

TUGAS AKHIR

**ANALISIS SEBARAN KANDUNGAN LOGAM BERAT
Cr, Mn, DAN Pb PADA AIR TANAH DI SEKITAR TPA
PIYUNGAN MENGGUNAKAN PEMODELAN IDW**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



ARJUNA RIFQI SANDYATAMA HIBATULLAH

18513044

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2022**

TUGAS AKHIR

ANALISIS SEBARAN KANDUNGAN LOGAM BERAT Cr, Mn, DAN Pb PADA AIR TANAH DI SEKITAR TPA PIYUNGAN MENGGUNAKAN PEMODELAN IDW

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan





ARJUNA RIFQI SANDYATAMA HIBATULLAH
18513044

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


Ir. Luqman Hakim, S.T., M.Si.
NIK. 005130101

Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng.
NIK.025100406

Tanggal: 14 Oktober 2022

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS SEBARAN KANDUNGAN LOGAM BERAT
Cr, Mn, DAN Pb PADA AIR TANAH DI SEKITAR TPA
PIYUNGAN MENGGUNAKAN PEMODELAN IDW**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

**Hari : Jumat
Tanggal : 14 Oktober 2022**

Disusun Oleh:

**ARJUNA RIFQI SANDYATAMA HIBATULLAH
18513044**

Tim Penguji :

Ir. Luqman Hakim, M.Si.

()

Nelly Marlina, S.T., M.T.

()

Adelia Anju Asmara, S.T., M.Eng.

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta,

Yang membuat pernyataan,



Arjuna Rifqi Sandyatama H

NIM : 18513044

PRAKATA

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kepada Allah SWT. atas segala rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat kepada Nabi Muhammad SAW. yang telah memberikan bimbingan dan petunjuk sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir **Analisis Sebaran Kandungan Logam Berat Cr, Mn, Dan Pb Pada Air Tanah Di Sekitar TPA Piyungan Bantul Dengan Menggunakan Pemodelan Inverse Distance Weighted.**

Laporan ini disusun sesuai dengan kurikulum yang berlaku di Program Studi Teknik Lingkungan dan menjadi salah satu dari hasil pemikiran dalam pemecahan masalah di bidang Teknik Lingkungan. Penyusunan laporan ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada jenjang studi Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam proses penyusunan laporan ini penulis banyak mendapatkan bantuan, dukungan, semangat, bimbingan, dan doa dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis akan menyampaikan rasa hormat dan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

- 1) Allah SWT yang selalu memberikan nikmat Iman dan Islam sebagai pedoman dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
- 2) Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi teladan dalam bersikap dan berpikir.
- 3) Orang tua tercinta Bapak Sapta Budi Santoso dan Mamah Ida Rahmawati Dian M dan adik Ardy Laksita Dwi K yang senantiasa memberikan dukungan moral, materil, dan doa dengan sepenuh hati.
- 4) Teman hidup penulis saudari Kovita Jihan Faadhilah yang sangat membantu penulis dalam memberikan supporting system kepada penulis.
- 5) Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Bapak Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng.
- 6) Dosen pembimbing saya Bapak Luqman Hakim, S.T., M.Si., Ibu Nelly

Marlina, S.T., M.T., Ibu Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc., Laboran Mas Bagus dan Mas Ridwan yang sudah membimbing saya selama menyelesaikan tugas akhir.

- 7) Koordinator Tugas Akhir, Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng.
- 8) Teman-teman “TPA Piyungan Tanpa Dosen” Fathir, Ilham, Faisal, dan Hanami yang berjerih payah bersama penulis.
- 9) Pihak-pihak lainnya yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu kritik, saran dan masukan yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi menyempurnakan laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembacanya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta,



Arjuna Rifqi Sandyatama H



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

ABSTRAK

ARJUNA RIFQI SANDYATAMA H, Analisis Sebaran Kandungan Logam Berat Cr, Mn, Dan Pb Pada Air Tanah Di Sekitar TPA Piyungan Bantul, Dengan Menggunakan Pemodelan Inverse Distance Weighted. Dibimbing oleh Bapak Ir. LUQMAN HAKIM, S.T., M.Si.

Aktivitas pembuangan sampah dan penumpukan sampah yang ada di TPA Piyungan Bantul, DIY menghasilkan berbagai macam pencemaran ke lingkungan, salah satunya yaitu senyawa logam berat. Senyawa tersebut bersumber dari sampah elektronik, sampah B3, dan lain sebagainya. Sampah logam berat terdekomposisi oleh mikroorganisme seperti bakteri lalu larut dengan air hujan sehingga menghasilkan air lindi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sebaran kandungan logam berat pada air tanah dengan menggunakan model *Inverse Distance Weighted* (IDW). Penelitian ini dilakukan pada 10 titik sampel air sumur warga dengan 3 parameter logam berat yaitu Cr, Mn, dan Pb. Analisis kadar logam berat dilakukan dengan menggunakan metode *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrophotometer* (ICP-MS) yang kemudian dimodelkan dengan menggunakan *Inverse Distance Weighted*. Berdasarkan dari pemetaan IDW arah aliran air bergerak dari kontur air tanah tinggi menuju kontur air tanah rendah. Hasil konsentrasi logam berat pada logam berat Pb di satu titik penelitian melebihi baku mutu. Akan tetapi untuk titik dan jenis logam berat lain tidak ada yang melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu Permenkes No 32 Tahun 2017.

Kata kunci: TPA Piyungan, Air Tanah, IDW, Kromium, Mangan, Timbal



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRACT

ARJUNA RIFQI SANDYATAMA H, *Analysis of the Distribution of Heavy Metal Content of Cr, Mn, and Pb in Groundwater Around Piyungan Landfill Bantul, Using Inverse Distance Weighted Modeling. Supervised by Mr. Ir. Luqman Hakim, S.T., M.Sc.*

Garbage disposal activities and the accumulation of waste in the Piyungan landfill Bantul, DIY produces various kinds of pollution to the environment, one of which is heavy metal compounds. These compounds come from electronic waste, B3 waste, and so on. Heavy metal waste is decomposed by microorganisms such as bacteria and then dissolves with rainwater to produce leachate. This study aims to analyze the distribution of heavy metal content in groundwater using the Inverse Distance Weighted (IDW) model. This research was conducted at 10 sample points of resident well water with 3 heavy metal parameters, namely Cr, Mn, and Pb. Heavy metal content analysis was performed using the Inductively Coupled Plasma Mass Spectrophotometer (ICPMS) method which was then modeled using Inverse Distance Weighted. Based on the IDW mapping, the direction of the water flow moves from the high groundwater contour to the low groundwater contour. The results of the concentration of heavy metal in Pb at one point of the study exceeded the quality standard. However, for points and other types of heavy metals, none of them exceeds the specified quality standard, namely Permenkes Number 32 of 2017.

Keywords: *Piyungan Landfill, Groundwater, IDW, Chromium, Manganese, Lead*

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	i
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA).....	4
2.2 Air Tanah.....	4
2.2.1 Sifat-Sifat Air Tanah.....	5
2.2.2 Jenis Air Tanah.....	5
2.2.3 Cekungan Air Tanah.....	6
2.3 Logam Berat Dan Air Lindi.....	6
2.4 Analisis Logam Berat (<i>Inductively Coupled Plasma</i>).....	8
2.4.1 Teori ICP-MS.....	8
2.4.2 Prinsip Kerja ICP-MS.....	8
2.5 Memetakan Pola Sebaran Logam Berat Menggunakan QGIS.....	9
2.6 Analisis Risiko Kesehatan.....	9
2.7 Penelitian Sebelumnya.....	10
BAB III.....	14
METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Tahapan Penelitian.....	14
3.2 Lokasi Penelitian.....	15
3.3 Pengumpulan Data.....	16
3.4 Metode Analisis Data.....	16
3.4.1 Pengambilan Sampel Air Tanah.....	16
3.4.2 Analisis Konsentrasi Logam Berat.....	17

3.4.3 Pengukuran Suhu dan pH Air.....	18
3.4.4 Pemetaan Pola Aliran Air Tanah Menggunakan Metode IDW Untuk Interpolasi Sebaran Logam Berat	19
3.4.5 Analisa Data Menggunakan ARKL (Analisis Risiko Kesehatan dan Lingkungan)	19
BAB IV	23
HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian.....	23
4.2 Lokasi Sebaran Air Tanah Pada Sumur Warga Tpa Piyungan	23
4.3 Pola Aliran Air Tanah Di Sekitar TPA Piyungan.....	25
4.4 Kondisi Air Tanah Di Sekitar TPA Piyungan.....	26
4.4.1 Parameter Kimia	26
4.4.2 Parameter Fisika	27
4.5 Analisis Kandungan Logam Berat	28
4.5.1 Analisis Kandungan Logam Berat Kromium (Cr).....	28
4.5.2 Analisis Kandungan Logam Berat Mangan (Mn).....	30
4.5.3 Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb)	32
4.6 Analisis Risiko Kesehatan.....	34
4.6.1 Data Hasil Kuesioner	34
4.6.2 Potensi Risiko Paparan dan Efek Kronik	38
BAB V	45
KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	47





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

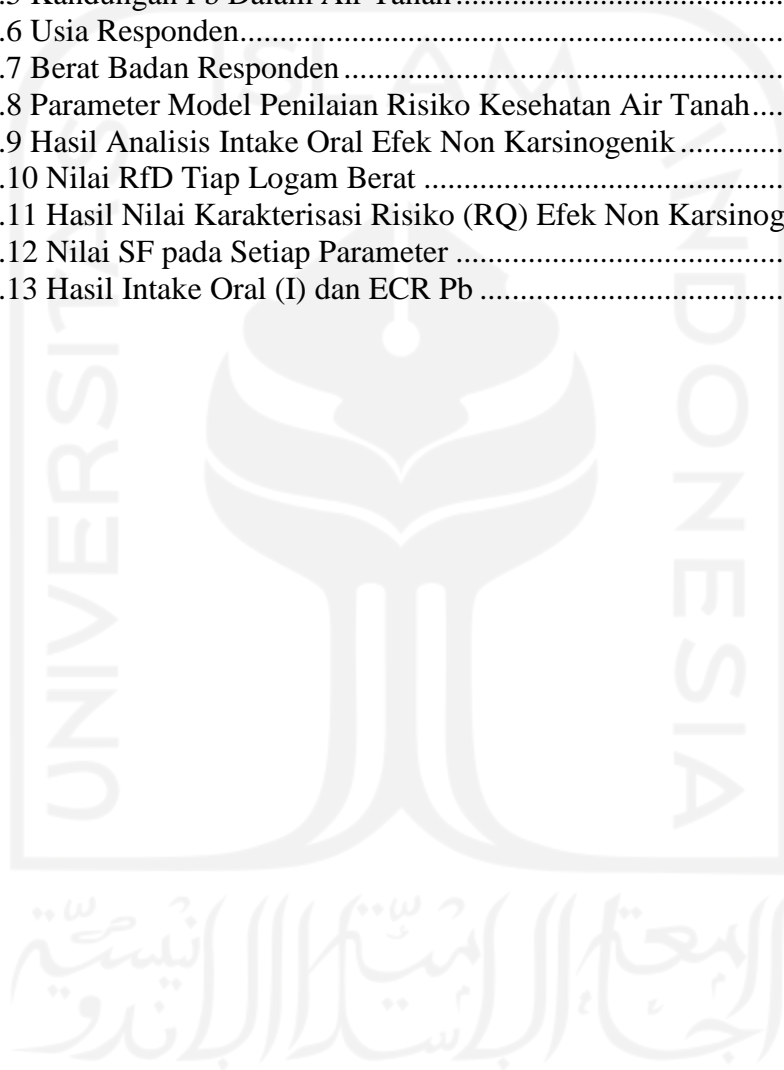
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	14
Gambar 3.2 Peta Kontur dan Titik Sampling Sumur TPA Piyungan	15
Gambar 3.3 Prosedur Pengukuran Pengambilan Sampel Air Tanah	17
Gambar 3.4 Preparasi Analisis Kandungan Logam Berat	18
Gambar 4.1 Kondisi TPA Piyungan	23
Gambar 4.2 Peta Sebaran Sumur TPA Piyungan Bantul.....	24
Gambar 4.3 Peta Titik Sampling Air Tanah Di Kawasan TPA Piyungan Bantul.....	25
Gambar 4.4 Peta Pola Aliran Air Tanah TPA Piyungan Bantul	26
Gambar 4.5 Peta IDW Kandungan Logam Berat Cr.....	29
Gambar 4.6 Peta IDW Kandungan Logam Berat Mn	31
Gambar 4.7 Peta IDW Kandungan Logam Berat Pb	34





DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Studi Penelitian Terdahulu	11
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Parameter pH Sumur Warga.....	26
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Parameter Suhu Sumur Warga	27
Tabel 4.3 Kandungan Cr Dalam Air Tanah	28
Tabel 4.4 Kandungan Mn Dalam Air Tanah.....	30
Tabel 4.5 Kandungan Pb Dalam Air Tanah	33
Tabel 4.6 Usia Responden.....	35
Tabel 4.7 Berat Badan Responden	36
Tabel 4.8 Parameter Model Penilaian Risiko Kesehatan Air Tanah.....	38
Tabel 4.9 Hasil Analisis Intake Oral Efek Non Karsinogenik	39
Tabel 4.10 Nilai RfD Tiap Logam Berat	40
Tabel 4.11 Hasil Nilai Karakterisasi Risiko (RQ) Efek Non Karsinogenik	40
Tabel 4.12 Nilai SF pada Setiap Parameter	42
Tabel 4.13 Hasil Intake Oral (I) dan ECR Pb	42





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) merupakan pusat dimana dilakukan aktivitas pengolahan sampah, aktivitas tersebut akan selalu naik pada tiap tahun. Sampah yang telah menumpuk terdekomposisi dan kehujanan sehingga menghasilkan cairan lindi (leachate) yang berpotensi mencemari air tanah sekitar TPA (Suryani dan Alif, 2015). Masalah sampah ini selalu menjadi agenda utama bagi masyarakat dan warga Indonesia, faktor keberhasilan pengelolaan sampah ini dipengaruhi pada kemauan Pemerintah Daerah atau Kota serta masyarakat, hal tersebut dimulai dari pemahaman dan kesadaran akan pentingnya pengelolaan sampah sebagai suatu cerminan keberhasilan dan kebersihan sebuah kota (Oktaria dan Maryati, 2010).

