

SKRIPSI
STUDI KASUS TPA BONTO RAMBA TERHADAP AIR
LINDI

Disusun dan diajukan oleh:

INDAH FITRIANI

D131181024



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

STUDI KASUS TPA BONTO RAMBA TERHADAP AIR LINDI

Disusun dan diajukan oleh

Indah Fitriani
D131181024

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 29 September 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Kartika Sari, S.T., M.T.
NIP 19732012000122001

Pembimbing Pendamping,



Dr. Eng. Muhammad Akbar Caronge, S.T., M.Eng
NIP 198604092019043001

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM.
NIP 197204242000122001



KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Indah Fitriani

NIM : D131181024

Program Studi : Teknik Lingkungan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Studi Kasus TPA Bonto Ramba Terhadap Air Lindi

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 12 September 2023

Yang Menyatakan



Indah Fitriani



ABSTRAK

INDAH FITRIANI. Studi Kasus TPA Bonto Ramba Terhadap Air Lindi (dibimbing oleh Kartika Sari dan Akbar Caronge)

Peningkatan timbulan sampah yang terus terjadi di TPA menimbulkan berbagai permasalahan bagi lingkungan, seperti pencemaran air, tanah, dan udara, serta dapat meningkatkan perkembangan vektor penyakit. Penumpukan sampah mengalami proses degradasi yang menghasilkan limbah cair, yaitu lindi. TPA Bonto ramba berlokasi berdampingan dengan pemukiman penduduk dengan sumber air bersih menggunakan sumur dangkal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas air tanah dangkal dan pola penyebaran air lindi terhadap air tanah dangkal di sekitar TPA Bonto Ramba.

Penelitian ini dilakukan dengan mengambil sampel dan menganalisis kualitas air tanah dangkal warga sekitar TPA, serta dilakukan pengambilan sampel pada kolam lindi TPA terhadap parameter pH, suhu, besi (Fe), dan seng (Zn). Pemodelan penyebaran air lindi pada parameter besi (Fe) dan seng (Zn) terhadap air tanah dangkal kemudian dimodelkan melalui solusi analitik Domenico & Robbins dengan pemodelan 1D dan 2D dengan variasi umur TPA.

Hasil penelitian menunjukkan kualitas air tanah dangkal terhadap 6 sumur warga di sekitar TPA Bonto Ramba, yaitu pada sumur 1,2,3,4 telah melebihi baku suhu dengan rata-rata nilai 5 °C, nilai pH diketahui rata-rata 5,7 dengan status tidak memenuhi baku mutu, kandungan terlarut Besi dan Seng di dalam air pada sumur titik 1 masing-masing 5.5 mg/l dan 0.26 dan pada sumur titik 2 masing-masing 0.44 mg/l dan 0.19 mg/l. Kandungan Besi dan Seng melebihi baku mutu sesuai dengan PP RI No.22 Tahun 2021. Pemodelan 1D terhadap kandungan tercemar oleh lindi pada parameter Besi dan Seng dengan variasi umur TPA 10, 30 dan 50 Tahun mendatang penyebaran kontaminan telah melewati titik observasi sumur pada titik 1 dan sumur pada titik 2 kandungan besi dan seng telah melebihi baku mutu. Pemodelan 2D untuk simulasi 10 tahun mendatang menunjukkan penyebaran air lindi belum mencapai titik observasi terdekat yaitu 151 m dimana terdapat sumur warga pada jarak tersebut

Kata Kunci: Air tanah dangkal, lindi, pola sebaran



ABSTRACT

INDAH FITRIANI. . *A case study on leachate at TPA Bonto Ramba* (supervised by Kartika Sari and Akbar Caronge)

The continuous rise in waste generation at landfill sites poses various environmental challenges, including water, soil, and air pollution, as well as the potential for disease vector proliferation. Accumulated waste undergoes degradation processes, leading to the generation of leachate, known as leachate. The Bonto Ramba Landfill is located in close proximity to residential areas, where clean water sources rely on shallow wells.

This research aims to assess the quality of shallow groundwater and the dispersion patterns of leachate into the shallow groundwater around the Bonto Ramba Landfill.

The study involves the collection and analysis of groundwater samples from the vicinity of the landfill, along with samples from the leachate ponds within the landfill, focusing on parameters such as pH, temperature, iron (Fe), and zinc (Zn). The dispersion of leachate into shallow groundwater is then modeled, specifically considering iron (Fe) and zinc (Zn) concentrations, with variations in the landfill's age (10, 30, and 50 years) using the analytical solution proposed by Domenico & Robbins, employing both 1D and 2D modeling approaches.

The research results indicate that the quality of shallow groundwater from six nearby wells around the Bonto Ramba Landfill, particularly in wells 1, 2, 3, and 4, exceeds the acceptable temperature limit with an average value of 5°C. The pH levels average 5.7, indicating non-compliance with water quality standards. Moreover, iron and zinc levels in well 1 are 5.5 mg/L and 0.26 mg/L, respectively, and in well 2, they are 0.44 mg/L and 0.19 mg/L, respectively. These concentrations exceed the water quality standards established by PP RI No. 22 of 2021. The 1D modeling of leachate contamination for iron and zinc parameters, considering landfill ages of 10, 30, and 50 years, shows that contaminant dispersion has surpassed the observation points in wells 1 and 2, exceeding the water quality standards. The 2D modeling for a 10-year simulation indicates that leachate dispersion has not reached the closest observation point, which is 151 meters away, where residential wells are situated.

Keywords: Shallow groundwater, leachate, dispersion



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan.....	3
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tempat Pemrosesan/Pembuangan Akhir (TPA).....	5
2.2 Sampah.....	6
2.3 Air Lindi.....	9
2.4 Tanah.....	11
2.5 Air Tanah.....	14
2.6 Transport Kontaminan dalam Tanah.....	19
2.7 Penentuan kecepatan aliran air tanah.....	21
2.8 Studi Analitik Domenico-Robbins.....	23
2.9 Literatur Terkait Penelitian Terdahulu.....	25
METODE PENELITIAN.....	31



3.1 Rancangan Penelitian.....	31
3.2 Diagram Alir Tahap Penelitian	32
3.3 Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	33
3.4 Waktu Penelitian.....	33
3.5 Alat dan Bahan.....	34
3.6 Metode Pengumpulan Data.....	34
3.7 Pengujian Sampel.....	37
3.8 Analisis Data.....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Kondisi Eksisting TPA Bonto Ramba	40
4.2 Pengamatan Sumur warga.....	41
4.2 Kecepatan dan Arah Aliran Air Tanah.....	44
4.3 Analisi Sampel Air Lindi dan Air Tanah Dangkal.....	47
4.5 Model Penyebaran Kontaminan.....	51
4.6 Model Penyebaran.....	53
BAB V Kesimpulan dan saran	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	63
Lampiran	67



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Segitiga Tekstur Tanah.....	12
Gambar 2 Segitiga lokasi	22
Gambar 3 Diagram Alir Tahap Penelitian	32
Gambar 4 TPA Bonto Ramba	33
Gambar 5 Pengambilan ketinggian air tanah	35
Gambar 6 pengukuran tinggi bibir sumur	35
Gambar 7 pengambilan sampel air tanah	36
Gambar 8 pengambilan sampel air lindi	36
Gambar 9 pengujian pH air	37
Gambar 10 pengukuran suhu air	38
Gambar 11 pengujian parameter Fe dan Zn	39
Gambar 12 Kondisi kolam lindi TPA Bonto Ramba	40
Gambar 13 Komposisi Sampah.....	41
Gambar 14 Kincir air pada kolam lindi.....	43
Gambar 15 Lokasi Pengambilan Muka air Tanah.....	44
Gambar 16 Lokasi pengambilan sampling.....	45
Gambar 17 Peta Jenis Tanah Kabupaten Maros	46
Gambar 18. Hasil Prediksi 1 Dimensi Besi.....	54
Gambar 19 Hasil Prediksi 1 Dimensi Seng.....	56
Gambar 20 Prediksi sebaran Besi 2 Dimensi	58
Gambar 21 Peta penyebaran Besi oleh lind	58
Gambar 22 Prediksi sebaran Seng 2 Dimensi	59
Gambar 23 peta penyebaran Seng oleh lindi.....	59



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Baku Mutu Air Lindi.....	11
Tabel 2 Kisaran porositas dan konduktifitas tanah	13
Tabel 3 Jurnal Penelitian Terdahulu	25
Tabel 4 Bahan dan alat.....	34
Tabel 5. Timbulan sampah TPA Bonto Ramba	41
Tabel 6 Lokasi Pengambilan Titik Muka Air Tanah	43
Tabel 7. Titik Lokasi Sampling.....	44
Tabel 8 Hasil Pengujian Suhu Sampel Air Lindi dan Air Tanah Dangkal	48
Tabel 9. Hasil Pengujian pH Sampel Air Lindi dan Air Tanah Dangkal.....	49
Tabel 10. Hasil Pengujian Fe Sampel Air Tanah Dangkal	50
Tabel 11 Hasil Pengujian Fe Sampel Air Tanah Dangkal	51
Tabel 12 Data dan Asumsi yang digunakan dalam Simulasi Model	51



