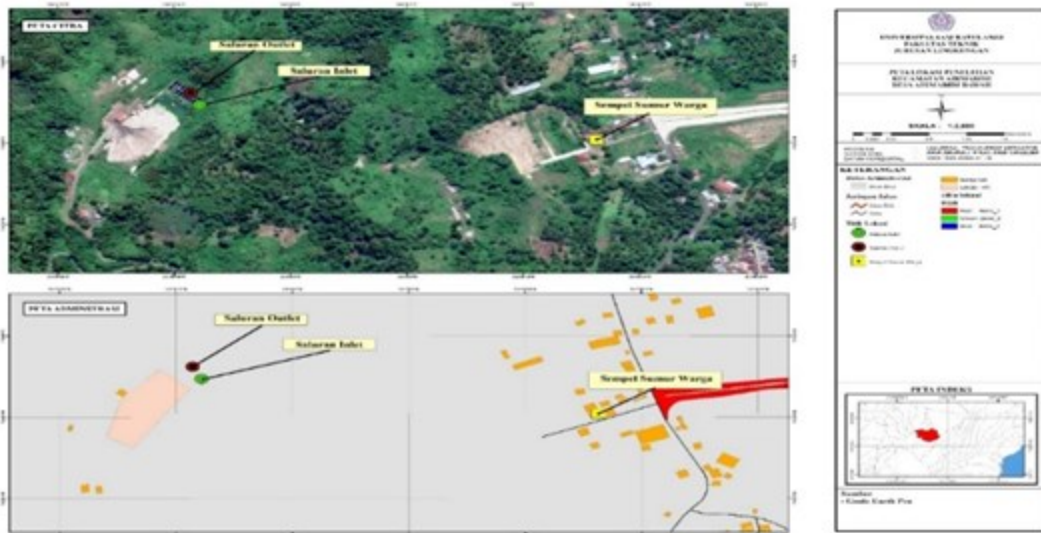
## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1. Lokasi Penelitian

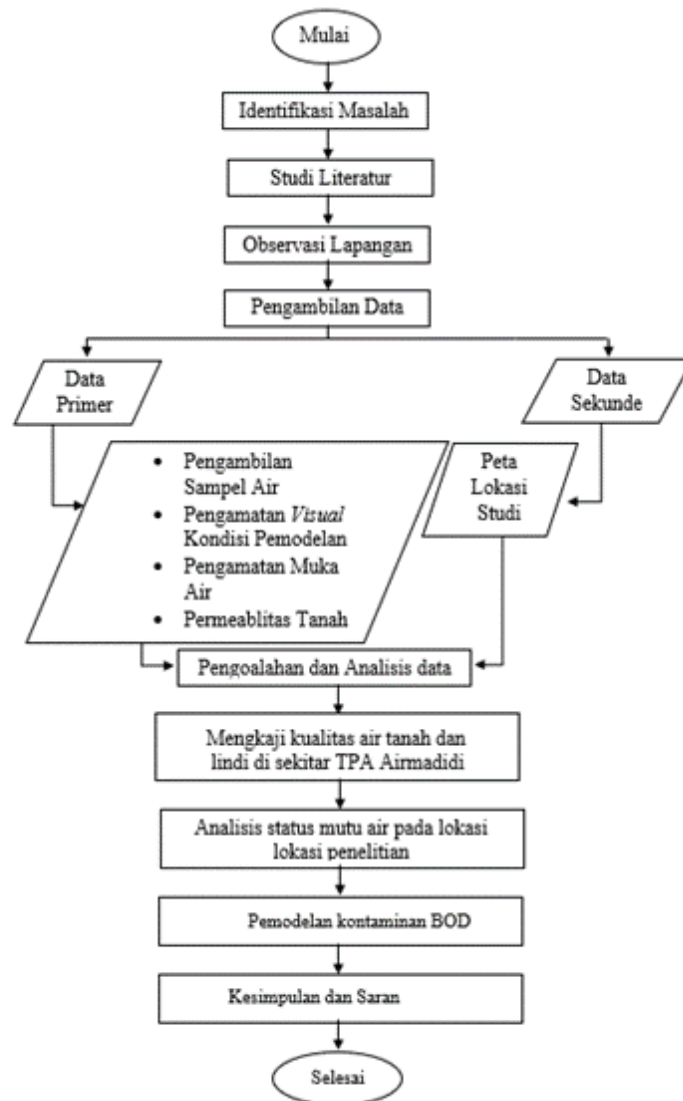
Penelitian ini dilakukan pada wilayah pemukiman sekitar daerah TPA Airmadidi, tepatnya berada di Kelurahan Airmadidi Bawah Kecamatan Airmadidi, Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara.

