

TA/TL/2023/1635

**TUGAS AKHIR
EVALUASI KOMPOSISI GEOKIMIA LOGAM
MENGUNAKAN METODE ANALISIS MULTIVARIAT
DI AIR TANAH SUB DAS WINONGO KOTA
YOGYAKARTA**

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



**Aurellea Nadya Fatika Izzati
19513157**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023**

TUGAS AKHIR
EVALUASI KOMPOSISI GEOKIMIA LOGAM
MENGGUNAKAN METODE ANALISIS MULTIVARIAT
DI AIR TANAH SUB DAS WINONGO KOTA
YOGYAKARTA

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan



Disusun Oleh:

Aurellea Nadya Fatikha Izzati
1951317

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

NIK : 045130401

Tanggal: 28 Agustus 2023

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T

NIK : 155131313

Tanggal: 28 Agustus 2023

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

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

NIK : 045130401

Tanggal: 28 Agustus 2023

HALAMAN PENGESAHAN
EVALUASI KOMPOSISI GEOKIMIA LOGAM
MENGGUNAKAN METODE ANALISIS MULTIVARIAT
DI AIR TANAH SUB DAS WINONGO KOTA
YOGYAKARTA

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin

Tanggal : 28 Agustus 2023

Disusun Oleh:

Aurellea Nadya Fatikha Izzati
19513157

Tim Penguji :

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

()

Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T

() 28/8 23

Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 14 Juni 2023

Yang membuat pernyataan,



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Aurellea".

Aurellea Nadya Fatikha Izzati

NIM: 19513157

PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Segala puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan karuniaNya sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Evaluasi Komposisi Geokimia Logam Menggunakan Analisis Multiavariat di Sub DAS Winongo”. Penyelesaian tugas akhir merupakan salah satu syarat bagi penyusun untuk memperoleh gelar sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Sebagai penyusun tugas akhir ini, saya ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini baik dukungan materiil dan moril seperti dukungan, saran, serta nasehat. Pada kesempatan kali ini, penyusun ingin menyampaikan rasa terimakasih yang tak terhingga kepada:

1. Kedua orang tua peneliti, yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi, dan doa demi kelancaran penulisan tugas akhir ini.
2. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, Ibu Dr. Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.
3. Dosen Pembimbing Tugas Akhir, Ibu Dr. Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D. dan Ibu Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. yang telah membimbing serta berkenan memberikan waktu dan masukan selama proses penyusunan laporan tugas akhir.
4. Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang sudah membagikan ilmu yang bermanfaat bagi peneliti.
5. Staf Akademik, Mas heriyanto, A.Md dan Mba Ratna Widiastuti, S.Kom yang sudah membantu mengenai administrasi, pengumpulan berkas, dan informasi-informasi mengenai sidang.

6. Kedua orang tua peneliti, yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi, dan doa demi kelancaran penulisan tugas akhir ini.
7. Pradikto Anandito yang selalu *support* dan menemani selama masa penyusunan laporan TA.
8. Teman penyusun semasa bangku SD yaitu Aulia, Intan, Salsa, Aay dan Ica.
9. Perkumpulan teman pejuang rantau di Yogyakarta yaitu Iffa dan Vira.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, kritik dan saran yang membangun diharapkan dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat baik bagi penyusun sendiri maupun bagi para pembaca.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 14 Juni 2023



Aurellea Nadya Fatikha Izzati

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRACT

AURELLEA NADYA FATIKHA IZZATI. *Evaluation of the Geochemical Composition of Metals Using Multivariate Analysis in Groundwater in the Winongo Sub Watershed, Yogyakarta City*

Supervised by Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D. and Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T

Utilization of groundwater which continues to increase with urban development and population density can affect the quality of groundwater. The resulting impact is in the form of groundwater contaminated by chemical substances that enter the groundwater. This study aims to analyze geochemical data and the relationship between the geochemical composition of metals in groundwater in the Winongo watershed area and the environment. The geochemical parameters analyzed in this study were Aluminum (Al⁻), Nitrate (NO₃-N), Potassium (K⁺), Sulfate (SO₄²⁻), Copper (Cu⁺), Total Dissolved Solid (TDS), Degree of Acidity (pH), and Temperature (T). The multivariate analysis method with the help of the Principal Component Analysis (PCA) statistical method was used in this study in data analysis. There are five parameters whose values exceed the quality standards, namely pH, TDS, Aluminum, Nitrate, and Copper and three that do not exceed, namely Temperature, Potassium, and Sulfate which refers to Permenkes No 2 of 2023. The results of data analysis used the Principal Component Analysis (PCA) method. 5 main component factors were obtained, including PC 1, namely TDS which was influenced by the mineral content of rocks with andesite elements and runoff from the soil and anthropogenic influences or domestic and industrial waste such as the batik industry. PC 2 consists of Aluminum and Nitrate which has a positive or strong linear correlation value of 0.691, Aluminum is caused by human activities that produce domestic waste, while Nitrate is caused by faecal waste and agricultural waste. PC 3 consists of Potassium and Copper with a negative or very weak linear value of 0.211, the cause of Potassium from the use of fertilizers and the batik industry where the fabric is made using the chemical Potassium Dichromate. While Copper is caused by community business activities such as markets, workshops and the batik industry around the study site. PC 4, namely sulfates originating from the batik industry and also the use of detergents by people who have a laundry business in the research area. PC 5 Temperature and pH with a value of 0.267 negative or very weak linear, the cause is the temperature of the surrounding environment and weather conditions during the research as well as organic matter from residual community activities and industrial activities.

Keywords : *Groundwaters, Geochemistry, Metals, Multivariate*

ABSTRAK

AURELLEA NADYA FATIKHA IZZATI. Evaluasi Komposisi Geokimia Logam Menggunakan Analisis Multivariat di Air Tanah Sub DAS Winongo Kota Yogyakarta

Dibimbing oleh Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D. dan Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T

Pemanfaatan air tanah yang terus meningkat dengan perkembangan perkotaan dan kepadatan penduduk dapat mempengaruhi kualitas air tanah. Dampak yang dihasilkan berupa air tanah yang terkontaminasi oleh zat-zat kimia yang masuk ke dalam air tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis data geokimia dan hubungan antara komposisi geokimia logam pada air tanah di area Sub DAS Winongo dengan lingkungan. Parameter geokimia yang dianalisis pada penelitian ini yaitu Aluminium (Al^+), Nitrat (NO_3^-N), Kalium (K^+), Sulfat (SO_4^{2-}), Tembaga (Cu^+), Total Dissolved Solid (TDS), Derajat Keasaman (pH), dan Temperatur (T). Metode analisis multivariat dengan bantuan metode statistik Principal Component Analysis (PCA) digunakan pada penelitian ini dalam analisis data. Terdapat lima parameter yang nilainya melebihi baku mutu yaitu pH, TDS, Aluminium, Nitrat, dan Tembaga dan tiga tidak melebihi yaitu Temperatur, Kalium, dan Sulfat yang mengacu pada Permenkes No 2 Tahun 2023. Hasil analisis data menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) didapatkan 5 faktor komponen utama antara lain PC 1 yaitu TDS dimana dipengaruhi oleh kandungan mineral batuan dengan unsur andesit serta limpasan dari tanah dan pengaruh antropogenik atau limbah domestik dan industri seperti industri batik. PC 2 terdiri dari Aluminium dan Nitrat yang memiliki nilai korelasi 0,691 linear positif atau kuat, Aluminium disebabkan oleh aktivitas manusia yang menghasilkan limbah domestik, sedangkan Nitrat disebabkan oleh limbah feses dan limbah pertanian. PC 3 terdiri dari Kalium dan Tembaga dengan nilai 0,211 linear negatif atau sangat lemah, penyebab Kalium dari penggunaan pupuk dan industri batik yang dimana pembuatan kainnya menggunakan zat kimia Kalium Dikromat. Sedangkan Tembaga disebabkan oleh kegiatan usaha masyarakat seperti pasar, bengkel dan industri batik di sekitar lokasi penelitian. PC 4 yaitu Sulfat yang berasal dari industri batik dan juga penggunaan deterjen oleh masyarakat yang memiliki usaha laundry dikawasan penelitian. PC 5 Temperatur dan pH dengan nilai 0,267 linear negatif atau sangat lemah, penyebabnya suhu lingkungan sekitar dan kondisi cuaca saat penelitian serta bahan organik dari sisa aktivitas masyarakat dan kegiatan industri.

Kata Kunci : Air tanah, Geokimia, Logam, Multivariat

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	i
PENGANTAR	ii
<i>ABSTRACT</i>	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I	1
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 Penelitian.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Geokimia Air Tanah.....	5
2.1.1 Parameter Umum	5
2.1.2 Parameter Khusus.....	6
2.2 Hidrogeologi Kota Yogyakarta	7
2.3 Sub Daerah Aliran Sungai Winongo.....	8
2.4 Metode Multivariat.....	11
2.4.1 <i>Principal Components Analysis (PCA)</i>	11
2.5 Penelitian Terdahulu	12
BAB III	16
METODE PENELITIAN.....	16

3.1 Kerangka Penelitian	16
3.2 Lokasi Penelitian.....	17
3.3 Tahapan Penelitian	18
3.3.1 Pengumpulan Data	18
3.4 Metode Analisis Data.....	18
3.4.1 <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	19
3.4.2 Analisis Normalitas.....	22
3.4.3 Analisis Korelasi	22
BAB IV	24
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	24
4.2 Identifikasi Komposisi Geokimia Pada Logam di Air Tanah Sub DAS Winongo	24
4.3 Analisis komposisi geokimia logam menggunakan <i>Principal Component Analysis</i> (PCA).....	25
4.3.1 <i>KMO and Bartlett's Test</i>	26
4.3.2 <i>Anti-image Matrices</i>	26
4.3.3 <i>Total Variance Expalined</i>	27
4.3.4 <i>Eigenvalue dan Scree Plot</i>	28
4.3.5 <i>Loading Factor</i>	30
4.3.6 Nilai Korelasi	32
4.3.7 Hasil Faktor Dominan	33
4.3.8 <i>Biplot</i>	33
4. 4 Analisis Hubungan Antara Komposisi Geokimia Logam Air Tanah di Sub DAS Winongo Dengan Lingkungan	35
4.4.1 Faktor 1	35
4.4.2 Faktor 2	36
4.4.3 Faktor 3	39
4.4.4 Faktor 4	40
4.4.5. Faktor 5	41

BAB V.....	44
KESIMPULAN DAN SARAN.....	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	51
Lampiran 1. Kode RStudio	51
Lampiran 2. Daftar Packages yang Digunakan.....	52
Lampiran 3. Distribusi Normal Parameter Aluminium dan Nitrat	54
Lampiran 4. Distribusi Normal Kalium dan Tembaga.....	54
Lampiran 5. Distribusi Normal Temperatur dan pH.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	12
Tabel 3. 1 Kategori Penilaian Uji KMO.....	21
Tabel 3. 2 Kategori Penilaian Uji MSA	21
Tabel 3. 3 Kategori Tingkat Hubungan Berdasarkan Nilai Korelasi	23
Tabel 4. 1 Konsentrasi Parameter Geokimia Air Tanah dan Baku Mutu.....	25
Tabel 4. 2 KMO dan Bartlett's Test	26
Tabel 4. 3 Anti-image Matrices	27
Tabel 4. 4 Total Variance Expalined.....	28
Tabel 4. 5 Eigenvalue.....	29
Tabel 4. 6 Loading Factor	31
Tabel 4. 7 Komponen Utama	31
Tabel 4. 8 Nilai Korelasi	32
Tabel 4. 9 Nilai Loading dan Nilai Korelasi	32
Tabel 4. 10 Hasil Faktor Dominan.....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Groundwater Resources</i>	8
Gambar 2. 2 Peta Sub DAS Winongo dan batas Sub DAS Winongo.....	10
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian.....	16
Gambar 3. 2 Peta Lokasi Penelitian	17
Gambar 3. 3 Peta Lokasi Sampling.....	18
Gambar 4. 1 Grafik Scree Plot.....	30
Gambar 4. 2 Grafik Biplot	33
Gambar 4. 3 Grafik Korelasi Aluminium (Al-) dan Nitrat (NO ₃ -N).....	37
Gambar 4. 4 Grafik Korelasi Kalium (K ⁺) dan Tembaga (Cu ⁺).....	39
Gambar 4. 5 Grafik Korelasi Temperatur (T) dan Derajat Keasaman (pH)	42

DAFTAR NOTASI

r = Koefisien korelasi

a = *Measure of Sampling Adequacy* (MSA)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kode RStudio	51
--------------------------------	----

Lampiran 2. Daftar Packages yang Digunakan	52
Lampiran 3. Distribusi Normal Parameter Aluminium dan Nitrat.....	54
Lampiran 4. Distribusi Normal Kalium dan Tembaga	54
Lampiran 5. Distribusi Normal Temperatur dan pH.....	55

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peran air tanah sebagai sumber air bagi manusia. Utamanya untuk memenuhi kebutuhan pokok seperti air minum, rumah tangga, irigasi, industri dan lain sebagainya. Diperkirakan 70% kebutuhan air bersih penduduk dan 90% kebutuhan air industri berasal dari air tanah. Pola pemanfaatan air tanah dalam kehidupan sehari-hari seperti penggunaan sumur gali oleh penduduk. Pemanfaatan air tanah juga terus meningkat seiring dengan perkembangan perkotaan yang diikuti dengan kepadatan penduduk yang semakin tinggi dan semakin banyak kebutuhan manusia yang menggunakan sumberdaya air (Cahyadi *et al.*, 2011).