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
C	Konsentrasi kontaminan pada titik x dan waktu t
C0	Konsentrasi kontaminan pada titik sumber
Rf	factor retardasi
V	Kecepatan air tanah / kecepatan kontaminan yang sudah dikoreksi dengan faktor retardasi(L/T)
λ	Koefisien transformasi laju orde satu ($1/T = (\ln 2)/(t_{1/2})$)
t	Waktu (T)
Y	Lebar sumber pencemar (L)
Z	Proyeksi kedalaman sumber terhadap akuifer (L)
α_x	Dispersivitas longitudinal (L)
α_y	Dispersivitas transverse (L)
α_z	Dispersivitas vertikal (L)
x	Jarak horizontal dari sumber dalam arah aliran air tanah
y	arak dari titik tengah sumber pencemar tegak lurus arah aliran (L)
z	jarak vertical dari top akuifer (L)



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Running Octave.....	67
Lampiran 2 syntax Kecepatan aliram.....	67
Lampiran 3 syntax Prediksi 2 Dimensi	69
Lampiran 4 syntax prediksi 1 Dimensi	70
Lampiran 5 TPA Bonto Ramba.....	73
Lampiran 6 Lokasi pengambilan sampel air lindi dan air tanah dangkal	74
Lampiran 7 Pengambilan titik koordinat dan muka air tanah	74
Lampiran 8 pengujian sampel dilapangan.....	75
Lampiran 9 pengujian sampel dilaboratorium	76



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga bisa menyelesaikan dan menyusun tugas akhir dengan judul "Pengaruh Tempat Pembuangan Akhir Sampah Terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal Penduduk Sekitar". Shalawat serta salam penulis curahkan kepada Rasulullah SAW, yang telah mengantar umat manusia dari masa kegelapan menuju masa yang terang benderang

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) pada jenjang Strata-1 Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Penulis menyadari banyak kesulitan yang dihadapi selama penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan bimbingan, nasehat dan doa dari segala pihak, membuat penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M. Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. Eng Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT. dan Bapak Prof. Baharuddin Hamzah, ST., MT., M. Arch selaku Dekan dan Wakil Dekan 1 Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, ST., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Eng. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T Pembimbing Akademik yang
5. Ibu Dr. Eng. Kartika Sari S.T., M.T (Pembimbing 1) dan Bapak Dr. Eng Akbar Caronge S.T., M.Eng. (Pembimbing II) atas bimbingan dan motivasi dan waktu yang telah diberikan kepada penulis selama masa penyusunan tugas akhir.
6. Seluruh Bapak/Ibu dosen dan staff Departemen Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmu dan masukan terhadap tugas akhir ini.



ia orang tua tersayang. Ayah Rahmadin dan Ibu Helena Lande serta
 uh Keluarga yang tulus dan tiada henti – hentinya memberi doa dan
 nganya hingga bisa sampai ke tahap ini.

8. Kepada seluruh teman-teman Lingkungan 2018 atas segala dukungan, motivasi dan kebersamaan selama masa perkuliahan ini
9. Kanda-kanda senior serta adik-adik yang telah membantu selama masa perkuliahan.
10. Serta kepada seluruh pihak yang membantu selama penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Untuk itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi penyempurnaan tugas akhir ini. Besar harapan penulis, bahwa tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi lingkungan akademis Fakultas Teknik Departemen Teknik Lingkungan. Penulis juga memohon maaf atas kesalahan dan kekurangan selama penyusunan tugas akhir ini



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan sampah di Indonesia menjadi persoalan pokok untuk setiap kota, seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, urbanisasi, gaya hidup, pertumbuhan ekonomi dan kemajuan teknologi sampah yang dihasilkan kian bervariasi. Permasalahan sampah umumnya diakibatkan peningkatan timbulan sampah yang terus menerus dan tidak seimbang dengan pengelolaan yang ada serta kesadaran yang masih sangat rendah, partisipasi masyarakat yang kurang dan perilaku buruk masyarakat yang masih membuang sampah sembarangan semakin memperburuk ditambah kurangnya pengetahuan tentang pemilahan sampah dari sumbernya sehingga mengakibatkan tumpukan sampah di tempat pembuangan akhir (TPA) sampah tidak terkendali

Permasalahan akibat menumpuknya sampah di tempat pembuangan akhir (TPA) sampah hasil aktivitas manusia menimbulkan berbagai permasalahan bagi lingkungan mulai dari tercemarnya air, tanah dan udara di sekitar tempat pembuangan sampah, tidak sampai disitu adanya tumpukan sampah yang tidak tertangani dengan baik menyebabkan permasalahan seperti bau yang tidak sedap dan tempat berkembangnya vektor penyakit. Keberadaan tumpukan sampah ini diakibatkan dari terbatasnya lahan yang layak dan sistem pengelolaan yang terbatas.

Kebutuhan akan lokasi TPA yang aman ditengah perkembangan penduduk yang pesat menjadi masalah bagi tiap-tiap wilayah. permasalahan yang dihadapi adalah bagaimana cara mendapatkan lokasi pembuangan sampah tersebut secara tepat dan aman (Priatna et al., 2019). TPA menjadi penampungan dari berbagai macam jenis sampah, sampah menumpuk mengalami degradasi hasil proses kan sampah dan dapat menghasilkan limbah cair yang di sebut lindi. Air upakan cairan yang membawa materi tersuspensi hasil dari rembesan



atau masuknya air external yang melewati sampah hasil dekomposisi (Mawitjere, 2019).

Lindi dapat berbahaya bagi lingkungan dan mengganggu keseimbangan proses daur ulang alami. Ketika komponen baik senyawa organik maupun anorganik melebihi daya dukung atau kapasitas badan air untuk menguraikannya. Pencemaran Air lindi terhadap air tanah disebabkan adanya rembesan air lindi masuk melewati pori-pori tanah dan menyebar mengikuti aliran air tanah dengan konsentrasi yang tinggi akan menyebabkan penemaran terhadap air tanah, Air lindi yang mengalir di permukaan dan masuk ke badan air akan menyebabkan terganggunya ekosistem perairan. Lindi dapat berbahaya bagi lingkungan dan mengganggu keseimbangan proses daur ulang alami. Ketika komponen baik senyawa organik maupun anorganik melebihi daya dukung atau kapasitas badan air untuk menguraikannya.

TPA Sampah Bonto Ramba yang berlokasi di maros dengan luas lahan 4 Hektare, TPA sampah Bonto Ramba telah beroperasi sejak tahun 1997 dan melayani sebanyak 14 Kecamatan dengan sampah yang dihasilkan perharinya pada tahun 2021 sebanyak 159.191 kg. Pengelolaan sampah di TPA ini masih menggunakan sistem *controlled landfill* yaitu satu sistem dimana secara periodik sampah yang telah tertimbun ditutup dengan lapisan tanah untuk mengurangi potensi gangguan pada lingkungan.

Penelitian yang dilakukan sebelumnya terkait karakteristik air lindi pada TPA Sampah Bontor Ramba dengan pengambilan salah satu sampelnya berupa pada titik *outlet* kolam lindi di temukan bahwa air lindi pada saluran *oulet* tidak memenuhi baku mutu air lindi, uji yang dilakukan terkait salah satu parameter kimia berupa Fe 6,14 mg/l dengan baku mutu Fe 5,0 mg/l (Rachmawati, 2023) dari data didapat bahwa masih terdapat nilai yang tidak sesuai dengan baku mutu kualitas air lindi, hal ini membuktikan lindi yang tidak tertangani dan diolah dengan baik sehingga dapat mencemari lingkungan sekitar TPA sampah.



agai penelitian mengenai pencemaran lindi yang disebabkan oleh TPA kukan salah satunya Pratiwi (2022) mengenai Analisi sebaran air lindi kulalitas air sumur menunjukkan bahwa air lindi dapat mencemari air

sumur warga pada jarak 300 meter, penelitian yang serupa dilakukan oleh Akmal (2022) mengenai pola persebaran air lindi terhap sumur warga dari hasil air lindi menyebar dan mencemari sumur warga hingga jarak \pm 500 meter dari TPA.

TPA Sampah Bonto Ramba berlokasi berdampingan dengan sawah penduduk kurang lebih pada jarak 200 meter terdapat pemukiman warga yang masih menggunakan sumur sebagai sumber kebutuhan sehari-harinya baik untuk mencuci, minum dan mandi, dekatnya jarak TPA Sampah dari pemukiman warga berpotensi akan mempengaruhi kualitas air sumur warga jika terkontaminasi dari lindi. Oleh karena itu penulis tertarik untuk melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui **“Pengaruh Tempat Pembuangan Akhir Sampah Bonto Ramba Terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal Penduduk Sekitar”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya maka rumusan masalah pada penelitian ini :

1. Bagaimana kualitas air tanah dangkal di daerah sekitar TPA Bonto Ramba?
2. Bagaimana pola penyebaran air lindi terhadap air tanah dangkal di sekitar TPA Bonto Ramba?

