



JURUSAN  
TEKNIK LINGKUNGAN

## **TUGAS AKHIR**

### **Analisis Kualitas Air Tanah Di Kawasan Kota Jogja Berdasarkan Parameter Fluoride**

**Almas Dwika Handi**

**18513120**

**Dosen Pembimbing:**

**Dhandhun Wacano S.Si., M.Sc., Ph.D.**

**Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.**

**Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana**

**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**

**Universitas Islam Indonesia**

**2025**


**LEMBAR PENGESAHAN**  
**TUGAS AKHIR**

**Analisis Kualitas Air Tanah Di Kawasan Kota Jogja Berdasarkan  
Parameter Fluoride**

Tugas akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

**Almas Dwika Handi**  
**18513120**

Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal 11 Agustus 2025 dan disetujui oleh:

  
25 Agustus 2025

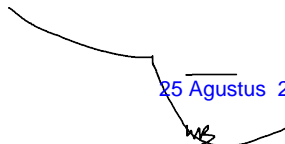
Dhandhun Wacano S.Si., M.Sc., Ph.D.

(Pembimbing 1)



Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.

(Pembimbing 2)

  
25 Agustus 2025

Prof. Dr.-Ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc., I.P.M., ASEAN Eng.

(Penguji)

Mengetahui,  
Ketua Prodi Teknik Lingkungan Program Sarjana

  
Any Juliani, S.T., M.Sc.(Res.Eng.), Ph.D.

## PERNYATAAN

Saya, penyusun tugas akhir ini, 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 merupakan gagasan, rumusan, dan studi 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. Perangkat lunak atau program komputer yang digunakan dalam tugas akhir ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya. Bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Tidak ada penggunaan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*, AI) dalam penyusunan karya tugas akhir ini kecuali:
  - a. untuk membantu dalam kadar yang wajar (seperti membantu mengoreksi, mencari ide, dan mencari referensi), dan
  - b. tercantum dan dijelaskan perihal penggunaannya secara eksplisit di dalam karya tugas akhir ini.Implikasi dari penggunaan AI tersebut menjadi tanggung jawab saya sepenuhnya.
6. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 24 Juli 2025

Yang membuat pernyataan,



Almas Dwika Handi  
18513120

## **PRAKATA**

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis memiliki kesempatan untuk menyelesaikan penelitian tugas akhir yang berjudul “Analisis Kualitas Air Tanah Di Kawasan Kota Jogja Berdasarkan Parameter Fluoride” dengan baik. Pada kesempatan kali ini, saya sebagai penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak – pihak yang telah membantu, mendukung, serta mendoakan saya dalam penyusunan tugas akhir ini, yakni kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa melimpahkan nikmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ayah dan Ibu selaku orang tua hebat dan tangguh yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang, nasehat, serta doa yang tak pernah putus sehingga penulis selalu bersyukur telah memiliki keluarga yang luar biasa.
3. Bapak Dhandhun Wacano S.Si., M.Sc., Ph.D. dan Ibu Puji Lestari S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang selalu membimbing dan memberikan arahan dan semangat serta kritik, saran, dan penilaian sejak penulisan proposal tugas akhir hingga tugas akhir ini selesai.
4. Dosen dan pengajar yang tidak dapat disebutkan semuanya selama ini telah memberikan ilmu maupun fasilitas yang sangat bermanfaat selama proses menempuh pendidikan.
5. Keluarga besar Teknik Lingkungan angkatan 2018 dan sahabat-sahabat penulis.

Penulis sadar bahwa tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Terlepas dari hal tersebut, penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk pembaca dan penelitian selanjutnya. Kritik dan saran yang membangun penulis sangat dibutuhkan agar tugas akhir ini menjadi lebih baik. Akhir kata, penulis meminta maaf sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang dirugikan oleh penulis akibat ucapan maupun

perbuatan penulis yang kurang berkenan secara langsung maupun tidak langsung.

Sleman, 24 Juli 2025

Almas Dwika Handi

## **Analisis Kualitas Air Tanah Di Kawasan Kota Jogja Berdasarkan Parameter Fluoride**

Mahasiswa : Almas Dwika Handi  
NIM : 18513120  
Program Studi : Teknik Lingkungan - Program Sarjana  
Pembimbing : Dhandhun Wacano S.Si., M.Sc., Ph.D.

### **Abstrak**

Fluoride merupakan unsur alami dalam air tanah yang dapat menimbulkan risiko kesehatan apabila kadarnya melebihi ambang batas. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kualitas air tanah di Kota Yogyakarta berdasarkan kandungan fluoride, menganalisis pola sebarannya secara spasial, serta mengidentifikasi potensi sumber pencemarannya. Data sekunder tahun 2020–2024 dianalisis menggunakan statistik deskriptif, korelasi bivariat dan multivariat, serta pemetaan spasial dengan QGIS. Parameter pendukung meliputi pH, TDS, dan kekeruhan. Hasil menunjukkan sebagian besar sampel memiliki kadar fluoride di bawah ambang batas (1,5 mg/L), meskipun ada beberapa titik melebihi batas. Pola spasial menunjukkan konsentrasi fluoride tinggi terkonsentrasi di wilayah utara kota, diduga dipengaruhi oleh kondisi geologi dan aktivitas antropogenik. Korelasi dengan parameter lain umumnya lemah. Temuan ini menekankan pentingnya pemantauan berkala dan pengelolaan air tanah yang tepat.

Kata kunci: *fluoride*, airtanah, analisis spasial, kualitas air

## ***Groundwater Quality Assessment in the Urban Area of Yogyakarta Based on Fluoride Parameters***

*Student* : Almas Dwika Handi  
*Student Number* : 18513120  
*Study Program* : Environmental Engineering – Bachelor Program  
*Supervisor* : Dhandhun Wacano S.Si., M.Sc., Ph.D.

### ***Abstract***

*Fluoride is a naturally occurring element in groundwater that can pose health risks when present in excessive concentrations. This study aims to assess groundwater quality in Yogyakarta City based on fluoride levels, analyze its spatial distribution, and identify potential contamination sources. Secondary data from 2020 to 2024 were analyzed using descriptive statistics, bivariate and multivariate correlations, and spatial mapping with QGIS. Supporting parameters include pH, TDS, and turbidity. Most samples had fluoride levels below the threshold (1.5 mg/L), although there are several points exceeded the limit. Spatial analysis showed that high fluoride concentrations were clustered in the northern part of the city, likely due to geological conditions and human activity. Correlations with other parameters were generally weak. These findings highlight the need for regular monitoring and proper groundwater management.*

*Key words: fluoride, groundwater, spatial analysis, water quality,*

## DAFTAR ISI

PRAKATA	i
Abstrak	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	10
1.1 Latar Belakang	10
1.2 Perumusan Masalah	11
1.3 Tujuan Penelitian	12
1.4 Manfaat Penelitian	12
1.5 Ruang Lingkup	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	14
2.1 Gambaran Umum Kota Yogyakarta	14
2.2 Pengertian Air Tanah	15
2.3 Kualitas Air	16
2.4 Tata Guna Lahan	21
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Kerangka Studi/ Penelitian/Perencanaan	23
3.2 Pengumpulan Data	24
3.3 Analisis Data	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Karakteristik Statistik Parameter	28
4.2 Analisis Bivariate dan Multivariate	29
4.3 Pola Sebaran Spasial Parameter	44
4.4 Analisis Trend Kualitas Air Tanah Temporal	50
BAB V PENUTUP	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57

DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	62
1. Data statistik tahun 2020	62
RIWAYAT HIDUP	1

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2. 1 Konsentrasi Baku Mutu Kimia Pada Air .....	20
Tabel 4. 1 Statistik Deskriptif .....	28
Tabel 4. 2 Korelasi Pearson Tahun 2020 .....	39
Tabel 4. 3 Korelasi Pearson Tahun 2021 .....	40
Tabel 4. 4 Korelasi Pearson Tahun 2022 .....	41
Tabel 4. 5 Korelasi Pearson Tahun 2023 .....	43

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta Administasi Kota Yogyakarta .....	15
Gambar 2. 2 Peta Tata Guna Lahan Wilayah Kota Yogyakarta .....	22
Gambar 3. 1 Peta Administrasi Kota Yogyakarta.....	23
Gambar 3. 2 Diagram Alir .....	24
Gambar 4. 1 Flourida vs pH tahun 2020 .....	30
Gambar 4. 2 Flourida vs Turbidity tahun 2020.....	30
Gambar 4. 3 Flourida vs TDS tahun 2020 .....	31
Gambar 4. 4 Flourida vs TDS tahun 2021 .....	32
Gambar 4. 5 Flourida vs Turbidity tahun 2021 .....	33
Gambar 4. 6 Flourida vs pH tahun 2021 .....	33
Gambar 4. 7 Flourida vs TDS tahun 2022 .....	34
Gambar 4. 8 Flourida vs pH tahun 2022 .....	35
Gambar 4. 9 Flourida vs Turbidity tahun 2022.....	35
Gambar 4. 10 Flourida vs TDS tahun 2023 .....	36
Gambar 4. 11 Flourida vs pH tahun 2023 .....	37
Gambar 4. 12 Flourida vs Turbidity tahun 2023.....	37
Gambar 4. 13 Pola Persebaran pH Air Tanah di Kawasan Kota Yogyakarta.....	45
Gambar 4. 14 Pola Persebaran TDS di Kawasan Kota Yogyakarta.....	46
Gambar 4. 15 Pola Persebaran Fluorida di Kawasan Kota Yogyakarta.....	48
Gambar 4. 16 Pola Persebaran Turbidity di Kawasan Kota Yogyakarta.....	49
Gambar 4. 17 Fluoride .....	51
Gambar 4. 18 pH.....	52
Gambar 4. 19 TDS .....	53
Gambar 4. 20 Turbidity.....	55

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Data statistik tahun 2020.....	62
Data statistik tahun 2021.....	63
Data statistik tahun 2022.....	64
Data statistik tahun 2023.....	68
Data statistik tahun 2024.....	76

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Air merupakan salah satu kebutuhan utama untuk menunjang keberlangsungan seluruh makhluk hidup. Air tawar umumnya berasal dari air permukaan dan air tanah. Menurut Hasan M, (2017) sekitar 97% air tawar di bumi adalah air tanah. Air merupakan kebutuhan primer manusia, sayangnya, meski air relatif melimpah, seringkali masyarakat masih kesulitan mengakses dan memenuhi kebutuhan air dalam kehidupan sehari-hari (Kurniawati et al., 2020). Masalah ini disebabkan oleh faktor alam maupun faktor aktivitas manusia. Penting halnya untuk menganalisa kualitas air tanah, karena merupakan faktor vital untuk mengetahui kondisi dan kandungan air tanah agar bisa dimanfaatkan untuk menunjang kehidupan (Zahra et al., 2021).

Air tanah yang tercemar suatu polutan, dapat berbahaya untuk kesehatan manusia dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Pencemaran logam berat pada air dapat menimbulkan masalah kesehatan bagi makhluk hidup dan juga lingkungan sekitar (Karamina et al., 2021). Air merupakan salah satu sumber asupan fluorida yang cukup tinggi. Dengan demikian, kadar fluorida dalam air yang digunakan untuk dikonsumsi haruslah diperhatikan agar tidak berlebihan (Wardhana, 2001). Air minum dengan kadar fluorida  $\pm 0,4$  ppm pada daerah tropis sudah dapat menimbulkan fluorosis, terkait dengan konsumsi air yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah beriklim dingin (Astriningrum et al., 2010).

Fluorida merupakan unsur yang paling umum digunakan untuk pencegahan karies gigi, karena beberapa penelitian telah menunjukkan kemampuannya dalam mencegah demineralisasi dan melindungi email gigi (Kumar et al., 2024). Di Indonesia, Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air pada Kamar Kecil, Kolam Renang, dan Pemandian Umum menyebutkan bahwa kadar fluorida dalam air harus  $\leq 1,5$  mg/L. Fluorida yang melebihi nilai maksimum dalam air dapat mengganggu perkembangan kognitif anak jika dikonsumsi. Selain itu, fluorida yang dikonsumsi dalam jumlah cukup dapat mencegah pembentukan

karies, karang gigi, dan gigi berlubang serta memberikan efek positif bagi kesehatan tulang. Penelitian yang dilakukan oleh Aziz dkk, menunjukkan bahwa fluorida pada konsentrasi  $<1,5$  mg/L sangat bermanfaat bagi kesehatan gigi, berbanding terbalik jika fluorida dikonsumsi pada konsentrasi  $>2$  mg/L, dapat menyebabkan karies gigi sedangkan pada konsentrasi 3-6 mg/L dapat merusak struktur tulang.

Salah satu kota di Indonesia yang memiliki perkembangan yang cukup pesat dari segi fisik kota tersebut adalah Yogyakarta (Suprayogi et al., 2019). Kota ini secara geologis merupakan bagian dari cekungan air tanah Yogyakarta-Sleman yang memiliki potensi air tanah dengan kapasitas yang cukup besar. Perubahan penggunaan lahan dari lahan yang belum dikembangkan menjadi lahan yang dapat dibangun di kota Yogyakarta terjadi cukup cepat. Potensi tercemarnya air tanah di kota Yogyakarta sangatlah besar, kualitas air tanah di kota Yogyakarta merupakan yang terburuk se-DIY. Pada kualitas air tanah yang tercemar ini, pencemaran kandungan fluoride bisa menjadi salah satu isu pencemaran air tanah (Kumar et al., 2024).

Kawasan yang padat penduduk terutama di daerah kota merupakan Kawasan vital untuk mengetahui kualitas air tanah di area tersebut, karena penggunaan dan keberadaannya tidak dapat diperkirakan. Air tanah pada kawasan pemukiman, umumnya didapat dari air sumur setempat, penting untuk mengetahui kualitas air tanah yang aman atau mengandung zat tercemar, khususnya kandungan fluoride agar tidak melebihi batas maksimal penggunaan. Pengambilan penelitian di kota Yogyakarta adalah langkah penting untuk memperbaiki kualitas air tanah di kota Yogyakarta. Dengan beberapa pemantauan yang dilakukan, terutama kandungan zat besi di dalam air tanah tersebut. Dengan beberapa data pendukung lainnya yang dibutuhkan untuk penelitian.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang pada penelitian ini didapat rumusan masalah sebagai berikut dibuat sebagai pertanyaan yang hendak dijawab di dalam

penelitian:

- 1) Berapa konsentrasi Fluoride di dalam air tanah di sekitar Kawasan kota Yogyakarta?
- 2) Bagaimana pola sebaran konsentrasi Fluoride pada kualitas air tanah di Kawasan kota Yogyakarta?
- 3) Darimana sumber Fluoride dalam air tanah di Kawasan kota Yogyakarta?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui beberapa poin dibawah ini :

- 1) Mengidentifikasi kadar Fluoride pada kualitas air tanah di Kawasan kota Yogyakarta
- 2) Menganalisis pola persebaran spasial konsentrasi Fluoride pada kualitas air tanah di Kawasan kota Yogyakarta.
- 3) Mengidentifikasi potensi dan sumber pencemaran Fluoride pada air tanah di Kawasan kota Yogyakarta.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

- 1) Bagi peneliti : Penelitian ini sebagai pengembangan kemampuan dan penambahan wawasan mengenai dalam bidang lingkungan dan kualitas air tanah, serta syarat untuk menyelesaikan Pendidikan yang sedang ditempuh.
- 2) Bagi pemerintahan : Memberikan data yang diperlukan untuk pembuatan kebijakan lingkungan dan membantu dalam pengelolaan sumber daya air berkelanjutan dan penanganan lebih lanjut tentang pencemaran besi dalam kualitas air tanah.
- 3) Bagi akademisi : Penelitian ini diharapkan menjadi materi penelitian dan studi kasus yang relevan untuk kegiatan pengajaran, serta membuka peluang untuk penelitian antar institusi Pendidikan terhadap pengelolaan kualitas air tanah.
- 4) Bagi masyarakat : Penelitian ini dapat memberikan informasi yang penting

tentang kualitas air tanah yang dikonsumsi masyarakat dan menyadarkan masyarakat dalam berpartisipasi untuk mengurangi pencemaran kualitas air tanah yang dapat mengakibatkan masalah Kesehatan dan lingkungan.

### **1.5 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

- 1) Lokasi penelitian dilakukan di Kawasan kota Yogyakarta.
- 2) Data kualitas air tanah dengan 1 parameter meliputi parameter Fluoride
- 3) Baku mutu kualitas air tanah pada parameter Fluoride meliputi, TDS, pH, Kekeruhan (Turbidity)
- 4) Koordinat air tanah meliputi sumur di sekitaran kawasan Kota Jogja.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Gambaran Umum Kota Yogyakarta**

Kota Yogyakarta terletak pada provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Kota Yogyakarta merupakan tempat yang berada pada daerah dataran lereng aliran Gunung Merapi yang memiliki kemiringan lahan yang relatif datar pada 0 – 2% dengan ketinggian rata-rata 126 meter dari permukaan laut. Pada buku Kota Yogyakarta dalam Angka 2023, Kota Yogyakarta memiliki luas wilayah sebesar 32,5 km<sup>2</sup>. Kota ini terdiri dari 14 kecamatan dan 45 kelurahan serta memiliki jumlah penduduk sebanyak 373.589 jiwa dengan perbandingan penduduknya yaitu 48,72% jiwa laki-laki serta 51,28% jiwa perempuan. Dalam perbandingan jenis kelamin pada kota ini ialah sebesar 95,01%,. Selain itu untuk penduduk kecamatan yang relatif paling banyak penduduknya ialah Umbulharjo dengan jumlah penduduknya 68.576 jiwa. Berikut merupakan batas wilayah Kota Yogyakarta:

- Bagian utara berbatasan dengan Kabupaten Sleman.
- Bagian timur berbatasan dengan Kabupaten Bantul dan Sleman.
- Bagian selatan berbatasan dengan Kabupaten Bantul.
- Bagian barat berbatasan dengan Kabupaten Bantul dan Sleman.

Berikut Gambar 2.1 Peta Administasi Kota Yogyakarta:



kimia, dan hidrologi air tanah, proses-proses yang memengaruhi pergerakan dan ketersediaannya, pengelolaan sumber daya air tanah, dan dampak interaksi manusia dengan air tanah terhadap lingkungan. Berikut adapun pengertian air tanah menurut beberapa ahli yang sudah banyak dikemukakan, serta mereka dapat memberikan definisi yang sesuai dengan pandangan dan bidang ilmunya masing-masing.

Air tanah adalah air yang berada di dalam tanah. Air tanah dibagi menjadi dua, air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal merupakan air yang berasal dari air hujan yang diikat oleh akar pohon. Air tanah ini terletak tidak jauh dari permukaan tanah serta berada di atas lapisan kedap air (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 Tentang Sumber Daya Air, 2019). Sedangkan air tanah dalam adalah air hujan yang meresap ke dalam tanah lebih dalam lagi melalui proses absorpsi serta filtrasi oleh batuan dan mineral di dalam tanah. Sehingga berdasarkan prosesnya air tanah dalam lebih jernih dari air tanah dangkal (Kumalasari & Satoto, 2012).

Menurut buku Pengelolaan Air Tanah yang disusun oleh Dr. Ir. H. Darwis, M.Sc. air tanah memiliki dua makna, air tanah (*soil water*) yang merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah namun terdapat pada pori-pori dan batuan atau partikel tanah yang berada pada lapisan tanah jenuh (*vadose zone*). Sedangkan air tanah dasar (*ground water*) ialah air yang berada di ruang antara partikel tanah serta rekahan batuan di bawah permukaan tanah yang terletak pada lapisan tanah jenuh (*saturated zone*). Air tanah dasar sendiri merupakan kandungan air yang berada di dalam lapisan tanah jenuh, baik berupa air tanah dangkal maupun air tanah dalam (Darwis, 2018).

### **2.3 Kualitas Air**

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 syarat kualitas air bersih bisa diartikan dengan adanya ketentuan-ketentuan yang biasanya diacukan dalam bentuk pernyataan atau angka yang dapat ditunjukkan oleh persyaratan- persyaratan yang dapat dipenuhi (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, Dan Pemandian Umum, 2017). Sehingga kualitas air dapat diartikan berupa sifat air serta

kandungan makhluk hidup, zat, energi, atau komponenen lain dalam air yang mencakup kualitas fisik, kimia, dan biologis (Effendi, 2003). Standar kualitas air adalah baku mutu yangditetapkan berdasarkan sirat-sifat fisik, kimia, radioaktif maupun bakteriologis yang menunjukkan persyaratan kualitas air tersebut (Slamet, 2009).

### 2.31 Kualitas Fisik

Adapun beberapa syarat-syarat sumber mata air yang bisa digunakan sebagai air bersih menurut Kusnaedi (2010) sebagai berikut:

#### a. Warna dan bau

Warna perairan biasanya dikelompokan menjadi dua yaitu warna sesungguhnya dan warna tampak. Warna sesungguhnya adalah warna yang hanya disebabkan oleh bahan-bahan kimia terlarut. Pada penentuan warna sesungguhnya, bahan-bahan tersuspensi yang dapat menyebabkan kekeruhan dipisahkan terlebih dahulu. Warna tampak adalah warna yang tidak hanya disebabkan oleh bahan terlarut, tetapi juga oleh bahan tersuspensi. Warna perairan ditimbulkan karena adanya bahan organik dan bahan anorganik karena keberadaan plankton, humus, dan ion-ion logam (Effendi, 2003). Berdasarkan Permenkes No.416/Menkes/Per/IX/1990, pembeda antara kualitas air bersih dan air minum adalah standar kualitas setiap parameter fisik, kimia, biologis dan radiologis maksimum yang diperbolehkan Tidak Berbau. Air yang baik memiliki sifat tidak berbau jika dihirup dari jarak jauh ataudekat. Air berbau busuk mengandung bahan organik yang diuraikan oleh mikroorganisme di dalam air.