### 2.2. Metode Pengumpulan Data

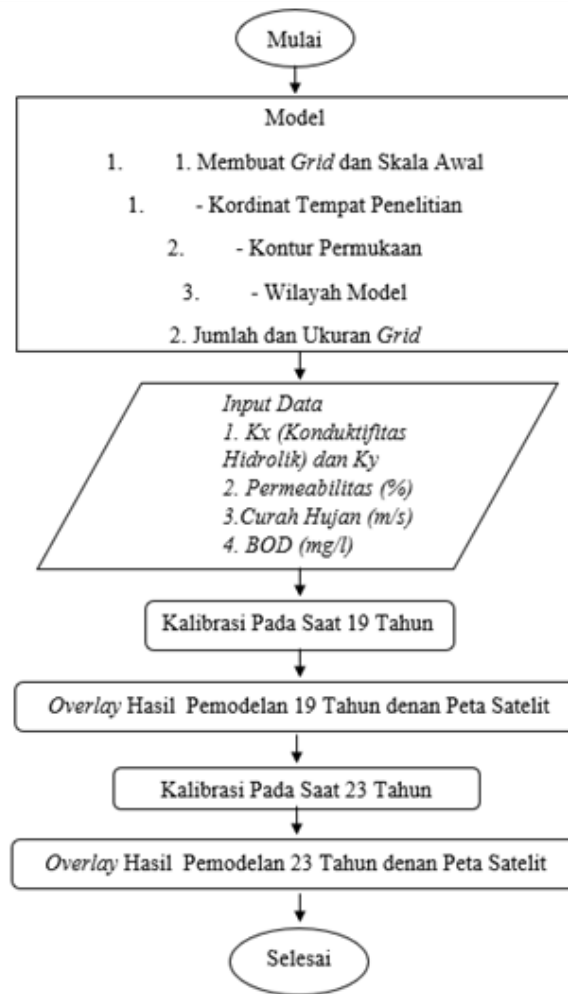
Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil sampling langsung di bak penampungan lindi dan area pemukiman sekitar, data tersebut selanjutnya di uji di BTKLPP Kelas 1 Manado. Data sekunder diperoleh dari instansi terkait, kajian pustaka, jurnal, internet, literature atau hasil-hasil penelitian sebelumnya untuk mendukung data pengukuran.



Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Bagan Simulasi Model

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Analisis Kualitas Air Bersih

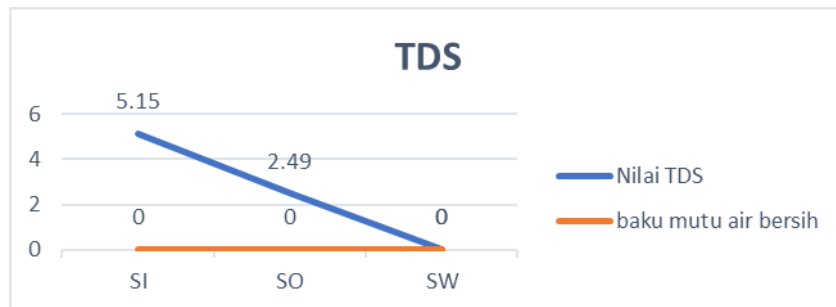
Analisis pada tahapan ini berdasarkan hasil pemeriksaan di laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Kelas I Manado sehingga memperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kualitas Air

No.	Parameter	Hasil Analisis			Baku Mutu Air Bersih	Satuan	Metode Analisis
		Air Lindi	Air Tanah				
		SI	SO	SW			
1.	BOD	171	122	0,59	30	Mg/L	SNI 06-6989.72-2009