1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan

Adapun tujuan dari penelitian :

1. Untuk mengetahui kualitas air tanah dangkal di daerah sekitar TPA Bonto Ramba.
2. Untuk mengetahui pola penyebaran air lindi terhadap air tanah dangkal disekitar TPA Bonto Ramba.

1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan

Adapun manfaat dari penelitian dari sebagai berikut :

1 Bagi Penulis



berikan wawasan terkait Pola penyebaran kontaminan universitas

berikan kontribusi ilmiah pada kajian tentang pergerakan air lindi di ran kawasan TPA

3 Bagi Masyarakat

Memberikan suatu informasi ke masyarakat terkait bahaya yang ditimbulkan akibat lindi terhadap kualitas air tanah pada warga yang tinggal disekitar TPA.

1.5 Ruang Lingkup

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

- 1 Lokasi penelitian berada di TPA Bonto Ramba. Sampel air lindi diambil dari kolam pemapungan lindi TPA Bonto Ramba dan Air tanah diambil pada air sumur warga yang bermukim di sekitar air TPA
- 2 Parameter yang diamati yaitu (suhu, pH, Fe dan Zn)
- 3 Parameter air tanah yang disimulasikan ke dalam model adalah Fe dan Zn

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab pendahuluan berisi latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan manfaat penelitian

BAB II LANDASAN TEORI

Bab landasan teori berisi referensi-referensi dan teori yang secara sistematis dapat mendukung penelitian ini. Landasan teori memuat definisi, konsep dan rancangan usulan terhadap penelitian yang akan dilaksanakan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab metodologi penelitian memuat cara kerja penelitian secara sistematis yang memuat rancangan penelitian, teknik pengumpulan data, dan teknik analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab hasil dan pembahasan berisi hasil penelitian yang telah dilakukan. Hasil tersebut kemudian dikaitkan dianalisis dan dikaitkan dengan teori- teori dan rumusan masalah dalam penelitian ini.

BAB V PENUTUP

Bab penutup memuat penarikan kesimpulan terhadap hasil penelitian dan saran



oran tugas akhir ini.

R PUSTAKA

RAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tempat Pemrosesan/Pembuangan Akhir (TPA)

Tempat pembuangan akhir (TPA) merupakan fasilitas pemerintah yang digunakan sebagai tempat akhir dari sampah. Berdasarkan Undang-undang No 18 tahun 2008 menjadi tempat pemrosesan akhir didefinisikan sebagai pemrosesan akhir sampah dalam bentuk pengendalian sampah dan/atau residu hasil pengolahan sebelumnya ke media lingkungan secara aman. TPA adalah fasilitas untuk sampah di buang di tas suatau tanah yang kemudian nantinya akan dilakukankan penutupan atau material lain untuk meminimalisir dampak yang di timbulkan terhadap masyarakat dan lingkungan sekitar TPA (Akbar, 2016)

Sesuai dengan (Badan Standar Nasional Indonesia 03-3241-1994, 1994), bahwa lokasi yang memenuhi persyaratan sebagai tempat pembuangan akhir sampah adalah :

1. Jarak dari perumahan terdekat 500 m
2. Jarak dari badan air 100 m
3. Jarak dari bandara 1500 m (pesawat baling-baling); 3000 m (pesawat jet).
4. Muka air tanah > 3 m
5. Jenis tanah lempung dengan konduktivitas hidrolik < 10^{-6}
6. Merupakan tanah tidak produktif cm/det
7. Bebas banjir minimal periode 25 tahun

Metode pembuangan sampah yang umum digunakan di indonesia yaitu:

1. *Sanitary landfill* (Lahan Urung saniter)

Sanitary landfill merupakan sistem pengelolaan sampah, dimana sampah akan dibuang pada lokasi cekung lalu kemudian di padatkan dan ditimbun dengan tanah. Metode *Sanitary landfill* yaitu sistem pengolahan dengan cara membuat lapisan demi lapisan antara sampah dan tanah (Akbar, 2016). Pada metode ini

di tumpuk hingga mencapai ketinggian tertentu lalu akan di padatkan n di timbun oleh tanah dan di padatkan kembali, lalu di tumpuk lagi oleh



sampah dan tanah demikian seterusnya secara selang-seling tanah dan sampah di tumpuk, metode ini sangat memerlukan lahan yang cukup luas (Fajarini 2014).

2. *Controlled landfill* (Lahan Urung Terkendali)

Controlled landfill adalah sistem pembuangan dengan memadatkan sampah menjadi sebuah sel lalu kemudian sampah tersebut ditutup oleh tanah setiap lima hari atau seminggu sekali, hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi bau yang sedap, mencegah pertumbuhan laalt dan mengurangi gas metan (Akbar, 2016). Dalam pengelolaannya *conrolled landfill* memiliki perencanaan dimana terdapat pipa-pipa khusus baik secara horizontal untuk tempat mengalirnya air lindi dan pipa-pia secara vertikal untuk tempat pengeluaran udara yang beruppa gas metan ke udara. penutupan sampah menggunakan tanah akan dibantu dengan alat berat untuk kemudain dipadatkan.

3. *Open dumping* (penimbunan terbuka)

Open dumping dapat diartikan sebagai metode sederhana dimana sampah hanya ditumpuk di suatu tempat atau lokasi tertentu tanpa adanya proses yang menemaninya. Pada sistem ini juga sudah tidak ada proses pengolahan sampah secara signifikan karena sistemnya hanya sampah dibiarkan pada lahan terbuka sehingga banyak sekali efek yang didapatkan dari sistem ini terlebih lagi kontaminan air lindi oleh air tanah, pencemaran udara oleh bau yang tidak sedap serta bercecernya sampah yang tak terkendali. *Open dumping* masih banyak digunakan pada negara-negara yang berkembang dikarenakan biaya pengelolaanya yang rendah, tidaka danya system control terhadap area pembuangan dan sering di jumpai pemulung maasuk untuk memilah sampah di dalam TPA untuk kemudia dijual Kembali. Hal ini tenttunya sangat berrbahaya karena tumpukkan sampah yang menggunung di TPA dapat menyebabkan longsor (Zalenzi, 2019).

2.2 Sampah



ah dapat diartikan sebagai benda yang tidak diguankan lagi karena an fungsi utamanya dan jika tidak dikelola dengan baik akan lkan berbagai permasalahan, namun jika di kelola dengan baik dapat

digunakan kembali bahkan dapat bernilai ekonomis. SNI 19 – 2454 – 2002 tentang tata cara teknik operasional pengelolaan sampah perkotaan, sampah artikan sebagai “limbah yang bersifat padat terdiri dari bahan organik dan bahan anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus di kelola agar tiak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan”.

(Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008,)Dalam undang-undang No 18 tahun 2008 Tentang Pengelolaan sampah di jelaskan bahwa sampah adalah sisa kegiatan sehari –hari atau proses alam yang berbentuk padat atau semi-padat berupa zat organik atau organik bersifat dapat terurai atau tidak terurai yang dianggap sudah tidak berguna lagi dan dibuang kelingkungan. umunya sampah yang sulit terdaur ulang akanmenyebabkan tercemarnya tanah, sedangkan sampah yang dibakar akan menghasilkan gs-gas yang dapat mencemari uadara dan air dan rembesan dari pembusukan smapah akan menyebabkan pencemran pada air. (Rachmawati, 2023) .

2.2.1 Sumber Sampah

Sampah dihasilkan dari berbagai aktifitas manusia sampah yang dihasilkan berhubungan dengan aktifitas manusia sehingga terdapat berbagai macam sampah, adapun sumber –sumber sampah sebagai berikut :

1. Daerah Permukiman (rumah tangga)

Sampah sampah bermukiman berasal dari aktifitas rumah tangga, berupa persiapan memasak di dapur, sisa-sisa makanan, pembersihan lantai rumah dan halaman/taman. Jenis sampah dihasilkan berupa sampah basah dan sampah kering.

2. Daerah Komersial

Sumber sampah komersial yaitu pasar pertokoan, restoran, perusahaan, tempat hiburan, bioskop, super market, hotel, percetakan, bengkel dan sebagainya. di Negara berkembang sebagian besar kategori sampah ini berasal dari pasar dan kebanyakan berupa sampah organik.

h Institusi



Sumber sampah institusional adalah perkantoran, sekolah, tempat ibadah dan lembaga-lembaga non komersial lainnya. Jenis sampah yang dihasilkan sebagian besar adalah sampah kering.

4. Sampah Jalan dan Tempat-tempat Terbuka

Sampah kategori ini berasal dari kegiatan penyapuan/pembersihan jalan-jalan dan trotoar, taman, lapangan, tempat rekreasi, dan lain-lain. Jenis sampah yang dihasilkan biasanya berupa dedaunan, ranting pohon, kertas pembungkus dan debu jalanan

5. Industri

Sumber sampah industri berasal dari perusahaan yang bergerak di bidang industri berat, industri ringan, pabrik-pabrik dan sebagainya. Jenis sampah yang dihasilkan tergantung dari bahan baku yang digunakan oleh industri tersebut. Sampah industri ada yang dapat dikategorikan sebagai sampah domestic dan adapula yang dikategorikan sebagai sampah khusus.