#### b. Suhu

Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang ketinggian dari permukaan laut, aktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman badan air. Peubahan suhu dan berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Suhu juga sangat berperan mengendalikan kondisi ekosistem perairan. Organisme akuatik memiliki kisaran suhu (batas atas dan bawah) yang disukai pertumbuhannya. Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi, dan volatilisasi. Peningkatan suhu juga menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air, misalnya gas O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>,

N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan sebagainya. Selain itu, peningkatan suhu yang menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air, dan selanjutnya mengakibatkan peningkatan konsumsi oksigen (Effendi, 2003). Suhu merupakan temperatur udara. Temperatur yang tinggi dapat menyebabkan penurunan kadar CO<sub>2</sub> dalam air, kenaikan temperatur juga dapat menguraikan derajat kelarutan mineral sehingga kelarutan besi pada air tinggi (Rachmawati et al., 2024).

c. Kekeruhan dan kecerahan

Kecerahan air tergantung pada warna kekeruhan. Kecerahan merupakan ukuran transparansi perairan. Nilai kecerahan dinyatakan dengan satuan meter. Nilai ini sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca, waktu pengukuran, kekeruhan dan padatan tersuspensi, serta ketelitian orang yang melakukan pengukuran. Pengukuran sebaiknya dilakukan pada saat cuaca cerah. Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat didalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut. Kekeruhan dinyatakan dalam satuan unit turbiditas, yang setara dengan 1 mg/L SiO<sub>2</sub> (Effendi, 2003).

d. Cahaya

Cahaya yang mencapai perairan akan diubah menjadi energy panas. Air memiliki sifat pemanasan yang khas karena memiliki kapasitas panas spesifik yang tinggi. Hal ini berarti bahwa energy yang dibutuhkan untuk 14 meningkatkan suhu air sebesar 10 C lebih besar dari energy yang dibutuhkan untuk meningkatkan suhu materi lain sebesar 10°C. Demikian pula halnya dengan proses penurunan suhu. Oleh karena itu, perairan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menaikkan dan menurunkan suhu, jika dibandingkan dengan daratan. Cahaya merupakan sumber energi utama dalam ekosistem perairan. Di perairan, cahaya memiliki dua fungsi yaitu (Effendi, 2003) :

1. Memanasi air sehingga terjadi perubahan suhu dan berat jenis (densitas) yang akan menyebabkan terjadinya pencampuran massa dan kimia air. Perubahan suhu dapat mempengaruhi penyesuaian perairan sebagai habitat bagi suatu organisme akuatik, dikarenakan setiap organisme akuatik memiliki kisaran suhu minimum dan maksimum bagi kehidupannya.

2. Merupakan proses penting bagi proses fotosintesis algae dan tumbuhan air.

### 2.3.2 Kualitas Kimia

Dilihat dari kualitas kimia, air tergolong baik jika memenuhi persyaratan sebagai berikut :

e. pH yang seimbang

Air tanah dengan pH yang stabil dan berada dalam rentang yang sesuai (biasanya antara 6,5 hingga 8,5) menunjukkan keseimbangan kimia yang baik. pH yang tepat mendukung kelangsungan hidup organisme akuatik dan mengurangi risiko korosi pada infrastruktur air.

f. Oksigen terlarut yang cukup

Kualitas air tanah yang baik ditandai dengan konsentrasi oksigen terlarut yang cukup. Oksigen terlarut diperlukan untuk kehidupan organisme akuatik dan proses oksidasi senyawa organik dan anorganik dalam air (Handoko & Sutrisno, 2021).

g. Fluoride

Fluoride merupakan salah satu unsur anorganik yang secara alami terdapat dalam lingkungan, termasuk dalam sumber air tanah, dan dikenal memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan gigi. Menurut World Health Organization keberadaan fluoride dalam konsentrasi tertentu dapat memberikan efek protektif terhadap karies gigi (World Health Organization, 2017). Namun demikian, kadar fluoride yang melebihi ambang batas justru dapat menimbulkan efek toksik, seperti fluorosis gigi maupun fluorosis tulang. Batas aman konsentrasi fluoride dalam air minum telah ditetapkan oleh

berbagai lembaga internasional dan nasional. WHO merekomendasikan batas maksimum fluoride dalam air minum sebesar 1,5 mg/L. Nilai ini dipertimbangkan berdasarkan keseimbangan antara manfaat protektif terhadap gigi dan risiko efek kesehatan yang merugikan. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 492/MENKES/PER/IV/2010 juga mengadopsi nilai ambang batas tersebut untuk air minum yang layak konsumsi.

h. Kesadahan

Kesadahan adalah sifat air yang disebabkan oleh adanya ion-ion (kation) logam valensi dua (Totok, 2004). Tingginya kesadahan berhubungan dengan garam-garam yang terlarut di dalam air terutama garam Ca dan Mg (Kusnaedi, 2010).

**Tabel 2. 1 Konsentrasi Baku Mutu Kimia Pada Air**

No.	Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu
1.	pH	mg/L	6,5 – 8,5
2.	Besi (Fe)	mg/L	1
3.	Fluorida	mg/L	1,5
4.	Kesadahan ( $CaCO_3$ )	mg/L	500
5.	Mangan	mg/L	0,5
6.	Nitrat	mg/L	10
7.	Nitrit	mg/L	1
8.	Sianida	mg/L	0,1
9.	Deterjen	mg/L	0,05
10.	Pestisida Total	mg/L	0,1
1.	Air Raksa	mg/L	0,001
2.	Arsen	mg/L	0,05
3.	Kadmium	mg/L	0,005
4.	Kromium (valensi 6)	mg/L	0,05
5.	Selenium	mg/L	0,01
6.	Seng	mg/L	15

7.	Sulfat	mg/L	400
8.	Timbal	mg/L	0,05
9.	Benzene	mg/L	0,01
10.	Zat Organik ( $KMNO_3$ )	mg/L	10

Tabel ini menunjukkan parameter konsentrasi baku mutu kimia pada air, parameter ini digunakan untuk meninjau baku mutu pada air bersih.

#### 2.4 Tata Guna Lahan

Berdasarkan Keputusan Daerah No. 2 Tahun 2021, Rencana Tata Ruang Kota Yogyakarta (RTRW) tahun 2021–2041 termasuk dalam uraian ini. Rencana tata ruang menggabungkan kawasan berbasis kegiatan seperti kawasan lindung, pertanian, dan pusat kependudukan dengan pengaturan penggunaan lahan untuk kebutuhan perumahan, industri, dan pariwisata. Mereka juga mengembangkan pusat-pusat kegiatan seperti pusat pemerintahan, komersial, dan pendidikan, serta jaringan infrastruktur seperti transportasi, air bersih, dan listrik. Strategi dan kebijakan pengelolaan tata ruang termasuk mengontrol penggunaan ruang untuk menghindari kepentingan yang bertentangan dan membangun infrastruktur dan ruang publik untuk mendukung pertumbuhan perkotaan (Nandya, 2016).

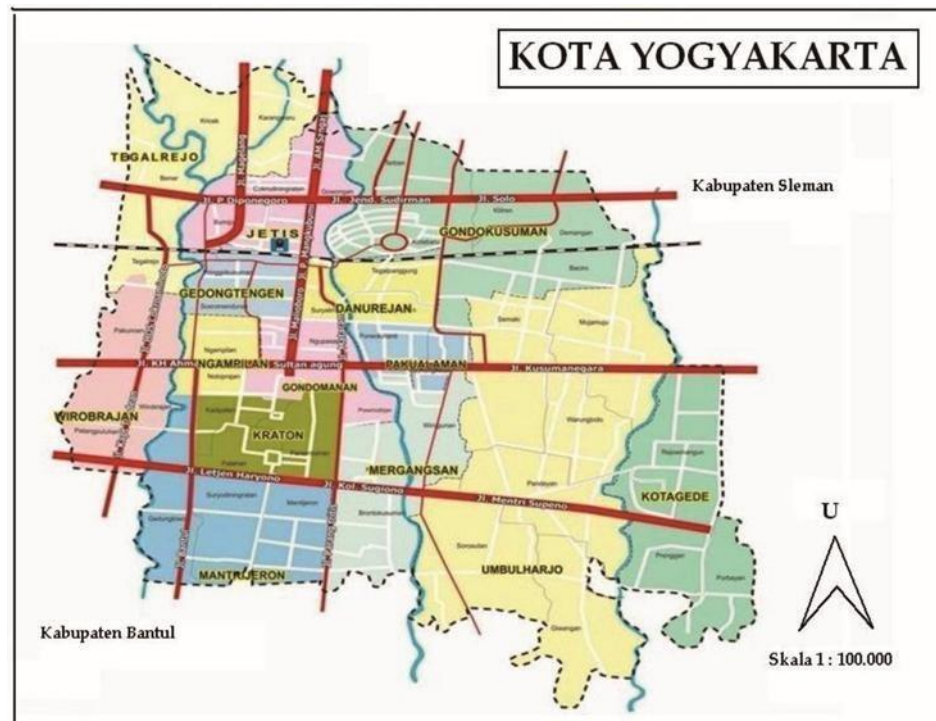
Peta tata guna lahan wilayah kota Yogyakarta dapat dilihat pada gambar 2.2.



## BAB III

### METODE PENELITIAN

Lama penelitian yang dilakukan untuk pengumpulan data, dilakukan dari 24 Februari 2025 – 30 Juli 2025. Lokasi yang telah disepakati yaitu Kota Yogyakarta yang meliputi aktivitas manusia yang menggunakan air tanah pada kebutuhan sehari-harinya dan juga data-data pendukung yang lainnya. Pada gambar 3.1 dapat dilihat peta administrasi Kota Yogyakarta yang akan dilakukan analisis data yang dibutuhkan.

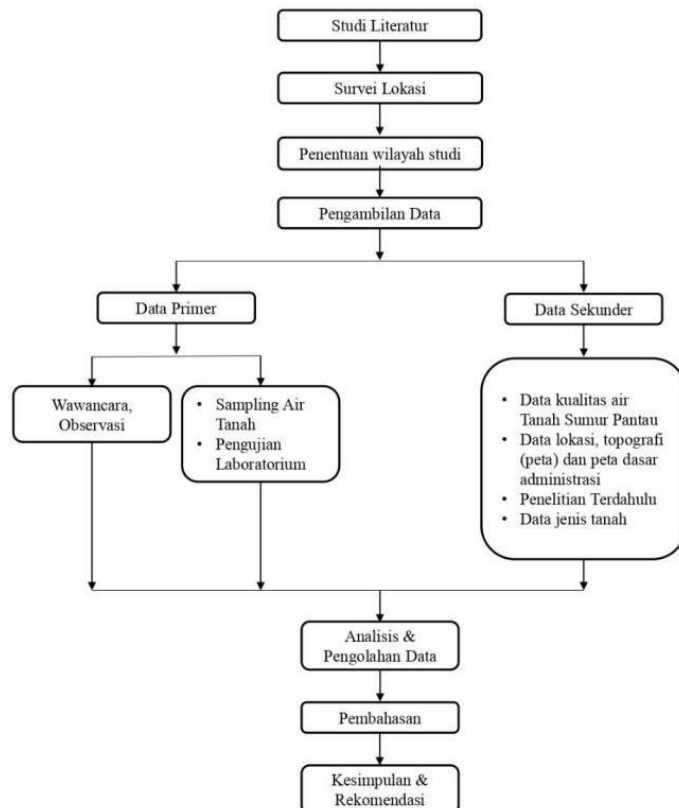


**Gambar 3. 1 Peta Administrasi Kota Yogyakarta**

#### **3.1 Kerangka Studi/Penelitian/Perencanaan**

Penulisan tugas akhir ini menggunakan metode penelitian berupa Studi Pustaka, Studi ini dilakukan dengan cara mencari dan mengumpulkan literatur yang sudah ada untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan untuk merancang

dan menganalisis data yang digunakan untuk merancang tugas akhir ini. Adapun data-data yang menjadi referensi mencakup jurnal, artikel ilmiah, serta referensi lain yang menunjang untuk topik penelitian. Pada gambar 3.2 dibawah ini akan dijelaskan dalam diagram alir.



**Gambar 3. 2 Diagram Alir**

### 3.2 Pengumpulan Data

Pada penelitian yang dilakukan ini, akan menggunakan data sekunder. Data sekunder adalah sumber data yang tidak langsung diterima oleh pengumpul data, didapat dari orang lain atau lewat dokumen lain. Sumber data sekunder akan melengkapi data yang diperlukan untuk penelitian ini. Data sekunder yang akan diambil adalah data-data penggunaan air bersih Kota Yogyakarta yang dibatasi selama 5 tahun ( Tahun 2020, 2021, 2022, 2023, 2024) sebelumnya dari pembuatan

tugas akhir ini. Pengambilan data akan dilakukan dari dokumen-dokumen pemakaian air bersih tiap masyarakat yang diambil dari kantor kelurahan dan data hasil pengambilan sampel fluoride dan kadar yang terkait dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta.

### **3.3 Analisis Data**

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan analisis deskriptif kuantitatif, yaitu berupa deskripsi dan penyajian data yang dikumpulkan. Dalam konteks ini, diperlukan analisis spasial lebih lanjut untuk mengolah data melalui grafik yang dibuat oleh peneliti. Pemetaan kualitas airtanah, khususnya yang menyangkut parameter kimia dengan parameter utamanya fluoride, dilakukan dengan metodologi penelitian kuantitatif setelah menentukan konsentrasi fluoride pada titik pengambilan sampel yang telah ditentukan, kemudian dilakukan plotting berdasarkan kadar konsentrasinya. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari sumber data sekunder, antara lain laporan tahunan Dinas Lingkungan Hidup dan Dinas Kesehatan Kota Yogyakarta, serta penelitian-penelitian terdahulu.

Data yang dikumpulkan meliputi pengukuran kadar fluoride di berbagai titik pengambilan sampel yang tersebar di seluruh Kota Yogyakarta selama beberapa tahun terakhir. Data ini selanjutnya diproses untuk mengidentifikasi pola konsentrasi besi dalam air tanah. Statistik deskriptif kemudian diterapkan untuk memberikan gambaran distribusi kadar fluoride di berbagai lokasi. Hasilnya akan diilustrasikan melalui peta sebaran spasial dan representasi grafis. Peta sebaran akan menunjukkan sebaran spasial kadar fluoride dan parameter lainnya di Kota Yogyakarta, dan juga peta pola sebaran frekuensi konsentrasi fluoride pada airtanah. Penerapan metodologi ini diharapkan dapat memberikan penilaian awal terhadap kualitas air tanah di wilayah Kota Yogyakarta.

QGIS (Quantum GIS) adalah aplikasi lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) yang berfungsi untuk analisis, visualisasi serta pengelolaan data spasial. QGIS menyediakan alat untuk analisis overlay, interpolasi, pemodelan hidrologi, serta analisis jaringan. Algoritma dalam QGIS sering mengacu pada metode GIS

klasik, seperti analisis buffer, spasial join dan kalkulasi centroid. Untuk tugas akhir ini, QGIS digunakan untuk memetakan titik-titik airtanah yang terindikasi adanya parameter fluoride, TDS, pH, dan turbidity (kekeruhan). Untuk titiknya akan tervisualisasi di dalam peta yang akan terlihat beberapa titik-titik fluoride dan parameter lainnya.

Pada tahap awal, dilakukan analisis bivariate untuk mengetahui sejauh mana hubungan antar pasangan variabel terjadi secara individu. Analisis ini dilakukan dengan metode korelasi Pearson apabila data memiliki distribusi normal, sedangkan jika data tidak berdistribusi normal, maka digunakan korelasi Spearman Rank. Sebelumnya, uji normalitas data dilakukan dengan metode Shapiro-Wilk. Setelah mengetahui distribusi data, dilakukan pengujian korelasi antara kadar fluoride terhadap masing-masing parameter (TDS, pH, dan turbidity) secara terpisah. Hasil korelasi dianalisis berdasarkan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) serta tingkat signifikansi statistik ( $p$ -value), untuk menilai kekuatan dan arah hubungan antar variabel. Untuk mendapatkan pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai pengaruh gabungan dari ketiga parameter tersebut terhadap kadar fluoride, dilakukan analisis regresi linear berganda. Tujuan analisis ini adalah mengetahui seberapa besar kontribusi masing-masing variabel bebas (TDS, pH, dan turbidity) dalam mempengaruhi variabel terikat, yaitu fluoride

Visualisasi data dalam bentuk scatter plot dan heatmap digunakan untuk memperkuat interpretasi hasil korelasi, sedangkan residual plot digunakan untuk mengevaluasi kelayakan model regresi yang dibangun. Dengan menggabungkan analisis bivariate dan multivariate tersebut, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang lebih lengkap mengenai hubungan antara fluoride dengan parameter fisikokimia utama dalam air tanah, serta memahami pola distribusi serta faktor-faktor yang memengaruhi kadar fluoride secara statistik.

Dalam penelitian ini, metode analisis korelasi Pearson juga digunakan untuk mengetahui hubungan garis lurus antara kadar fluoride dengan tiga parameter kualitas air tanah, yakni Total Dissolved Solids (TDS), pH, dan turbidity (kekeruhan). Metode ini dipilih karena semua data variabel menunjukkan distribusi

normal berdasarkan hasil uji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk. Analisis korelasi Pearson bertujuan untuk mengukur tingkat kekuatan serta arah hubungan antar variabel numerik. Nilai koefisien korelasi ( $r$ ) berada dalam rentang -1 hingga +1, di mana nilai mendekati +1 menunjukkan hubungan positif yang kuat, nilai mendekati -1 menunjukkan hubungan negatif yang kuat, dan nilai mendekati 0 berarti tidak ada hubungan linier. Proses analisis dilakukan dengan menghitung nilai korelasi antara kadar fluoride dengan masing-masing parameter yaitu TDS, pH, dan turbidity secara terpisah. Setiap nilai koefisien korelasi didampingi nilai  $p$ -value untuk menilai tingkat signifikansi hubungan secara statistik. Korelasi dianggap signifikan jika nilai  $p$  kurang dari 0,05, yang artinya hubungan antar variabel terjadi secara nyata dan bukan kebetulan.

Hasil dari analisis ini kemudian diinterpretasikan untuk mengetahui apakah parameter TDS, pH, dan turbidity memiliki pengaruh nyata terhadap kadar fluoride di dalam air tanah, serta untuk menemukan pola hubungan yang terjadi antar variabel. Untuk memperjelas arah dan kekuatan hubungan linier yang ditemukan, digunakan visualisasi scatter plot. Dengan pendekatan ini, penelitian mencoba memberikan pemahaman yang jelas mengenai faktor-faktor kualitas air tanah yang mungkin berkorelasi dengan konsentrasi fluoride, sehingga dapat menjadi dasar untuk pengelolaan dan pengawasan kualitas air tanah yang lebih baik.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Karakteristik Statistik Parameter

Hasil penelitian untuk setiap beberapa parameter sudah dilakukan pengelompokkan dengan data per tahun yang termasuk di dalamnya tersedia data per parameter. Data tahun di kelompokkan dari tahun 2020, 2021, 2022, 2023, dan 2024. Parameter yang dilakukan pengelompokkan yaitu data Fluorida, pH, TDS, dan Turbidity atau kekeruhan.

Analisis deskriptif terhadap parameter flouride dalam air tanah di kawasan Kota Yogyakarta selama periode 2020 hingga 2024 menunjukkan adanya variasi konsentrasi antar tahun. Berdasarkan data, nilai minimum flouride tercatat sebesar 0.00 mg/L (tahun 2021 dan 2023), sedangkan nilai maksimum mencapai 3.09 mg/L pada tahun 2023. Rata-rata tahunan konsentrasi flouride berkisar antara 0.18 mg/L (2021) hingga 0.44 mg/L (2020), dengan standar deviasi tertinggi sebesar 0.52 mg/L pada tahun 2023, menunjukkan tingkat penyebaran data yang cukup besar pada tahun tersebut.

**Tabel 4. 1 Statistik Deskriptif**

PARAMETER	TAHUN	TOTAL SAMPEL	MIN	MAX	AVERAGE	STD
PH	2020	52	6.11	7.95	6.59	0.45
	2021	30	5.87	7.36	6.41	0.31
	2022	91	5.35	6.83	6.23	0.21
	2023	161	6.10	7.80	6.75	0.28
	2024	400	6.03	8.93	6.91	0.42
PARAMETER	TAHUN	JUMLAH SAMPEL	MIN	MAX	AVERAGE	STD
TDS	2020	38	139 mg/l	369 mg/l	238 mg/l	38.20
	2021	23	158 mg/l	285 mg/l	220 mg/l	37.47
	2022	91	175 mg/l	601 mg/l	284 mg/l	84.89
	2023	161	56 mg/l	538 mg/l	216 mg/l	92.23
	2024	400	72 mg/l	489 mg/l	272 mg/l	66.97
PARAMETER	TAHUN	JUMLAH SAMPEL	MIN	MAX	AVERAGE	STD

FLOURIDE	2020	48	0.09 mg/l	1.06 mg/l	0.59 mg/l	0.22
	2021	35	0.007 mg/l	1.34 mg/l	0.45 mg/l	0.22
	2022	31	0.00 mg/l	0.96 mg/l	0.41 mg/l	0.24
	2023	161	0.001 mg/l	1.85 mg/l	0.28 mg/l	0.32
	2024	0	-	-	-	-
PARAMETER	TAHUN	JUMLAH SAMPEL	MIN	MAX	AVERAGE	STD
TURBIDITY	2020	53	0.13 NTU	66 NTU	2.16 NTU	9.21
	2021	25	0.2 NTU	8.1 NTU	0.73 NTU	1.56
	2022	91	0.10 NTU	27.85 NTU	1.13 NTU	3.57
	2023	161	0 NTU	36.70 NTU	1.08 NTU	3.76
	2024	366	0.07 NTU	19 NTU	0.64 NTU	1.43

Meskipun sebagian besar nilai rata-rata masih berada di bawah ambang batas baku mutu air minum menurut Permenkes No. 32 Tahun 2017 (1,5 mg/L), temuan nilai maksimum yang melebihi ambang tersebut mengindikasikan adanya lokasi-lokasi tertentu yang berpotensi mengandung flouride berlebih. Hal ini berimplikasi pada pentingnya pemantauan berkala dan kajian terhadap sumber-sumber kontaminasi yang bersifat lokal maupun geogenik. Untuk data lebih lanjut bisa dilihat di tabel pada lampiran gambar.

#### 4.2 Analisis Bivariate dan Multivariate

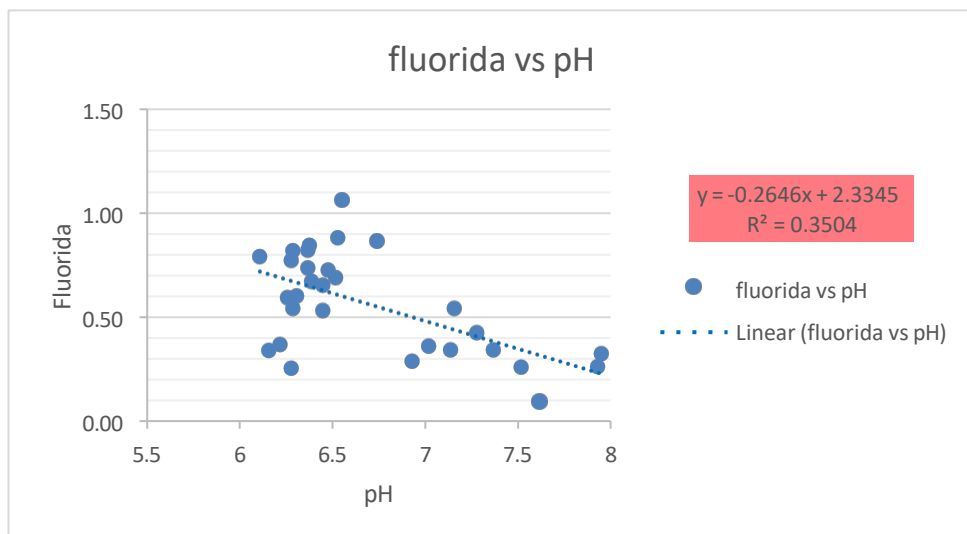
Untuk memahami hubungan antara flouride dengan parameter lain dalam air tanah, dilakukan analisis bivariate terhadap variabel-variabel seperti pH, TDS, dan kekeruhan (turbidity). Hasil korelasi menunjukkan adanya kecenderungan positif antara konsentrasi flouride dan pH, sejalan dengan teori bahwa kelarutan mineral yang mengandung flouride meningkat dalam kondisi pH basa. Namun, untuk parameter lainnya hanya sedikit saja korelasinya, kekuatan korelasi ini bervariasi setiap tahun dan tidak selalu signifikan secara statistik, yang mengindikasikan bahwa faktor lain, seperti karakteristik batuan induk dan aktivitas antropogenik, turut berperan.