### 1. Parameter TDS

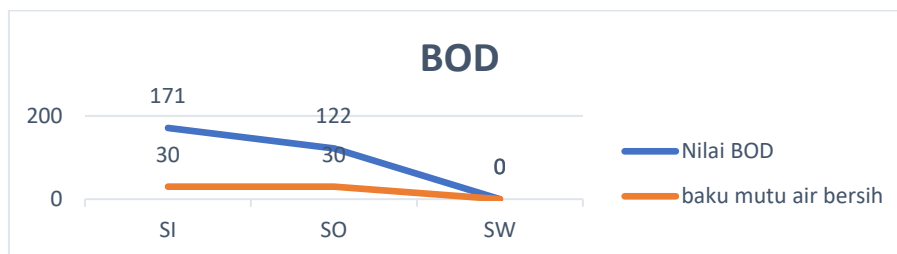
Berdasarkan gambar 4.1 untuk parameter TDS mempunyai hasil pengujian berkisar antara 2,49 mg/L – 5,5 mg/L. Hal ini menandakan bahwa pada seluruh sampel baik sampel TPA maupun sumur warga masih berada dalam batas aman untuk parameter TDS.



**Gambar 4.** Grafik Perbandingan Hasil Parameter TDS dan Batas Baku Mutu

### 2. Parameter BOD

Berdasarkan gambar 4.2 untuk parameter BOD mempunyai hasil pengujian berkisar antara 122 mg/L – 171 mg/L. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa telah melewati standar baku mutu air bersih yaitu 30 mg/L.



**Gambar 5.** Grafik Perbandingan Hasil Parameter BOD dan Batas Baku Mutu

### 3.2. Status Mutu Air

Berikut ini adalah perhitungan untuk mengetahui status mutu dan indeks pencemaran pada titik SI, SO, dan SW sebagai berikut :

#### 1. Status Mutu Air Titik SI (Saluran Inlet)

##### ➤ Parameter BOD

$$\begin{aligned} \text{Diketahui} & : C_i = 171 \text{ Mg/L} \\ & L_{ij} = 30 \text{ Mg/L} \\ \text{Penyelesaian} & : \frac{C_i}{L_{ij}} = \frac{171 \text{ Mg/L}}{30 \text{ Mg/L}} \\ & \frac{C_i}{L_{ij}} = 5,7 \text{ Mg/L} \end{aligned}$$

jika hasil > 1 harus dibuat persamaan baru

$$\begin{aligned} \frac{C_i}{L_{ij}} (\text{baru}) &= 1,0 + 5 \log(5,7 \text{ Mg/L}) \\ \frac{C_i}{L_{ij}} (\text{baru}) &= 4,78 \text{ Mg/L} \end{aligned}$$

##### ➤ Parameter TDS

$$\begin{aligned} \text{Diketahui} & : C_i = 5,15 \text{ Mg/L} \\ & L_{ij} = 1000 \text{ Mg/L} \\ \text{Penyelesaian} & : \frac{C_i}{L_{ij}} = \frac{5,15 \text{ Mg/L}}{1000 \text{ Mg/L}} \\ & \frac{C_i}{L_{ij}} = 0,005 \text{ Mg/L} \end{aligned}$$

jika hasil > 1 harus dibuat persamaan baru

$$\frac{C_i}{L_{ij}} (\text{baru})$$

➤ Indeks Pencemaran

$$\begin{aligned} \text{Diketahui} &: \frac{Ci}{Lij} \text{ (rata-rata)} = 2.39 \\ &\frac{Ci}{Lij} \text{ (maksimum)} = 4.78 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyelesaian} &: IPj = \sqrt{\frac{\left(\frac{Ci}{Lij}\right)^2 M + \left(\frac{Ci}{Lij}\right)^2 R}{2}} \\ IPj &= \sqrt{\frac{(4.78)^2 + (2.39)^2}{2}} \\ IPj &= 3,77 \rightarrow \text{Cemar Ringan} \end{aligned}$$

Selanjutnya ditampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut.