Berdasarkan hasil riset yang telah dilakukan pada data SIPSN tahun 2021 timbulan sampah di TPA Piyungan, Bantul DIY sebanyak 654.048 ton, jumlah tersebut sudah menurun dari tahun sebelumnya yaitu tahun 2020 timbulan sampah mencapai 773.849 ton. Komposisi sampah terbanyak berasal dari sisa-sisa makanan atau sampah organik sebesar 53,51%, diikuti dengan sampah kayu 9,95%, sampah kertas 8,56%, sampah plastik 12,77%, sampah kaca 5,56%, sampah logam 1,73%, sampah kain 0,41%, dan sampah karet 0,12%.

Bahan-bahan anorganik dari sampah terkandung berbagai macam senyawa salah satunya yaitu logam berat. Sampah yang terkandung logam tersebut terdekomposisi dan larut bersama air hujan sehingga terbentuk limbah cair yakni air lindi (Supriyantini dan Endrawati, 2015). Logam berat adalah senyawa esensial apabila keberadaannya dalam jumlah tertentu masih dibutuhkan oleh makhluk hidup, sedangkan apabila dalam jumlah yang berlebihan maka akan menjadi racun. Air lindi sendiri memiliki kandungan senyawa organik berupa asam humat, hidrokarbon, tanah serta galat dan anorganik berupa kalium, magnesium, natrium, fosfat, sulfat, dan logam berat. Kandungan logam ini apabila dikonsumsi dan terkumpul dalam tubuh organisme dalam waktu lama maka akan menjadi racun

terakumulasi (Suryono, 2016).

Penelitian yang dilakukan oleh Ganefati (2008) menghasilkan data berupa rata-rata kandungan Pb pada air lindi di TPA Piyungan sebesar 0,603 mg/l. Hal tersebut harus diperhatikan dan diwaspadai oleh warga sekitar TPA Piyungan. TPA Piyungan adalah salah satu TPA di Kabupaten Bantul, DIY yang menerapkan sistem pengolahan sampah secara Sanitary Landfill yaitu sampah yang ditumpuk dalam satu wilayah lalu ditumpuk dengan timbunan tanah dan diberi jalan air serta kolam penampungan untuk air lindi. Hal ini berpotensi terjadinya pencemaran air tanah oleh logam berat yang berasal dari air lindi yang bergerak meresap kedalam tanah (Kasam, 2011).

Logam berat tersebut apabila sudah mencemari air tanah maka akan mencemari air sumur warga di sekitar penduduk yang digunakan untuk kebutuhan air setiap hari. Maka dari itu, potensi terjadinya pencemaran air tanah oleh logam berat sangat mungkin terjadi sehingga penelitian ini penting untuk dilakukan agar kita dapat mengetahui seberapa besar kandungan logam berat dalam sumur warga, dan apakah air sumur tersebut aman untuk digunakan, yang berlokasi pengambilan sampling pada sumur-sumur warga di sekitar TPA agar kita dapat mengetahui seberapa besar tingkat konsentrasi logam berat yang terkandung dalam air tanah sekitar TPA.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang tersebut, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

- 1) Bagaimana kadar logam berat (Cr, Mn, dan Pb) pada air tanah disekitar TPA Piyungan
- 2) Bagaimana pola sebaran logam berat (Cr, Mn, dan Pb) dalam air tanah di daerah sekitar TPA Piyungan, Bantul?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menganalisis kadar logam berat (Cr, Mn, dan Pb) pada air tanah di sekitar TPA Piyungan menggunakan Inductively Coupled Plasma Mass Spectrophotometer (ICP-MS)
- 2) Memetakan pola sebaran logam berat (Cr, Mn, dan Pb) pada air tanah disekitar TPA Piyungan menggunakan software QGIS

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Sebagai upaya pengendalian terhadap pencemaran air tanah yang disebabkan oleh adanya TPA Piyungan, Bantul.
- 2) Sebagai bahan rekomendasi serta pertimbangan untuk pemerintah setempat mengenai layak atau tidaknya lokasi TPA Piyungan, Bantul untuk dijadikan lahan terbuka hijau.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

- 1) Lokasi penelitian dilakukan pada lokasi yang memiliki sumber air tanah disekitar TPA Piyungan, Bantul.
- 2) Pengolahan data untuk mengetahui arah aliran air tanah menggunakan metode IDW dan aplikasi QGIS.
- 3) Metode pengukuran logam berat (Cr, Mn, dan Pb) yang digunakan adalah Inductively Coupled Plasma Mass Spectrophotometer (ICP-MS).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)

TPA merupakan tahap terakhir dari proses pengelolaan sampah. TPA sampah harus dirancang dan direncanakan dengan sebaik-baiknya, apabila Tempat Pemrosesan Akhir sampah ini tidak direncanakan dengan baik maka akan berakibat menjadi habitat dari serangga dan hewan pengerat, menjadi sumber pencemar bagi tanah, menjadi sumber timbulnya berbagai penyakit karena kuman-kuman dan bakteri berkembang biak. Berikut adalah beberapa syarat yang harus dipenuhi apabila mau membangun TPA yang baik dan sesuai standar yakni hindari pembangunan TPA tersebut dekat dengan sumber air yang digunakan oleh warga sekitar, hindari daerah yang sering terkena banjir dan hindari pembangunan dekat dengan pemukiman penduduk minimal berjarak 2 km dari pemukiman penduduk agar menghindari pencemaran, penyakit, dan lain-lain (Azrul, 1983).

Pengelolaan sampah di TPA Piyungan, Bantul menggunakan sistem Sanitary Landfill yakni pengelolaan sampah yang memanfaatkan lahan cekungan dengan syarat tertentu sehingga meliputi jenis serta porositas tanah. Pada umumnya dasar cekungan dilapisi geotekstil atau batuan landasan lempung guna menahan resapan air lindi ke tanah, dan dilengkapi dengan saluran penampung air lindi. TPA dengan menggunakan sistem Sanitary Landfill ini memang memerlukan biaya yang relatif mahal tetapi dapat meminimalkan pencemaran lingkungan yang akan terjadi.

2.2 Air Tanah

Air tanah atau air sumur merupakan sumber daya air yang sangat penting dan banyak digunakan oleh manusia. Air sumur yang sangat melimpah debit airnya serta kualitas air yang baik menjadi salah satu faktor yang menjadikan banyak penduduk memanfaatkan air tanah ini menjadi sumber air bersih untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga sehari-hari.

Pencemaran air tanah dapat terjadi akibat dari beberapa faktor berikut, yakni faktor alami contohnya aktivitas gunung berapi, gempa bumi, dan curah hujan yang tidak stabil. Selain itu terdapat juga faktor non alami seperti pencemaran dari aktivitas manusia, air tanah yang dipompa secara berlebihan, dan masih banyak lagi (Custodio, 2005).

2.2.1 Sifat-Sifat Air Tanah

Air tanah memiliki sifat-sifat yang menguntungkan dari segi bakteriologis, tetapi dalam segi kimiawi air tanah memiliki beberapa karakteristik tertentu pada lapisan kesadahan, magnesium, sodium, bikarbonat, pH, kalsium, dan lain-lain. Berikut beberapa keuntungan dan kerugian dari pemanfaatan air tanah :

1) Keuntungan

- a) Dapat digunakan tanpa pengolahan lebih lanjut terlebih dahulu
- b) Umumnya bebas dari bakteri patogen
- c) Praktis dan ekonomis mendapatkan dan membagikannya dengan para penduduk
- d) Lapisan tanah tempat penampungan air tanah biasanya merupakan tempat pengumpul air alami.

2) Kerugian

- a) Pada umumnya air tanah banyak mengandung mineral
- b) Dibutuhkan pemompaan keatas.

2.2.2 Jenis Air Tanah

Air tanah yang dapat menyimpan air dalam jumlah banyak dalam formasi geologi disebut dengan akuifer. Terdapat beberapa formasi tanah yang tidak dapat menyimpan air dan mengalirkan air tanah dengan sempurna.

Sedangkan formasi batuan sederhana dan hanya dapat menyimpan air dalam jumlah sedikit biasanya hanya terlihat seperti rembesan disebut sebagai akuitard. Berdasarkan sifat fisik serta kedudukannya, akuifer dibedakan menjadi 2 jenis, yakni :

- 1) Akuifer bebas, adalah air tanah dangkal (kedalaman < 20 m). Air tanah dangkal ini adalah yang paling sering kita jumpai dan paling umum digunakan masyarakat dan dijadikan sumur sebagai sumber air bersih.
- 2) Akuifer tertekan, adalah air tanah dalam (kedalaman > 20 m). Air tanah dalam ini memiliki kualitas serta kuantitas yang lebih baik daripada air tanah dangkal, dan biasanya banyak digunakan untuk industri (Iskandarsyah, 2008). (cekungan air tanah piyungan)

2.2.3 Cekungan Air Tanah

Cekungan air tanah merupakan wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologis, pada batas tersebut semua peristiwa yang terjadi seperti penambahan, pengaliran, dan pelepasan air tanah berlangsung (PAAI-GWWG, 2016). Air tanah merupakan air interkoneksi yang secara terbuka pada batuan saturasi di bawah permukaan tanah yang terjadi di zona jenuh maupun tidak jenuh. Sistem ini dipengaruhi oleh beberapa kondisi geologi, hidrogeologi, serta gaya tektonik yang membentuk cekungan air tanah (Hadian, dkk, 2006).

2.3 Logam Berat Dan Air Lindi

Logam berat masih tergolong logam yang memiliki kriteria sama dengan logam lain. Perbedaan dari logam lain terletak pada pengaruh yang ditimbulkan apabila logam berat ini masuk atau dikonsumsi oleh organisme hidup. Berikut adalah beberapa parameter logam berat yang akan dilakukan penelitian, beberapa logam berikut dipilih karena diperkirakan banyak terkandung dalam air sumur warga dan mampu terdeteksi oleh alat ICP. (penelitian logam berat)

1. Kromium (Cr)

Kromium merupakan logam yang memiliki nilai tinggi, karena ketahanannya terhadap korosi dan pengusaman. Logam kromium dan ion Cr(III) tidak beracun, sedangkan Kromium Heksavalen (Cr(VI)) bersifat toksik serta karsinogenik. Apabila situs produksi kromium yang telah tidak terpakai lagi diperlukan pembersihan lingkungan.

2. Pb (Timbal)

Logam berat Timbal memiliki sifat lunak dan berwarna kebiruan atau silver abu, dalam fungsi kimiawi, timbal mempunyai titik uap rendah dan dapat menstabilkan senyawa lain sehingga berguna pada berbagai produk industri. Sedangkan dalam fungsi klinis, timbal adalah bahan toksik yang bersifat murni sehingga tidak ada organisme yang bergantung pada timbal.

3. Mn (Mangan)

Di lingkungan mangan ini biasanya dijumpai berwarna kelabu-kemerahan. Mangan dapat larut dipengaruhi oleh pH, apabila pH rendah maka logam tersebut dapat menyebabkan racun untuk tanaman. Mangan juga memiliki peran untuk metabolisme dan membantu kerja enzim tanaman.