Analisis multivariate, misalnya melalui Principal Component Analysis

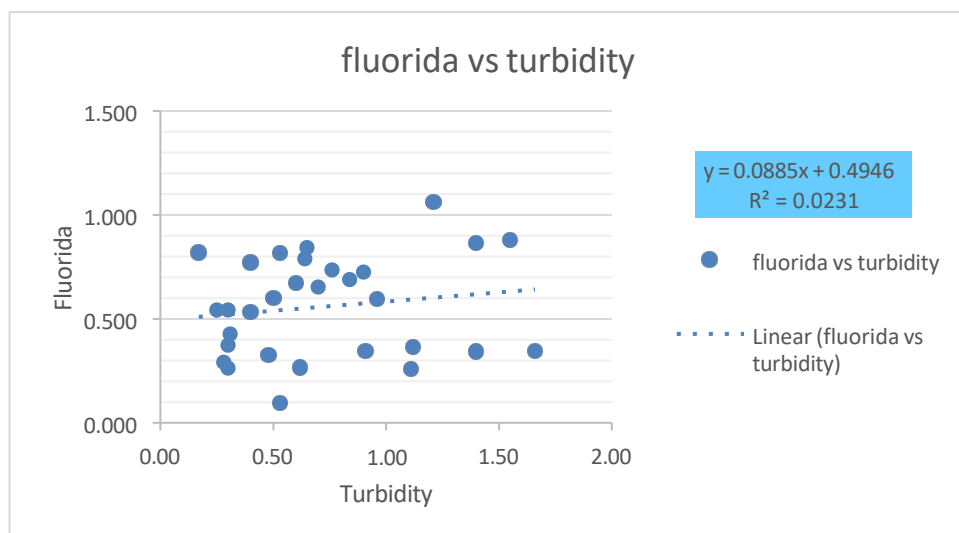
(PCA), berpotensi mengelompokkan sampel berdasarkan kemiripan karakteristik kimia. Hasil tersebut dapat memperkuat temuan mengenai asal-usul fluoride, apakah dominan berasal dari proses geogenik (misalnya pelapukan batuan vulkanik) atau akibat intervensi manusia seperti penggunaan pupuk dan deterjen dalam aktivitas domestik.

#### 4.2.1 Analisis Bivariate

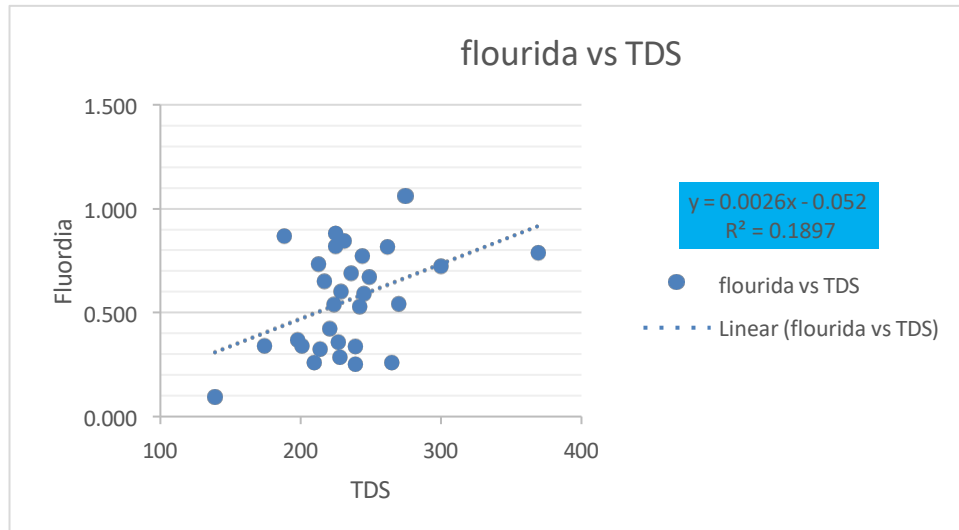
##### 1. Tahun 2020



**Gambar 4. 1 Flourida vs pH tahun 2020**



**Gambar 4. 2 Flourida vs Turbidity tahun 2020**



**Gambar 4. 3 Flourida vs TDS tahun 2020**

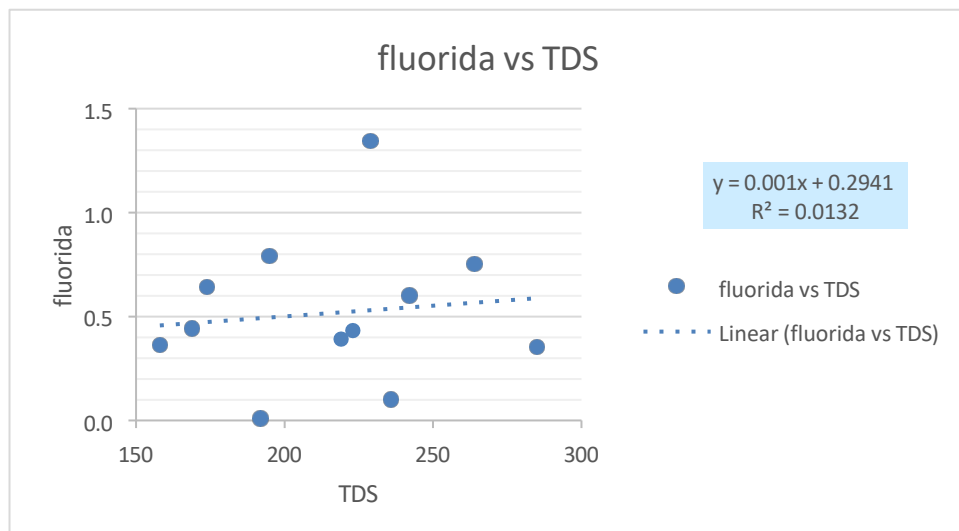
Berdasarkan hasil analisis hubungan bivariante antara kadar fluorida dengan beberapa parameter fisikokimia air tanah yaitu pH, TDS, dan turbidity, dapat disimpulkan bahwa sebaran kadar fluorida dalam sampel menunjukkan bahwa 67% sampel memiliki kadar fluorida dalam kategori aman, yaitu antara 0,5 hingga 1,5 mg/L, sedangkan 33% sampel memiliki kadar fluorida dalam kategori rendah, yaitu kurang dari 0,5 mg/L. Tidak ditemukan sampel yang memiliki kadar fluorida melebihi batas maksimum, yaitu lebih dari 1,5 mg/L. Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar air tanah di lokasi penelitian masih memenuhi standar kualitas air minum dari segi kadar fluorida, meskipun terdapat beberapa daerah yang berpotensi mengalami kekurangan fluorida.

Dari perspektif hubungan antar parameter, diperoleh bahwa pH memiliki hubungan negatif yang cukup kuat terhadap kadar fluorida, dengan nilai koefisien determinasi  $R^2 = 0,3504$ . Ini menunjukkan bahwa pH memengaruhi sekitar 35% variasi kadar fluorida dalam air tanah. Kadar fluorida cenderung menurun ketika pH meningkat, yang menunjukkan bahwa fluorida lebih stabil pada kondisi pH sedikit asam hingga netral. Parameter TDS menunjukkan hubungan positif dengan kadar fluorida, dengan nilai  $R^2 = 0,1897$ . Artinya, semakin tinggi jumlah zat terlarut dalam air tanah, semakin besar kemungkinan fluorida berada dalam bentuk terlarut dan tersedia. Meskipun hubungan ini tidak terlalu kuat, TDS tetap menjadi faktor penting dalam menentukan ketersediaan fluorida dalam kisaran yang aman.

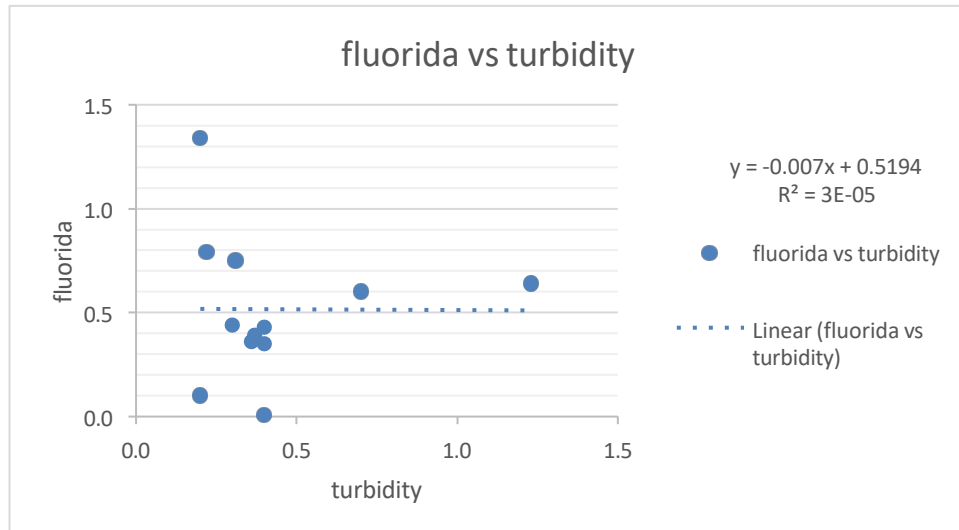
Sementara itu, turbidity menunjukkan hubungan yang sangat lemah terhadap kadar fluorida, dengan nilai  $R^2 = 0,0231$ . Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kekeruhan air tidak memengaruhi secara signifikan konsentrasi fluorida, karena turbidity lebih mencerminkan keberadaan partikel yang tersuspensi, bukan ion yang terlarut.

Secara keseluruhan, pH dan TDS merupakan variabel yang lebih berpengaruh terhadap variasi kadar fluorida, sedangkan turbidity tidak memiliki peran yang signifikan. Hasil ini menunjukkan bahwa dalam pengelolaan kualitas air tanah, terutama dari aspek fluorida, perlu diperhatikan kondisi kimia dasar air seperti pH dan kandungan zat terlarut, guna memastikan kadar fluorida tetap berada dalam kisaran aman bagi kesehatan masyarakat.

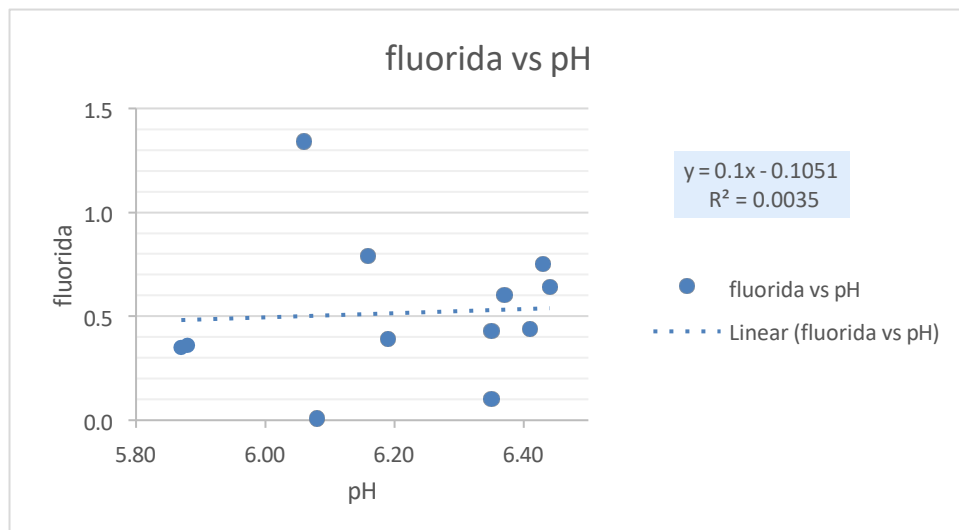
## 2. Tahun 2021



**Gambar 4. 4 Flourida vs TDS tahun 2021**



**Gambar 4. 5 Flourida vs Turbidity tahun 2021**



**Gambar 4. 6 Flourida vs pH tahun 2021**

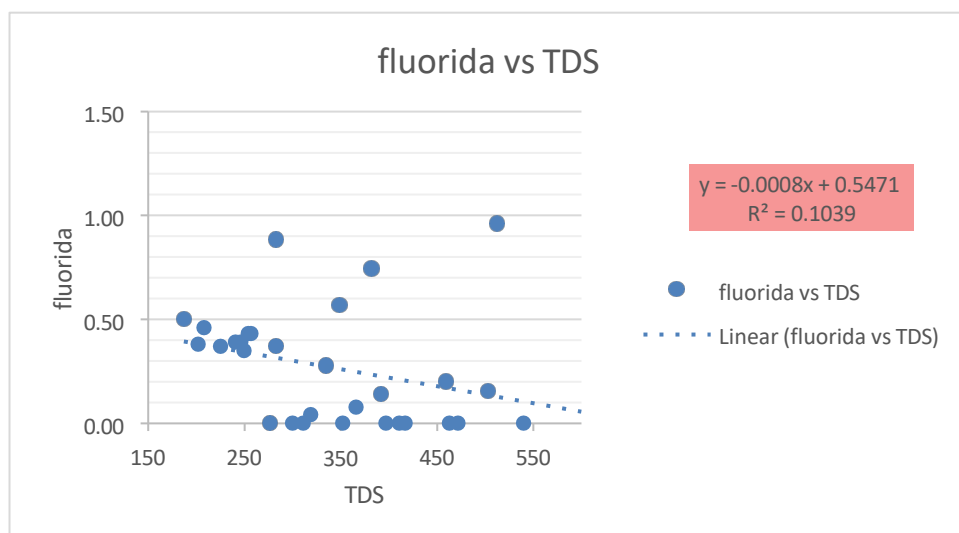
Setelah dilakukan analisis bivariat antara parameter fisik air tanah yakni TDS, kekeruhan, dan pHb dengan kadar fluorida, hasilnya menunjukkan tidak ada korelasi yang kuat atau signifikan secara statistik di antara keduanya. Angka koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang sangat rendah pada tiap grafik masing-masing hanya 0,0132 (TDS), 0,00003 (kekeruhan), dan 0,0035 (pH) menegaskan bahwa ketiga parameter tadi tidak banyak berpengaruh terhadap perubahan kadar fluoride dalam sampel air tanah di area penelitian. Dilihat dari standar batas aman, sebagian besar kadar fluoride (94,7%) masih memenuhi ambang batas yang diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. Tahun 2023, sehingga kualitas air tanah masih

bisa dibbilang baik dari sisi kandungan fluoridenya. Meski begitu, ada satu sampel yang melampaui batas aman, yang artinya butuh perhatian khusus dalam pengelolaan air serta pemantauan berkala. Selain itu, nilai kekeruhan dan TDS seluruhnya berada dalam batas aman di semua sampel.

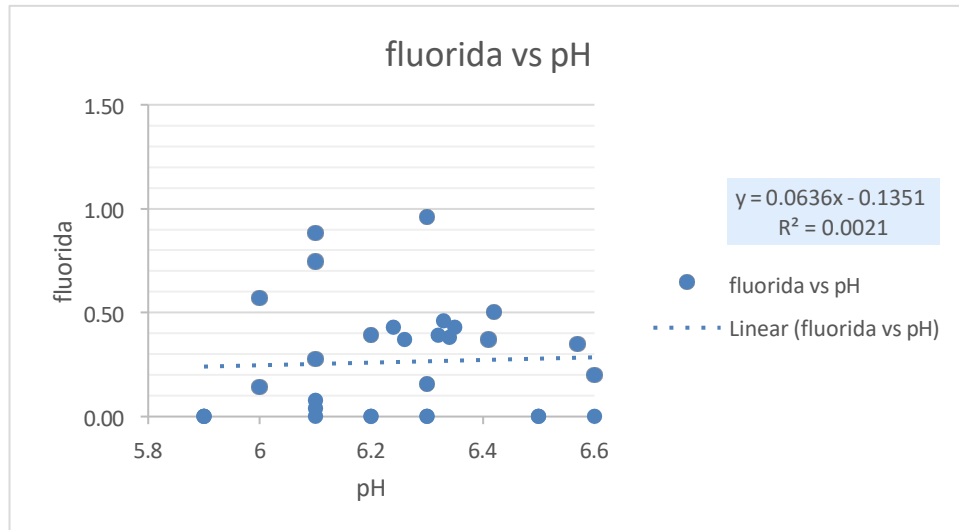
Untuk parameter pH, semua nilai yang tercatat lebih rendah dari batas minimal (6,5), sehingga seluruh sampel tergolong asam dan tidak memenuhi standar kualitas air minum berdasarkan keasaman. Kondisi ini bisa memicu peningkatan pelarutan unsur logam berat dan mineral lain dalam air tanah, yang mungkin saja berinteraksi secara tidak langsung dengan pergerakan fluoride, meskipun dalam penelitian ini belum terbukti secara statistik.

Dari segi sebaran spasial dan visualisasi grafis, terlihat bahwa titik-titik pada diagram sebar menyebar secara acak tanpa pola linier yang jelas. Hal ini menandakan korelasi yang sangat lemah atau bahkan tidak ada sama sekali antara variabel-variabel tersebut, dan hubungan antara fluoride dengan ketiga parameter tadi kemungkinan besar dipengaruhi oleh faktor-faktor lain yang lebih kompleks, seperti kondisi geologi setempat, mineralisasi batuan, kedalaman sumur, dan aktivitas manusia. Kesimpulannya, parameter fisik (TDS, kekeruhan, pH) tidak bisa dijadikan satu-satunya tolok ukur untuk menilai variasi atau kecenderungan kadar fluoride dalam air tanah di wilayah ini.

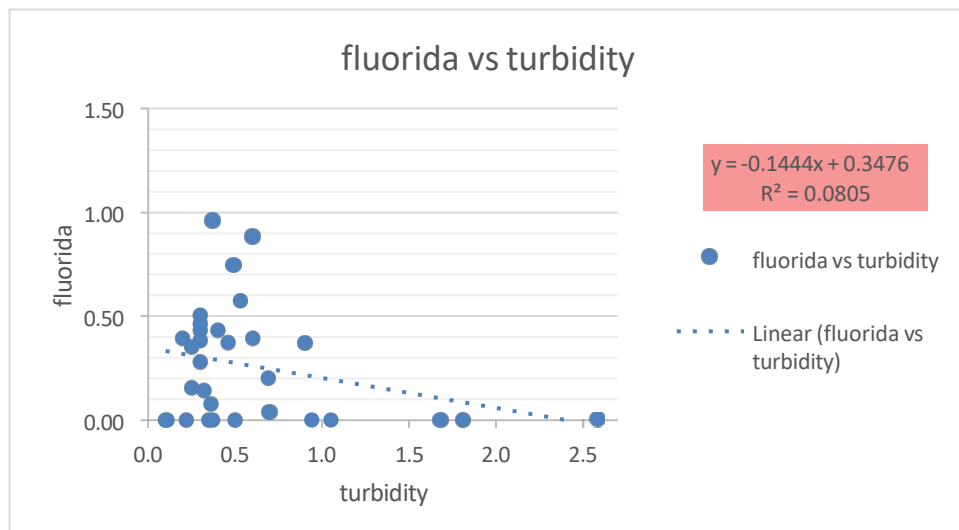
### 3. Tahun 2022



**Gambar 4. 7 Flourida vs TDS tahun 2022**



**Gambar 4. 8 Flourida vs pH tahun 2022**



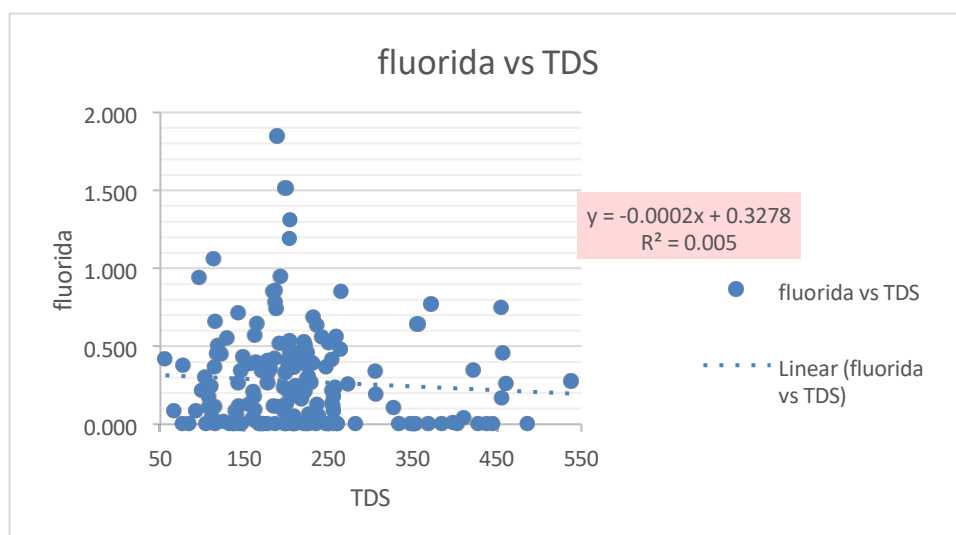
**Gambar 4. 9 Flourida vs Turbidity tahun 2022**

Pada data tahun 2022 ini menunjukkan bahwa sebanyak 66% sampel fluoride cenderung dibawah 0,5 Mg/L. Hal ini menunjukkan kurangnya kadar fluoride dapat menyebabkan karies. Mengenai hubungan antara fluoride dan TDS, terlihat adanya tren negatif yang aneh berdasarkan persamaan regresi  $y = -0.0008x + 0.5471$  dengan nilai koefisien  $R^2$  yang setara dengan 0,1039. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan TDS seringkali disertai dengan penurunan kadar fluoride, meskipun hubungan ini sangat lemah. Dengan kata lain, TDS hanya menjelaskan sekitar 10,4% variasi kadar fluoride dalam sampel. Data tersebar secara luas dan tidak menunjukkan pola yang jelas, sehingga TDS bukanlah faktor utama yang

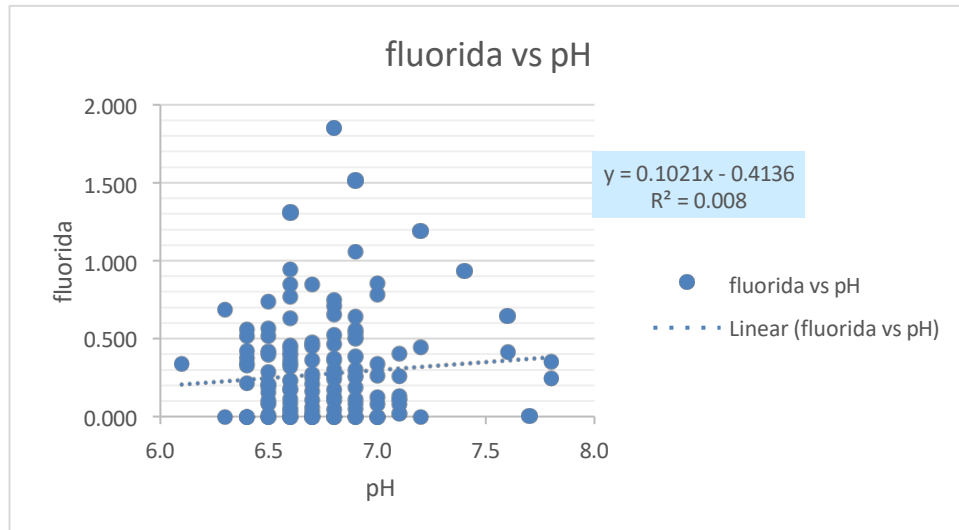
mempengaruhi kadar fluoride dalam air tanah di wilayah penelitian ini. Sementara itu, hubungan antara fluoride dan pH menghasilkan persamaan regresi  $y = 0.0636x - 0$ . Dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,0021, menunjukkan bahwa hampir tidak ada hubungan antara kedua variabel tersebut. Nilai  $R^2$  yang sangat rendah menunjukkan bahwa pH tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variasi fluoride. Ini semakin diperkuat oleh distribusi titik data yang sangat acak dan tidak menunjukkan pola linier tertentu. Oleh karena itu, tingkat pH air tanah di area penelitian tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan konsentrasi fluoride.

