

TA/TL/2025/2035



JURUSAN  
TEKNIK LINGKUNGAN

## **TUGAS AKHIR**

### **Analisis Nitrat dan Nitrit Terhadap Kerentanan Kualitas Air Tanah Di Kecamatan Kraton, Kota Yogyakarta Menggunakan Metode *Susceptibility Index* (SI)**

**Muhammad Wijdan Bariq'**

**21513001**

**Dosen Pembimbing 1:**

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

**Dosen Pembimbing 2:**

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

**Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana**

**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**

**Universitas Islam Indonesia**

**2025**



DEPARTMENT  
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

## **BACHELOR THESIS**

**Analysis of Nitrate and Nitrite on Groundwater Quality  
Vulnerability in Kraton District, Yogyakarta City, Using the  
*Susceptibility Index (SI) Method***

**Muhammad Wijdan Bariq'**

**21513001**

**Supervisor 1:**

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

**Supervisor 2:**

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

**Environmental Engineering Bachelor Program**

**Faculty of Civil Engineering and Planning**

**Universitas Islam Indonesia**

**2025**

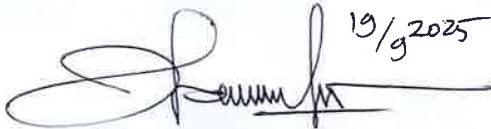
**LEMBAR PENGESAHAN**  
**TUGAS AKHIR**

**Analisis Nitrat dan Nitrit Terhadap Kerentanan Kualitas Air Tanah Di  
Kecamatan Kraton, Kota Yogyakarta, Menggunakan Metode  
*Susceptibility Index (SI)***

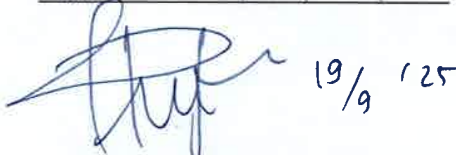
Tugas akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

**Muhammad Wijdan Bariq'**  
**21513001**

Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal 17 September 2025 dan disetujui oleh:

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

(Pembimbing 1)

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

(Pembimbing 2)

  
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, 17 September 2025

Yang membuat pernyataan,



Muhammad wijdan Bariq

21513001

## PRAKATA

**Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,**

Alhamdulillahirobbil'alamin puji dan syukur selalu dipanjatkan kehadirat Allah subhanahu wa ta'ala karena berkat rahmat, nikmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul "Analisis Nitrat dan Nitrit Terhadap Kerentanan Kualitas Air Tanah Di Kecamatan Kraton, Kota Yogyakarta, Menggunakan Metode *Susceptibility Index* (SI)". Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan berbagai tantangan yang akhirnya dapat diatasi berkat adanya kontribusi dalam membantu, membimbing dan memberikan dukungan kepada penulis, baik secara moral maupun spiritual. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat yang diberikan, kemudahan serta kelancaran yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini.
2. Kedua orang tua, kakak dan adik tersayang yang selalu mengirimkan do'a, dukungan dan kepercayaan penuh kepada penulis sejak awal kuliah hingga akhir dalam menempuh pendidikan S1 ini.
3. Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res. Eng.), Ph.D. selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan arahan serta saran kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
5. Ibu Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.

6. Prof. Dr.Ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc., I.P.M., ASEAN Eng. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan review, kritik, dan saran kepada penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir.
7. Seluruh dosen, staff, dan keluarga besar Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu dan pengalaman kepada penulis selama masa perkuliahan.
8. Seluruh staff laboran yang telah mebantu dan mengarahkan penulis dalam melakukan penelitian di laboratorium untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Teman-teman terdekat penulis yang selalu kebersamai dan mendukung selama masa perkuliahan ini dan teman-teman Program Studi Teknik Lingkungan Angkatan 2021.

Demikian prakata yang dapat penulis sampaikan, penulis menyadari masih banyak kekurangan dan kesalahan karena keterbatasan ilmu pengetahuan dari penulis yang terdapat di dalam Laporan Tugas Akhir ini. Penulis menerima segala kritik dan saran yang dapat membangun untuk menyempurnakan Laporan Tugas Akhir dan kemajuan yang lebih baik terhadap penulis. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak yang membaca.

**Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.**

Sleman, 17 September 2025

Muhammad Wijdan Bariq'

# **Analisis Nitrat dan Nitrit Terhadap Kerentanan Kualitas Air Tanah Di Kecamatan Kraton, Kota Yogyakarta, Menggunakan Metode *Susceptibility Index* (SI)**

Mahasiswa : Muhammad Wijdan Bariq'  
NIM : 21513001  
Program Studi : Teknik Lingkungan - Program Sarjana  
Pembimbing 1 : Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D.  
Pembimbing 2 : Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.

## **Abstrak**

Air tanah merupakan sumber daya utama yang rentan terhadap pencemaran, terutama di wilayah padat penduduk seperti Kecamatan Kraton, Kota Yogyakarta. Permasalahan kualitas air tanah di wilayah ini diduga dipengaruhi oleh aktivitas domestik. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur konsentrasi nitrat dan nitrit yang ada dalam air tanah, menganalisis dampaknya terhadap kualitas air, mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi sebaran pencemaran, serta memetakan tingkat kerentanan air tanah terhadap kontaminasi menggunakan metode *Susceptibility Index* (SI). Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan pengumpulan data primer (pengujian laboratorium kualitas air tanah dan kuesioner masyarakat) serta data sekunder (peta tata guna lahan, curah hujan, litologi akuifer, topografi, dan data kedalaman air tanah). Analisis spasial dilakukan dengan dukungan Sistem Informasi Geografis (GIS) untuk menggambarkan pola kerentanan pada tahun 2023 dan 2025 menggunakan *software Arcgis Pro*. Hasil menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Kraton tergolong dalam kategori kerentanan tinggi hingga sangat tinggi, terutama di Kelurahan Panembahan dan Kadipaten. Nilai kerentanan dari *Susceptibility Index* berkisar antara 56,55 hingga 83,87. Meskipun konsentrasi nitrat dan nitrit masih di bawah ambang batas Permenkes No. 2 Tahun 2023, pola distribusi kerentanan menunjukkan perlunya pengelolaan berkelanjutan. Faktor dominan penyebab kerentanan adalah kedalaman muka air tanah, penggunaan lahan, serta media akuifer.

Kata kunci: *Air Tanah, Kerentanan, Kualitas, Nitrat, Nitrit Susceptibility Index*

# **Analysis of Nitrate and Nitrite on Groundwater Quality Vulnerability in Kraton District, Yogyakarta City, Using the *Susceptibility Index (SI) Method***

*Student* : Muhammad Wijdan Bariq'  
*Student Number* : 21513001  
*Study Program* : Environmental Engineering – Bachelor Program  
*Supervisor 1* : Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D.  
*Supervisor 2* : Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.

## ***Abstract***

*Groundwater is a primary resource vulnerable to pollution, particularly in densely populated areas such as the Kraton District in Yogyakarta City. Groundwater quality problems in this region are suspected to be influenced by domestic activities. This study aims to measure the concentration of nitrates and nitrites in groundwater, analyze their impact on water quality, identify factors that affect the distribution of pollution, and map the level of vulnerability of groundwater to contamination using the Susceptibility Index (SI) method. This study uses a qualitative approach by collecting primary data (groundwater quality laboratory testing and community questionnaires) as well as secondary data (land use maps, rainfall, aquifer lithology, topography, and groundwater depth data). Spatial analysis was carried out with the support of Geographic Information Systems (GIS) to describe vulnerability patterns in 2023 and 2025 using ArcGIS Pro software. The vulnerability value of the Susceptibility Index ranges from 56,55 to 83,87. Although the concentration of nitrate and nitrite remains below the threshold specified in Minister of Health Regulation No. 2 of 2023, the pattern of vulnerability distribution indicates a need for sustainable management. The primary factors contributing to vulnerability are groundwater depth, land use, and aquifer media.*

*Key words: Groundwater, Susceptibility, Quality, Nitrate, Nitrite,  
Susceptibility Index*

## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| PRAKATA .....                                    | i    |
| Abstrak.....                                     | iii  |
| DAFTAR ISI .....                                 | v    |
| DAFTAR TABEL .....                               | viii |
| DAFTAR GAMBAR.....                               | ix   |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                            | x    |
| BAB I PENDAHULUAN .....                          | 1    |
| 1.1 Latar Belakang.....                          | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                         | 3    |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                       | 3    |
| 1.4 Manfaat Penelitian.....                      | 3    |
| 1.5 Ruang Lingkup .....                          | 4    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....                    | 5    |
| 2.1 Air Tanah.....                               | 5    |
| 2.1.1 Zona Air Tanah.....                        | 6    |
| 2.1.2 Jenis-Jenis Akuifer .....                  | 7    |
| 2.1.3 Jenis-Jenis Lapisan Pembawa Air tanah..... | 9    |
| 2.2 Kerentanan Air Tanah .....                   | 10   |
| 2.3 Kualitas Air Tanah.....                      | 11   |
| 2.3.1 Nitrat.....                                | 13   |
| 2.3.2 Nitrit.....                                | 13   |
| 2.4 Dampak Nitrat dan Nitrit.....                | 14   |
| 2.5 Spektrofotometer .....                       | 14   |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.7 Sistem Informasi Geografi.....                         | 15        |
| 2.7.1 Susceptibility Index .....                           | 16        |
| 2.8 Penelitian Terdahulu.....                              | 16        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>                     | <b>21</b> |
| 3.1 Waktu dan Lokasi.....                                  | 21        |
| 3.2 Metode Penelitian .....                                | 22        |
| 3.3 Alat dan Bahan .....                                   | 27        |
| 3.3.1 Alat Penelitian .....                                | 27        |
| 3.3.2 Alat dan Bahan Pengambilan Sampel .....              | 28        |
| 3.3.3 Alat dan Bahan Pengujian Sampel .....                | 28        |
| 3.4 Prosedur Pengambilan dan Pengujian Data Sampel.....    | 29        |
| 3.4.1 Prosedur Pengambilan dan Analisis Data Insitu.....   | 29        |
| 3.4.2 Prosedur Pengambilan dan Analisis Data Exsitu .....  | 31        |
| 3.4.3 Prosedur Pengambilan dan Analisis Data Spasial ..... | 33        |
| 3.5 Diagram Alir Penelitian.....                           | 37        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>                    | <b>38</b> |
| 4.1 Kondisi Eksisting Sumur .....                          | 38        |
| 4.2 Data Hasil Kuisisioner .....                           | 42        |
| 4.3 Analisis Parameter Fisika dan Kimia .....              | 45        |
| 4.3.1 Analisis Parameter Fisika .....                      | 45        |
| 4.3.2 Analisis Parameter Kimia.....                        | 47        |
| 4.4 Analisis Kerentanan Air Tanah .....                    | 53        |
| 4.4.1 Depth of water (kedalaman muka air tanah) .....      | 53        |
| 4.4.2 Recharge (imbuhan air tanah).....                    | 55        |
| 4.4.3 Akuifer media (media akuifer) .....                  | 57        |
| 4.4.4 Topography (lereng).....                             | 59        |
| 4.4.5 Land Use (penggunaan lahan).....                     | 61        |

|   |     |
|---|-----|
| 4.5.6 Analisis Kerentana Air Tanah Terhadap Nitrat dan Nitrit ..... | 63  |
| 4.5 Korelasi Antar Parameter Dengan Nilai Susceptibility Index..... | 68  |
| 4.6 Mitigasi Kerentanan Air Tanah .....                             | 71  |
| BAB V PENUTUP .....   | 72  |
| 5.1 Kesimpulan.....   | 72  |
| 5.2 Saran .....   | 73  |
| DAFTAR PUSTAKA.....   | 74  |
| LAMPIRAN .....  | 77  |
| RIWAYAT HIDUP .....   | 100 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Baku Mutu Air untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi<br>Permenkes No. 2 Tahun 2023 ..... | 12 |
| Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu .....   | 17 |
| Tabel 3. 1 Lokasi Penelitian .....  | 22 |
| Tabel 3. 2 Formulir Kuisisioner .....   | 24 |
| Tabel 3. 3 Tabulasi Data .....  | 27 |
| Tabel 3.4 Alat Penelitian .....   | 27 |
| Tabel 3.5 Alat Pengambilan Sampel.....  | 28 |
| Tabel 3.6 Bahan Pengambilan Sampel .....  | 28 |
| Tabel 3.7 Alat Pengujian Sampel .....   | 28 |
| Tabel 3.8 Bahan Pengujian Sampel .....  | 29 |
| Tabel 3. 9 Klasifikasi Kedalaman.....   | 34 |
| Tabel 3. 10 Klasifikasi Curah Hujan.....  | 34 |
| Tabel 3. 11 Klasifikasi Media Akuifer .....   | 35 |
| Tabel 3. 12 Klasifikasi Kemiringan Lereng.....  | 35 |
| Tabel 3. 13 Klasifikasi Tata Guna Lahan .....   | 35 |
| Tabel 4. 1 Hasil Data Kuisisioner.....  | 42 |
| Tabel 4. 2 Nilai Parameter Terhadap Kerentanan Tahun 2023 .....                                   | 65 |
| Tabel 4. 3 Nilai Parameter Terhadap Kerentanan Tahun 2025 .....                                   | 66 |
| Tabel 4. 4 Interval Korelasi .....  | 68 |
| Tabel 4. 5 Korelasi Antar Pamater Tahun 2023 .....  | 68 |
| Tabel 4. 6 Korelasi Antar Parameter Tahun 2025 .....  | 70 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Pembagian Zona Utama Air Bawah Tanah.....                        | 6  |
| Gambar 2. 2 Jenis Akuifer .....  | 8  |
| Gambar 3.1 Lokasi Penelitian.....  | 21 |
| Gambar 3. 2 Prosedur Pengambilan Sampel Air Tanah Melalui Kran.....          | 29 |
| Gambar 3. 3 Prosedur Pengambilan Sampel Air Tanah Melalui Sumur<br>Gali..... | 30 |
| Gambar 3. 4 Prosedur Pengujian Suhu .....                                    | 30 |
| Gambar 3. 5 Prosedur Pengujian pH .....                                      | 30 |
| Gambar 3. 6 Prosedur Analisis Uji Nitrit .....                               | 31 |
| Gambar 3. 7 Prosedur Analisis Uji Nitrat.....                                | 32 |
| Gambar 3. 8 Analisis Spasial .....   | 36 |
| Gambar 3.9 Diagram Alir Penelitian .....                                     | 37 |
| Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan Suhu Air Tanah 2023 dan 2025.....            | 46 |
| Gambar 4. 2 Perbandingan Nilai pH Air Tanah Kecamatan Kraton .....           | 48 |
| Gambar 4. 3 Perbandingan Konsentrasi Nitrat Tahun 2023 dan 2025<br>.....     | 50 |
| Gambar 4. 4 Perbandingan Konsentrasi Nitrit Tahun 2023 dan 2025....          | 52 |
| Gambar 4. 5 Peta Kedalaman Air Tanah Kecamatan Kraton .....                  | 54 |
| Gambar 4. 6 Peta Imbuhan Air Tanah Kecamatan Kraton 2023 .....               | 55 |
| Gambar 4. 7 Peta Imbuhan Air Tanah Kecamatan Kraton 2025 .....               | 56 |
| Gambar 4. 8 Peta Media Akuifer Kecamatan Kraton .....                        | 58 |
| Gambar 4. 9 Peta Kemiringan Lereng Kecamatan Kraton .....                    | 59 |
| Gambar 4. 10 Peta Arah Aliran Air Tanah Kecamatan Kraton .....               | 60 |
| Gambar 4. 11 Peta Tata Guna Lahan Kecamatan Kraton.....                      | 62 |
| Gambar 4. 12 Peta Jaringan Air Limbah Kecamatan Kraton .....                 | 63 |
| Gambar 4. 13 Peta Kerentanan Air Tanah Kecamatan Kraton Tahun<br>2023 .....  | 64 |
| Gambar 4. 14 Peta Kerentanan Air Tanah Kecamatan Kraton Tahun<br>2025 .....  | 66 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |    |
|---|----|
| Lampiran 1. Dokumentasi Pengambilan Sampel.....                   | 77 |
| Lampiran 2. Kuisisioner Penggunaan Sumur di Kecamatan Kraton..... | 79 |
| Lampiran 3. Dokumentasi Pengujian Sampel di Laboratorium.....     | 80 |
| Lampiran 4. Rekapitulasi Perthitungan Nitrat dan Nitrit.....      | 82 |
| Lampiran 5. Rekapitulasi Perhitungan Curah Hujan .....            | 90 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki peranan vital bagi keberlangsungan hidup seluruh makhluk. Pemanfaatan air tidak hanya terbatas pada kebutuhan sehari-hari, tetapi juga mencakup sektor pariwisata, pertanian, hingga industri. Salah satu jenis air yang paling banyak dimanfaatkan adalah air tanah. Air tanah tergolong sebagai sumber daya alam yang dapat diperbarui, namun penggunaannya yang berlebihan dan tanpa pengendalian dapat menimbulkan dampak negatif terhadap keseimbangan ekosistem (Triadi & Indra, 2009). Sebelum digunakan, perlu dilakukan pemeriksaan terhadap kualitas dan jumlah air tanah yang tersedia. Setiap sumber air berpotensi mengalami pencemaran, termasuk air tanah, karena kondisi hidrogeologi dapat mempengaruhi masuknya zat pencemar terlarut ke dalamnya (Baalousha, 2016). Di berbagai daerah, kualitas air tanah mengalami penurunan secara signifikan akibat aktivitas manusia, perubahan penggunaan lahan yang tidak terkontrol, serta pengambilan air tanah secara berlebihan, sehingga menyebabkan kualitas air tersebut memburuk.

Senyawa nitrogen seperti amonia, nitrit, dan nitrat secara alami terbentuk di perairan sebagai hasil dari proses metabolisme organisme akuatik dan penguraian bahan organik oleh bakteri (Indrayani et al., 2015). Nitrit dan nitrat terbentuk melalui siklus nitrogen, yang melibatkan fiksasi nitrogen oleh bakteri *Rhizobium*, serta proses nitrifikasi dan denitrifikasi yang dilakukan oleh bakteri *Pseudomonas denitrificans*. Nitrifikasi sendiri terdiri dari dua tahapan, yaitu proses nitritasi oleh bakteri *Nitrosomonas* yang mengubah amonia menjadi nitrit, dan proses nitratasi oleh bakteri *Nitrobacter* yang mengubah nitrit menjadi nitrat. Pada lingkungan dengan kondisi anaerob, nitrat biasanya berada dalam keadaan stabil, tetapi dapat mengalami reduksi kembali menjadi nitrit melalui proses nitratasi (Rosca et al., 2009).

Kecamatan Kraton di Kota Yogyakarta memiliki ciri khas tersendiri terkait penggunaan lahan dan sistem sanitasi. Kepadatan permukiman serta tingginya aktivitas ekonomi di wilayah ini meningkatkan risiko pencemaran air tanah. Salah satu faktor penyebabnya adalah jarak antara sumur dengan septic tank yang tidak memenuhi standar, sehingga limbah berpotensi meresap ke dalam air tanah dan memicu peningkatan kadar nitrat dan nitrit. Selain itu, tingkat kontaminasi juga dipengaruhi oleh kedalaman MAT (Muka Air Tanah), semakin dalam MAT, maka tingkat pencemaran air tanah oleh nitrat dan nitrit cenderung lebih rendah (Mcquillan, 2004). Konsentrasi nitrit yang tinggi, terutama dalam air minum, dapat membahayakan kesehatan karena nitrit berpotensi membentuk senyawa *N-nitroso* yang bersifat karsinogenik, teratogenik, mutagenik, serta dapat menyebabkan kondisi metamoglobinemia pada bayi (Erkekoglu et al., 2009).

Metode *Susceptibility Index* (SI) merupakan salah satu pendekatan yang efektif dalam menilai tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran. Metode ini merupakan pengembangan dari model DRASTIC dimana terdapat *Depth* (kedalaman air tanah), *Recharge* (laju pengisian kembali), *Aquifer media* (media akuifer), *Soil media* (media tanah), *Topography* (kemiringan/topografi), *Impact to vadose zone* (dampak ke zona vados), dan *Conductivity* (konduktivitas hidraulik), namun tiga parameter utamanya, yaitu media tanah, dampak zona vados dan konduktivitas hidrolis akuifer dihilangkan. Sebagai gantinya, penggunaan lahan dimasukkan sebagai parameter baru untuk mengevaluasi tingkat kerentanan akuifer (Ribeiro et al., 2017). Dengan penerapan metode ini, wilayah yang memiliki risiko tinggi terhadap kontaminasi nitrat dan nitrit dapat diidentifikasi, sehingga tindakan pencegahan dan pengelolaan dapat segera dilakukan guna menjaga kualitas air tanah.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan mampu menyajikan informasi mengenai analisis nitrat dan nitrit yang berkaitan dengan tingkat kerentanan kualitas air tanah di Kecamatan Kraton, Kota Yogyakarta, melalui penerapan metode *Susceptibility Index* (SI). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kondisi kualitas air tanah saat ini, mengidentifikasi faktor-

faktor yang berkontribusi terhadap penurunan kualitas tersebut, serta menyusun rekomendasi pengelolaan yang lebih baik untuk keberlanjutan di masa mendatang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut didapatkan permasalahan umum, yaitu :

1. Bagaimana kondisi eksisting kualitas air tanah untuk parameter nitrat dan nitrit di Kecamatan Kraton, Kota Yogyakarta?
2. Bagaimana dampak parameter nitrat dan nitrit terhadap kualitas air tanah ?
3. Bagaimana pola kerentanan kualitas air tanah di Kecamatan Kraton, Kota Yogyakarta?
4. Faktor-faktor apa saja yang dapat mempengaruhi distribusi dan konsentrasi nitrat dan nitrit dalam air tanah di Kecamatan Kraton, Kota Yogyakarta?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian yang diharapkan dalam penelitian ini, seperti :

1. Mengukur konsentrasi nitrat dan nitrit dalam air tanah di berbagai titik di Kecamatan Kraton, Kota Yogyakarta apakah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan.
2. Mengetahui dampak dari pencemaran nitrat dan nitrit terhadap kualitas air tanah di Kecamatan Kraton, Kota Yogyakarta
3. Menganalisis pola kerentanan spasial persebaran nitrat dan nitrit menggunakan Sistem Informasi Geografi (GIS).
4. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi dan konsentrasi nitrat dan nitrit dalam air tanah.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Memberikan kontribusi pada pengetahuan tentang kualitas air tanah, khususnya terkait dengan parameter nitrat dan nitrit dan distribusinya di wilayah perkotaan.

2. Memberikan informasi mengenai kualitas air tanah dan potensi risiko kesehatan akibat nitrat dan nitrit yang tinggi di sekitar di Kecamatan Kemanten Kraton, Kota Yogyakarta.
3. Memberikan wawasan tentang pentingnya pengawasan dan pengelolaan kualitas air tanah untuk menjaga kesehatan lingkungan.

### **1.5 Ruang Lingkup**

1. Batas wilayah penelitian ini berada di Kecamatan Kraton, Kota Yogyakarta.
2. Penelitian ini berfokus pada parameter nitrat dan nitrit.
3. Baku mutu untuk parameter nitrat dan nitrit yaitu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan.
4. Pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan SNI 6989.58:2008 tentang Metode Pengambilan Contoh Air Tanah.
5. Pengujian sampel dilakukan sesuai dengan SNI 6989.79:2011 tentang Cara Uji *Nitrat* ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) dengan Spektrofotometer UV-visibel secara reduksi kadmium.
6. Pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan SNI 6989.57:2008 tentang Cara Uji *Nitrit* ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) secara Spektrofotometri.
7. Analisis dan pengolahan data spasial menggunakan *Arcgis Pro* 3.02 .

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Tanah**

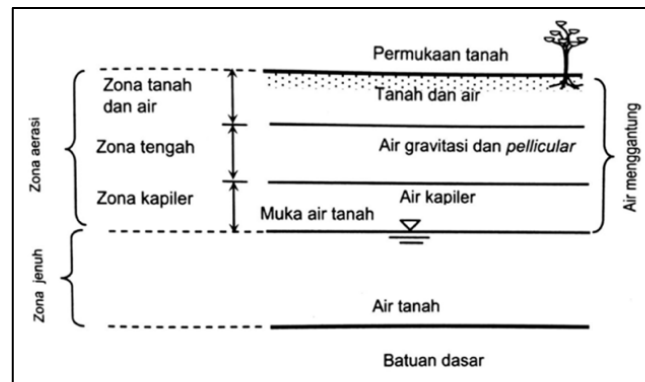
Air tanah merupakan air yang tersimpan di dalam lapisan tanah dan batuan di bawah permukaan bumi. Air sendiri merupakan elemen yang sangat esensial bagi kehidupan di bumi (Triadi & Indra, 2009). Air tanah terbentuk melalui proses infiltrasi, yaitu proses di mana air hujan atau air permukaan lainnya meresap ke dalam tanah. Proses ini merupakan bagian dari siklus air yang berlangsung secara berkesinambungan dan berurutan di alam (Kodoatie, 2012). Siklus air tanah termasuk dalam sistem hidrologi global yang melibatkan berbagai proses alami seperti penguapan, kondensasi, hujan (*presipitasi*), limpasan permukaan (*surface run-off*), infiltrasi, perkolasi, dan aliran air di dalam tanah. Setelah meresap ke dalam tanah, air bergerak baik secara vertikal maupun horizontal menuju zona jenuh, lalu mengalir perlahan sebagai air bawah tanah dan pada akhirnya bisa muncul kembali ke permukaan dalam bentuk mata air, aliran sungai, atau danau. Air tersebut menjadi sumber kehidupan bagi seluruh makhluk hidup, sehingga keberadaan air tanah memegang peranan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem perairan (Allan Freeze & Cherry, 1979).

Seiring berjalannya waktu, aktivitas manusia mulai memberikan dampak yang cukup besar terhadap lingkungan. Limbah dari berbagai kegiatan manusia yang dibuang ke lingkungan, terutama melalui aliran permukaan, mengandung beragam zat pencemar, baik yang mudah terurai secara biologis (*biodegradable*) maupun yang sulit terurai (*non-biodegradable*). Kondisi ini pada akhirnya menyebabkan penurunan kualitas air tanah maupun air permukaan (Brontowiyono, 2021). Ketersediaan air tanah bersih dipengaruhi oleh sejumlah faktor, seperti karakteristik geologi, iklim, dan pola pemanfaatan lahan. Di beberapa daerah yang mengalami keterbatasan pasokan air permukaan, air tanah menjadi sumber utama untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Oleh karena itu, pengawasan dan pemantauan kualitas air menjadi hal yang sangat penting sebagai langkah

pengecahan dan penanggulangan pencemaran, serta upaya pemulihan kualitas air agar tetap memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan (PP No 82 Tahun 2001).

### 2.1.1 Zona Air Tanah

Zona air tanah adalah bagian dari lapisan tanah dan batuan di bawah permukaan yang mengandung air. Zona ini terbagi menjadi dua, yaitu zona aerasi (*unsaturated zone*), di mana pori-pori tanah sebagian masih terisi udara, dan zona jenuh (*saturated zone*), di mana seluruh pori-pori terisi penuh oleh air. Batas pemisah antara kedua zona tersebut dikenal dengan istilah muka air tanah (MAT) atau *water table*. Posisi MAT bersifat dinamis dan dapat berubah-ubah sesuai dengan kondisi lingkungan, seperti intensitas curah hujan, aktivitas manusia, serta perbedaan musim.



**Gambar 2. 1** Pembagian Zona Utama Air Bawah Tanah  
(Sumber: Todd, 1985)

Berikut penjelasan berdasarkan **Gambar 2.1** diatas menengnai zona air tanah:

- Zona Aerasi (*unsaturated zone*)

Zona aerasi (*unsaturated zone*) merupakan lapisan di bawah permukaan tanah yang pori-pori serta celah-celah batuanannya berisi campuran antara udara dan air, namun belum terisi air secara penuh atau tidak dalam kondisi jenuh.

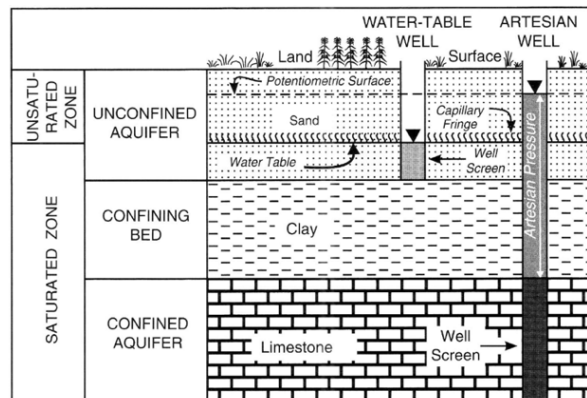
- Merupakan lapisan di bawah permukaan tanah.
  - Pori-pori dan retakan batuan diisi dengan udara dan air, tetapi tidak sepenuhnya jenuh.
  - Proses infiltrasi air terjadi di zona ini, di mana air meresap ke dalam tanah.
  - Juga dikenal sebagai vadose zone, zona ini berfungsi sebagai media penyerap air.
- Zona Jenuh (*saturated zone*)

Zona jenuh (*saturated zone*) merupakan lapisan yang terletak di bawah zona aerasi, di mana seluruh pori-pori tanah dan celah batuan terisi sepenuhnya oleh air. Pada zona ini, air berada dalam kondisi tertekan oleh tekanan hidrostatik.