Dilihat dari nilai rata-rata kepadatan penduduk di 5 kecamatan Kota Yogyakarta yang merupakan titik lokasi pengambilan sampel yaitu sebesar 14.166 jiwa per km² (BPS Kota Yogyakarta, 2022). Mengacu pada SNI 03-1733-2004 tentang tata cara perencanaan lingkungan perumahan di perkotaan, nilai rata-rata kepadatan penduduk tersebut termasuk ke dalam kategori sangat padat >400 jiwa/ha. Hal ini dapat mempengaruhi kualitas air tanah, disebabkan oleh aktivitas masyarakat seperti aktivitas rumah tangga, industri, pertanian, dan perubahan lahan dari lahan yang tidak terbangun menjadi lahan terbangun yang cukup pesat. Dampak yang akan didapat berupa air tanah yang terkontaminasi oleh zat-zat kimia yang masuk ke dalam air tanah (Allen, 2007).

Beragam masalah mengenai air tanah Kota Yogyakarta, diantaranya adalah pencemaran air tanah (Tim Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada (UGM, 1996; Putra, 2003). Air tanah yang tercemar umumnya akan dilakukan monitoring oleh instansi resmi seperti Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) untuk mengetahui kualitas air tanah. Data monitoring tersebut dapat dimanfaatkan sebagai

dasar kondisi lingkungan. Dilihat dari lokasi penelitian, yang memungkinkan untuk menjadi sumber air tanah di kawasan penelitian yaitu Sungai Winongo.

Salah satu teknik yang dapat menangani permasalahan tentang kualitas air yaitu teknik analisis multivariat. Analisis multivariat digunakan pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis data yang terdiri dari banyak variabel yang diduga antar variabelnya memiliki korelasi satu sama lain agar dapat memahami struktur utama data. Ada beberapa tipe analisis multivariat sebagai berikut : *Multivariate One-Way Analysis of Variance Model* (MANOVA), *Cluster Analysis*, *Principal Component Analysis* (PCA) dan lain sebagainya. Pada penelitian ini digunakan tipe *Principal Component Analysis* (PCA). PCA dipilih untuk upaya klasifikasi pada beberapa variabel yang nantinya PCA sebagai langkah *processing* untuk mereduksi dimensi. Faktor yang terbentuk dari hasil PCA digunakan untuk melakukan proses klasifikasi. Proses klasifikasi berguna untuk mengetahui hubungan antara variabel satu sama lain dengan lingkungannya dan dapat dianalisis sumber pencemarnya.

Penerapan PCA di kualitas air, PCA berguna untuk menemukan jumlah fitur yang paling optimal dalam konteks klasifikasi kualitas air (Azmi, et.al, 2022), PCA berguna untuk mengklasifikasi 3 komponen analisis utama dengan 95,4% ragam total yang berhubungan dengan parameter pH, DO, suhu, kekeruhan, NH₃, dan NO₂ (Effendi, 2020), PCA ditujukan pada dua komponen utama (PC) terbesar yang merepresentasikan seluruh data yaitu PC1 dan PC2 dengan koordinat plot data total 100% pada proporsi kumulatif (Kustomo, 2022).

Dengan didapatinya fakta dari sumber data sekunder tentang komposisi geokimia air tanah Sub DAS Winongo yang berdampak pada air sumur warga yang tercemar, hal ini yang dijadikan acuan sebagai dasar penelitian kali ini. Penelitian ini juga dapat menjadi salah satu data acuan yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya dan bertujuan untuk memberi masukan kepada pemerintah ataupun warga sekitar agar memperhatikan lingkungan lebih baik lagi dan memberikan penanganan disaat zat-zat pencemar terdapat pada air tanah.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang dapat ditarik rumusan masalah, hubungan antar variabel satu dengan variabel lainnya dan lingkungannya belum diketahui dan dijelaskan dengan jelas.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah untuk:

1. Menganalisis data geokimia pada air tanah di area Sub DAS Winongo menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA).
2. Menganalisis hubungan antara komposisi geokimia logam air tanah di Sub DAS Winongo dengan lingkungan alami maupun antropogenik.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat dari penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut :

1. Mengetahui konsentrasi geokimia di air tanah Sub DAS Winongo Kota Yogyakarta.
2. Memberikan informasi mengenai analisis geokimia menggunakan analisis multivariat dengan bantuan pendekatan statistik PCA pada air tanah di Sub DAS Winongo Kota Yogyakarta.
3. Memberikan Informasi mengenai ada atau tidaknya hubungan antar variabel dan hubungan antara variabel dan lingkungan alami ataupun antropogenik.
4. Hasil penelitian dapat dijadikan sebagai sumber referensi dan bahan kajian untuk penelitian selanjutnya.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian kali ini meliputi:

1. Penelitian dilakukan di sekitar Daerah Aliran Sungai Winongo pada 32 titik air sumur penduduk pada Kecamatan Gondomanan, Kecamatan Kraton,

Kecamatan Matrijeron, Kecamatan Ngampilan, dan Kecamatan Wirobrajan.

2. Data pada penelitian ini diambil dari penelitian terdahulu oleh Hanifah (2022) dan Prasetyo (2022).
3. Parameter geokimia air tanah Sub DAS Winongo meliputi, Aluminium (Al^3+), Nitrat (NO_3^-N), Kalium (K^+), Sulfat (SO_4^{2-}), dan Tembaga (Cu^{2+}).
4. Penelitian ini menggunakan salah satu teknik multivariat dengan bantuan pendekatan statistik metode *Principal Component Analysis* (PCA) menggunakan *software* SPSS versi 23 dan *software* Rstudio versi 2023.03.1+446
5. Penelitian ini menggunakan analisis normalitas uji *One-Sample Kolmogorov-Smirnov* menggunakan *software* SPSS versi 23
6. Penelitian ini menggunakan analisis korelasi menggunakan *software* Microsoft Excel
7. Data pendukung bersumber pada jurnal, tugas akhir dan publikasi lainnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geokimia Air Tanah

Air tanah merupakan salah satu sumber utama didalam keperluan sebagian besar populasi dunia. Selama pengalirannya mempunyai kontak langsung dengan mineral-mineral penyusun batuan, hal tersebut menyebabkan perubahan secara perlahan komposisi kimia airnya. Kandungan dari geokimia air tanah memiliki komposisi didalam prosesnya yaitu presipitasi, perubahan mineral dan proses secara biologi. Perbedaan litologi akan berpengaruh terhadap variasi kualitas air tanah (Hem, 1970). Susunan senyawa kimia air murni yaitu H_2O , yang bilamana air kontak dengan udara, tanah, dan batuan dapat membuat zat-zat dan unsur-unsurnya terlarut sehingga komposisinya berubah (Sukandarrumidi, 2019). Unsur senyawa didalam tanah memiliki banyak komponen kompleks, antara lain Na, K, Ca, Mg, Al, Mn, Cu, Fe, Zn, Cl dan SO_4 . Adapun senyawa yang bersifat racun antara lain As, Pb, Cr, Cd dan Hg (Sukandarrumidi, dkk., 2019). Parameter logam dalam penelitian ini dibagi menjadi 2, yaitu kation dan anion. Dimana pada kation terdapat NO_3^- , NO_2^- dan S^{2-} , sedangkan pada anion terdapat Cu^+ dan Pb^{2+} .

Terdapat dua pembagian pengukuran parameter yaitu pengukuran insitu atau parameter umum dan pengukuran eksitu atau parameter khusus. Berikut merupakan parameter umum :

2.1.1 Parameter Umum

Pada parameter insitu atau parameter umum terdapat tiga parameter yaitu Temperatur (T), Derajat Keasaman (pH), dan *Total Dissolved Solid* (TDS). Pada Temperatur (T) memiliki kaitan erat jika perubahan terjadi pada air serta memiliki peran penting dalam mengontrol keadaan ekosistem air. Temperatur (T) yaitu parameter yang mempengaruhi konsentrasi oksigen yang larut pada suatu perairan

(Singh dan Shrivasta, 2015). Pada acuan standar kualitas air, Temperatur bisa dikatakan baik jika memiliki nilai suhu udara ± 3 .

Derajat Keasaman (pH) merupakan faktor yang memiliki peran penting yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba pada badan air. Pada acuan standar kualitas air, pH bisa dikatakan baik jika memiliki nilai 6,5-8,5. Total Dissolved Solid (TDS) merupakan padatan terlarut total dimana parameter ini merupakan acuan untuk menghitung konsentrasi padatan material pada air. Dalam kandungannya TDS berisi zat terlarut organik dan anorganik serta unsur lainnya yang memiliki ukuran kurang dari $< 10^{-3} \mu\text{m}$ yang terdapat pada larutan yang terlarut dalam air (Mukhtasor, 2007). Pada acuan standar kualitas air, TDS bisa dikatakan baik jika memiliki nilai maksimum $< 300 \text{ mg/L}$. Pada parameter umum mengacu pada Permenkes No 2 Tahun 2023. Tentang Kesehatan Lingkungan

2.1.2 Parameter Khusus

Pada parameter eksitu atau parameter khusus terdapat lima parameter yaitu Aluminium (Al^+), Nitrat ($\text{NO}_3^- \text{N}$), Kalium (K^+), Sulfat (SO_4^{2-}), dan Tembaga (Cu^+). Parameter khusus ini merupakan parameter yang mendominasi komponen logam yang digunakan pada penelitian ini. Pada standar acuan, baku mutu pada kelima parameter ini mengacu pada Permenkes No 2 Tahun 2023 Tentang Kesehatan Lingkungan. Aluminium merupakan logam yang memiliki warna keperakan kusam, karena lapisan tipis oksidasi yang terbentuk saat unsur ini terkena udara. Aluminium logam non magnetik dan tidak beracun. Logam Aluminium banyak ditemukan dalam air minum, pada konsentrasi tinggi akan mengalami pengendapan dalam perairan yang membentuk aluminium hidroksida (Singh, 2006). Pada acuan standar kualitas air, Aluminium bisa dikatakan baik jika memiliki kadar maksimum sebesar $0,2 \text{ mg/L}$.

Nitrat adalah ion-ion anorganik alami yang terdapat pada bagian dari siklus nitrogen, dimana nitrat merupakan senyawa yang sering ditemukan di dalam air tanah atau air permukaan. Nitrat bisa dikatakan baik jika memiliki kadar maksimum sebesar 300 mg/L . Kalium merupakan unsur hara makro yang penting untuk tanaman dimana

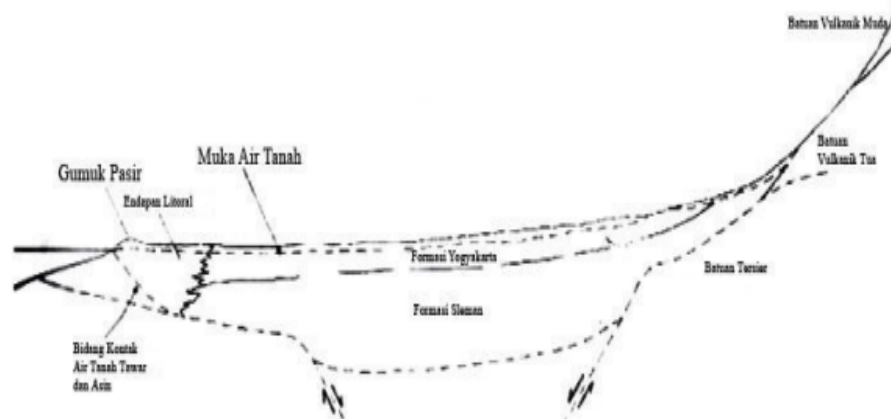
terkandung secara alami dalam air tanah yang berfungsi untuk keseimbangan senyawa lain dalam bentuk nutrien. Kandungan kalium berasal dari pemakaian pupuk pada pertanian (Isnaini, 2015). Pada acuan standar kualitas air, Kalium bisa dikatakan baik jika memiliki kadar maksimum sebesar 55 mg/L.

Sulfat merupakan anion alami, dimana sumbernya merupakan dari atmosfer bersama dengan air hujan, pelapukan batuan, serta limbah industri. Sulfat merupakan senyawa yang mudah larut seperti nitrat sehingga akan mudah terbawa aliran dan air cucian (Hadiarti, 2015). Sulfat bisa dikatakan baik jika memiliki kadar maksimum sebesar 300 mg/L. Tembaga adalah unsur logam kimia berbentuk fisik kristal kemerahan yang termasuk logam berat beracun. Tembaga mudah larut ke dalam air, yang memiliki fungsi sebagai agen anti bakteri, fungisi, dan bahan tambahan kayu pada konsentrasi tinggi. Namun, dalam konsentrasi tinggi maka tembaga akan bersifat racun, tetapi dalam jumlah sedikit tembaga merupakan nutrien yang penting bagi kehidupan manusia dan tanaman tingkat rendah (Yudo, 2018). Tembaga bisa dikatakan baik jika memiliki kadar maksimum sebesar 0,02 mg/L.

2.2 Hidrogeologi Kota Yogyakarta

Lapisan pembawa air (akuifer) di daerah Yogyakarta yaitu Cekungan Yogyakarta yang sering disebut sebagai Sistem Akuifer Merapi (SAM). SAM dapat dibedakan menjadi sistem akuifer bagian atas yang didominasi oleh formasi Yogyakarta dan sistem akuifer bagian bawah oleh formasi Sleman. Pada kedua formasi tersebut yaitu akuifer utama dalam cekungan dan membentuk satu sistem akuifer. Dasar dari SAM sendiri ialah formasi batuan tersier serta endapan vulkanik merapi tua yang berada di bagian utara yang berumur kuartar.

Arah aliran air tanah secara regional dari utara ke selatan dengan daerah *recharge* berada di lereng Gunung Merapi di bagian utara. Arah selatan yaitu daerah *discharge* yang ditandai adanya *leakage* dari formasi Sleman ke formasi penurunan landaian topografi dari utara ke selatan.



Sumber : Sleman-Yogyakarta *Groundwater Resources Survey* (Sir M. Mac Donald & Partners 1964)

Gambar 2.1 *Groundwater Resources*

Kota Yogyakarta termasuk ke dalam sistem akuifer ruang antar dengan produktivitas tinggi. Akuifer ruang antar butir terdiri dari akuifer ruang antar butir dengan produktivitas tinggi dengan debit > 10 L/s dan akuifer ruang antar butir dengan produktivitas sedang penyebaran luas dengan debit < 5 L/s.