Dari semua aspek yang dianalisis, tidak terdapat hubungan dua arah yang jelas, karena nilai  $R^2$  untuk semua variabel berada di bawah 0,2. Hal ini menunjukkan bahwa variasi kadar fluoride di area penelitian mungkin disebabkan oleh faktor lain selain sifat kimia fisik dasar, seperti kondisi geologi setempat, jenis batuan yang memiliki kandungan air, atau aktivitas manusia tertentu. Dari perspektif kategori aman, semua contoh fluoride dalam tiga grafik berada di bawah batas maksimum sesuai dengan peraturan Menkes RI No. 31 Tahun 2017, yaitu 1,5 mg/L. Oleh karena itu, semua contoh tersebut aman untuk dikonsumsi, dan tidak ada nilai yang melebihi batas kesehatan. Sebaran data fluoride sebagian besar berada di bawah 0,6 mg/L, yang menunjukkan bahwa air tanah dari perspektif kandungan fluoride umumnya aman dan tidak menyebabkan kerusakan pada gigi atau tulang.

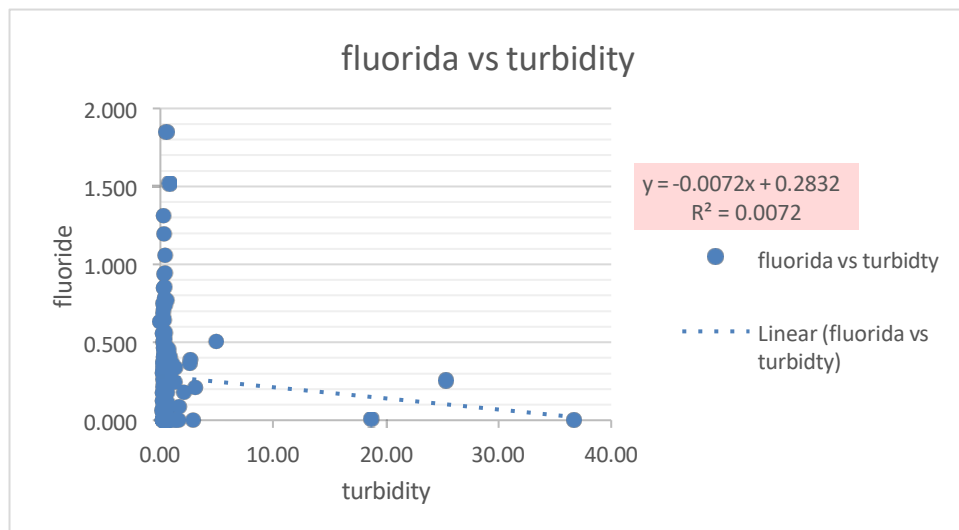
#### 4. Tahun 2023



**Gambar 4. 10 Flourida vs TDS tahun 2023**



**Gambar 4. 11 Fluorida vs pH tahun 2023**



**Gambar 4. 12 Fluorida vs Turbidity tahun 2023**

Berdasarkan tiga grafik yang ditampilkan, terlihat bahwa hubungan antara kadar fluorida dengan TDS, pH, dan kekeruhan menunjukkan korelasi yang sangat lemah. Hal ini terlihat dari nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang sangat rendah pada ketiga grafik, yaitu hanya sebesar 0,005 untuk TDS, 0,008 untuk pH, dan 0,0072 untuk kekeruhan. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa perubahan yang terjadi pada TDS, pH, maupun kekeruhan tidak secara signifikan memengaruhi variasi kadar fluorida dalam sampel air yang dianalisis. Dilihat dari nilai ambang batas, mayoritas sampel menunjukkan kadar fluorida yang masih berada di bawah batas maksimum yang direkomendasikan oleh WHO maupun Permenkes RI, yaitu 1,5

mg/L. Hanya sebagian kecil titik data yang mendekati atau bahkan melebihi ambang tersebut. Untuk parameter TDS, sebagian besar nilai berada di bawah 500 mg/L, yang berarti air tersebut masih tergolong layak secara kandungan zat terlarut total. Sementara itu, untuk pH, hampir semua sampel berada dalam rentang 6,5 sampai 7,5, yang termasuk dalam kisaran pH normal dan aman untuk air minum. Untuk kekeruhan, sekitar 90% sampel memiliki nilai di bawah 5 NTU, sesuai dengan batas aman, meski ada beberapa sampel yang melebihi batas hingga mencapai 40 NTU, yang mengindikasikan adanya potensi masalah kualitas visual serta kemungkinan kontaminan.

Secara umum, persentase sampel yang melebihi ambang batas pada ketiga parameter tergolong sangat kecil, kemungkinan kurang dari 5–10% dari total sampel yang dianalisis. Hal ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan, kualitas air pada sampel yang dites masih tergolong baik, terutama dari aspek kadar fluorida. Jika dilihat secara sederhana dari grafik, sebagian besar titik data terkonsentrasi pada kadar fluorida yang rendah (di bawah 0,5 mg/L), sedangkan persebarannya terhadap TDS, pH, dan kekeruhan tidak menunjukkan pola hubungan yang jelas.

Garis tren linier (berwarna biru putus-putus) yang ditampilkan hanya menunjukkan kecenderungan umum, tetapi karena nilai  $R^2$  yang rendah, garis tersebut tidak bisa digunakan sebagai dasar untuk menyimpulkan hubungan sebab-akibat antar parameter.

#### **4.2.2 Analisis Multivariate**

Dalam konteks penelitian kualitas air atau lingkungan, analisis multivariat sangat bermanfaat untuk mengidentifikasi pola hubungan antara beberapa parameter fisik dan kimia air. Misalnya, kadar fluorida mungkin dipengaruhi oleh kombinasi beberapa faktor seperti pH, suhu, TDS (Total Dissolved Solids), dan turbidity. Jika hanya menggunakan korelasi Pearson sederhana, kita hanya dapat melihat hubungan dua variabel pada satu waktu. Namun dengan analisis multivariat, kita dapat melihat bagaimana semua variabel tersebut secara bersama-sama memengaruhi kadar fluorida.

Salah satu contoh aplikasinya adalah regresi linier berganda, di mana kadar fluorida dijadikan sebagai variabel dependen (Y), sementara pH, suhu, dan TDS

dijadikan sebagai variabel independen (X1, X2, X3). Hasil analisis ini dapat menunjukkan variabel mana yang paling signifikan memengaruhi fluorida, serta seberapa besar kontribusinya terhadap model secara keseluruhan.

Selain itu, metode seperti PCA (Principal Component Analysis) dapat digunakan untuk mereduksi dimensi data ketika terdapat banyak variabel, sehingga lebih mudah dianalisis tanpa kehilangan informasi penting. PCA juga membantu mengidentifikasi kelompok variabel yang saling berkorelasi kuat dan menyederhanakan struktur data yang kompleks.

#### 1. Tahun 2020

**Tabel 4. 2 Korelasi Pearson Tahun 2020**

2020	TDS	PH	FLUORIDA	TURBIDITY
TDS	1.000			
PH	-0.365	1.000		
FLUORIDA	0.436	-0.592	1.000	
TURBIDITY	-0.043	-0.078	0.152	1.000

Tabel di atas menampilkan matriks korelasi Pearson yang menggambarkan hubungan antara beberapa parameter kualitas air, yaitu fluorida, TDS, pH, dan turbidity (kekeruhan). Korelasi ini digunakan untuk melihat hubungan linier antar variabel, dengan nilai koefisien berkisar antara -1 hingga +1. Jika nilai mendekati +1, maka terdapat korelasi positif yang kuat, sedangkan nilai mendekati -1 menunjukkan korelasi negatif yang kuat. Jika nilai mendekati 0, maka hubungan antar variabel dianggap lemah atau tidak signifikan.

Hasil korelasi yang diperoleh, terdapat hubungan antara fluorida dan TDS dengan nilai r sebesar -0,365, yang menunjukkan korelasi negatif lemah hingga sedang. Artinya, semakin tinggi nilai TDS, maka kadar fluorida cenderung menurun, meskipun hubungan ini tidak cukup kuat untuk menjadi indikator utama. Hubungan antara fluorida dan pH memiliki nilai r sebesar 0,436, yaitu korelasi positif sedang. Dengan demikian, peningkatan kadar pH biasanya diikuti oleh peningkatan kadar fluorida, namun hubungan ini masih lemah dan tidak signifikan secara statistik. Sementara itu, hubungan antara fluorida dan turbidity menunjukkan nilai r sebesar -0,043, yang menunjukkan tidak adanya hubungan yang signifikan antara keduanya.

Hal ini membuktikan bahwa perubahan tingkat kekeruhan tidak memengaruhi kadar fluorida dalam air. Korelasi terkuat dalam tabel tersebut terlihat antara TDS dan pH dengan nilai  $r$  sebesar  $-0,592$ , menunjukkan adanya korelasi negatif yang cukup kuat. Ini berarti semakin tinggi konsentrasi TDS, maka nilai pH cenderung menurun (lebih asam). Hubungan ini bisa dijelaskan secara kimia karena kenaikan konsentrasi zat terlarut dapat menyebabkan penurunan pH akibat adanya peningkatan ion-ion tertentu. Korelasi antara TDS dan turbidity ( $r = -0,078$ ) serta antara pH dan turbidity ( $r = 0,152$ ) menunjukkan hubungan yang sangat lemah. Hal ini mengindikasikan bahwa tidak ada hubungan bermakna antara tingkat kekeruhan air dengan kadar zat terlarut maupun nilai pH.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa parameter fluorida tidak memiliki hubungan yang kuat dengan TDS, pH, maupun turbidity dalam sampel air yang dianalisis. Hubungan yang cukup kuat hanya terlihat antara pH dan TDS, sedangkan parameter lainnya menunjukkan hubungan yang lemah atau tidak signifikan. Oleh karena itu, untuk memahami faktor-faktor yang memengaruhi kadar fluorida secara lebih lengkap, diperlukan penelitian tambahan terhadap parameter-parameter lain di luar kualitas fisik dasar air.

## 2. Tahun 2021

**Tabel 4. 3 Korelasi Pearson Tahun 2021**

2021	TDS	PH	FLUORIDA	TURBIDITY
TDS	1.000			
PH	-0.030	1.000		
FLUORIDA	0.115	0.059	1.000	
TURBIDITY	-0.221	0.340	-0.006	1.000

Tabel berikut menampilkan hasil dari analisis korelasi Pearson terhadap empat parameter kualitas air, yaitu fluorida, pH, suhu, dan turbidity (kekeruhan). Tujuannya adalah untuk mengetahui seberapa kuat hubungan linier antar parameter, yang diukur melalui nilai koefisien korelasi ( $r$ ). Nilai koefisien korelasi berada dalam rentang  $-1$  hingga  $+1$ . Jika nilai mendekati  $+1$ , maka terdapat hubungan positif yang kuat, sedangkan nilai mendekati  $-1$  menunjukkan hubungan negatif yang kuat. Sementara itu, nilai yang mendekati  $0$  menandakan hubungan yang

sangat lemah atau tidak signifikan. Hasil analisis menunjukkan bahwa hubungan antara fluorida dan pH memiliki nilai korelasi sebesar -0,030. Artinya, hubungan antara kedua parameter ini sangat lemah dan hampir tidak signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan nilai pH tidak berdampak signifikan terhadap kadar fluorida dalam air.

Hubungan antara fluorida dan suhu memiliki nilai korelasi 0,115, yang menunjukkan hubungan positif yang sangat lemah. Artinya, peningkatan suhu mungkin diikuti oleh peningkatan kadar fluorida, tetapi hubungan ini tidak cukup kuat untuk dianggap berarti secara statistik. Sementara itu, hubungan antara fluorida dan turbiditas memiliki nilai korelasi -0,221, yang menunjukkan hubungan negatif yang lemah. Meskipun menunjukkan arah hubungan berlawanan, hubungan ini tidak terlalu kuat dan tidak bisa dianggap signifikan. Hubungan antara pH dan suhu memiliki nilai korelasi 0,059, yang menunjukkan hubungan yang sangat lemah. Hal ini menunjukkan berarti perubahan suhu tidak berdampak signifikan terhadap nilai pH air. Namun, hubungan antara pH dan turbiditas sedikit lebih kuat dengan nilai 0,340, yang menunjukkan hubungan positif yang lemah hingga sedang. Artinya, dalam beberapa situasi, peningkatan pH dapat beriringan dengan peningkatan turbiditas, meskipun hubungan ini tidak terlalu kuat. Sementara itu, hubungan antara suhu dan turbiditas menunjukkan nilai korelasi -0,006, yang menunjukkan hampir tidak ada hubungan antara kedua parameter tersebut.

Secara keseluruhan, hasil korelasi menunjukkan bahwa tidak ada hubungan linier yang kuat antara parameter-parameter yang dianalisis. Ini menunjukkan bahwa faktor-faktor seperti pH, suhu, dan turbiditas tidak secara langsung memengaruhi kadar fluorida dalam air. Karena itu, untuk memahami variasi kadar fluorida secara lebih baik, diperlukan analisis terhadap parameter-parameter lain yang lebih relevan atau pendekatan analisis yang tidak hanya terbatas pada korelasi linier.

### 3. Tahun 2022

**Tabel 4. 4 Korelasi Pearson Tahun 2022**

<u>2022</u>	<u>TDS</u>	<u>PH</u>	<u>FLUORIDA</u>	<u>TURBIDITY</u>
TDS	1.000			

PH	-0.048	1.000		
FLUORIDA	-0.322	0.046	1.000	
TURBIDITY	-0.060	0.026	-0.284	1.000

Tabel di atas menunjukkan hasil analisis korelasi Pearson antara empat parameter: fluorida, pH, suhu, dan TDS (*Total Dissolved Solid*). Korelasi Pearson menentukan kekuatan dan arah hubungan linear antar variabel, dengan koefisien berkisar antara -1 hingga +1. Nilai mendekati +1 menunjukkan hubungan positif yang kuat, sementara nilai mendekati -1 menunjukkan hubungan negatif yang kuat. Nilai mendekati 0 menunjukkan tidak adanya hubungan linear yang signifikan antara kedua variabel. Berdasarkan hasil korelasi, hubungan antara fluorida dan pH memiliki nilai  $r$  sebesar -0,048, yang menunjukkan korelasi yang sangat lemah dan hampir tidak ada hubungan linear yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan pH air tidak berpengaruh terhadap konsentrasi fluorida dalam sampel yang diuji.

Hubungan antara fluorida dan TDS memiliki nilai korelasi sebesar -0,322, yang menunjukkan korelasi negatif yang lemah hingga sedang. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan TDS cenderung dikaitkan dengan penurunan konsentrasi fluorida, meskipun hubungan ini tidak cukup kuat untuk dijadikan dasar pengambilan keputusan ilmiah. Sementara itu, korelasi antara TDS dan Turbidity adalah -0,060, yang juga dianggap sangat lemah. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah total zat terlarut dalam air tidak berhubungan secara signifikan dengan konsentrasi fluorida dalam sampel. Untuk parameter lainnya, korelasi antara pH dan fluorida adalah 0,046, dan antara pH dan Turbidity, 0,026. Kedua nilai ini menunjukkan bahwa hubungan antara pH, fluorida, dan Turbidity sangat lemah dan tidak signifikan. Sementara itu, hubungan antara fluorida dan Turbidity menunjukkan korelasi negatif yang lemah, dengan nilai  $r$  sebesar -0,284, yang menunjukkan bahwa seiring peningkatan fluorida, nilai Turbidity cenderung menurun, meskipun hubungan ini juga tidak dianggap kuat.

Secara umum, dapat diasumsikan bahwa tidak ada hubungan linier yang kuat antara parameter yang dianalisis. Sebagian besar nilai korelasi berada dalam rentang yang sangat rendah; oleh karena itu, tidak ada parameter yang dapat digunakan sebagai indikator utama konsentrasi fluorida dalam air berdasarkan

hubungan linier. Oleh karena itu, pendekatan lain, seperti analisis multivariat atau metode nonlinier, diperlukan untuk lebih memahami faktor-faktor yang memengaruhi konsentrasi fluorida.

#### 4. Tahun 2023

**Tabel 4. 5 Korelasi Pearson Tahun 2023**

2023	TDS	PH	FLUORIDA	TURBIDITY
TDS	1.000			
PH	-0.123	1.000		
FLUORIDA	-0.071	0.090	1.000	
TURBIDITY	0.052	-0.047	-0.085	1.000

Berdasarkan analisis korelasi Pearson yang disajikan dalam tabel, terlihat bahwa hubungan antara variabel fluoride dan parameter kualitas air lain seperti pH, TDS, dan turbidity menunjukkan korelasi yang sangat lemah. Nilai korelasi antara fluoride dan pH sebesar -0,123 mengindikasikan adanya hubungan negatif yang sangat lemah, yang berarti bahwa perubahan pH tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap konsentrasi fluoride dalam air.

Korelasi antara fluoride dan TDS juga menunjukkan angka yang sangat rendah, yaitu -0,071, sehingga dapat disimpulkan bahwa variasi zat terlarut tidak berkorelasi secara linier dengan perubahan kadar fluoride. Demikian pula, hubungan antara fluoride dan turbidity menunjukkan nilai korelasi sebesar 0,052, yang meskipun positif, tetap termasuk dalam kategori yang sangat lemah dan tidak signifikan secara statistik. Selanjutnya, hubungan antar parameter lainnya, seperti antara pH dan TDS (0,090), pH dan turbidity (-0,047), serta TDS dan turbidity (-0,085), juga memperlihatkan korelasi yang sangat rendah. Hal ini semakin menguatkan kesimpulan bahwa tidak terdapat hubungan linier yang signifikan antara variabel yang dianalisis.

Secara keseluruhan, hasil ini menyoroti bahwa fluoride tidak memiliki hubungan linier yang berarti dengan pH, TDS, maupun turbidity. Oleh karena itu, parameter-parameter tersebut tidak dapat dijadikan indikator langsung dalam memprediksi kadar fluoride dalam air berdasarkan hubungan linier. Untuk memperoleh hasil yang lebih mendalam dan akurat, disarankan untuk menerapkan metode statistik lanjutan seperti analisis multivariat atau regresi linier berganda,

yang dapat mempertimbangkan interaksi antar variabel secara bersamaan dan lebih detail.

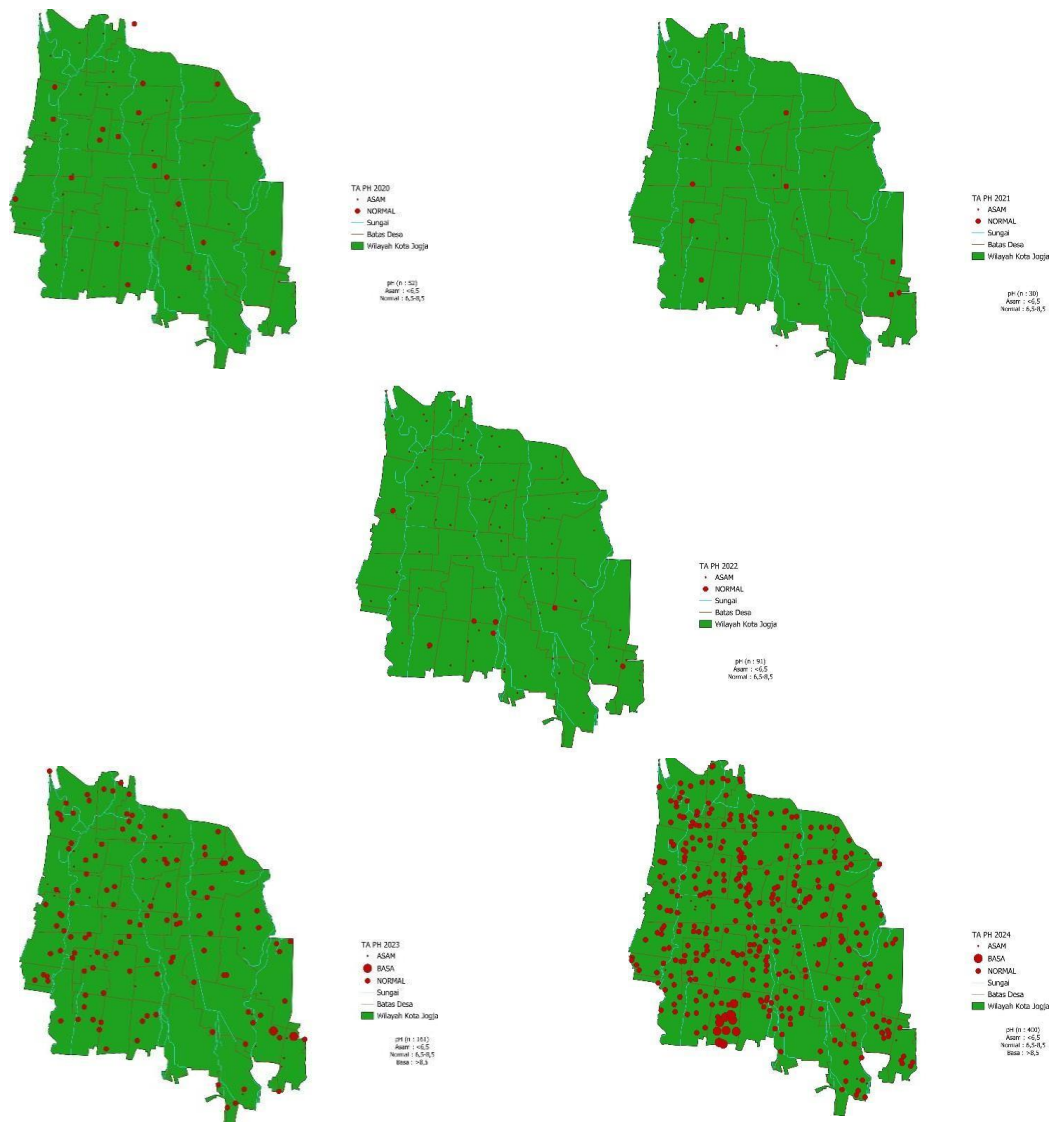
### **4.3 Pola Sebaran Spasial Parameter**

Analisis spasial terhadap parameter flouride dilakukan menggunakan perangkat lunak QGIS dengan memanfaatkan data koordinat lokasi sumur yang menjadi titik pengamatan. Peta sebaran spasial disusun melalui Graduated Symbol, yang mengasumsikan bahwa nilai flouride di suatu lokasi dipengaruhi oleh besaran konsentrasi terhadap titik-titik pengamatan di sekitarnya.