Lindi adalah air yang terbentuk dari timbulan sampah yang terlarut terkena air hujan sehingga melarutkan banyak senyawa khususnya logam berat yang terkandung sangat tinggi dalam air lindi. Air lindi ini sangat berpotensi menyebabkan pencemaran air, air tanah, dan air permukaan sehingga perlu penanganan yang baik. Apabila pengolahan air lindi ini tidak dilakukan dengan maksimal maka akan berpotensi untuk mencemari air tanah yang berada disekitar TPA atau mengalir di air permukaan (Damanhuri, 1996).

2.4 Analisis Logam Berat (*Inductively Coupled Plasma*)

2.4.1 Teori ICP-MS

Inductively Coupled Plasma (ICP) merupakan teknik analisis yang digunakan untuk mendeteksi trace metals pada sampel di lingkungan. ICP memiliki prinsip utama yakni penentuan elemen dengan pengatomisasian elemen sehingga memancarkan cahaya panjang gelombang tertentu kemudian dilakukan pengukuran. Sejak awal tahun 1960 metode ICP sudah digunakan untuk meningkatkan perkembangan teknik analisis. Setelah itu ICP terus disempurnakan dan digunakan bersama dengan prosedur preparasi sampel untuk beraneka matriks analisis kuantitatif (Vella, 1993).

Inductively Coupled Plasma (ICP) merupakan instrumen yang digunakan untuk menganalisis kadar unsur logam dalam sebuah sampel dengan metode spektrofotometri emisi. Bahan yang dianalisis menggunakan alat ICP ini harus berwujud larutan homogen. Terdapat sekitar 80 unsur logam yang dapat dianalisa menggunakan alat ini (Alcock, 1995).

2.4.2 Prinsip Kerja ICP-MS

Alat ICP-MS pada dasarnya merupakan penggabungan dua alat yang sudah berkembang, yaitu alat eksitasi ICP-MS dan MS-quadrupole sebagai detektor. Kedua alat ini digabungkan dengan suatu skimmer yaitu sebuah logam tipis yang memiliki lubang ditengahnya dengan diameter sekitar 60 μm . Alat tersebut ditempatkan di antara plasma dengan MS.

Prinsip kerja ICP-MS yaitu dengan mengintroduksi ke dalam suatu pusat tabung plasma argon yang mengkabut dan secara cepat terisolasi serta teruapkan. Pada saat transit melewati inti plasma proses disosiasi dan ionisasi terjadi. Ion tersebut terekstrak dari tabung pusat plasma menuju pompa vakum antarfase, selanjutnya ditransmisikan ke sebuah spektrometer massa. Dalam spektrofotometer dan massa ion dipisahkan berdasar pada massa

mereka terhadap rasio muatan.

Dalam instrumen cairan tersebut dikonversi menjadi aerosol dengan proses nebulisasi. Sampel aerosol ini ditransportasikan ke dalam plasma dan mengalami vaporisasi, solvasi, atomisasi, dan eksitasi atau ionisasi oleh plasma. Atom serta ion tersebut tereksitasi memancarkan radiasi melalui panjang gelombang untuk analisis semi- kuantitatif. Radiasi tersebut dideteksi lalu diubah menjadi sinyal elektronik dan dikonversi menjadi informasi konsentrasi sebagai analisis kuantitatif.

Sampel normal diintroduksi sebagai larutan ke dalam plasma, introduksi langsung berupa padatan dan gas juga dimungkinkan. Introduksi sampel dalam bentuk gas memiliki banyak kelebihan karena efisiensi transport mendekati 100% dibanding dengan cairan dimana dalam nebulizer > 95% sampel dibuang, meningkatkan sinyal terhadap noise serta limit deteksi (Liu H, 1996).

2.5 Memetakan Pola Sebaran Logam Berat Menggunakan QGIS

Memetakan pola persebaran logam berat menggunakan software QGIS versi 3.26.2. *Software* ini digunakan pada proses analisa serta menunjukkan interpretasi hasil analisa. Metode *on screen* digitasi ini digunakan pada proses data spasial lalu dimasukkan dalam *software* tersebut. Dengan menggunakan fasilitas *database* dapat digunakan untuk menganalisa atribut non spasial. Proses manajemen data tersebut diolah menjadi basis data atribut basis data spasial. *Inverse Distance Weighted* (IDW) merupakan metode interpolasi untuk menentukan suatu nilai di lokasi yang tidak tersampel berdasarkan data disekitarnya. Metode ini sering digunakan karena proses perhitungan yang sederhana dan mudah untuk dipahami.

2.6 Analisis Risiko Kesehatan

Memperkirakan suatu risiko paparan terhadap suatu sasaran populasi atau sebuah organisme dengan melakukan identifikasi potensi setelah terpapar kontaminan merupakan analisis risiko kesehatan (WHO, 2004). Kita akan

mendapatkan nilai paparan tertinggi dari kandungan logam berat pada orang dewasa dan anak setelah melakukan penilaian risiko awal. Hal tersebut diharapkan memiliki indeks paparan tertinggi karena memiliki nilai kontaminasi logam berat tertinggi. Karakterisasi risiko dilakukan setelah melakukan penilaian eksposur. Keseluruhan hasil bagi bahaya (HQs) dihitung untuk setiap senyawa di tiap titik pengambilan sampel air sumur untuk anak dan orang dewasa, DMP dikecualikan, RfD yang diperlukan untuk perhitungan hasil bagi tidak tersedia. Nilai HQ yang diperoleh tidak melebihi 1 dalam hal apapun, sehingga menunjukkan risiko yang ditimbulkan akibat paparan logam berat dalam air sumur dapat diterima. Penilaian risiko ini hanyalah metodologi kuantitatif dalam memberikan perkiraan risiko, banyak kandungan logam berat yang dianalisis adalah pengganggu endokrin yang mampu bertindak pada dosis rendah. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan apabila ingin memantau keberadaan zat ini dalam air sumur warga. Pada tahap sebelumnya yang dihitung pada nilai dosis keseluruhan yakni perbandingan dengan nilai referensi untuk asupan air. Dua efek yang mungkin ditimbulkan yaitu efek karsinogenik dan non karsinogenik. Subjek penelitian yang digunakan adalah efek karsinogenik, *hazard quotient* mendefinisikan risiko. Hasil bagi bahaya tergantung pada nilai yang diperoleh, dan dianggap hasilnya lebih besar dari 1 (Kamrin, 2009).

2.7 Penelitian Sebelumnya

Penelitian mengenai penyebaran logam berat serta pemetaan pola aliran air tanah telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Hal ini penting karena dapat menjadi rujukan pembahasan pada kegiatan penelitian. Berikut beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan :

Tabel 2.1 Studi Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Tahun	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian
1	Hidayati Karamina. dkk	2021	Menganalisis Kandungan Logam Berat Fe, Cu, Zn, Pb, Co, Br pada alir lindi di tiga lokasi TPA Kabupaten Malang	Pengambilan sampel air lindi menggunakan metode grab sample dan pengujian kandungan logam berat menggunakan metode AAS di lab kimia tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya
2	Rezky Dwi Satria, Isna Apriani dan Kiki Prio Utomo	2015	Analisis Kandungan Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Di TPA Rasau Jaya Kabupaten Kubu Raya	Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah grab sample yaitu sampel air yang diambil pada waktu tertentu untuk masing-masing titik yang telah ditentukan Pengambilan sampel air tanah mengacu pada SNI 6989,58-2008 tentang Metode Pengambilan Sampel Air Tanah. Selain itu juga dilakukan pengukuran muka air tanah
3	Farhan Seno Aji dan Surya Budi Lesmana	2021	Analisis Pola Sebaran Kualitas Air Sumur di Kawasan TPST Piyungan	Penelitian ini dilakukan dengan mengambil sampel air sumur yang berada di sekitar TPST Piyungan, dan selanjutnya sampel diuji di laboratorium dan dianalisis terhadap baku mutu kemudian dilanjutkan dengan analisis spasial berbasis SIG menggunakan software Arc-GIS dengan metode <i>Multiple Ring Buffer</i> . Pada hasil analisis SIG dilakukan pemberian perbedaan warna, untuk zona kualitas air yang baik warnanya terang, dan zona

No	Peneliti	Tahun	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian
				kualitas tidak baik warnanya cenderung gelap.





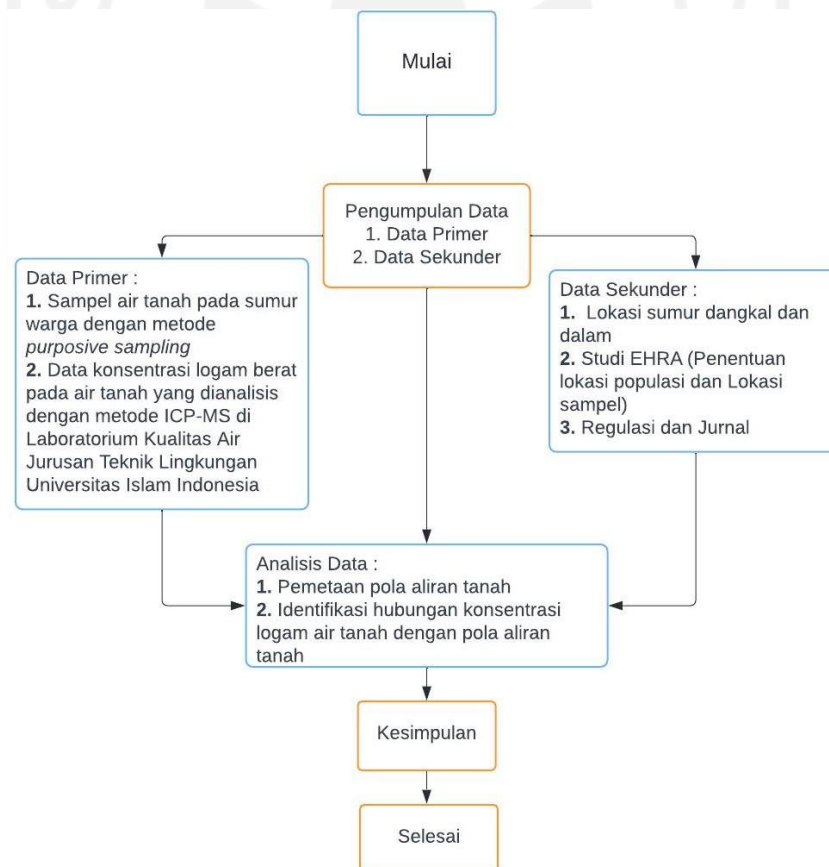
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Data primer kami peroleh dengan melakukan survey ke 36 titik sumur warga sekitar TPA Piyungan, setelah melakukan survey ke 36 titik tersebut kami menentukan 10 titik sampling berdasarkan dari arah aliran air tanah dan elevasi muka air tanah yang kami dapat dari peta kontur air tanah. Pemilihan 10 titik tersebut juga kami lakukan dengan mempertimbangkan pemilihan titik terjauh dan terdekat untuk melihat seberapa besar kandungan logam yang tersebar dan mencemari keseluruhan titik sumur tiap dusun sekitar TPA Piyungan.

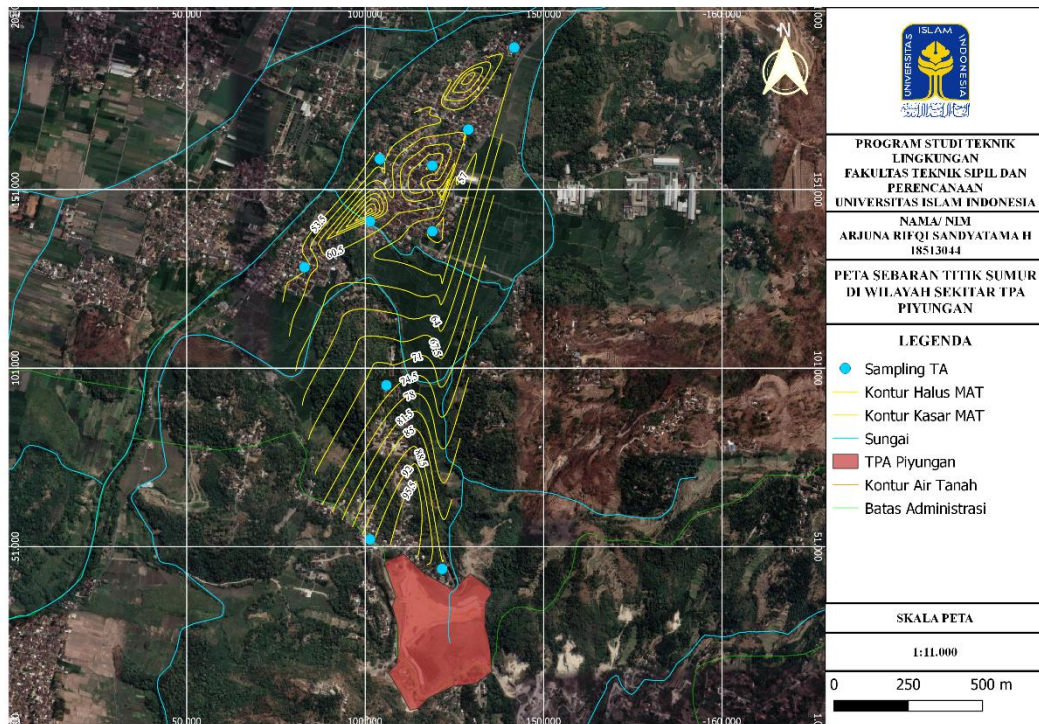
Berikut merupakan tahapan penelitian yang akan dilaksanakan,



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian akan dilakukan di TPA Piyungan Bantul, Yogyakarta. Jumlah titik sampel yang diambil berjumlah 10 titik dan dilanjutkan dengan uji laboratorium di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Hasil dari pengujian laboratorium nantinya akan dibandingkan dengan baku mutu Permenkes No 32 Tahun 2017. Pemilihan Permenkes No 32 Tahun 2017 sebagai pembanding karena baku mutu tersebut merupakan baku mutu terbaru, sudah diatur oleh Standar Nasional Indonesia, sudah disetujui oleh WHO, dan peraturan perundang-undangan.