**Tabel 2.** Status Mutu Air Titik SI

No.	Parameter	Satuan	Ci	Lij	Ci/Lij	Ci/Lij (baru)
1.	BOD	Mg/l	171	30	5,7	4,78
2.	TDS	Mg/l	5,15	1000	0,005	
	Nilai Rata-rata	2,39	<i>Cemar Ringan</i>			
	Nilai Maximum	4,78				
	Indeks Pencemar	3,77				

2. Status Mutu Air Titik SO (Saluran Outlet)

➤ Parameter BOD

$$\begin{aligned} \text{Diketahui} &: Ci = 122 \text{ Mg/L} \\ &Lij = 30 \text{ Mg/L} \\ \text{Penyelesaian} &: \frac{Ci}{Lij} = \frac{122 \text{ Mg/L}}{30 \text{ Mg/L}} \\ &\frac{Ci}{Lij} = 4,06 \text{ Mg/L} \end{aligned}$$

jika hasil > 1 harus dibuat persamaan baru

$$\begin{aligned} \frac{Ci}{Lij} \text{ (baru)} &= 1,0 + 5 \log(4,06) \text{ Mg/L} \\ \frac{Ci}{Lij} \text{ (baru)} &= 4,042 \text{ Mg/L} \end{aligned}$$

➤ Parameter TDS

$$\begin{aligned} \text{Diketahui} &: Ci = 2,49 \text{ Mg/L} \\ &Lij = 1000 \text{ Mg/L} \\ \text{Penyelesaian} &: \frac{Ci}{Lij} = \frac{2,49 \text{ Mg/L}}{1000 \text{ Mg/L}} \\ &\frac{Ci}{Lij} = 0,002 \text{ Mg/L} \end{aligned}$$

jika hasil > 1 harus dibuat persamaan baru

$$\frac{Ci}{Lij} \text{ (baru)}$$

➤ Indeks Pencemaran

$$\begin{aligned} \text{Diketahui} &: \frac{Ci}{Lij} \text{ (rata-rata)} = 2,031 \\ &\frac{Ci}{Lij} \text{ (maksimum)} = 4,042 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyelesaian} &: IPj = \sqrt{\frac{\left(\frac{Ci}{Lij}\right)^2 M + \left(\frac{Ci}{Lij}\right)^2 R}{2}} \\ IPj &= \sqrt{\frac{(4,042)^2 + (2,031)^2}{2}} \\ IPj &= 2,26 \rightarrow \text{Cemar Ringan} \end{aligned}$$

**Tabel 3.** Status Mutu air Titik SO

No.	Parameter	Satuan	Ci	Lij	Ci/Lij	Ci/Lij (baru)
1.	BOD	Mg/l	122	30	4,06	4,042
2.	TDS	Mg/l	2,49	1000	0,002	
Nilai Rata-rata		2,031	<i>Cemar Ringan</i>			
Nilai Maximum		4,042				
Indeks Pencemar		2,26				

## 3. Status Mutu Air Titik SW (Sumur Warga)

## ➤ Parameter BOD

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui} & : Ci = 0,56 \text{ Mg/L} \\
 & Lij = 30 \text{ Mg/L} \\
 \text{Penyelesaian} & : \frac{Ci}{Lij} = \frac{0,56 \text{ Mg/L}}{30 \text{ Mg/L}} \\
 & \frac{Ci}{Lij} = 0,018 \text{ Mg/L}
 \end{aligned}$$

## ➤ Parameter TDS

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui} & : Ci = 322,5 \text{ Mg/L} \\
 & Lij = 1000 \text{ Mg/L} \\
 \text{Penyelesaian} & : \frac{Ci}{Lij} = \frac{322,5 \text{ Mg/L}}{1000 \text{ Mg/L}} \\
 & \frac{Ci}{Lij} = 0,322 \text{ Mg/L}
 \end{aligned}$$

## ➤ Indeks Pencemaran

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui} & : \frac{Ci}{Lij} \text{ (rata-rata)} = 0,34 \\
 & \frac{Ci}{Lij} \text{ (maksimum)} = 0,322
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyelesaian} & : IPj = \sqrt{\frac{\left(\frac{Ci}{Lij}\right)^2_M + \left(\frac{Ci}{Lij}\right)^2_R}{2}} \\
 IPj & = \sqrt{\frac{(0,322)^2 + (0,34)^2}{2}} \\
 IPj & = 0,433 \rightarrow \text{Cemar Rendah}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.** Status Mutu Air Titik SW