Hasil dari metode ini menunjukkan bahwa konsentrasi flouride dalam air tanah di Kota Yogyakarta yang ber konsentrasi tinggi hanya tersebar pada beberapa titik. Terdapat sejumlah wilayah yang memiliki konsentrasi tinggi di wilayah kota Yogyakarta yang dapat berkaitan dengan kondisi geologi lokal, seperti keberadaan batuan vulkanik yang mengandung mineral fluorit. Selain itu, wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi juga menunjukkan potensi peningkatan kadar flouride, kemungkinan akibat akumulasi limbah domestik dan penggunaan bahan kimia rumah tangga.

#### **4.3.1 Ph**

Peta ini dibuat untuk melihat pola persebaran pH airtanah di kawasan kota Jogjakarta. Pada peta ini bisa dilihat pola persebaran yang tersebar dari beberapa sampel data. Peta dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



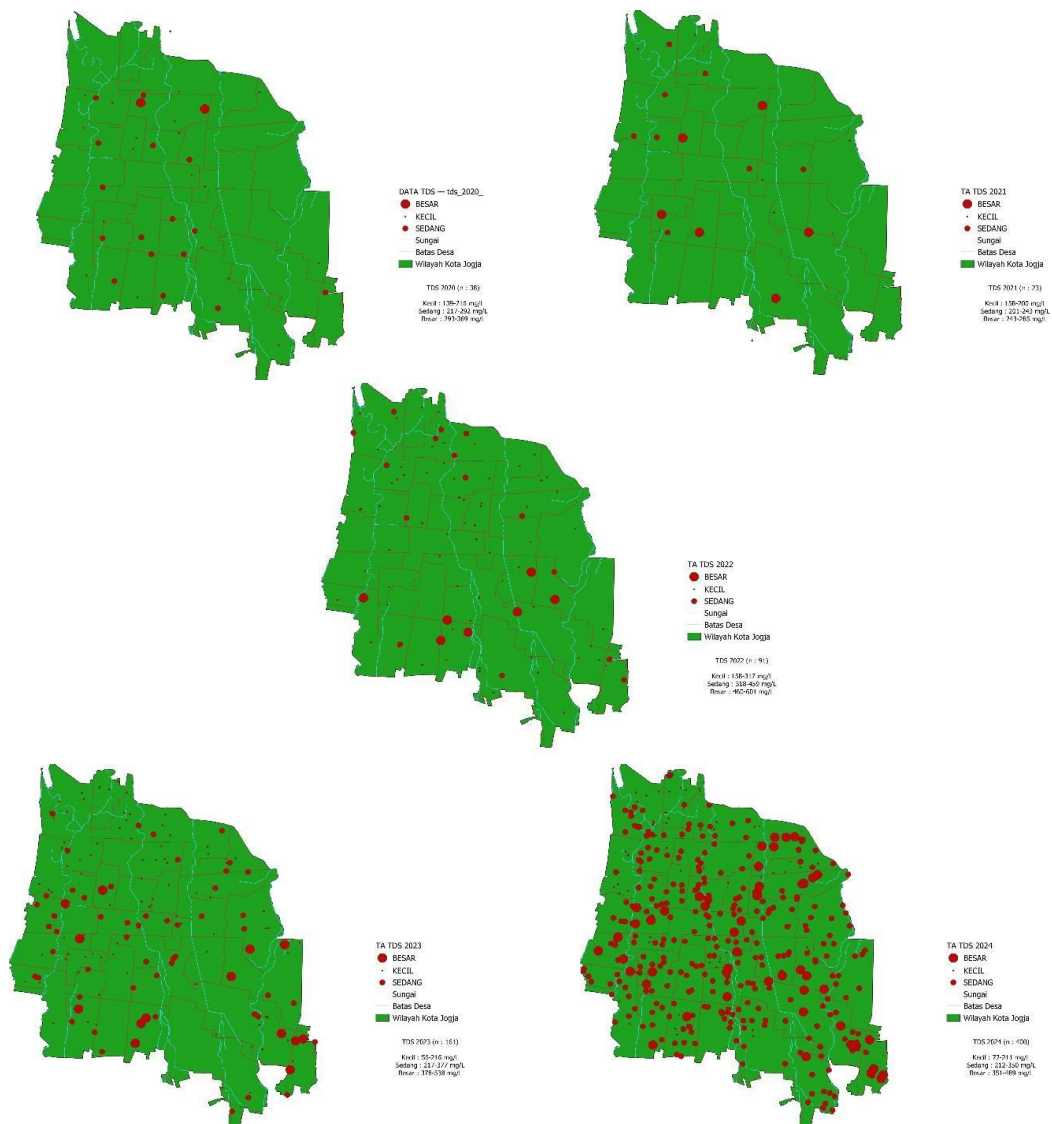
**Gambar 4. 13 Pola Persebaran pH Air Tanah di Kawasan Kota Yogyakarta**

Pola persebaran dari tahun 2020 hingga 2024 menunjukkan peningkatan jumlah dan kepadatan titik setiap tahunnya. Awalnya tersebar jarang, lalu berkembang menjadi semakin banyak dan padat, pada data 2024 terdapat pola menumpuk pada daerah selatan kota Jogjakarta. Penentuan titik dibuat dengan jumlah konsentrasi Ph dengan penentuan nilai parameter pH pada air yaitu, asam basa dan normal, untuk Ph normal berkisar pada nilai

6,5 – 8,5. Persebaran pola ini terpengaruh dalam jumlah data yang terdapat pada data yang diolah

#### 4.3.2 TDS

Peta ini dibuat untuk melihat pola persebaran TDS pada airtanah di kawasan kota Jogjakarta. Pada peta ini bisa dilihat pola persebaran yang tersebar dari beberapa sampel data. Peta dapat dilihat pada gambar dibawah ini

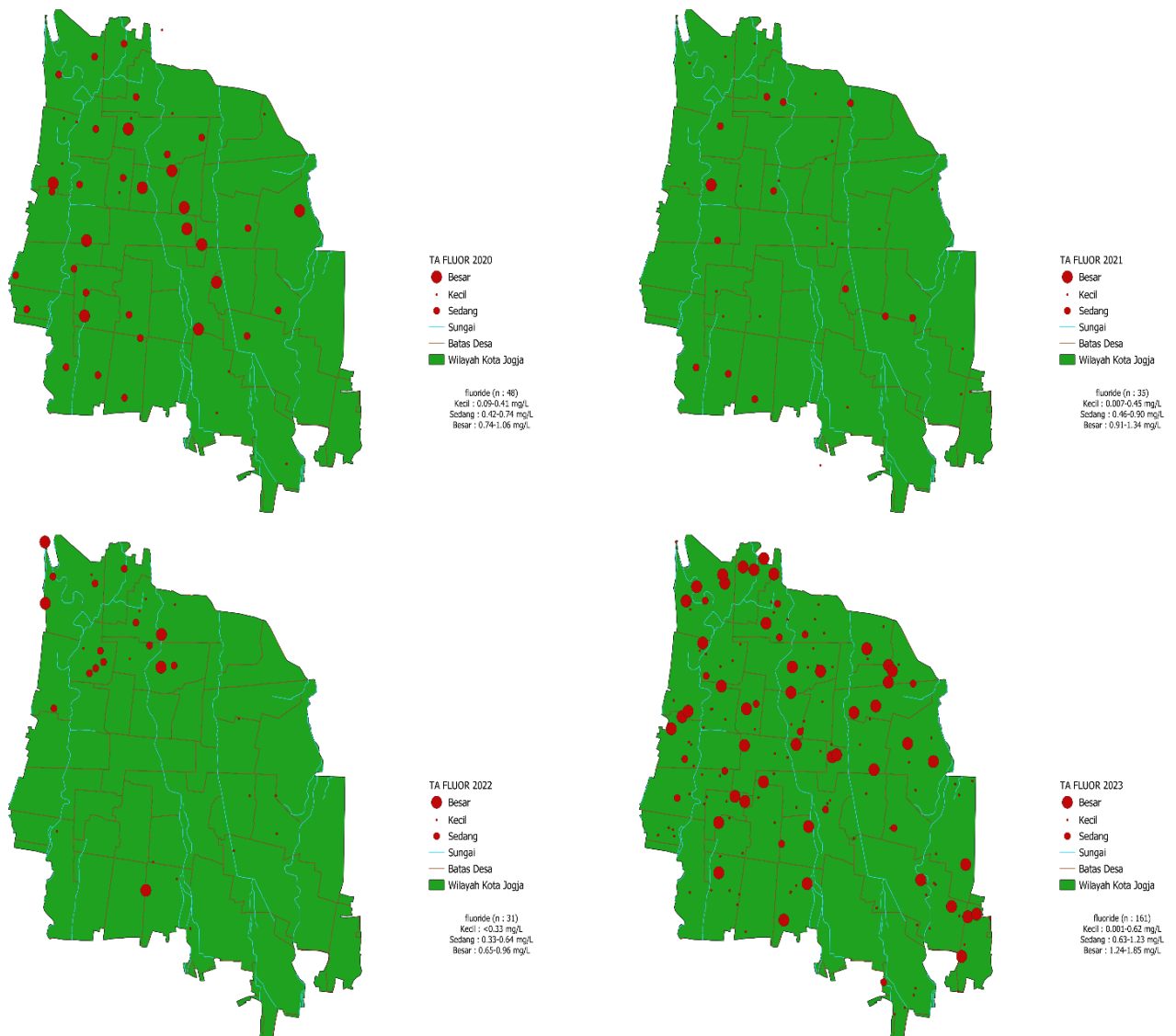


Gambar 4. 14 Pola Persebaran TDS di Kawasan Kota Yogyakarta

Pada peta ini bisa dilihat pola persebaran dari 2020 sampai 2024 sebarannya tak teratur dan bertambah setiap tahunnya, dikarenakan data pengambilan sampel tiap tahun makin bertambah. Untuk persebaran dengan konsentrasi tinggi berada pada setiap wilayah kota Jogjakarta. Penentuan titik sesuai koordinat sampel TDS airtanah dan ditentukan sesuai besaran konsentrasi yang ada di sampel.

#### 4.3.3 Fluoride

Peta ini dibuat untuk melihat pola persebaran fluoride pada airtanah di kawasan kota Jogjakarta. Pada peta ini bisa dilihat pola persebaran yang tersebar dari beberapa sampel data. Peta dapat dilihat pada gambar dibawah ini

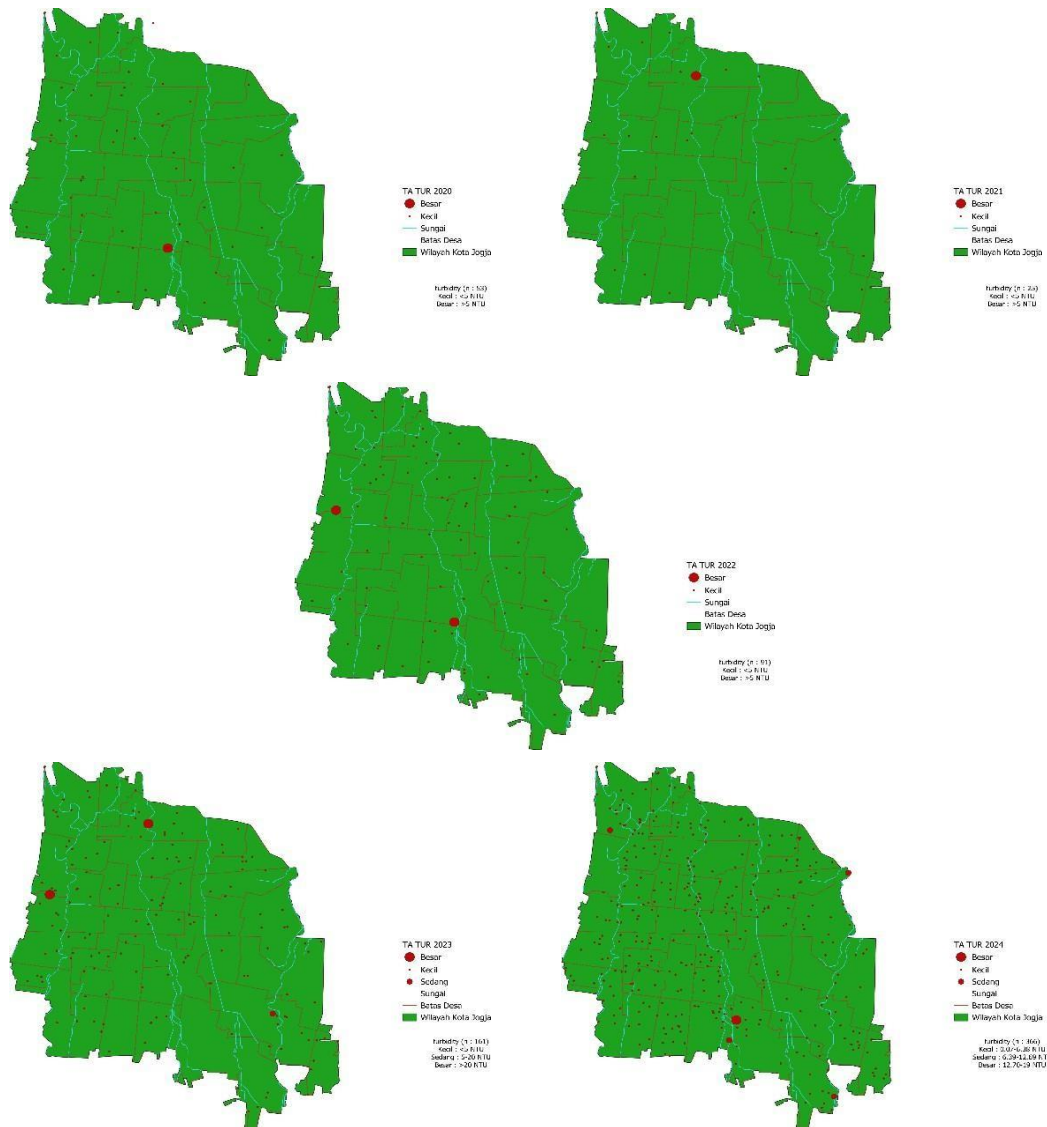


**Gambar 4. 15 Pola Persebaran Fluorida di Kawasan Kota Yogyakarta**

Pada peta persebaran fluoride ini terdapat 4 peta dari tahun 2020-2023 saja dikarenakan data yang tersedia hanya sampai tahun 2023 saja. Persebaran fluoride di kota Jogjakarta menunjukkan hanya beberapa saja yang melebihi nilai ambang batas fluoride pada airtanah. Untuk persebaran fluoride di kota Jogjakarta banyak tersebar pada utara kota Jogjakarta yang menunjukkan persebaran fluoride ter cluster pada utara kota Jogjakarta.

#### 4.3.4 Turbidity

Peta ini dibuat untuk melihat pola persebaran turbidity pada airtanah di kawasan kota Jogjakarta. Pada peta ini bisa dilihat pola persebaran yang tersebar dari beberapa sampel data. Peta dapat dilihat pada gambar dibawah ini



**Gambar 4. 16 Pola Persebaran Turbidity di Kawasan Kota Yogyakarta**

Pada peta persebaran turbidity di kota Jogjakarta tahun 2020-2024 ini terlihat bahwa airtanah di Kawasan kota Jogjakarta

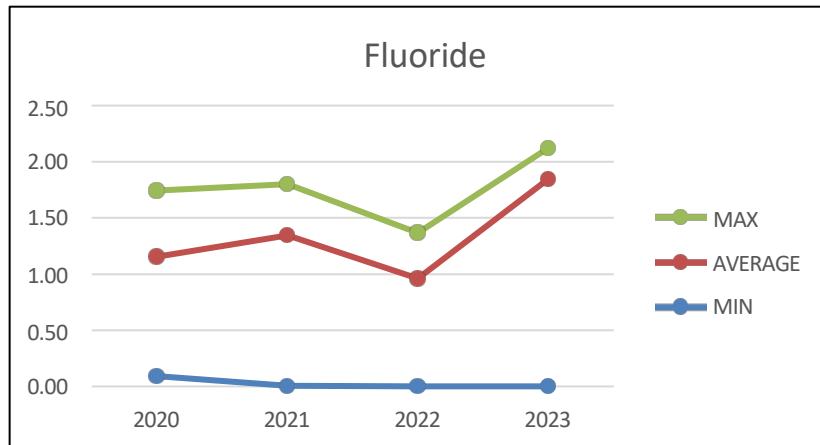
sebagian besar masih dalam tingkat kekeruhan yang rendah alias airtanah di wilayah ini dalam kondisi baik.

#### **4.4 Analisis Trend Kualitas Air Tanah Temporal**

Analisis tren kualitas air tanah secara temporal adalah metode yang digunakan untuk melihat bagaimana nilai parameter kualitas air tanah berubah dari waktu ke waktu. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui pola perubahan kualitas air tanah, apakah semakin baik, semakin buruk, atau tetap stabil dalam jangka waktu tertentu. Dengan menganalisis tren ini, kita bisa memahami bagaimana kualitas air tanah berubah dalam waktu tahunan, musiman, atau bahkan bulanan, serta memahami sejauh mana faktor alami atau aktivitas manusia memengaruhi perubahan tersebut. Dalam penerapannya, analisis tren temporal dilakukan dengan membandingkan data parameter kualitas air, seperti fluoride, pH, TDS, atau kekeruhan, yang dikumpulkan secara berkala dalam rentang waktu tertentu.

Dengan membuat grafik dan melakukan analisis statistik deskriptif, kita dapat mengetahui arah perubahan nilai parameter, termasuk nilai tertinggi, terendah, atau rata-rata dari setiap tahun pengamatan. Hasil analisis tren ini dapat menjadi dasar dalam mengevaluasi status kualitas air tanah dan membantu dalam pengambilan keputusan pengelolaan sumber daya air. Misalnya, jika terjadi tren peningkatan nilai suatu parameter yang melebihi standar mutu, maka hal tersebut dapat menjadi tanda awal adanya kemungkinan pencemaran air tanah yang perlu ditangani.

##### **4.4.1 Fluoride**



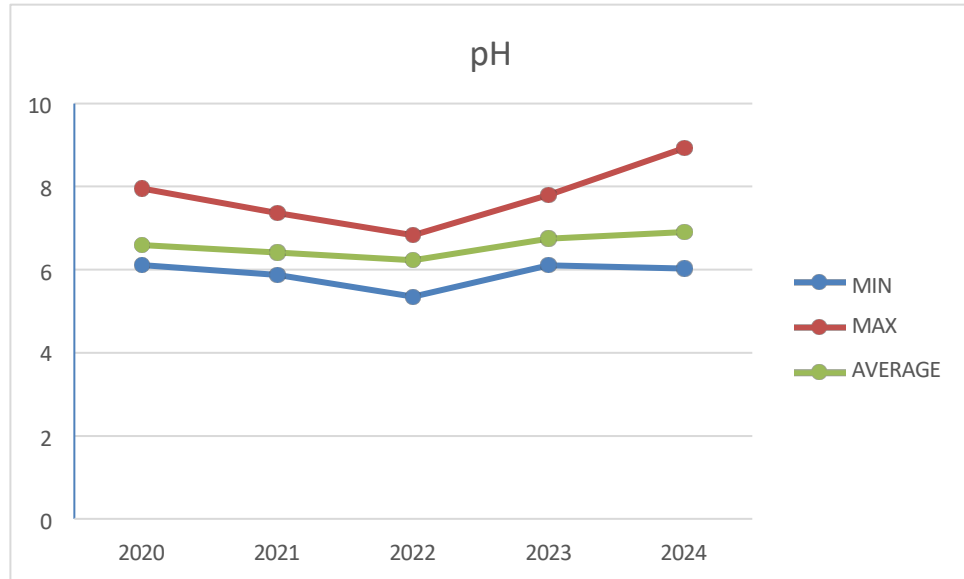
**Gambar 4. 17 Fluoride**

Grafik di atas menunjukkan perubahan kadar fluoride di air tanah dari tahun 2020 hingga 2023. Terdapat tiga garis, masing-masing menggambarkan nilai minimum, maksimum dan rata-rata fluoride untuk setiap tahun. Secara umum, nilai rata-rata fluoride menunjukkan perubahan di beberapa tahun terakhir. Pada tahun 2020 dan 2021, rata-rata kadar fluoride berkisar antara 1,7 hingga 1,8 mg/L. Pada tahun 2022, nilai rata-rata turun ke sekitar 1,4 mg/L. Di tahun 2023, nilai rata-rata kembali naik tajam sampai lebih dari 2,0 mg/L, menunjukkan adanya peningkatan kadar fluoride di beberapa daerah. Nilai maksimum fluoride juga menunjukkan pola serupa. Pada tahun 2020, nilai maksimum sekitar 1,2 mg/L, meningkat hingga 1,4 mg/L di tahun 2021, kemudian turun tajam ke bawah 1,0 mg/L pada tahun 2022. Setelah itu, kembali naik hingga hampir 1,9 mg/L pada tahun 2023. Kenaikan nilai maksimum ini menunjukkan adanya lokasi dengan kadar fluoride tinggi pada tahun 2023, yang berpotensi memerlukan pengawasan lebih ketat. Di sisi lain, nilai minimum fluoride (garis biru) tetap rendah dan stabil dari tahun ke tahun, bahkan mendekati nol sejak tahun 2021 hingga 2023.

Hal ini menunjukkan adanya beberapa lokasi yang memiliki kadar fluoride sangat rendah atau bahkan tidak terdeteksi sama sekali. Secara keseluruhan, tren perubahan menunjukkan bahwa meskipun kadar fluoride minimum tetap rendah dan stabil, nilai maksimum serta rata-rata mengalami

perubahan signifikan, mencerminkan variasi kualitas air tanah dari waktu ke waktu.