Gambar 3.2 Peta Kontur dan Titik Sampling Sumur TPA Piyungan

3.3 Pengumpulan Data

Data yang akan digunakan berupa data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari observasi langsung ke lapangan dan dari proses wawancara kepada warga sekitar TPA Piyungan Bantul, Yogyakarta. Sedangkan data sekunder diperoleh dari buku, jurnal yang sesuai untuk mendukung data penelitian ini.

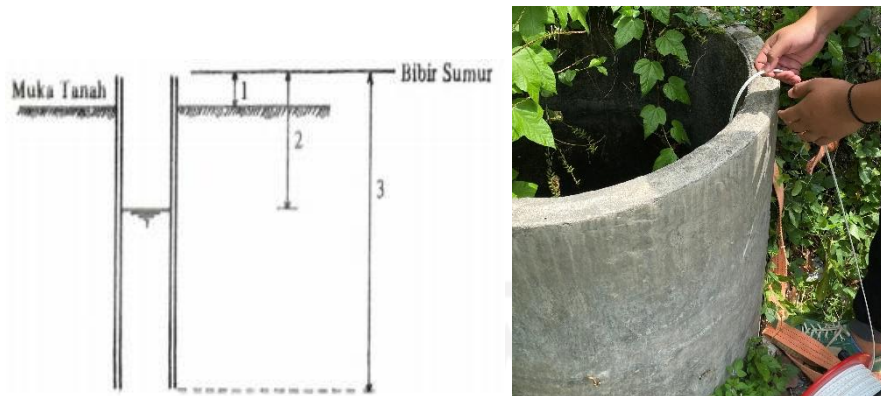
3.4 Metode Analisis Data

3.4.1 Pengambilan Sampel Air Tanah

Pengambilan sampel air tanah pada penelitian ini menggunakan metode *Purposive Sampling*. Metode tersebut dilakukan dengan penentuan titik sampel dengan beberapa pertimbangan, sehingga diharapkan titik sampel yang telah ditentukan dapat memberi informasi sesuai dengan penelitian yang dilakukan.

Apabila kita sudah mengetahui seluruh titik air sumur di lokasi mana yang akan diambil, maka selanjutnya lakukan pengukuran tinggi muka air tanah. Pengukuran tinggi muka air tanah berfungsi supaya kita dapat mengetahui arah aliran air tanah dengan memperhatikan tinggi air sumur yang berada di titik sampling yang telah ditentukan, berikut adalah prosedur pengukuran tinggi muka air tanah :

- Pengukuran elevasi muka air tanah pada sumur menggunakan altimeter
- Pengukuran ketinggian bibir sumur terhadap muka tanah
- Pengukuran kedalaman permukaan air dari bibir sumur menggunakan sounding meter
- Untuk sumur dangkal kita harus mengetahui dasar sumur dari bibir sumur
- Konstruksi sumur



Gambar 3.3 Prosedur Pengukuran Pengambilan Sampel Air Tanah

Sumber : Wanny, 1983

Setelah kita melakukan pengukuran maka hasil yang akan kita dapat adalah arah dominan kemana arah aliran air tanah tersebut, sehingga kita dapat melakukan pengambilan sampel sesuai dengan arah aliran tersebut (Wanny, 1983 dalam Tegar, 2017). Lalu setelah melakukan pengukuran muka air tanah, kita dapat melakukan pengambilan sampel air sumur tersebut. Berikut adalah prosedur pengambilan sampel air sumur :

- Pada sumur gali, sampel air diambil pada kedalaman 20 cm di bawah permukaan air dan minimal 20 cm diatas dasar sumur serta jangan sampai endapan sedimen dasar sungai terambil.
- Pada sumur bor yang terdapat pompa tangan atau mesin, maka sampel diambil dari kran air atau mulut pompa tempat air keluar.
- Setelah sampel diperoleh masukkan kedalam botol, disini saya menggunakan botol plastik karena tidak akan mempengaruhi kandungan parameter logam jadi tidak masalah menggunakan botol bekas air mineral.

3.4.2 Analisis Konsentrasi Logam Berat

Pada penelitian ini metode yang akan kita gunakan untuk menganalisis kandungan logam berat dalam air yaitu *Inductively Coupled Plasma* (ICP-

MS). Adapun beberapa kandungan logam berat yang akan kita uji adalah Cr, Mn, dan Pb.

3.4.2.1 Preparasi Analisis Konsentrasi Logam Berat

Dari masing-masing sampel air sumur ambil sebanyak 10 ml air. Memasukkan sampel ke dalam botol plastik dan tambahkan HNO₃ sampai pH menjadi 2. Setelah mempersiapkan sampel lalu saring menggunakan kertas saring no 42. Pastikan kandungan TDS < 30% dan kondisi sampel tidak keruh agar mudah terbaca oleh alat uji. Kemudian contoh uji diaspirasikan kedalam ICP-MS nyala supaya terukur konsentrasi logam beratnya.



Gambar 3.4 Preparasi Analisis Kandungan Logam Berat

3.4.3 Pengukuran Suhu dan pH Air

Suhu dan pH air diukur menggunakan *Water Quality Meter* saat berada di lokasi sampling, pengukuran suhu dan pH secara langsung ini bertujuan untuk meminimalisir perubahan suhu dan pH air yang signifikan saat dibawa ke lab uji. Pengukuran parameter lapangan sangat berguna sebagai bahan interpretasi data hasil pengujian di laboratorium.

3.4.4 Pemetaan Pola Aliran Air Tanah Menggunakan Metode IDW Untuk Interpolasi Sebaran Logam Berat

Interpolasi merupakan metode untuk mendapatkan data berdasarkan data yang telah ada sebelumnya. Pada pemetaan, interpolasi yaitu proses estimasi nilai dalam wilayah yang tidak dilakukan sampling atau pengukuran, sehingga terbentuklah peta atau sebaran nilai pada seluruh wilayah (Gamma Design Software, 2005). Interpolasi sering disebut juga dengan *resampling* atau sebuah metode pencitraan untuk menambah atau mengurangi jumlah citra dan piksel. Proses interpolasi ini digunakan agar kita mendapatkan citra yang lebih detail. Hasil akhir yang diinginkan dari interpolasi spasial ini yakni untuk menghasilkan permukaan yang mampu mempresentasikan keadaan empiriknya, sehingga kita dapat memperkirakan tingkat akurasi metode yang kita gunakan (Ramos, 2010).

Metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) adalah metode deterministik sederhana dengan mempertimbangkan lokasi sekitar (NCGIA, 1997). Metode ini memiliki asumsi yakni nilai interpolasi yang lebih mirip dengan data sampel yang dekat daripada yang lebih jauh. Metode IDW merupakan metode interpolasi yang digunakan untuk menaksir suatu nilai pada suatu lokasi yang tidak tersampel berdasarkan data disekitarnya. Bobot (*weight*) berubah secara linier sesuai dengan jarak data sampel. Bobot ini tidak dipengaruhi oleh letak dari data sampel.

Setelah didapatkan hasil kandungan logam berat pada sumur warga dan telah dianalisis di lab, hasil kandungan tersebut diolah dengan *Microsoft excel* beserta data pendukung lain seperti tinggi muka air tanah, dan koordinat titik sampel. Data tersebut dapat kita simpan dalam format *excel* supaya dapat dimasukkan kedalam software QGIS.

3.4.5 Analisa Data Menggunakan ARKL (Analisis Risiko Kesehatan dan Lingkungan)

Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai tingkat risiko akibat paparan

logam berat terhadap masyarakat sekitar yang menggunakan air sumur di 4 dusun yang berada di Desa Sitimulyo diperlukan analisa data dari hasil pengujian sampel air sumur yang diolah dengan ARKL (Analisis Risiko Kesehatan dan Lingkungan). Berikut merupakan beberapa tahapan dalam melakukan analisis ARKL :

1) Identifikasi Sumber Bahaya (*Hazard Identification*)

Pada tahap awal dilakukan identifikasi sumber bahaya dengan berbagai macam cara dan berbagai sumber, seperti insiden yang pernah terjadi, serta melakukan observasi dan pengecekan langsung ke lokasi penelitian. Menyebarkan kuesioner dan melakukan wawancara langsung dengan pemilik sumur pada lokasi penelitian, dan masih banyak lagi.

2) Analisis Dosis – Respon

Dosis merupakan *risk agent* yang terbagi melalui beberapa jalur seperti terhirup (*inhaled*), melalui kulit (*absorbed*), dan tertelan (*ingested*).

3) Analisis Paparan (*Exposure Assessment*)

Pada tahap ini dilakukan identifikasi mengenai jumlah *risk agent* yang diterima tiap individu yang masuk melalui jalur pencernaan (*ingested*) dan jalur kulit (*absorbed*). Berikut merupakan rumus perhitungan dalam mencari nilai *intake* :

INTAKE (ORAL)

$$I = \frac{CW \times CR \times Te \times fE \times ED}{BW \times AT}$$

Keterangan :

I : Asupan/ *Intake* (mg/kg/hari)

CW : Konsentrasi *risk agent*, untuk air (mg/L)

CR : Laju (*rate*) asupan (m³/jam)

Te : Waktu paparan (jam/hari)

fE : Frekuensi paparan tahunan (hari/tahun)

ED : Durasi paparan, tahun (*real time* atau proteksi, 30 tahun)

untuk nilai default residensial)

BW : Berat badan (kg)

AT : Periode waktu rata – rata (Dt x 365 hari/tahun untuk zat non karsinogenik, 70 tahun x 365 hari/tahun untuk zat karsinogenik)

4) Karakteristik Risiko (*Risk Characterization*)

Risk Quotient (RQ) terdapat dalam karakteristik risiko kesehatan yakni tingkatan risiko untuk efek non karsinogenik serta *Excess Cancer Risk* (ECR) untuk efek karsinogenik. Berikut merupakan rumus RQ dan ECR :

Risk Quotient (RQ)

$$RQ = \frac{I}{RfD \text{ atau } RfC}$$

Keterangan :

RQ : *Risk Quotient*

I : Intake (mg/kg x hari)

RfD : *reference dose* (mg/kg x hari)

Excess Cancer Risk (ECR)

$$ECR = Ink \times SF$$

Keterangan :

ECR : *Excess Cancer Risk*

Ink : *Intake* atau asupan kronis



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian

TPA Piyungan berlokasi di Kampung Bendo, RT 04/RW 44, Dusun Ngablak, Desa Sitimulyo, Piyungan, Bantul, DIY. TPA Piyungan beroperasi sejak tahun 1996 dan masih beroperasi sampai sekarang. Pada tanggal 7 Mei 2022 TPA Piyungan sempat ditutup paksa oleh warga dikarenakan sampah yang sudah terlalu menumpuk dan menimbulkan berbagai macam pencemaran yang berdampak pada warga sekitar. Sehingga pemerintah DIY sekarang berfokus untuk memperluas area TPA dan menjadikan area TPA yang lama menjadi lahan terbuka hijau.