No.	Parameter	Satuan	Ci	Lij	Ci/Lij	Ci/Lij (baru)
1.	BOD	Mg/l	0,56	30	0,018	
2.	TDS	Mg/l	2,49	1000	0,322	
Nilai Rata-rata		0,34	<i>Memenuhi Baku mutu (Kondisi Baik)</i>			
Nilai Maximum		0,322				
Indeks Pencemar		0,433				

## 3.3. Permeabilitas Tanah

Analisis permeabilitas tanah ditampilkan pada Tabel 5.

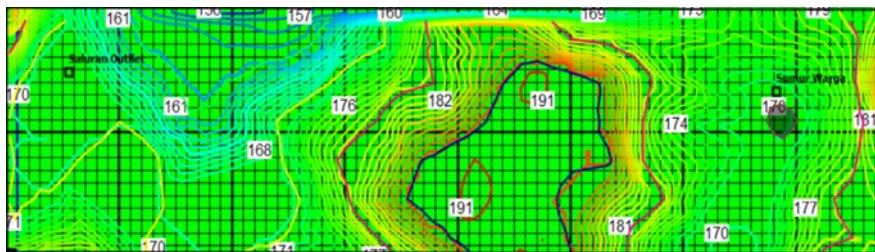
**Tabel 5.** Falling Head Permeability

		Test 1	Test 2	Test 3
Diameter of sample = 10.8 cm Length of sample = 12 cm Stand pipe diameter = 0.3 cm				
		$K = 3.84 \times \frac{a \times L}{A \times t} \text{Log } 10 \left( \frac{H_0}{H_1} \right)$		
Area of stand pipe, a	(cm <sup>2</sup> )	0.0314	0.0314	0.0314
length of specimen, L	(cm)	11.70	11.70	11.70
Area of specimen, A	(cm <sup>2</sup> )	81.75	81.75	81.75
Initial head, Ho	(cm)	143.00	143.00	143.00
Final head, H1	(cm)	10.00	20.00	30.00
Time of test, t	(sec)	10.00	24.00	38.00
Koefisien of permeability, K	(cm/sec)	1.99E-03	6.14E-04	3.08E-04
Koefisien of permeability, K <sub>av</sub>	(cm/sec)	3.4 x10 <sup>-8</sup>		
CLASSIFICATION OF SOIL ACCORDING TO PERMEABILITY				
Degree of permeability	Range of coefficient of permeability, k (cm/s)	Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai koefisien permeability yaitu K=3.44 x 10 <sup>-8</sup> , berdasarkan tabel disamping dikategorikan sampel sulit tembus air		
High	Greater than 10 <sup>-3</sup>			
Medium	10 <sup>-3</sup> -10 <sup>-5</sup>			
Low	10 <sup>-5</sup> -10 <sup>-7</sup>			
Very low	10 <sup>-7</sup> -10 <sup>-9</sup>			
Practically impermeable	Less than 10 <sup>-9</sup>			

### 3.4. Pemodelan Penyebaran Kontaminan

#### 1. Pembuatan Model Grid

Tahapan awal dilakukan pada *software* ArcGis dan di proyeksikan ke proyeksi UTM. Hasil digitasi diimport ke dalam modflow dan dibuat *grid* berdasarkan batas tersebut. sehingga dibuat grid dengan menggunakan 80 kolom dan 20 baris dengan luas per *cell* seluas 10 m dan luas keseluruhan pemodelan yaitu 16 ha yang mewakili daerah lokasi penelitian.