#### 4.4.2 pH



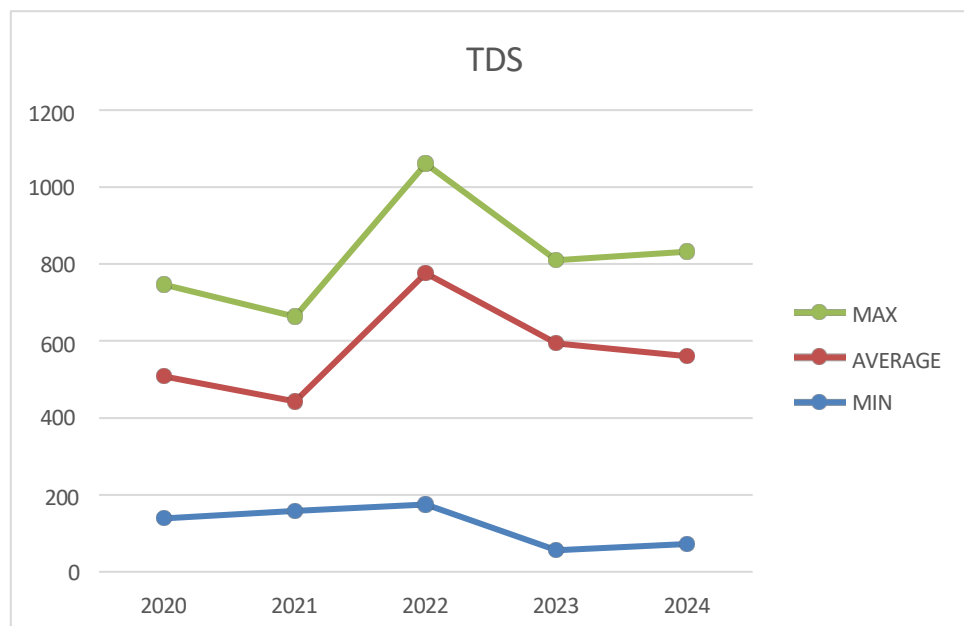
**Gambar 4. 18 pH**

Grafik di atas menunjukkan perubahan nilai pH air tanah selama lima tahun terakhir berdasarkan tiga indikator, yaitu nilai terendah, tertinggi, dan rata-rata. Secara umum, nilai pH rata-rata berada dalam kisaran netral, yakni antara 6,5 hingga 7. Pada awal periode (2020), nilai pH rata-rata sedikit di atas 6,5, lalu mengalami penurunan hingga mendekati 6,2 pada tahun 2022. Namun, tren ini kemudian mulai naik kembali, mencapai sekitar 6,9 pada tahun 2024. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas keasaman air tanah secara keseluruhan masih dalam kisaran normal dan stabil, serta menunjukkan kecenderungan meningkat di akhir masa pengamatan. Nilai pH tertinggi menunjukkan perubahan yang lebih besar. Pada tahun 2020, pH tertinggi mencapai sekitar 8, lalu turun secara bertahap hingga sekitar 6,9 pada tahun 2022. Setelah itu, nilai ini meningkat tajam hingga mencapai sekitar 9 pada tahun 2024. Nilai ini menunjukkan bahwa di beberapa titik, air tanah memiliki sifat agak basa, yang kemungkinan dipengaruhi oleh faktor-faktor geologi atau adanya bahan tertentu yang memengaruhi sifat air. Sementara itu, nilai pH terendah juga menunjukkan pola yang hampir sama. Nilainya menurun dari sekitar 6,1 pada tahun 2020 menjadi nilai terendah sekitar 5,4

pada 2022. Namun, nilai ini kembali naik ke atas 6 pada tahun 2023 dan tetap stabil hingga 2024. Artinya, meskipun ada beberapa titik yang cenderung lebih asam di pertengahan periode, kondisi tersebut mulai membaik di tahun-tahun berikutnya.

Secara keseluruhan, tren perubahan nilai pH menunjukkan fluktuasi yang tidak terlalu besar, tetapi masih dalam rentang aman sesuai standar kualitas air tanah. Peningkatan nilai pH terendah dan tertinggi di akhir periode memberikan indikasi bahwa kondisi kimia air tanah mulai membaik atau sumber pencemar yang memengaruhi sifat keasaman air tanah semakin berkurang.

#### 4.4.3 TDS



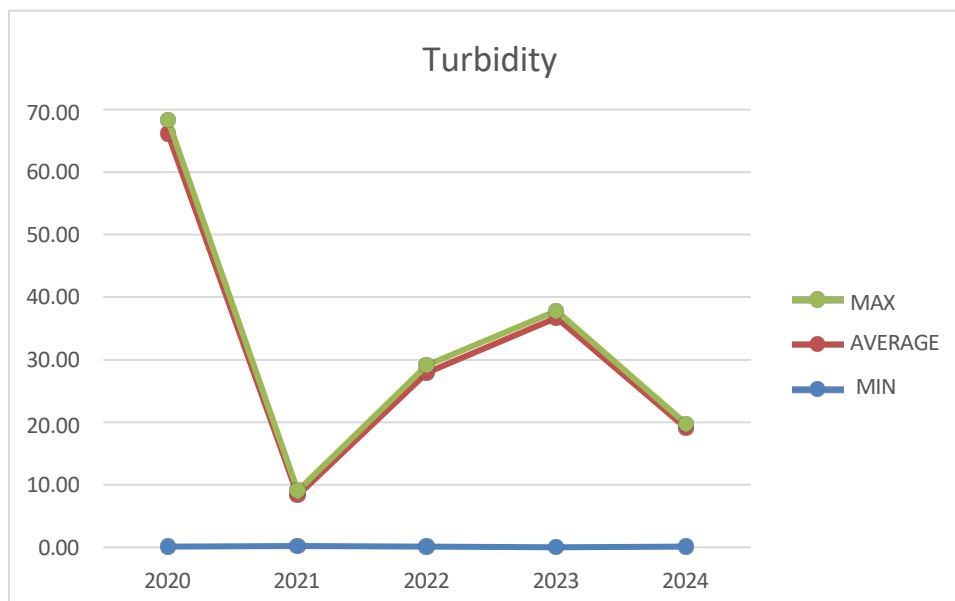
**Gambar 4. 19 TDS**

Grafik di atas menunjukkan perubahan nilai TDS dalam airtanah selama lima tahun, berdasarkan tiga jenis nilai: rata-rata, maksimum dan minimum. Secara umum, nilai rata-rata TDS mengalami perubahan yang cukup besar. Pada awal tahun 2020, nilai rata-rata TDS sekitar 750 mg/L, kemudian turun sampai sekitar 650 mg/L pada tahun 2021. Namun, pada tahun 2022 nilai rata-rata tiba-tiba naik hingga melebihi 1.000 mg/L, menunjukkan adanya peningkatan signifikan zat terlarut dalam air tanah. Setelahnya, nilai rata-rata

kembali menurun ke sekitar 800 mg/L pada tahun 2023 dan 2024, menunjukkan adanya penurunan atau pemulihan konsentrasi zat terlarut. Nilai maksimum TDS memiliki pola yang mirip. Pada tahun 2020, nilai maksimum sekitar 520 mg/L, kemudian sedikit turun di tahun 2021, lalu naik tajam pada tahun 2022 hingga hampir mencapai 800 mg/L. Setelah itu, nilai maksimum kembali menurun menjadi sekitar 600 mg/L pada tahun 2023, serta sedikit lebih rendah lagi di tahun 2024. Kenaikan yang tajam pada tahun 2022 menunjukkan keberadaan beberapa lokasi dengan konsentrasi zat terlarut sangat tinggi, yang mungkin disebabkan oleh masuknya limbah, erosi tanah, atau faktor geologis. Nilai minimum TDS mengalami perubahan paling besar. Dari tahun 2020 hingga 2022, nilai minimum TDS meningkat perlahan dari sekitar 140 mg/L menjadi 180 mg/L. Namun, pada tahun 2023 terjadi penurunan tajam hingga di bawah 80 mg/L, lalu naik kembali sedikit di tahun 2024. Perubahan ini mungkin menunjukkan kondisi air tanah yang lebih jernih, atau memengaruhi oleh perubahan penggunaan lahan dan intensitas curah hujan.

Secara keseluruhan, grafik menunjukkan bahwa tahun 2022 adalah tahun dengan nilai TDS tertinggi, baik rata-rata maupun maksimum, yang kemudian mengalami penurunan di tahun berikutnya. Pola ini mengindikasikan adanya gangguan sementara atau kejadian khusus yang meningkatkan jumlah zat terlarut dalam air tanah, yang perlu lebih dalam dikaji dalam konteks lingkungan setempat.

#### 4.4.4 Turbidity



**Gambar 4. 20 Turbidity**

Grafik di atas menunjukkan perubahan nilai turbidity air tanah selama lima tahun, yang dilihat dari tiga komponen utama yaitu rata-rata, maksimum dan minimum. Pada tahun 2020, nilai turbidity baik rata-rata maupun maksimum mencapai angka tertinggi, masing-masing melebihi 65 NTU. Hal ini menunjukkan tingkat kekeruhan yang sangat tinggi, yang tidak memenuhi standar kualitas air bersih. Kondisi ini mungkin disebabkan oleh masuknya partikel-partikel seperti lumpur, pasir, atau bahan organik ke dalam akuifer. Tahun 2021 menunjukkan penurunan yang sangat tajam, dengan nilai maksimum dan rata-rata hanya sekitar 8 NTU. Tren ini terus berlanjut dengan kenaikan kembali pada tahun 2022, dan mencapai puncaknya pada 2023 dengan nilai maksimum dan rata-rata sekitar 38 NTU. Namun, pada tahun 2024, kembali terjadi penurunan menjadi sekitar 20 NTU. Pola ini menunjukkan bahwa turbidity air tanah mengalami perubahan yang cukup tajam, yang mungkin disebabkan oleh perubahan musim, aktifitas pembukaan lahan, atau curah hujan tinggi yang meningkatkan sedimen ke dalam air tanah. Sementara itu, nilai minimum turbidity hampir mendekati nol dan tidak mengalami perubahan yang signifikan selama lima tahun pengamatan.

Hal ini menunjukkan bahwa di beberapa titik lokasi, air tanah masih jernih, meskipun di titik lain kekeruhan meningkat. Secara keseluruhan, tren turbidity menunjukkan ketidakstabilan kualitas air tanah dari segi kejernihan,

dengan lonjakan besar pada tahun 2020 dan 2023. Perubahan ini perlu dikaji lebih lanjut untuk mengetahui penyebab kekeruhan yang meningkat pada tahun-tahun tersebut, baik dari faktor alam maupun aktivitas manusia.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian tentang kualitas air tanah di Kota Yogyakarta berdasarkan parameter fluoride, dapat disimpulkan bahwa kebanyakan sampel air tanah memiliki kadar fluoride di bawah batas yang ditetapkan dalam Permenkes No. 32 Tahun 2017, yaitu 1,5 mg/L. Namun, ada beberapa lokasi—terutama pada tahun 2023—yang menunjukkan kadar fluoride melebihi batas tersebut, yang menunjukkan ada risiko kesehatan di wilayah tertentu.

Pola penyebaran fluoride di wilayah Kota Yogyakarta menunjukkan bahwa kadar fluoride lebih tinggi dan terpusat di daerah utara kota. Penyebaran ini tidak merata dan terkait dengan kondisi geologi setempat.

Dari analisis terhadap parameter lingkungan dan data pendukung lainnya, disimpulkan bahwa sumber fluoride dalam air tanah tidak dipengaruhi oleh aktivitas manusia secara langsung, karena sumber pencemaran yang berada di kawasan padat penduduk tidak terjadi lonjakan konsentrasi fluoride di kawasan tersebut. Aktivitas manusia seperti limbah rumah tangga hanya berkontribusi pada sebagian kecil konsentrasi fluoride di kawasan kota Jogja. Perlu adanya tindakan lebih lanjut untuk mengetahui sumber utama dari fluoride di kawasan kota Jogja.

#### **5.2 Saran**

Penelitian ini menyarankan agar dilakukan pemantauan berkala terhadap kualitas air tanah, terutama pada parameter fluoride di daerah-daerah yang memiliki konsentrasi tinggi, seperti bagian utara Kota Yogyakarta. Pemantauan ini penting untuk mendeteksi dini adanya potensi bahaya kesehatan akibat paparan fluoride dalam jumlah berlebihan.

Selain itu, penelitian lanjutan juga direkomendasikan untuk meneliti lebih dalam aspek geologis agar dapat ditemukan sumber utama fluoride dalam air tanah, serta menambahkan parameter-parameter kualitas air lainnya untuk memahami lebih baik faktor-faktor yang memengaruhi kontaminasi fluoride.

Pemerintah daerah dan instansi terkait diharapkan dapat memberikan edukasi kepada masyarakat tentang pentingnya menjaga kualitas air tanah, terutama dalam

konsumsi air yang memiliki kadar fluoride aman, serta mendorong pengelolaan air yang lebih berkelanjutan dengan pendekatan berbasis wilayah dan risiko.

## DAFTAR PUSTAKA

- Astriningrum, Y., Suryadi, H., & Azizahwati, A. (2010). Analisis Kandungan Ion Flourida pada Sampel Air Tanah dan Air PAM Secara Spektrofotometri. *Pharmaceutical Sciences and Research*, 7(3). <https://doi.org/10.7454/psr.v7i3.3460>
- Darwis. (2018). *Pengelolaan Air Tanah* (A. Kodir (ed.); 1st ed.). Pena Indis.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan* (7th ed.). Kanisius.
- Handoko, M., & Sutrisno, A. J. (2021). Spatial and Temporal Analysis of Dissolved Oxygen (DO) and Biological Oxygen Demand (BOD) Concentrations in Rawa Pening Lake, Semarang Regency. *Jurnal Geografi Gea*, 21(1), 58–71. <https://doi.org/10.17509/gea.v21i1.32330>
- Karamina, H., Ariani, T. M., & Mujoko, T. (2021). andungan logam berat Fe, Cu, Zn, Pb,Co, Br pada air lindi di tiga lokasi tempat pembuangan akhir (TPA) Dadaprejo,Kota Batu, Dau dn Supit Urang, Kabupaten Malang. *Jurnal Ilmiah Hijau Cendekia*, 6(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.32503/hijau.v6i2.1984>
- Kumalasari, F., & Satoto, Y. (2012). *Teknik praktis mengolah air kotor menjadi air bersih hingga layak diminum*. Niaga Swadaya.
- Kumar, P., Kumar, M., Barnawi, A. B., Maurya, P., Singh, S., Shah, D., Yadav, V. K., Kumar, A., Kumar, R., Yadav, K. K., Gacem, A., Ahmad, A., Patel, A., Alreshidi, M. A., Singh, V., Yaseen, Z. M., Cabral-Pinto, M. M. S., Vinayak, V., & Wanale, S. G. (2024). A review on fluoride contamination in groundwater and human health implications and its remediation: A sustainable approaches. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 106, 104356. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2023.104356>
- Kurniawati, R. D., Kraar, M. H., Amalia, V. N., & Kusaeri, M. T. (2020). Peningkatan Akses Air Bersih Melalui Sosialisasi Dan Penyaringan Air Sederhana Desa Haurpugur. *Jurnal Pengabdian Dan Peningkatan Mutu Masyarakat (JANAYU)*, 1(2). <https://doi.org/10.22219/janayu.v1i2.11784>
- Kusnaedi. (2010). *Mengolah air kotor untuk air minum* (1st ed.). Penebar Swadaya.
- M, H. (2017). Evaluation of Groundwater Suitability for Drinking and Irrigation Purposes in Toba Tek Singh District, Pakistan. *Irrigation & Drainage Systems Engineering*, 06(01). <https://doi.org/10.4172/2168-9768.1000185>
- Nandya, A. F. (2016). *Identifikasi Pusat Pertumbuhan dan WilayahHinterlanddi Kabupaten Sleman*. Universitas Islam Indonesia.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, Dan Pemandian Umum (2017).
- Rachmawati, S., Bernadetta, P., Mardiyanto, M. B., Fil'ardiani, N. U., Khoirunnisa, S., & Arta, Y. P. A. (2024). Kandungan logam berat besi (Fe) dan timbal (Pb) pada air lindi TPA Putri Cempo, Surakarta. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of*

*Environmental Sustainability Management*), 219–232. <https://doi.org/10.36813/jplb.8.2.219-232>

Slamet, J. S. (2009). *Kesehatan Lingkungan* (8th ed.). Gajah Mada University Press.

Suprayogi, S., Marfai, M. A., Cahyadi, A., Latifah, R., & Fatchurohman, H. (2019). Analyzing the Characteristics of Domestic Wastes in Belik River, the Special Region of Yogyakarta, Indonesia. *ASEAN Journal on Science and Technology for Development*, 36(3). <https://doi.org/10.29037/ajstd.591>

Totok, S. (2004). *Teknologi Penyediaan Air Bersih* (5th ed.). Rineka Cipta.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 Tentang Sumber Daya Air (2019).

Wardhana, W. A. (2001). *Dampak Pencemaran Lingkungan* (2nd ed.). Andi.

World Health Organization. (2017, April 24). Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum. *World Health Organization*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>

Zahra, F. S., Putranto, T. T., & Muhammad, F. (2021). Penilaian Kualitas Airtanah untuk Air Minum dan Air Irigasi di Kota Banjarbaru dan Sekitarnya. *Jurnal Geosains Dan Teknologi*, 4(2), 57–71. <https://doi.org/10.14710/jgt.4.2.2021.57-71>

## LAMPIRAN

### 1. Data statistik tahun 2020

#### Lampiran 1 Data statistik tahun 2020

NO	X	Y	TDS	PH	FLUORIDA	TURBIDITY
1	-7.81356944	110.377	225	6.37	0.817	0.17
2	-7.789611111	110.354	174.4	7.14	0.343	0.91
3	-7.814847222	110.367	270	7.16	0.541	0.25
4	-7.790694444	110.373	231	6.38	0.842	0.65
5	-7.796	110.375	262	6.29	0.815	0.53
6	-7.799083333	110.375	225	6.53	0.877	1.55
7	-7.801361111	110.378	188.4	6.74	0.865	1.4
8	-7.793138889	110.368	275	6.550	1.061	1.21
9	-7.792666667	110.357	245	6.26	0.592	0.96
10	-7.784638889	110.36	213	6.370	0.732	0.76
11	-7.784638889	110.365	369	6.11	0.786	0.64
12	-7.791694444	110.364	236	6.520	0.688	0.84
13	-7.785888889	110.378	300	6.48	0.722	0.9
14	-7.793861111	110.364	214	7.950	0.326	0.48
15	-7.788333333	110.372	221	7.280	0.424	0.31
16	-7.780027778	110.367	NS	6.14	0.633	0.53
17	-7.772333333	110.365	NS	6.47	0.689	0.61
18	-7.774194444	110.36	NS	6.33	0.700	0.78
19	-7.776777778	110.353	NS	6.47	0.567	0.83
20	-7.792444444	110.352	NS	6.43	0.851	0.8512
21	-7.783105556	110.354	201	7.370	0.343	1.66
22	-7.793666667	110.352	NS	6.13	0.415	16.5
23	-7.80075	110.358	NS	6.35	0.845	0.38
24	-7.804833333	110.356	NS	6.44	0.688	0.48
25	-7.810666667	110.348	NS	6.34	0.539	0.41
26	-7.80575	110.346	NS	6.550	0.525	0.66
27	-7.801455556	110.358	265	7.930	0.263	0.62
28	-7.799	110.386	NS	6.28	0.571	0.46
29	-7.7965	110.395	NS	6.34	0.826	0.58
30	-7.810888889	110.391	NS	6.31	0.715	0.47
31	-7.814583333	110.386	NS	6.74	0.669	0.61
32	-7.806805556	110.38	NS	6.700	0.812	0.48
33	-7.770363889	110.371	139.2	7.620	0.092	0.53
34	-7.819694444	110.382	210	7.520	0.262	0.3

35	-7.782555556	110.389	227	7.020	0.360	1.12
36	-7.782413889	110.373	228	6.930	0.289	0.28
37	-7.783125	110.366	239	6.280	0.255	1.11
38	-7.783636111	110.356	237	NS	0.318	0.13
39	-7.807805556	110.371	249	6.49	NS	0.3
40	-7.823111111	110.37	291	6.550	NS	0.2
41	-7.814833333	110.374	272	6.36	NS	66
42	-7.810194444	110.376	256	6.39	NS	0.2
43	-7.816694444	110.4	227	6.520	NS	0.5
44	-7.822527778	110.401	279	6.32	NS	0.6
45	-7.814833333	110.374	233	6.47	NS	0.2
46	-7.811472222	110.365	249	6.39	0.67	0.6
47	-7.811638889	110.358	244	6.28	0.77	0.4
48	-7.808277778	110.358	217	6.45	0.65	0.7
49	-7.825666667	110.38	239	6.16	0.34	1.4
50	-7.833055556	110.392	198	6.22	0.37	0.3
51	-7.823472222	110.365	224	6.29	0.54	0.3
52	-7.820194444	110.36	242	6.45	0.53	0.4
53	-7.819027778	110.355	229	6.31	0.60	0.5

## 2. Data statistik tahun 2021

### Lampiran 2 Data statistik tahun 2021

NO	X	Y	TDS	PH	FLUORIDA	TURBIDITY
1	-7.78	110.367	242	6.37	0.6	0.7
2	-7.7723	110.365	169	6.41	0.44	0.3
3	-7.7742	110.36	223	6.35	0.43	0.4
4	-7.7751	110.353	192	6.08	0.007	0.4
5	-7.7925	110.353	236	6.35	0.100	0.2
6	-7.7809	110.381	NS	NS	0.520	0.2
7	-7.7796	110.375	NS	NS	0.410	0.5
8	-7.789	110.377	NS	NS	0.200	0.4
9	-7.7921	110.369	NS	NS	0.300	0.4
10	-7.7808	110.369	NS	NS	0.490	8.1
11	-7.7936	110.368	NS	6.96	0.480	0.3
12	-7.8007	110.358	NS	6.73	0.480	0.2
13	-7.8164	110.4	NS	7.36	0.450	0.2
14	-7.8226	110.401	NS	6.68	0.200	0.4
15	-7.823	110.4	NS	6.69	0.390	1.4
16	-7.8249	110.38	261	6.42	0.400	NS
17	-7.8333	110.376	174	6.27	0.390	NS

18	-7.8117	110.365	254	6.44	0.340	NS
19	-7.8117	110.359	227	6.33	0.440	NS
20	-7.8081	110.358	278	6.55	0.380	NS
21	-7.8491	110.365	215	6.09	0.360	NS
22	-7.7842	110.359	201	6.27	0.500	NS
23	-7.7864	110.378	251	6.52	0.420	NS
24	-7.799	110.375	230	6.42	0.390	NS
25	-7.8012	110.378	168	6.69	0.440	NS
26	-7.7934	110.395	158	5.88	0.360	0.36
27	-7.7991	110.386	219	6.19	0.390	0.37
28	-7.812	110.391	195	6.16	0.790	0.22
29	-7.8117	110.387	264	6.43	0.750	0.31
30	-7.8078	110.38	174	6.44	0.640	1.23
31	-7.7929	110.362	285	5.87	0.350	0.4
32	-7.7927	110.357	229	6.06	1.340	0.2
33	-7.8191	110.355	NS	6.15	0.590	0.2
34	-7.82	110.36	NS	6.73	0.510	0.4
35	-7.8237	110.365	NS	6.29	0.560	0.5