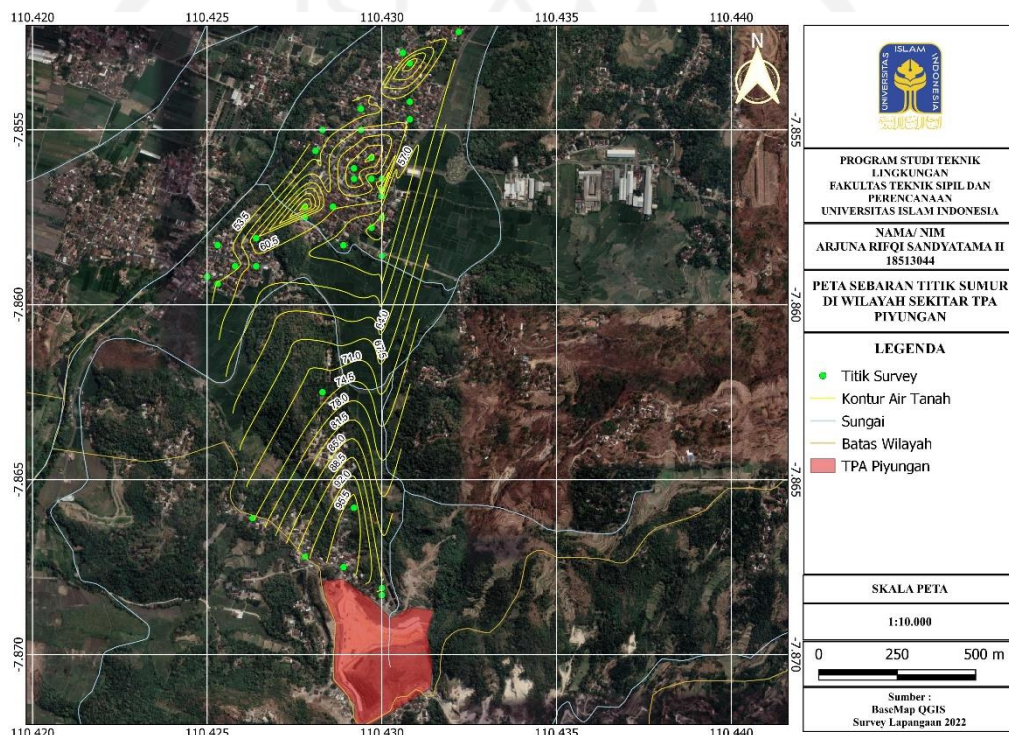


Gambar 4.1 Kondisi TPA Piyungan

4.2 Lokasi Sebaran Air Tanah Pada Sumur Warga Tpa Piyungan

Kami melakukan survei ke 36 titik sumur yang tersebar di 4 dusun sekitar TPA Piyungan yaitu Dusun Ngablak, Dusun Banyakan 1, Dusun Banyakan 2, dan Dusun

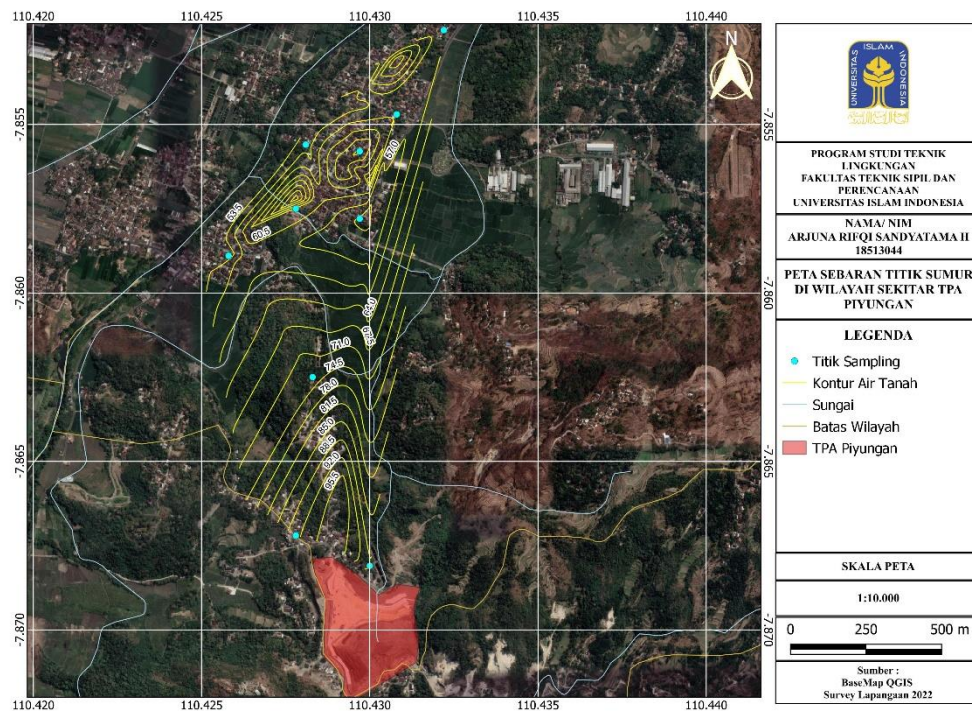
Banyakan 3. Survei dilakukan pada tanggal 11-12 Juli 2022. Survei dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui arah aliran air, mencatat setiap titik koordinat untuk pembuatan peta kontur air tanah, mengetahui parameter lapangan sementara, serta menentukan titik sampling yang akan kami ambil air sumurnya lalu akan di uji di laboratorium terkait kandungan logam beratnya.



Gambar 4.2 Peta Sebaran Sumur TPA Piyungan Bantul

Gambar 4.2 merupakan sebaran titik sumur pada lokasi survei. Sumur yang berdekatan merupakan sumur warga yang berada pada pemukiman, rumah para warga sekitar TPA Piyungan saling berdekatan. Survei dilakukan di 36 titik sumur berbeda supaya kita dapat membuat peta kontur air tanah dengan sempurna, dan dapat menentukan titik sampling dengan baik. Sampel air sumur yang berada dekat dengan TPA bertujuan untuk mengetahui seberapa besar dampak yang ditimbulkan oleh TPA terhadap sumur yang dekat dengan TPA tersebut. Sedangkan sampel air sumur yang berada jauh dengan TPA bertujuan untuk pembandingan hasil sampel sumur yang dekat dengan TPA. Berikut Gambar 4.3 adalah titik sampling sebanyak

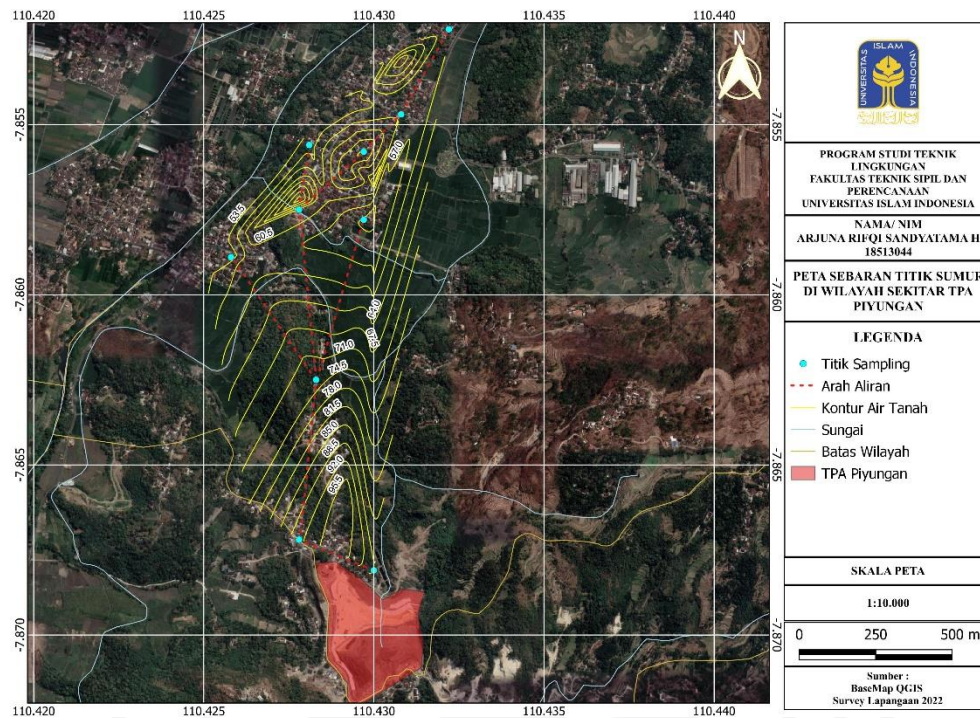
10 titik yang kami pilih berdasarkan dari titik survei yang telah kami lakukan :



Gambar 4.3 Peta Titik Sampling Air Tanah Di Kawasan TPA Piyungan Bantul

4.3 Pola Aliran Air Tanah Di Sekitar TPA Piyungan

Untuk dapat mengidentifikasi logam berat yang tersebar di air tanah warga sekitar TPA Piyungan dibutuhkan pembuatan pola aliran air tanah, pola aliran air tanah berfungsi sebagai petunjuk dan penyebab seberapa besar tingginya kandungan logam berat dalam air tanah. Pola aliran air tanah didapatkan dari hasil survei dan penentuan titik sampling, dari 10 titik sampling yang sudah ditentukan data titik tersebut dimasukkan ke *software* QGIS sehingga didapat peta pola aliran air tanah berdasarkan kontur air tanah dan elevasi muka air tanah.



Gambar 4.4 Peta Pola Aliran Air Tanah TPA Piyungan Bantul

4.4 Kondisi Air Tanah Di Sekitar TPA Piyungan

4.4.1 Parameter Kimia

A. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) mempengaruhi proses kimiawi dan biologis dalam air sehingga parameter ini penting dalam melakukan sebuah analisis kualitas air. Air yang baik dikonsumsi dan masih dalam batas wajar untuk pemenuhan kehidupan sehari-hari sebaiknya memiliki tingkat pH yang netral yaitu 7, pH juga berpengaruh pada efektifitas klorinasi pada air (Chapman, 2000).

Parameter ini langsung dilakukan pengukuran pada saat sampling di sumur warga sekitar TPA Piyungan menggunakan *Water Quality Meter*. Berikut merupakan hasil pengukuran pH di lapangan pada saat sampling.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Parameter pH Sumur Warga

No	Kode Sumur	pH	Permenkes No 32 tahun 2017
1	N.1.2	7,51	6,5 - 8,5

No	Kode Sumur	pH	Permenkes No 32 tahun 2017
2	N.1.8	7,03	6,5 - 8,5
3	N.1.10	8,09	6,5 - 8,5
4	B.1.5	7,26	6,5 - 8,5
5	B.1.6	7,22	6,5 - 8,5
6	B.1.7	7,64	6,5 - 8,5
7	B.2.1	7,12	6,5 - 8,5
8	B.2.7	7,04	6,5 - 8,5
9	B.3.1	7,4	6,5 - 8,5
10	B.3.6	7,46	6,5 - 8,5

Kandungan pH dalam air sumur warga sekitar TPA Piyungan tergolong netral dan masih memenuhi baku mutu air sesuai dengan Permenkes No 32 Tahun 2017, sehingga masih baik untuk digunakan dalam pemenuhan kebutuhan aktivitas sehari-hari warga. Tetapi tetap harus diuji kembali kandungan dalam air apakah aman untuk dikonsumsi.

4.4.2 Parameter Fisika

A. Suhu

Suhu juga merupakan parameter penting dalam melakukan analisis kualitas air karena suhu berubah menyesuaikan dengan suhu lingkungan sekitar. Suhu diukur langsung pada saat sampling menggunakan *Water Quality Meter*. Berdasarkan pengukuran dilapangan suhu pada sumur warga berkisar antara 25-30°C dari hasil pengukuran tersebut suhu air sumur warga masih tergolong normal.

Suhu air yang tergolong normal biasanya sama dengan temperatur udara lingkungan sekitar. Menurut Permenkes No 32 Tahun 2017, suhu harus memiliki baku mutu deviasi 3 dari keadaan alamiah.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Parameter Suhu Sumur Warga

No	Kode Sumur	Suhu (°C)	Permenkes No 32 tahun 2017
1	N.1.2	29,58	Suhu udara ± 3 °C
2	N.1.8	29,01	Suhu udara ± 3 °C
3	N.1.10	30,51	Suhu udara ± 3 °C
4	B.1.5	28,57	Suhu udara ± 3 °C

No	Kode Sumur	Suhu (°C)	Permenkes No 32 tahun 2017
5	B.1.6	25,93	Suhu udara ± 3 °C
6	B.1.7	27,66	Suhu udara ± 3 °C
7	B.2.1	27,7	Suhu udara ± 3 °C
8	B.2.7	28,86	Suhu udara ± 3 °C
9	B.3.1	29,21	Suhu udara ± 3 °C
10	B.3.6	29,39	Suhu udara ± 3 °C

4.5 Analisis Kandungan Logam Berat

Analisis kandungan logam berat dalam air sumur warga bertujuan agar mengetahui konsentrasi dan sebaran logam berat yang ada dalam air sumur warga sekitar TPA Piyungan. Hasil dari pengujian logam berat di laboratorium nantinya akan dibandingkan dengan baku mutu Permenkes No 32 Tahun 2017. Sampel yang dilakukan analisis kadar logam berat berasal dari sumur warga sekitar TPA Piyungan yang terdiri dari 10 titik sampling air sumur. Logam berat yang di analisis antara lain yaitu Kromium (Cr), Mangan (Mn), dan Timbal (Pb).