- Terletak di bawah zona aerasi.
- Semua pori-pori diisi penuh dengan air, yang dikenal sebagai air tanah.
- Air dalam zona ini berada di bawah tekanan hidrostatik.
- Muka air tanah adalah batas atas dari zona jenuh, di mana tekanan air sama dengan tekanan atmosfer.

### **2.1.2 Jenis-Jenis Akuifer**

Akuifer merupakan lapisan batuan yang memiliki kemampuan menyimpan dan mengalirkan air melalui rongga atau pori-pori di dalamnya. Besar kecilnya pori-pori tersebut bervariasi tergantung pada jenis material penyusunnya, seperti pasir, kerikil, batu gamping, maupun batuan vulkanik. Akuifer memegang peranan penting sebagai sumber penyedia air tanah yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari maupun keperluan lainnya.



**Gambar 2. 2** Jenis Akuifer  
(Sumber: Kadoatie, 2012)

Terdapat beberapa jenis akuifer menurut (Kodoatie, 2012) adalah sebagai berikut:

1. Akuifer Tidak Tertekan/ Bebas (*Unconfined aquifer*)

Akuifer tidak tertekan atau akuifer bebas merupakan jenis akuifer yang seluruhnya jenuh air, dengan batas bagian bawah berupa lapisan kedap air atau akuitar, sementara bagian atasnya berbatasan langsung dengan muka air tanah.

2. Akuifer tertekan (*Confined aquifer*)

Akuifer tertekan adalah jenis akuifer yang seluruh bagiannya jenuh air, namun terletak di antara dua lapisan kedap air atau akuiklud di bagian atas dan bawahnya. Akuifer ini memiliki tekanan air yang lebih besar daripada tekanan udara luar (tekanan atmosfer).

3. Akuifer semi tertekan

Akuifer semi tertekan merupakan akuifer yang di bagian atasnya dibatasi oleh akuitar, sedangkan di bagian bawahnya dibatasi oleh akuiklud. Meskipun lapisan akuitar di atas bersifat kurang permeabel, masih memungkinkan terjadinya aliran air masuk (*influx*) ke dalam akuifer, meskipun dengan laju aliran yang lebih lambat karena nilai konduktivitas hidroliknya lebih rendah dibandingkan dengan konduktivitas hidrolik akuifer tersebut.

### **2.1.3 Jenis-Jenis Lapisan Pembawa Air tanah**

Di bawah permukaan tanah terdapat beberapa lapisan yang berfungsi sebagai penyimpan air. Setiap lapisan memiliki kemampuan berbeda-beda dalam menyimpan dan mengalirkan cadangan air tanah. Lapisan ini berhubungan langsung dengan aliran air yang dapat diambil melalui sumur. Menurut (Todd & Mays, 2005) lapisan pembawa air tersebut diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. **Akuifer**

Akuifer merupakan lapisan batuan atau sedimen yang mampu menyimpan dan mengalirkan air tanah secara efektif. Biasanya, akuifer tersusun dari material berpori seperti pasir, kerikil, atau jenis batuan lain yang memiliki pori-pori sehingga memungkinkan air mengalir di dalamnya. Akuifer berperan sebagai salah satu sumber air utama yang dimanfaatkan manusia untuk berbagai keperluan, seperti irigasi maupun penyediaan air bersih untuk konsumsi.

2. **Akuiklud**

Akuiklud merupakan lapisan geologi yang memiliki kemampuan sangat terbatas dalam menyimpan maupun mengalirkan air, sehingga berperan sebagai penghalang pergerakan air tanah. Lapisan ini umumnya tersusun dari material seperti tanah liat atau batuan keras dengan tingkat porositas dan permeabilitas yang rendah. Akuiklud dapat berada di atas maupun di bawah akuifer, dan keberadaannya turut mempengaruhi pola aliran serta penyebaran air tanah di lingkungan sekitarnya.

3. **Akuifug**

Akuifug merupakan lapisan geologi yang sama sekali tidak mampu menyimpan maupun mengalirkan air karena sifatnya yang sepenuhnya kedap air. Lapisan ini biasanya tersusun dari batuan padat tanpa pori-pori, seperti granit atau basalt. Fungsi utama akuifug adalah sebagai pembatas bagian bawah akuifer, sehingga mencegah air tanah bergerak lebih dalam ke lapisan bumi. Keberadaan akuifug sangat berperan dalam menentukan

batas vertikal akuifer dan memengaruhi jumlah air tanah yang tersedia di suatu wilayah.

#### 4. Akuitar

Akuitar merupakan lapisan geologi yang memiliki sifat peralihan antara akuifer dan akuiklud. Lapisan ini mampu menyimpan air, namun dengan kapasitas aliran yang terbatas. Material penyusunnya biasanya berupa batuan atau sedimen dengan tingkat permeabilitas rendah, sehingga air dapat tertahan di dalamnya tetapi tidak mudah mengalir. Akuitar sering berfungsi sebagai zona perantara antara akuifer dan akuiklud, serta berkontribusi dalam proses penyimpanan air tanah dan membantu pengisian kembali akuifer.

## 2.2 Kerentanan Air Tanah

Kerentanan air tanah mengacu pada tingkat kepekaan air tanah terhadap risiko pencemaran yang berasal dari permukaan. Beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat kerentanan ini antara lain jenis tanah, kedalaman muka air tanah, serta pola penggunaan lahan di sekitarnya. Wilayah dengan karakteristik tanah yang mudah menyerap air (permeabel) dan kedalaman air tanah yang relatif dangkal biasanya memiliki potensi lebih besar untuk mengalami pencemaran. Kerentanan ini dapat diartikan sebagai kemampuan lingkungan fisik dalam memitigasi atau menahan dampak pencemaran, baik yang berasal dari proses alami maupun aktivitas manusia, terutama terhadap kontaminan yang masuk ke bawah permukaan tanah (MARJUANTO et al., 2020).

Terdapat beberapa istilah yang digunakan untuk menjelaskan konsep kalsifikasi terkait kerentanan. Diantaranya yaitu, *susceptibility* yang menggambarkan tingkat kepekaan suatu lingkungan terhadap pencemaran tanpa mempertimbangkan keberadaan sumber polutan, misalnya dipengaruhi oleh faktor seperti jenis tanah, litologi, dan kedalaman muka air tanah. *Vulnerability* atau kerentanan memiliki cakupan yang lebih luas karena selain mencakup faktor fisik, juga mempertimbangkan faktor eksternal seperti aktivitas manusia, sehingga menunjukkan sejauh mana air tanah benar-benar rentan terhadap pencemaran

(Sartika et al., 2020). Berbeda lagi dengan risiko, risiko mengacu pada kemungkinan terjadinya pencemaran dengan memperhitungkan tingkat kerentanan sekaligus keberadaan sumber pencemar yang aktif, sehingga dapat dipahami sebagai kombinasi antara potensi kerusakan dan ancaman (MARJUANTO et al., 2020). Adapun istilah rawan yang biasa digunakan secara umum untuk menggambarkan kondisi yang berpotensi atau mudah terkena dampak pencemaran, dan sering dihubungkan dengan kerentanan maupun risiko (Foster & Chilton, 2003).

Secara umum, konsep kerentanan air tanah menitikberatkan pada sejauh mana lapisan batuan mampu membatasi atau menghambat masuknya polutan ke dalam sistem air tanah. Kerentanan ini dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu kerentanan intrinsik dan kerentanan ekstrinsik. Kerentanan intrinsik berkaitan dengan sifat alami dari lapisan geologi atau batuan penyusun bawah permukaan yang menentukan kemampuan alami untuk menahan kontaminasi (Sartika et al., 2020). Sementara itu, kerentanan ekstrinsik dipengaruhi oleh faktor eksternal, seperti aktivitas manusia dan kondisi lingkungan di permukaan (Purnami & Id Widayastuti, 2012). Dengan demikian, memahami konsep kerentanan air tanah menjadi langkah penting dalam merancang strategi perlindungan sumber daya air yang efektif dan berkelanjutan.

### **2.3 Kualitas Air Tanah**

Kualitas air tanah dipengaruhi oleh berbagai parameter, baik fisik, kimia, maupun biologis. Parameter kimia seperti tingkat pH, daya hantar listrik (konduktivitas), serta konsentrasi ion tertentu seperti nitrit dan nitrat menjadi indikator utama dalam penilaian kualitas air tanah. Air tanah yang layak dikonsumsi harus bebas dari zat pencemar yang membahayakan kesehatan dan memenuhi standar kualitas air minum. Faktor yang memengaruhi kualitas air tanah meliputi keberadaan kontaminan yang masuk ke dalam sistem air tanah serta kondisi fisik lingkungan di sekitarnya (Gunawan, 2013). Oleh sebab itu, pemantauan kualitas air tanah secara rutin sangat penting untuk menjaga kesehatan masyarakat sekaligus melindungi lingkungan.

Kondisi geologi dan hidrologi suatu wilayah juga berperan penting dalam menentukan kualitas air tanah. Daerah yang memiliki lapisan tanah padat dan kedap air cenderung menghambat proses infiltrasi, sehingga memperlambat masuknya kontaminan ke dalam air tanah. Sebaliknya, di wilayah dengan tanah yang bersifat lebih permeabel, pergerakan zat pencemar menuju air tanah bisa berlangsung lebih cepat. Oleh karena itu, pemahaman yang komprehensif mengenai hubungan antara faktor-faktor tersebut menjadi kunci dalam pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan. Selain itu, Standar Baku Mutu Kualitas Lingkungan (SBMKL) untuk air diberlakukan bagi seluruh masyarakat, baik yang menggunakan air sumur maupun yang memperoleh air dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) untuk kebutuhan sehari-hari. Ketentuan ini merujuk pada Permenkes No. 02 Tahun 2023 dalam **Tabel 2.1**, yang memuat standar baku mutu air untuk keperluan higiene dan sanitasi.

**Tabel 2. 1** Baku Mutu Air untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi  
Permenkes No. 2 Tahun 2023

| No           | Jenis parameter                                  | Kadar maksimum yang diperbolehkan | Satuan     | Metode Pengujian     |
|--------------|--|-----------------------------------|------------|----------------------|
| Mikrobiologi |  |                                   |            |                      |
| 1            | Escherichia coli (E. Coli)                       | 0                                 | CFU/100 ml | SNI/APHA             |
| 2            | Total Coliform                                   | 0                                 | CFU/100 ml | SNI/APHA             |
| Fisika       |  |                                   |            |                      |
| 3            | Suhu   | Suhu udara $\pm 3\text{o}$        | Oc         | SNI/APHA             |
| 4            | Total Dissolve Solid                             | <300                              | Mg/l       | SNI/APHA             |
| 5            | Kekeruhan  | <3                                | NTU        | SNI atau yang setara |
| 6            | Warna  | 10                                | TCU        | SNI/APHA             |
| 7            | Bau  | Tidak berbau                      | -          | APHA                 |
| Kimia        |  |                                   |            |                      |
| 8            | Ph   | 6,5 – 8,5                         | -          | SNI/APHA             |
| 9            | Nitrat (sebagai NO <sub>3</sub> )                | 20                                | Mg/l       | SNI/APHA             |
| 10           | Nitrit (sebagai NO <sub>2</sub> ) (terlarut)     | 3                                 | Mg/l       | SNI/APHA             |
| 11           | Kromium valensi 6 (Cr <sup>6+</sup> ) (terlarut) | 0,01                              | Mg/l       | SNI/APHA             |
| 12           | Besi (Fe) (terlarut)                             | 0,2                               | Mg/l       | SNI/APHA             |

| No | Jenis parameter        | Kadar maksimum yang diperbolehkan | Satuan | Metode Pengujian |
|----|------------------------|-----------------------------------|--------|------------------|
| 13 | Mangan (Mn) (terlarut) | 0,1                               | Mg/l   | SNI/APHA         |

### 2.3.1 Nitrat

Nitrat merupakan salah satu bentuk nitrogen yang paling sering ditemukan di dalam air tanah, dengan sumber utama berasal dari limbah pertanian, limbah domestik, maupun proses alami di lingkungan. Pada kondisi anaerob, nitrat bersifat cukup stabil, namun dapat mengalami reduksi menjadi nitrit melalui proses nitrifikasi (Rosca et al., 2009). Akumulasi nitrat dalam air tanah sering disebabkan oleh penggunaan pupuk nitrogen yang berlebihan serta pencemaran dari sistem *septic tank*, yang memicu terjadinya kontaminasi air tanah. Tingkat pencemaran ini juga dipengaruhi oleh MAT (Muka Air Tanah), semakin dalam posisi MAT, maka risiko kontaminasi air tanah cenderung lebih rendah (Mcquillan, 2004). Selain mencemari air tanah, nitrat juga dapat menimbulkan eutrofikasi pada badan air, yang menyebabkan ledakan pertumbuhan alga dan menurunkan kualitas air secara keseluruhan.

### 2.3.2 Nitrit

Nitrit merupakan senyawa yang terbentuk sebagai hasil dari proses metabolisme dalam siklus nitrogen atau berasal dari ion organik alami. Senyawa ini berperan sebagai zat perantara dalam dua proses penting, yaitu nitrifikasi yang mengubah amonia menjadi nitrat dan denitrifikasi, yaitu proses reduksi nitrat menjadi gas nitrogen. Karena itu, nitrit bersifat tidak stabil saat terpapar oksigen. Pada proses nitrifikasi, bakteri seperti *Nitrosomonas* berfungsi mengoksidasi amonia menjadi nitrit, yang memerlukan keberadaan oksigen terlarut dalam air (Kim et al., 2012). Senyawa nitrit juga berpotensi berbahaya karena dapat membentuk *N-nitroso*, yang diketahui bersifat karsinogenik, teratogenik, mutagenik, serta dapat menyebabkan *methemoglobinemia* pada bayi (Erkekoglu et al., 2009).

## 2.4 Dampak Nitrat dan Nitrit

Keberadaan nitrat dan nitrit dalam air tanah dapat menimbulkan dampak yang serius, baik terhadap kesehatan manusia maupun lingkungan. Kadar nitrit yang berlebihan dalam air minum berisiko bagi kesehatan karena dapat membentuk senyawa *N-nitroso* yang bersifat karsinogenik, teratogenik, mutagenik, serta berpotensi menyebabkan *methemoglobinemia* pada bayi (Erkekoglu et al., 2009). Selain itu, paparan nitrat dalam jangka panjang juga dikaitkan dengan berbagai masalah kesehatan, seperti gangguan pada sistem pernapasan dan peningkatan risiko penyakit kanker. Oleh sebab itu, pengawasan serta pengendalian kadar nitrat dan nitrit dalam air tanah menjadi hal yang sangat penting untuk menjaga kesehatan masyarakat dan mencegah dampak lingkungan yang lebih luas.

Dari sisi lingkungan, penumpukan nitrat dan nitrit di dalam air tanah berpotensi memicu eutrofikasi pada badan air, yang berdampak pada penurunan kualitas air serta kerusakan ekosistem perairan. Proses eutrofikasi ini dapat menyebabkan berkurangnya kadar oksigen terlarut di dalam air, sehingga mengancam keberlangsungan hidup biota akuatik seperti ikan dan organisme lainnya (Carpenter et al., 1998). Oleh karena itu, pengelolaan yang bijak terhadap penggunaan pupuk dan pengolahan limbah menjadi hal yang krusial untuk mencegah pencemaran air tanah serta menghindari dampak negatif terhadap lingkungan.

## 2.5 Spektrofotometer

Spektrofotometer merupakan alat analisis yang digunakan untuk mengukur seberapa besar intensitas cahaya yang diserap atau dipancarkan oleh suatu sampel pada panjang gelombang tertentu. Penggunaan alat ini dilakukan sesuai dengan prosedur standar agar pengujian berjalan konsisten dan hasil yang diperoleh akurat serta optimal (Badan Standarisasi Nasional, 2020). Cara kerja spektrofotometer melibatkan pengukuran jumlah cahaya yang diserap oleh sampel, di mana besarnya serapan tersebut berhubungan langsung dengan konsentrasi zat dalam sampel. Pada prosesnya, cahaya dari sumber seperti lampu deuterium atau wolfram dipancarkan

menuju sampel, lalu detektor akan mengukur intensitas cahaya yang tersisa setelah melewati sampel tersebut.

Menurut (Yahya, 2013) ada beberapa keuntungan dari penggunaan Spektrofotometer itu sendiri, yaitu:

1. Spektrofotometer termasuk alat yang praktis digunakan karena memiliki proses kerja yang cepat, didukung oleh teknologi modern, serta dilengkapi dengan sistem pembacaan hasil yang bersifat otomatis.
2. Spektrofotometer memberikan tingkat akurasi dan ketelitian yang tinggi dalam pengukuran, dengan hasil yang langsung terbaca dan terekam secara otomatis oleh detektor. Data yang dihasilkan dapat ditampilkan dalam bentuk angka digital maupun grafik regresi secara real-time.
3. Spektrofotometer memiliki cakupan penggunaan yang beragam, karena dapat dimanfaatkan untuk menganalisis berbagai jenis senyawa, baik organik, anorganik, maupun biokimia, selama senyawa tersebut memiliki kemampuan menyerap cahaya pada spektrum cahaya tampak.

## **2.7 Sistem Informasi Geografi**

Sistem Informasi Geografi (SIG) merupakan perangkat yang digunakan untuk mengumpulkan, mengelola, serta menganalisis data berbasis spasial atau geospasial. Dalam bidang pengelolaan air tanah, SIG berperan penting untuk memetakan tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran dan mengidentifikasi potensi sumber pencemarnya. Melalui pemanfaatan data spasial, peneliti dapat mengevaluasi keterkaitan antara faktor lingkungan, pola penggunaan lahan, dan kondisi kualitas air tanah. Dengan demikian, SIG membantu para pengelola sumber daya air dalam merumuskan kebijakan yang lebih efektif guna menjaga dan melindungi kualitas air tanah.

SIG juga berfungsi sebagai alat dalam penyusunan dari salah satu metode yang digunakan yaitu *Susceptibility Index*. Indeks kerentanan ini digunakan untuk menilai tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran. Melalui penggunaan indeks ini, dapat melihat serta mengenali wilayah yang memiliki tingkat kerentanan paling tinggi, sehingga dapat merancang strategi mitigasi yang sesuai. Penerapan

Sistem Informasi Geografi dalam pengelolaan air tanah sangatlah penting guna menjaga keberlanjutan sumber daya air sekaligus melindungi kualitas air tanah dari risiko pencemaran.

### **2.7.1 Susceptibility Index**

Metode *Susceptibility Index* (SI) merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk menilai tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran. Metode ini melibatkan pengukuran sejumlah parameter yang berpengaruh terhadap kualitas air tanah, seperti karakteristik tanah, kedalaman muka air tanah, serta pola penggunaan lahan. Prinsip ini serupa dengan metode DRASTIC, di mana semakin tinggi nilai indeks DRASTIC atau SI, maka semakin besar risiko suatu wilayah terhadap potensi pencemaran (Aller et al., 1987).

Dalam praktiknya, metode SI memungkinkan pemetaan wilayah yang memiliki tingkat kerentanan lebih tinggi terhadap pencemaran, sehingga langkah pencegahan dapat dilakukan untuk menjaga kelestarian sumber daya air. Dengan mengidentifikasi area berisiko tinggi, pengelola sumber daya air dapat menyusun strategi mitigasi yang lebih efektif dan berkelanjutan (Hendrayana, 2011). Metode ini menggunakan lima parameter utama (Ribeiro et al., 2017). di mana setiap parameter memiliki nilai yang berbeda sesuai dengan skor dan bobot yang telah ditentukan.

- D : Depth of water (kedalaman muka airtanah)
- R : Recharge (imbuhan airtanah)
- A : Akuifer media (media akuifer)
- T : Topography (lereng)
- LU : Land use (penggunaan lahan)

## **2.8 Penelitian Terdahulu**

Beragam studi sebelumnya telah membahas mengenai kerentanan dan kualitas air tanah, yang menjadi landasan bagi penelitian ini. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk melengkapi studi-studi terdahulu dengan

mengaplikasikan metode *Susceptibility Index* (SI), khususnya di wilayah Kecamatan Kraton, Kota Yogyakarta, dengan fokus pada analisis parameter nitrat dan nitrit guna memprediksi potensi risiko pencemaran air tanah akibat penggunaan lahan seperti daerah perkotaan. Daftar penelitian sebelumnya yang relevan dengan kajian ini disajikan pada **Tabel 2.2**.

**Tabel 2. 2** Penelitian Terdahulu

| No | Nama Penulis                       | Judul Penelitian   | Metode Penelitian   | Kesimpulan   |
|----|------------------------------------|--|---|--|
| 1  | Wayan Andi<br>Frederich<br>Gunawan | Studi Kerentanan Air Tanah Terhadap Kontaminan Di Cekungan Air Tanah Negara Kabupaten Jembrana Provinsi Bali           | Metode DRASTIC & SINTACS  | Tingkat kerentanan air tanah di Cekungan Air Tanah Negara menunjukkan 99,772% berpotensi sedang terhadap polusi air tanah, sedangkan 0,227% berpotensi tinggi. Metode DRASTIC menghasilkan peta kerentanan yang didominasi oleh kerentanan sedang, dengan faktor kedalaman muka air tanah sebagai yang paling dominan (Gunawan, 2013)  |
| 2  | Devianto, Lusiana,<br>Ramdani,     | Analisis kerentanan pencemaran air tanah di Kota Batu menggunakan analisis multikriteria spasial dengan indeks DRASTIC | Metode DRASTIC  | Faktor-faktor yang umumnya mempengaruhi setiap wilayah bervariasi. Faktor yang paling signifikan meliputi elevasi muka air tanah, kemiringan lahan, dan kondisi geologi. Meskipun metode DRASTIC tidak dapat secara spesifik mengidentifikasi tingkat pencemaran dari berbagai jenis polutan dan memerlukan data yang lebih rinci, metode ini tetap berguna dalam menentukan area dengan tingkat pencemaran air tanah yang tinggi serta dalam pengelolaan dan upaya konservasi air tanah (Devianto et al., 2019) . |
| 3  | Ibnu Subagiyo                      | Kerentanan Air Tanah Terhadap Pencemaran Dan Kaitannya Dengan Sistem Sanitasi Di                                       | Studi literatur, skoring setiap parameter untuk menentukan risiko | Kesimpulan dari analisis kondisi eksisting sistem sanitasi di Yogyakarta menunjukkan bahwa keberadaan sistem sanitasi setempat memiliki korelasi yang signifikan terhadap pencemaran nitrat  |

| <b>No</b> | <b>Nama Penulis</b> | <b>Judul Penelitian</b>   | <b>Metode Penelitian</b>                          | <b>Kesimpulan</b>   |
|-----------|---------------------|---|---|---|
|           |                     | Cekungan Air Tanah Yogyakarta-Sleman  | pencemaran air limbah, dan pemetaan serta overlay | dan koliform di air tanah di sekitarnya. Area dengan risiko tinggi terhadap pencemaran air limbah teridentifikasi di Kecamatan Gondokusuman, Mantrijeron, Mergangsang, dan Kotagede di Kota Yogyakarta, serta di Kecamatan Sleman, Depok, Banguntapan, dan Kasihan di Kabupaten Sleman dan Bantul. Selain itu, faktor-faktor yang mempengaruhi sebaran kontaminan di kawasan CAT Yogyakarta-Sleman meliputi litologi vulkanik yang bersifat porus, yang memudahkan peresapan air, serta karakteristik jenis tanah dominan seperti regosol, latosol, dan grumusol yang memiliki nilai porositas tinggi.(SUBAGIYO, 2023.) |
| 4         | Sitti Munawaroh     | Analisis Spasial Kualitas Air Tanah Berdasarkan Parameter Kimia (Nitrat, Nitrit, Amonia) Di Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta | QGIS untuk memetakan pola persebaran              | Kesimpulan dari penelitian mengenai kualitas air tanah di Kecamatan Ngaglik, Sleman, Yogyakarta menunjukkan bahwa konsentrasi nitrat dan nitrit di semua lokasi pengambilan sampel memenuhi baku mutu, dengan konsentrasi nitrat tertinggi tercatat sebesar 14,503 mg/L di titik SW04 dan nitrit tertinggi sebesar 2,175 mg/L di titik SW01. Namun, konsentrasi amonia di beberapa titik, terutama di Desa Donoharjo dan Sariharjo, melebihi baku mutu, dengan nilai tertinggi mencapai 4,652 mg/L. Menariknya, persebaran kualitas air tanah tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan                         |

| No | Nama Penulis                | Judul Penelitian   | Metode Penelitian                             | Kesimpulan  |
|----|-----------------------------|--|---|---|
|    |                             |  |   | keberadaan IPAL Komunal, karena meskipun beberapa lokasi sumur berdekatan dengan IPAL, konsentrasi nitrat dan nitrit tetap dalam batas aman, sedangkan tingginya konsentrasi amonia lebih dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar titik pengambilan sampel (MUNAWAROH, 2024).   |
| 5  | Shindi Ramania<br>Wulandari | Analisis Spasial<br>Kualitas Air Tanah Di<br>Kecamatan Depok<br>Kabupaten Sleman<br>Yogyakarta Dengan<br>Metode Inverse<br>Distance Weighting<br>(IDW) | Metode Inverse<br>Distance Weighting<br>(IDW) | Kesimpulan dari penelitian mengenai kualitas air tanah di Kecamatan Depok menunjukkan bahwa sebagian besar air sumur memenuhi baku mutu untuk parameter nitrit dan nitrat, dengan konsentrasi nitrit berkisar antara 0,0025 – 0,0228 mg/liter dan nitrat antara 5,09 – 37,29 mg/liter. Peta sebaran kualitas air tanah menunjukkan konsentrasi nitrit tertinggi di Kecamatan Caturtunggal dan nitrat tertinggi di Kecamatan Maguwoharjo, dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas air tanah meliputi jarak sumur dari sumber pencemar, kondisi fisik sumur, penggunaan lahan yang didominasi oleh lahan pemukiman, serta jenis tanah yang memungkinkan pergerakan polutan. Oleh karena itu, disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan penambahan titik lokasi sumur, evaluasi dan monitoring kualitas air tanah secara berkala, serta pengelolaan lingkungan yang lebih baik untuk menjaga kualitas air tanah agar tidak |

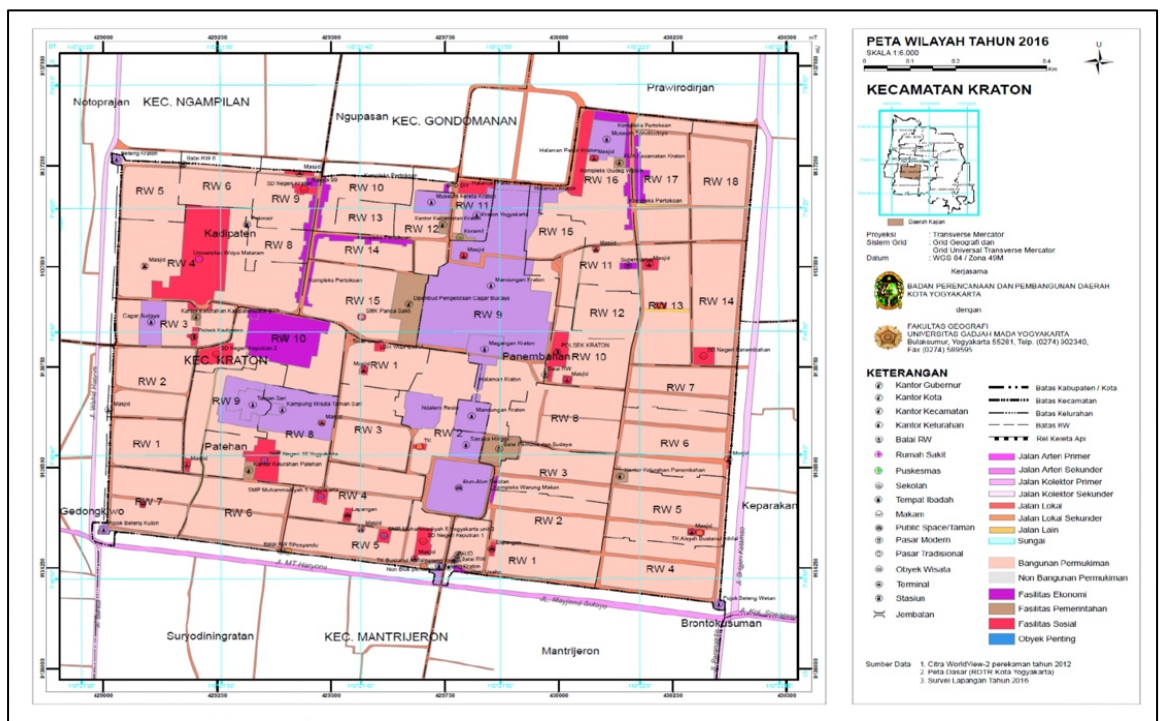
| No | Nama Penulis          | Judul Penelitian  | Metode Penelitian                  | Kesimpulan   |
|----|-----------------------|---|------------------------------------|--|
|    |                       |   |                                    | melebihi batas baku mutu yang ditetapkan (WULANDARI, 2022)   |
| 6  | Adetya Arga Marjuanto | Pemetaan indeks kerentanan air tanah bebas terhadap pencemaran di dataran aluvial kota semarang dengan metode <i>Susceptibility Index</i> | Metode <i>Susceptibility Index</i> | Kesimpulan dari penelitian mengenai kerentanan air tanah di dataran aluvial Kota Semarang menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah memiliki kerentanan tinggi, dengan 76,43% area memiliki kerentanan intrinsik tinggi dan 81,11% area menunjukkan kerentanan spesifik tinggi terhadap pencemaran. Meskipun sebaran nitrat di wilayah ini tergolong rendah, hasil validasi peta kerentanan menunjukkan akurasi yang rendah, yaitu 20% untuk kerentanan intrinsik dan spesifik, serta 30% untuk risiko kerentanan. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi hidrogeologi di dataran alluvial Kota Semarang sudah tidak baik dan tidak mampu menampung beban pencemar. Oleh karena itu, disarankan untuk melakukan uji kualitas air tanah secara berkala, melindungi sumber daya air tanah dengan pengaturan ketat berdasarkan tingkat kerentanan, serta melakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi metode yang digunakan (Marjuanto et al., 2019). |

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Kemantren Kraton, Kota Yogyakarta, pada periode Maret hingga Mei 2025. Data yang digunakan berasal dari sumber primer dan sekunder, kemudian dianalisis secara spasial. Tujuan utama penelitian adalah mengevaluasi tingkat kerentanan kualitas air tanah dengan menggunakan parameter kimia berupa nitrat dan nitrit, pada beberapa titik yang mewakili kondisi wilayah tersebut. Melalui metode ini, diharapkan diperoleh hasil yang akurat.