### 3. Data statistik tahun 2022

#### Lampiran 3 Data statistik tahun 2022

NO	X	Y	TDS	PH	FLUORID A	TURBIDIT Y
1	- 7.78005 7	110.3665 9	257	6.24	0.43	0.4
2	-7.77227	110.3646 2	187	6.42	0.5	0.3
3	-7.77439	110.3596 4	241	6.32	0.39	0.2
4	-7.77339	110.3524 5	254	6.35	0.43	0.3
5	-7.79243	110.3525 9	249.5	6.57	0.35	0.25
6	-7.78338	110.3689 1	246	6.2	0.39	0.6
7	-7.78575	110.3610 6	225	6.26	0.37	0.9
8	-7.78664	110.3597 3	208	6.33	0.46	0.3
9	-7.78413	110.3605 2	202	6.34	0.38	0.3

10	-7.78737	110.3586 7	283	6.41	0.37	0.46
11	-7.79427	110.3615 4	343	6.29	NS	0.76
12	-7.77932	110.3689 4	228	6.17	NS	0.28
13	-7.77309	110.3678 3	219	6.14	NS	0.8
14	-7.79535	110.3646	262	6.33	NS	0.29
15	-7.78033	110.3593 2	266	6.34	NS	0.26
16	-7.79194	110.3562 9	272	6.11	NS	0.4
17	-7.79271	110.3524	197	6.48	NS	27.85
18	-7.80069	110.3581 3	221	6.34	NS	0.39
19	-7.7806	110.3560 2	280.5	6.49	NS	0.46
20	-7.80808	110.3580 1	249	6.13	NS	0.24
21	-7.80483	110.3533 7	271	6.08	NS	0.32
22	-7.81061	110.3479 7	233.5	6.26	NS	0.48
23	-7.79192	110.3760 7	207	5.92	NS	0.32
24	-7.78618	110.3890 4	294	5.35	NS	0.39
25	-7.78165	110.3866 4	265	5.8	NS	1.05
26	-7.77961	110.3748 6	283	5.61	NS	0.24
27	-7.78643	110.3777 6	243	5.94	NS	0.32
28	-7.79071	110.3727 7	293	6.07	NS	0.74
29	-7.81652	110.3705 1	278	6.12	NS	0.26
30	-7.80416	110.3835 5	238	6.34	NS	0.44
31	-7.81161	110.3578 5	212	6.13	NS	0.66
32	-7.81908	110.3545 1	188	6.13	NS	0.29
33	-7.82000	110.3599 9	197	6.2	NS	0.25

34	-7.82355	110.3645 6	175	6.19	NS	0.33
35	-7.78914	110.3910 6	180	6.2	NS	0.43
36	-7.78394	110.3837	230	6.03	NS	0.22
37	-7.79022	110.3718 6	219	6.06	NS	0.27
38	-7.79527	110.3730 2	295	6.32	NS	0.27
39	-7.79139	110.3762 7	209.5	6.37	NS	0.26
40	-7.79912	110.3857 7	208	5.98	NS	0.5
41	-7.80124	110.3778 1	189	6.22	NS	0.47
42	-7.79854	110.3752 1	229	6.2	NS	0.58
43	-7.79579	110.3748 8	242	6.1	NS	0.6
44	-7.7975	110.3694 6	187.5	6.3	NS	9.33
45	-7.80197	110.3680 3	275	6.28	NS	0.3
46	-7.82912	110.3785 2	251	6.19	NS	0.3
47	-7.82489	110.3758 1	310	6.35	NS	1.1
48	-7.8195	110.3602 2	317.5	6.51	NS	0.3
49	-7.79208	110.3851 6	250	6.09	NS	1.1
50	-7.79649	110.3945 8	241	6.11	NS	0.3
51	-7.81066	110.3908 3	229	6.35	NS	0.5
52	-7.81204	110.3863 6	291	6.83	NS	2.5
53	-7.80682	110.3802 5	267.5	6.4	NS	0.7
54	-7.78683	110.3879 2	293	6.26	NS	0.4
55	-7.78689	110.3880 3	266.5	6.48	NS	0.5
56	-7.81652	110.4000 4	205	6.15	NS	0.3
57	-7.82255	110.4012 8	331	6.11	NS	0.5

58	-7.82272	110.3992 2	240	6.24	NS	0.7
59	-7.83316	110.3923 6	249	6.22	NS	0.5
60	-7.82573	110.3802	317	6.35	NS	0.5
61	-7.77841	110.3672 1	319	6.1	0.04	0.7
62	-7.78178	110.3709 5	352	6.1	0.001	0.11
63	-7.77748	110.3732 6	335	6.1	0.278	0.30
64	-7.78628	110.3731 1	349	6	0.57	0.53
65	-7.78651	110.3708 8	277	5.9	0.001	1.81
66	-7.81466	110.3694 9	459	6.6	0.2	0.69
67	-7.8171	110.3735 2	601	6.6	0.001	0.10
68	-7.82429	110.3758 4	300	6.5	0.001	1.05
69	-7.81874	110.3682 3	512	6.3	0.96	0.37
70	-7.81021	110.3530 7	503	6.3	0.154	0.25
71	-7.79394	110.3841 6	392	6	0.142	0.32
72	-7.80512	110.3859 6	472	5.9	0.001	0.22
73	-7.8051	110.3904 3	397	5.9	0.001	0.37
74	-7.81059	110.3905 9	463	6.2	0.001	0.5
75	-7.81303	110.3832 3	540	6.2	0.001	0.35
76	-7.77667	110.3682 9	366	6.1	0.077	0.36
77	-7.78528	110.3655 5	311	6.5	0.001	1.68
78	-7.78375	110.3576 3	417	6.3	0.001	2.58
79	-7.76839	110.3510 8	283	6.1	0.883	0.6
80	-7.7731	110.3590 4	411	6.3	0.001	0.94
81	-7.77725	110.3511 4	382	6.1	0.745	0.49

82	-7.81024	110.3757 5	246	6.19	NS	0.4
83	-7.82269	110.3692 8	314	6.34	NS	0.3
84	-7.80788	110.3715 1	278	6.23	NS	0.4
85	-7.81483	110.3739 9	263	6.54	NS	18.9
86	-7.81993	110.3976 2	284	6.19	NS	0.3
87	-7.82227	110.3951 9	216	6.28	NS	0.4
88	-7.82379	110.4005 6	215	6.56	NS	0.6
89	-7.82664	110.4040 8	334	6.34	NS	0.6
90	-7.82516	110.3872 7	224	6.42	NS	1.1
91	-7.82225	110.3859 5	275	6.32	NS	0.5

#### 4. Data statistik tahun 2023

##### Lampiran 4 Data statistik tahun 2023

NO	X	Y	TDS	PH	FLUORID A	TURBIDIT Y
1	-7.80892	110.3583 6	116	6.8	0.654	0.33
2	-7.80892	110.3583 6	144	6.8	0.001	0.39
3	- 7.813363 8	110.3624 3	118	6.6	0.449	0.76
4	- 7.776930 2	110.3528 5	116	6.7	0.001	0.28
5	- 7.774362 1	110.3594 7	133	6.6	0.001	0.51
6	- 7.772414 6	110.3644 4	85	7	0.001	0.96
7	- 7.805825 4	110.3597 1	93	6.5	0.085	1.71

8	- 7.805317	110.3651 5	141	6.6	0.059	0.34
9	- 7.808960 8	110.3679 1	108	6.6	0.174	0.23
10	- 7.780159 7	110.3664 9	105	6.9	0.001	0.78
11	- 7.783214 5	110.3621 0	67	7.1	0.084	0.7
12	- 7.782994 5	110.3556 9	77	6.8	0.001	1.47
13	- 7.790161 7	110.3707 3	138	6.4	0.001	0.34
14	- 7.795413 2	110.3727 2	140	6.5	0.085	0.71
15	- 7.791490 7	110.3760 7	126	6.7	0.016	0.78
16	- 7.794314 9	110.3729 3	108	6.5	0.107	0.61
17	- 7.786408 2	110.3587 1	111	6.8	0.243	1.33
18	- 7.785549 6	110.3607 9	115	6.7	0.112	0.66
19	-7.79257	110.3570 8	112	6.6	0.047	0.35
20	-7.79177	110.3645 4	56	6.5	0.416	0.37
21	-7.79241	110.3525 5	100	6.7	0.214	0.27
22	-7.77314	110.3590 9	204	6.6	1.308	0.34
23	-7.77081	110.3661 2	198	6.8	0.001	0.23
24	-7.77305	110.3678 4	177	6.9	0.001	0.23
25	-7.79363	110.3521 4	247	6.5	0.001	36.7
26	-7.79284	110.3531 6	170	6.4	0.001	0.46

27	-7.79129	110.3507 3	161	6.5	0.207	0.38
28	-7.79538	110.3503 0	368	6.7	0.001	0.27
29	-7.79764	110.3536 7	258	6.6	0.233	0.31
30	-7.79974	110.3525 9	355	7.6	0.643	0.32
31	-7.80994	110.3505 6	254	7.1	0.133	0.33
32	-7.81089	110.3507 5	181	7.8	0.352	0.94
33	-7.81073	110.3480 1	190	7.1	0.113	0.36
34	-7.76836	110.3511 6	178	6.8	0.264	0.34
35	-7.77726	110.3533 3	254	7.6	0.414	0.52
36	-7.77689	110.3561 1	203	7.2	1.190	0.38
37	-7.80199	110.3555 5	200	7	0.128	0.32
38	-7.80537	110.3512 8	97	7.4	0.935	0.39
39	-7.80477	110.3533 8	238	6.9	0.052	0.27
40	-7.78627	110.3873 7	200	6.4	0.001	0.44
41	-7.78386	110.3836 6	168	6.6	0.001	0.34
42	-7.79402	110.3841 9	169	6.6	0.003	0.45
43	-7.78709	110.3873 9	156	6.8	0.126	0.39
44	-7.78618	110.3891 3	144	7.1	0.114	0.37
45	-7.79213	110.3851 8	226	6.6	0.001	0.28
46	-7.78629	110.3753 0	160	6.6	0.037	0.29
47	-7.7871	110.3757 7	137	6.7	0.001	0.38
48	-7.78647	110.3709 6	147	7.2	0.001	0.39
49	-7.78534	110.3838 1	163	7.1	0.021	0.35

50	-7.78645	110.3778 3	327	6.8	0.106	0.55
51	-7.7796	110.3748 4	207	6.5	0.001	0.25
52	-7.7816	110.3763 9	202	6.5	0.209	0.45
53	-7.78179	110.3731 4	193	6.6	0.942	0.45
54	-7.77748	110.3754 5	171	6.6	0.342	0.43
55	-7.80828	110.3602 1	247	6.6	0.364	1.09
56	-7.79544	110.3645 5	204	6.9	0.532	0.39
57	-7.8019	110.3678 0	239	7.1	0.026	0.56
58	-7.78707	110.3880 3	187	7	0.780	0.41
59	-7.78377	110.3745 4	163	6.5	0.565	0.41
60	-7.83663	110.3883 8	222	6.9	0.505	4.98
61	-7.79478	110.3707 8	199	6.4	0.328	0.33
62	-7.79581	110.3723 0	211	6.6	0.023	0.39
63	-7.79581	110.3723 0	187	7	0.853	0.44
64	-7.81901	110.3534 4	209	6.8	0.049	0.55
65	-7.81872	110.3570 8	236	6.8	0.124	0.25
66	-7.81618	110.3583 7	397	6.7	0.01	0.28
67	-7.7786	110.3678 3	157	6.9	0.385	0.59
68	-7.79766	110.3775 9	197	7	0.084	0.64
69	-7.79863	110.3757 5	256	6.8	0.177	0.64
70	-7.81877	110.3602 2	143	6.9	0.261	0.3
71	-7.81928	110.3618 9	149	6.6	0.429	0.37
72	-7.81895	110.3706 7	140	6.5	0.014	0.57

73	-7.82248	110.3993 7	197	6.6	0.233	0.38
74	-7.80298	110.4016 7	119	6.9	0.500	0.3
75	-7.80503	110.3993 8	130	6.9	0.548	0.34
76	-7.80577	110.3773 8	254	6.4	0.215	0.49
77	-7.81122	110.3814 1	201	6.6	0.406	0.33
78	-7.81202	110.3691 0	232	6.3	0.684	0.28
79	-7.81348	110.3954 6	224	6.4	0.377	0.31
80	-7.81776	110.3950 9	200	6.1	0.339	0.39
81	-7.82425	110.3943 4	213	6.4	0.421	0.8
82	-7.83391	110.3916 0	220	6.5	0.190	0.38
83	-7.83203	110.3865 0	184	6.7	0.846	0.36
84	-7.83574	110.3900 8	178	6.6	0.324	0.28
85	-7.82282	110.4046 4	225	6.6	0.457	0.75
86	-7.82662	110.4002 9	186	6.5	0.419	0.41
87	-7.83336	110.3992 0	264	6.7	0.477	0.48
88	-7.7918	110.3647 8	236	6.6	0.632	0
89	-7.7925	110.3572 7	250	6.4	0.517	0.36
90	-7.79402	110.3595 5	259	6.4	0.559	0.46
91	-7.79674	110.3946 7	178	7.1	0.404	0.88
92	-7.79772	110.3825 0	217	6.7	0.464	0.32
93	-7.80011	110.3955 4	192	6.5	0.516	0.43
94	-7.77202	110.3625 7	187	6.6	0.001	0.37
95	-7.78411	110.3551 6	78	6.8	0.375	0.29

96	-7.80148	110.3594 2	114	6.9	1.056	0.45
97	-7.78139	110.3731 3	224	6.5	0.288	0.66
98	-7.78652	110.3736 1	164	6.5	0.397	0.37
99	-7.77735	110.3684 8	143	6.8	0.710	0.33
100	-7.81909	110.3705 8	460	6.9	0.258	0.59
101	- 7.823027 8	110.3694 7	427	6.8	0.001	0.38
102	-7.81802	110.3715 8	455	6.7	0.166	0.53
103	-7.8226	110.4008 5	402	6.4	0.001	0.33
104	-7.82833	110.3997 9	437	6.5	0.001	0.43
105	-7.80342	110.3987 7	410	6.7	0.040	0.56
106	- 7.817261 9	110.3928 3	260	6.7	0.001	18.7
107	- 7.817722 3	110.3935 8	222	6.5	0.209	3.1
108	-7.80479	110.3835 5	162	6.6	0.177	2.11
109	-7.80026	110.3908 3	256	6.9	0.085	0.28
110	-7.81943	110.3937 8	178	7.1	0.262	0.36
111	-7.80017	110.3950 0	209	6.7	0.001	0.27
112	-7.80966	110.3498 5	229	6.6	0.395	0.45
113	-7.79729	110.3532 9	211	6.6	0.181	0.63
114	-7.80075	110.3541 4	255	6.6	0.116	0.51
115	-7.79899	110.3679 7	306	6.9	0.189	0.43
116	-7.81379	110.3586 2	231	6.9	0.388	2.7
117	-7.82131	110.3853 0	209	6.7	0.362	0.28

118	-7.78069	110.3865 3	305	6.6	0.337	1.35
119	-7.7887	110.3873 4	333	6.5	0.001	0.37
120	-7.78891	110.3915 8	371	6.6	0.767	0.59
121	-7.80218	110.3586 0	456	6.7	0.453	0.53
122	-7.79251	110.3631 3	444	6.7	0.001	0.47
123	-7.79519	110.3558 1	538	6.7	0.274	0.64
124	-7.77961	110.3701 6	273	6.7	0.255	25.3
125	-7.78773	110.3562 5	188	6.5	0.736	0.46
126	-7.78459	110.3562 3	218	6.5	0.159	0.5
127	-7.80953	110.3736 9	235	7	0.001	0.74
128	-7.80708	110.3766 1	265	6.6	0.847	0.31
129	-7.80619	110.3769 5	221	6.8	0.524	0.38
130	-7.81506	110.4004 9	347	6.7	0.001	0.81
131	-7.82222	110.4023 5	485	6.3	0.001	0.8
132	-7.82111	110.3980 8	384	6.4	0.001	0.99
133	-7.78221	110.3687 7	165	6.9	0.641	0.37
134	-7.77814	110.3535 8	146	7	0.340	0.61
135	-7.77485	110.3546 5	172	7	0.001	1.3
136	-7.78707	110.3880 3	260	6.9	0.001	0.4
137	- 7.801328 9	110.3848 7	173	7	0.001	0.48
138	-7.82377	110.3922 1	204	6.8	0.467	0.61
139	- 7.832912 3	110.3919 1	163	6.6	0.090	0.65

140	-7.8208	110.3615 3	229	7	0.264	0.4
141	-7.81778	110.3734 4	255	7	0.001	0.62
142	-7.79946	110.3777 6	224	7	0.001	0.41
143	-7.79308	110.3814 6	189	6.8	1.847	0.55
144	-7.80514	110.3611 4	209	7.7	0.001	2.93
145	-7.80522	110.3563 7	211	7.8	0.246	0.81
146	-7.80306	110.3660 2	199	6.9	1.514	0.8
147	-7.8059	110.3628 4	199	6.9	0.001	0.42
148	-7.80624	110.3559 3	185	6.9	0.115	0.38
149	-7.79756	110.3906 2	353	6.7	0.001	0.22
150	-7.80431	110.3919 5	421	6.4	0.343	0.26
151	-7.80977	110.3882 7	454	6.8	0.745	0.29
152	-7.79918	110.3785 0	210	6.6	0.001	0.23
153	-7.79767	110.3716 0	221	6.6	0.001	1.63
154	-7.79955	110.3701 3	227	6.7	0.064	0.2
155	-7.80676	110.3716 1	226	6.9	0.303	0.24
156	-7.8247	110.3629 6	242	6.9	0.555	0.24
157	-7.80978	110.3876 8	123	7.2	0.446	0.38
158	-7.81793	110.3953 6	115	6.8	0.363	2.64
159	-7.78923	110.3588 6	139	6.8	0.001	0.28
160	-7.79781	110.3627 8	282	6.4	0.001	0.32
161	-7.77707	110.3673 6	104	6.8	0.301	0.92

5. Data statistik tahun 2024

**Lampiran 5 Data statistik tahun 2024**

NO	X	Y	TDS	PH	FLUORIDA	TURBIDITY
1	-7.77285	110.36023	164.5	6.7	NS	0.5
2	-7.7735988	110.35781	150.5	6.7	NS	0.2
3	-7.77303531	110.35573	162.6	6.8	NS	0.3
4	-7.774851	110.35602	162.6	6.8	NS	0.3
5	-7.775945	110.35555	218.5	6.8	NS	0.3
6	-7.7794572	110.35909	174.9	7	NS	0.3
7	-7.7792706	110.35917	188.3	7	NS	0.3
8	-7.7789056	110.35929	183.4	6.7	NS	0.3
9	-7.77872459	110.35915	174.1	7.4	NS	0.3
10	-7.77872459	110.35915	137.4	6.4	NS	0.3
11	-7.779184144	110.37462	257	6.7	NS	0.4
12	-7.775583822	110.37012	214	6.6	NS	0.2
13	-7.778968194	110.37159	170.7	6.6	NS	0.3
14	-7.779866371	110.37026	220	6.6	NS	0.9
15	-7.780410073	110.37111	191.5	7	NS	0.3
16	-7.77866025	110.37772	218	6.9	NS	0.3
17	-7.778848875	110.37752	173.5	7.2	NS	0.2
18	-7.779897944	110.37896	165.1	7.3	NS	0.2
19	-7.779781182	110.37997	190.4	7	NS	0.2
20	-7.782026793	110.37733	236.5	7.1	NS	0.3
21	-7.785118693	110.35679	258	7.1	NS	0.3
22	-7.781713994	110.35784	217	7.5	NS	0.3
23	-7.780889635	110.35821	259	7.1	NS	0.3
24	-7.781597371	110.35963	209	7.1	NS	1.3
25	-7.781446041	110.35893	226	7.1	NS	2.2
26	-7.784013521	110.35816	252.5	7.2	NS	0.4
27	-7.784499125	110.35982	331	7.1	NS	0.17
28	-7.785577587	110.36189	250	7.1	NS	0.23
29	-7.784087877	110.36180	194.1	7.1	NS	0.48
30	-7.786281119	110.35842	235	7	NS	0.24
31	-7.786433362	110.35628	258	7.1	NS	0.32
32	-7.786833359	110.35676	234	7.3	NS	2.12
33	-7.787920534	110.35658	185.9	7.1	NS	0.29
34	-7.798684026	110.37634	357	7.2	NS	0.36
35	-7.797339838	110.37492	242	7.3	NS	0.72

36	-7.797174569	110.37222	249	7	NS	0.22
37	-7.797884673	110.37001	266	7.1	NS	0.31
38	-7.795593372	110.39626	250	7.1	NS	0.2
39	-7.797107542	110.39683	270	7.1	NS	0.5
40	-7.800530259	110.38918	285	7	NS	0.2
41	-7.799642517	110.38893	244	7.1	NS	0.5
42	-7.797997754	110.38998	291	6.9	NS	0.3
43	-7.795787523	110.39074	239.5	7	NS	0.3
44	-7.798183899	110.39404	289	7.4	NS	0.3
45	-7.799683378	110.39754	260	7.1	NS	0.3
46	-7.801596379	110.39366	212	7	NS	0.2
47	-7.803207984	110.39247	222	7	NS	0.1
48	-7.805702067	110.39305	238	7	NS	0.2
49	-7.803227791	110.39445	211.5	7.1	NS	1.6
50	-7.802704525	110.36529	330	7.1	NS	0.2
51	-7.802145027	110.36987	297	7.4	NS	0.2
52	-7.802157347	110.37115	314	7.2	NS	1
53	-7.803787326	110.37153	292	7.4	NS	1.4
54	-7.805589049	110.37105	334	7.2	NS	0.5
55	-7.805602979	110.37016	299	7.3	NS	0.3
56	-7.807896134	110.37151	71.9	7.3	NS	0.2
57	-7.806791352	110.37210	92	8	NS	0.2
58	-7.806084202	110.37220	79.6	7.2	NS	0.3
59	-7.804939368	110.37342	76.3	7.3	NS	0.2
60	-7.806915684	110.37017	74.6	7.4	NS	0.2
61	-7.793985003	110.38456	226	7	NS	0.2
62	-7.794338914	110.38723	287	6.9	NS	0.3
63	-7.796416323	110.38626	276	7	NS	0.3
64	-7.79957395	110.38589	199.5	7.1	NS	0.3
65	-7.79981319	110.38537	283	7.1	NS	0.2
66	-7.796445223	110.38189	213	6.9	NS	0.2
67	-7.797091726	110.38165	253.5	7.1	NS	0.3
68	-7.800879169	110.37845	260	6.7	NS	1.3
69	-7.798429782	110.77872	209	7	NS	0.2
70	-7.800902351	110.37496	374	6.9	NS	0.6
71	-7.802887652	110.37534	306	6.9	NS	0.2
72	-7.80242955	110.37742	288.5	6.9	NS	0.2
73	-7.796014372	110.38268	219	6.8	NS	0.4
74	-7.83363634	110.39457	227	6.5	NS	7.7
75	-7.827126079	110.38486	283	6.7	NS	5.8
76	-7.787239533	110.39433	298	6.3	NS	0.4