2.3 Sub Daerah Aliran Sungai Winongo

Sub DAS Winongo merupakan bagian DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai winongo ke sungai utama (Sudarmadji, 2007) Sungai Winongo merupakan salah satu sungai di Yogyakarta dengan sumber mata air di lereng Gunung Merapi yang bermuara di Sungai Opak. Sungai Winongo merupakan anakan dari Sungai Opak. Adapun batas-batas DAS Opak pada bagian sebelah Selatan yaitu Samudera Indonesia, sebelah Barat yaitu DAS Progo, sebelah Utara yaitu DAS Progo dan sebelah Timur yaitu DAS Solo.

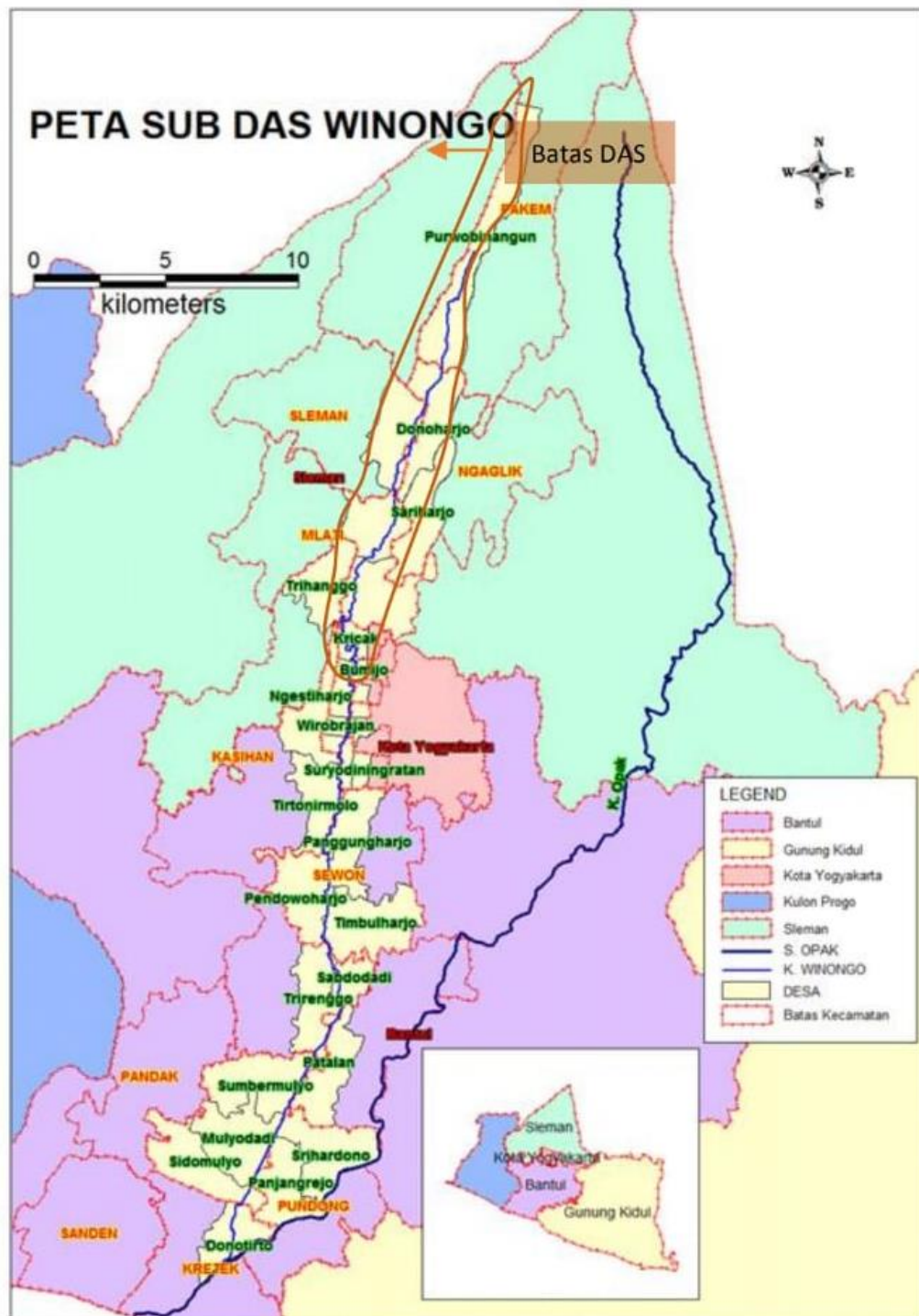
Sungai Winongo berada pada tengah-tengah yang membelah sisi barat Kota Yogyakarta. Panjang Sungai Winongo yaitu 48,7- km dan mengalir melintasi Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta dan Kabupaten Bantul. Sub-sub DAS Winongo memiliki panjang sungai utama antara 43,51 hingga 48,70 km. Hulu dari Sungai

Winongo berada diatas lereng Merapi di Kabupaten Sleman dan hilirnya berada pada wilayah Kabupaten Bantul. Pola alirannya bersifat radial dan dendretik, sedangkan pola aliran dendretik berada di wilayah tengah dan hilir. Ketinggian tempat sub-sub DAS Winongo beragam berkisaran 34 m – 1558 m dpal. Kerapatan aliran sub-sub DAS Winongo sebesar 2,1. Hal tersebut menunjukkan bahwa sub-sub DAS Winongo relatif aman terhadap penggenangan.

Sub DAS Winongo sangat erat kaitannya dengan aktivitas manusia, masing-masing daerah lintasan dari sungai tersebut dipengaruhi oleh kondisi penggunaan lahannya yang memberikan masukan limbah dengan kandungan bahan organik yang beragam sehingga memberikan peluang terhadap penurunan kualitas air sungai (Sari, 2014). Pada penelitian ini meliputi 5 kecamatan yang menjadi lokasi penelitian yaitu Kecamatan Mantrijeron dan Wirobrajan berada disebelah Barat Sungai Winongo, Kecamatan Ngampilan, kraton dan Gondomanan berada disebelah Timur Sungai Winongo.

Penelitian sebelumnya tentang kualitas air Sungai Winongo memiliki hasil, angka TSS menunjukkan berada di *range* yang aman berdasarkan baku mutu yaitu 50 mg/L. Angka TDS menunjukkan berada di bawah nilai baku mutu yaitu 1000 mg/L. Angka COD menunjukkan nilai yang tidak stabil terkadang di atas baku mutu dengan nilai maksimal yaitu 25 mg/L, hal ini disebabkan oleh banyaknya limbah industri dan rumah tangga yang dibuang ke sungai. Angka DO menunjukkan di atas nilai baku mutu dengan nilai maksimal yaitu 5 mg/L. Angka pH menunjukkan berada di *range* yang aman yaitu 3 mg/L (BPLH, 2014).

Sungai Winongo tergolong pada kategori kelas D yang dimana menunjukkan kelas yang paling buruk, kondosi sungai ini termasuk yang tercemar berat. Tingginya konsentrasi beberapa parameter di sungai winongo dikarenakan oleh aktivitas masyarakat area Sub DAS Winongo yang kurang menjaga kelestarian dan memperhatikan lingkungan Sungai Winongo (Ekha, 2015). Berikut gambar Sub DAS Winongo dan batas Sub DAS Winongo :



Sumber : Draft Laporan Daya Rusak Air Sungai Winongo (BBWS,2016)

Gambar 2.2 Peta Sub DAS Winongo dan batas Sub DAS Winongo

2.4 Metode Multivariat

Analisis multivariat merupakan sebuah metode analisis di bidang statistika yang memiliki banyak data variabel digunakan untuk menguji hubungan antar variabel secara bersamaan. Jika hasil dari pengamatan tersebut menjadikan kumpulan beberapa variabel acak yang sama-sama berkorelasi dengan itu analisis ini diperlukan untuk mengamati gejala yang mungkin timbul dari data hasil pengukuran tersebut (Johnson & Wichern, 2007: I). Dalam uji analisis ini melibatkan data hasil pengukuran secara bersamaan, mengakibatkan sebagian besar teknik analisis multivariat mensyaratkan operasi matriks pada setiap perhitungannya. Variabel yang digunakan dalam analisis multivariat dikelompokkan menjadi variabel dependen dan variabel independen. Variabel dependen ditentukan oleh variabel lain yaitu variabel independen, sementara variabel independen digunakan untuk mengestimasi dan memprediksi nilai variabel lain yaitu variabel dependen.

Teknik pendekatan yang sering digunakan oleh para disiplin ilmu di metode ini bisa menggunakan Principal Component Analysis yang disingkat menjadi PCA. Teknik ini berguna untuk data yang memiliki variabel yang cukup banyak dan memiliki korelasi antar variabelnya (Hendro, Adji, & Setiawan, 2012). Tujuan dari PCA yaitu untuk menyederhanakan variabel tanpa menghilangkan informasi yang sudah ada (Abdi & Williams, 2010).

2.4.1 Principal Components Analysis (PCA)

Principal Component Analysis atau yang disebut uji PCA merupakan teknik yang biasa digunakan untuk menyederhanakan data atau variabel dengan cara membentuk sistem koordinat baru dengan varian maksimum per transformasi linear, yaitu penyederhanaan variabel tanpa mengurangi informasi dalam variabelnya (Soemartini, 2008).

Istilah PCA merupakan uji statistika yang ada di dalam kelompok analisis faktor. PCA juga dikenal dengan transformasi *Hotelling* atau transformasi *Kauhunen-Loeve*

atau teknik *Eigenface*. Kelebihan dari metode PCA yaitu dapat digunakan untuk berbagai data, dapat mengurangi dimensi dengan membentuk variabel-variabel baru yang disebut dengan *Principal Component*, meringkas informasi yang tercantum dalam tabel data besar hingga menjadi beberapa kumpulan indeks ringkasan yang lebih kecil. Tujuannya sendiri untuk menjelaskan bagian variasi dalam kumpulan variabel yang akan diamati dengan dasar beberapa dimensi. Dari variabel yang semula banyak dimodifikasi atau disederhanakan menjadi lebih sedikit variabel.

Metode PCA digunakan pada penelitian ini dikarenakan PCA dapat memudahkan peneliti untuk mengetahui variabel-variabel yang memiliki hubungan dengan variabel lain di dalam satu kelompok komponen yang nantinya hasil interpretasi olahan PCA dapat dihubungkan dengan lingkungan baik lingkungan alamiah maupun lingkungan antropogenik. Agar dapat dianalisis sumber pencemarnya dan dapat diketahui variabelnya memiliki hubungan dengan lingkungan atau tidak. Hal ini akan membantu mengelola sistem lingkungan dengan cara yang lebih baik lagi ke depannya.

Penelitian terdahulu yang membuktikan penggunaan metode PCA pada sektor lingkungan dapat digunakan untuk analisis data dan identifikasi, berdasarkan penelitian terdahulu dari Jana (2021) yang membahas tentang identifikasi sumber spesifik pencemar di tiap segmen hulu, tengah, dan hilir Sub DAS Winongo, Yogyakarta menggunakan pendekatan statistik metode Principal Component Analysis (PCA).

2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dapat menjadi salah satu sumber yang memberikan banyak informasi atau referensi terkait teori penelitian yang dilakukan. Dalam penelitian kali ini peneliti menjadikan beberapa penelitian sebelumnya yang diantaranya :

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Peneliti (Tahun)	Hasil Penelitian
------------------	------------------

Azmi, <i>et al.</i> (2022)	<p>Hasil tingkat performa dari metode <i>Logistic Regression</i> dan kNN dapat menurun saat menggunakan metode reduksi dimensi PCA. Metode kNN tanpa menggunakan PCA mendapat nilai akurasi maksimum 90,8 % pada $k = 9$, sedangkan metode kNN yang menggunakan PCA mendapatkan nilai akurasi sebesar 88,5% pada $n = 5$ dan $k = 5$. Metode <i>Logistic Regression</i> yang tidak menggunakan PCA mendapat nilai akurasi maksimum 90%, sedangkan yang menggunakan PCA mendapatkan nilai akurasi sebesar 87,9 % pada $n = 5$.</p>
Putri (2021)	<p>Hasil metode PCA, sebagai berikut :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parameter Kimia Anorganik (Komponen 1) Pb, BOD5, PO4, dan NO3-N. Bersumber dari area agrikultur dan bangunan, diikuti dengan pencemar fisika dan pencemar logam yang berasal dari area bangunan. • Parameter Logam (Komponen 2) meliputi Fe dan Mn • Parameter Fisika (Komponen 3) meliputi TDS dan TSS.
Marthanty, <i>et al.</i> (2020)	<p>Hasil dari metode PCA, sebagai berikut :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Komponen 1 bersumber dari polutan organik seperti BOD dan COD • Komponen 2 bersumber dari aktivitas rumah tangga dan pertanian

	<ul style="list-style-type: none"> •Komponen 3 bersumber dari antropogenik seperti limpasan kota, limbah rumah tangga, dan limbah industri • Komponen 4 berasal dari limbah domestik
Rodriguwz, <i>et al.</i> (2018)	<p>Digunakannya <i>Cluster Analisis</i> dan PCA yang berguna untuk mendeteksi kelompok lokasi penelitian dan untuk mengidentifikasi indikator kualitas air dan penggunaan lahan yang terkait dengan pola spasial dan musiman. Hasilnya sebagai berikut :</p> <ul style="list-style-type: none"> •Komponen 1 bersumber dari efek dari perubahan penggunaan lahan yang • Komponen 2 bersumber dari aktivitas pertanian. •Komponen 3 bersumber dari aktivitas rumah tangga.
Chem (2022)	<p>Data kadar Fe, Mn dan Zn dianalisis menggunakan metode PCA dan CA. Didapatkan hasil, sebagai berikut : PCA diperoleh 2 komponen utama yaitu PC1 dan PC2 yang terdiri dari 3 logam berat, sedangkan pada metode CA terbentuk 4 cluster besar dalam pengelompokan lokasi wilayah studi.</p>