**Gambar 3.1** Lokasi Penelitian  
(Sumber: Kemantren Kraton)

**Tabel 3. 1** Lokasi Penelitian

| No | Lokasi   | Koordinat  |           |
|----|--|------------|-----------|
|    |  | Lintang    | Bujur     |
| 1  | SD N Keputran 2. Jl. Kadipaten No. 17, Kel. Patehan, Kemantren Kraton              | -7,80892   | 110,35836 |
| 2  | SMP N 16 Yk. Jl. Nagan Lor No. 8, Kel. Patehan, Kemantren Kraton                   | -7,80892   | 110,35836 |
| 3  | SD N Keputran A. Jl. Patehan Kidul No. 8, Kel. Patehan, Kemantren Kraton           | -7,8133638 | 110,36243 |
| 4  | SD N Kraton. Jl. Ngasem No. 38, Kel. Kadipaten, Kemantren Kraton                   | -7,8058254 | 110,35971 |
| 5  | SD N Keputran 1. Jl. Alun-Alun Utara, Kel. Panembahan, Kemantren Kraton            | -7,805317  | 110,36515 |
| 6  | SD N Panembahan<br>Jl. Mantrigawen Lor No. 8, Kel. Panembahan, Kemantren Kraton    | -7,8089608 | 110,36791 |
| 7  | Pasar Ngasem. Jl. Polowijan No. 11, Kel. Patehan, Kemantren Kraton                 | -7,80828   | 110,36021 |
| 8  | RTHP Rotowijayan. Gg. Sri Kaloka RT 36, RW 10, Kel. Kadipaten, Kemantren Kraton    | -7,80514   | 110,36114 |
| 9  | Kantor Kemantren Kraton<br>Jl. Rotowijayan No. 6, Kel. Kadipaten, Kemantren Kraton | -7,8059    | 110,36284 |
| 10 | Sumur Tanah Warga 1  | -7,80547   | 110,36116 |
| 11 | Sumur Tanah Warga 2  | -7,80543   | 110,36128 |

(Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta 2023)

### 3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan bersifat kualitatif dengan memanfaatkan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lapangan serta pengujian laboratorium untuk menilai kualitas air tanah. Sementara itu, data sekunder dimanfaatkan sebagai bahan analisis tambahan, terutama untuk kebutuhan pemetaan dan analisis spasial.

Tujuan penggabungan kedua jenis data ini adalah untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai kondisi pencemaran kualitas air tanah pada periode 2023 - 2025, khususnya dalam menilai adanya kecenderungan peningkatan atau penurunan kualitas air berdasarkan parameter nitrat dan nitrit di Kecamatan Kraton. Dengan membandingkan kedua sumber data tersebut, analisis dapat

dilakukan secara lebih mendalam untuk mengidentifikasi faktor penyebab serta dampak perubahan kualitas air, terutama terkait kandungan nitrat dan nitrit. Uraian lengkap mengenai metode dan jenis penelitian yang diterapkan dijelaskan pada bagian berikut:

### **3.2.1 Data Primer**

Data primer dikumpulkan melalui kegiatan observasi di lapangan. Proses ini dilakukan untuk mengetahui kondisi eksisting di area penelitian serta menentukan titik pengambilan sampel yang akan digunakan dalam analisis kualitas air tanah. Selain itu, data primer juga dimanfaatkan untuk memperoleh informasi mengenai kebiasaan masyarakat dalam memanfaatkan air tanah di wilayah tersebut.

#### **A. Pengambilan sampel air tanah**

Pengambilan sampel air tanah dilakukan untuk memperoleh gambaran terkini mengenai kualitas air di Kecamatan Kraton. Sampel yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis di laboratorium untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Penentuan titik pengambilan sampel dilakukan secara representatif, dengan memilih lokasi-lokasi yang diperkirakan memiliki potensi pencemaran nitrat dan nitrit paling tinggi. Pemilihan titik tersebut mempertimbangkan beberapa faktor seperti:

- Kantor Kecamatan dipilih sebagai salah satu lokasi pengambilan sampel karena berfungsi sebagai pusat administrasi yang umumnya memiliki sistem sanitasi lebih tertata. Lokasi ini dijadikan titik acuan untuk menggambarkan kondisi sanitasi di area perkotaan dalam penelitian ini.
- Sekolah dijadikan lokasi pengambilan sampel karena aktivitas sehari-hari di lingkungan tersebut melibatkan penggunaan toilet dan limbah domestik. Kondisi ini berpotensi menyebabkan peresapan limbah ke dalam tanah yang dapat memengaruhi kualitas air tanah di sekitarnya.
- Pasar dipilih sebagai salah satu titik pengambilan sampel karena merupakan kawasan dengan aktivitas ekonomi yang padat dan

menghasilkan limbah organik maupun domestik dalam jumlah signifikan. Kondisi tersebut meningkatkan risiko terjadinya pencemaran air tanah di area sekitarnya.

- Ruang Terbuka Hijau Publik (RTHP) dipilih sebagai lokasi sampling karena umumnya berfungsi sebagai area resapan air yang membantu infiltrasi ke dalam tanah. Selain itu, RTHP juga merupakan tempat yang sering dimanfaatkan masyarakat untuk berbagai kegiatan.
- Sumur warga dipilih sebagai titik pengambilan sampel karena mencerminkan kondisi kualitas air tanah yang dimanfaatkan langsung oleh masyarakat untuk kebutuhan sehari-hari.

#### B. Kuisisioner

Kuesioner dalam penelitian ini ditujukan kepada para pengguna air tanah di Kecamatan Kraton untuk memperoleh gambaran kondisi aktual serta kendala yang mereka hadapi dalam pemanfaatan air tanah. Data ini juga digunakan untuk menggali informasi mengenai pola penggunaan air tanah dalam kegiatan sehari-hari, sehingga dapat menjadi data pendukung dalam mengidentifikasi potensi permasalahan. Kuesioner dibagikan kepada lima kelompok responden, yaitu masyarakat umum, pedagang, institusi Pendidikan dan pemangku kepentingan.

**Tabel 3. 2** Formulir Kuisisioner

| Kuisisioner<br>(Desa) RT /RW |                             |  |
|------------------------------|-----------------------------|--|
| 1                            | Nama Responden              |  |
| 2                            | Alamat                      |  |
| 3                            | Jumlah Anggota Keluarga     |  |
| 4                            | Jumlah Pendapatan per-Bulan | <input type="checkbox"/> < Rp 1.000.000<br><input type="checkbox"/> Rp 1.000.000 - Rp 2.500.000<br><input type="checkbox"/> > Rp 2.500.000 |
| 5                            | Luas Bangunan Rumah         |  |
| 6                            | Umur Sumur                  |  |

| Kuisisioner<br>(Desa) RT /RW |                                    |  |
|------------------------------|------------------------------------|--|
| 7                            | Penggunaan Air                     |  |
| 8                            | Sumber Air Bersih                  | <input type="checkbox"/> PDAM                                  |
|                              |                                    | <input type="checkbox"/> Sumur Gali                            |
|                              |                                    | <input type="checkbox"/> Sumur Bor                             |
|                              |                                    | <input type="checkbox"/> Penjual Air                           |
|                              |                                    | <input type="checkbox"/> Air Hujan                             |
|                              |                                    | <input type="checkbox"/> Lainnya                               |
| 9                            | Memiliki Septic Tank               | <input type="checkbox"/> Iya<br><input type="checkbox"/> Tidak |
| 10                           | Jarak Septic Tank                  |  |
| 11                           | Jarak Saluran Air Limbah           |  |
| 12                           | Kemana Air Buangan/Limbah tersebut | <input type="checkbox"/> Sungai                                |
|                              |                                    | <input type="checkbox"/> Drainase                              |
|                              |                                    | <input type="checkbox"/> Sewerage                              |
|                              |                                    | <input type="checkbox"/> Selokan Tanah/Sumur Resapan           |
|                              |                                    | <input type="checkbox"/> Lainnya                               |
| 13                           | Kedalaman Sumur                    |  |
| 14                           | Kebutuhan Air Bersih / Bulan       |  |
| 15                           | Riwayat Penyakit Akibat Air        |  |
| 16                           | Permasalahan Air                   |  |

(Sumber: Wulandari, 2022)

### 3.2.1 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang dikumpulkan secara tidak langsung melalui berbagai sumber, seperti studi pustaka, jurnal ilmiah, serta dokumen pendukung yang telah diverifikasi. Adapun jenis data sekunder yang dimanfaatkan dalam penelitian ini meliputi hal-hal berikut:

#### A. Data Kualitas Air Tanah dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta

Data tersebut dimanfaatkan sebagai referensi untuk mengetahui kondisi kualitas air tanah yang telah terdokumentasi sebelumnya. Informasi ini berperan sebagai pembandingan terhadap hasil pengujian terbaru, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai perubahan kadar nitrat dan nitrit serta faktor-faktor yang memengaruhi peningkatan atau penurunannya.

B. Data Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng berpengaruh terhadap arah dan kecepatan aliran air serta kemampuan infiltrasi ke dalam tanah. Pada wilayah dengan lereng curam, air permukaan mengalir lebih cepat sehingga kesempatan untuk meresap ke dalam tanah menjadi lebih terbatas.

C. Data Tata Guna Lahan

Jenis penggunaan lahan turut memengaruhi potensi pencemaran air tanah. Aktivitas di kawasan permukiman, industri, maupun pertanian memberikan dampak yang bervariasi terhadap kualitas air tanah, tergantung pada karakteristik dan intensitas kegiatan yang berlangsung di masing-masing area.

D. *Recharge* (imbuan air tanah)

Curah hujan memiliki peran penting dalam proses pengisian atau *recharge* air tanah. Wilayah dengan intensitas hujan tinggi umumnya memiliki laju infiltrasi yang lebih besar, sehingga dapat memengaruhi kondisi dan ketersediaan air pada akuifer.

E. *Depth of water* (kedalaman muka air tanah)

Kedalaman muka air tanah merupakan faktor penting yang memengaruhi kerentanan akuifer terhadap pencemaran. Semakin dangkal posisi muka air tanah, semakin besar risiko zat pencemar dari permukaan untuk masuk dan memengaruhi kualitas air tanah.

F. *Akuifer media* (media akuifer)

Media akuifer adalah jenis material penyusun lapisan akuifer, seperti pasir, batu gamping, atau batuan vulkanik. Setiap material memiliki karakteristik porositas dan permeabilitas yang berbeda, yang memengaruhi kecepatan pergerakan air serta distribusi zat pencemar di dalam tanah.

**Tabel 3. 3** Tabulasi Data

| No | Data              | Sumber Data   | Jenis Data | Jumlah |
|----|-------------------|---|------------|--------|
| 1  | Kemiringan Lereng | Badan Informasi Geospasial<br><a href="https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/unduh/demnas">https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/unduh/demnas</a>   | Sekunder   | 1      |
| 2  | Kedalaman Sumur   | Lapangan  | Primer     | 11     |
| 3  | Curah Hujan       | Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG)<br><a href="https://dataonline.bmkg.go.id/">https://dataonline.bmkg.go.id/</a>   | Sekunder   | 1      |
| 4  | Tata Guna Lahan   | Geoportal Pemerintah Kota Yogyakarta<br><a href="https://geoportal.jogjakota.go.id/">https://geoportal.jogjakota.go.id/</a>   | Sekunder   | 1      |
| 5  | Litologi Akuifer  | Geoaccess Data Spasial Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral<br><a href="https://geoaccess.id/dataspasial/">https://geoaccess.id/dataspasial/</a>   | Sekunder   | 1      |
| 6  | Nitrat            | Laboratorium  | Primer     | 11     |
|    |                   | Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta<br><a href="https://lingkunganhidup.jogjakota.go.id/page/index/basis-data-lingkungan-hidup">https://lingkunganhidup.jogjakota.go.id/page/index/basis-data-lingkungan-hidup</a> | Sekunder   | 9      |
| 7  | Nitrit            | Laboratorium  | Primer     | 11     |
|    |                   | Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta<br><a href="https://lingkunganhidup.jogjakota.go.id/page/index/basis-data-lingkungan-hidup">https://lingkunganhidup.jogjakota.go.id/page/index/basis-data-lingkungan-hidup</a> | Sekunder   | 9      |

### 3.3 Alat dan Bahan

#### 3.3.1 Alat Penelitian

Berikut ini alat dan bahan yang digunakan dalam melakukan penelitian.

**Tabel 3.4** Alat Penelitian

| No | Nama   | Jumlah | Keterangan                             |
|----|--|--------|--|
| 1  | • Perangkat Keras  | 1      | Analisis Spasial dan penulisan laporan |
|    | - Laptop Asus Vivobook 14 M1405YA AMD Ryzen 5 7430U 16GB SSD 512GB<br>- Handphone digunakan untuk melakukan dokumentasi dan juga pengambilan titik koordinat | 1      | Dokumentasi                            |

| No | Nama  | Jumlah | Keterangan |
|----|---|--------|------------|
| 2  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perangkat lunak GIS               <ul style="list-style-type: none"> <li>- QGIS dan Arcgis Pro digunakan untuk melakukan analisis spasial</li> <li>- Google Maps untuk menentukan titik koordinat</li> <li>- Microsoft Word untuk menulis laporan terkait laporan survey dan laporan akhir</li> <li>- Microsoft Excel untuk menganalisis dan memperhitungkan data</li> </ul> </li> </ul> |        |            |

### 3.3.2 Alat dan Bahan Pengambilan Sampel

- Alat

**Tabel 3.5** Alat Pengambilan Sampel

| No | Nama               | Jumlah | Satuan |
|----|--------------------|--------|--------|
| 1  | Alat tulis         | 1      | buah   |
| 2  | <i>Coolbox</i>     | 1      | buah   |
| 3  | Botol sampel       | 11     | Buah   |
| 4  | <i>Thermometer</i> | 1      | Buah   |
| 5  | Kertas Lakmus      | 1      | Pack   |
| 6  | Label              | 1      | Pack   |
| 7  | Sarung tangan      | 1      | Pack   |
| 8  | Tisu               | 1      | Pack   |
| 9  | <i>Ice gell</i>    | 4      | Buah   |
| 10 | Pipet tetes        | 1      | buah   |

- Bahan

**Tabel 3.6** Bahan Pengambilan Sampel

| No | Nama                           | Jumlah | Keterangan |
|----|--------------------------------|--------|------------|
| 1  | Aquades                        | 1      | Liter      |
| 2  | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 10     | ml         |

### 3.3.3 Alat dan Bahan Pengujian Sampel

- Alat

**Tabel 3.7** Alat Pengujian Sampel

| No | Nama                    | Jumlah | Keterangan |
|----|-------------------------|--------|------------|
| 1  | Spektrofotometer        | 1      | Buah       |
| 2  | Spektrofotometer UV-Vis | 1      | Buah       |
| 3  | Labu ukur 50 ml         | 10     | Buah       |
| 4  | Pipiet volume           | 2      | Buah       |
| 5  | Kuvet                   | 1      | Buah       |

- Bahan

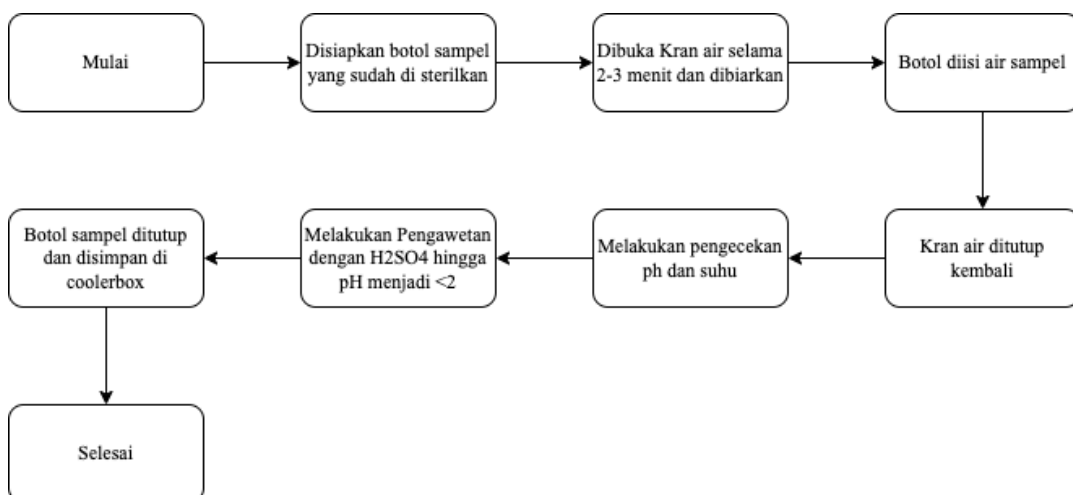
**Tabel 3.8** Bahan Pengujian Sampel

| No | Nama   | Jumlah | Keterangan |
|----|--|--------|------------|
| 1  | Sampel Air Tanah   | 200    | ml         |
| 2  | Aquadest   | 1      | Liter      |
| 3  | HCl  | 10     | ml         |
| 4  | <i>Sulfanilamid (SA)</i>   | 1      | ml         |
| 5  | <i>N – (1-naphthyl) ethylene diamine dihydrochloride (NED dihydrochloride)</i> | 10     | ml         |

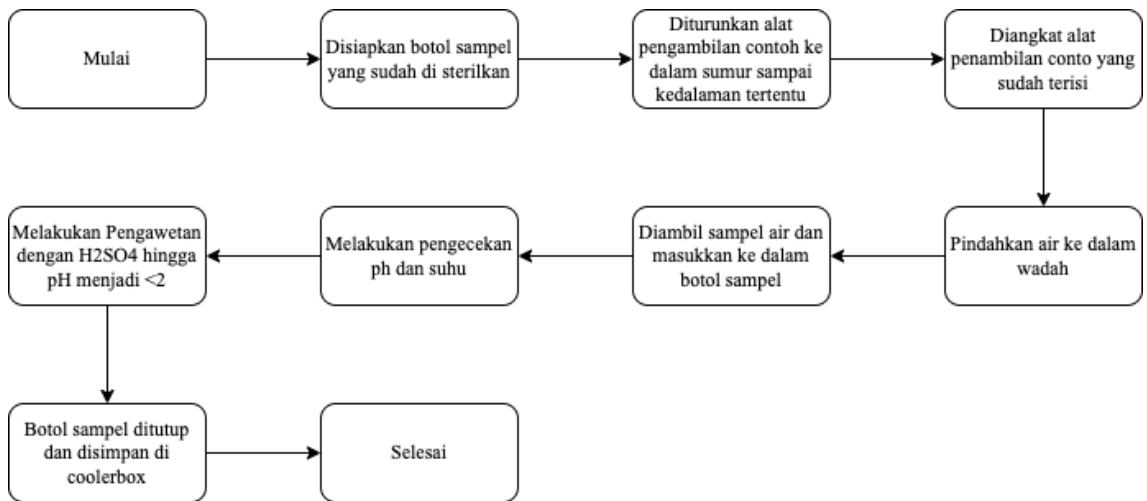
### 3.4 Prosedur Pengambilan dan Pengujian Data Sampel

#### 3.4.1 Prosedur Pengambilan dan Analisis Data *Insitu*

Analisis kualitas air tanah dilakukan dengan mengambil dan menguji sampel pada titik-titik yang telah ditetapkan, kemudian memeriksa parameter seperti suhu dan pH. Proses pengambilan sampel mengikuti ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.58:2008 yang mencakup dua metode pengambilan. Prosedur pengambilan sampel dari sumur bor dan sumur gali ditampilkan pada **Gambar 3.2** dan **Gambar 3.3**. Untuk parameter kimia, khususnya nitrat dan nitrit, digunakan wadah dan teknik pengawetan yang sesuai dengan aturan yang berlaku.

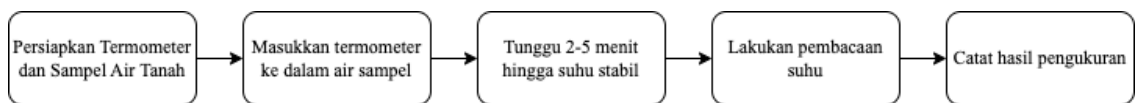


**Gambar 3. 2** Prosedur Pengambilan Sampel Air Tanah Melalui Kran

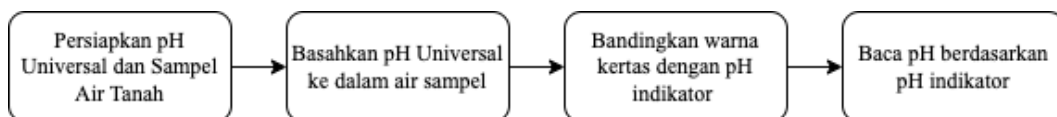


**Gambar 3. 3** Prosedur Pengambilan Sampel Air Tanah Melalui Sumur Gali

Pada tahap pengambilan, sampel air ditempatkan dalam botol kaca gelap untuk melindungi kandungan nitrat dan nitrit dari paparan cahaya yang dapat memicu reaksi fotokimia, seperti reduksi atau oksidasi, yang berpotensi mengubah konsentrasi senyawa tersebut. Selanjutnya, sampel diawetkan dengan menambahkan larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) pekat hingga  $pH < 2$  untuk menghentikan aktivitas mikroorganisme yang dapat mengubah bentuk senyawa nitrogen. Setelah itu dilakukan pengukuran suhu menggunakan termometer sesuai standar SNI 06-6989.23-2005, serta pengujian pH menggunakan indikator pH universal. Seluruh prosedur ini mengikuti tata cara pengujian suhu dan pH sesuai dengan metode.



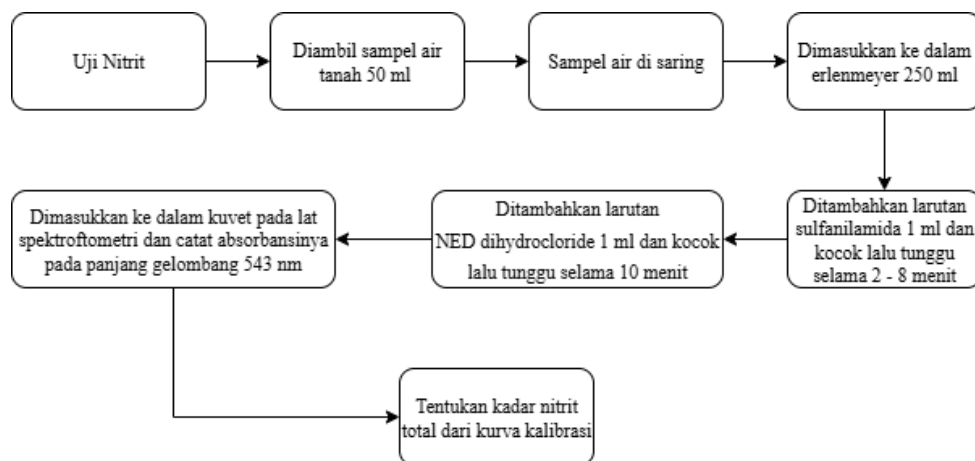
**Gambar 3. 4** Prosedur Pengujian Suhu



**Gambar 3. 5** Prosedur Pengujian pH

### 3.4.2 Prosedur Pengambilan dan Analisis Data *Exsitu*

Pengujian kualitas air tanah secara eks situ dilakukan di laboratorium dengan menganalisis sampel untuk parameter nitrat dan nitrit. Pengujian nitrit mengacu pada SNI 6989.9:2004, di mana konsentrasi nitrit ditentukan menggunakan metode spektrofotometri dengan mengukur absorbansi larutan pada panjang gelombang 543 nm. Alur proses pengujian nitrit ditampilkan pada **Gambar 3.6** berikut:



**Gambar 3. 6** Prosedur Analisis Uji Nitrit

Pengujian ini menghasilkan nilai absorbansi yang dibaca menggunakan spektrofotometer. Nilai absorbansi tersebut kemudian digunakan untuk menghitung konsentrasi nitrit dengan memanfaatkan persamaan berikut:

$$Y = bX + a \dots (1)$$

Keterangan:

Y = Nilai absorban

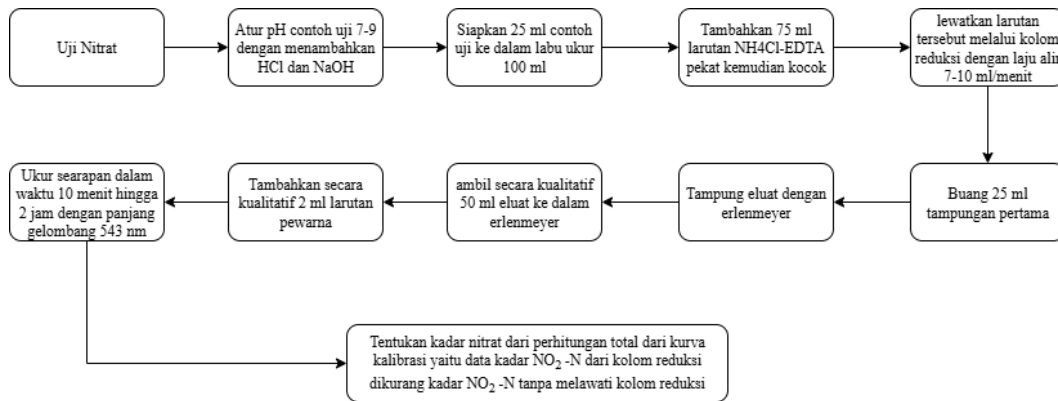
b = *Intersep*

a = *Slope*

X = Konsentrasi larutan

Pengujian kadar nitrat dilakukan mengacu pada SNI 6989.79:2011 untuk mengetahui konsentrasi nitrat dalam sampel. Analisis dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, dengan pengukuran absorbansi pada panjang gelombang

543 nm. Rangkaian prosedur pengujian secara lengkap ditampilkan pada **Gambar 3.7** berikut:



**Gambar 3. 7** Prosedur Analisis Uji Nitrat

$$\text{Kadar Nitrat (mg NO}_3\text{-N/L)} = A - B \dots (2)$$

Keterangan:

A = Kadar NO<sub>2</sub> -N dari kolom reduksi

B = Kadar NO<sub>2</sub> -N tanpa melawati kolom reduksi

Pengujian dilakukan satu kali tanpa duplikasi / duplo karena terdapat keterbatasan anggaran saat penelitian. Tujuannya pengujian satu kali ini adalah untuk melakukan *screening* guna memberikan gambaran umum mengenai kualitas air tanah di sumur pantau. Hasil pengujian tersebut kemudian dibandingkan dengan data kualitas air tanah dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta di Kecamatan Kraton, sehingga dapat diketahui adanya peningkatan atau penurunan kualitas air tanah yang mencerminkan kondisi aktual. Untuk menjaga keakuratan data, pengujian menggunakan instrumen yang telah terkalibrasi, serta analisis nitrat dan nitrit dilengkapi dengan kurva kalibrasi yang memiliki nilai koefisien regresi linier  $r \geq 0,0995$ . Fokus utama penelitian juga melakukan pemetaan kondisi lingkungan berbasis data spasial dengan mengkorelasikan hasil pengujian kualitas air tanah tahun 2023 dengan data terbaru tahun 2025.

Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan dalam aspek pengendalian mutu. Salah satu metode pengendalian mutu yang lebih ideal adalah melakukan uji duplo agar data yang diperoleh lebih representatif. Selain itu, pemanfaatan peralatan dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi, seperti multiparameter untuk mengukur suhu dan pH, juga dapat meningkatkan ketelitian hasil pengujian.

### 3.4.3 Prosedur Pengambilan dan Analisis Data Spasial

Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis secara spasial untuk memetakan distribusi parameter nitrit dan nitrat. Analisis ini menggunakan metode *Susceptibility Index* (SI) dengan bantuan perangkat lunak *ArcGIS Pro 3.02*. Hasil geoanalisis berupa peta overlay yang dimanfaatkan untuk menentukan tingkat kerentanan. Dalam metode SI, peta kerentanan disusun melalui proses pembobotan dengan tahapan sebagai berikut:

$$SI = D_r D_w + R_r R_w + A_r A_w + T_r T_w + LU_r LU_w \dots (3)$$

Keterangan:

- D = *Depth of water* (kedalaman muka air tanah)
- R = *Recharge* (imbuhan air tanah)
- A = *Akuifer media* (media akuifer)
- T = *Topography* (lereng)
- LU = *Land Use* (penggunaan lahan)

Metode *Susceptibility Index* (SI) merupakan modifikasi dari model DRASTIC dengan menghilangkan tiga parameter, yaitu media tanah, dampak zona vadose, dan konduktivitas hidraulik akuifer. Sebagai pengganti, parameter penggunaan lahan (*Land Use*) ditambahkan sebagai salah satu variabel input untuk menilai tingkat kerentanan akuifer. Nilai kerentanan kemudian dihitung menggunakan persamaan tertentu (Ribeiro, 2000). Diagram alur proses analisis spasial ditunjukkan pada **Gambar 3.8**.

Dalam metode ini, setiap parameter diberi bobot dan skor sesuai tingkat pengaruhnya terhadap kerentanan air tanah. Parameter kedalaman muka air tanah (D) menunjukkan seberapa mudah pencemar mencapai zona jenuh, imbuan air tanah (R) merepresentasikan besarnya infiltrasi di suatu area, media akuifer (A) menjelaskan kemampuan batuan untuk menyaring atau menghantarkan air, topografi (T) memengaruhi laju infiltrasi, dan penggunaan lahan (LU) mengidentifikasi potensi sumber pencemar.

Melalui pendekatan ini, dihasilkan peta kerentanan air tanah yang menampilkan distribusi risiko pencemaran nitrat dan nitrit secara spasial. Peta tersebut dapat dijadikan acuan dalam pengelolaan dan perlindungan sumber daya air tanah.

**Tabel 3. 9** Klasifikasi Kedalaman

| <b>Kedalaman (m)</b> | <b>Dw</b> | <b>Dr</b> |
|----------------------|-----------|-----------|
| 0 - 1,5              | 0,186     | 100       |
| 1,5 - 4,5            |           | 90        |
| 4,5 - 9              |           | 70        |
| 9 - 15               |           | 50        |
| 15 - 22              |           | 30        |
| 22 - 30              |           | 20        |
| > 30                 |           | 10        |

**Tabel 3. 10** Klasifikasi Curah Hujan

| <b>Curah Hujan (mm)</b> | <b>Rw</b> | <b>Rr</b> |
|-------------------------|-----------|-----------|
| 0 - 1500                | 0,212     | 20        |
| 1500 - 2000             |           | 40        |
| 2000 - 2500             |           | 60        |
| 2500 - 3000             |           | 80        |
| > 3000                  |           | 100       |

**Tabel 3. 11** Klasifikasi Media Akuifer

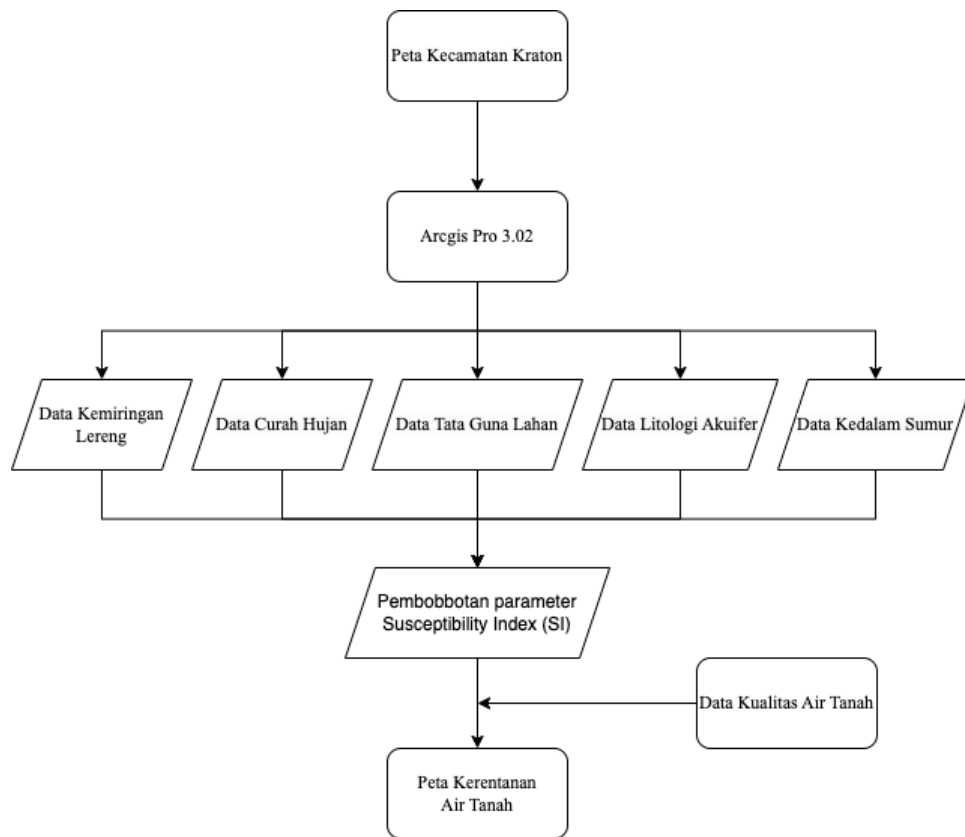
| Media Akuifer                                      | Aw    | Ar  |
|--|-------|-----|
| Shale Massif                                       | 0,259 | 20  |
| Batuan Metamorf/Beku (Intrusi)                     |       | 30  |
| Batuan Metamorf/Beku (Intrusi) Lapuk               |       | 40  |
| Batu Pasir, Batu Gamping, Shale, Batuan Piroklasik |       | 60  |
| Pasir dan Kerikil                                  |       | 80  |
| Lava Basal   |       | 90  |
| Batuan Gamping Karst                               |       | 100 |

**Tabel 3. 12** Klasifikasi Kemiringan Lereng

| Kemiringan Lereng (%) | Tw    | Tr  |
|-----------------------|-------|-----|
| 0 - 2                 | 0,121 | 100 |
| 2 - 6                 |       | 90  |
| 6 - 12                |       | 50  |
| 12 - 18               |       | 30  |
| > 18                  |       | 10  |

**Tabel 3. 13** Klasifikasi Tata Guna Lahan

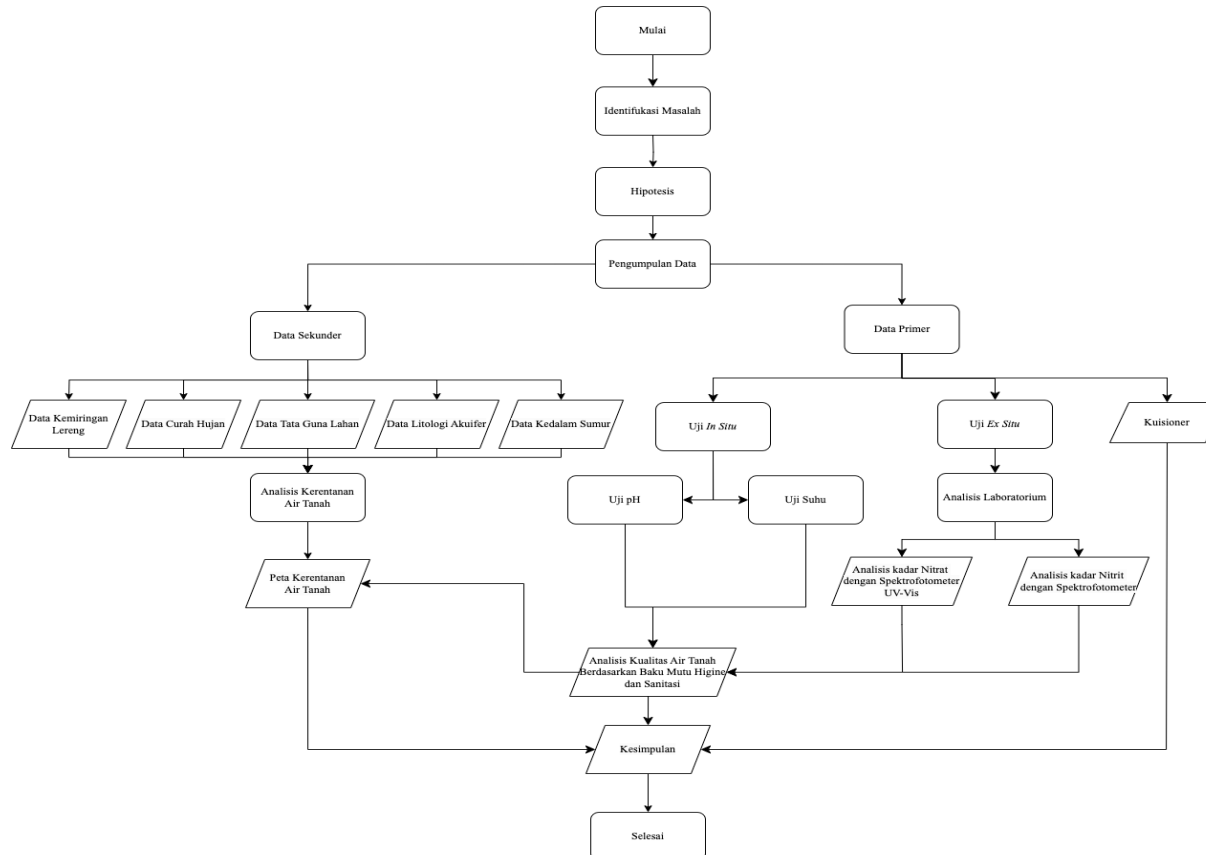
| Tata Guna Lahan  | LUw   | LUr |
|--|-------|-----|
| <b>Area Pertanian</b>  | 0,222 |     |
| Tanaman Semusim, Sawah   |       | 90  |
| Tanaman Perमानan   |       | 70  |
| Area Pertanian Heterogen   |       | 50  |
| Padang Pengembalaan dan Wilayah Agroforesti  |       | 50  |
| <b>Area Buatan</b>   |       |     |
| Industri Penghasil Limbah, Area Pembuangan Sampah  |       | 100 |
| Area Tambang, Glanagan Kapal, Penambangan Terbuka  |       | 80  |
| Area Perkotaan, Bandara, Pelabuhan, Stasiun Kereta Api, Area Aktivitas Industri dan Comersial, Ruang Terbuka Hijau |       | 75  |
| Area Semi Urbahn dan Pemukiman   |       | 70  |
| <b>Area Alami</b>  |       |     |
| Ekosistem Perairan (Rawa, Laguna, Zona Pasang Surut)   |       | 50  |
| Hutan dan Zona Semi Alami  |       | 0   |
| Badan Perairan   |       | 0   |



**Gambar 3. 8** Analisis Spasial

### 3.5 Diagram Alir Penelitian

Pada **Gambar 3.9** berikut ini menunjukkan diagram alir penelitian mengenai kerentanan air tanah yang ada di Kecamatan Kraton dengan parameter nitrat dan nitrit menggunakan metode *Susceptibility Index* (SI).



**Gambar 3.9** Diagram Alir Penelitian

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Kondisi Eksisting Sumur**

Penelitian ini memanfaatkan data kualitas air tanah dari titik pantau yang diperoleh melalui Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta, dengan fokus pada wilayah Kecamatan Kraton. Pemilihan Kecamatan Kraton didasarkan pada tingginya kepadatan penduduk serta keberadaan sejumlah lokasi wisata di kawasan tersebut. Titik pengambilan sampel ditetapkan berdasarkan kondisi aktual hasil pemantauan kualitas air tanah yang telah dilakukan di wilayah tersebut.

1) Kantor Kemantren Kraton

Kantor Kecamatan Kraton terletak di Jalan Rotowijayan No. 6, Kelurahan Kadipaten, Kemantren Kraton. Sumber air di lokasi ini berasal dari dua jenis, yaitu sumur bor dan pasokan PDAM. Sumur bor yang digunakan telah beroperasi lebih dari 20 tahun dengan kedalaman sekitar  $\pm 10$  meter. Sistem pembuangan limbah di kantor kecamatan sudah terhubung ke saluran *sewerage*. Air tanah dari sumur bor umumnya digunakan untuk kebutuhan non-konsumsi, seperti penyiraman tanaman, kebersihan, dan mencuci kendaraan. Sumur dalam kondisi tertutup, sedangkan distribusi air dilakukan melalui keran.

2) SD N Kraton

SD Negeri Kraton beralamat di Jalan Ngasem No. 38, Kelurahan Kadipaten, Kemantren Kraton. Sumber air di sekolah ini berasal dari sumur bor dan jaringan PDAM. Sumur bor yang digunakan telah beroperasi lebih dari 20 tahun dengan kedalaman sekitar  $\pm 10$  meter. Sistem pembuangan limbah terhubung langsung ke jaringan *sewerage* dengan jarak antar saluran sekitar 10 meter. Air tanah dari sumur bor dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan sehari-hari,

seperti mencuci, memasak, minum, dan keperluan utilitas lainnya. Pengambilan sampel air dilakukan di area dapur yang lokasinya berdekatan dengan toilet.

3) SMP N 16 Yk

SMP Negeri 16 Yogyakarta berlokasi di Jalan Nagan Lor No. 8, Kelurahan Patehan, Kemantren Kraton. Bangunan sekolah ini dulunya merupakan rumah sakit sehingga memiliki desain berbeda dari sekolah pada umumnya. Sumber air yang digunakan berasal dari sumur bor dan jaringan PDAM, dengan pengalihan pasokan ke PDAM jika air tanah tidak mencukupi. Sumur bor telah beroperasi lebih dari 50 tahun dan memiliki kedalaman sekitar  $\pm 20$  meter, setelah dilakukan pengeboran ulang karena keterbatasan pasokan air. Sistem pembuangan limbah terhubung dengan jaringan *sewerage*. Air tanah umumnya digunakan untuk penyiraman tanaman, kegiatan kebersihan seperti mencuci kendaraan, dan kebutuhan ibadah seperti wudhu. Kondisi sumur saat ini tertutup beton dengan distribusi air dialirkan melalui keran.

4) SD N Panembahan

SD Negeri Panembahan beralamat di Jalan Mantrigawen Lor No. 8, Kelurahan Panembahan, Kemantren Kraton. Sumber air di sekolah ini berasal dari sumur gali dan jaringan PDAM. Sumur gali yang digunakan telah beroperasi lebih dari 20 tahun dengan kedalaman sekitar  $\pm 10$  meter. Sistem pembuangan limbah terhubung ke jaringan *sewerage*. Air tanah dari sumur gali dimanfaatkan untuk penyiraman tanaman, fasilitas kamar mandi, serta kebutuhan ibadah seperti wudhu. Kondisi sumur masih terbuka, hanya ditutup dengan jaring, dan terletak berdekatan dengan kamar mandi, sehingga berpotensi mengalami kontaminasi dari lingkungan sekitar.

5) SD N Keputran 1

SD Negeri Keputran 1 berlokasi di Jalan Alun-Alun Utara, Kelurahan Panembahan, Kemantren Kraton, tepat di sisi Kraton Yogyakarta dan berhadapan langsung dengan Alun-Alun Utara. Sumber air di sekolah ini berasal dari sumur gali dan jaringan PDAM. Sumur gali yang digunakan telah beroperasi lebih dari 20 tahun dengan kedalaman sekitar  $\pm 10$  meter dan saat ini berada di bawah bangunan yang menutupinya. Sistem pembuangan limbah terhubung dengan jaringan *sewerage*. Air tanah umumnya dimanfaatkan untuk kebutuhan MCK (mandi, cuci, kakus), mencuci tangan, berwudhu, serta sebagai sumber air minum.

6) SD N Keputran 2

SD Negeri Keputran 2 berlokasi di Jalan Kadipaten No. 17, Kelurahan Patehan, Kemantren Kraton. Sekolah ini merupakan hasil penggabungan beberapa sekolah yang telah ada sejak masa kolonial Belanda. Sumber air di lokasi ini berasal dari sumur gali dan jaringan PDAM. Sumur gali yang digunakan telah beroperasi lebih dari 50 tahun dengan kedalaman sekitar  $\pm 15$  meter dan saat ini telah ditutup beton. Sumur tersebut berada di luar area sekolah, berdekatan dengan tempat wudhu. Air tanah dari sumur ini umumnya digunakan untuk kebutuhan MCK, mencuci tangan, dan aktivitas sehari-hari lainnya.

7) SD N Keputran A

SD Negeri Keputran A terletak di Jalan Patehan Kidul No. 8, Kelurahan Patehan, Kemantren Kraton. Sumber air di sekolah ini berasal dari sumur bor dan jaringan PDAM. Sumur bor yang digunakan telah beroperasi lebih dari 20 tahun dengan kedalaman sekitar  $\pm 15$  meter dan saat ini tertutup bangunan. Air tanah dari sumur tersebut dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan, seperti MCK, mencuci tangan, dan aktivitas sehari-hari lainnya.

8) Pasar Ngasem

Pasar Ngasem terletak di Jalan Polowijan No. 11, Kelurahan Patehan, Kemantren Kraton. Sumber air di lokasi ini berasal dari sumur bor dan jaringan PDAM. Sumur bor yang digunakan telah beroperasi lebih dari 20 tahun dengan kedalaman sekitar  $\pm 10$  meter. Sistem pembuangan limbah pasar terhubung dengan jaringan *sewerage*. Air tanah umumnya digunakan untuk mendukung operasional pasar, terutama untuk kegiatan mencuci mengingat Pasar Ngasem merupakan pusat kuliner di wilayah Kraton, serta untuk memenuhi kebutuhan MCK di area pasar.

9) RTHP Rotowijayan

Ruang Terbuka Hijau Publik (RTHP) Rotowijayan berada di Gang Sri Kaloka RT 36, RW 10, Kelurahan Kadipaten, Kemantren Kraton. Area ini memiliki permukaan lapangan yang sebagian besar telah tertutup beton, namun tetap dilengkapi taman sebagai ruang penghijauan. Sumber air di lokasi ini hanya berasal dari sumur bor yang dioperasikan menggunakan pompa dan ditampung dalam tandon di dekat keran. Sumur bor tersebut telah beroperasi lebih dari 20 tahun dengan kedalaman sekitar  $\pm 12$  meter. Air tanah dari sumur ini digunakan terbatas untuk penyiraman tanaman di area taman.

10) Sumur Warga 1

Sumur Warga 1 berlokasi di Kelurahan Kadipaten, Kemantren Kraton. Sumur gali ini telah digunakan selama lebih dari 100 tahun dengan kedalaman sekitar  $\pm 8$  meter. Air sumur terlihat jernih, dan pada dinding sumur tumbuh vegetasi alami. Bagi masyarakat di kawasan permukiman ini, air sumur menjadi sumber utama untuk kebutuhan sehari-hari, khususnya MCK. Pengambilan air dilakukan baik secara manual menggunakan timba maupun dengan pompa air.

11) Sumur Warga 2

Sumur Warga 2 terletak di Kelurahan Kadipaten, Kemantren Kraton. Sumur gali ini telah dimanfaatkan selama lebih dari 100 tahun dengan

kedalaman sekitar  $\pm 8$  meter. Bagi masyarakat setempat, sumur ini menjadi sumber utama air untuk kebutuhan sehari-hari, khususnya MCK. Air diambil baik secara manual menggunakan timba maupun dengan bantuan pompa. Struktur sumur terbuat dari buis beton dengan kondisi terbuka, dan lokasinya berada dekat fasilitas MCK yang digunakan oleh warga.

#### 4.2 Data Hasil Kuisisioner

Data hasil kuisisioner dimanfaatkan sebagai informasi pendukung untuk memperjelas kondisi eksisting di lapangan. Informasi yang dikumpulkan mencakup sumber air bersih, kedalaman dan usia sumur, pemanfaatan air, serta sistem pembuangan limbah yang digunakan oleh responden. Berikut disajikan rangkuman hasil kuisisioner dan observasi lapangan yang telah dilakukan di wilayah studi Kecamatan Kraton.

**Tabel 4. 1** Hasil Data Kuisisioner

| Kode Sampel | Sumber Air Bersih | Kedalaman Sumur (Meter) | Umur Sumur (Tahun) | Penggunaan Air                                  | Sistem Pembuangan |
|-------------|-------------------|-------------------------|--------------------|---|-------------------|
| T1          | PDAM, Sumur Bor   | $\pm 10$                | >20                | Menyiram tanaman dan mencuci kendaraan          | <i>Sewerage</i>   |
| T2          | PDAM, Sumur Bor   | $\pm 10$                | >20                | Mencuci, minum, masak dan keperluan sehari-hari | <i>Sewerage</i>   |
| T3          | PDAM, Sumur Bor   | $\pm 20$                | >50                | Menyiram tanaman, cuci, sholat                  | <i>Sewerage</i>   |
| T4          | PDAM, Sumur Gali  | $\pm 8$                 | >20                | Kamar mandi, sholat, cuci tangan                | <i>Sewerage</i>   |
| T5          | PDAM, Sumur Bor   | $\pm 10$                | >20                | MCK, minum                                      | <i>Sewerage</i>   |
| T6          | PDAM, Sumur Bor   | $\pm 15$                | >50                | MCK, masak, sholat                              | <i>Sewerage</i>   |

| Kode Sampel | Sumber Air Bersih | Kedalaman Sumur (Meter) | Umur Sumur (Tahun) | Penggunaan Air        | Sistem Pembuangan |
|-------------|-------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|
| T7          | Sumur Bor         | ±15                     | >20                | MCK                   | <i>Sewerage</i>   |
| T8          | PDAM, Sumur Bor   | ±10                     | >20                | Kebutuhan utama pasar | <i>Sewerage</i>   |
| T9          | Sumur Gali        | ±12                     | >10                | Menyiram tanaman      | Drainase          |
| T10         | Sumur Gali, PDAM  | ±10                     | >100               | MCK, minum            | <i>Sewerage</i>   |
| T11         | Sumur Gali, PDAM  | ±10                     | >100               | MCK, minum            | <i>Sewerage</i>   |

Berdasarkan hasil pengisian kuesioner di 11 titik pengamatan, sebagian besar responden menggunakan sumber air bersih dari sumur bor dan jaringan PDAM, sementara sebagian lainnya masih memanfaatkan sumur gali. Kedalaman sumur yang ditemui berkisar antara ±8 hingga ±20 meter, dengan usia sumur umumnya lebih dari 20 tahun, bahkan ada yang telah berusia lebih dari satu abad. Pemanfaatan air tanah meliputi berbagai aktivitas, seperti kebutuhan rumah tangga (MCK, memasak, minum), kegiatan perdagangan, hingga penyiraman tanaman.

Untuk sistem pembuangan limbah, hampir seluruh lokasi telah tersambung ke jaringan *sewerage*, kecuali Ruang Terbuka Hijau Publik (RTHP) yang masih menggunakan saluran drainase sederhana karena minimnya aktivitas domestik di area tersebut.

Secara umum, terdapat tiga sumber utama air bersih yang digunakan, yaitu sumur bor, sumur gali, serta kombinasi dengan PDAM. Walaupun jaringan PDAM tersedia, masyarakat lebih sering memanfaatkan air tanah karena air PDAM kerap menimbulkan bau dan rasa kaporit. Meski demikian, keberadaan sumur tua dengan usia lebih dari 100 tahun perlu mendapat perhatian khusus. Kerusakan material konstruksi maupun proses biokimia dari permukaan berpotensi menimbulkan pencemaran baik secara kimia maupun mikrobiologi. Selain itu, sumur gali yang telah lama digunakan

berpotensi mengalami akumulasi nitrat yang tinggi, terutama akibat aktivitas pemupukan yang berlangsung dalam jangka panjang (Nugraheni Dewi et al., 2016).

Pemanfaatan air di Kecamatan Kraton umumnya didominasi oleh kebutuhan sehari-hari seperti mencuci, memasak, mandi, dan beribadah, yang menunjukkan tingginya ketergantungan masyarakat terhadap sumber air tanah. Permintaan yang tinggi ini mendorong terjadinya pemanfaatan air tanah secara intensif, terutama pada sumur-sumur dalam yang umumnya telah berusia cukup tua.

Selain untuk kebutuhan pokok, aktivitas rumah tangga seperti penyiraman tanaman dan pencucian kendaraan juga memanfaatkan sabun. Kandungan senyawa basa ( $\text{pH} > 7$ ) pada sabun berpotensi mencemari air tanah karena dapat meresap melalui permukaan tanah dan berinfiltrasi hingga ke akuifer, sehingga memengaruhi kadar pH air secara tidak langsung.

Dari aspek pengelolaan limbah, sebagian besar lokasi sudah terhubung ke sistem *sewerage*, menunjukkan kemajuan dalam hal sanitasi. Namun, risiko pencemaran tetap ada jika terjadi kebocoran pada jaringan pembuangan limbah. Beberapa lokasi, seperti Pasar Ngasem, memerlukan perhatian lebih karena tingginya aktivitas domestik dan perdagangan, termasuk pemanfaatan fasilitas MCK, yang meningkatkan potensi pencemaran lingkungan.

Secara umum, persoalan air di Kecamatan Kraton secara langsung lebih menitikberatkan pada aspek kuantitas daripada kualitas. Hal ini terlihat pada titik pengamatan 10 dan 11 (sumur warga), di mana debit air berlimpah saat musim hujan tetapi menurun pada musim kemarau sehingga memaksa warga berhemat air. Di sisi lain, pada titik 3 (SMP Negeri 16 Yogyakarta), telah dilakukan pengeboran ulang hingga kedalaman  $\pm 20$  meter untuk mendapatkan cadangan air yang lebih stabil.

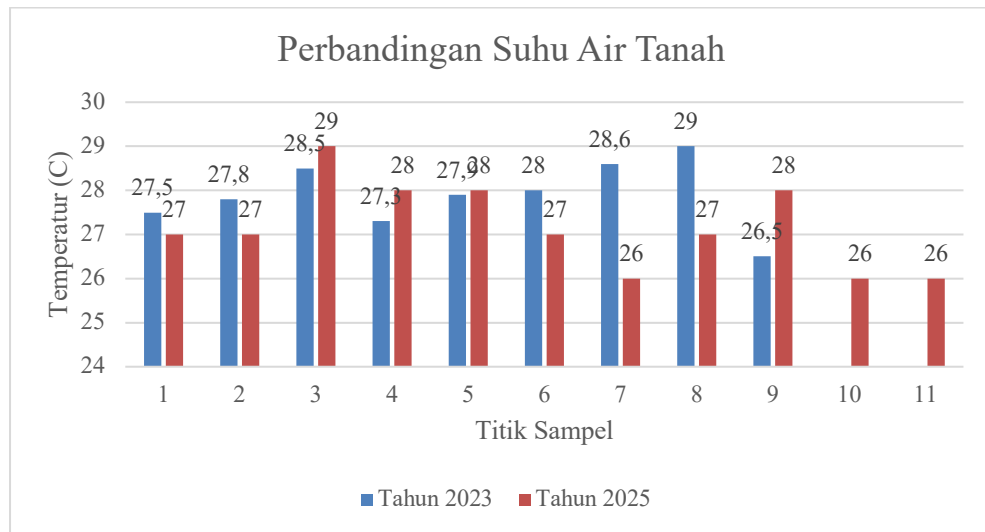
### **4.3 Analisis Parameter Fisika dan Kimia**

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Kraton, Kota Yogyakarta dengan lokasi pengambilan sampel yang mengacu pada titik sumur pantau milik Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta. Pada tahun 2023 terdapat 9 titik pengambilan sampel, sedangkan pada tahun 2025 jumlahnya bertambah menjadi 11 titik. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil pengukuran kualitas air tanah pada dua periode tersebut, sehingga dapat diketahui tren kenaikan ataupun penurunan konsentrasi beberapa parameter dan mengidentifikasi potensi sumber pencemar. Parameter yang diuji meliputi aspek fisika berupa suhu, serta aspek kimia seperti pH, nitrat, dan nitrit, guna memberikan gambaran mengenai kondisi kualitas air tanah di Kecamatan Kraton.