77	-7.787983715	110.39028	267	6.6	NS	0.4
78	-7.787248703	110.39141	206	6.6	NS	0.3
79	-7.78462865	110.39091	252	6.7	NS	0.4
80	-7.788942255	110.38487	191	6.6	NS	0.3
81	-7.789092366	110.38262	208	6.6	NS	0.5
82	-7.786851537	110.38598	183.9	6.7	NS	0.4
83	-7.782745964	110.38830	244	6.8	NS	0.4
84	-7.782375223	110.38843	259	6.7	NS	0.4
85	-7.782458901	110.38809	257	6.9	NS	0.4
86	-7.791868811	110.35138	189.7	6.7	NS	NS
87	-7.791313555	110.35219	191	6.5	NS	NS
88	-7.785589381	110.35418	187.3	6.6	NS	NS
89	-7.784824095	110.35373	202	6.7	NS	NS
90	-7.78543173	110.35425	170.4	6.75	NS	NS
91	-7.788970672	110.35236	190.7	6.6	NS	NS
92	-7.788955305	110.35206	196.7	6.7	NS	NS
93	-7.788884675	110.35183	252	7.2	NS	NS
94	-7.788733554	110.35145	171.1	6.9	NS	NS
95	-7.79262782	110.35420	177.7	6.72	NS	NS
96	-7.806804664	110.39088	228	6.7	NS	NS
97	-7.805088329	110.38922	273	6.6	NS	NS
98	-7.804629919	110.38962	203	6.7	NS	NS
99	-7.803921374	110.38923	203	6.6	NS	NS
100	-7.806442454	110.39078	278.5	6.6	NS	NS
101	-7.809629719	110.38914	393	6.7	NS	NS
102	-7.808443958	110.38797	424	6.5	NS	NS
103	-7.809625632	110.39421	340	6.8	NS	NS
104	-7.812294349	110.39254	445.5	6.7	NS	NS
105	-7.811551932	110.37621	236	6.6	NS	NS
106	-7.806971458	110.37571	236	6.7	NS	NS
107	-7.802622987	110.37377	254	7	NS	NS
108	-7.803090516	110.37935	333	6.6	NS	NS
109	-7.805963869	110.37916	253.5	6.4	NS	NS
110	-7.805120587	110.37605	226	6.9	NS	NS
111	-7.804803858	110.37547	357	7.8	NS	NS
112	-7.810976205	110.37767	228	6.8	NS	NS
113	-7.811155304	110.37863	218	6.4	NS	NS
114	-7.812170999	110.37902	239.5	6.6	NS	NS
115	-7.804566022	110.38575	189	6.8	NS	NS
116	-7.804882416	110.38570	222	6.6	NS	NS
117	-7.805388286	110.38552	263	6.9	NS	NS

118	-7.805589697	110.38466	276	6.9	NS	NS
119	-7.805710217	110.38359	290.5	6.5	NS	NS
120	-7.80589871	110.38025	292	6.6	NS	0.3
121	-7.807472948	110.38046	325	6.8	NS	2.4
122	-7.8107025	110.38168	369	6.6	NS	0.4
123	-7.809583514	110.38436	489	6.6	NS	0.4
124	-7.808975701	110.38422	299.5	6.5	NS	0.5
125	-7.776581878	110.35368	333	6.8	NS	0.3
126	-7.760293006	110.35257	352	6.6	NS	0.2
127	-7.773757626	110.35129	226	6.8	NS	0.4
128	-7.780897899	110.35367	349	7.7	NS	8.3
129	-7.779646318	110.35555	303	6.8	NS	0.3
130	-7.77659143	110.35709	324	6.8	NS	0.8
131	-7.777720886	110.35485	262.5	7.2	NS	0.2
132	-7.781892547	110.38683	414	6.6	NS	0.5
133	-7.781989832	110.38513	362	6.8	NS	0.4
134	-7.781991409	110.38295	393	6.7	NS	0.3
135	-7.783756364	110.38046	373	6.6	NS	0.3
136	-7.787812893	110.37977	367	6.6	NS	0.2
137	-7.783884268	110.38278	426	6.6	NS	0.3
138	-7.784495445	110.38757	289	6.5	NS	0.4
139	-7.797909705	110.35883	323	6.03	NS	0.2
140	-7.798494028	110.35867	389	6.06	NS	0.2
141	-7.796749215	110.35786	332	6.16	NS	0.2
142	-7.796651531	110.36135	390	6.2	NS	0.2
143	-7.799187163	110.35565	384	6.22	NS	0.2
144	-7.795994366	110.35586	444.5	6.27	NS	0.2
145	-7.815122	110.36315	217	7.36	NS	0.18
146	-7.817408	110.36420	197	7.46	NS	0.11
147	-7.817716	110.36569	400	7.29	NS	0.2
148	-7.817663	110.36225	236	7.48	NS	0.08
149	-7.820131	110.36344	200	7.58	NS	0.1
150	-7.82126	110.36380	209	8.69	NS	0.13
151	-7.82302	110.36329	271	8.76	NS	0.09
152	-7.8253034	110.36369	275	8.87	NS	0.07
153	-7.8256193	110.36455	291	8.9	NS	0.07
154	-7.8201939	110.36497	243	8.91	NS	0.1
155	-7.822886	110.36515	251	8.83	NS	0.29
156	-7.823091	110.36727	250	8.88	NS	0.27
157	-7.819668	110.36607	248	8.86	NS	0.09
158	-7.8208	110.36655	220	8.88	NS	0.07

159	-7.817478	110.36679	285	8.91	NS	0.07
160	-7.819782	110.36628	231	8.93	NS	0.08
161	-7.91029109	110.38372	272	6.79	NS	0.2
162	-7.791732552	110.37989	372	6.88	NS	0.2
163	-7.79305754	110.37947	351	6.91	NS	0.2
164	-7.793616164	110.37946	375	6.89	NS	0.2
165	-7.794794312	110.38056	255	6.79	NS	0.3
166	-7.796728193	110.37943	308	6.98	NS	0.2
167	-7.798108017	110.38061	317	6.92	NS	0.3
168	-7.792653331	110.38438	331	6.7	NS	0.2
169	-7.793855161	110.38723	318	6.76	NS	0.2
170	-7.79125621	110.38830	420	6.47	NS	0.4
171	-7.791210751	110.38861	380	6.8	NS	0.2
172	-7.790069689	110.39038	394	6.64	NS	0.3
173	-7.789465013	110.39131	414	6.74	NS	0.2
174	-7.789399596	110.39727	334.5	7.39	NS	10.3
175	-7.808168789	110.34554	288	6.72	NS	0.3
176	-7.808704343	110.34544	279	6.8	NS	0.3
177	-7.809650234	110.34645	266	6.73	NS	0.3
178	-7.810706883	110.34699	268	6.82	NS	0.5
179	-7.811195352	110.35069	278	6.92	NS	0.4
180	-7.813280314	110.35099	314	7.12	NS	0.3
181	-7.809321439	110.35208	295.5	7.2	NS	0.2
182	-7.789999961	110.38029	176.5	6.93	NS	0.4
183	-7.791066849	110.37376	193	6.86	NS	0.4
184	-7.796339205	110.38258	143.5	6.75	NS	0.3
185	-7.787983172	110.38789	200	6.84	NS	0.2
186	-7.788052223	110.36899	168	6.92	NS	0.4
187	-7.80860299	110.35903	232	6.66	NS	0.5
188	-7.808946032	110.35578	186.6	6.7	NS	0.2
189	-7.182899327	110.35560	139.7	6.68	NS	0.4
190	-7.791990943	110.35627	266	6.77	NS	0.3
191	-7.819099493	110.35450	174.3	6.8	NS	0.3
192	-7.802918072	110.35533	220	6.68	NS	0.2
193	-7.801641612	110.35560	229	6.7	NS	0.3
194	-7.802982555	110.35949	251	6.71	NS	0.2
195	-7.802900495	110.35839	194.4	6.89	NS	0.2
196	-7.801863488	110.35856	191.1	6.82	NS	0.3
197	-7.788682444	110.35648	325	6.74	NS	0.7
198	-7.790301288	110.35931	254	6.65	NS	0.4
199	-7.791751716	110.35862	269	6.69	NS	0.4

200	-7.794250639	110.35887	344	6.61	NS	0.4
201	-7.795641139	110.35978	348	6.82	NS	0.5
202	-7.795268904	110.36070	302	6.98	NS	0.3
203	-7.813758964	110.37357	366	6.8	NS	4
204	-7.812744937	110.37078	268	6.76	NS	0.7
205	-7.810607377	110.37073	325	6.88	NS	0.7
206	-7.810901676	110.37353	289	6.64	NS	0.3
207	-7.80973872	110.37369	254	7.32	NS	0.9
208	-7.808836693	110.37346	387	6.77	NS	0.4
209	-7.808062737	110.37380	379.5	6.87	NS	1
210	-7.82218718	110.39658	212	6.77	NS	1
211	-7.809293955	110.36922	304	7.3	NS	0.4
212	-7.818157183	110.37305	266	7.01	NS	0.2
213	-7.800790826	110.36716	311	7.2	NS	4.3
214	-7.817352824	110.39376	259	6.93	NS	1
215	-7.792139277	110.37676	265	6.59	NS	0.3
216	-7.793937087	110.37599	240	6.85	NS	0.2
217	-7.794256669	110.37531	246	6.66	NS	0.4
218	-7.795458158	110.37501	265	6.59	NS	0.3
219	-7.796191634	110.37475	257	6.77	NS	0.3
220	-7.796420214	110.37600	217	6.79	NS	0.3
221	-7.784770836	110.36461	252	6.66	NS	0.3
222	-7.786070781	110.36411	285	6.79	NS	0.2
223	-7.788728888	110.36820	325	7.16	NS	0.4
224	-7.787932958	110.36802	254	6.88	NS	0.3
225	-7.785048514	110.36925	248	6.86	NS	0.3
226	-7.786441572	110.36789	253	6.79	NS	0.3
227	-7.818877683	110.37429	250	6.94	NS	2
228	-7.820002936	110.37405	315	6.91	NS	0.3
229	-7.816861392	110.37359	277	7.27	NS	0.3
230	-7.822529754	110.37539	231	7.3	NS	7.2
231	-7.817329943	110.37463	225.5	6.97	NS	0.3
232	-7.815715976	110.36913	265	6.87	NS	0.4
233	-7.815806209	110.36977	310	6.95	NS	0.4
234	-7.816705736	110.37240	274	7.06	NS	0.5
235	-7.817078968	110.37252	276	7.05	NS	0.8
236	-7.816273723	110.37380	238	6.94	NS	1.3
237	-7.816304425	110.37580	339.5	7.56	NS	0.3
238	-7.78049973	110.36846	176.5	6.92	NS	3.5
239	-7.779581336	110.36840	225	6.76	NS	0.4
240	-7.781777087	110.36885	264	6.72	NS	0.6

241	-7.781686583	110.37123	302.5	7.24	NS	0.4
242	-7.780365011	110.36600	230	6.92	NS	0.6
243	-7.779362864	110.36616	348	6.54	NS	1
244	-7.781363831	110.36477	256	6.68	NS	0.4
245	-7.781536983	110.36126	248.5	7.08	NS	0.9
246	-7.836371685	110.39417	256	6.67	NS	0.3
247	-7.835921495	110.39235	315	6.86	NS	1.2
248	-7.835063594	110.39274	246	6.79	NS	0.3
249	-7.832960105	110.39363	217	6.6	NS	0.4
250	-7.829323257	110.39021	332	7.02	NS	0.5
251	-7.82842521	110.39346	273	6.8	NS	0.3
252	-7.832677631	110.39250	277	6.45	NS	0.5
253	-7.834839598	110.38937	321	6.88	NS	0.6
254	-7.833133344	110.39015	257	6.74	NS	0.4
255	-7.825701176	110.38903	357	6.69	NS	0.5
256	-7.824917214	110.38784	232.5	6.56	NS	0.7
257	-7.821186448	110.39922	269	6.7	NS	0.4
258	-7.820846386	110.39811	307	6.7	NS	0.5
259	-7.819608792	110.39579	356	6.56	NS	0.4
260	-7.81693584	110.39488	286	6.62	NS	0.3
261	-7.815626029	110.39233	288	6.66	NS	0.4
262	-7.825612431	110.39194	273.5	6.73	NS	0.4
263	-7.823416007	110.39784	440	6.56	NS	0.5
264	-7.82449745	110.39809	325	6.81	NS	0.3
265	-7.824136394	110.39910	265	6.75	NS	0.3
266	-7.823518329	110.39920	241	6.84	NS	0.6
267	-7.822881483	110.39890	254.5	6.79	NS	0.2
268	-7.823353404	110.39772	320	6.55	NS	0.5
269	-7.823347974	110.39777	370	6.35	NS	0.7
270	-7.76970434	110.36226	308	6.64	NS	1.1
271	-7.769552912	110.36255	292	6.89	NS	0.5
272	-7.772096453	110.36458	208	7.23	NS	0.4
273	-7.772521956	110.36557	194	7.06	NS	0.3
274	-7.77548403	110.36521	274.5	6.72	NS	0.3
275	-7.772240906	110.36813	184.7	6.75	NS	0.34
276	-7.772681296	110.36830	185.1	6.88	NS	0.53
277	-7.772852069	110.36231	196.3	6.71	NS	0.31
278	-7.777055746	110.36156	195	6.64	NS	0.4
279	-7.778221903	110.36218	171.3	6.65	NS	0.27
280	-7.779104916	110.36170	196.7	6.78	NS	0.5
281	-7.788648993	110.36457	190.3	6.78	NS	0.3

282	-7.791456854	110.36472	248	6.62	NS	0.3
283	-7.791304777	110.36312	318	6.56	NS	0.5
284	-7.792817517	110.36174	295	6.73	NS	0.7
285	-7.792663824	110.36478	271	6.7	NS	0.4
286	-7.794633265	110.36471	248	6.87	NS	0.4
287	-7.795072148	110.36175	264	6.65	NS	0.5
288	-7.783322093	110.37114	215	6.69	NS	0.5
289	-7.787125665	110.36843	223	6.86	NS	0.2
290	-7.789080789	110.37238	219	6.67	NS	0.3
291	-7.788254878	110.37655	247	6.53	NS	5.3
292	-7.785704587	110.37789	244	6.79	NS	0.3
293	-7.77694649	110.35477	233	6.91	NS	1
294	-7.818802141	110.35159	284	7.1	NS	0.4
295	-7.817621669	110.35432	301	6.91	NS	0.5
296	-7.816132301	110.35551	321	6.71	NS	0.4
297	-7.814678599	110.35243	204	7.3	NS	2.1
298	-7.813665648	110.35431	271	6.96	NS	0.3
299	-7.811873912	110.35366	253	7	NS	0.2
300	-7.81069937	110.35247	321	6.39	NS	1.5
301	-7.808708946	110.35461	369.5	7.09	NS	0.6
302	-7.797449544	110.36955	301	6.9	NS	0.4
303	-7.7995416	110.37019	314	7.01	NS	0.2
304	-7.79681131	110.36739	338	6.87	NS	0.3
305	-7.797901026	110.36249	334	7.01	NS	0.3
306	-7.803341851	110.36093	272	6.86	NS	0.6
307	-7.802290043	110.36116	266	7.08	NS	0.3
308	-7.802473845	110.36321	277.5	6.77	NS	0.4
309	-7.779881655	110.35644	280	6.92	NS	0.8
310	-7.779904481	110.35612	286	7.02	NS	0.6
311	-7.793223259	110.35248	193.5	6.6	NS	1.1
312	-7.798024773	110.35132	245	6.61	NS	0.2
313	-7.798680144	110.35289	274	6.87	NS	0.2
314	-7.79874817	110.35360	218	6.74	NS	0.3
315	-7.799127168	110.35500	276	6.94	NS	0.2
316	-7.795707648	110.35503	270	7.02	NS	0.3
317	-7.794889917	110.35386	224.5	6.98	NS	1.3
318	-7.814378621	110.38597	323	6.71	NS	0.3
319	-7.812490855	110.38864	351	6.69	NS	0.7
320	-7.816791058	110.38849	356	6.99	NS	0.4
321	-7.816108033	110.37970	226	6.79	NS	0.4
322	-7.812058116	110.38186	283.5	6.72	NS	0.7

323	-7.818584909	110.38498	301	6.72	NS	0.4
324	-7.822068234	110.38960	310	6.75	NS	0.4
325	-7.823764274	110.39177	311	6.95	NS	0.4
326	-7.819634598	110.39116	290	6.81	NS	0.7
327	-7.814219345	110.39327	335.5	6.87	NS	0.9
328	-7.805920774	110.36113	323	6.74	NS	0.2
329	-7.806760857	110.36123	214	7.02	NS	3
330	-7.807603132	110.36049	256	6.65	NS	0.3
331	-7.807283501	110.35894	241	6.97	NS	0.2
332	-7.805765616	110.35719	246	6.71	NS	0.2
333	-7.807751272	110.35656	243	6.84	NS	0.3
334	-7.808944412	110.35646	254	6.98	NS	0.3
335	-7.808844123	110.36450	218	6.71	NS	1.3
336	-7.809505038	110.36563	270	6.98	NS	1
337	-7.807157526	110.36671	284	6.85	NS	0.3
338	-7.807690625	110.36755	246	6.91	NS	0.5
339	-7.80753045	110.36858	241	6.95	NS	2.3
340	-7.812472536	110.36662	242	6.97	NS	0.3
341	-7.812772904	110.36605	230.5	6.94	NS	0.4
342	-7.822381427	110.40145	358	6.69	NS	0.5
343	-7.824912663	110.40072	321	6.46	NS	0.4
344	-7.829602073	110.40195	341	6.85	NS	0.5
345	-7.83013353	110.40370	392	7.08	NS	0.6
346	-7.829350213	110.40412	437	6.86	NS	0.5
347	-7.828162232	110.40224	389	6.68	NS	0.4
348	-7.829028032	110.40172	474.5	6.61	NS	0.4
349	-7.811578796	110.36186	251	6.99	NS	0.5
350	-7.811258966	110.35779	352	6.93	NS	0.2
351	-7.811299124	110.35743	336	7.05	NS	0.3
352	-7.812553694	110.35882	317	6.75	NS	0.3
353	-7.812627274	110.35771	288	6.82	NS	3
354	-7.808767079	110.35894	388	6.71	NS	0.3
355	-7.808829726	110.36239	279.5	6.93	NS	0.3
356	-7.804560622	110.40057	322	6.6	NS	0.6
357	-7.805367894	110.40001	260	6.77	NS	0.3
358	-7.805687875	110.39859	269	6.81	NS	0.3
359	-7.809564187	110.39534	272	6.89	NS	0.5
360	-7.811253999	110.39487	286	6.69	NS	0.3
361	-7.812110356	110.39944	260	6.96	NS	0.3
362	-7.813974983	110.39685	298.5	6.75	NS	0.3
363	-7.794144731	110.36950	293	6.85	NS	0.5

364	-7.795675781	110.36926	471	6.91	NS	0.9
365	-7.795039685	110.36981	317	6.75	NS	0.4
366	-7.793805111	110.36816	403	6.61	NS	0.3
367	-7.79219297	110.36776	332	6.9	NS	0.5
368	-7.79249851	110.36734	306	6.76	NS	0.3
369	-7.791434558	110.36804	324.5	6.91	NS	0.8
370	-7.819358444	110.35895	263	6.95	NS	1
371	-7.819640306	110.35708	300	6.73	NS	0.3
372	-7.815079955	110.35973	305	7.12	NS	4.4
373	-7.815910635	110.36084	347	6.63	NS	0.3
374	-7.816851005	110.35893	302	6.77	NS	0.3
375	-7.822313695	110.36076	309	7.69	NS	0.5
376	-7.823343212	110.35902	349.5	6.92	NS	0.3
377	-7.794396999	110.37018	298	6.77	NS	0.3
378	-7.794234137	110.37009	290	6.71	NS	0.3
379	-7.793534729	110.36997	345	6.89	NS	0.3
380	-7.791063599	110.36914	332	6.78	NS	0.3
381	-7.790110905	110.36912	240	7.02	NS	0.4
382	-7.802373765	110.35182	322	6.76	NS	0.3
383	-7.801807651	110.35223	374	6.76	NS	0.4
384	-7.803455213	110.35170	311	7.07	NS	0.3
385	-7.803153732	110.35083	316	6.86	NS	0.3
386	-7.804579641	110.34835	358	6.55	NS	0.3
387	-7.806430325	110.35220	333	6.61	NS	0.3
388	-7.806211147	110.35327	374	6.58	NS	0.3
389	-7.786833796	110.38800	212	7.18	NS	0.3
390	-7.786859407	110.38786	234	6.74	NS	0.3
391	-7.814975972	110.37758	251	6.69	NS	0.3
392	-7.819421676	110.38088	252	6.93	NS	1
393	-7.818490958	110.38109	344	6.75	NS	0.3
394	-7.818529179	110.37839	263	7.06	NS	0.4
395	-7.820002286	110.37688	247	6.62	NS	0.4
396	-7.818515683	110.37672	246	6.75	NS	19
397	-7.821640398	110.37861	187.4	6.77	NS	0.3
398	-7.820443202	110.37859	206	6.97	NS	0.2
399	-7.823695334	110.37682	230	7.14	NS	0.3
400	-7.827180971	110.37658	250	6.74	NS	0.2

## **RIWAYAT HIDUP**



Almas Dwika Handi lahir di Sangata pada tanggal 10 Mei 2000. Ia merupakan anak ke-2 dari 3 bersaudara dalam keluarga bapak Suhardi dan Sri Handayani. Sejak kecil, sampai umur 12 tahun ia tumbuh dan besar di kota Sangata dan berlanjut menempuh studi di kota Solo yang memberikan banyak pengalaman hidup sederhana namun bermakna.

Masa remajanya dilalui di Pondok Pesantren Assalaam Solo, tempat ia mulai aktif dalam berbagai kegiatan organisasi siswa dan perlombaan akademik maupun non-akademik. Ia lulus dari SMA pada tahun 2018. Setelah lulus dari sekolah menengah atas, ia lanjut menempuh studi ke Universitas Islam Indonesia yang terletak di kota Yogyakarta dengan studi sarjana Teknik Lingkungan.