Jana (2021)	<p>Identifikasi sumber pencemaran di Sungai Winongo dikaitkan dengan penggunaan lahan melalui metode statistik menggunakan PCA. Didapatkan hasil pengelompokan sumber spesifik pencemar dikategorikan menjadi 6 komponen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Komponen 1 mewakili sumber pencemar domestik - Komponen 2 mewakili sumber pencemar industri yang menghasilkan logam - Komponen 3 mewakili sumber pencemar pertanian - Komponen 4 mewakili sumber pencemar pabrik/industri secara umum - Komponen 5 mewakili sumber pencemar perternakan - Komponen 6 mewakili sumber pencemar kegiatan usaha/perniagaan
-------------	---

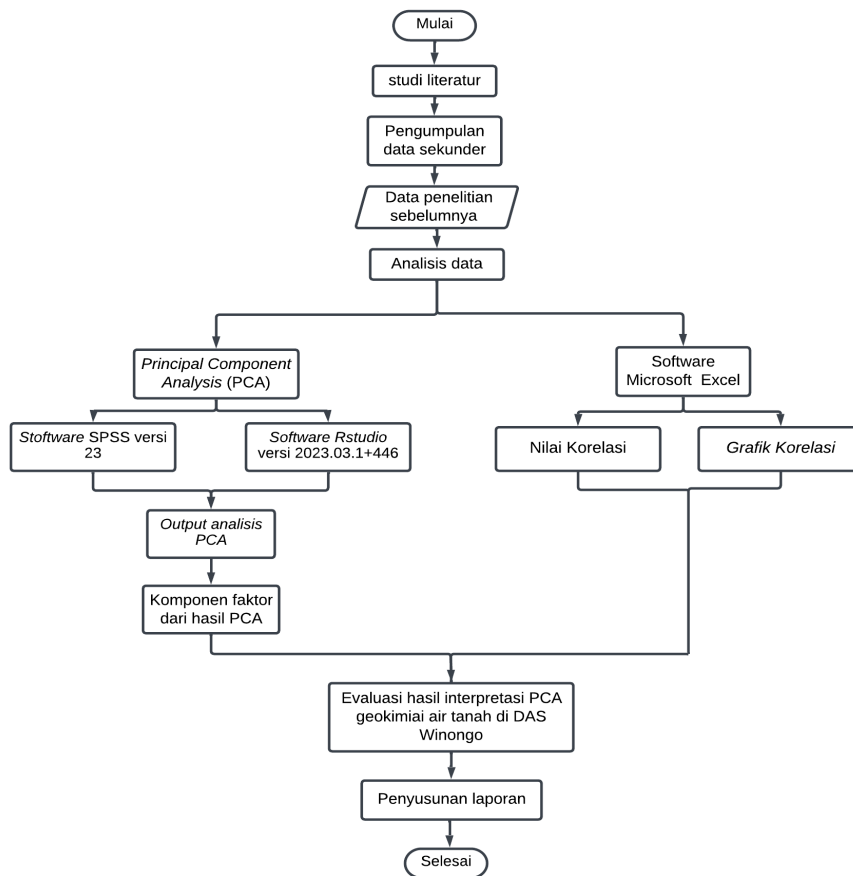
Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil benang merah yang menghubungkan dengan penelitian–penelitian terdahulu, yaitu pada penelitian terdahulu sama-sama menjelaskan bahwa PCA dimanfaatkan untuk melakukan reduksi variabel. Setelah itu variabelnya akan membentuk faktor-faktor yang berkorelasi dengan variabel lainnya. Tetapi berbeda dengan penelitian pada pembahasan ini, yaitu hasil PCA akan diinterpretasi dari data yang sudah diolah dan dicari hubungan antar variabel dengan lingkungan alami maupun antropogenik sehingga diketahui sumber pencemarnya.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

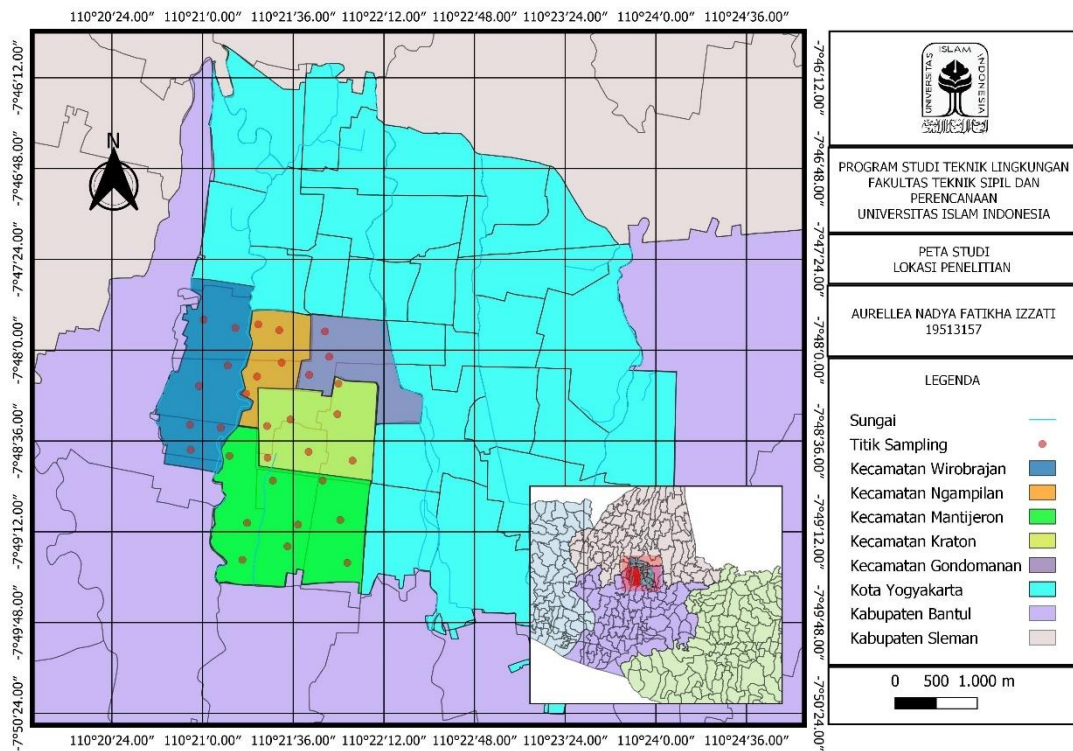
Dengan tujuan yang sudah ditetapkan serta latar belakang yang mendasari penelitian ini, berikut adalah kerangka penelitian menjadi acuan dalam melakukan penelitian:



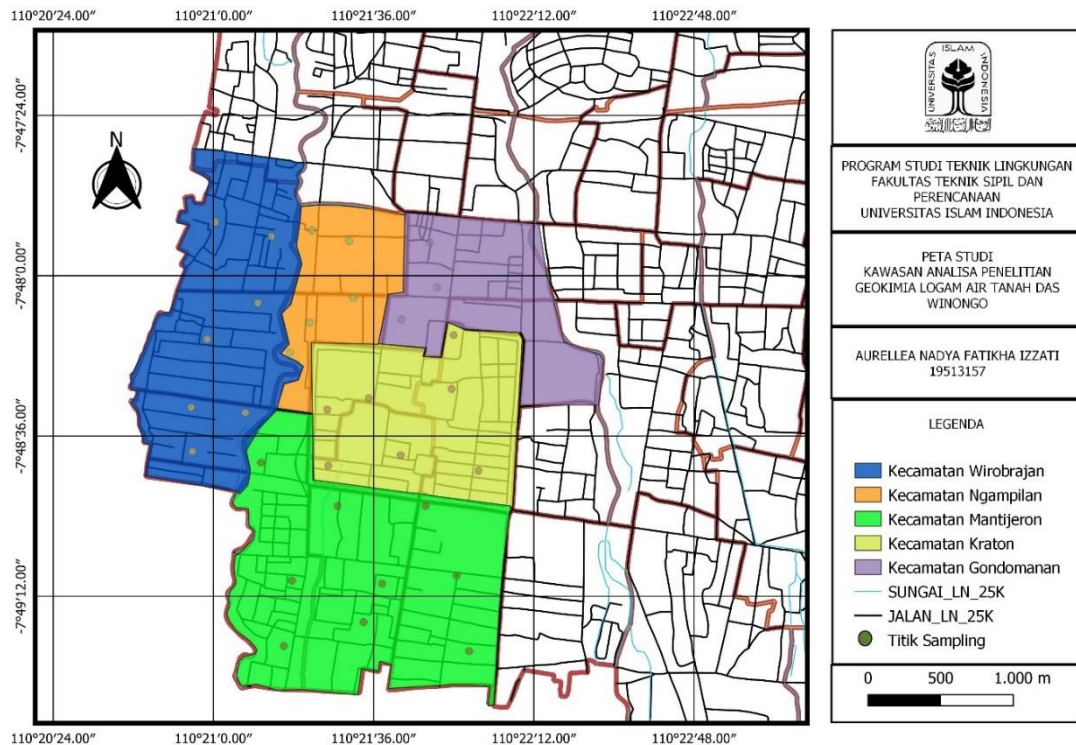
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Kota Yogyakarta yang dilintasi Sungai Winongo, dimana kecamatan yang dilintasi antara lain Kecamatan Gondomanan, Kecamatan Kraton, Kecamatan Matrijeron, Kecamatan Ngampilan, dan Kecamatan Wirobrajan yang berada di disekitar Sub DAS Winongo. Sampel pada penelitian ini menggunakan sampel penelitian sebelumnya dari Hanifah (2022) dan Prasetyo (2022). Yang dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 2 Peta Lokasi Penelitian



Gambar 3. 3 Peta Lokasi Sampling

3.3 Tahapan Penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari langkah-langkah yang dilakukan selama penelitian.

3.3.1 Pengumpulan Data

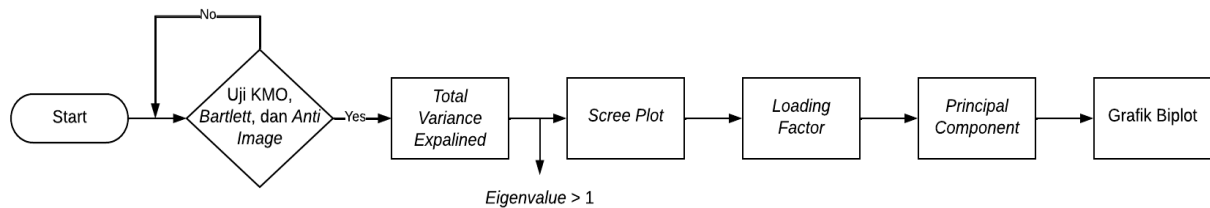
Metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian kali ini adalah metode sekunder. Data sekunder yang dikumpulkan berupa parameter geokimia air tanah Sub DAS Winongo yang didapat dari penelitian sebelumnya oleh Hanifah (2022) dan Prasetyo (2022).

3.4 Metode Analisis Data

Metode analisis data kali ini menggunakan analisis multivariat dengan bantuan metode statistik sebagai berikut:

3.4.1 *Principal Component Analysis (PCA)*

Sebelum melakukan *Principal Component Analysis (PCA)* metode analisis data dilakukan dengan pendekatan analisis multivariat. Dengan pendekatan statistika data akan diolah menggunakan metode *Pearson Correlation* dan PCA. Pada metode PCA langkah awal adalah dengan menentukan analisis faktor yang diawali dengan merumuskan masalah dan mengidentifikasi variabel asli yang akan dianalisis. Kemudian suatu matriks korelasi dari variabel dibentuk dan metode analisis faktor dipilih. Setelah menentukan banyaknya faktor yang akan dipilih dari variabel tersebut dan *loading factor* akan dipergunakan yang selanjutnya dilanjutkan dengan menginterpretasikan hasil komponen utama yang terbentuk (Supranto, 2004). Berikut diagram alir analisis PCA dapat dilihat pada gambar 3.4:



Gambar 3.4 Diagram Alir *Principal Componen Analysis (PCA)*

Mengacu pada teori diatas, secara singkat proses analisis faktor dapat dilakukan dengan tahapan berikut:

1. Mengelompokan variabel-variabel yang akan dianalisis faktor
2. Dilakukan uji KMO dan *Bartlett* untuk mengetahui kelayakan suatu variabel
3. Dilakukan uji *Anti-Image Matrices* untuk mengetahui dan menentukan variabel mana saja yang layak pakai dalam analisis faktor
4. Mencari *Total Variance Expalined* untuk menunjukkan nilai masing-masing variabel yang di analisis
5. Membuat Scree Plot dengan syarat *eigenvalue > 1* untuk mengetahui berapa banyak faktor yang terbentuk

6. Mencari *Loading Factor* untuk mengetahui variabel akan masuk ke dalam komponen utama yang mana saja
7. Mengelompokan variabel berdasarkan komponen utamanya yang dilihat dari nilai *Loading Factor*
8. Membuat grafik Biplot untuk mengetahui titik sampling dicirikan oleh karakteristik lingkungan apa

Sebelum masuk ke metode PCA ada beberapa hal yang harus dipenuhi yaitu melakukan *preliminary test* yang meliputi *Kaiser Meyer Olkin* (KMO), *Bartlett Test of Sphericity*, *Measures of Sampling* (MSA). Analisis pada penelitian kali ini menggunakan *software Statistical Package for the Social Science* (SPSS) versi 23 dan *RStudio* versi 2023.03.1+446 dengan menggunakan beberapa *packages*, antara lain pada user library yaitu *readxl* untuk memuat data yang sudah disiapkan berbentuk Excel. Sedangkan pada system library menggunakan tujuh package yaitu *Base* untuk mendukung penggunaan fungsi dasar dari *RStudio* seperti bahasa, aritmatika, *input/output*, dan dasar pemrograman, *datasets* yaitu *package* yang berisi beragam *datasets* yang digunakan, *graphics* yaitu *package* yang berisi fungsi dasar grafik seperti grafik sederhana pada umumnya, *grDevices* yaitu *package* yang berfungsi mendukung dasar dan jaringan grafik, *method* yaitu *package* yang membantu mendefinisikan metode dan kelas objek data dan alat pemrograman sebagai referensi, *stats* yaitu *package* yang berisi fungsi perhitungan statistik, dan *utils* yaitu *package* yang berisi kumpulan fungsi *utility*.