#### **4.3.1 Analisis Parameter Fisika**

##### **4.3.1.1 Suhu**

Suhu air tanah merupakan salah satu parameter fisika yang penting dalam menggambarkan kondisi lingkungan serta memengaruhi kelarutan dan kestabilan senyawa kimia di dalam air. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pada tahun 2023 suhu air tanah berkisar antara 26,5 - 29°C dengan rata-rata 27,9°C, sedangkan pada tahun 2025 berkisar antara 26 - 29°C dengan rata-rata 27,2 °C.



**Gambar 4. 1** Grafik Perbandingan Suhu Air Tanah 2023 dan 2025

Hasil pengukuran pada tahun 2023 menunjukkan bahwa suhu air tanah di Kecamatan Kraton berada pada rentang 26,5 - 29 °C. Suhu tertinggi tercatat di titik 8 (Pasar Ngasem) sebesar 29 °C, sedangkan suhu terendah terdapat di titik 9 (RTHP Rotowijayan) dengan nilai 26,5 °C. Rata-rata suhu sekitar 27 °C mengindikasikan kondisi air tanah yang relatif hangat. Hal ini berkaitan dengan tingginya kepadatan penduduk dan kedalaman muka air tanah yang dangkal, sehingga lebih mudah dipengaruhi panas permukaan.

Perbedaan suhu antar lokasi juga dipengaruhi faktor setempat. Area dengan ruang terbuka hijau, seperti RTHP Rotowijayan, menunjukkan suhu lebih rendah karena adanya vegetasi yang membantu meredam panas. Sebaliknya, Pasar Ngasem mencatat suhu lebih tinggi akibat dominasi permukaan tertutup dan intensitas aktivitas masyarakat yang tinggi. Suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan laju metabolisme organisme air serta kebutuhan oksigen terlarut (Effendi, 2003). Kondisi ini turut mempercepat aktivitas mikroorganisme dalam proses nitrifikasi dan denitrifikasi, serta memicu pelarutan senyawa organik maupun kontaminan ke dalam akuifer, sehingga berpotensi menambah risiko pencemaran air tanah.

Pada tahun 2025, suhu air tanah di Kecamatan Kraton menunjukkan tren penurunan dengan rentang 26 - 29°C. Titik dengan suhu tertinggi tercatat di SMP Negeri 16 Yogyakarta (titik 3) sebesar 29°C, sedangkan suhu terendah, yaitu 26°C, ditemukan di SDN Keputran A (titik 7) dan Sumur Warga 1 (titik 10). Penurunan suhu di beberapa lokasi diperkirakan dipengaruhi oleh kondisi cuaca saat pengambilan sampel, di mana hujan lebat menurunkan suhu lingkungan dan secara tidak langsung memengaruhi temperatur air tanah. Dibandingkan dengan hasil tahun 2023, sebaran suhu tahun 2025 tampak lebih seragam. Bahkan, Pasar Ngasem yang sebelumnya memiliki suhu tertinggi mengalami penurunan sekitar 2°C. Secara umum, kisaran suhu air tanah ini tetap stabil, dengan deviasi tidak lebih dari  $\pm 3^\circ\text{C}$  dari suhu udara, sehingga masih tergolong aman.

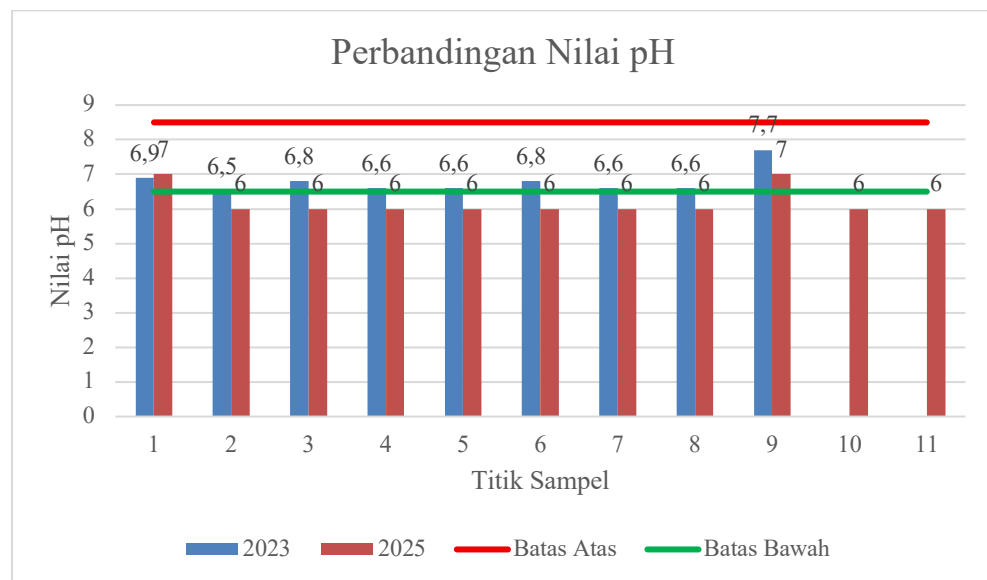
Dari sisi biokimia, kisaran suhu 26 - 29°C yang terukur pada kedua periode mendukung proses denitrifikasi. Mikroorganisme, terutama kelompok *Gammaproteobacteria*, dapat bekerja optimal dalam rentang suhu 25 - 40°C, dengan efektivitas penghilangan nitrat mencapai hampir 99% pada suhu mendekati 40°C (Qu et al., 2022). Oleh karena itu, kondisi suhu air tanah di Kecamatan Kraton cukup ideal untuk proses ini. Sebaliknya, proses nitrifikasi lebih optimal pada suhu 20 - 25°C, dan cenderung melambat ketika suhu melebihi batas tersebut (Effendi, 2003). Dengan demikian, suhu air tanah di wilayah ini lebih mendukung denitrifikasi dibandingkan nitrifikasi, yang pada akhirnya memengaruhi karakteristik kualitas air tanah di kawasan tersebut.

## **4.3.2 Analisis Parameter Kimia**

### **4.3.2.1 Derajat Keasaman (pH)**

Derajat keasaman (pH) merupakan indikator penting dalam penilaian kualitas air tanah karena dapat menunjukkan apakah air bersifat asam, netral, atau basa. Mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023, pH air bersih yang disarankan berada dalam rentang 6,5 - 8,5. Dalam penelitian ini, pH air tanah di Kecamatan Kraton dianalisis dengan

membandingkan hasil pengujian pada tahun 2023 dan 2025 untuk melihat adanya perubahan yang signifikan antar periode. Hasil pengukuran pH tersebut dapat dilihat pada uraian berikut.



**Gambar 4. 2** Perbandingan Nilai pH Air Tanah Kecamatan Kraton

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH air tanah di Kecamatan Kraton cenderung berada pada kisaran sedikit asam dibandingkan netral. Kondisi ini berpengaruh terhadap proses biologis dalam akuifer, terutama pada siklus nitrogen. Nilai pH memegang peran penting dalam mendukung aktivitas mikroorganisme. Pada rentang pH 6,5 - 8,0, proses denitrifikasi dapat berjalan optimal karena bakteri seperti *Pseudomonas* dan *Paracoccus* mampu mereduksi nitrat menjadi gas nitrogen di kondisi anoksik (Liu et al., 2010). Semakin mendekati kondisi netral, kemampuan air tanah mendukung denitrifikasi akan semakin baik.

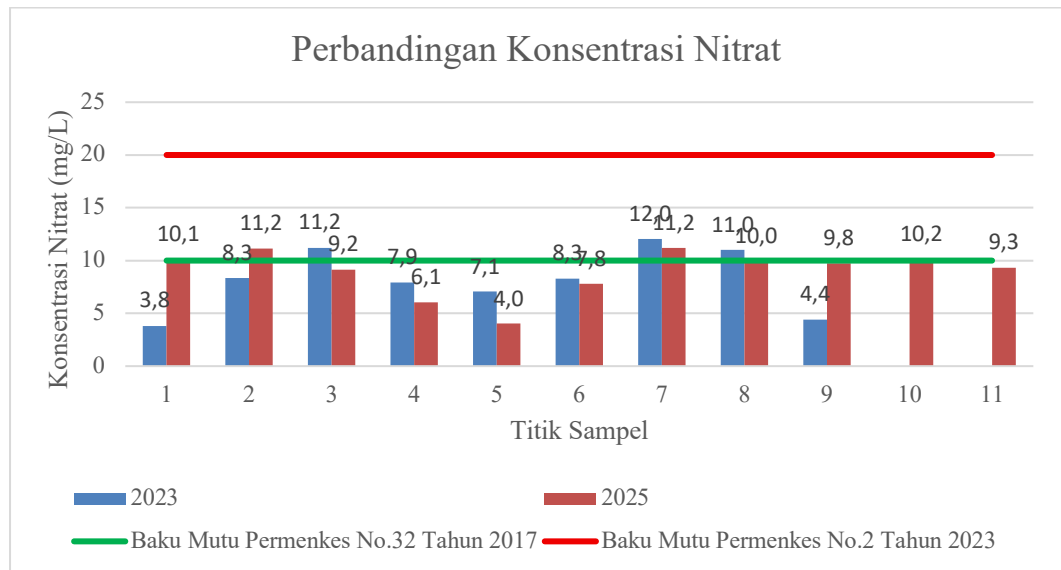
Sebaliknya, nitrifikasi membutuhkan kondisi yang lebih basa, optimal pada pH 8 - 9, sedangkan pada pH di bawah 6 aktivitasnya hampir terhenti (Effendi, 2003). Pergeseran pH yang terlalu asam atau basa dapat memicu akumulasi nitrat maupun nitrit dalam air tanah. Dengan demikian, pH tidak hanya menjadi parameter kimia, tetapi juga faktor pengendali utama siklus nitrogen dalam akuifer.

Jika dibandingkan dengan standar Permenkes No. 2 Tahun 2023 tentang Higiene dan Sanitasi yang merekomendasikan pH 6,5 - 8,5, kondisi pH di Kecamatan Kraton belum sepenuhnya sesuai. Rentang tersebut dinilai aman baik dari aspek kesehatan maupun untuk mencegah kerusakan infrastruktur pipa akibat korosi. Oleh karena itu, kecenderungan pH yang lebih asam perlu menjadi perhatian dalam upaya pengelolaan kualitas air tanah di wilayah ini.

Penelitian ini juga memiliki keterbatasan pada metode pengukuran, yaitu penggunaan indikator pH universal di lapangan. Metode ini praktis dan sesuai untuk kondisi dengan keterbatasan fasilitas laboratorium, tetapi hasilnya hanya memberikan estimasi dengan rentang yang lebih lebar sehingga kurang presisi dibandingkan pH meter digital. Keterbatasan ini berpotensi menimbulkan bias dalam interpretasi data dan memengaruhi ketepatan analisis kualitas air tanah secara keseluruhan.

#### **4.3.2.2 Nitrat**

Nitrat merupakan salah satu parameter kimia penting yang berasal dari unsur nitrogen. Keberadaannya di lingkungan bisa bersifat alami maupun dipengaruhi aktivitas manusia. Sumber alami nitrat biasanya berasal dari dekomposisi bahan organik, seperti sisa tumbuhan atau hewan. Sedangkan sumber antropogenik meliputi limbah pertanian dan peternakan, penggunaan pupuk kimia, serta limbah domestik rumah tangga. Secara biokimia, nitrat terbentuk melalui proses oksidasi bertahap, mulai dari amonia selanjutnya diubah menjadi nitrit, kemudian menjadi nitrat. Proses ini umumnya dibantu oleh mikroorganisme melalui mekanisme nitrifikasi.



**Gambar 4.3** Perbandingan Konsentrasi Nitrat Tahun 2023 dan 2025

Pada tahun 2023, konsentrasi nitrat di Kecamatan Kraton menunjukkan variasi yang cukup signifikan antar titik pengambilan sampel. Nilai tertinggi tercatat pada titik 7 (SDN Keputran A) sebesar 12,05 mg/L, diikuti titik 2 (SDN Kraton) 11,21 mg/L, dan titik 8 (Pasar Ngasem) 11 mg/L, semuanya melebihi batas baku mutu nitrat yang ditetapkan dalam Permenkes No. 32 Tahun 2017 sebesar 10 mg/L. Kadar nitrat yang melebihi ambang batas ini berpotensi menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan masyarakat jika air tanah dikonsumsi tanpa pengolahan terlebih dahulu.

Sebaliknya, titik 1 (Kantor Kemantren Kraton) dengan konsentrasi 3,81 mg/L dan titik 9 (RTHP Rotowijayan) 4,42 mg/L masih berada dalam kategori aman, kemungkinan karena lokasi relatif jauh dari sumber pencemar. Beberapa titik, seperti titik 2 dan 6, memiliki konsentrasi mendekati ambang batas, sehingga memerlukan perhatian untuk mencegah peningkatan lebih lanjut.

Pada tahun 2025, sebagian besar titik menunjukkan kenaikan konsentrasi nitrat, meskipun terdapat penurunan pada titik 5 (SDN Keputran 1) dari 7,9 mg/L menjadi 6,1 mg/L dan titik 6 (SDN Keputran 2) dari 7,1 mg/L menjadi 4 mg/L. Titik 1 (Kantor Kecamatan Kraton), titik 2 (SDN Kraton), dan titik 7 (SDN Keputran A) justru mengalami peningkatan

signifikan hingga mencapai 11,2 mg/L. Peningkatan pada titik 1 kemungkinan dipengaruhi oleh aktivitas membatik yang menghasilkan limbah berpotensi meningkatkan kadar nitrat.

Secara umum, pola ini menunjukkan bahwa air tanah di beberapa lokasi masih tertekan oleh aktivitas manusia, terutama di area dengan kepadatan aktivitas ekonomi dan sosial seperti kantor, sekolah, dan pasar. Hadimuljono & Kurniawan, (2019) menyatakan bahwa tingginya kandungan nitrat dalam sumur dapat disebabkan oleh kebocoran tangki septik, limbah domestik, atau penggunaan pupuk kimia berlebihan pada tanah berpasir. Hal ini sejalan dengan Koh.D, (2010) yang menyebut urbanisasi dan perubahan tata guna lahan tanpa pengelolaan limbah memadai sebagai faktor utama pencemaran nitrat pada akuifer dangkal.

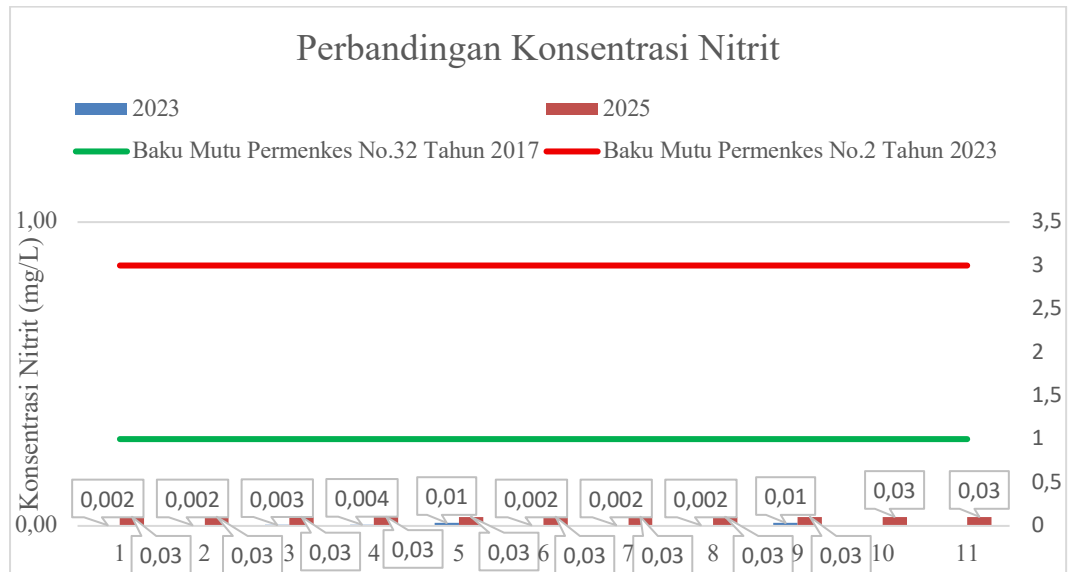
Kandungan nitrat yang tinggi juga menjadi indikator risiko kontaminasi mikrobiologis, terutama bakteri patogen, yang sering menyertai masuknya limbah ke dalam air tanah. Perbandingan grafik tahun 2023 dan 2025 menunjukkan bahwa titik 7 (SDN Keputran A) dan titik 8 (Pasar Ngasem) tetap menjadi lokasi paling kritis. Konsentrasi di titik 7 hanya turun sedikit dari 12,05 mg/L menjadi 11,2 mg/L, sedangkan titik 8 menurun dari 11 mg/L menjadi 10 mg/L, menunjukkan beban pencemar di lokasi tersebut tidak berkurang signifikan dalam dua tahun terakhir.

Jika kondisi ini terus berlanjut, konsentrasi nitrat berpotensi meningkat lebih jauh dan menimbulkan risiko kesehatan serius, seperti *methemoglobinemia*, yang terjadi ketika nitrat diubah menjadi nitrit dalam tubuh, mengoksidasi hemoglobin menjadi methemoglobin sehingga kemampuan darah mengikat oksigen menurun drastis.

#### **4.3.2.3 Nitrit**

Nitrit merupakan senyawa peralihan (*intermediate*) dalam siklus nitrogen, baik pada proses nitrifikasi yang mengubah amonia menjadi nitrat, maupun pada proses denitrifikasi yang mengubah nitrat menjadi gas nitrogen (Effendi, 2003). Pada tahap nitrifikasi, bakteri *Nitrosomonas* mengoksidasi

ammonium menjadi nitrit dalam kondisi aerob. Senyawa nitrit ini relatif tidak stabil di lingkungan alami karena mudah teroksidasi menjadi nitrat jika tersedia oksigen. Namun, jika proses nitrifikasi terganggu atau kadar oksigen rendah, nitrit dapat terakumulasi dalam air tanah.



**Gambar 4. 4** Perbandingan Konsentrasi Nitrit Tahun 2023 dan 2025

Hasil analisis tahun 2023 menunjukkan bahwa konsentrasi nitrit di air tanah Kecamatan Kraton masih sangat rendah, berkisar antara 0,002 - 0,01 mg/L. Nilai ini jauh di bawah baku mutu sebesar 1 mg/L, sehingga pada periode tersebut nitrit belum menjadi parameter pencemar yang signifikan dan tidak memberikan dampak berarti terhadap kualitas maupun kerentanan air tanah.

Pada tahun 2025, meskipun baku mutu nitrit menurut regulasi terbaru meningkat menjadi 3 mg/L, pengujian menunjukkan kenaikan seragam di seluruh titik sampel hingga mencapai 0,03 mg/L. Kenaikan ini masih tergolong kecil dan jauh dari ambang batas. Keseragaman konsentrasi lebih banyak dipengaruhi oleh keterbatasan metode analisis, terutama terkait *Limit of Detection* (LOD), yaitu konsentrasi terendah suatu analit yang dapat dideteksi oleh instrumen, meskipun belum tentu dapat diukur secara kuantitatif dengan akurasi tinggi. Dengan demikian, nilai 0,03 mg/L lebih

mencerminkan batas deteksi instrumen dibandingkan kondisi nyata pencemaran di lapangan.

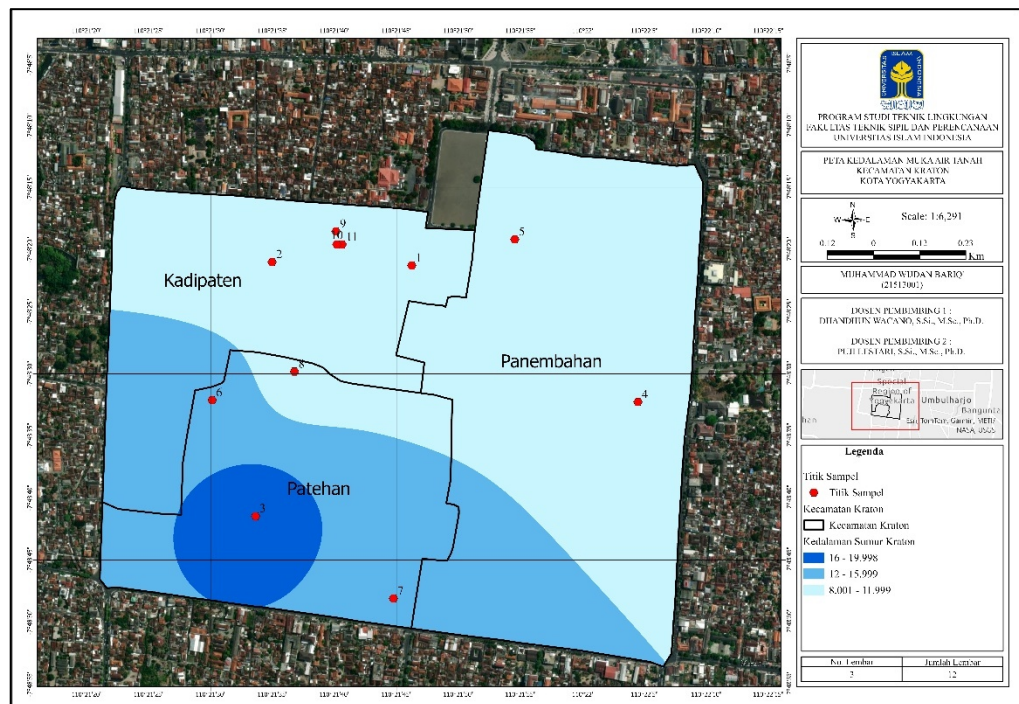
Jika dibandingkan dengan nitrat, konsentrasi nitrit tidak menunjukkan peningkatan signifikan hingga melewati ambang batas. Hal ini dapat dijelaskan secara ilmiah karena nitrit bersifat tidak stabil dan cepat teroksidasi menjadi nitrat pada kondisi air tanah dengan kadar oksigen terlarut cukup tinggi (Effendi, 2003). Sumber nitrit utama biasanya berasal dari limbah domestik maupun industri, namun karena proses oksidasi berlangsung cepat, keberadaannya di air tanah umumnya rendah. Kondisi ini menunjukkan bahwa kualitas air tanah di Kecamatan Kraton dari aspek kandungan nitrit masih tergolong baik.

Meski demikian, keberadaan nitrit tetap perlu diperhatikan karena dapat berfungsi sebagai indikator aktivitas biologis dalam perombakan bahan organik di kondisi dengan kadar oksigen terlarut rendah. Oleh karena itu, meskipun konsentrasinya masih jauh di bawah ambang batas, pemantauan berkala tetap diperlukan untuk mengantisipasi potensi perubahan kualitas air tanah di masa mendatang. Dengan demikian, nitrit tidak hanya menjadi parameter pencemar, tetapi juga berperan sebagai penanda penting dinamika proses biogeokimia dalam akuifer.

#### **4.4 Analisis Kerentanan Air Tanah**

##### **4.4.1 *Depth of water* (kedalaman muka air tanah)**

Kedalaman muka air tanah merupakan salah satu parameter kunci dalam metode *Susceptibility Index* (SI), karena menunjukkan jarak vertikal antara permukaan tanah dan permukaan air tanah. Muka air yang dangkal menandakan kerentanan yang lebih tinggi terhadap pencemaran, karena jarak yang pendek memungkinkan polutan mencapai akuifer lebih cepat, sehingga waktu untuk proses penyaringan alami dan degradasi biologis menjadi lebih terbatas.



**Gambar 4.5** Peta Kedalaman Air Tanah Kecamatan Kraton

Berdasarkan **Gambar 4.5**, kedalaman muka air tanah di wilayah penelitian bervariasi cukup luas, yaitu antara 8 hingga 20 meter. Variasi ini mencerminkan perbedaan tingkat kerentanan terhadap pencemaran. Distribusi kedalaman dipengaruhi oleh kondisi geologi lokal serta topografi, di mana air tanah cenderung terkumpul pada area dengan elevasi rendah.

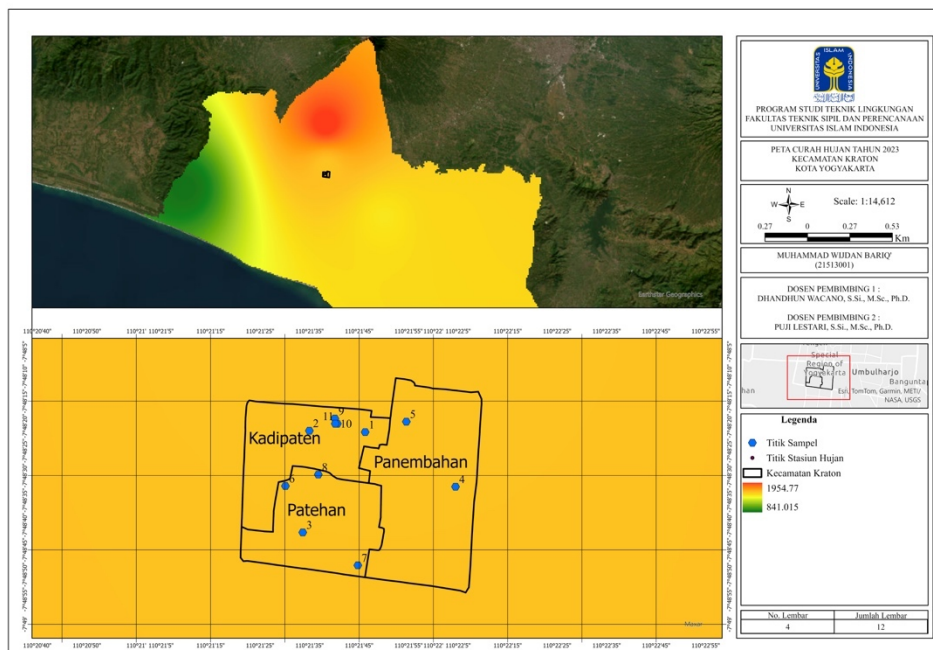
Pada titik 3, muka air tanah tercatat berada pada kedalaman 20 meter, sehingga tingkat kerentanannya relatif rendah. Semakin dalam posisi air tanah, semakin besar kemungkinan kontaminan terfiltrasi oleh lapisan tanah dan batuan sebelum mencapai akuifer. Sebaliknya, pada titik 10 dan 11, kedalaman muka air tanah hanya sekitar 8 meter, menandakan tingkat kerentanan yang lebih tinggi. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh (Aller et al., 1987) yang menggunakan indeks DRASTIC dasar pengembangan indeks SI bahwa zona dengan muka air tanah dangkal cenderung memiliki risiko pencemaran lebih besar dibandingkan zona dengan muka air tanah yang lebih dalam.