6. Tempat Pembangunan, Pemugaran dan Pembongkaran

Sampah yang dijumpai adalah sampah material atau bahan-bahan bangunan, jenisnya tergantung dari bahan bangunan yang dipakai.

7. Rumah Sakit dan Balai Pengobatan

Sampah rumah sakit pengolaannya ditangani secara terpisah dengan sampah lainnya karena sampahnya bersifat khusus, kemungkinan mengandung kuman penyakit menular. Sampah yang dihasilkan berupa bekas-bekas operasi, pembalut luka, potongan anatomi, termasuk sampah kantor dan dapur.

2.2.2 Dampak Negatif Sampah

Sampah yang dibuang kelingkungan dan tanpa pengolahan dengan baik dapat menjadi masalah yang serius diantaranya sebagai berikut (Tchobanoglous dkk 1993) dalam (Damanhuri, 2018)

1. Estetika

Sampah yang berserakan dan kotor, atau tumpukan sampah yang rakandimana saja adalah pemandangan yang tidak disukai oleh sebagian masyarakat.
or penyakit:



Sampah apabila terakumulasi dalam jumlah yang cukup besar, merupakan sarang atau tempat berkumpulnya berbagai binatang yang dapat menjadi vektor penyakit, seperti lalat, tikus, kecoa, kucing, anjing liar, dan sebagainya. Juga merupakan sumber dari mikro organisme patogen penyakit menular, sehingga akumulasinya akan membahayakan kesehatan masyarakat, terutama yang bertempat tinggal dekat dengan lokasi timbunan sampah tersebut.

3. Bau dan debu:

Sampah yang berbentuk debu atau bahan membusuk dapat mencemari udara. Bau yang timbul akibat adanya dekomposisi materi organik dan debu yang beterbangan akan mengganggu pernapasan serta penyakit lainnya.

4. Pencemaran air

Lindi (*leachate*), sebagai efek pembilasan dan dekomposisi biologis dari timbunan sampah, berpotensi mencemari badan air sekelilingnya, terutama air tanah. Pencemaran air tanah oleh lindi merupakan masalah terberat yang dihadapi dalam pengelolaan sampah di Indonesia.

5. Bahaya kebakaran

Sampah ringan akan mudah beterbangan dan mudah terbakar. Tumpukan sampah kertas kering akan mudah terbakar, misalnya karena puntung rokok yang masih membara. Kondisi seperti ini akan menimbulkan bahaya kebakaran.

6. Menyumbat saluran

Sampah yang dibuang sembarangan dapat menyumbat saluran-saluran air hujan (*drainase*) dan sungai. Kondisi ini dapat menimbulkan bahaya banjir akibat terhambatnya pengaliran air buangan dan air hujan.

2.3 Air Lindi

Lindi (*Leachete*) adalah cairan yang dihasilkan dari air hujan yang jatuh, mengalir dan meresap ke dalam sampah (Nurcholis, 2020). Menurut Anang (2018), air lindi merupakan hasil dari adanya tumpukan sampah di TPA, volume yang cenderung meningkat sehingga menyebabkan terjadi pembusukan dan mengeluarkan air yang disebut air lindi. Pembuangan sampah secara rutin ke TPA merupakan bentuk pengisian kembali (*recharge*), baik secara



infiltrasi maupun perlokasi, sehingga peluang untuk terjadi kontaminasi air, terutama air tanah dangkal maupun air, sumur gali menjadi gejala yang wajar. Air lindi mengandung zat-zat yang tersuspensi dan unsur-unsur terlarut dikarenakan hasil dari proses degradasi dan dekomposisi biologi sampah.

Selain itu Sulinda (2016) menyatakan bahwa proses penguraian bahan organik menjadi komponen yang lebih sederhana oleh mikroorganisme aerobik dan anaerobik pada lokasi pembuangan sampah dapat menjadi penyebab terbentuknya gas dan air lindi. Sebagian besar limbah yang dibuang pada lokasi pembuangan sampah adalah padatan. Limbah tersebut berasal dari berbagai sumber yang berbeda dengan tipe limbah yang berbeda pula, sehingga setiap air lindi memiliki karakteristik tertentu. Waktu air lindi juga mempengaruhi kualitas air lindi, air lindi yang masih baru kandungan bahan pencemar akan lebih tinggi di bandingkan dengan air lindi yang sudah lama berada pada landfill (Laili, 2021).

Kuantitas dan kualitas air lindi juga dapat dipengaruhi oleh iklim. Infiltrasi air hujan dapat membawa kontaminan dari tumpukan sampah dan memberikan kelembaban yang dibutuhkan bagi proses penguraian biologis dalam pembentukan air lindi. Meskipun sumber dari kelembabannya mungkin dibawa oleh sampah masukannya, tetapi sumber utama dari pembentukan air lindi ini adalah adanya infiltrasi air hujan. Jumlah hujan yang tinggi dan sifat timbunan yang tidak *solid* akan mempercepat pembentukan dan meningkatkan kuantitas air lindi yang dihasilkan (Sulinda, 2016).

Selayaknya benda cair air lindi akan mengalir dari tempat yang lebih tinggi menuju ke tempat yang lebih rendah. air lindi dapat bercampur dengan air tanah dan air permukaan hal ini terjadi dipengaruhi oleh tipe tanah, jenis batuan, kedalaman dan pergerakan air tanah, curah hujan serta pengendalian dari aliran permukaan dimana lokasi TPA berada (Laili, 2021).

Pola umum dari terbentuknya air lindi sebagai berikut

1. Presipitasi (P) jatuh di TPA dan beberapa diantaranya akan mengalami runoff (RO).
2. Beberapa dari presipitasi akan menginfiltrasi (I) permukaan.

agian yang terinfiltrasi akan menguap/evaporates (E) dari permukaan atau transpirasi (T) melalui tumbuhan.



4. Sebagian proses infiltrasi akan menyebabkan penurunan kandungan kelembaban dalam tanah.
5. Sisa infiltrasi setelah proses E, T dan I sudah mencukupi, bergerak kebawah membentuk suatu perlokasi (PERC) dan pada akhirnya membentuk lindi di dasar TPA.

Baku mutu Air lindi di indoneisa ditetapkan dalaam peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 59 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Lindi bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah.

Tabel 1 Baku Mutu Air Lindi

Parameter	Kadar maksimum	Satuan
Suhu	38	°C
pH	6-9	-
BOD	150	mg/l
COD	300	mg/l
TSS	100	mg/l
N Total	60	mg/l
Merkuri	0,005	mg/l
Kadmium	0,1	mg/l

Sumber: Permen LHK No.59 tahun 2016

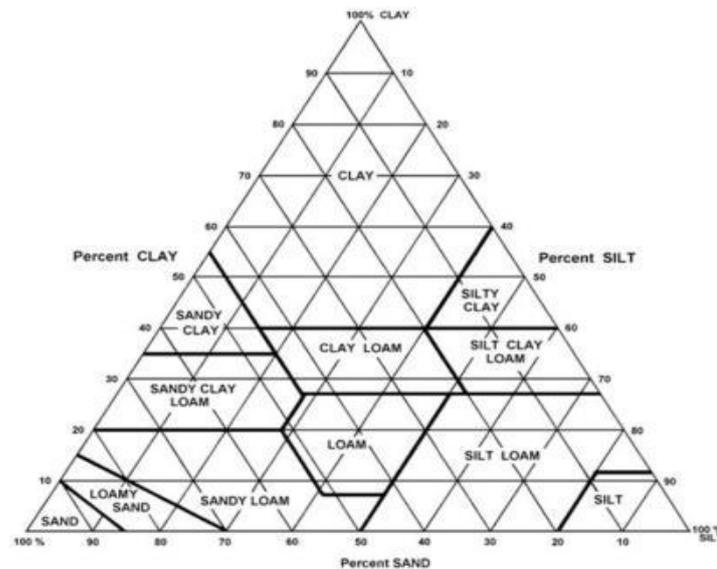
2.4 Tanah

Tanah memiliki beberapa komponen yang tersusun dalam satu sistem. Komponen ini terdiri dari 3 jenis yaitu, komponen gas, cair dan padat. Masing-masing komponen ini memiliki campuran dan struktur yang berbeda didalamnya. Komponen gas biasanya berupa udara yang mengisi celah-celah atau pori tanah baik udara di dalam tanah maupun udara bebas di udara. Gas tersebut bisa juga berasal dari proses biodegradasi zat organik yang berada ditanah (karami 2022).



ekstur tanah merupakan proporsi relatif dari masing-masing ukuran *sand*, *silt*, dan *clay*. Fraksi *sand* (pasir) sering dibagi lagi menjadi subfraksi *medium*, dan *fine sand*. *Silt* yang secara ukuran berada diantara *sand* dan

clay. *Clay* memiliki luas permukaan yang paling besar, *clay* merupakan fraksi yang paling berpengaruh pada perilaku tanah karena menyebabkan aktivitas fisiokimia. Partikel *clay* biasanya membawa muatan elektrosatis negatif yang dapat mendorong terjadinya pertukaran ion dengan larutan di sekitarnya, untuk memudahkan dalam mengidentifikasi jenis tanah, dibuatlah segitiga tekstur tanah (Zalenzi, 2019).