**Gambar 6.** Hasil Pemodelan Kontur Lokasi Penelitian dengan Cells**Tabel 6.** Nilai Konduktifitas Hidrolik

Material	Hydraulic Conductivity
Gravel	3x10 <sup>-4</sup> to 3x10 <sup>-2</sup>
Coarse sand	9x10 <sup>-7</sup> to 6x10 <sup>-3</sup>
Medium sand	9x10 <sup>-7</sup> to 5x10 <sup>-4</sup>
Fine sand	2x10 <sup>-7</sup> to 2x10 <sup>-4</sup>
Silt, loess	1x10 <sup>-9</sup> to 2x10 <sup>-5</sup>
Till	1x10 <sup>-9</sup> to 2x10 <sup>-5</sup>
Clay	1x10 <sup>-11</sup> to 4.7x10 <sup>-9</sup>
Unweathered marine clay	8x10 <sup>-13</sup> to 2x10 <sup>-9</sup>

Sumber : Domenico dan Schwartz (1990)



**Tabel 7.** Nilai Porositas

Material	Porositas (%)
Gravel, Coarse	24-36
Gravel, Fine	25-38
Sand, Coarse	31-46
Sand, Fine	26-53
Silt	24-61
Clay	34-60

Sumber : Morris dan Johnson (1967)

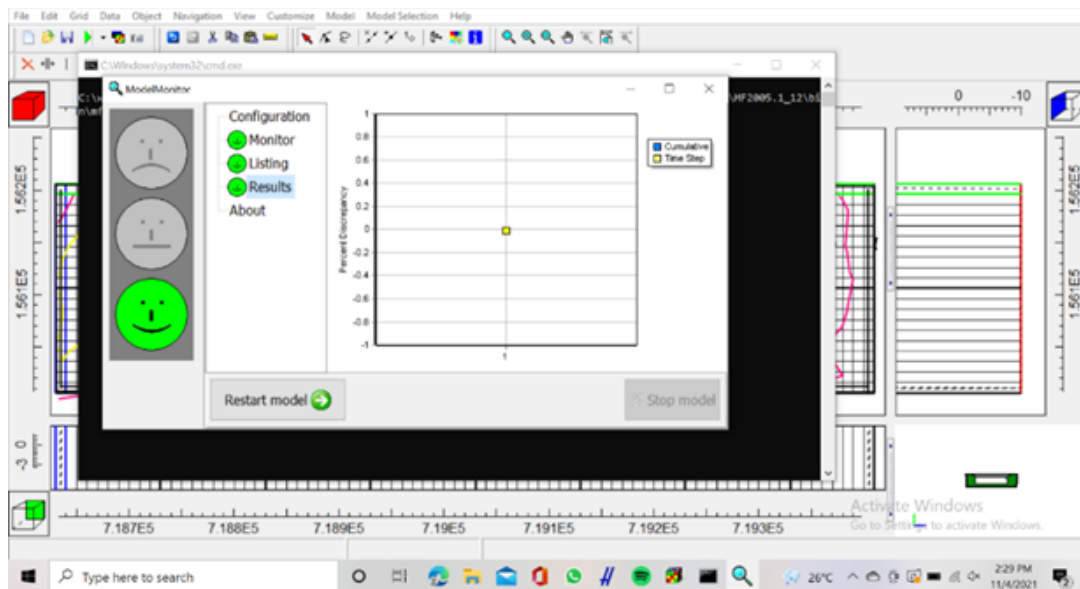
Berdasarkan data yang sudah ada maka data yang masukkan secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Data Input dalam Program Modflow dan Modelmuse

Parameter	Satuan	Nilai	Sumber
Waktu	Detik	59.918.400 (19 Tahun)	Umur TPA ditinjau dari pembangunan bak pengolahan lindi
	Detik	725,328,000 (23 Tahun)	Proyeksi
Porositas	-	0.31-0.46	Morris dan Johnson (1967)
Konduktivitas Hidrolis	m/hari	$9 \times 10^{-7} - 6 \times 10^{-3}$	Domenico and Schwartz (1990)
Recharge Package	m/s	$1.6 \times 10^{-6}$	De Vaull et al (1997)

## 2. Kalibrasi Model

Selanjutnya adalah tahapan proses kalibrasi model. Pada simulasi model penyebaran penelitian yang dilakukan didaerah sekitar TPA Airmadidi tidak terjadi error sehingga sehingga proses simulasi dapat dijalankan.