4.5.1 Analisis Kandungan Logam Berat Kromium (Cr)

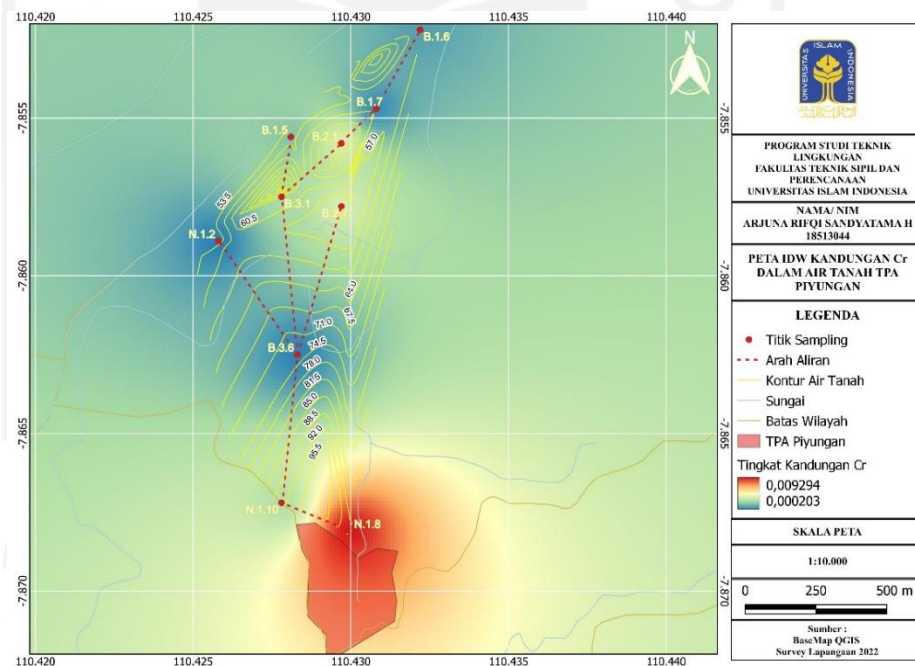
Logam berat Kromium masuk ke badan air dapat melalui cara alamiah dan non alamiah. Jika secara alamiah logam berat Kromium masuk ke badan air melalui faktor fisika seperti erosi batuan mineral. Apabila secara non ilmiah logam Kromium masuk ke badan air melalui dampak dan efek yang ditimbulkan akibat aktivitas manusia seperti limbah sabun deterjen dan produk konsumen lain (Hidayah, Purwanto, dan Soeprbowati, 2014).

Tabel 4.3 Kandungan Cr Dalam Air Tanah

No	Kode Sumur	Kadar Logam (Cr)	Permenkes No 32 tahun 2017
1	N.1.2	0,0002	0,05
2	N.1.8	0,0093	0,05
3	N.1.10	0,0028	0,05
4	B.1.5	0,0019	0,05
5	B.1.6	0,0010	0,05
6	B.1.7	0,0005	0,05
7	B.2.1	0,0038	0,05

8	B.2.7	0,0037	0,05
9	B.3.1	0,0025	0,05
10	B.3.6	0,0003	0,05

Pada Tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa kandungan Kromium yang ada di sumur warga sekitar kawasan TPA Piyungan berkisar antara 0,0003 mg/L – 0,009 mg/L. Kandungan terbesar Kromium dalam sumur warga terdapat di sumur no 2 dengan kandungan 0,009 mg/L. Apabila dibandingkan dengan baku mutu Permenkes No 32 tahun 2017 semua sumur warga sekitar TPA Piyungan masih berada dibawah standar baku mutu yang berarti kandungan tersebut masih normal.



Gambar 4.5 Peta IDW Kandungan Logam Berat Cr

Berdasarkan hasil pemetaan yang saya lakukan dengan menggunakan software QGIS menggunakan metode *IDW Interpolation* diperoleh hasil sebaran kandungan logam berat Cr pada tiap titik sumur warga. Pada Gambar

4.5 dapat dilihat kandungan terbesar terdapat pada titik sumur dengan kode N.1.8 dengan besar kandungan 0,009 mg/L. Dapat dilihat pula arah aliran air tanah mengalir dari kontur tertinggi menuju kontur air tanah terendah.

Kandungan Cr tertinggi yang berada di titik sumur dengan kode N.1.8 dapat disebabkan karena lokasi titik sumur tersebut berdekatan dengan TPA Piyungan yang diduga akibat dari sampah yang mengandung banyak logam Cr seperti sampah pengawet makanan, bahan penyamak kulit, pewarna tekstil, pigmen, bahan anti karat, pewarna pada plastik, dan keramik yang menumpuk di TPA Piyungan. Dugaan tersebut didukung dengan penelitian oleh Ashar, Santi, dan Naria, Kromium, Timbal, dan Merkuri dalam Air Sumur Masyarakat, bahwa kandungan terbesar kromium disumbangkan dari limbah rumah tangga dan juga perabotan rumah tangga dari baja serta sampah tekstil dan plastik yang ada di TPA Namobintang.

4.5.2 Analisis Kandungan Logam Berat Mangan (Mn)

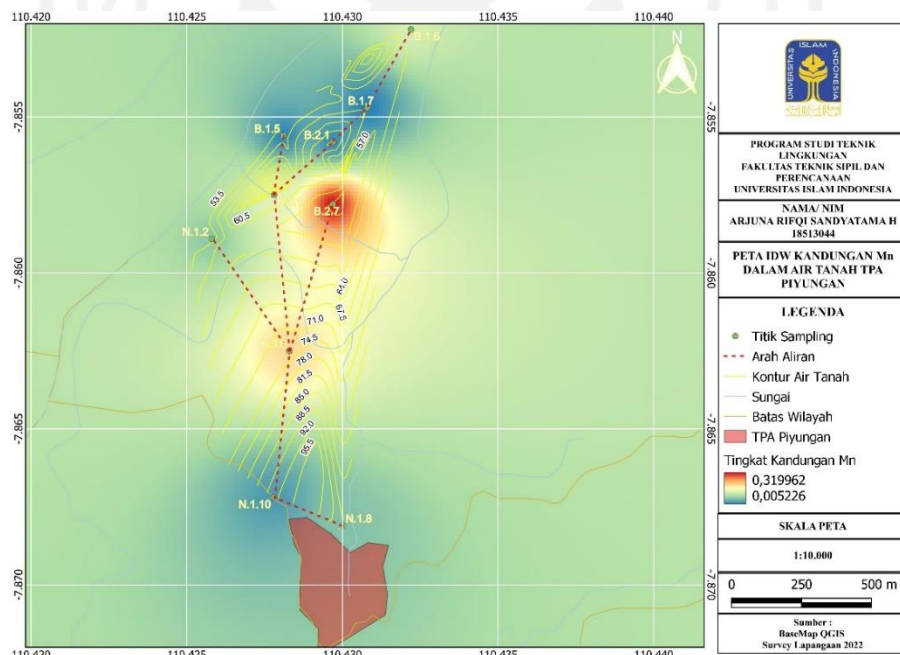
Logam berat Mangan yang terkandung lebih dalam air akan menimbulkan rasa, berwarna ungu, coklat, hitam dan terlihat keruh. Apabila dalam keperluan domestik kadar mangan yang diperbolehkan hanya < 0,005 mg/L. Apabila kandungan mangan dalam air melebihi batas baku mutu maka dapat menyebabkan melemahnya otot dan kaki (Febriana, 2014). Pencemaran Mn juga berasal dari bahan baku pembuatan kaleng makanan dan minuman, pelapis logam, baterai, gelas, dan keramik.

Tabel 4.4 Kandungan Mn Dalam Air Tanah

No	Kode Sumur	Kadar Logam (Mn)	Permenkes No 32 tahun 2017
1	N.1.2	0,068	0,5
2	N.1.8	0,061	0,5
3	N.1.10	0,027	0,5
4	B.1.5	0,011	0,5
5	B.1.6	0,126	0,5
6	B.1.7	0,005	0,5

No	Kode Sumur	Kadar Logam (Mn)	Permenkes No 32 tahun 2017
7	B.2.1	0,015	0,5
8	B.2.7	0,320	0,5
9	B.3.1	0,140	0,5
10	B.3.6	0,196	0,5

Berdasarkan dari Tabel 4.4 dapat disimpulkan kandungan logam berat Mangan di sumur sekitar TPA Piyungan berkisar antara 0,01 mg/L – 0,3 mg/L. Kandungan terbesar terdapat pada sumur sampel B.2.7 dengan kandungan Mangan sebesar 0,32 mg/L. Apabila dibandingkan dengan baku mutu Permenkes No 32 tahun 2017 maka kandungan Mangan di semua sumur warga sekitar TPA Piyungan masih berada dibawah standar baku mutu yang berarti kandungan tersebut masih normal.



Gambar 4.6 Peta IDW Kandungan Logam Berat Mn

Pada Gambar 4.6 dapat dilihat kandungan terbesar terdapat pada titik sumur dengan kode B.2.7 dengan besar kandungan 0,32 mg/L. Dapat dilihat pula arah aliran air tanah mengalir dari kontur tertinggi menuju kontur air tanah terendah.

Kandungan Mn tertinggi yang berada di titik sumur dengan kode B.2.7 dapat disebabkan karena beberapa sumber, salah satunya Mn merupakan kandungan alami air tanah. Pernyataan tersebut didukung dengan teori bahwa Mn dalam air dapat bersumber alami di batuan dasar, khususnya air sumur dalam dan Program Penilaian Kualitas Air Nasional Amerika Serikat menunjukkan kadar mangan dalam air tanah umumnya 99% lebih tinggi kandungannya dibandingkan dengan air permukaan. Keberadaan alami kandungan mangan masuk kedalam air tanah dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti TDS, fluktuasi muka air tanah, dan waktu tinggal air dalam air tanah.

Sumber Mn lain yang dapat mempengaruhi pencemaran dalam air sumur warga adalah praktik pertanian dan pembuangan lindi. Hal ini mungkin menjadi alasan kenapa kadar Mn pada titik sumur kode B.2.7 tinggi dimana sumur terletak dekat dengan area TPA. Berdasarkan penelitian yang membahas kandungan Mn pada air sumur dan lindi di TPA Banyuurip, Magelang. Disebutkan bahwa Mn merupakan zat utama dalam air lindi yang bersumber dari limbah logam berat yang menumpuk di TPA.

Selain itu, pencemaran logam Mn dapat terjadi oleh kegiatan industri yang terbukti melalui sampel yang diperoleh di Kota Surabaya dan Kabupaten Mojokerto yang merupakan daerah sentra industri. WHO, dalam *Concise International Chemical Assessment Document* tentang mangan, menyebutkan bahwa pencemaran logam berat mangan masuk ke badan air melalui fasilitas pembuangan limbah industri. Mn tidak hanya mencemari air permukaan tetapi juga mampu menembus kedalam airtanah hingga 0,114 ton. Dari ketiga sumber tersebut memenuhi syarat sebagai penyebab potensial pencemaran logam Mangan dalam air tanah, khususnya air tanah dalam air sumur warga sekitar TPA Piyungan.

4.5.3 Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb)

Logam berat Timbal secara alami dapat masuk ke dalam perairan dan

dapat berdampak pada aktivitas manusia. Timbal masuk ke dalam badan air melalui proses pengkristalan yang terjadi di udara dengan bantuan air hujan (Heryando, 2008). Dalam sampah kandungan Timbal banyak berasal dari aki dan baterai bekas.