Gambar 1 Segitiga Tekstur Tanah

Sumber: David K Todd, 1980

Hasil kalsifikasi tanah ini dapat berfungsi sebagai penentuan karakteristik tanah, seperti porositas tanah, konduktivitas hidrolis, dan kelembapan.

1. Porositas Tanah

Tanah memiliki partikel yang cenderung saling bergabung sehingga membentuk agregat atau bongkahan disebabkan oleh berbagai macam proses seperti penyusutan atau mengembang akibat pengaruh biologis atau perubahan kadar air. Porositas tanah merupakan kapasitas volume kosong diantara komposisi padatan tanah. Komponen yang ada di dalam tanah terdiri dari komponen cair, padat dan gas, faktor-faktor yang memengaruhi porositas meliputi ukuran butiran tanah, bentuk butiran, tumpukan butiran, dan at kompak tanah (Pidriansy, 2013).



2. Konduktivitas Hidrolis

Konduktivitas hidrolis juga dikenal sebagai konduktivitas hidrogeologi, adalah ukuran kemampuan tanah atau batuan untuk mengalirkan air. Konduktivitas hidrolis merupakan kecepatan yang spesifik terhadap aliran melalui media butir untuk gradient hidrolis. Konduktivitas hidrolis sering disebut (K) dari tanah yang bergantung berbagai faktor fisik dan indikator dalam tanah dimana nilainya bervariasi tergantung dari jenis tanah dan batuan. Konduktivitas hidrolis tersebut memiliki arti koefisien proporsionalitas (Notodarmojo, 2005). Kisaran porositas dan konduktivitas beberapa jenis tanah dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 2 Kisaran porositas dan konduktivitas tanah

Jenis Tanah	Konduktivitas Hidrolik	Porositas (n)
Pasir	442,34 -141,14	0,374-0,5
Lempung berliat	1,41-4,23	0,409-0,519
Debu	4,223-14,11	0,46
Lempung	4,23-14,11	0,375-0,551
Lempung berdebu	4,23-14,11	0,42-0,582
Pasir berlempung	42,34-141,14	0,363-0,506
Liat berdebu	0,42-1,41	0,425-0,533
Lempung berpasir	14,11-42,43	0,351-0,555
Silty clay loam	1,41-4,23	0,418-0,524
Sandy clay loam	1,41-4,23	0,332-0,464
Liat berpasir	0,42-1,41	0,37-0,49

Sumber : USDA 2013

3. Kelembaban atau Kadar Air

Kadar air merupakan air yang dapat mengisi ruang pada pori, baik memenuhi seluruh atau sebagian rongga. Air yang mengisi tanah, dapat berupa air gravitasi atau disebut kelembaban tanah. Apabila memenuhi maka dapat dikatakan jenuh, sedangkan apabila sebagian maka kondisi tersebut tidak jenuh. (Notodarmojo,



2.5 Air Tanah

Berdasarkan daur hidrologi, air tanah berasal dari air hujan yang bergerak ke bawah melalui zona aerasi yaitu zona yang berupa pori-pori tanah berisi air dan udara dalam jumlah yang berbeda-beda. Proses sirkulasi air di alam dan komponen-komponen yang berpengaruh didalamnya merupakan suatu proses berjalan secara alami dan berkesinambungan. Uap air dari permukaan tanah (danau, laut, sungai, kolam) dan transpirasi tumbuhan akan bergerak naik ke atmosfer oleh proses pendinginan dan kondensasi menjadi awan dan embun yang kemudian pada kondisi meteorologi tertentu terjadi proses presipitasi berupa hujan, sebagian air hujan menguap kembali sebelum mencapai permukaan tanah dan sebagian lainnya tertahan oleh tumbuhan sebagai intersepsi (Handayani 2019).

Air tanah bersumber dari air hujan yang jatuh ke permukaan tanah yang kemudian menyerap kedalam tanah dan mengalami proses penyaringan (filtrasi) secara alami oleh lapisan tanah kemudian melewati zona tak jenuh (*zone of aeration*) lalu meresap ke bawah (*Percolate*) hingga mencapai zona jenuh air (*zone of saturation*) dan menjadi air tanah. Air hujan dan air permukaan yang telah mengalami proses filtrasi menjadikan air tanah lebih baik dan murni dibandingkan air permukaan karena telah melewati lapisan tanah dan menyebabkan berkurangnya kesadahan pada air. Sebagian air hujan yang tidak meresap ke dalam tanah/batuan menjadi air limpasan yang selanjutnya mengisi danau, sungai, laut dan tubuh air permukaan lainnya. Sedangkan sebagian air yang berada di dalam tanah pada bagian atas maupun tubuh air permukaan dan tumbuhan akan menguap kembali sebagai evapotranspirasi (Handayani 2019).

Air tanah adalah air yang mengalami pengisian secara alami oleh alam yang tersimpan dan terperangkap pada lapisan batuan. Air permukaan dan air tanah memiliki karakteristik yang berbeda, karakteristik utama yang membedakan air tanah dan air permukaan ialah pergerakannya yang sangat lambat arus pergerakan air tanah berkisar 10^{-10} - 10^{-3} m/detik pergerakan air tanah ini tergolong lambat itu tinggal yang sangat lama dapat mencapai ratusan tahun, karena an yang sangat lambat dan waktu tinggal yang lama, apabila air tanah emar maka sulit untuk Kembali seperti semula (Rezky. 2019)



2.5.1 Jenis Air Tanah

Air tanah adalah semua air yang terdapat di bawah permukaan tanah pada lajur/zona jenuh air (*zone of saturation*). Air tanah terbentuk berasal dari air hujan dan air permukaan, yang meresap (*infiltrate*) mula-mula ke zona tak jenuh (*zone of aeration*) dan kemudian meresap makin dalam (*percolate*) hingga mencapai zona jenuh air dan menjadi air tanah. Kedalam air tanah di setiap tempat bebrbeda tergantung dari tebal dan tipisnya permukaan di atasnya. Air tanah dangkal (air sumur) merupakan proses peresapan air yang terjadi dalam tanah, air tanah dangkal dengan sebagian bakteri, kemudian air tanah akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat kimia karena melalui lapisan tanah yang memiliki unsur-unsur kimia tertentu.

1. Sumur Dangkal (air tanah dangkal)

Air tanah dangkal terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian pula dengan sebagian bakteri, sehingga air tanah akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat kimia (garam-garam yang terlarut) karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah. Lapisan tanah di sini berfungsi sebagai saringan. Air tanah dangkal ini umumnya terdapat pada kedalaman 15 meter.

2. Sumur Dalam (air tanah dalam)

Air tanah dalam dikenal juga dengan air artesis. Air ini terdapat diantara dua lapisan kedap air. Lapisan diantara dua lapisan kedap air tersebut disebut lapisan akuifer. Lapisan tersebut banyak menampung air. Jika lapisan kedap air retak, secara alami air akan keluar ke permukaan. Air yang memancar kepermukaan disebut mata air artesis. Pengambilan air tanah dalam, tak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor dan memasukan pipa kedalamnya sehingga dalam suatu kedalaman (biasanya antara 100-300m) akan didapatkan suatu lapisan air. Jika tekanan air tanah ini besar, maka air dapat menyembur ke luar dan dalam keadaan ini, sumur ini disebut dengan sumur artesis. Jika air tidak dapat keluar dengan sendirinya, maka digunakan pompa untuk membantu ran air tanah dalam ini.



ah dangkal (sumur) menyediakan air yang berasal dari lapisan tanah yang kat dari permukaan tanah, oleh karena itu dengan mudah terkontaminasi

melalui rembesan karena itu kualitas air tanah sangat bergantung pada beberapa hal antara lain iklim, litologi, waktu dan aktivitas manusia (Ameilia, 2018).

1. Iklim meliputi curah hujan dan temperatur. Perubahan temperatur berpengaruh terhadap pelarutan gas. Semakin rendah temperatur maka gas yang tertinggal sebagai larutan semakin banyak. Curah hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan melarutkan unsur – unsur kimia antara lain, oksigen, karbon dioksida, nitrogen, dan unsur lainnya.
2. Litologi yaitu jenis tanah dan batuan dimana air akan melarutkan unsur – unsur padat dalam batuan tersebut.
3. Waktu yaitu semakin lama air tanah itu tinggal disuatu tempat akan semakin banyak unsur yang terlarut.
4. Aktivitas manusia yaitu kepadatan penduduk berpengaruh negatif terhadap air tanah apabila kegiatannya tidak memperhatikan lingkungan seperti pembuangan sampah dan kotoran manusia.