**Gambar 7.** Simulasi *Running* Kalibrasi

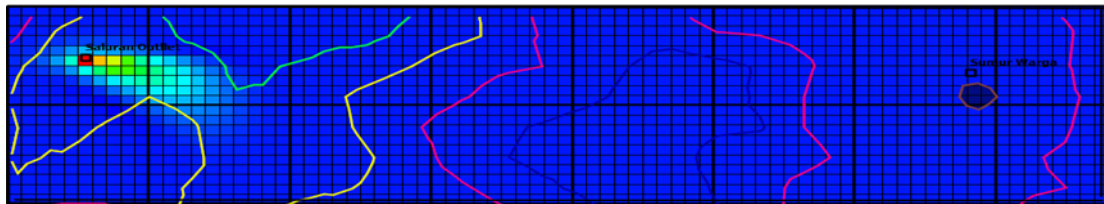
Perbandingan Nilai Parameter BOD di lapangan dengan hasil pemodelan menggunakan software ditampilkan pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Nilai Parameter BOD di Lapangan dengan Hasil Pemodelan

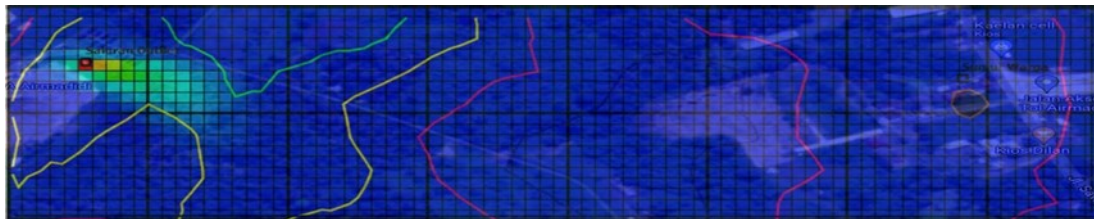
TITIK	HASIL LABORATORIUM (mg/l)	HASIL PEMODELAN 19 Tahun (mg/l)	HASIL PEMODELAN 23 Tahun (mg/l)
SI	171	172	175
SO	122	122,77	147
SW1	0,56	0,59	0,67

### 3.5. Simulasi Pada 19 Tahun

Simulasi penyebaran kontaminan selama 19 tahun dipilih sesuai dengan umur TPA khususnya saat umur pembangunan bak pengolahan lindi. Titik awal pada simuasi ini sesuai dengan titik pengambilan sampel yaitu titik inlet dan outlet. Pemodelan ini berfokus pada kontaminan BOD karena memiliki nilai yang paling tinggi diantara parameter lainnya.

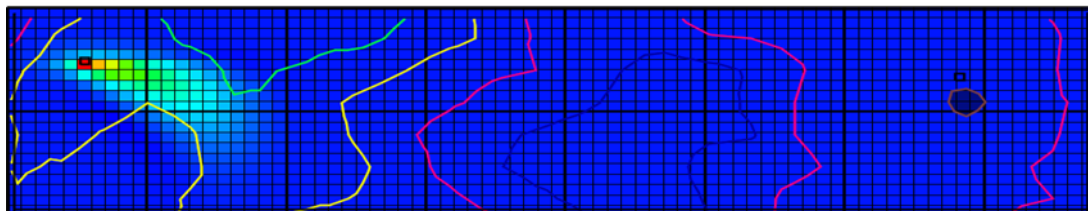
**Gambar 8.** Sebaran BOD di Lokasi Sekitar TPA Airmadidi Pada 19 Tahun

*Plume* pergerakan kontaminan BOD kemudian di *overlay* dengan data citra satelit sehingga dapat dilihat sesuai dengan keadaan real di peta satelit.

**Gambar 9.** *Overlay* Kalibrasi Model dan Hasil Pemodelan Penyebaran pada 19 Tahun

### 3.6. Simulasi Pada 23 Tahun

Pergerakan dimulai dengan penyebaran yang cukup besar di daerah TPA Airmadidi. Simulasi ini berfokus pada kontaminan BOD karena melihat kadar yang cukup tinggi dari hasil laboratorium yang ada.

**Gambar 10.** Sebaran BOD di Lokasi Sekitar TPA Airmadidi Pada 23 Tahun

*Plume* pergerakan kontaminan BOD kemudian di *overlay* dengan data citra satelit sehingga dapat dilihat sesuai dengan keadaan real di peta satelit.