#### 4.4.2 Recharge (imbuhan air tanah)

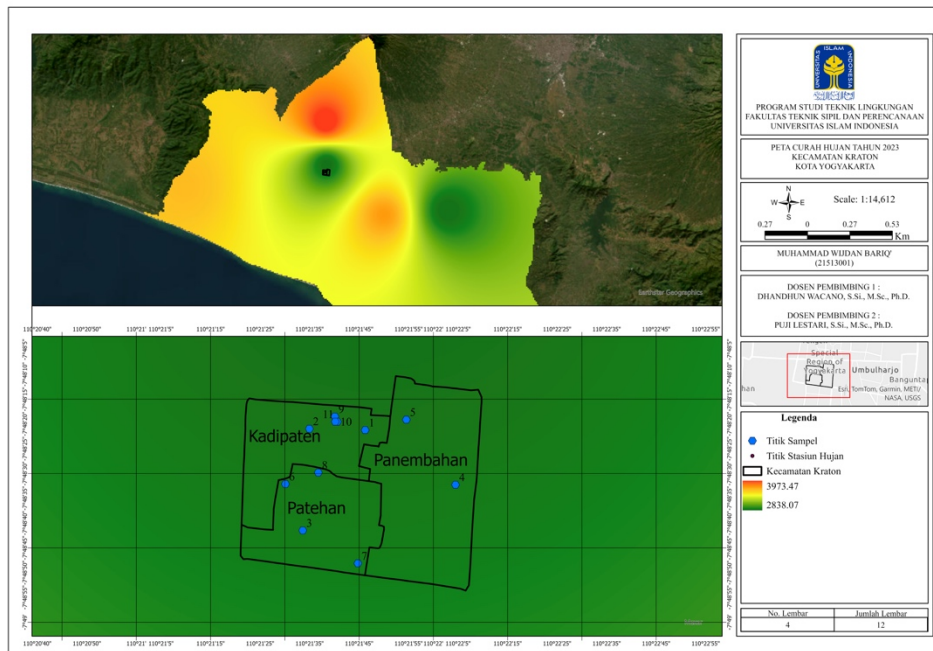
Imbuhan air tanah, atau zona pengisian akuifer, merupakan proses infiltrasi air hujan ke dalam lapisan bawah tanah. Sebagian air hujan yang jatuh ke permukaan mengalir melalui sistem drainase menuju saluran utama dan sungai sebagai *runoff*, sedangkan sisanya meresap ke dalam tanah melalui infiltrasi dan perkolasi hingga mencapai lapisan akuifer.

Dalam metode *Susceptibility Index* (SI), wilayah dengan tingkat imbuhan tinggi ditandai oleh curah hujan tahunan yang besar cenderung lebih rentan terhadap pencemaran. Hal ini terjadi karena volume air yang meresap lebih besar, sehingga peluang polutan dari permukaan untuk mencapai air tanah juga meningkat.

Berdasarkan hasil analisis, curah hujan tahunan di Kecamatan Kraton pada tahun 2023 berkisar 1.581 mm/tahun. Namun, pada tahun 2025 terjadi peningkatan signifikan hingga 2.882 mm/tahun. Perbedaan ini dapat dilihat pada **Gambar 4.6** dan **4.7**, yang memperlihatkan dinamika perubahan curah hujan selama periode pengamatan tersebut.



**Gambar 4. 6** Peta Imbuhan Air Tanah Kecamatan Kraton 2023



**Gambar 4. 7** Peta Imbuhan Air Tanah Kecamatan Kraton 2025

Berdasarkan analisis spasial, nilai imbuhan air tanah ditentukan dengan mengacu pada data curah hujan tahunan. Dalam klasifikasi metode *Susceptibility Index* (SI), wilayah dengan curah hujan 0 - 1.500 mm/tahun termasuk memiliki kerentanan rendah terhadap pencemaran, sedangkan wilayah dengan curah hujan 2.500 - 3.000 mm/tahun memiliki kerentanan tinggi.

Temuan ini sejalan dengan studi Pouye et al., (2023), yang menunjukkan adanya variasi spasial respons konsentrasi nitrat terhadap hujan ekstrem. Di beberapa wilayah, kadar nitrat meningkat pasca hujan akibat peningkatan *leaching* dari permukaan, sementara di wilayah lain justru menurun karena efek pengenceran lebih dominan. Respons ini sangat dipengaruhi oleh faktor lokal seperti permeabilitas tanah, keberadaan zona resapan, dan karakteristik akuifer.

Pengaruh curah hujan terhadap kerentanan air tanah juga terkait fungsi sumur resapan. Sumur resapan berperan untuk meningkatkan infiltrasi ke dalam akuifer, menambah cadangan air, serta mengurangi risiko banjir dan penurunan muka tanah akibat pemanfaatan air tanah yang intensif (Azis et al.,

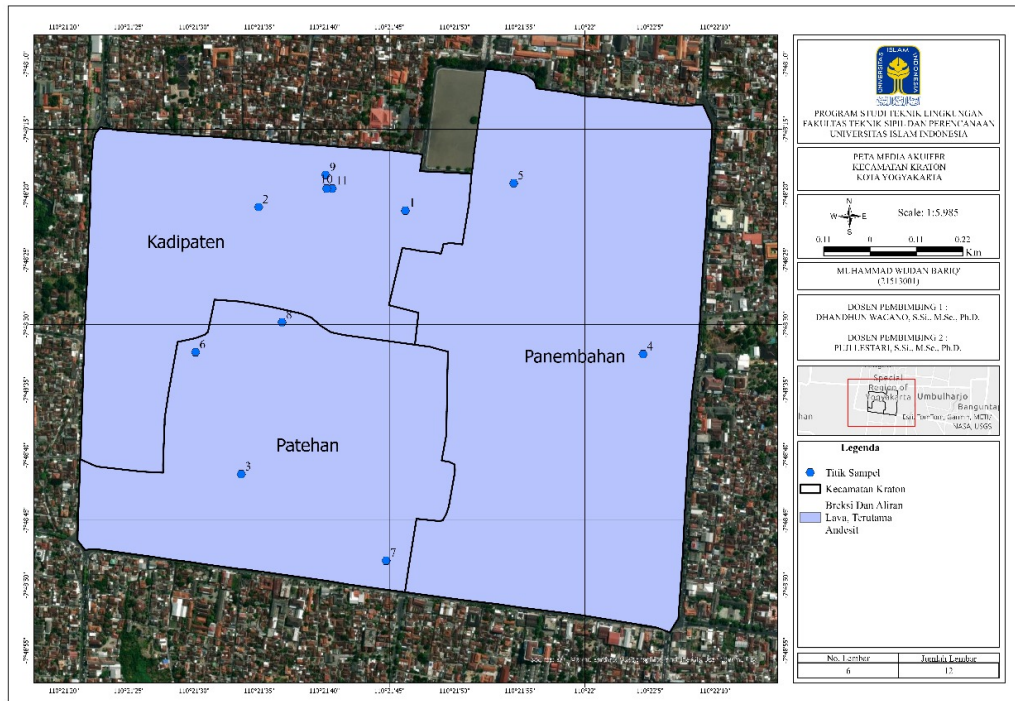
2016). Namun, saat hujan dengan intensitas tinggi, air yang masuk dapat menyebabkan pengisian cepat pada akuifer dangkal yang rentan terhadap polutan. Kondisi ini dapat menjadi risiko tambahan jika air yang masuk ke sumur resapan belum melalui pengolahan, karena limpasan permukaan yang membawa berbagai polutan dapat terbawa masuk ke akuifer (Tumpu, 2021).

#### **4.4.3 *Akuifer media (media akuifer)***

Media akuifer memiliki peran krusial dalam menentukan kemampuan alami tanah untuk menampung air sekaligus menyaring kontaminan yang masuk ke dalam air tanah. Akuifer yang tersusun dari material berbutir kasar, seperti pasir dan kerikil, cenderung memiliki porositas tinggi sehingga aliran air lebih cepat. Namun, sifat ini juga membuat akuifer jenis tersebut lebih rentan terhadap pencemaran karena kemampuan filtrasi alaminya terbatas.

Pembentukan akuifer dipengaruhi oleh berbagai proses geologi, termasuk pelapukan batuan akibat erosi, pengendapan material glasial dan aluvial, serta pelarutan pada batuan kapur. Ukuran dan jumlah pori-pori pada formasi batuan sangat bervariasi tergantung jenis batuan dan mekanisme pembentukannya (Hadimuljono & Kurniawan, 2019).

Berdasarkan analisis data sekunder, media akuifer di wilayah penelitian didominasi oleh batuan vulkanik lapuk dengan sisipan pasir dan lanau. Formasi ini memiliki permeabilitas sedang hingga tinggi, sehingga aliran air tanah relatif mudah terjadi. Kondisi ini menunjukkan potensi kerentanan terhadap pencemaran masih cukup besar, khususnya pada zona yang tidak memiliki lapisan pelindung alami berupa lempung atau tanah liat.

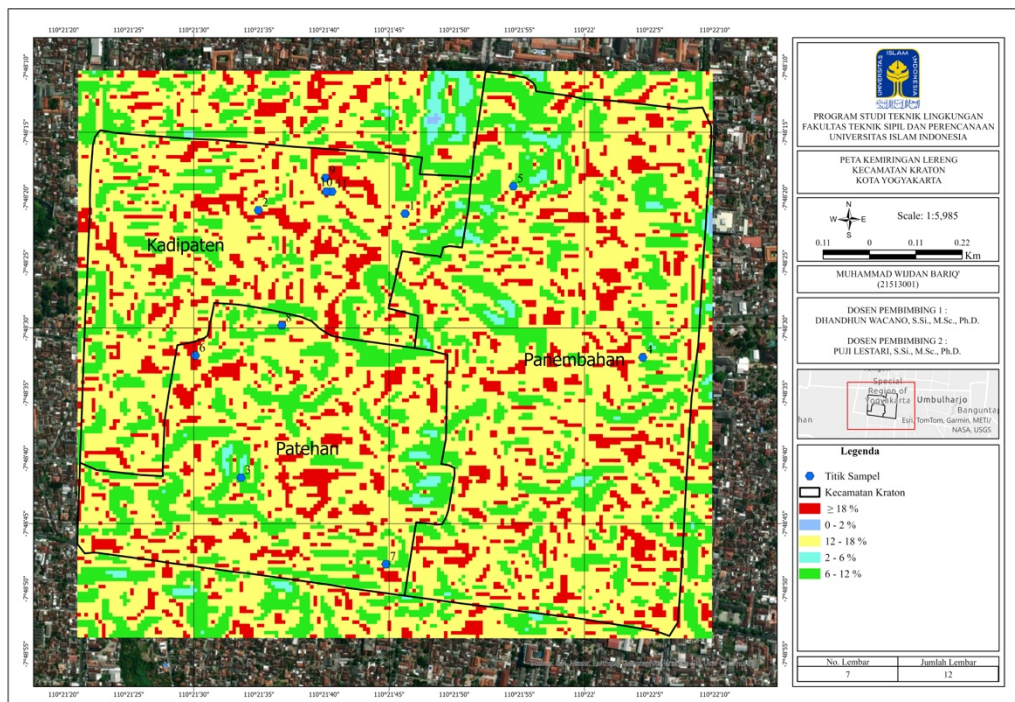


**Gambar 4. 8** Peta Media Akuifer Kecamatan Kraton

Dalam metode *Susceptibility Index* (SI), media akuifer dinilai berdasarkan karakteristik material penyusunnya. Pada penelitian ini, media akuifer diberi skor 90, yang menunjukkan tingkat kerentanan tergolong cukup tinggi. Akuifer yang tersusun dari pasir, misalnya, dikategorikan sangat rentan terhadap kontaminasi karena kemampuan filtrasinya rendah dan aliran air di dalamnya relatif cepat. Sebaliknya, zona dengan media akuifer yang didominasi batuan kompak, seperti tuf atau breksi, memiliki kerentanan lebih rendah akibat porositas dan permeabilitas yang kecil, sehingga pergerakan polutan ke dalam sistem akuifer terbatas. Dengan demikian, jenis dan karakteristik litologi lokal menjadi faktor utama dalam menentukan tingkat kerentanan sekaligus menjadi dasar penting untuk pemetaan potensi pencemaran air tanah.

#### 4.4.4 Topography (lereng)

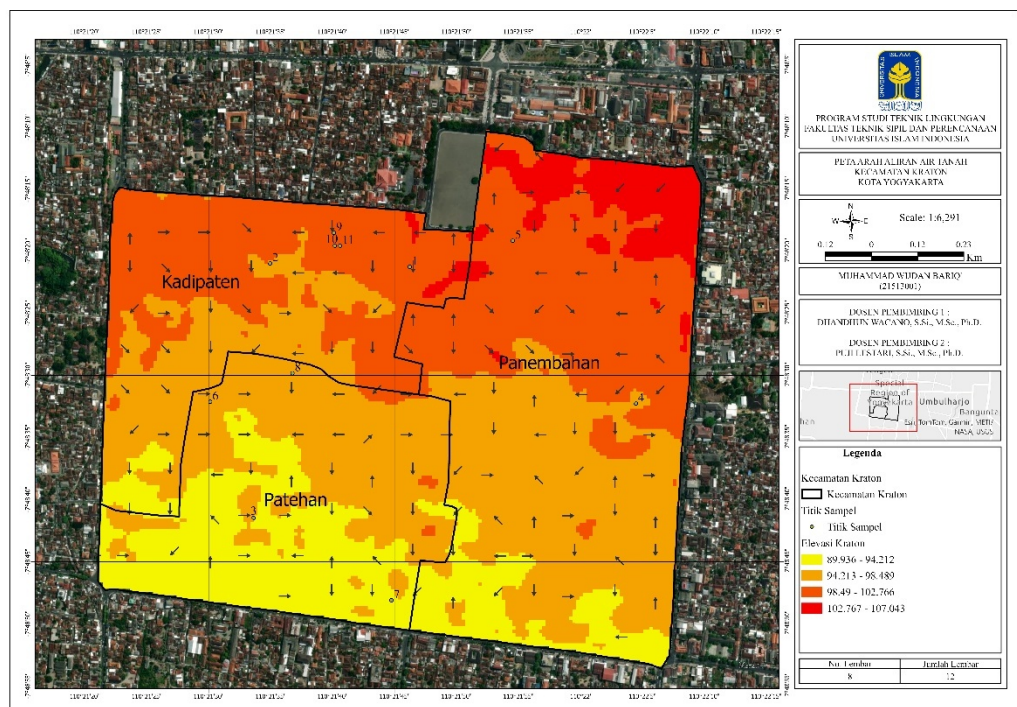
Topografi suatu wilayah, khususnya kemiringan lereng, memiliki pengaruh besar terhadap aliran permukaan dan proses infiltrasi air ke dalam tanah. Di area dengan lereng datar hingga landai ( $0 - 8\%$ ), aliran permukaan berjalan lambat sehingga air memiliki kesempatan lebih lama untuk meresap ke dalam tanah. Kondisi ini meningkatkan peluang polutan mencapai lapisan akuifer, sehingga kerentanan terhadap pencemaran menjadi lebih tinggi. Sebaliknya, di daerah dengan kemiringan curam ( $>15\%$ ), air permukaan mengalir lebih cepat ke hilir, waktu kontak dengan tanah lebih singkat, dan potensi infiltrasi maupun pencemaran menurun. Dalam metode *Susceptibility Index* (SI), wilayah dengan lereng datar hingga landai diklasifikasikan sebagai zona dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap kontaminasi air tanah.



**Gambar 4. 9** Peta Kemiringan Lereng Kecamatan Kraton

Hasil analisis kemiringan lereng di Kecamatan Kraton, sebagaimana terlihat pada **Gambar 4.9**, menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah memiliki lereng landai. Kondisi ini berkaitan dengan dominasi dataran aluvial

yang menjadi lokasi permukiman padat serta pusat kegiatan domestik. Lereng yang relatif datar meningkatkan kerentanan air tanah terhadap pencemaran, terutama dari limbah rumah tangga dan sistem sanitasi yang tidak kedap. Meskipun area datar mendukung imbuhan air tanah melalui infiltrasi air hujan, kondisi ini juga memperbesar kemungkinan polutan mencapai akuifer dangkal. Temuan ini sejalan dengan pendapat Foster & Chilton, (2003) yang menyatakan bahwa dataran rendah atau datar merupakan zona kritis bagi potensi pencemaran air tanah, khususnya di kawasan perkotaan dengan pengelolaan limbah yang kurang optimal.



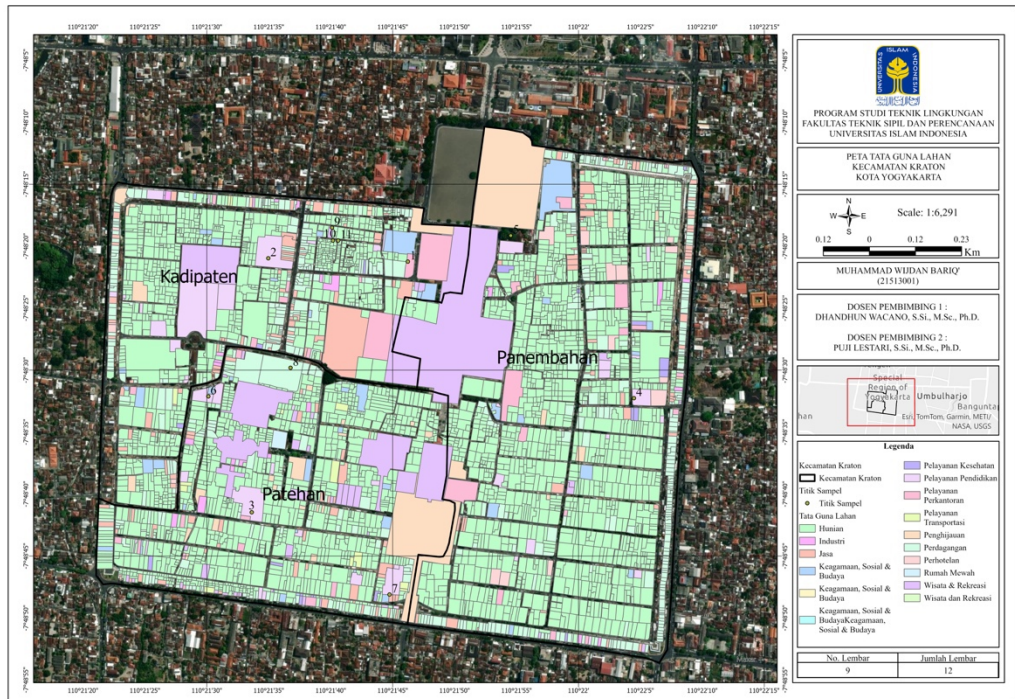
**Gambar 4. 10** Peta Arah Aliran Air Tanah Kecamatan Kraton

Arah aliran air tanah yang ditunjukkan pada **Gambar 4.10** memperlihatkan bahwa pergerakan air umumnya mengikuti pola dari dataran tinggi menuju dataran rendah, dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Pola ini dapat diidentifikasi melalui ketinggian muka air tanah, di mana aliran bergerak tegak lurus terhadap garis kontur potensial hidrolis menuju gradien bawah (Hadimuljono & Kurniawan, 2019). Arah aliran memegang peranan penting dalam menentukan distribusi polutan di dalam akuifer. Apabila suatu titik di

hulu memiliki konsentrasi nitrat tinggi, titik-titik di hilir berpotensi terdampak akibat transportasi polutan melalui aliran air tanah. Misalnya, jika titik T3 dan T7 berada di hilir, pencemaran yang terdeteksi di kedua titik tersebut bisa merupakan akumulasi dari sumber pencemar hulu. Hal ini menunjukkan bahwa sebaran kontaminan bersifat menyeluruh, mengikuti aliran bawah tanah, sehingga risiko kerentanan tidak hanya ditentukan secara lokal, tetapi juga dipengaruhi oleh dinamika hidrogeologi.

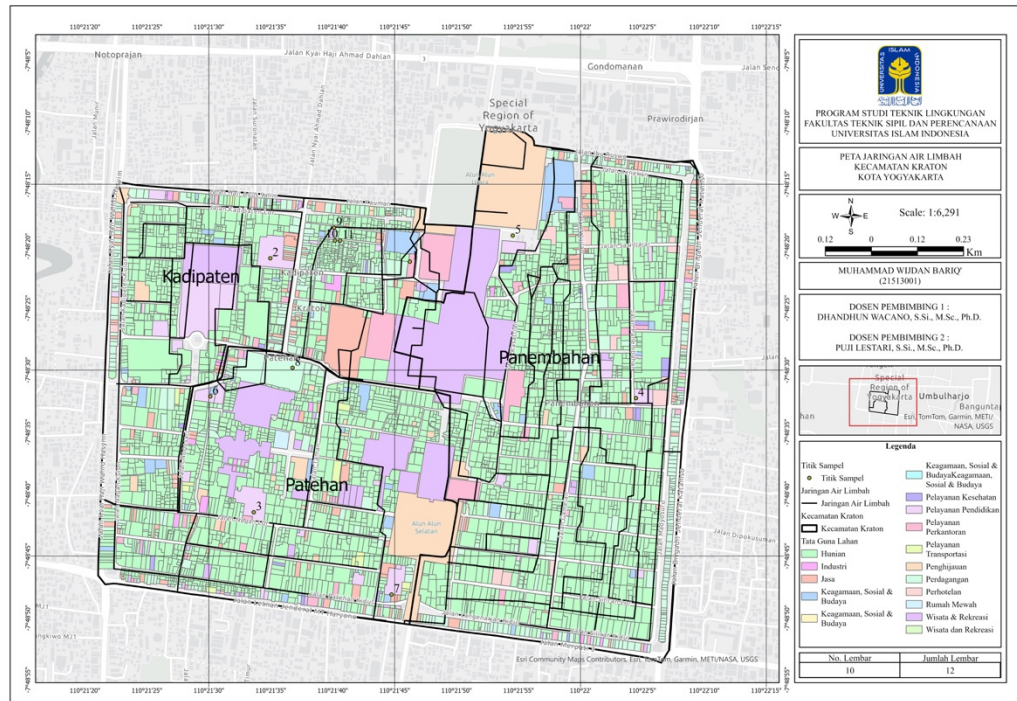
#### **4.4.5 *Land Use* (penggunaan lahan)**

Penggunaan lahan merupakan faktor krusial yang secara langsung memengaruhi kualitas dan kerentanan air tanah, karena kegiatan di permukaan menentukan jenis, intensitas, dan sumber polutan yang dapat memasuki akuifer. Wilayah yang didominasi lahan terbangun, seperti permukiman padat, kawasan industri, dan area perdagangan, cenderung memiliki tingkat kerentanan tinggi akibat aktivitas manusia yang menghasilkan limbah cair dan padat. Berdasarkan peta pada **Gambar 4.11** dan hasil survei lapangan, terjadi alih fungsi lahan menjadi area terbangun secara signifikan. Perubahan ini meningkatkan luas permukaan impermeabel, sehingga mengurangi infiltrasi alami, memperbesar limpasan permukaan, dan menurunkan kapasitas konservasi air tanah. Kondisi tersebut mempertinggi risiko polutan mencapai akuifer dangkal, terutama di permukiman dengan sistem sanitasi yang kurang optimal.



**Gambar 4. 11** Peta Tata Guna Lahan Kecamatan Kraton

Konversi lahan dari vegetasi alami menjadi area terbangun secara langsung menurunkan kemampuan tanah untuk menahan dan menyaring polutan. Permukaan yang tertutup oleh jalan dan bangunan menghambat infiltrasi alami, sehingga aliran permukaan cenderung terakumulasi dan membawa polutan menuju titik resapan buatan, seperti gorong-gorong atau sumur resapan, yang distribusinya terbatas. Temuan ini sejalan dengan Maria & Lestiana (2014), yang menyatakan bahwa alih fungsi lahan menjadi kawasan terbangun meningkatkan luas permukaan impermeabel, menurunkan laju infiltrasi, dan mengurangi indeks konservasi air tanah. Kondisi serupa terlihat di Kecamatan Kraton, yang mengalami urbanisasi tinggi, sehingga wilayah ini lebih rentan terhadap penurunan kualitas air tanah akibat berkurangnya perlindungan alami bagi akuifer.



**Gambar 4. 12** Peta Jaringan Air Limbah Kecamatan Kraton

Selain itu, pemanfaatan lahan berupa jaringan air limbah, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.12**, juga berdampak tidak langsung terhadap kualitas air tanah. Sistem jaringan air limbah yang kurang terkelola di kawasan padat penduduk berpotensi menjadi sumber utama pencemaran melalui rembesan dari pipa yang bocor. Tingginya kadar nitrit pada air sumur gali menunjukkan adanya akumulasi bahan organik yang signifikan, kemungkinan besar akibat jarak sumur gali yang terlalu dekat dengan tangki septik (kurang dari 10 meter). Hal ini meningkatkan risiko kontaminasi, sehingga konsentrasi nitrit yang tinggi pada air sumur gali berkorelasi erat dengan keberadaan tangki septik serta buruknya pengelolaan limbah domestik di kawasan padat penduduk (Ridhosari Dan & Roosmini, 2011).

#### 4.5.6 Analisis Kerentana Air Tanah Terhadap Nitrat dan Nitrit

Peta kerentanan air tanah untuk tahun 2023 dan 2025, yang dibuat menggunakan metode *Susceptibility Index* (SI), memperlihatkan sebaran tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran di Kecamatan Kraton, Kota

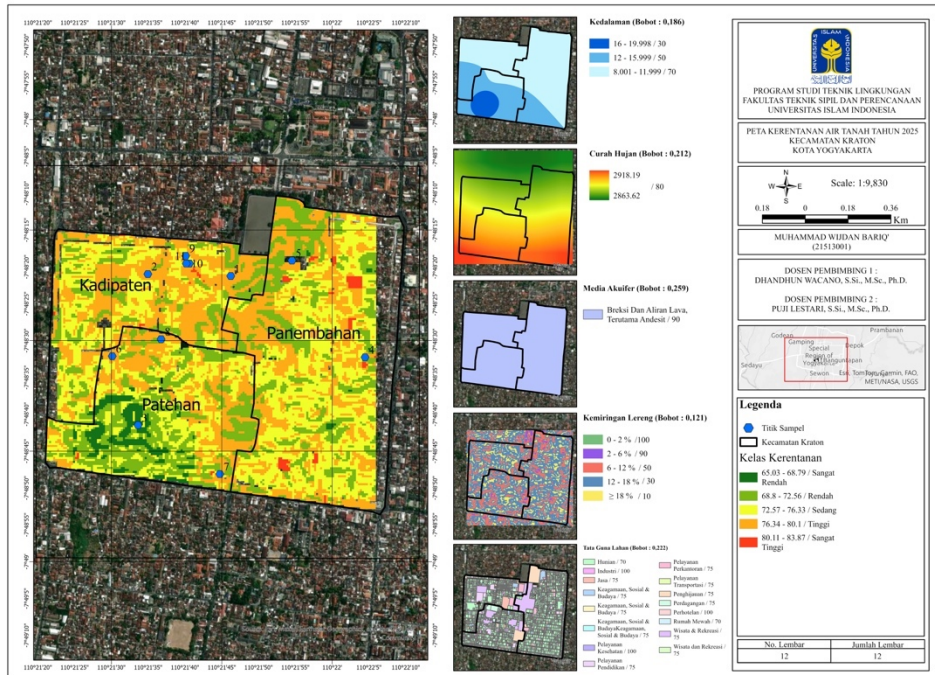


mencapai  $\pm 20$  meter, sehingga lokasi ini memperoleh skor dan bobot penilaian lebih rendah dibandingkan titik-titik dengan muka air tanah yang lebih dangkal.

**Tabel 4. 2** Nilai Parameter Terhadap Kerentanan Tahun 2023

| No | Lokasi                  | 2023 |     |        |        |       |
|----|-------------------------|------|-----|--------|--------|-------|
|    |                         | Suhu | pH  | Nitrat | Nitrit | SI    |
| 1  | Kantor Kemantren Kraton | 27,5 | 6,9 | 3,8    | 0,002  | 68,63 |
| 2  | SD N Kraton             | 27,8 | 6,5 | 8,3    | 0,002  | 69,84 |
| 3  | SMP N 16 Yk.            | 28,5 | 6,8 | 11,2   | 0,003  | 57,65 |
| 4  | SD N Panembahan         | 27,3 | 6,6 | 7,9    | 0,004  | 68,63 |
| 5  | SD N Keputran 1         | 27,9 | 6,6 | 7,1    | 0,01   | 68,63 |
| 6  | SD N Keputran 2         | 28   | 6,8 | 8,3    | 0,002  | 69,84 |
| 7  | SD N Keputran A         | 28,6 | 6,6 | 12,0   | 0,002  | 68,63 |
| 8  | Pasar Ngasem            | 29   | 6,6 | 11,0   | 0,002  | 68,63 |
| 9  | RTHP Rotowijayan        | 26,5 | 7,7 | 4,4    | 0,01   | 67,52 |

Berdasarkan hasil visualisasi dan nilai Susceptibility Index (SI) dari sembilan titik sampel di Kecamatan Kraton pada tahun 2023, sebagian besar wilayah menunjukkan tingkat kerentanan air tanah yang tinggi, dengan rentang nilai SI antara 56,55 hingga 75,39. Dari sembilan titik tersebut, lima titik, yakni T1, T4, T5, T7, dan T8, memiliki nilai SI sama sebesar 68,63, termasuk dalam kategori kerentanan tinggi terhadap pencemaran. Dua titik lainnya, T2 dan T6, memiliki nilai SI 69,84, juga masuk dalam kategori tinggi. Sementara itu, T9 (RTHP Rotowijayan) menunjukkan kerentanan sedang, dan T3 tergolong sangat rendah. Tingginya nilai SI ini mencerminkan kondisi geologi lokal, seperti kedalaman sumur dan kemiringan lereng, serta pola pemanfaatan lahan, termasuk pengelolaan limbah domestik, yang mempermudah pergerakan kontaminan menuju akuifer sehingga meningkatkan potensi pencemaran.