Nilai uji KMO menentukan kelayakan dari suatu analisis komponen yang akan dianalisis. Variabel yang dikatakan layak dianalisis menggunakan metode PCA harus memenuhi nilai $KMO > 0,5$. Menurut Kaiser (1970) hubungan antara rentang nilai KMO dengan kategori penilaian dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Kategori Penilaian Uji KMO

Rentang Nilai KMO	Kategori penilaian
$0,9 \leq KMO \leq 1,0$	Data sangat baik
$0,8 \leq KMO \leq 0,9$	Data baik
$0,7 \leq KMO \leq 0,8$	Data cukup
$0,6 \leq KMO \leq 0,7$	Data kurang
$0,5 \leq KMO \leq 0,6$	Data buruk
$KMO \leq 0,5$	Data tidak dapat diterima

Uji Bartlett digunakan untuk melihat apakah matriks korelasi bukan merupakan matriks identitas agar penyusutan dimensi peubah menjadi lebih sederhana tanpa banyak kehilangan informasi. Bartlett dikatakan signifikan apabila hasilnya kurang dari 5% atau lebih dari 0,05. Setelah memenuhi penyusutan dimensi peubah tersebut kemudian dilakukan analisis komponen utama. Selanjutnya untuk menilai kelayakan variabel agar dapat dianalisis faktor dilakukan uji MSA yang merupakan ukuran lain yang digunakan untuk mengukur interkorelasi antar variabel. Adapun hubungan antara rentang nilai MSA dengan kriteria kategori penilaian dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Kategori Penilaian Uji MSA

Rentang Nilai MSA	Kriteria Kategori Penilaian
$MSA = 1$	Dapat diprediksi tanpa kesalahan oleh variabel lain
$MSA \geq 0,5$	Bisa diprediksi dan dianalisis lebih lanjut
$MSA < 0,5$	Variabel dapat dieliminasi untuk tidak disertakan dalam analisis faktor

Selanjutnya Uji *Anti image correlation* dengan cara melihat diagonal yang bertanda “a”. Dikatakan layak apabila nilai nilai pada diagonal ini lebih dari 0,5 agar bisa diprediksi dan dilakukan analisis lanjutan. Apabila terdapat nilai diagonal kurang dari 0,5 yang dapat dilakukan adalah mengeluarkan satu persatu parameter mulai dari yang paling rendah untuk tiap parameter yang tidak dapat diprediksi.

Kemudian *Output Total variance explained* digunakan untuk melihat jumlah

faktor atau komponen yang terbentuk berdasarkan kemiripan dari seluruh parameter yang lulus uji sebelumnya. Komponen dapat menjadi faktor apabila memiliki nilai total melebihi 1,0. Setelah melihat jumlah faktor, kemudian *Output loading factor* untuk menjelaskan lebih dalam atau lebih spesifik menggolongkan suatu variabel ke komponen. PCA diinterpretasikan sesuai dengan hasil nilai *loading* (Mico, 2006).

3.4.2 Analisis Normalitas

Analisis normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah dalam metode regresi, variabel independen dan variabel dependennya memiliki nilai distribusi normal atau tidak (Ghozali, 2013). Sebelum mengolah data dan dianalisis menggunakan PCA, sebelumnya akan dilakukan pengujian seluruh variabel berdistribusi normal atau tidak. Pada analisis PCA uji normalitas ini bukan merupakan syarat yang mutlak terpenuhi, tetapi dengan asumsi bahwa data dikatakan baik adalah data yang berdistribusi normal maka dilakukannya uji normalitas. Uji normalitas dalam penelitian ini menggunakan analisis statistik *non-parametik One-Sample Kolmogorov-Smirnov* diolah oleh *software* SPSS versi 23. Dalam statistik, uji *Kolmogorov-Smirnov* merupakan tes *non-parametik* dari persamaan kontinu. Uji *Kolmogorov-Smirnov* berguna sebagai uji *goodness of fit*, dalam kasus khusus seperti pengujian distribusi normalitas, sampel akan distandarisasi dan dibandingkan dengan standar distribusi normal. Hal ini sama dengan menentukan rata-rata dan varian dari distribusi referensi yang sama dengan perkiraan sampel (Wikipedia, 2020). Menurut Siregar (2015), uji normalitas memiliki nilai syarat agar data tersebut dinyatakan berdistribusi normal, sebagai berikut :

- a. Jika nilai signifikansi $> 0,05$, maka dinyatakan data tersebut berdistribusi normal.
- b. Jika nilai signifikansi $< 0,05$, maka dinyatakan data tersebut tidak berdistribusi normal (Siregar, 2015).

3.4.3 Analisis Korelasi

Analisis korelasi merupakan metode statistika yang berfungsi untuk menentukan suatu besaran yang menjelaskan bagaimana hubungan antara variabel satu dengan

variabel lainnya, tanpa mempersoalkan variabel tersebut tergantung kepada variabel lain (Sekaran, 2010). Semakin lurus garis pada grafik korelasi, maka semakin kuat atau tinggi hubungan garis lurus antara kedua variabel atau lebih.

Terdapat beberapa teknik korelasi yang sangat umum yaitu korelasi *pearson product moment* dan korelasi *rank spearman*. Korelasi *pearson* yaitu korelasi yang melibatkan satu variabel terikat dengan satu variabel bebas. Korelasi *pearson* menghasilkan koefisien yang berfungsi untuk mengukur hubungan linearnya kuat atau tidak. Jika hubungan dua variabel tidak linear, maka menunjukkan bahwa antar variabel tidak mempunyai hubungan (Firdaus, 2009).

Koefisien korelasi (r) adalah suatu bilangan yang menunjukkan kekuatan hubungan antar variabel dan arah hubungan dari variabel tersebut. Nilai r bergerak dari -1 hingga $+1$. Kekuatan hubungan dapat diketahui dari nilai angka, sedangkan arah dinyatakan dengan positif (+) dan negatif (-) angka. Tingkat korelasi dan kekuatan hubungan dapat dilihat pada tabel 3.3 dibawah :

Tabel 3. 3 Kategori Tingkat Hubungan Berdasarkan Nilai Korelasi

Nilai Korelasi (r)	Tingkat Hubungan
0	Tidak berkorelasi
0,01 – 0,20	Sangat rendah
0,21 – 0,40	Rendah
0,41 – 0,60	Agak rendah
0,61 – 0,80	Cukup
0,81 – 0,99	Tinggi
1	Sangat tinggi

Analisis korelasi digunakan pada penelitian ini berguna untuk mencari nilai korelasi antar variabel dan korelasi antara variabel dengan faktor yang telah terbentuk oleh metode statistik PCA. Software yang digunakan untuk mendapatkan nilai korelasi dan grafik korelasi yaitu *Software Microsoft Excel*.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada air sumur penduduk yang berada di area Sub DAS Winongo dengan jumlah 28 sumur gali dan 4 sumur bor tepatnya tersebar pada 5 kecamatan di kota Yogyakarta. Kondisi lingkungan di sekitar area lokasi air sumur ini di amati berdasarkan data dari penelitian terdahulu, dimana penelitian tersebut melakukan pengumpulan data dan sampel dengan melakukan pengamatan langsung juga observasi lapangan. Kemudian dilanjutkan dengan evaluasi hasil pengolahan data menggunakan analisis multivariat yaitu metode *Principal Component Analysis* (PCA).

4.2 Identifikasi Komposisi Geokimia Pada Logam di Air Tanah Sub DAS Winongo

Pada penelitian ini data yang digunakan yaitu hasil sampling pada penelitian sebelumnya, dimana peneliti melakukan uji *sampling* air tanah pada sumur warga area Sub DAS Winongo. Pengambilan sampel data pada penelitian sebelumnya dilakukan secara langsung (*insitu*) di setiap titik lokasi *sampling* yang sudah ditentukan dalam peta lokasi penelitian. Titik *sampling* ini berada di 5 kecamatan dengan jumlah 32 sample yang nantinya akan dibagi menjadi dua pengukuran untuk parameter umum dan parameter khusus yang dilihat berdasarkan *survey* peneliti sebelumnya lokasi penelitian terdapat industri batik sebagai penyebab salah satu pencemaran air sumur pemukiman warga area penelitian. Data parameter umum dilakukan dengan menggunakan alat salinitas dan konduktivitas. Sedangkan pada data parameter khusus dilakukan menggunakan pengujian alat laboratorium sesuai acuan SNI. Parameter umum yang diuji yaitu Temperatur, pH, dan TDS. Kemudian untuk parameter khusus

yang diuji yaitu Al^- , $\text{NO}_3^- \text{N}$, K^+ , SO_4^{2-} , Cu^+ . Berikut merupakan hasil identifikasi komposisi geokimia air tanah Sub DAS Winongo :

Tabel 4. 1 Konsentrasi Parameter Geokimia Air Tanah dan Baku Mutu

Parameter	Satuan	Max	Min	Mean	Baku Mutu
Temperatur (T)	° C	32	21	27,3	Suhu Udara $\pm 3^{(1)}$
Derajat Keasaman (pH)		8,83	7,12	7,92	6,5 – 8,5 ⁽¹⁾
Total Dissolved Solid (TDS).	Mg/ L	597	303	489	<300 ⁽¹⁾
Aluminium (Al^-)	mg/L	0,56	0,0005	0,27	0,2 ⁽¹⁾
Nitrat ($\text{NO}_3^- \text{N}$)	mg/L	42,56	3,60	9,97	20 ⁽¹⁾
Kalium (K^+)	mg/L	20,85	8,19	14,15	55 ⁽¹⁾
Sulfat (SO_4^{2-})	mg/L	38,57	13,10	27,16	300 ⁽²⁾
Tembaga (Cu^+)	mg/L	0,11	0,002	2	2 ⁽¹⁾

Keterangan :

(1) = Permenkes No 2 Tahun 2023

(2) = PP No 22 Tahun 2021

Setelah didapatkan hasil identifikasi yang terdapat pada tabel di atas dapat diketahui bahwa ada lima parameter yang nilainya melebihi baku mutu yaitu Derajat Keasaman (pH), Total Dissolved Solid (TDS), Aluminium (Al^-), Nitrat ($\text{NO}_3^- \text{N}$), dan Tembaga (Cu^+). Adapun tiga parameter yang tidak melebihi nilai baku mutu yaitu Temperatur (T), Kalium (K^+), dan Sulfat (SO_4^{2-}). Parameter yang memiliki nilai melebihi baku mutu akan berisiko terhadap manusia dan lingkungan sekitar.

4.3 Analisis komposisi geokimia logam menggunakan *Principal Component Analysis (PCA)*

Data geokimia di air tanah yang sudah diperoleh dari peneliti sebelumnya selanjutnya akan diolah menggunakan metode *Princial Component Analysis (PCA)*

yang nantinya diketahui akan terbentuk berapa komponen utama dari kedelapan variabel. Tahap pertama yaitu uji *KMO dan Bartlett's Test* yang merupakan syarat utama sebelum dilanjutkan ke metode PCA untuk menganalisis dan mengidentifikasi studi kasus pada penelitian ini.

4.3.1 KMO and Bartlett's Test

Dalam melakukan analisis PCA, tahap pertama yang dilakukan yaitu mencari nilai KMO dan Bartlett's Test sebagai syarat uji PCA. Tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 2 KMO dan *Bartlett's Test*

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,634
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	64,576
	df	28
	Sig.	,000

Uji KMO diatas berguna untuk mengetahui variabel yang akan diuji akan layak dilanjutkan atau tidak menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA). Menurut, Jana (2021) menjelaskan nilai yang diperbolehkan untuk KMO MSA (*Kaiser-Meyer-Olkin Measure of sampling Adequacy*) yaitu lebih besar dari 0,5 maka proses uji PCA dapat dilanjutkan. Berdasarkan tabel diatas diketahui jika nilai KMO MSA sebesar 0,634 yang artinya nilai tersebut sudah lebih dari 0,5

Bartlett's Test diatas berguna untuk mengetahui apakah terdapat korelasi antar variabel. Nilai *Bartlett's Test of Sphericity* (Sig.) sebesar 0,000 yang artinya nilai tersebut kurang dari 0,05 yang artinya dapat dipercaya 100 % bahwa terdapat korelasi antar variabel. Maka uji PCA dalam penelitian ini dapat dilanjutkan karena nilai-nilai variabel sudah memenuhi persyaratan.

4.3.2 Anti-image Matrices

Setelah melewati tahap uji nilai KMO dan Barlett's Test, kemudian dilakukan *uji Anti-image Matrices*. Hasil uji *Anti-image Matrices* dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 3 *Anti-image Matrices*

		Temperatur	pH	TDS	Al-	NO3-N	K+	SO42-	Cu+
Anti-image Covariance	Temperatur	,583	-,021	,159	,056	-,015	-,153	,187	-,201
	pH	-,021	,646	-,173	,038	,097	,022	-,034	,260
	TDS	,159	-,173	,510	,117	-,149	-,161	-,163	-,019
	Al-	,056	,038	,117	,479	-,303	-,083	-,054	,011
	NO3-N	-,015	,097	-,149	-,303	,436	,026	,011	,096
	K+	-,153	,022	-,161	-,083	,026	,830	-,096	,119
	SO42-	,187	-,034	-,163	-,054	,011	-,096	,681	-,098
	Cu+	-,201	,260	-,019	,011	,096	,119	-,098	,601
Anti-image Correlation	Temperatur	,698 ^a	-,034	,292	,107	-,030	-,220	,297	-,340
	pH	-,034	,628 ^a	-,301	,068	,182	,030	-,052	,417
	TDS	,292	-,301	,667 ^a	,236	-,316	-,247	-,276	-,034
	Al-	,107	,068	,236	,541 ^a	-,662	-,131	-,094	,020
	NO3-N	-,030	,182	-,316	-,662	,568 ^a	,043	,021	,187
	K+	-,220	,030	-,247	-,131	,043	,601 ^a	-,128	,168
	SO42-	,297	-,052	-,276	-,094	,021	-,128	,735 ^a	-,153
	Cu+	-,340	,417	-,034	,020	,187	,168	-,153	,651 ^a

Anti-image matrices berfungsi untuk mengetahui dan menentukan variabel apa saja yang layak digunakan dalam uji PCA. Pada tabel diatas terdapat kode huruf (a) yang menunjukan tanda untuk *Measure of Sampling Adequacy* (MSA). Diketahui nilai MSA dari masing-masing variabel yang diteliti sebagai berikut : Temperatur sebesar 0,698, pH sebesar 0,628, TDS sebesar 0,667, Al⁻ sebesar 0,541, NO₃-N sebesar 0,568, K⁺ sebesar 0,601, SO₄²⁻ sebesar 0,735, dan Cu⁺ sebesar 0,651. Syarat yang harus dipenuhi untuk uji PCA yaitu nilai MSA > 0,5. Dari hasil diatas menunjukkan bahwa nilai MSA untuk semua variabel yang diteliti adalah > 0,5. Maka semua variabel layak untuk dilakukan uji PCA (Jana, 2021).