Air tanah berada pada lapisan permeable (tembus air) atau yang disebut juga akuifer. Menurut Prayogo (2014) Akuifer adalah suatu lapisan, formasi atau kelompok formasi satuan geologi yang permeable baik yang terkonsolidasi maupun tidak terkonsolidasi dengan kondisi jenuh air dan dapat mengandung atau membawa air, Notodarmojo (2015) menjelaskan Akuifer adalah suatu formasi geologi dimana formasi tersebut mengandung air dalam kondisi yang umum ditemui dilapangan memungkinkan air melalui formasi tersebut (Permeabel) umumnya bersifat tidak terkonsolidasi seperti lapisan pasir atau lapisan lanau.

Akuifer memungkinkan air untuk bergerak melewatinya pada lapisan Akuifer air tanah menempati pori-pori batuan, retakan ataupun petahan pada suatu batuan. Sistem air didalam tanah terbagi atas dua bagian utama yaitu zona tidak jenuh (unsaturated) dan zona jenuh (saturated) yang dibatasi oleh water table (Kamil, 2012). Terdapat beberapa jenis akuifer, (Todd 1980) mengklasifikasikan akuifer menjadi empat.



akuifer Bebas (*Unconfined Aquifer*)

akuifer bebas adalah akuifer yang permukaan airnya bervariasi dalam bentuk gelombang dan kemiringan, tergantung pada daerah pengisian dan

pelepasan, pemompaan dari sumur, dan permeabilitas. naik dan turunnya permukaan air sesuai dengan perubahan volume air yang tersimpan di dalam akuifer

2. *Akuifer Tertekan (Confinet Aquifer)*

Akuifer tertekan, jika dikenal dengan akuifer artesis, pada akuifer ini air tanah terletak dibawah lapisan dan mempunyai tekanan lebih besar dari tekanan atmosfer.

3. *Akuifer Bocor (Leaky Aquifer)*

Akuifer yang terletak dibawah lapisan setengah kedap air (semi confining layer) antara akuifer bebas dengan akuifer terkekang.

4. *Akuifer Ideal (Idealized Aquifer)*

Akuifer homogen memiliki sifat hidrologi yang identik, sifat akuifer isotropik tidak tergantung pada arah.

2.5.2 Pencemaran Air Tanah

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 pencemaran merupakan masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas turun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan air tersebut tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Pencemaran air lindi terhadap air tanah di pengaruhi oleh kondisi curah hujan, tekstur tanah, permeabilitas tanah, ketebalan atau kedalaman zona aerasi dari sumur (Yudhyarto, 2015). Lapisan tanah itu sendiri sebetulnya merupakan filter yang dapat menyaring semua zat atau limbah yang masuk dalam tanah. Tetapi karena limbah yang terlalu besar mengakibatkan zat-zat tertentu dapat masuk ke dalam tanah dan akhirnya sampai pada lapisan pembawa air atau yang sering disebut dengan akuifer.

Kontaminan dapat menyebar dengan luas dan cepat di pengaruhi oleh permeabilitas tinggi pada akuifer. Gradien muka air tanah berpengaruh terhadap aliran tanah. Dengan demikian berpengaruh terhadap gerak dan arah aliran air tanah maka besar kemungkinan penyebaran akan menjadi sangat luas. Jarak horizontal sumber pencemar berpengaruh terhadap sumur,



semakin dekat sumber pencemar maka akan semakin besar kemungkinan terjadi pencemaran (Rezky, 2019).

Aliran molekul dalam air tanah bergerak secara laminar, sehingga polutan yang masuk akan bergerak mengikuti aliran air tanah dan berada pada lapisan tanah tertentu. Pada polutan yang mempunyai berat jenis lebih kecil dari pada air akan berada pada lapisan atas, sedang polutan yang mempunyai berat jenis lebih besar akan berada pada lapisan bawah. Air lindi yang bergerak kesamping akan mencemari kualitas air permukaan sedangkan, air lindi yang bergerak kebawah (infiltrasi) akan mencemari kualitas air tanah yang berada di sekitar TPA (Mawitjere, 2019). Indikator atau tanda bahwa air telah tercemar adalah adanya perubahan atau tanda yang dapat diamati yang dapat digolongkan menjadi:

1. Pengamatan secara fisis, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan tingkat kejernihan air (kekeruhan), perubahan suhu, warna dan adanya perubahan warna, bau dan rasa.
2. Pengamatan secara kimiawi, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan zat kimia yang terlarut dan perubahan pH
3. Pengamatan secara biologis yaitu, pengamatan pencemaran air berdasarkan mikroorganisme yang ada dalam air, terutama ada tidaknya bakteri patogen.

Logam berat seringkali ditemukan di lindi dari TPA ataupun dari timbunan limbah padat. Senyawa kimia beracun seperti logam berat dan senyawa organik lainnya akan lepas ke atmosfer dan lingkungan ketika sampah dibakar atau dibuang di tempat terbuka. Lindi yang berasal dari TPA telah terbukti melepaskan logam beracun ke lingkungan, menimbulkan ancaman serius bagi tanah dan air tanah di sekitarnya, serta air permukaan. Begitu masuk ke lingkungan, logam berat akan bersifat bioakumulatif dan dapat menimbulkan risiko yang cukup besar bagi kesehatan masyarakat, seperti toksisitas akut, karsinogenesis dan mutagenesis, dan dampak merugikan lainnya bagi pertumbuhan organisme darat dan akuatik (Essien et al., 2022). Lindi yang dihasilkan dari presipitasi air hujan yang melewati sampah dan masuk ke zona air tanah, pergerakan lindi ini menyebabkan tanah dan air tanah

terkontaminasi oleh logam berat seperti mangan, besi, kromium, kadmium, dan merkuri (Amami & Gandhimathi, 2013).



Pencemaran logam berat dalam lingkungan bisa menimbulkan bahaya bagi kesehatan, baik pada manusia, hewan, dan tanaman, maupun lingkungan. Logam berat dibagi menjadi dua jenis yaitu: Logam berat esensial adalah logam dalam jumlah tertentu yang sangat dibutuhkan oleh organisme. Akan tetapi, logam tersebut bisa menimbulkan efek racun jika dalam jumlah yang berlebihan. Contohnya yaitu: Zn, Cu, Fe, Co, Mn, dan lain-lain.

1. Besi (Fe)

Besi atau *ferrum* (Fe) adalah metal berwarna abu-abu, liat, besi terkandung dalam tanah, sedimen, dan air bersih dalam bentuk tidak terlarut yaitu ferric oksida dan sulfida (pyrite) di dalam air, besi hadir dalam dua bentuk, yakni besi ferrous dengan sifat mudah larut dan besi ferric dengan sifat sukar larut. Beberapa penyebab tingginya konsentrasi besi pada air sumur karena pada air permukaan jarang ditemui kadar Fe lebih besar dari 1 mg/L, tetapi dalam air tanah Fe dapat jauh lebih tinggi (Handrayani, 2020). Besi dapat larut pada pH rendah, kebradaan besi dalam air tanah dapat menyebabkan warna coklat kemerahan dan membentuk lapisan seperti minyak umumnya kadar besi dalam air tanah bersifat terlarut, tersuspensi dan sebagai butir koloid (Hayati, 2013).

2. Seng (Zn)

Seng sering disebut dengan (Zn) yang merupakan komponen alam yang terdapat dalam kerak bumi. Sifat kimia seng (Zn) mirip dengan logam transisi pertama seperti nikel dan tembaga yang bersifat diamagnetik dan hampir tak berwarna. Seng (Zn) ini yakni logam yang memiliki karakteristik cukup reaktif, dengan berwarna putih kebiruan, pudar apabila terkena uap udara dan terbakar, mengenai uap udara dengan api hijau terang. Seng (Zn) mampu bereaksi secara asam, basa.

2.6 Transport Kontaminan dalam Tanah

Transport kontaminan terjadi akibat masuknya kontaminan kedalam lapisan tanah dan membawa sifat fisika-kimianya dengan bantauan gravitasi. Untuk air tanah harus mempunyai energi, yang umumnya memanfaatkan potensial dan energi tekanan. variabel yang diamati dalam konsep energi



air tanah yang penting adalah head hidrolis, yang kemudian digunakan untuk mencari arah dan kecepatan aliran.

Transport kontaminan didalam tanah selalu dalam kondisi dinamis, berinteraksi dengan partikel tanah atau mengalami transport sampai terjadi keseimbangan (Abdillah 2022).