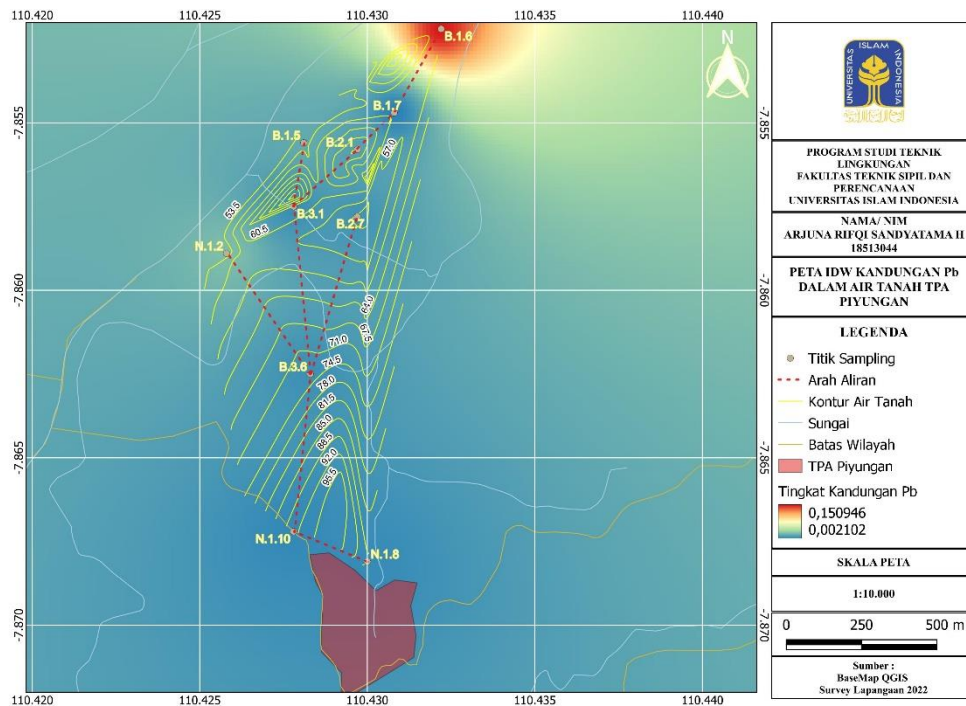
Jalur masuk Timbal ke dalam air sumur disebabkan dari air lindi sampah TPA dan merembes masuk ke dalam tanah mencemari air tanah sumur warga, pencemaran Pb juga berasal dari berbagai sumber lain seperti cat yang mengandung timbal, pipa, dan emisi residu kendaraan bermotor (Charlena, 2004).

Tabel 4.5 Kandungan Pb Dalam Air Tanah

No	Kode Sumur	Kadar Logam (Pb)	Permenkes No 32 tahun 2017
1	N.1.2	0,027	0,05
2	N.1.8	0,006	0,05
3	N.1.10	0,005	0,05
4	B.1.5	0,019	0,05
5	B.1.6	0,151	0,05
6	B.1.7	0,002	0,05
7	B.2.1	0,015	0,05
8	B.2.7	0,009	0,05
9	B.3.1	0,007	0,05
10	B.3.6	0,008	0,05

Dilihat dari Tabel 4.5 kandungan logam berat Timbal di air sumur warga sekitar TPA Piyungan berkisar antara 0,002 mg/L – 0,15 mg/L. Kandungan Timbal terbesar terdapat pada sumur B.1.6 dan terkecil pada sumur B.1.7.

Apabila kandungan Timbal tersebut dibandingkan dengan baku mutu Permenkes No 32 tahun 2017 kandungan Timbal yang terkandung pada sumur B.1.6 melebihi baku mutu, sehingga berbahaya bagi kesehatan apabila dikonsumsi secara terus - menerus dapat menyebabkan berbagai penyakit seperti gejala gangguan saraf perifer, anemia, gangguan ensefalopati, dan masih banyak gangguan kesehatan lain.



Gambar 4.7 Peta IDW Kandungan Logam Berat Pb

Pada Gambar 4.7 dapat dilihat kandungan terbesar terdapat pada titik sumur dengan kode B.1.6 dengan besar kandungan 0,15 mg/L. Dapat dilihat pula arah aliran air tanah mengalir dari kontur tertinggi menuju kontur air tanah terendah.

Kandungan Pb tertinggi yang berada di titik sumur dengan kode B.1.6 disebabkan karena titik sumur tersebut merupakan titik terdekat dengan jalan raya yang banyak dilalui kendaraan sehingga paling banyak menerima emisi residu kendaraan bermotor yang melintas sepanjang jalan raya. Dugaan tersebut diperkuat dengan pengamatan peneliti, (Suhendrayatna, 2007) sumber logam timbal utama berasal dari komponen gugus alkil yang digunakan sebagai bahan additive bensin, makanan dan minuman. Komponen ini beracun dan dapat mempengaruhi kesehatan sistem saraf, mempengaruhi kerja ginjal, hematologi, dan hematotoksid.

4.6 Analisis Risiko Kesehatan

4.6.1 Data Hasil Kuesioner

Data hasil kuesioner didapat dari hasil wawancara yakni identitas

antropometri dan sosio-demografi. Jumlah jiwa tiap rumah pengguna sumur rata-rata adalah 3-7 jiwa.

4.6.1.1 Usia Responden

Usia responden didapat dari hasil wawancara terhadap setiap rumah pengguna sumur di 4 dusun. Usia responden ditentukan berdasarkan dari kelahiran sampai tahun dilaksanakan penelitian dengan satuan per satu tahun. Berikut merupakan data umur tiap anggota keluarga pengguna sumur yang didapatkan dari hasil wawancara :

Tabel 4.6 Usia Responden

Kode sumur	Kode Responden	Umur (Tahun)
N.1.2	Dewasa 1	36
	Dewasa 2	34
	Anak 1	14
N.1.8	Dewasa 1	35
	Dewasa 2	30
	Dewasa 3	32
	Dewasa 4	35
	Dewasa 5	36
N.1.10	Dewasa 1	44
	Dewasa 2	40
	Anak 1	20
	Anak 2	16
B.1.5	Dewasa 1	65
	Dewasa 2	38
B.1.6	Dewasa 1	56
	Dewasa 2	52
	Anak 1	26
B.1.7	Dewasa 1	54
	Dewasa 2	50
	Dewasa 3	34
	Dewasa 4	30
	Anak 1	22
	Anak 2	19
	Anak 3	15
B.2.1	Lansia 1	87

Kode sumur	Kode Responden	Umur (Tahun)
	Dewasa 1	60
	Dewasa 2	54
	Dewasa 3	57
	Dewasa 4	55
	Anak 1	20
	Anak 2	17
B.2.7	Dewasa 1	59
	Dewasa 2	56
	Dewasa 3	40
	Dewasa 4	36
	Dewasa 5	37
B.3.1	-	-
B.3.6	Lansia 1	85
	Dewasa 1	60
	Dewasa 2	58
	Anak 1	25

4.6.1.2 Berat Badan Responden

Berat badan responden didapat dari hasil wawancara terhadap setiap rumah pengguna sumur di 4 dusun. Berat badan responden didapatkan dengan pengukuran langsung dengan menggunakan timbangan, berat badan yang digunakan menggunakan satuan kilogram (kg). Berikut merupakan data berat badan tiap anggota keluarga pengguna sumur yang didapatkan dari hasil pengukuran langsung :

Tabel 4.7 Berat Badan Responden

Kode sumur	Kode Responden	Wb (Berat badan Kg)
N.1.2	Dewasa 1	65
	Dewasa 2	70
	Anak 1	45
N.1.8	Dewasa 1	70
	Dewasa 2	70
	Dewasa 3	68
	Dewasa 4	58

Kode sumur	Kode Responden	Wb (Berat badan Kg)
	Dewasa 5	72
N.1.10	Dewasa 1	53
	Dewasa 2	50
	Anak 1	40
	Anak 2	42
B.1.5	Dewasa 1	43
	Dewasa 2	50
B.1.6	Dewasa 1	52
	Dewasa 2	46
	Anak 1	50
B.1.7	Dewasa 1	75
	Dewasa 2	70
	Dewasa 3	68
	Dewasa 4	58
	Anak 1	72
	Anak 2	58
	Anak 3	72
B.2.1	Lansia 1	54
	Dewasa 1	70
	Dewasa 2	68
	Dewasa 3	71
	Dewasa 4	72
	Anak 1	58
	Anak 2	55
B.2.7	Dewasa 1	75
	Dewasa 2	70
	Dewasa 3	68
	Dewasa 4	58
	Dewasa 5	72
B.3.1	-	-
B.3.6	Lansia 1	54
	Dewasa 1	70
	Dewasa 2	68
	Anak 1	64

4.6.1.3 Jumlah Kebutuhan Air Responden

Jumlah kebutuhan air yang digunakan responden untuk pemenuhan kebutuhan sehari-hari seperti minum, memasak, mencuci, dan mandi didapatkan berdasarkan hasil wawancara langsung dengan

melakukan pengukuran pola aktivitas responden dengan perhitungan satuan liter/hari. Berdasarkan analisa langsung dilapangan didapat kebutuhan air sumur responden sebagai kebutuhan sehari-hari seperti mencuci, mandi, memasak, dan konsumsi yaitu rata-rata 65 l/hari. Sehingga data total nilai kebutuhan air responden tersebut kemudian dimasukkan dalam rumusan penilaian potensi risiko kesehatan (RQ).

4.6.2 Potensi Risiko Paparan dan Efek Kronik

Konsentrasi tiap logam berat yang telah diketahui dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui potensi risiko paparan melalui oral beserta efek kroniknya pada tiap titik sumur. Analisis risiko dan paparan logam berat akibat dari mengkonsumsi air sumur dilakukan berdasarkan metodologi USEPA. Tingkat toksisitas logam terhadap kesehatan manusia secara langsung berhubungan dengan asupan air minum setiap hari.

Berikut merupakan beberapa parameter yang digunakan dalam mengevaluasi nilai I_{nk} melalui oral dengan risiko non karsinogenik dan karsinogenik, asumsi data yang digunakan bersumber dari USEPA, 2011.

Tabel 4.8 Parameter Model Penilaian Risiko Kesehatan Air Tanah

Parameter	Keterangan	Satuan	Dewasa	Anak
I	Asupan harian melalui air minum	mg/kg.d	-	-
C	Konsentrasi	mg/l	-	-
IR	Laju konsumsi	L/hari	2	1
AT*	Periode waktu rata-rata	Hari	(ED x 365)	(ED x 365)
AT**	Periode waktu rata-rata	Hari	(70 x 365)	(70 x 365)
EF	Frekuensi paparan	Hari/tahun	350	350
ED	Durasi paparan	Tahun	30	6
BW	Berat badan	Kg	55	15

* Non karsinogenik

** Karsinogenik

Sumber: USEPA, 2011

4.6.2.1 Karakteristik Risiko

Untuk memperkirakan dosis paparan manusia melalui oral (air minum) terhadap logam berat dibutuhkan nilai dosis paparan harian rata-rata melalui oral (air minum). Adapun persamaan yang digunakan diadaptasi dari USEPA, 2011.

$$I_{nk} = \frac{C \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

Tabel 4.9 Hasil Analisis Intake Oral Efek Non Karsinogenik

Kode Sumur	Usia	Intake Pemajanan (I_{oral})		
		Cr	Mn	Pb
N.1.2	Anak	0,0006	0,0006	0,0006
	Dewasa	0,0002	0,0002	0,0002
N.1.8	Anak	-	-	-
	Dewasa	0,0077	0,0077	0,0077
N.1.10	Anak	0,0071	0,0071	0,0071
	Dewasa	0,0024	0,0024	0,0024
B.1.5	Anak	-	-	-
	Dewasa	0,0015	0,0015	0,0015
B.1.6	Anak	0,0015	0,0015	0,0015
	Dewasa	0,0007	0,0007	0,0007
B.1.7	Anak	0,0007	0,0007	0,0007
	Dewasa	0,0003	0,0003	0,0003
B.2.1	Anak	0,0068	0,0068	0,0068
	Dewasa	0,0017	0,0017	0,0017
B.2.7	Anak	-	-	-
	Dewasa	0,0029	0,0029	0,0029
B.3.1	Anak	-	-	-
	Dewasa	-	-	-
B.3.6	Anak	0,0003	0,0003	0,0003
	Dewasa	0,0002	0,0002	0,0002

4.6.2.2 Risiko Non-karsinogenik

Karakteristik risiko efek non karsinogenik diketahui dengan

mencari nilai RfD (*Reference Dose*). RfD mengacu pada dosis referensi oral berikut adalah nilai RfD logam berat Cr, Mn, dan Pb sesuai dengan (USEPA, 2011) :

Tabel 4.10 Nilai RfD Tiap Logam Berat

Logam Berat	RfD
Cr	0,003
Mn	0,14
Pb	0,004

Untuk mendapatkan nilai risiko non karsinogenik digunakan karakteristik risiko non karsinogenik yang dikalkulasi menggunakan persamaan berikut.

$$RQ = \frac{I_{nk}}{RfD}$$

Tabel 4.11 Hasil Nilai Karakterisasi Risiko (RQ) Efek Non Karsinogenik

Kode Sumur	Usia	Karakterisasi Risiko (RQ)		
		Cr	Mn	Pb
N.1.2	Anak	0,190	0,004	0,143
	Dewasa	0,051	0,001	0,038
N.1.8	Anak	-	-	-
	Dewasa	2,557	0,055	1,918
N.1.10	Anak	0,847	0,050	0,794
	Dewasa	0,803	0,017	0,602
B.1.5	Anak	-	-	-
	Dewasa	0,496	0,011	0,372
B.1.6	Anak	0,500	0,011	0,375
	Dewasa	0,247	0,005	0,185
B.1.7	Anak	0,226	0,005	0,170
	Dewasa	0,100	0,002	0,075
B.2.1	Anak	0,835	0,048	1,693
	Dewasa	0,552	0,012	0,414
B.2.7	Anak	0,000	-	-

Kode Sumur	Usia	Karakterisasi Risiko (RQ)		
		Cr	Mn	Pb
	Dewasa	0,963	0,021	0,722
B.3.1	Anak	-	-	-
	Dewasa	-	-	-
B.3.6	Anak	0,088	0,002	0,066
	Dewasa	0,072	0,002	0,054

Seperti terlihat pada Tabel 4. 11 data nilai RQ pada logam berat Cr, Mn, dan Pb hanya pada titik N.1.8 yang melebihi ambang batas ($RQ < 1$) pada semua kategori untuk orang dewasa maupun anak-anak. Hal tersebut menunjukkan bahwa tingkat asupan harian dari ketiga logam tersebut aman pada titik sumur lainnya, sehingga tidak beresiko untuk frekuensi pajanan 350 hari/tahun hingga 70 tahun pada orang dewasa dan aman serta tidak beresiko untuk frekuensi pajanan 350 hari/tahun hingga 6 tahun pada anak-anak. Tetapi walaupun menunjukkan nilai $RQ < 1$ pada hampir keseluruhan titik sumur, namun hal ini tetap dapat mengancam manusia apabila terakumulasi dalam tubuh.