4.3.3 *Total Variance Explained*

Dilakukan penentuan jumlah komponen utama dari data geokimia air tanah Sub DAS Winongo yang distandarisasi dengan proporsi kumulatif varians pada *Rstudio* diperoleh hasil nilai proporsi kumulatif *variants* sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Total *Variance Explained*

Importance of components:	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
Standard deviation	1.6922	1.2575	0.9845	0.9743	0.74067	0.70095	0.60098
Proportion of Variance	0.3579	0.1977	0.1212	0.1187	0.06857	0.06142	0.04515
Cumulative Proportion	0.3579	0.5556	0.6768	0.7954	0.86399	0.92541	0.97055
	PC8						
Standard deviation	0.48535						
Proportion of Variance	0.02945						
Cumulative Proportion	1.00000						

Total Variance Explained bertujuan untuk mengetahui bahwa keragaman data dapat ditangkap oleh setiap presentase *varians* dengan syarat harus mencakup minimal 80 % (Humam, 2017). Dari tabel diatas didapatkan banyaknya komponen utama yang dapat diambil sebanyak 5 komponen utama dikarenakan 5 komponen utama telah menangkap minimal 80 % *varians* data yaitu 86,399 % dari total keragaman data

Nilai *component 1* mampu menjelaskan 35,79% variasi. Nilai *component 2* mampu menjelaskan 19,77% variasi. Nilai *component 3* mampu menjelaskan 12,12% variasi. Nilai *component 4* mampu menjelaskan 11,87% variasi. Nilai *component 5* mampu menjelaskan 0,69% variasi. Jadi total kelima komponen utama yang dianalisis mampu menangkap 86,399 % dari total keragaman data.

4.3.4 *Eigenvalue dan Scree Plot*

Dilakukan tahap selanjutnya dari analisis PCA yaitu uji nilai *eigenvalue* yang dapat menentukan pembentukan berapa banyak faktor yang terbentuk dan visualisasi data berbentuk *scree plot* :

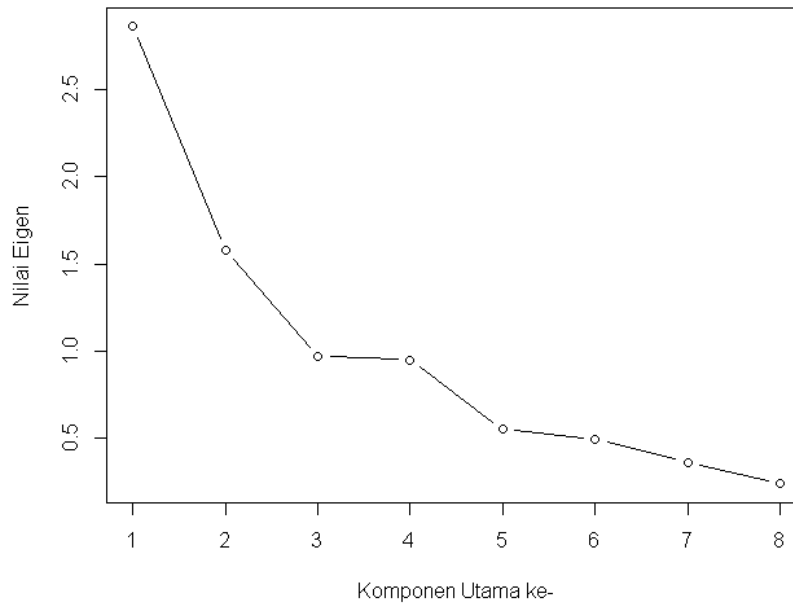
Tabel 4. 5 *Eigenvalue*

```
eigen() decomposition
$values
[1] 2.8635234 1.5812764 0.9692881 0.9492531 0.5485944 0.4913265 0.3611775
[8] 0.2355606

$vectors
      [,1]      [,2]      [,3]      [,4]      [,5]      [,6]
[1,] 0.4215265 -0.10927474 0.2202749 0.41022374 0.5279586 -0.179750343
[2,] -0.2816854 0.50210673 -0.2277179 0.26521340 0.5161091 -0.333516926
[3,] -0.4469433 0.20748061 0.2236375 -0.10771007 0.3408594 0.621802899
[4,] -0.2705258 -0.61819579 -0.1197028 0.05359414 0.1184978 -0.309202861
[5,] -0.3501777 -0.53318623 -0.1309337 0.04035477 0.3038582 0.207417357
[6,] -0.2474739 -0.03665164 0.6402738 0.60994889 -0.3127940 0.009965109
[7,] -0.3666356 0.08135910 0.4344708 -0.48513342 0.0176229 -0.564000359
[8,] 0.3895340 -0.13595376 0.4684250 -0.37132729 0.3663110 0.113988384

      [,7]      [,8]
[1,] 0.4903099 0.20522086
[2,] -0.3631889 -0.19193828
[3,] 0.1023579 0.42693926
[4,] -0.3614937 0.53583846
[5,] 0.2180006 -0.62565154
[6,] -0.1938704 -0.14106748
[7,] 0.3379697 -0.04700261
[8,] -0.5359121 -0.19517937
```

Eigenvalue bertujuan untuk mengetahui berapa banyak komponen atau faktor yang terbentuk dari beberapa variabel yang dianalisis. Menurut *Sartika., et.al* (2013) menjelaskan bahwa umumnya nilai eigenvalue yang dapat membentuk komponen utama yaitu sebesar < 1 , jika dilihat dari data yang dianalisis diatas hanya menghasilkan dua faktor yang terbentuk dan hanya mampu menjelaskan 55,56 % dari total keragaman data. Nilai tersebut masih tidak terlalu besar untuk menangkap kergaman data dari kedelapan faktor, hal tersebut juga menjadikan minimnya reduksi parameter pada analisis PCA ini. Pada akhirnya dilakukan analisis hingga faktor lima yang mampu menjelaskan 86,399 % variasi data untuk meminimalisir sedikitnya dimensi.



Gambar 4. 1 Grafik *Scree Plot*

Grafik *scree plot* merupakan cara mendeskripsikan eigenvalue secara visual, bertujuan untuk memplotkan antara komponen utama dengan *varians* nilai *eigen*. Banyaknya komponen utama yang diambil adalah pada titik ekstrim, dimana garis kurva melandai . Berdasarkan *scree plot* diatas, banyaknya komponen utama yang dipilih yaitu 5. Hal ini ditunjukkan oleh kurva yang mulai melandai pada komponen kelima. Jumlah komponen yang dipilih berdasarkan metode proporsi kumulatif varians dengan metode *scree plot* yaitu 5 komponen utama.

4.3.5 Loading Factor

Nilai *loading* digunakan sebagai nilai *vektor eigen* untuk penduga matriks *covarians*. Nilai dari fungsi nilai *loading* digunakan sebagai nilai komponen utama. *Loading factor* adalah angka yang menunjukkan besarnya korelasi antara variabel dengan faktor satu, faktor dua, faktor tiga, faktor empat, atau faktor lima. Proses penentuan variabel yang akan dimasukkan ke dalam faktor mana dilakukan dengan cara membandingkan besarnya korelasi tiap baris pada tiap tabel. Jenis pengaruh variabel berdasarkan batas nilai yang dimuatnya adalah sebagai berikut : (1) $loading \geq$

0,71 = sangat sangat baik; (2) *loading* $\geq 0,63$ = sangat baik; (3) *loading* $\geq 0,55$ = baik; (4) *loading* $\geq 0,45$ = sedang; (5) *loading* $\geq 0,32$ = kurang baik (Setiawan., *et.al*, 2012)

Nilai *eigen* dari *vektor eigen* yang dinormalisasi akan digunakan untuk mendapatkan tabel berikut :

Tabel 4. 6 Loading Factor

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
X1	0,422	-0,109	0,220	0,410	0,528
X2	-0,282	0,502	-0,228	0,265	0,516
X3	0,447	0,207	0,224	-0,108	0,341
X4	-0,271	-0,618	-0,120	0,054	0,118
X5	-0,350	-0,533	-0,131	0,040	0,304
X6	-0,247	0,037	0,640	0,610	-0,313
X7	-0,367	0,081	0,434	-0,485	0,018
X8	0,390	-0,136	0,468	-0,371	0,366

Nilai *loading* pada tabel ini adalah untuk menjelaskan variabel-variabel yang dimuat dalam faktor dengan melihat besar kecilnya nilai *loading* dan mengetahui peran masing-masing variabel dalam suatu faktor. Berdasarkan *loading factor* tersebut, maka diambil nilai maksimum dari nilai tersebut. *Loading* yang memiliki nilai tertinggi artinya berperan utama dalam faktor ini. Komponen utama yang terbentuk adalah:

Tabel 4. 7 Komponen Utama

PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
TDS	Al ⁻	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Temperatur
	NO ₃ ⁻ N	Cu ⁺		pH

Variabel dijelaskan dengan menggunakan nilai *loading* tertinggi, yang menunjukkan bahwa suatu variabel mempunyai korelasi lebih kuat dengan suatu faktor ditunjukkan dengan nilai *loading* faktor yang tertinggi.

4.3.6 Nilai Korelasi

Setelah dilakukan klasifikasi variabel berdasarkan komponen utama kemudian di hitung nilai korelasi agar mengetahui hubungan antar variabel dengan komponennya berkategori kuat atau lemah. Hasil nilai korelasi sebagai berikut :

Tabel 4. 8 Nilai Korelasi

Mencari nilai korelasi					
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
r1	0,714	-0,184	0,372	0,694	0,893
r2	-0,477	0,849	-0,386	0,448	0,873
r3	0,756	0,350	0,379	-0,183	0,577
r4	-0,459	-1,046	-0,203	0,091	0,200
r5	-0,592	-0,902	-0,222	0,068	0,514
r6	-0,418	0,063	1,083	1,032	-0,530
r7	-0,621	0,137	0,734	-0,821	0,030
r8	0,660	-0,230	0,792	-0,628	0,619

Tabel 4. 9 Nilai Loading dan Nilai Korelasi

Variabel	Parameter	PC 1		PC 2		PC 3		PC 4		PC 5	
		Korelasi	Loading	Korelasi	Loading	Korelasi	Loading	Korelasi	Loading	Korelasi	Loading
X1	Temperatur	0,714	0,422	-0,184	-0,109	0,372	0,22	0,694	0,41	0,893	0,528
X2	pH	-0,477	-0,282	0,849	0,502	-0,386	-0,228	0,448	0,265	0,873	0,516
X3	TDS	0,756	0,447	0,350	0,207	0,379	0,224	-0,183	-0,108	0,577	0,341
X4	Al-	-0,459	-0,271	-1,046	-0,618	-0,203	-0,12	0,091	0,054	0,200	0,118
X5	NO3-N	-0,592	-0,35	-0,902	-0,533	-0,222	-0,131	0,068	0,04	0,514	0,304
X6	K+	-0,418	-0,247	0,063	0,037	1,083	0,64	1,032	0,61	-0,530	-0,313
X7	SO42-	-0,621	-0,367	0,137	0,081	0,734	0,434	-0,821	-0,485	0,030	0,018
X8	Cu+	0,660	0,39	-0,230	-0,136	0,792	0,468	-0,628	-0,371	0,619	0,366

Terlihat dari gambar bahwa ketika *loading factor* mengambil nilai yang lebih besar, maka nilai korelasi yang lebih besar juga akan dihasilkan. Batas nilai biasanya semakin tinggi *loading factor* akan lebih baik, nilai di bawah 0,30 tidak ditafsirkan. Berdasarkan kedelapan variabel yang menjadi komponen utama, nilai korelasi *loading value* di atas 0,30. Hal ini menunjukkan bahwa penentuan nilai kedelapan variabel

tersebut oleh komponen utama dalam penelitian ini baik, karena berada pada batas nilai *loading* yang dapat diartikan sebagai pengaruh.