2.6.1 Adveksi-Difusi

Transport adveksi dapat diartikan sebagai perpindahan kontaminan dengan air sebagai medium gerakannya. Transport kontaminan secara adveksi akan membawa kontaminan mengikuti aliran dan kecepatan air tanah pada media berpori (Ronald, 2020). Difusi dapat diartikan sebagai proses transport berupa aliran seperti sungai atau system lainnya yang dapat digerakkan oleh gaya gravitasi bumi atau tekanan dan berbentuk horizontal (Abdillah (2022)

Aliran bersifat unidirectional dan tidak mengubah identitas dan substansi yang dipindahkan, Kecepatan aliran air tanah dapat diperoleh dari hukum Darcy (Naotodarmojo, 2015)

$$v = \left(\frac{K}{n_{eff}} \right) \frac{\partial h}{\partial L} = \frac{q}{n_{eff}} \quad (1)$$

Dimana

K = gradien hidrolis $\frac{\partial h}{\partial L}$ (m/m)

J = konduktivitas hidrolis (m/s)

V = kecepatan linier rata-rata (m/s)

n_{eff} = porositas efektif

2.6.2 Dispersi Mekanis

Dispersi adalah proses penyebaran kontaminan akibat adanya gradient kecepatan dalam pori-pori tanah (Toha, 2003). Dispersi hidrodinamis merupakan gabungan

proses difusi dan dispersi dimana Dispersi mekanis dibagi menjadi 2, yaitu dispersi longitudinal (x) dan dispersi transversal (y) (Bedient, 1999). Jika dispersi



tersebut terjadi dalam arah memanjang atau searah dengan gerakan air, maka disebut dispersi mekanis longitudinal. Sedangkan bila terjadi pada arah tegak lurus aliran, maka disebut dispersi mekanis transversal.

2.6.3 Retardasi

Retardasi adalah proses transport akibat reaksi antara kontaminan dengan media tanah yang memberikan efek seolah-olah gerakan kontaminan menjadi terhambat (Bedient et al, 1999). Nilai faktor retardasi akan mempengaruhi perpindahan kontaminan dalam air tanah sehingga memberikan efek memperlambat pada kontaminan.

$$R = 1 + (\rho_b/\theta) K_d \quad (2)$$

Dengan :

ρ_b = densitas massa bulk tanah

n = porositas tanah

K_d = koefisien distribusi.

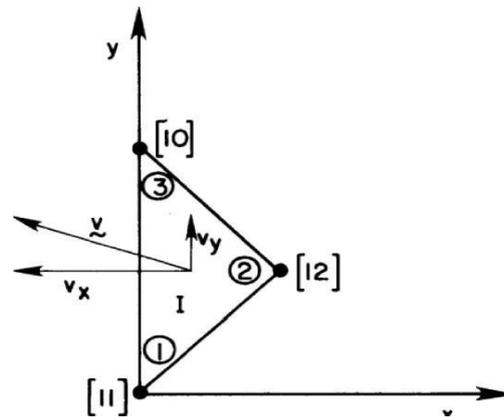
θ = Kadar air

2.7 Penentuan kecepatan aliran air tanah

Dalam menginvestigasi transport kontaminan pada air tanah dibutuhkan perhitungan komponen kecepatan yang diperoleh dari perhitungan gradient hidroliis (H) Maka dalam menentukannya perlu dilakukan pendeskripsian segitiga berdasarkan koordinat lokasi. (Pinder, 1981)

Penentuan kecepatan air tanah akan dilakukan menggunakan persamaan yang dibuat oleh Pinder dkk. (1981) dengan melakukan pengukuran berdasarkan perbedaan tinggi muka air pada tiga sumur yang terkoneksi membentuk segitiga.





Gambar 2 Segitiga lokasi

Sumber: Pinder, 1981

Maka Kecepatan aliran dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Pinder, 1981):

Dari titik koordinat sumur maka rotasi matriks dapat digambarkan sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Selanjutnya menggunakan aturan cramers :

$$\begin{bmatrix} a_1 \\ b_2 \\ c_3 \end{bmatrix} = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} x_2 y_2 - x_3 y_2 \\ y_2 - y_3 \\ x_3 - x_2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Diman A adalah Luas area pada segitiga lokasi, sehingga :

$$A = \frac{1}{2A} \det \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Maka dapat dihitung nilai dx/dy dan dh/dy sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} \frac{dh}{dx} \\ \frac{dh}{dy} \end{bmatrix} = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} y_2 - y_1 & y_3 - y_1 & y_1 - y_2 \\ x_3 - x_2 & x_1 - x_3 & x_2 - x_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ H_3 \end{bmatrix} \quad (6)$$



ngga untuk kecepatan air tanah didapat persamaan :

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial h}{\partial x} \\ \frac{\partial h}{\partial y} \end{bmatrix} = -\frac{1}{\theta} \begin{bmatrix} K_{xx} & K_{xy} \\ K_{yx} & K_{yy} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial h}{\partial x} \\ \frac{\partial h}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Sehingga kecepatan air tanah didapat dari persamaan:

$$V_r = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (8)$$

Sehingga arah aliran :

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{V_r}{V_x} \right) \quad (9)$$

2.8 Solusi Analitik Domenico-Robbins

Domenico & Robbins 1985 menyebutkan Perembesan air lindi oleh TPA di anggap sebagai injeksi secara terus menerus atau kontinu model ini dikembangkan berdasarkan persamaan adveksi, dispersi dan reaksi sebagai berikut. Sehingga penyelesaiannya menggunakan solusi analitik sebagai berikut.

Rumus :

$$C(x,y,z,t) = \frac{C_0}{8} \operatorname{erfc} \left[\frac{(x-vt)}{2(\alpha_x)^{1/2}} \right] \left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{y + \frac{Y}{2}}{2(\alpha_y x)^{1/2}} \right] - \operatorname{erf} \left[\frac{y - \frac{Y}{2}}{2(\alpha_y x)^{1/2}} \right] \right\} \\ \left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{z + Z}{2(\alpha_x)^{1/2}} \right] - \operatorname{erf} \left[\frac{z - Z}{2(\alpha_x)^{1/2}} \right] \right\} \quad (4)$$

Sedangkan Konsentrasi pada sumbu X dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$C(x,0,0,t) = 0,5 C_0 \operatorname{ERFC} \left[\frac{(x-vt)}{2(\alpha_x - vt)^{1/2}} \right] \left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{Y}{4(\alpha_y x)^{1/2}} \right] \operatorname{erf} \left[\frac{Z}{4(\alpha_y x)^{1/2}} \right] \right\} \quad (5)$$

Dimana :

C = konsentrasi kontaminan pada titik x dan waktu t

C₀ = konsentrasi kontaminan pada titik sumber

V = kecepatan air tanah / kecepatan kontaminan yang sudah dikoreksi dengan faktor retardasi (L/T)



(T)

r sumber pencemar (L)

eksi kedalaman sumber terhadap akuifer (L)

α_x = dispersivitas longitudinal (L)

α_y = dispersivitas transverse (L)

α_z = dispersivitas vertikal (L)

x = jarak horizontal dari sumber dalam arah aliran air tanah

y = jarak dari titik tengah sumber pencemar tegak lurus arah aliran (L)

z = jarak vertical dari top akuifer (L)

Menurut Domenico (1990) dalam besnaya (2018), bila kontaminan beraksi dengan tanah secara instantaneous dan mengikuti isotherm linier, maka kecepatan kontaminan v' dapat diperoleh dengan membagi rata-rata aliran v (kecepatan pori rata-rata) dengan R , yang merupakan factor retardasi. Dengan demikian, transport kontaminan yang mengalami sorbsioleh tanah dapat dihitung dengan persamaan diatas, denganmengganti kecepatan v dan v' .



2.9 Jurnal Terkait Penelitian Terdahulu

Tabel 3 Jurnal Penelitian Terdahulu

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Tujuan	Hasil
1.	Yaumal Arbi, Ronald Siregar, Dan Tri Padmini (2018)	Kajian Pencemaran Air Tanah Oleh Lindi Di Sekitartempat Pembuangan Akhir Sampahair Dingin Kota Padang	Untuk Mengetahui Pengaruh Air Lindi TPA Air Dingin Terhadap Air Tanah Dangkal Disekitarnya	Simulasi Fe Dan Pb Yang Berasal Dari Lindi Telah Menyebar \pm 175 M Dari TPA Mengikuti Aliran Air Tanah. Penyebaran Kontaminan Cod Mencapai \pm 40 M Arah Longitudinal Dan \pm 200 M Arah Transversal. Prediksi Pencemaran Fe Dan Pb Pada Air Tanah Terjadi 93 Tahun Yang Akan Datang Dan Mencapai Jarak 312 Meter Dari TPA.
2	Arbain, NK Mardana, IB Sudana (2009)	Pengaruh Air Lindi Tempat Pembuangan Akhir Sampah Suwung Terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal Di Sekitarnya Di Kelurahan Pedungan Kota Denpasar	1. Untuk mengetahui konsentrasi parameter pencemara dalam air lindi sampah (leachate) yang berasal dari Tempat Pembuangan Akhir Sampah Suwung, 2. Untuk mengetahui pengaruh air lindi sampah (leachate) dari	Air lindi sampah (leachate) dari TPA Sampah Suwung berpengaruh terhadap kualitas air tanah dangkal pada jarak 1 – 125 m dari TPA (L1), jarak 125 – 250 m dari TPA (L2) dan jarak 250 – 375 m dari TPA (L3). TPA (L2) dan jarak 250 – 375 m dari TPA (L3). Parameter yang berpengaruh pada L1 adalah