**Gambar 4. 14** Peta Kerentanan Air Tanah Kecamatan Kraton Tahun 2025

Pada tahun 2025, klasifikasi kerentanan air tanah di Kecamatan Kraton mengalami perubahan dibandingkan tahun 2023, dengan lima kategori baru, yaitu: sangat rendah (65,03 - 68,79), rendah (68,80 - 72,56), sedang (72,57 - 76,33), tinggi (76,34 - 80,10), dan sangat tinggi (80,11 - 83,87). Perbedaan ini terutama dipengaruhi oleh salah satu faktor dominan, yakni curah hujan di wilayah tersebut. Pada tahun 2025, curah hujan tercatat tinggi, berada pada kisaran 2500 - 3000 mm/tahun, yang menghasilkan bobot 80 dalam perhitungan *Susceptibility Index* (SI). Kondisi ini berdampak signifikan terhadap peningkatan kerentanan air tanah, karena volume air infiltrasi yang besar memungkinkan polutan dari permukaan lebih cepat mencapai akuifer.

**Tabel 4. 3** Nilai Parameter Terhadap Kerentanan Tahun 2025

| No | Lokasi                  | 2025 |     |        |        |       |
|----|-------------------------|------|-----|--------|--------|-------|
|    |                         | Suhu | pH  | Nitrat | Nitrit | SI    |
| 1  | Kantor Kemantren Kraton | 27,0 | 7,0 | 10,1   | 0,03   | 78,32 |
| 2  | SD N Kraton             | 27,0 | 6,0 | 11,2   | 0,03   | 78,32 |

| No | Lokasi           | 2025 |     |        |        |       |
|----|------------------|------|-----|--------|--------|-------|
|    |                  | Suhu | pH  | Nitrat | Nitrit | SI    |
| 3  | SMP N 16 Yk.     | 29,0 | 6,0 | 9,2    | 0,03   | 68,55 |
| 4  | SD N Panembahan  | 28,0 | 6,0 | 6,1    | 0,03   | 77,11 |
| 5  | SD N Keputran 1  | 28,0 | 6,0 | 4,0    | 0,03   | 77,11 |
| 6  | SD N Keputran 2  | 27,0 | 6,0 | 7,8    | 0,03   | 78,32 |
| 7  | SD N Keputran A  | 26,0 | 6,0 | 11,2   | 0,03   | 77,11 |
| 8  | Pasar Ngasem     | 27,0 | 6,0 | 10,0   | 0,03   | 77,11 |
| 9  | RTHP Rotowijayan | 28,0 | 7,0 | 9,8    | 0,03   | 76,00 |
| 10 | Sumur Warga 1    | 26,0 | 6,0 | 10,2   | 0,03   | 77,21 |
| 11 | Sumur Warga 2    | 26,0 | 6,0 | 9,3    | 0,03   | 71,16 |

Berdasarkan pengukuran tahun 2025 dengan 11 titik sampel, mayoritas wilayah Kecamatan Kraton menunjukkan tingkat kerentanan air tanah yang tinggi, dengan nilai SI berkisar antara 65,03 hingga 83,87. Dari 11 titik tersebut, delapan titik termasuk dalam kategori kerentanan tinggi, sedangkan tiga titik lainnya menunjukkan kerentanan sedang (T9), rendah (T11), dan sangat rendah (T3).

Perbedaan tingkat kerentanan antara tahun 2023 dan 2025 berpengaruh langsung terhadap kualitas air tanah di Kecamatan Kraton, termasuk dari segi kuantitas. Tingginya kerentanan berdampak pada kualitas hidup masyarakat karena air tanah merupakan sumber utama bagi kebutuhan sehari-hari. Faktor yang paling berpengaruh terhadap peningkatan kerentanan ini adalah curah hujan yang cukup tinggi setiap tahunnya serta karakteristik media akuifer di wilayah ini, yang memungkinkan infiltrasi polutan ke dalam akuifer, terutama pada sumur dangkal, sehingga meningkatkan risiko penurunan kualitas air tanah.

Hasil penelitian ini mengindikasikan adanya keterbatasan dalam pemanfaatan data spasial, khususnya pada peta curah hujan dan litologi akuifer, yang masih menggunakan skala besar sehingga belum mampu menggambarkan kondisi lapangan secara detail dan presisi. Skala peta yang

terlalu umum sering kali mengabaikan variasi lokal, seperti distribusi curah hujan berskala mikro dan keragaman geologi, yang memiliki peran penting dalam menentukan tingkat kerentanan maupun risiko pencemaran air tanah. Kondisi ini menyebabkan interpretasi hasil analisis menjadi kurang akurat dalam merepresentasikan kerentanan sebenarnya di suatu wilayah. Menurut (Foster & Chilton, 2003) juga menyoroti kelemahan penggunaan peta berskala besar dalam penelitian kerentanan air tanah, dengan menekankan bahwa data spasial beresolusi rendah berpotensi menimbulkan generalisasi yang berlebihan dan tidak memadai untuk perencanaan pengelolaan sumber daya air yang memerlukan ketelitian tinggi.

#### 4.5 Korelasi Antar Parameter Dengan Nilai *Susceptibility Index*

Berdasarkan hasil penelitian terhadap kelima parameter, analisis korelasi dilakukan dengan membandingkan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) antar parameter. Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah terdapat hubungan yang signifikan di antara parameter-parameter tersebut. Interpretasi nilai korelasi mengacu pada interval yang telah ditetapkan dalam tabel berikut, sehingga dapat diidentifikasi kekuatan dan arah hubungan, apakah positif atau negatif, serta tingkat signifikansinya terhadap kerentanan dan kualitas air tanah.

**Tabel 4. 4** Interval Korelasi

| Interval Korelasi | Tingkat Hubungan |
|-------------------|------------------|
| 0.00 - 0.199      | Sangat Rendah    |
| 0.20 - 0.399      | Rendah           |
| 0.40 - 0.599      | Sedang           |
| 0.60 - 0.799      | Kuat             |
| 0.80 - 1.000      | Sangat Kuat      |

(Sumber: Arikunto, 1991)

**Tabel 4. 5** Korelasi Antar Pamater Tahun 2023

| 2023 |      |    |        |        |    |
|------|------|----|--------|--------|----|
|      | Suhu | pH | Nitrat | Nitrit | SI |
|      |      |    |        |        |    |

|        |       |       |       |      |      |
|--------|-------|-------|-------|------|------|
| Suhu   | 1,00  |       |       |      |      |
| pH     | -0,68 | 1,00  |       |      |      |
| Nitrat | 0,85  | -0,58 | 1,00  |      |      |
| Nitrit | -0,57 | 0,54  | -0,48 | 1,00 |      |
| SI     | -0,22 | -0,13 | -0,32 | 0,01 | 1,00 |

Hasil analisis korelasi di Kecamatan Kraton menunjukkan hubungan yang bervariasi antar parameter kualitas air tanah. Suhu air tanah memiliki korelasi positif sangat kuat terhadap konsentrasi nitrat ( $r = 0,85$ ), yang mengindikasikan bahwa kenaikan suhu meningkatkan aktivitas mikroba, khususnya *Gammaproteobacteria*, sehingga konsentrasi nitrat cenderung naik. Sebaliknya, suhu menunjukkan korelasi negatif kuat terhadap pH ( $r = -0,68$ ), yang berarti peningkatan suhu dapat menurunkan pH atau meningkatkan keasaman, memengaruhi kelarutan senyawa kimia termasuk nitrogen.

Parameter pH sendiri berkorelasi negatif sedang dengan nitrat ( $r = -0,58$ ) dan positif sedang terhadap nitrit ( $r = 0,54$ ). Dengan kata lain, pH lebih rendah berhubungan dengan peningkatan nitrat, sementara nitrit cenderung lebih tinggi pada pH netral hingga basa, sejalan dengan kondisi optimal denitrifikasi (6,5 - 8,0). Korelasi antara nitrat dan nitrit sebesar  $r = -0,48$  menandakan hubungan negatif sedang, mencerminkan proses siklus nitrogen alami di mana nitrit dikonversi menjadi nitrat atau gas nitrogen. Aktivitas manusia, seperti di sekolah, pasar, dan pemukiman, dapat mempercepat akumulasi nitrat melalui limpasan limbah.

Analisis korelasi terhadap indeks kerentanan air tanah menunjukkan bahwa nitrat memiliki hubungan negatif sedang ( $r = -0,32$ ), artinya lokasi dengan kerentanan tinggi cenderung memiliki konsentrasi nitrat lebih rendah, kemungkinan karena mekanisme aliran atau biodegradasi yang lebih efektif. Sementara itu, nitrit memiliki korelasi lemah terhadap kerentanan ( $r = 0,01$ ), menandakan pengaruh minimal, meskipun tetap dipengaruhi oleh limbah domestik dan aktivitas manusia.

**Tabel 4. 6** Korelasi Antar Parameter Tahun 2025

| 2025   |       |      |        |        |      |
|--------|-------|------|--------|--------|------|
|        | Suhu  | pH   | Nitrat | Nitrit | SI   |
| Suhu   | 1,00  |      |        |        |      |
| pH     | 0,16  | 1,00 |        |        |      |
| Nitrat | -0,48 | 0,22 | 1,00   |        |      |
| Nitrit | 0,00  | 0,00 | 0,00   | 1,00   |      |
| SI     | -0,33 | 0,18 | -0,03  | 0,00   | 1,00 |

Hasil analisis korelasi tahun 2025 menunjukkan perubahan pola hubungan antar parameter air tanah di Kecamatan Kraton. Korelasi antara suhu dan nitrat bersifat negatif sedang ( $r = -0,48$ ), artinya peningkatan suhu justru diikuti penurunan kadar nitrat. Pola ini berbeda dengan tahun sebelumnya yang menunjukkan korelasi positif, kemungkinan dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti variasi curah hujan, aktivitas manusia, atau perbedaan musim saat pengambilan sampel. Hubungan suhu dengan pH dan nitrit pada tahun ini sangat rendah atau hampir tidak ada, menandakan bahwa suhu tidak lagi menjadi faktor dominan dalam memengaruhi perubahan kedua parameter tersebut. Keterbatasan metode pengukuran pH menggunakan indikator universal juga turut menurunkan akurasi data.

Korelasi antara pH dan nitrat pada 2025 termasuk rendah ( $r = 0,22$ ), menunjukkan bahwa pengaruh pH terhadap kadar nitrat tidak signifikan. Hal ini menandakan bahwa meskipun pH tetap penting dalam reaksi kimia bawah permukaan tanah, dampaknya terhadap kadar nitrat relatif kecil dalam konteks wilayah ini. Sedangkan korelasi nitrit terhadap semua parameter lain bernilai 0,00, menunjukkan konsentrasi nitrit relatif konstan, yang kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan metode pengukuran dan nilai *Limit of Detection* (LOD) instrument yang digunakan.

Analisis hubungan antara kualitas air tanah dan tingkat kerentanan (SI) menunjukkan bahwa nitrat memiliki korelasi negatif sangat lemah terhadap SI ( $r = -0,03$ ). Artinya, peningkatan kadar nitrat tidak sejalan dengan

peningkatan kerentanan air tanah. Hal ini menunjukkan bahwa faktor lain seperti jenis tanah, kedalaman muka air tanah, serta karakteristik yang digunakan dalam perhitungan SI memiliki pengaruh lebih dominan terhadap tingkat kerentanan di Kecamatan Kraton.

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai pH memiliki korelasi positif rendah terhadap *Susceptibility Index* (SI) dengan  $r = 0,18$ . Hal ini menandakan bahwa variasi pH antara 6,0 - 7,0 tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kerentanan air tanah, atau efeknya sulit terdeteksi akibat keterbatasan alat pengukur yang digunakan. Parameter suhu menunjukkan korelasi negatif terhadap kerentanan, dengan  $r = -0,33$ , yang berarti kenaikan suhu cenderung diikuti penurunan tingkat kerentanan, meskipun pengaruhnya masih tergolong rendah. Fenomena ini kemungkinan terkait dengan perubahan aktivitas mikroba atau reaksi kimia di tanah akibat suhu, namun bukan faktor utama yang menentukan SI.

Sementara itu, nitrit memiliki konsentrasi seragam sebesar 0,03 mg/L di seluruh titik sampel, sehingga tidak menunjukkan korelasi statistik dengan SI dan tidak berpengaruh terhadap tingkat kerentanan air tanah. Sebagian besar lokasi pengambilan sampel merupakan fasilitas publik, seperti sumur warga, sekolah, kantor pemerintahan, dan pasar tradisional (misalnya Pasar Ngasem, Kantor Kemantren Kraton, serta SD di Patehan dan Kadipaten). Aktivitas manusia yang tinggi di fasilitas-fasilitas ini, termasuk penggunaan sistem sanitasi, dapat memengaruhi kandungan nitrit secara lokal, namun tidak cukup signifikan untuk memengaruhi kerentanan air tanah secara keseluruhan.

#### **4.6 Mitigasi Kerentanan Air Tanah**

Air tanah dangkal yang menjadi sumber utama kebutuhan masyarakat di Kecamatan Kraton memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap pencemaran nitrat dan nitrit, terutama disebabkan oleh tingginya aktivitas domestik. Keberadaan *septic tank* yang tidak kedap serta jaraknya yang terlalu dekat dengan sumur gali meningkatkan potensi polutan masuk ke

dalam lapisan akuifer. Melalui analisis menggunakan metode *Susceptibility Index* (SI), ditemukan bahwa kedalaman muka air tanah yang relatif dangkal serta kondisi litologi yang cukup permeabel menjadi faktor utama yang mempercepat peningkatan kerentanan akuifer terhadap pencemaran (Aller et al., 1987).

Untuk meminimalkan risiko pencemaran, langkah mitigasi yang dapat dilakukan meliputi peningkatan kualitas sistem sanitasi, seperti pembangunan septic tank yang kedap serta penataan jarak yang memadai antara septic tank dan sumber air bersih. Selain itu, pengaturan tata guna lahan di kawasan perkotaan juga penting untuk mencegah peningkatan beban pencemar, terutama di wilayah dengan tingkat kerentanan tinggi. Menurut (Foster & Chilton, 2003), di daerah perkotaan yang padat penduduk, limbah rumah tangga merupakan sumber utama pencemaran air tanah, sehingga strategi mitigasi sebaiknya berfokus pada pengelolaan sanitasi dan limbah cair domestik secara optimal.

Selain itu, diperlukan pemantauan berkala terhadap kualitas air tanah, terutama untuk parameter nitrat dan nitrit, sebagai langkah pencegahan dini terhadap pencemaran. Penerapan teknologi sederhana seperti biofilter maupun sumur resapan dengan desain yang sesuai standar dapat membantu mengurangi konsentrasi polutan sebelum meresap ke dalam lapisan akuifer. Dengan mengintegrasikan hasil analisis kerentanan berbasis metode *Susceptibility Index* (SI) dan strategi pengelolaan yang berfokus pada peningkatan sanitasi, penurunan kualitas air tanah di Kecamatan Kraton dapat diminimalkan. Hal ini akan mendukung upaya menjaga ketersediaan air bersih yang aman dan berkelanjutan bagi masyarakat perkotaan (Marjuanto et al., 2019).

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, kesimpulan yang didapatkan yaitu:

1. Berdasarkan pengukuran di 11 titik sampel air tanah Kecamatan Kraton, konsentrasi nitrat dan nitrit masih berada di bawah baku mutu Permenkes No. 2 Tahun 2023 (20 mg/L untuk nitrat dan 3 mg/L untuk nitrit). Nitrat tertinggi tercatat di T7 (11,18 mg/L), diikuti T2 (11,16 mg/L), T10 (10,16 mg/L), dan T1 (10,12 mg/L), sementara titik lain lebih rendah. Nitrit seragam di semua titik, yakni 0,03 mg/L. Secara keseluruhan, kualitas air tanah dari segi nitrat dan nitrit masih aman dan belum menunjukkan pencemaran serius.
2. Pencemaran nitrat dan nitrit di Kecamatan Kraton berdampak pada kualitas air tanah akibat aktivitas perkotaan dan limbah domestik. Konsumsi nitrat berlebih dapat menyebabkan methemoglobinemia, terutama pada bayi, sementara nitrit bersifat lebih toksik dan berpotensi menimbulkan keracunan serta gangguan pencernaan. Akumulasi nitrit juga dapat mengganggu keseimbangan ekosistem bawah tanah jika proses denitrifikasi terganggu oleh pH dan suhu yang tidak optimal.
3. Analisis spasial dengan GIS menunjukkan bahwa distribusi kerentanan air tanah terhadap nitrat dan nitrit di Kecamatan Kraton pada 2023 dan 2025 terbagi menjadi lima kelas yaitu kerentanan sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi, dimana Kecamatan Kraton mayoritas berada pada tingkat kerentanan yang tinggi.
4. Tingkat kerentanan air tanah di Kecamatan Kraton dipengaruhi oleh beberapa faktor berdasarkan *Susceptibility Index* (SI). Kedalaman

muka air tanah yang dangkal dapat mempermudah polutan mencapai akuifer, sedangkan curah hujan tahunan sangat berpengaruh terhadap tingkat kerentanan. Media akuifer yang terdiri dari batuan vulkanik lapuk dan pasir lempung bersifat permeabel, meningkatkan potensi kontaminasi. Topografi datar hingga landai mempermudah infiltrasi air tercemar, dan penggunaan lahan padat dengan aktivitas perkotaan menambah beban pencemar dari limbah domestik, sehingga wilayah ini relatif rentan terhadap pencemaran air tanah.

## **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, saran yang didapatkan yaitu:

1. Melakukan penelitian lanjutan terkait hubungan kualitas dan kuantitas air tanah dengan perubahan cuaca, mengingat dampak perubahan iklim terhadap kondisi hidrogeologis.
2. Evaluasi dan pantau kualitas air tanah secara berkala, terutama di permukiman, sekolah, kantor, dan pasar yang memiliki kadar nitrat dan nitrit relatif tinggi.
3. Kelola lingkungan secara baik untuk menjaga kualitas dan kuantitas air tanah agar tetap aman sesuai baku mutu dan berkelanjutan.
4. Edukasi masyarakat mengenai pentingnya menjaga kualitas air tanah, termasuk penggunaan deterjen ramah lingkungan, pengelolaan limbah rumah tangga, dan sanitasi sehat, untuk mendorong peran aktif dalam pelestarian sumber daya air.

## DAFTAR PUSTAKA




- Allan Freeze, R., & Cherry, J. A. (1979). *GROUNDWATER*.
- Aller, L., Bennet, T., Lehr, J. H., Petty, R. J., Hackett, G., Applications, J. T., Branch, A., & Kerr, R. S. (1987). *DRASTIC: A STANDARDIZED SYSTEM FOR EVALUATING GROUND WATER POLLUTION POTENTIAL USING HYDROGEOLOGIC SETTINGS*.
- Azis, A., Yusuf, H., & Faisal, Z. (2016). Konservasi Air Tanah Melalui Pembuatan Sumur Resapan Air Hujan Di Kelurahan Maradekaya Kota Makassar. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 3(2), 87–90.  
<https://doi.org/10.31963/intek.v3i2.57>
- Baalousha, H. M. (2016). Groundwater pumping versus surface-water take. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(2).  
<https://doi.org/10.1007/s40808-016-0133-7>
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *Panduan Kalibrasi Spektrofotometer UV-VIS*.
- Brontowiyono, W. (2021). *BUKU AJAR PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR*.
- Carpenter, S. R., Caraco, N. F., Correll, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N., & Smith, V. H. (1998). Nonpoint Pollution of Surface Waters with Phosphorus and Nitrogen. In *Source: Ecological Applications* (Vol. 8, Issue 3). <http://www.jstor.orgURL:http://www.jstor.org/stable/>
- Devianto, L. A., Lusiana, N., & Ramdani, F. (2019). Analisis Kerentanan Pencemaran Air Tanah di Kota Batu Menggunakan Analisis Multikriteria Spasial dengan Indeks DRASTIC. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 7(2), 90–104. <https://doi.org/10.14710/jwl.7.2.90-104>
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Air dan Lingkungan Perairan*.
- Erkekoglu, P., Sipahi, H., & Baydar, T. (2009). Evaluation of nitrite in ready-made soups. *Food Analytical Methods*, 2(1), 61–65.  
<https://doi.org/10.1007/s12161-008-9045-0>
- Foster, S. S. D., & Chilton, P. J. (2003). Groundwater: The processes and global significance of aquifer degradation. In *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 358, Issue 1440, pp. 1957–1972). Royal Society.  
<https://doi.org/10.1098/rstb.2003.1380>
- Gunawan, Wayan. A. F. (2013). *AIR TANAH NEGARA KABUPATEN JEMBRANA PROVINSI BALI*.
- Hadimuljono, M. B., & Kurniawan, P. (2019). *Sustainable Groundwater Infrastructure (Infrastruktur Air Tanah yang Berkelanjutan) - Advantage & Disadvantage*.
- Hendrayana, H. (2011). *Kerentanan Air Tanah terhadap Pencemaran dan Pemompaan Air Tanah*.
- Indrayani, E., Handoyo Nitimulyo, K., Hadisusanto, S., Rustadi, dan, Doktor Fakultas Biologi, P., Gadjah Mada, U., Utara, S., Biologi, J., &



- Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F. (2015). *ANALISIS KANDUNGAN NITROGEN, FOSFOR DAN KARBON ORGANIK DI DANAU SENTANI-PAPUA (Analysis of Nitrogen, Phosphor and Organic Carbon Content at Lake Sentani-Papua)* (Vol. 22, Issue 2).
- Kim, K., Kim, K. L., & Shin, K. S. (2012). Selective detection of aqueous nitrite ions by surface-enhanced Raman scattering of 4-aminobenzenethiol on Au. *Analyst*, *137*(16), 3836–3840. <https://doi.org/10.1039/c2an35066a>
- Kodoatie, R. J. (2012). *Tata Ruang Air Tanah* (1st ed.).
- Koh, D. C., Mayer, B., Lee, K. S., & Ko, K. S. (2010). Land-use controls on sources and fate of nitrate in shallow groundwater of an agricultural area revealed by multiple environmental tracers. *Journal of Contaminant Hydrology*, *118*(1–2), 62–78. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2010.08.003>
- Liu, B., Mørkved, P. T., Frostegård, Å., & Bakken, L. R. (2010). Denitrification gene pools, transcription and kinetics of NO, N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> production as affected by soil pH. *FEMS Microbiology Ecology*, *72*(3), 407–417. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2010.00856.x>
- Maria, R., & Lestiana, H. (2014). PENGARUH PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP FUNGSI KONSERVASI AIR TANAH DI SUB DAS CIKAPUNDUNG. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, *24*(2), 77. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2014.v24.85>
- Marjuanto, A. A., Triadi Putranto, T., & Sugianto, D. N. (2019). *Mapping of Groundwater Vulnerability Index in the Alluvial Plain of Semarang City Using the Susceptibility Index Method*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201>
- MARJUANTO, A. A., Triadi, T., & Sugianto, D. N. (2020). *PEMETAAN INDEKS KERENTANAN AIR TANAH BEBAS TERHADAP PENCEMARAN DI DATARAN ALUVIAL KOTA SEMARANG DENGAN METODE SUSCEPTIBILITY INDEX*.
- Mcquillan, D. (2004). *GROUND-WATER QUALITY IMPACTS FROM ON-SITE SEPTIC SYSTEMS*.
- MUNAWAROH, S. (2024). *ANALISIS SPASIAL KUALITAS AIR TANAH BERDASARKAN PARAMETER KIMIA (NITRAT, NITRIT, AMONIA) DI KECAMATAN NGAGLIK, KABUPATEN SLEMAN, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA*.
- Nugraheni Dewi, S., Joko, T., Astorina Yunita Dewanti Bagian Kesehatan Lingkungan, N., & Kesehatan Masyarakat, F. (2016). *ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PENCEMARAN NITRAT (NO<sub>3</sub>) PADA AIR SUMUR GALI DI KAWASAN PERTANIAN DESA TUMPUKAN KECAMATAN KARANGDOWO KABUPATEN KLATEN* (Vol. 4). <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkm>
- Pouye, A., Cissé Faye, S., Diédhiou, M., Gaye, C. B., & Taylor, R. G. (2023). Nitrate contamination of urban groundwater and heavy rainfall: Observations from Dakar, Senegal. *Vadose Zone Journal*, *22*(2). <https://doi.org/10.1002/vzj2.20239>

- Purnami, A., & Id Widyastuti, W. A. W. C. (2012). *ZONASI KERENTANAN AIRTANAH BEBAS terhadap PENCEMARAN dengan METODE APLIS di KECAMATAN WONOSARI KABUPATEN GUNUNGKIDUL*.
- Qu, W., Suo, L., Liu, R., Liu, M., Zhao, Y., Xia, L., Fan, Y., Zhang, Q., & Gao, Z. (2022). Influence of Temperature on Denitrification and Microbial Community Structure and Diversity: A Laboratory Study on Nitrate Removal from Groundwater. *Water (Switzerland)*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/w14030436>
- Ribeiro, L., Pindo, J. C., & Dominguez-Granda, L. (2017). Assessment of groundwater vulnerability in the Daule aquifer, Ecuador, using the susceptibility index method. *Science of the Total Environment*, 574, 1674–1683. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.004>
- Ridhosari Dan, B., & Roosmini, D. (2011). EVALUASI KUALITAS AIR TANAH DARI SUMUR GALI AKIBAT KEGIATAN DOMESTIK DI KAMPUNG DARAULIN-DESA NANJUNG EVALUATION OF GROUNDWATER QUALITY OF DUG WELLS FROM DOMESTIC ACTIVITY IN DARAULIN VILLAGE-NANJUNG. In *Jurnal Teknik Lingkungan* (Vol. 17).
- Rosca, V., Duca, M., DeGroot, M. T., & Koper, M. T. M. (2009). Nitrogen Cycle Electrocatalysis. *Chemical Reviews*, 109(6), 2209–2244. <https://doi.org/10.1021/cr8003696>
- Sartika, D., Muhni, A., Rifqan, R., & Putra, H. S. (2020). Groundwater Vulnerability to Pollution Using the GOD Method in Banda Aceh City, Aceh Province. *Journal of Aceh Physics Society*, 9(3), 84–90. <https://doi.org/10.24815/jacps.v9i3.17332>
- SUBAGIYO, I. (2023). *KERENTANAN AIR TANAH TERHADAP PENCEMARAN DAN KAITANNYA DENGAN SISTEM SANITASI DI CEKUNGAN AIR TANAH YOGYAKARTA-SLEMAN*.
- Todd, D. Keith., & Mays, L. W. . (2005). *Groundwater hydrology*. Wiley.
- Triadi, T., & Indra, K. (2009). *PERMASALAHAN AIRTANAH PADA DAERAH URBAN*.
- Tumpu, M. (2021). *SUMUR RESAPAN*. <https://www.researchgate.net/publication/358041600>
- WULANDARI, S. R. (2022). *ANALISIS SPASILA KUALITAS AIR TANAH DI KECAMATAN DEPOK KABUPATEN SLEMAN YOGYAKARTA DENGAN METODE INVERSE DISTANCE WEIGHTING (IDW)*.
- Yahya, S. (2013). *Spektrofotometri UV-VS*. Erlangga.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Dokumentasi Pengambilan Sampel





| No | Gambar   | Keterangan                                    |
|----|--|---|
| 1  |    | Pengambilan sampel pada Kecamatan Kraton      |
| 2  |   | Pengambilan sampel pada SD N Panembahan       |
| 3  |  | Pengambilan data parameter fisika SMP N 16 YK |



| No | Gambar   | Keterangan                                      |
|----|--|---|
| 4  |   | <p>Pengambilan sampel pada SD N Keputran 2</p>  |
| 5  |  | <p>Pengambilan sampel pada RTHP Rotowijayan</p> |