4.3.7 Hasil Faktor Dominan

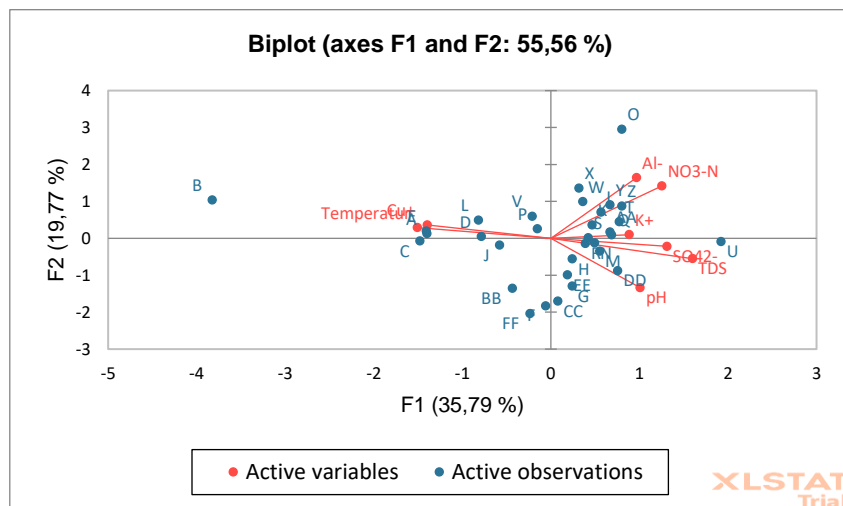
Setelah diketahui nilai eigen dan nilai faktor setiap variabel. Maka dapat menghasilkan faktor dominan yang dapat dilihat pada tabel di bawah :

Tabel 4. 10 Hasil Faktor Dominan

Faktor	Variabel	Keterangan	Nilai Eigen	Nilai Faktor
PC 5	X1	Temperatur	0,549	0,528
PC 5	X2	pH	0,549	0,516
PC 1	X3	TDS	2,864	0,447
PC 2	X4	Al-	1,581	-0,618
PC 2	X5	NO3-N	1,581	-0,533
PC 3	X6	K+	0,969	0,640
PC 4	X7	SO42-	0,949	-0,485
PC 3	X8	Cu+	0,969	0,468

4.3.8 Biplot

Berikut grafik biplot yang memvisualisasikan titik sampling dengan variabel yang didominasi pada titik sampling penelitian :



Gambar 4. 2 Grafik *Biplot*

Grafik Biplot ini berguna untuk mengetahui parameter apa yang mendominasi pada tiap titik sampling. Dari gambar *biplot* diatas didapatkan hasil analisis, penjelasan sebagai berikut :

1. Titik sampling A,B,C,D,E, dan L itu dicirikan oleh karakteristik lingkungan yang memiliki nilai Temperatur yang tinggi dan nilai Cu^+ yang tinggi juga. Titik sampling A dan C berada di Kecamatan Ngampilan, titik sampling B berada di Kecamatan Wirobrajan, Titik sampling D berada di Kecamatan Matrijeron, titik sampling E berada di Kecamatan Gondomanan, dan titik sampling L berada di Kecamatan Kraton.
2. Titik sampling K,M,RT,U, dan DD itu dicirikan oleh karakteristik lingkungan yang memiliki nilai TDS yang tinggi dan SO_4^{2-} yang tinggi juga. Titik sampling K dan T berada di Kecamatan Kraton, titik sampling M dan U berada di Kecamatan Matrijeron, titik sampling R dan DD berada di Kecamatan Ngampilan, titik sampling.
3. Titik sampling F,BB, dan FF tidak memiliki hubungan dengan karakteristik lingkungan atau mungkin nilai karakteristik lingkungannya itu tidak terlalu tinggi. Titik sampling F berada di Kecamatan Gondomanan, titik sampling BB berada di Kecamatan Matrijeron, dan titik sampling FF berada di Kecamatan Wirobrajan.
4. Titik sampling G,O,X,Y,CC, dan EE itu dicirikan oleh karakteristik lingkungan yang memiliki nilai pH yang tinggi, nilai Al^+ yang tinggi, dan NO_3N yang tinggi juga. Titik sampling G dan EE berada di Kecamatan Matrijeron, titik sampling O,X,CC berada di Kecamatan Wirobrajan.
5. Titik sampling P dan V tidak memiliki hubungan dengan karakteristik lingkungan atau mungkin nilai karakteristik lingkungannya itu tidak terlalu tinggi. Titik sampling V berada di Kecamatan Wirobrajan dan titik sampling V berada di Kecamatan Gondomanan.
6. Titik sampling H,I,Q, dan Z itu dicirikan oleh karakteristik lingkungan yang memiliki nilai K^+ yang tinggi. Titik sampling H,I,Z berada di Kecamatan Kraton dan titik sampling Q berada di Kecamatan Wirobrajan.

7. Titik sampling L tidak memiliki hubungan dengan karakteristik lingkungan atau mungkin nilai karakteristik lingkungannya itu tidak terlalu tinggi. Titik sampling L berada di Kecamatan Kraton.
8. Titik sampling S,U, dan W tidak memiliki hubungan dengan karakteristik lingkungan atau mungkin nilai karakteristik lingkungannya itu tidak terlalu tinggi. Titik sampling S berada di Kecamatan Ngampilan, dan titik sampling S dan W berada di Kecamatan Matrijeron.
9. Titik sampling N dan AA tidak memiliki hubungan dengan karakteristik lingkungan atau mungkin nilai karakteristik lingkungannya itu tidak terlalu tinggi. Titik sampling N dan AA berada di Kecamatan Matrijeron.

4. 4 Analisis Hubungan Antara Komposisi Geokimia Logam Air Tanah di Sub DAS Winongo Dengan Lingkungan

Setelah data penelitian diolah dan didapatkan lima faktor yang mengelompokan antar parameter. Hal tersebut menandakan bahwa pada setiap parameter didalam faktor memiliki korelasi. Pada pembahasan ini akan dianalisis terkait hubungan antar parameter yang sudah dikelompokan menjadi lima faktor. Dalam analisis antar hubungan parameter dikaitkan dengan kondisi eksisting lingkungan Kota Yogyakarta.

4.4.1 Faktor 1

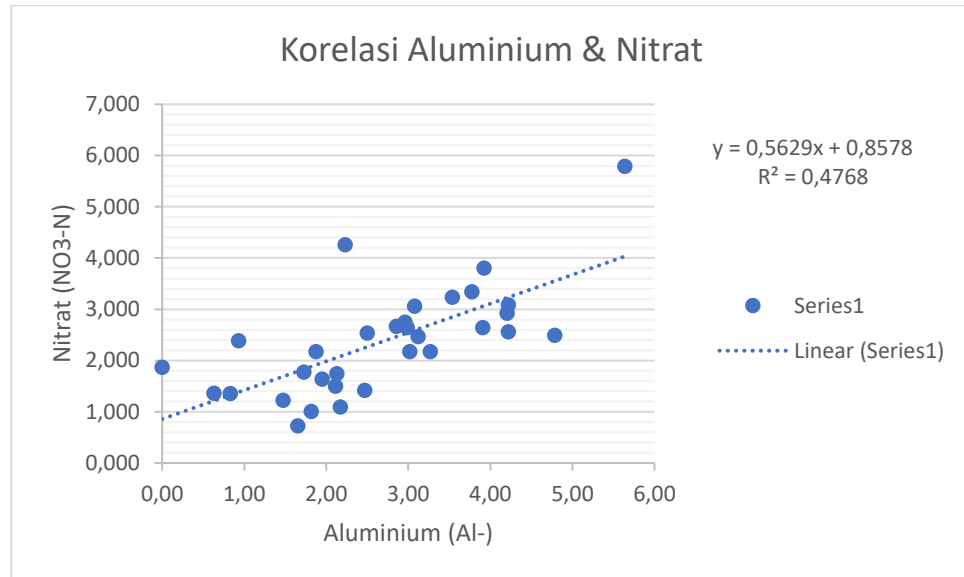
Pada faktor kesatu didapatkan satu parameter yang termasuk ke dalam faktor ini berdasarkan hasil analisis statistik, yaitu Total Dissolved Solid (TDS). TDS ini memiliki korelasi terhadap faktor satu sebesar 0,756 yang bernilai positif. Nilai maksimum kosentrasi TDS yang didapat pada 32 titik sampling sebesar 597 mg/L, diketahui nilai baku mutu untuk TDS yaitu <300 mg/L. Maka TDS dikatakan mempunyai resiko, karena melebihi baku mutu.

Hal yang mempengaruhi nilai TDS di air tanah Sub DAS Winongo karena adanya aktivitas masyarakat sekitar yang tidak memperhatikan kondisi lingkungan. Berdasarkan kondisi geologi kota Yogyakarta TDS juga dipengaruhi oleh kandungan

mineral dengan unsur batuan *old* andesit (batuan beku vulkanik), plagioklas, dan batuan karbonat dengan unsur Ca dan limpasan dari tanah serta pengaruh antropogenik (berupa limbah domestik dan industri) (Rizqullah, et.al. 2018). Sampel TDS diambil didekat industri batik rumahan yang mengakibatkan nilai maksimum dari TDS ini melebihi baku mutu. Konsentrasi TDS yang tinggi dapat menyebabkan berbagai macam penyakit seperti mual, iritasi paru-paru, ruam, muntah, dan lain-lain (DinKes, 2023), maka hubungan dengan lingkungannya yaitu bersumber dari lingkungan antropogenik.

4.4.2 Faktor 2

Pada faktor kedua didapatkan dua parameter yang termasuk ke dalam faktor ini berdasarkan hasil analisis statistik, yaitu Aluminium (Al^-) dan Nitrat (NO_3^-N) mereka memiliki nilai korelasi antar parameter terhadap faktor dua sebesar 1,046 yang bernilai negatif dan 0,902 yang bernilai negatif juga. Data kedua parameter ini telah diuji kenormalitasan distribusinya sebesar 0,20, maka dinyatakan data berdistribusi normal. Dan didapatkan nilai korelasi antara Aluminium (Al^-) dan Nitrat (NO_3^-N) sebesar 0,691 yang berpola linear positif, maka hubungannya termasuk ke dalam kategori kuat. Jadi semakin tinggi konsentrasi Aluminium (Al^-) akan semakin rendah konsentrasi (NO_3^-N). Berikut merupakan grafik korelasi Aluminium (Al^-) dan Nitrat (NO_3^-N) :



Gambar 4. 3 Grafik Korelasi Aluminium (Al-) dan Nitrat (NO₃-N)

Nilai maksimum konsentrasi Aluminium (Al⁻) yang didapat pada 32 titik sampling sebesar 0,56 mg/L, diketahui nilai baku mutu untuk Aluminium (Al⁻) yaitu 0,2 mg/L. Maka Aluminium (Al⁻) dikatakan memiliki resiko, karena melebihi baku mutu. Sedangkan Nilai maksimum konsentrasi Nitrat (NO₃⁻N) sebesar 42,56 mg/L, diketahui nilai baku mutu untuk Nitrat (NO₃⁻N) yaitu 20 mg/L. Maka Nitrat (NO₃⁻N) dikatakan memiliki resiko, karena melebihi baku mutu.

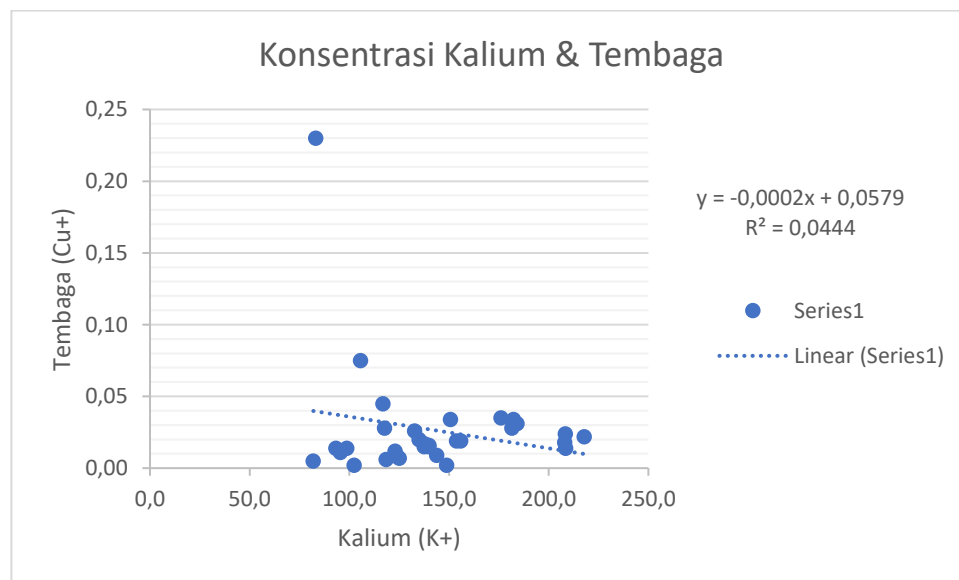
Kandungan Aluminium (Al⁻) berasal dari proses alami biasanya ditemukan pada batuan dasar, karena material utamanya adalah sedimen vulkanik klastik dari endapan merapi, proses pelapukan material litologi yang ada disekitar sungai. Pada umumnya abu atau material yang berasal dari letusan gunung berapi mengandung oksida beberapa unsur logam seperti Al, Ca, Fe, Si, Mg, K dan Na dan dapat ditemukan beberapa unsur logam berat berbahaya seperti Cd, As, dan Pb (Cas and Wright, 1988). Hulu Sungai Winongo terletak di Gunung Merapi, hal tersebut dapat diasumsikan bahwa aktivitas Gunung Merapi menjadi penyebab logam ada dalam perairan Sungai Winongo (Sasmito, 2015). Sedangkan dari aktivitas manusianya didapat kandungan Aluminium (Al⁻) berasal dari limbah kegiatan rumah tangga disekitar kawasan Sub DAS Winongo (Aprillia, 2021). Jika dilihat dari kadar nilai Aluminium (Al⁻) yang

didapat sumber pencemar berasal dari lingkungan antropogenik. Potensi bahaya dari kadar aluminium yang tinggi antara lain dapat menyebabkan luka usu dan lambung, kerusakan otak, masalah kulit, penyakit gastrointestinal, penyakit hati, mual, gangguan belajar pada anak, sakit kepala, retardasi mental pada bayi, kurangnya energi, perut kembung dan sembelit (Bakri, 2011).