			Tempat Pembuangan Akhir Sampah Suwung terhadap kualitas air tanah dangkal yang berada pada jarak 1 – 375 m dari TPA 3.Untuk mengetahui status kualitas air tanah dangkal yang berada pada jarak 1 – 375 m dari Tempat Pembuangan Akhir Sampah Suwung.	TDS,BOD5, COD, DO, PO4, NO3, NO2, NH3, Fe, Cl, H2S, Fenol dan Total Koliform; Parameter yang berpengaruh pada L2 adalah TDS, BOD5, COD, DO, PO4, NO2, NH3, H2S, Fenol dan Total Coliforms; dan Parameter yang berpengaruh pada L3 adalah BOD5, COD, DO, PO4, NO2, NH3, H2S, Fenol dan Total Koliform.
3	Nani Apriyani dan Rudy Yoga Lesmana (2018)	Pengaruh Air Lindi Pada Terhadap Ph Dan Zat Organik Pada Air Tanah Di Tempat Penampungan Sementara Kelurahan Pahandut Kota Palangkaraya	1. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh dari kualitas air lindi terhadap air tanah warga di sekitar lokasi TPS di (Kelurahan Pahandut, Kota Palangka Raya.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar TSS air lindi di sekitar TPS melebihi baku mutu yaitu 130 ppm dan berpotensi sebagai penyebab tercemarnya air tanah di lokasi sekitar TPS tersebut. Kadar zat organik air tanah pada titik 1 dan 2 melebihi baku mutu yaitu sebesar 17 dan 15,1 ppm dari baku mutu yang diharapkan 10 ppm serta pH yang di bawah rentang pH yang diizinkan yaitu 6,5-9.



4	Fadlul Laili (2021)	Analisa Kualitas Air Lindi Dan Potensi Penyebarannya Ke Lingkungan Sekitar TPA Gunung Tugel Kabupaten Banyumas	<p>1. Bagaimana air lindi dari TPA Gunung Tugel dibandingkan dengan baku mutu air lindi dan berapa konsentrasinya?</p> <p>2. Bagaimana potensi serta pola penyebaran air lindi TPA Gunung Tugel ke lingkungan di sekitarnya?</p> <p>3. Bagaimana pengaruh dari keberadaan air lindi dari TPA Gunung Tugel terhadap lingkungan sekitar?</p>	<p>Pola penyebaran air lindi dari TPA Gunung Tugel mengikuti elevasi tanah yaitu menyebar hampir ke semua arah. pada titik L1, L2, L3 dan L9 air lindi yang muncul mengarah ke saluran irigasi sebelah selatan. Sedangkan pada titik L8, L7, L5 dan L10 air lindi langsung mengarah ke areal persawahan. Dan titik L6 masuk ke saluran irigasi yang tertutup di sebelah timur, Dari data penelitian, parameter logam berat ditemukan juga pada tanah di sekitar TPA, air irigasi, serta pada tanaman padi.</p>
5	Besnaya Zalenzi (2019)	Studi Penyebaran Kontaminan Pb Dan Fe Dari Lindi Pada Air Tanah Dangkal (Studi Kasus TPA Sampah Regional Payakumbuh)	<p>1. Berapa penyebaran Pb dan Fe dari air lindi TPA Regional Payakumbuh di airtanah dengan waktu sesuai umur pakai TPA saat ini</p> <p>2. Berapa penyebaran Pb dan Fe dari air lindi TPA Regional Payakumbuh di air tanah dengan</p>	<p>Hasil pengujian menunjukkan air lindi melebihi baku mutu yang ditetapkan, Konsentrasi Fe yang terukur pada lindi TPA sebesar 5,122 mg/L, sedangkan konsentrasi Pb yang terukur sebesar 0,971 mg/L. Berdasarkan hasil simulasi penyebaran kontaminan Fe yang berasal dari lindi TPA telah mencapai jarak ± 25 meter dan Pb telah</p>



			waktu (t) umur pakai TPA tahun-tahun berikutnya	mencapai jarak ± 50 , Penyebaran kontaminan Pb dan Fe terhadap air tanah dangkal mencapai titik ± 400 saat TPA mencapai 20 tahun mendatang ,
6	Rezky Adipratama Thomas, Dian Hudawan Santoso. (2019)	Potensi Pencemaran Air Lindi Terhadap Airtanah Dan Teknik Pengolahan Air Lindi Di TPA Banyuroto Kabupaten Kulon Progo	1.Mengetahui tingkat pencemaran air lindi (leachate) terhadap kualitas airtanah di TPA Banyuroto, Desa Banyuroto. 2.Merancang arahan pengolahan air lindi di TPA Banyuroto, Desa Banyuroto.	Potensi pencemaran kecil dengan nilai antara 13-25 pada 22 titik sumur dan sangat kecil dengan nilai 25,1 pada 1 titik sumur. Untuk arahan pengelolaan, desain IPAL terdiri dari kolam penampungan awal, kolam fakultatif dan kolam outlet dengan penambahan tanaman eceng gondok untuk menurunkan kadar BOD dan COD
7	Deardo Chandra Vaskanus Purba dan Idris Maxdoni Kamil. (2015)	Analisis Pola Penyebaran Logam Berat Pada Air Tanah Dangkal Akibat Lindi Di Sekitar Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Jatibarang, Semarang	Penelitian bertujuan untuk mengetahui penyebaran kontaminan logam berat yang terkandung dalam lindi pada air tanah dangkal	Hasil studi menunjukkan bahwa konsentrasi kromium hexavalen, kadmium dan timbal telah melebihi baku mutu yang dianjurkan. Hasil simulasi model menunjukkan bahwa konsentrasi kromium hexavalen pada lindi masi dapat terdeteksi pada jarak ± 300 meter, sedangkan konsentrasi timbal pada lindi



				masih dapat terdeteksi pada jarak \pm 200 meter.
8	Ragil Andika Putra Hartono dan Hendra Riogilang, Isri R. Mangangka. (2022)	Analisis Penyebaran Air Lindi TPA Mobongo Minahasa Selatan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Untuk mengetahui kualitas air tanah dangkal di daerah sekitar TPA Mobongo. Khususnya di desa Kawangkoan Bawah lingkungan 11. 2. Untuk mengetahui pergerakan air lindi yang berasal dari sampah TPA Mobongo. 3. Untuk mengetahui proyeksi pengaruh kontaminan paling tinggi yang diproyeksikan 10 tahun dan 15 tahun dari sekarang 	Berdasarkan perhitungan indeks pencemaran mendapatkan hasil 6,05 pada titik TPA Mobongo yang termasuk dalam kategori cemar sedang. Untuk titik di daerah permukiman mendapatkan hasil 0,32, 0,25, dan 0,2 yang termasuk dalam kategori baik, pergerakan air lindi hasil pemodelan menuju kearah permukiman dengan jarak 200 m dengan luas 5 Ha dan pemodelan untuk 10 – 15 tahun mencapai jarak 250 – 300 m dan luas daerah penyebaran 10 Ha.
9	Vanny Liana Kharisma, Chushaini Chamid, Yuliadi (2016)	Pemodelan <i>Plume</i> Pencemran Air Tanah Bebas Dengan Menggunakan <i>Software Visual Modflow</i> Di TPA Leuwigajah Kecamatan	Tujuan dari penelitian ini yaitu mengukur kualitas air tanah bebas dan memodelkan pola penyebaran plume pencemran untuk mengetahui vector/ arah plume pencemarans erta menganalisis	Berdasarkan hasil Analisa kualitas air tanah, air sumur penduduk dapat dikatakan layak untuk dikonsumsi, dilihat dari nilai TDSnya dengan rata-rata 145 mg/L- 390 mg/L dan besi 0 – 0,24 mg/L. Hasil pemodelan dapat



		Cimahi Selatan Kabupaten Bandung Provinsi Jawa Barat	hasil pemodelan kandungan zat kimia di TPA Leuwigajah dan sekitarnya	diketahui pola aliran air tanah menuju ke arah aliran air tanahnya.
10	Listari Husna Fitri dan Emenda Sembiring (2017)	Kajian Pencemaran Air Tanah Dangkal Akibat Lindi Di Sekitar TPA Supit Urang Malang	Mengidentifikasi parameter klorida dan COD yang terkandung di dalam lindi dan air sumur penduduk serta untuk menguji model Domenico dan Robbins (1985) dan Domenico (1987) dalam memprediksi penyebaran kontaminan di dalam air tanah di Kelurahan Mulyorejo.	Dari analisis yang dilakukan, konsentrasi BOD (405mg/L), COD (782 mg/L) dan TKN (391,51 mg/L) pada lindi sudah melebihi baku mutu yang berlaku. Nilai COD yang terukur pada air tanah dari sumur warga dan sumur pantau juga sudah melebihi baku mutu yang berlaku, sedang konsentrasi klorida di dalam air tanah masih berada pada baku mutu yang berlaku. Simulasi model 1 dan 2 dimensi klorida memberikan hasil bahwa model kurang bisa memprediksi, sedangkan model 1 dan 2 dimensi COD memberikan hasil bahwa model dapat memprediksi persebaran kontaminan di daerah RW 5 Mulyorejo