## Lampiran 2. Kuisisioner Penggunaan Sumur di Kecamatan Kraton

|    |                                    | Kuisisioner<br>(Desa) RT /RW  |
|----|------------------------------------|---|
| 1  | Nama Responden                     | Pak Sunarto / Bu Titis  |
| 2  | Alamat                             | SMP 16 YK   |
| 3  | Jumlah Anggota Keluarga            |   |
| 4  | Jumlah Pendapatan per-Bulan        | <input type="checkbox"/> < Rp 1.000.000<br><input checked="" type="checkbox"/> Rp 1.000.000 - Rp 2.500.000<br><input type="checkbox"/> > Rp 2.500.000   |
| 5  | Luas Bangunan Rumah                | 2970 ha   |
| 6  | Umur Sumur                         | > <del>50</del> 50 tahun  |
| 7  | Penggunaan Air                     | Mengyiram tanaman, cuci, musolla,   |
| 8  | Sumber Air Bersih                  | <input type="checkbox"/> PDAM<br><input type="checkbox"/> Sumur Gali<br><input checked="" type="checkbox"/> Sumur Bor<br><input type="checkbox"/> Penjual Air<br><input type="checkbox"/> Air Hujan<br><input type="checkbox"/> Lainnya |
| 9  | Memiliki Septic Tank               | <input checked="" type="checkbox"/> Iya<br><input type="checkbox"/> Tidak   |
| 10 | Jarak Septic Tank (2)              | ± 10 m  |
| 11 | Jarak Saluran Air Limbah           | ± 10 m  |
| 12 | Kemana Air Buangan/Limbah tersebut | <input type="checkbox"/> Sungai<br><input type="checkbox"/> Drainase<br><input checked="" type="checkbox"/> Sewerage<br><input type="checkbox"/> Selokan Tanah/Sumur Resapan<br><input type="checkbox"/> Lainnya                        |
| 13 | Kedalaman Sumur                    | > 20 m  |
| 14 | Kebutuhan Air Bersih / Bulan       | 110 l   |
| 15 | Riwayat Penyakit Akibat Air        | -   |
| 16 | Permasalahan Air                   | - Kekurangan (saat kemarau)<br>- <del>kurang</del> kekacauan air  |

**Lampiran 3. Dokumentasi Pengujian Sampel di Laboratorium**

| No | Gambar  | Keterangan                                  |
|----|---|---|
| 1  |    | Persiapan pengujian                         |
| 2  |   | Pengujian kadar nitrit                      |
| 3  |  | Pengujian kadar nitrat dengan kolom reduksi |
| 4  |  | Pengujian kadar nitrat dengan kolom reduksi |

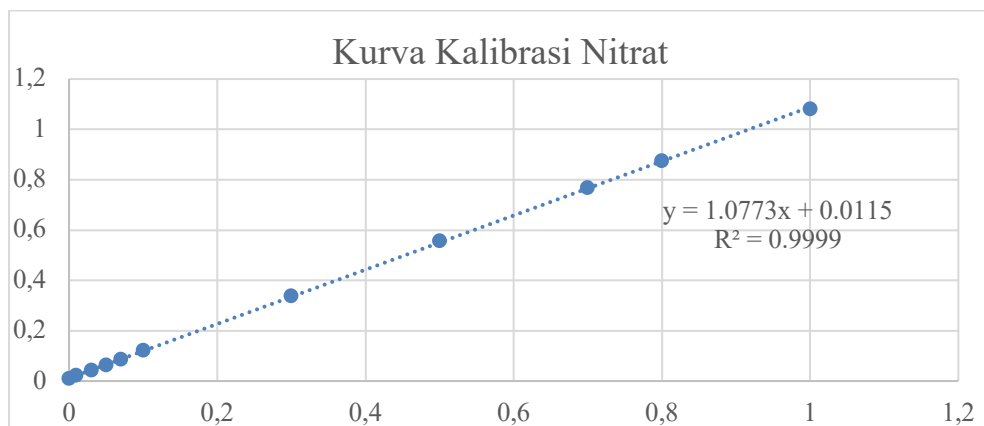
|   |  |                                |
|---|--|--------------------------------|
| 5 |   | Larutan pengujian kadar nitrat |
| 6 |  | Larutan pengujian kadar nitrat |

## Lampiran 4. Rekapitulasi Perthitungan Nitrat dan Nitrit

### A. Perhitungan Nitrat

| Kode     | Sampel | Absorbansi |
|----------|--------|------------|
| STD - 1  | 0      | 0,01       |
| STD - 2  | 0,01   | 0,022      |
| STD - 3  | 0,03   | 0,042      |
| STD - 4  | 0,05   | 0,063      |
| STD - 5  | 0,07   | 0,085      |
| STD - 6  | 0,1    | 0,121      |
| STD - 7  | 0,3    | 0,338      |
| STD - 8  | 0,5    | 0,556      |
| STD - 9  | 0,7    | 0,767      |
| STD - 10 | 0,8    | 0,876      |
| STD - 11 | 1      | 1,082      |

| Keterangan | Nilai  |
|------------|--------|
| Slope      | 1,0773 |
| Intersep   | 0,0115 |
| Steyx      | 0,0036 |
| Lod        | 0,0101 |
| Loq        | 0,0337 |



| <b>Kadar Nitrt dari Kolom Reduksi</b> |                   |                           |                    |
|---------------------------------------|-------------------|---------------------------|--------------------|
| <b>A</b>                              |                   |                           |                    |
| <b>Kode</b>                           | <b>Absorbansi</b> | <b>Faktor Pengenceran</b> | <b>Konsentrasi</b> |
| T 1                                   | 0,604             | 20                        | 10,9992            |
| T 2                                   | 0,66              | 20                        | 12,0389            |
| T 3                                   | 0,553             | 20                        | 10,0524            |
| T 4                                   | 0,389             | 20                        | 7,0077             |
| T 5                                   | 0,278             | 20                        | 4,9470             |
| T 6                                   | 0,478             | 20                        | 8,6600             |
| T 7                                   | 0,663             | 20                        | 12,0946            |
| T 8                                   | 0,549             | 20                        | 9,9782             |
| T 9                                   | 0,537             | 20                        | 9,7554             |
| T 10                                  | 0,559             | 20                        | 10,1638            |
| T 11                                  | 0,514             | 20                        | 9,3284             |

| <b>Kadar Nitrit Tanpa Melewati Kolom Reduksi</b> |                   |                           |                    |
|--|-------------------|---------------------------|--------------------|
| <b>B</b>   |                   |                           |                    |
| <b>Kode</b>                                      | <b>Absorbansi</b> | <b>Faktor Pengenceran</b> | <b>Konsentrasi</b> |
| T 1  | 0,059             | 20                        | 0,8813             |
| T 2  | 0,059             | 20                        | 0,8813             |
| T 3  | 0,06              | 20                        | 0,8998             |
| T 4  | 0,062             | 20                        | 0,9369             |
| T 5  | 0,061             | 20                        | 0,9184             |
| T 6  | 0,059             | 20                        | 0,8813             |
| T 7  | 0,061             | 20                        | 0,9184             |
| T 8  | 0,005             | 20                        | 0,0000             |
| T 9  | 0,003             | 20                        | -0,1584            |
| T 10   | 0,003             | 20                        | -0,1584            |
| T 11   | 0,004             | 20                        | -0,1398            |

| Kode | Kadar Nitrit |        | Kadar Nitrat |
|------|--------------|--------|--------------|
|      | A            | B      |              |
| T 1  | 10,9992      | 0,8813 | 10,1         |
| T 2  | 12,0389      | 0,8813 | 11,2         |
| T 3  | 10,0524      | 0,8998 | 9,2          |
| T 4  | 7,0077       | 0,9369 | 6,1          |
| T 5  | 4,9470       | 0,9184 | 4,0          |
| T 6  | 8,6600       | 0,8813 | 7,8          |
| T 7  | 12,0946      | 0,9184 | 11,2         |
| T 8  | 9,9782       | 0,0000 | 10,0         |
| T 9  | 9,7554       | 0,0000 | 9,8          |
| T 10 | 10,1638      | 0,0000 | 10,2         |
| T 11 | 9,3284       | 0,0000 | 9,3          |

- Contoh perhitungan nitrat

$$Y = (bX + a) \times FP$$

$$\text{Kadar Nitrat (mg NO}_3\text{-N/L)} = A - B$$

Keterangan:

Y = Nilai absorban

b = Intersep

a = Slope

A = Kadar NO<sub>2</sub>-N dari kolom reduksi

B = Kadar NO<sub>2</sub>-N tanpa melewati kolom reduksi

X = Konsentrasi larutan

FP = Faktor Pengenceran

- T 1 (A)

$$Y = (bX + a) \times FP$$

$$0,604 = (0,0115X + 1,0773) \times 20$$

$$X = 10,9992 \text{ mg/L}$$

- T 1 (B)

$$Y = (bX + a) \times FP$$

$$0,059 = (0,0115X + 1,0773) \times 20$$

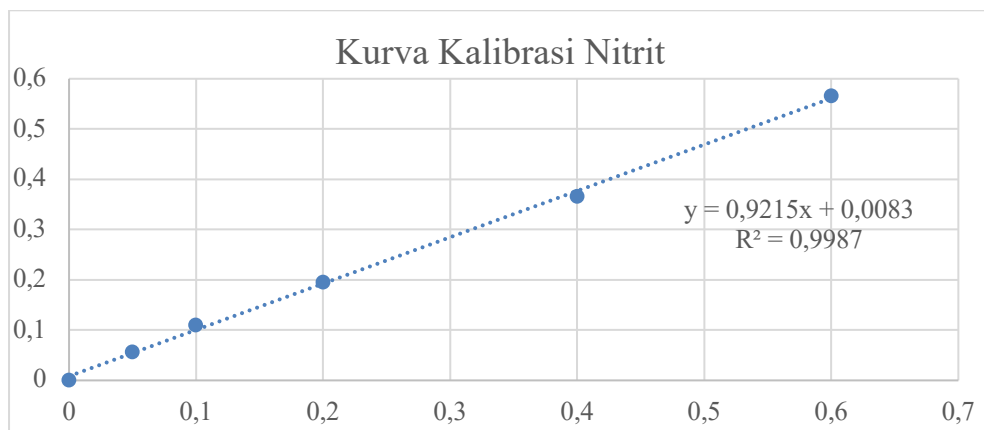
$$X = 0,8813 \text{ mg/L}$$

- Kadar Nitrat T 1 (mg NO<sub>3</sub>-N/L) = A – B  
= 10,9992 – 0,8813  
= 10,1 mg/L

## B. Perhitungan Nitrit

| Kode    | Sampel | Absorbansi |
|---------|--------|------------|
| STD - 1 | 0      | 0,001      |
| STD - 2 | 0,05   | 0,056      |
| STD - 3 | 0,1    | 0,11       |
| STD - 4 | 0,2    | 0,195      |
| STD - 5 | 0,4    | 0,366      |
| STD - 6 | 0,6    | 0,566      |

| Keterangan | Nilai  |
|------------|--------|
| Slope      | 0,9215 |
| Intersep   | 0,0083 |
| Steyx      | 0,0086 |
| Lod        | 0,0279 |
| Loq        | 0,0932 |



| Pengujian Sampel Air Tanah Parameter Nitrit |            |                    |             |       |
|---|------------|--------------------|-------------|-------|
| Kode  | Absorbansi | Faktor Pengenceran | Konsentrasi |       |
| T 1   | 0,005      | 1                  | -0,0036     | <0.03 |
| T 2   | 0,007      | 1                  | -0,0014     | <0.03 |
| T 3   | 0,015      | 1                  | 0,0072      | <0.03 |

| Pengujian Sampel Air Tanah Parameter Nitrit |            |                    |             |       |
|---|------------|--------------------|-------------|-------|
| Kode  | Absorbansi | Faktor Pengenceran | Konsentrasi |       |
| T 4   | 0,01       | 1                  | 0,0018      | <0.03 |
| T 5   | 0,017      | 1                  | 0,0094      | <0.03 |
| T 6   | 0,006      | 1                  | -0,0025     | <0.03 |
| T 7   | 0,008      | 1                  | -0,0004     | <0.03 |
| T 8   | 0,011      | 1                  | 0,0029      | <0.03 |
| T 9   | 0,039      | 1                  | 0,0333      | <0.03 |
| T 10  | 0,01       | 1                  | 0,0018      | <0.03 |
| T 11  | 0,01       | 1                  | 0,0018      | <0.03 |

- Contoh perhitungan nitrit

$$Y = (bX + a) \times FP$$

Keterangan:

Y = Nilai absorban

b = Intersep

a = Slope

X = Konsentrasi larutan

FP = Faktor Pengenceran

- T 1

$$Y = (bX + a) \times FP$$

$$0,005 = (0,0083X + 0,9251) \times 1$$

$$X = -0,0036 \text{ mg/L}$$

**Lampiran 5. Rekapitulasi Perhitungan Curah Hujan**

| Bidang Urusan      | Sub Elemen              | Tahun        |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|--------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                    |                         | 2021         |              | 2022         |              | 2023         |              | 2024         |              | 2025         |              |
|                    |                         | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun |
| Data Vertikal BMKG | Kulon Progo (BPP Kokap) |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Data Vertikal BMKG | Januari                 | 487          | 2413         | 397          | 3572         | 243          | 841          | 405          | 1423,8       | 443,4        | 2960,5       |
| Data Vertikal BMKG | Februari                | 454          |              | 251          |              | 222          |              | 147          |              | 191,5        |              |
| Data Vertikal BMKG | Maret                   | 188          |              | 289          |              | 126          |              | 76           |              | 435          |              |
| Data Vertikal BMKG | April                   | 60           |              | 176          |              | 37           |              | 56           |              | 259          |              |
| Data Vertikal BMKG | Mei                     | 0            |              | 178          |              | 69           |              | 12           |              | 386          |              |
| Data Vertikal BMKG | Juni                    | 254          |              | 191          |              | 44           |              | 4            |              | 19           |              |
| Data Vertikal BMKG | Juli                    | 0            |              | 32           |              | 33           |              | 6            |              | 39,5         |              |
| Data Vertikal BMKG | Agustus                 | 38           |              | 76           |              | 4            |              | 3            |              | 33           |              |
| Data Vertikal BMKG | September               | 109          |              | 41           |              | 0            |              | 5            |              | 46           |              |
| Data Vertikal BMKG | Oktober                 | 159          |              | 700          |              | 0            |              | 29,6         |              | 215          |              |

| Bidang Urusan      | Sub Elemen     | Tahun        |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|--------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                    |                | 2021         |              | 2022         |              | 2023         |              | 2024         |              | 2025         |              |
|                    |                | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun |
| Data Vertikal BMKG | November       | 374          |              | 803          |              | 35           |              | 257,7        |              | 458          |              |
| Data Vertikal BMKG | Desember       | 290          |              | 438          |              | 28           |              | 422,5        |              | 435          |              |
| Data Vertikal BMKG | Sleman (Beran) |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Data Vertikal BMKG | Januari        | 334          | 2738         | 255          | 3458,8       | 259          | 1955         | 657,5        | 3058,5       | 307,5        | 3402,4       |
| Data Vertikal BMKG | Februari       | 264          |              | 251          |              | 392,9        |              | 332,5        |              | 389,5        |              |
| Data Vertikal BMKG | Maret          | 316          |              | 422          |              | 347,5        |              | 273,5        |              | 491          |              |
| Data Vertikal BMKG | April          | 230          |              | 339          |              | 380,6        |              | 452,7        |              | 237          |              |
| Data Vertikal BMKG | Mei            | 123          |              | 207,8        |              | 76           |              | 29           |              | 488          |              |
| Data Vertikal BMKG | Juni           | 272          |              | 279,8        |              | 5            |              | 52,6         |              | 107,7        |              |
| Data Vertikal BMKG | Juli           | 16           |              | 97           |              | 21           |              | 25           |              | 27,5         |              |
| Data Vertikal BMKG | Agustus        | 12           |              | 53,2         |              | 1            |              | 0,3          |              | 18           |              |

| Bidang Urusan      | Sub Elemen                  | Tahun        |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|--------------------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                    |                             | 2021         |              | 2022         |              | 2023         |              | 2024         |              | 2025         |              |
|                    |                             | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun |
| Data Vertikal BMKG | September                   | 170          |              | 100,4        |              | 0            |              | 55           |              | 96           |              |
| Data Vertikal BMKG | Oktober                     | 173          |              | 560,3        |              | 0            |              | 56,8         |              | 214          |              |
| Data Vertikal BMKG | November                    | 472          |              | 480          |              | 195,5        |              | 557          |              | 521          |              |
| Data Vertikal BMKG | Desember                    | 356          |              | 413,3        |              | 276,5        |              | 566,6        |              | 506          |              |
| Data Vertikal BMKG | Kota Yogyakarta (Kepatihan) |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Data Vertikal BMKG | Januari                     | 409          |              | 244          |              | 264          |              | 498          |              | 320          |              |
| Data Vertikal BMKG | Februari                    | 377          |              | 386          |              | 437          |              | 235          |              | 223          |              |
| Data Vertikal BMKG | Maret                       | 231          |              | 349          |              | 397          |              | 210          |              | 441          |              |
| Data Vertikal BMKG | April                       | 270          | 2535         | 308,6        | 3221,8       | 65           | 1577         | 113          | 1981         | 95           | 2489.8       |
| Data Vertikal BMKG | Mei                         | 9            |              | 169,2        |              | 142          |              | 13           |              | 343          |              |
| Data Vertikal BMKG | Juni                        | 194          |              | 176,8        |              | 4            |              | 12           |              | 85           |              |

| Bidang Urusan      | Sub Elemen          | Tahun        |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|--------------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                    |                     | 2021         |              | 2022         |              | 2023         |              | 2024         |              | 2025         |              |
|                    |                     | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun |
| Data Vertikal BMKG | Juli                | 13           |              | 22,5         |              | 38           |              | 14           |              | 14           |              |
| Data Vertikal BMKG | Agustus             | 9            |              | 74,7         |              | 1            |              | 0            |              | 18           |              |
| Data Vertikal BMKG | September           | 120          |              | 163,5        |              | 0            |              | 32           |              | 74           |              |
| Data Vertikal BMKG | Oktober             | 116          |              | 412,5        |              | 0            |              | 35           |              | 125          |              |
| Data Vertikal BMKG | November            | 518          |              | 575,5        |              | 117          |              | 439          |              | 442          |              |
| Data Vertikal BMKG | Desember            | 269          |              | 339,5        |              | 112          |              | 380          |              | 309          |              |
| Data Vertikal BMKG | Bantul (SDA Dlingo) |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Data Vertikal BMKG | Januari             | 379          |              | 310          |              | 215,5        |              | 517,2        |              | 310          |              |
| Data Vertikal BMKG | Februari            | 436          | 2318         | 365          | 3232,8       | 671          | 1468,5       | 288          | 2303,5       | 405,5        | 3155,6       |
| Data Vertikal BMKG | Maret               | 97           |              | 394          |              | 235          |              | 247,3        |              | 659,8        |              |
| Data Vertikal BMKG | April               | 239          |              | 243,3        |              | 148          |              | 136,5        |              | 164          |              |

| Bidang Urusan      | Sub Elemen                | Tahun        |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|--------------------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                    |                           | 2021         |              | 2022         |              | 2023         |              | 2024         |              | 2025         |              |
|                    |                           | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun |
| Data Vertikal BMKG | Mei                       | 0            |              | 267,3        |              | 46           |              | 70,5         |              | 360,6        |              |
| Data Vertikal BMKG | Juni                      | 161          |              | 170          |              | 0            |              | 7,5          |              | 54,2         |              |
| Data Vertikal BMKG | Juli                      | 1            |              | 26,5         |              | 24           |              | 15           |              | 10           |              |
| Data Vertikal BMKG | Agustus                   | 42           |              | 84,6         |              | 0            |              | 0            |              | 37           |              |
| Data Vertikal BMKG | September                 | 62           |              | 33,1         |              | 0            |              | 26           |              | 41           |              |
| Data Vertikal BMKG | Oktober                   | 129          |              | 442,5        |              | 0            |              | 8,5          |              | 165          |              |
| Data Vertikal BMKG | November                  | 568          |              | 458,5        |              | 66           |              | 400          |              | 510          |              |
| Data Vertikal BMKG | Desember                  | 204          |              | 438          |              | 63           |              | 587          |              | 439          |              |
| Data Vertikal BMKG | Gunungkidul (BPP Nglipar) |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Data Vertikal BMKG | Januari                   | 397          |              | 199          |              | 211,5        |              | 473,4        |              | 379          |              |
| Data Vertikal BMKG | Februari                  | 258          | 2449         | 188          | 2898,5       | 566          | 1518,5       | 389,5        | 2469,9       | 152          | 2558,9       |

| Bidang Urusan      | Sub Elemen | Tahun        |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|--------------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                    |            | 2021         |              | 2022         |              | 2023         |              | 2024         |              | 2025         |              |
|                    |            | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun | mm/<br>bulan | mm/<br>tahun |
| Data Vertikal BMKG | Maret      | 142          |              | 403          |              | 288,5        |              | 291,6        |              | 459          |              |
| Data Vertikal BMKG | April      | 291          |              | 243          |              | 169,5        |              | 342,4        |              | 118          |              |
| Data Vertikal BMKG | Mei        | 77           |              | 218,1        |              | 98           |              | 25,5         |              | 341          |              |
| Data Vertikal BMKG | Juni       | 247          |              | 132,7        |              | 1            |              | 27           |              | 149          |              |
| Data Vertikal BMKG | Juli       | 8            |              | 35,5         |              | 28           |              | 13           |              | 1            |              |
| Data Vertikal BMKG | Agustus    | 53           |              | 53           |              | 7            |              | 0            |              | 31           |              |
| Data Vertikal BMKG | September  | 115          |              | 26,5         |              | 0            |              | 53           |              | 53           |              |
| Data Vertikal BMKG | Oktober    | 53           |              | 371,7        |              | 0            |              | 30           |              | 111          |              |
| Data Vertikal BMKG | November   | 522          |              | 659          |              | 31,5         |              | 382          |              | 422          |              |
| Data Vertikal BMKG | Desember   | 286          |              | 369          |              | 117,5        |              | 442,5        |              | 343          |              |

| <b>2025</b>      | <b>Kulon Progo (BPP Kokap)</b> |
|------------------|--------------------------------|
| <b>P Selisih</b> |                                |
| 2025-2024        | 53%                            |
| 2025-2023        | 72%                            |
| 2025-2022        | 17%                            |
| 2025-2021        | 21%                            |

| <b>Metode Rasio Normal</b> |                    |
|----------------------------|--------------------|
| <b>Bulan</b>               | <b>Curah Hujan</b> |
| Agustus                    | 33                 |
| September                  | 46                 |
| Oktober                    | 215                |
| November                   | 458                |
| Desember                   | 435                |

| <b>2025</b>      | <b>Sleman (Beran)</b> |
|------------------|-----------------------|
| <b>P Selisih</b> |                       |
| 2025-2024        | 13%                   |
| 2025-2023        | 44%                   |
| 2025-2022        | 1%                    |
| 2025-2021        | 22%                   |

| <b>Metode Rasio Normal</b> |                    |
|----------------------------|--------------------|
| <b>Bulan</b>               | <b>Curah Hujan</b> |
| Agustus                    | 18                 |
| September                  | 96                 |
| Oktober                    | 214                |
| November                   | 521                |
| Desember                   | 506                |

| <b>2025</b>      | <b>Kota Yogyakarta (Kepatihan)</b> |
|------------------|------------------------------------|
| <b>P Selisih</b> |                                    |
| 2025-2024        | 24%                                |
| 2025-2023        | 40%                                |
| 2025-2022        | 24%                                |
| 2025-2021        | 3%                                 |

| <b>Metode Rasio Normal</b> |                    |
|----------------------------|--------------------|
| <b>Bulan</b>               | <b>Curah Hujan</b> |
| Agustus                    | 18                 |
| September                  | 74                 |
| Oktober                    | 125                |
| November                   | 442                |
| Desember                   | 309                |

| <b>2025</b>      | <b>Bantul (SDA Dlingo)</b> |
|------------------|----------------------------|
| <b>P Selisih</b> |                            |
| 2025-2024        | 32%                        |
| 2025-2023        | 56%                        |
| 2025-2022        | 4%                         |
| 2025-2021        | 31%                        |

| <b>Metode Rasio Normal</b> |                    |
|----------------------------|--------------------|
| <b>Bulan</b>               | <b>Curah Hujan</b> |
| Agustus                    | 37                 |
| September                  | 41                 |
| Oktober                    | 165                |
| November                   | 510                |
| Desember                   | 439                |

| <b>2025</b>      | <b>Gunungkidul (BPP Nglipar)</b> |
|------------------|----------------------------------|
| <b>P Selisih</b> |                                  |
| 2025-2024        | 10%                              |
| 2025-2023        | 45%                              |
| 2025-2022        | 6%                               |
| 2025-2021        | 11%                              |

| <b>Metode Rasio Normal</b> |                    |
|----------------------------|--------------------|
| <b>Bulan</b>               | <b>Curah Hujan</b> |
| Agustus                    | 31                 |
| September                  | 53                 |
| Oktober                    | 111                |
| November                   | 422                |
| Desember                   | 343                |

- Contoh perhitungan data curah hujan yang hilang
- Penentuan P selisih

$$P \text{ selisih } \% = \frac{|P - Pd|}{P} \times 100 \%$$

Keterangan :

P = rata-rata curah hujan stasiun yang datanya hilang

Pd = rata-rata curah hujan stasiun pembanding (stasiun terdekat)

- Metode Rasio Normal

$$Px = \frac{Px}{n} \left( \frac{p1}{P1} + \frac{p2}{P2} + \dots + \frac{pn}{Pn} \right)$$

Keterangan :

Px = data hujan hilang yang dicari

P1, P2, ..., Pn = nilai curah hujan rata-rata tahunan pada stasiun ke-n

p1, p2, ..., pn = nilai curah hujan tahunan pada stasiun ke-n

Px = curah hujan rata-rata tahunan pada stasiun x yang datanya akan dilengkapi

n = jumlah stasiun hujan pembanding

- Data curah hujan yang hilang bulan Agustus 2025

$$P \text{ selisih } \% = \frac{|253,34 - 118,65|}{253,34} \times 100 \%$$

$$P \text{ selisih } \% = 53 \%$$

$$Px = \frac{Px}{n} \left( \frac{p1}{P1} + \frac{p2}{P2} + \dots + \frac{pn}{Pn} \right)$$

$$Px = \frac{253,34}{4} \left( \frac{38}{201} + \frac{76}{298} + \frac{4}{70} + \frac{3}{118,65} \right)$$

$$Px = 33 \text{ mm}$$

| <b>Data Hujan (mm/tahun)</b> |                                |                       |                                    |                            |                                  |                  |
|------------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------|
| <b>Tahun</b>                 | <b>Kulon Progo (BPP Kokap)</b> | <b>Sleman (Beran)</b> | <b>Kota Yogyakarta (Kepatihan)</b> | <b>Bantul (SDA Dlingo)</b> | <b>Gunungkidul (BPP Nglipar)</b> | <b>Rata-rata</b> |
| <b>2021</b>                  | 2413                           | 2738                  | 2535                               | 2318                       | 2449                             | <b>2491</b>      |
| <b>2022</b>                  | 3572                           | 3459                  | 3222                               | 3233                       | 2899                             | <b>3277</b>      |
| <b>2023</b>                  | 841                            | 1955                  | 1577                               | 1469                       | 1519                             | <b>1472</b>      |
| <b>2024</b>                  | 1424                           | 3059                  | 1981                               | 2304                       | 2470                             | <b>2247</b>      |
| <b>2025</b>                  | 2961                           | 3402                  | 2490                               | 3156                       | 2559                             | <b>2913</b>      |
| <b>Rata-rata</b>             | <b>2242</b>                    | <b>2923</b>           | <b>2361</b>                        | <b>2496</b>                | <b>2379</b>                      |                  |

## RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Jakarta pada tanggal 1 Februari 2003. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Eko Gumelar Susanto dan Arifah Dwi Handayu. Penulis menempuh pendidikan di SD Negeri Kebon Pala 02 pada tahun 2009-2015 di Jakarta. Kemudian melanjutkan Pendidikan di SMP Negeri 275 Jakarta pada tahun 2015-2018. Penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 100 Jakarta.

Sejak menjadi siswa, penulis aktif dalam kegiatan lomba, organisasi seperti OSIS dan juga ekstrakurikuler pada masa SD, SMP dan SMA.

Setelah lulus dari jenjang SMA, penulis melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi Swasta pada tahun 2021 di Universitas Islam Indonesia dengan Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Sejak menjadi mahasiswa, penulis beberapa kali mengikuti kegiatan kepanitiaan, acara kampus, asisten laboratorium Praktikum Teknik Lingkungan II dan Laboratorium Lingkungan serta organisasi yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) dengan menjabat sebagai Wakil Kepala Bidang Keilmuan. Penulis juga melakukan Kerja Praktek di Perumda Paljaya pada tanggal 13 Maret 2024 dengan topik yaitu Monitoring Pengolahan Air Limbah Menggunakan *Moving Bed Biofilm Reactor* di IPAL Krukut Jakarta. Pada bulan Februari, penulis melakukan penelitian terkait Analisis Nitrat dan Nitrit Terhadap Kerentanan Kualitas Air Tanah Di Kecamatan Kraton, Kota Yogyakarta, Menggunakan Metode *Susceptibility Index* (SI) untuk menyelesaikan studi di Program Studi Strata Satu Teknik Lingkungan.