Sedangkan pada titik N.1.8 nilai RQ melebihi ambang batas ($RQ > 1$). Hal ini menunjukkan bahwa tingkat asupan harian pada titik tersebut tidak aman untuk frekuensi pajanan 350 hari/tahun hingga 30 tahun pada orang dewasa. Nilai RQ pada titik N.1.8 melebihi ambang batas dikarenakan titik tersebut merupakan titik terdekat dengan TPA sehingga berbahaya apabila air sumur tersebut dikonsumsi langsung dan dipergunakan untuk kebutuhan sehari-hari warga. Hal tersebut didukung dengan penelitian oleh Taufik Ashar, 2007 yang menganalisis risiko asupan oral pajanan mangan dalam air terhadap kesehatan masyarakat yang tinggal di TPA Rawakucing Tangerang, Banten, bahwa responden yang tinggal dekat dengan TPA mempunyai peluang 8,109 kali beresiko akan mengalami gangguan kesehatan akibat dari mengkonsumsi mangan yang terkandung dalam air

dibandingkan dengan responden yang tinggal jauh atau diluar dari lokasi TPA.

4.6.2.3 Risiko Karsinogenik

Risiko Karsinogenik mengacu pada risiko dimana seseorang dapat berpotensi terkena kanker selama hidupnya ketika mengkonsumsi atau terkena dengan polutan yang berpotensi karsinogenik. Untuk menentukan tingkat risiko karsinogenik dibutuhkan nilai ECR (*Excess Cancer Risk*). Persamaan untuk menghitung nilai ECR adalah sebagai berikut.

$$ECR = I \times SF$$

Pada perhitungan risiko karsinogenik, diperlukan nilai SF (*Slope Factor*). Dari ketiga parameter logam ini, SF oral hanya tersedia untuk parameter Pb, karena dianggap sebagai kontaminan karsinogenik oleh *the International Agency for Research on Cancer* (IARC, 2011). Sf ini digunakan untuk mengestimasi risiko kanker dengan paparan zat karsinogenik. Nilai SF didapatkan dari USEPA, 2011, berikut merupakan nilai SF pada tiap parameter logam berat.

Tabel 4.12 Nilai SF pada Setiap Parameter

Logam Berat	SF
Cr	-
Mn	-
Pb	0,0085

Berikut merupakan hasil perhitungan nilai ECR setelah diketahui nilai SF.

Tabel 4.13 Hasil Intake Oral (I) dan ECR Pb

Kode Sumur	Usia	I _{oral}	ERC
		Pb	Pb
N.1.2	Anak	0,0006	4,85481E-06
	Dewasa	0,0002	1,29639E-06

Kode Sumur	Usia	I _{oral}	ERC
		Pb	Pb
N.1.8	Anak	-	-
	Dewasa	0,0077	6,52045E-05
N.1.10	Anak	0,0071	5,99869E-05
	Dewasa	0,0024	2,04723E-05
B.1.5	Anak	-	-
	Dewasa	0,0015	1,26514E-05
B.1.6	Anak	0,0015	1,2761E-05
	Dewasa	0,0007	6,29317E-06
B.1.7	Anak	0,0007	5,76677E-06
	Dewasa	0,0003	2,5434E-06
B.2.1	Anak	0,0068	5,75739E-05
	Dewasa	0,0017	1,40754E-05
B.2.7	Anak	-	-
	Dewasa	0,0029	2,45461E-05
B.3.1	Anak	-	-
	Dewasa	-	-
B.3.6	Anak	0,0003	2,24239E-06
	Dewasa	0,0002	1,82677E-06

Hasil perhitungan ECR dikatakan aman apabila $ECR \leq E-4$ (10^{-4}) (Kemenkes, 2012). Dari hasil perhitungan risiko karsinogenik diatas menunjukkan bahwa untuk pajanan (oral) Pb pada konsentrasi semua kategori untuk usia dewasa dan anak yang telah terpajan selama 350 hari/tahun serta selama 30 tahun (dewasa) dan 6 tahun (anak) dikethai aman dan tidak beresiko karsinogenik.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

- 1) Dalam air sumur warga sekitar TPA Piyungan terbukti terkandung logam berat, baik yang masih dibawah angka baku mutu dan masih ada yang melebihi angka baku mutu. Rata-rata konsentrasi logam berat yang teridentifikasi antara lain Kromium (Cr) sebesar 0,0026 mg/L, Mangan (Mn) sebesar 0,097 mg/L, dan Timbal (Pb) 0,025 mg/L.
- 2) Aliran air tanah pada sekitar kawasan TPA Piyungan mengarah dominan ke arah utara dan bergerak sesuai searah dengan gaya gravitasi.
- 3) Berdasarkan dari peta pola aliran air tanah dan peta kontur air tanah menggunakan *Inverse Distance Weighted Interpolation* (IDW) menunjukkan bahwa elevasi TPA memiliki ketinggian yang lebih tinggi dibandingkan dengan elevasi titik-titik sampel air sumur warga. Hal tersebut berdampak mencemari air sumur warga akibat kandungan logam berat yang berasal dari sampah TPA.

5.2 Saran

- 1) Diperlukan tindakan lebih lanjut oleh pemerintah daerah setempat terkait pencemaran air tanah di kawasan TPA Piyungan yang tercemar oleh logam berat dan sebagian masyarakat masih menggunakan air sumur untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga sehari-hari.
- 2) Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menganalisis tingkat risiko pencemaran lingkungan bagi warga sekitar TPA Piyungan yang masih memanfaatkan air tanah untuk kehidupan rumah tangga sehari-hari.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Azrul, Azwar. 1983. *Pengantar Ilmu Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Mutiara.
- Budihardjo MA, Nugraheni AS. *Analysis of Groundwater Quality Surrounding Municipal Solid Waste Landfill : Banyuurip Landfill, Magelang, Indonesia*. IJCAET ISAMPE 2017. 2018;1031.
- Custodio, E. 2005. *Coastal Aquifer as Important Natural Hydrogeological Structures*. Leiden : A.A. Balkema Publisher.
- Chapman. D. 2000. *Water quality assesment- A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring-second edition*. : Cambridge University Press : Inggris.
- Damanhuri, E. 1996. *Teknik Pembuangan Akhir Sampah*. Jurnal Teknik Lingkungan ITB.
- Farhan Senoaji dan Surya Budi Lesmana. 2021. *Analisis Pola Sebaran Kualitas Air Sumur di Kawasan TPST Piyungan*. Jurnal Semesta Teknika Vol. 24 No.1, 62-68, Mei 2021.
- Febriana, L. 2014 . *Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik*. Jurnal Teknologi. Volume 7. Halaman 37.
- IARC. 2011. *Agents classified by the IARC monographs*. In Oxford Handbook of Occupational Health; OUP Oxford: Oxford, UK
- Ir. Wanny Adidarma Dipl.H. 1983. *Mengenal Dasar-dasar Hidrologi*. Bandung: Penerbit NOVA.
- Iskandarsyah, T. 2008. *Aplikasi Geologi Tata Lingkungan untuk Daerah Pertambangan*. Bandung: Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran.

- Kamrin, M. A. (2009). *Phthalate risks, phthalate regulation, and public health: a review*. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 12(2), 157-174.
- Kasam, I. (2011). *Analisis Resiko Lingkungan pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah (Studi Kasus: TPA Piyungan Bantul)*. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 3(1), 19-30.
- Menteri Kesehatan, 2010. *Persyaratan Kualitas Air Minum*. Jakarta.
- Munawaroh, 2010. *Laporan Praktikum Geohidrologi*. Yogyakarta: Lab. Hidrologi dan Kualitas Air F. Geografi Universitas Gadjah Mada.
- NCGIA. 2007. *Interpolation: Inverse Distance Weighting*. <http://www.ncgia.ucsb.edu/pubs/spherekit/inverse.html>. 13 Maret 2018. 17.56 WIB.
- Oktaria. D, 2012. *Studi Pengelolaan Persampahan Permukiman Formal dan Informal di Kota Depok, Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota B SAPPK VAN Vol (2): 1-13*.
- Pemerintah Republik Indonesia, 2001. *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta.
- Rezky Dwi Satria, Isna Apriani dan Kiki Prio Utomo, 2015. *Analisis Kandungan Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Di TPA Rasau Jaya Kabupaten Kubu Raya*. Program Studi Teknik Lingkungan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak
- Ramos, 2010. *A Comparizon of Spatial Interpolation Methods for Estimation of Average Electromagnetic Field Magnitude Progress in Elegtromagnetic Research*. Volume 7. Page 135-145.
- Sholehudin M, Susanto BH, Adriyani R, Laksono D. *Heavy Metals Contamination in Groundwater Around Sidoarjo Mud Vulcano Area , East Java Indonesia*.

Malaysian J Med Heal Sci. 2019;15(Supplement 3):86–9.

Suhendrayatna. (2007). *Teknologi Pengolahan Limbah, Bahan Beracun Berbahaya (B3)*, Perpustakaan Nasional, Syiah Kuala, Banda Aceh.

Supriyantini, E., dan Endrawati, H. 2015. *Kandungan logam berat besi (Fe) pada air, sedimen, dan kerang hijau (Perna viridis) di Perairan Tanjung Emas Semarang*. Jurnal Kelautan Tropis, 18(1).

Suryono, C. A. 2016. *Akumulasi Logam Berat Cr, Pb dan Cu dalam Sedimen dan Hubungannya dengan Organisme Dasar di Perairan Tugu Semarang*. Jurnal Kelautan Tropis, 19(2), 143-149.

Suyani, H., dan Alif, A. 2015. *Analisis Sebaran Logam Berat Pada Aliran Air Dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Air Dingin*. Jurnal Riset Kimia, 8(2), 101.

Taufik Ashar. 2007. *Analisis Risiko Asupan Oral Paparan Mangan dalam Air terhadap Kesehatan Masyarakat*. Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional Vol. 2, No. 3, Desember 2007.

Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Penerbit: Beta Offset, Yogyakarta.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2011. *Exposure factors handbook 2011 edition (Final report)*. Washington (DC): USEPA. <http://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deidD236252>.

World Health Organization. *Concise International Chemical Assessment Document 63 Manganese and Its Compounds : Environmental Aspects*. Geneva: WHO Press; 2004.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

RIWAYAT HIDUP

ARJUNA RIFQI SANDYATAMA HIBATULLAH, Dilahirkan di Kabupaten Grobogan, 24 Juli 2000. Anak pertama dari dua bersaudara pasangan dari Sapta Budi Santoso dan Ida Rahmawati Dian Mursidah. Peneliti menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar Swasta pada tahun 2012. Pada tahun itu juga peneliti melanjutkan Pendidikan di SMP Negeri 1 Purwodadi dan tamat pada tahun 2015 kemudian melanjutkan Sekolah Menengah 1 Purwodadi dan tamat pada tahun 2018. Pada tahun 2018 peneliti melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi swasta, tepatnya di Universitas Islam Indonesia Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan pada Program Studi Teknik Lingkungan. Peneliti menyelesaikan kuliah strata satu (S1) pada tahun 2022.