**Gambar 11.** Overlay Model dan Hasil Pemodelan Penyebaran pada 19 Tahun

#### 4. Kesimpulan

1. Berdasarkan pengujian yang dilakukan di laboratorium BTKLPP Kelas 1 Manado kedua parameter yaitu BOD dan TDS di titik sampel pertama di outlet kolam lindi melebihi baku mutu air kelas I, sedangkan di titik sampel kedua yaitu sumur warga tidak melebihi baku mutu air kelas I standar baku mutu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.82 Tahun 2001.
2. Pergerakan air lindi dari TPA Airmadidi berdasarkan hasil pemodelan menunjukkan bahwa pencemaran mengarah ke tenggara dari TPA dimana arah ini menuju ke daerah permukiman.
3. Sampai batas waktu atau batas umur TPA plume kontaminan BOD bergerak sejauh  $\pm 193\text{m}$  dengan luas penyebaran  $\pm 0.7$  ha. Pergerakan air lindi belum mencapai daerah pemukiman warga.

#### Referensi

- Aidha, D. P. (2018). Studi Penyebaran Kontaminan Logam Berat Timbal (Pb) dan Merkuri (Hg) dari Air Lindi terhadap Air Sungai (Studi Kasus TPA Regional Kota Solok). P-ISSN: 2621-3273 E-ISSN: 26211548 Vol. 1, No. 4, 2018, 167. Budiharjo dan Sujarto. (2005). *Kota Berkelanjutan*. Bandung: Alumnus.
- Ali, M. (2001). Rembesan Air Lindi (Leachate) Dampak Pada Tanaman Pangan dan Kesehatan. ISBN 978-602-9372-44 -1 , 1.
- Arif Rahman Hakim, A. S. (2014). Indikasi Penyebaran Kontaminan Sampah Bawah Permukaan Dengan Menggunakan Metode Magnetik (Studi Kasus: TPA SupitUrang, Malang). *NATURAL B*, Vol. 2, No. 3, April 2014, 282.
- Arif Budiman, 2013 "Identifikasi Polutan Dalam Air Permukaan Di sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Air Dingin Padang". Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung.
- Desak Putu Risky, 2017 "Penelitian Pendahuluan Kualitas Air Tanah di Banjar Suwung Batan Kendal, Kelurahan Sesetan , Kota Denpasar". *Medicamento*, Vol. 3 No. 1
- Erni Muhluddin Yatim & Mukhlis (2013) Pengaruh Lindi (Leachate) Sampah Terhadap Air Sumur Penduduk Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Air Dingin *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, Maret 2013-September 2013, Vol.7, No.2
- Mahluddin Yatim, E. (2013). ) Pengaruh Lindi (Leachate) Sampah Terhadap Air sumur. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, Maret 2013 - September 2013, Vol. 7, No. 2, 54.
- Marcell Zadke Wakkary, P. A., & Pangemanan, L. R. (2015). Analisis Kelayakan Lokasi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah. *ASE – Volume 11 Nomor 3A*, November 2015: 33- 44, 34.
- Nurandani Hardiyanti, H. S. (2009). Evaluasi Instalasi Pengolahan Lindi Tempat Pembuangan Akhir Putri Cempo Kota Surakarta. Nurandani Hardiyanti, Haryono Setiyo Huboyo , 52.
- Riogilang, Hendra. 2003. Potensi Air Tanah Akuifer Tertekan di Kecamatan Wenang Kota Manado. Tesis. Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral. Teknik Pertambangan. Institut Teknologi Bandung.
- Riogilang, Hendra. 2022. Analisis Pengaruh Penyebaran Bakteri Escherichia Coli Pada Sumur Gali Di Kelurahan Rap-Rap, Kabupaten Minahasa Utara, ISSN:2337-6732, Vol 10, No 2, Thn 2022.
- Riogilang, Hendra. 2021. Pengendalian Pencemaran Dan Penyebaran Air Lindi Dari Rembesan Kolam Lindi Tpa Sumompo Manado, *MEDIA MATRASAIN eISSN 2723 - 1720 Volume 18, No.2*.
- Riogilang, Hendra. Analisis Penyebaran Air Lindi TPA Mobongo Minahasa Selatan, *TEKNO – Volume 20 Nomor 82 – Desember 2022*