Nitrat (NO_3^-) di air tanah dapat berasal dari proses alam seperti pelarutan batuan beku, drainase lahan, sisa hewan dan tumbuhan. Kandungan Nitrat (NO_3^-) pada penelitian ini melebihi nilai baku mutu. Kadar nitrat yang lebih dari 5 mg/L menyatakan adanya pencemaran antropogenik yang disebabkan oleh aktivitas manusia atau tinja hewan yang diperoleh dari peternakan skala rumah tangga, karena kotoran ternak dapat diencerkan oleh air hujan hingga masuk ke dalam air tanah (Lukoto, et.al, 2021). Sanitasi di lokasi yang menggunakan *septic tank*. Semakin banyak penggunaan *septic tank*, maka semakin besar beban nitrat yang dihasilkan dan masuk ke dalam septic tank (Putro dan Wilopo, 2022), dan pengaruh pupuk dikawasan penelitian yang dimana penggunaan pupuk untuk perawatan tanaman berpengaruh terhadap peningkatan konsentrasi nitrat. Kemungkinan kecil kadar nitrat yang tinggi berasal dari industri rumah tangga batik. Masyarakat sebaiknya tidak mengkonsumsi air sumur yang telah terkontaminasi kadar nitrat (NO_3^-) yang tinggi yang akan beresiko terhadap kesehatan seperti meningkatkan risiko kanker kolorektal, terutama dalam jangka panjang. (Fathmawati, 2017). Dalam penelitian sebelumnya (Hou et al., 2015; Xu et al., 2017), untuk pertama kalinya, menyelidiki paduan Al-Fe untuk reduksi nitrat berair dan menemukan bahwa partikel paduan Al-Fe mampu mereduksi nitrat secara luas. Dapat disimpulkan mengapa hubungan Aluminium (Al^+) dan Nitrat (NO_3^-) kuat, tetapi mereka tidak memiliki hubungan lingkungan yang sama. Maka dapat diasumsikan korelasi yang terbentuk antara Aluminium (Al^+) dan Nitrat (NO_3^-) , dikarenakan memiliki pola *transport* yang sama.

4.4.3 Faktor 3

Pada faktor ketiga didapatkan dua parameter yang termasuk ke dalam faktor ini berdasarkan hasil analisis statistik, yaitu Kalium (K^+) dan Tembaga (Cu^+) mereka memiliki nilai korelasi antar parameter terhadap faktor tiga sebesar 1,083 yang bernilai positif dan 0,792 yang bernilai positif juga. Data kedua parameter ini telah diuji kenormalitasan distribusinya sebesar 0,20, maka dinyatakan data berdistribusi normal. Dan didapati nilai korelasi antara Kalium (K^+) dan sebesar 0,211 yang berpola linear negatif, maka hubungannya termasuk ke dalam kategori sangat lemah. Jadi semakin rendah konsentrasi Kalium (K^+) akan semakin rendah konsentrasi Tembaga (Cu^+). Berikut merupakan grafik korelasi Kalium (K^+) dan Tembaga (Cu^+) :



Gambar 4. 4 Grafik Korelasi Kalium (K^+) dan Tembaga (Cu^+)

Nilai maksimum konsentrasi Kalium (K^+) yang didapat pada 32 titik sampling sebesar 20,85 mg/L, diketahui nilai baku mutu untuk Kalium (K^+) yaitu 55 mg/L. Maka Kalium (K^+) dikatakan aman, karena tidak melebihi baku mutu. Sedangkan Nilai maksimum konsentrasi Tembaga (Cu^+) sebesar 0,11 mg/L, diketahui nilai baku mutu untuk Tembaga (Cu^+) yaitu 2 mg/L. Maka Tembaga (Cu^+) dikatakan aman, karena tidak melebihi baku mutu.

Kalium (K^+) berasal dari penggunaan pupuk pada aktivitas pertanian, dikarenakan pada kawasan penelitian masyarakatnya masih melakukan kegiatan bertani sebagai bentuk pemanfaatan lahan. Terdapat industri batik disalah satu kecamatan yang menjadi titik pengambilan sampel yang menghasilkan limbah Kalium (K^+). Pembuatan kain batik menggunakan zat kimia yaitu Kalium Dikromat ($K_2Cr_2O_7$) (Indrayani, 2018). Tembaga (Cu^+) berasal dari limbah kegiatan pertanian dan kotoran ternak. Namun aktivitas rumah tangga, bengkel mekanik, dan industri sumber kontribusi terhadap kadar tembaga yang lebih tinggi (Fadlillah a, et.al, 2023). Tembaga (Cu^+) dapat masuk ke tatanan lingkungan akibat dari aktivitas manusia seperti buangan industri yang bahan utamanya menggunakan tembaga (Cu^+) pada prosesnya (Yudo, 2006). Kegiatan usaha yang bisa menjadi sumber pencemarnya, tidak sedikit ditemukan aktivitas manusia berperan dalam meningkatkan jumlah Tembaga (Cu^+) dalam badan air sungai yaitu seperti aktivitas perdagangan. Banyak ditemukan toko elektronik disekitar kawasan aliran sungai Winongo, hal tersebut menghasilkan limbah elektronik seperti kabel, baterai dan lain sebagainya (Aprilia, 2021). Berdasarkan penelitian Mades (2022). dijelaskan bahwa tanah daerah penelitian tercemar limbah batik yang mengandung Tembaga (Cu^+). Hal tersebut akan mengakibatkan tercemarnya air tanah pada kawasan Sub DAS Winongo. Berdasarkan hasil korelasi statistik antara Kalium (K^+) dengan Tembaga (Cu^+) hampir tidak memiliki hubungan, tetapi hasil analisis berdasarkan kondisi lingkungan eksisting kawasan penelitian didapatkan hubungan dengan lingkungannya yaitu antropogenik karena disebabkan sumber yang sama yaitu antropogenik.

4.4.4 Faktor 4

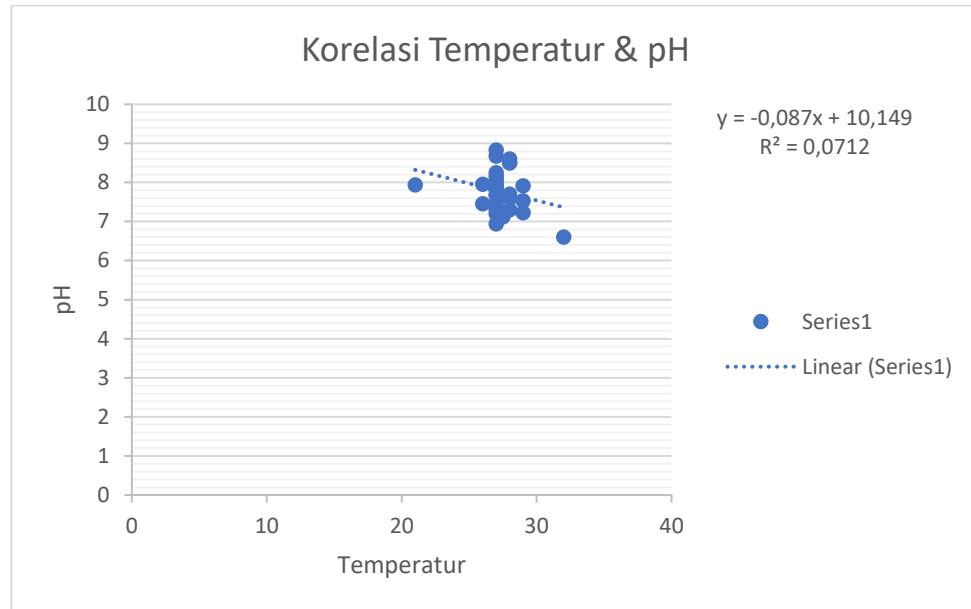
Pada faktor keempat didapatkan satu parameter yang termasuk ke dalam faktor ini berdasarkan hasil analisis statistik, yaitu Sulfat (SO_4^{2-}). Sulfat ini memiliki korelasi terhadap faktor empat sebesar 0,821 yang bernilai negatif. Nilai maksimum konsentrasi Sulfat (SO_4^{2-}) yang didapat pada 32 titik sampling sebesar 38,57 mg/L, diketahui nilai

baku mutu untuk Sulfat (SO_4^{2-}) yaitu 300 mg/L. Maka Sulfat (SO_4^{2-}) dikatakan aman, karena tidak melebihi baku mutu.

Sulfat (SO_4^{2-}) berkadar tinggi biasanya terbentuk dalam air tanah dan dari sumber alam seperti pelapukan batuan beku dan air hujan (Widyastuti, 2011). Berdasarkan studi kasus di Yogyakarta, Sulfat (SO_4^{2-}) dalam air tanah dapat berasal dari oksidasi belerang dalam batuan beku atau mineral yang mengandung belerang. Konsentrasi sulfat (SO_4^{2-}) yang relatif rendah di daerah penelitian mungkin juga menunjukkan bahwa hanya kegiatan industri batik di daerah tersebut yang mempengaruhi konsentrasi sulfat (SO_4^{2-}) (Ratri et al, 2021). Seperti halnya nitrat (NO_3^- N), sulfat (SO_4^{2-}) juga sifatnya mudah larut dalam air sehingga akan mudah terbawa air hujan dan aliran permukaan (Hadiarti, 2015). Dan limbah Sulfat (SO_4^{2-}) juga dapat berasal dari Surfaktan Anionik (deterjen) yang biasa digunakan untuk usaha laundry di kawasan penelitian, Jika dilihat dari kadar sulfat yang didapatkan dibawah nilai baku mutu, maka sumber pencemar berasal dari sumber alam. Dapat disimpulkan hubungan lingkungannya dilihat dari sumbernya yaitu berasal dari alam.

4.4.5. Faktor 5

Pada faktor kelima didapatkan dua parameter yang termasuk ke dalam faktor ini berdasarkan hasil analisis statistik, yaitu Temperatur (T) dan Derajat Keasaman (pH) mereka memiliki nilai korelasi antar parameter terhadap faktor lima sebesar 0,893 yang bernilai positif dan 0,873 yang bernilai positif juga. Data kedua parameter ini telah diuji kenormalitasan distribusinya sebesar 0,092, maka dinyatakan data berdistribusi normal. Dan didapati nilai korelasi antara Temperatur dan pH sebesar 0,267 yang berpola linear negatif, maka hubungannya termasuk ke dalam kategori sangat lemah. Jadi semakin rendah konsentrasi Temperatur akan semakin rendah konsentrasi pH. Berikut merupakan grafik korelasi Temperatur (T) dan Derajat Keasaman (pH) :



Gambar 4. 5 Grafik Korelasi Temperatur (T) dan Derajat Keasaman (pH)

Nilai maksimum konsentrasi Temperatur (T) yang didapat pada 32 titik sampling sebesar 32 mg/L, diketahui nilai baku mutu untuk Temperatur (T) yaitu suhu udara \pm 3. Maka Temperatur (T) dikatakan aman, karena tidak melebihi baku mutu. Sedangkan Nilai maksimum konsentrasi Derajat Keasaman (pH) sebesar 8,83, diketahui nilai baku mutu untuk Derajat Keasaman (pH) yaitu 6,5 – 8,5. Maka Derajat Keasaman (pH) dikatakan memiliki resiko, karena melebihi baku mutu.

Temperatur (T) maksimum didapat akibat suhu lingkungan dan kondisi cuaca yang terik dari biasanya, sehingga *exposure* suhu luar saat dititik sampling mampu mencapai lapisan tanah. Hal tersebut mengakibatkan tingkatan Temperatur (T) air sumur meningkat. Sedangkan Derajat Keasaman (pH) dipengaruhi oleh kandungan organik kegiatan domestik, industri maupun pertanian yang berada dikawasan penelitian. Temperatur (T) yang tinggi akan mempengaruhi kadar pH, karena Temperatur dapat berpengaruh terhadap kelarutan karbon dioksida. Ketika air mendapat banyak cahaya matahari, maka suhu permukaan akan naik. Ketika suhu permukaan air naik, maka kelarutan karbon dioksida akan menurun sehingga pH akan naik dan air bersifat basa (Sastrawijaya, 2009). Berdasarkan kawasan penelitian

terdapat industri batik yang dimana limbah cair hasil industri batik memiliki karakteristik Temperatur (T) dan Derajat Keasaman (pH) yang tinggi (Rohasliney dan Subki, 2011) disebabkan oleh penggunaan lilin dan pewarna serta bahan yang digunakan dalam produksi batik (Moradi el al,2016). Kadar pH yang tinggi dapat mempengaruhi keseimbangan elektrolit dalam tubuh, yang dapat mempengaruhi fungsi organ dan sistem dalam tubuh(Herman, 2015). Didapatkan kesimpulan berdasarkan hasil korelasi statistik hampir tidak memiliki hubungan, tetapi dilihat kadar Temperatur (T) dan Derajat Keasaman (pH) tinggi, maka hubungan dengan lingkungannya yaitu antropogenik karena disebabkan sumber yang sama yaitu industri batik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan antara lain:

1. Berdasarkan identifikasi terdapat lima parameter yang nilainya melebihi baku mutu yaitu Derajat Keasaman (pH), Total Dissolved Solid (TDS), Aluminium (Al^+), Nitrat (NO_3^-N), dan Tembaga (Cu^+). Adapun tiga parameter yang tidak melebihi nilai baku mutu yaitu Temperatur (T), Kalium (K^+), dan Sulfat (SO_4^{2-}) yang mengacu pada Permenkes No 2 Tahun 2023.
2. Komponen utama yang terbentuk adalah:
 - PC 1 : Total Dissolved Solid (TDS)
 - PC 2 : Aluminium (Al^+) dan Nitrat (NO_3^-N)
 - PC 3 : Kalium (K^+) & Tembaga (Cu^+)
 - PC 4 : Sulfat (SO_4^{2-})
 - PC 5 : Temperatur (T) & Derajat Keasaman (pH)
3. Hasil analisis hubungan antara komposisi geokimia logam air tanah di Sub DAS Sungai Winongo dengan lingkungan, yaitu :
 - Berdasarkan kondisi geologi kota Yogyakarta TDS juga dipengaruhi oleh kandungan mineral dengan unsur batuan *old* andesit (batuan beku vulkanik), plagioklas, dan batuan karbonat dengan unsur Ca dan limpasan dari tanah serta pengaruh antropogenik (berupa limbah domestik dan industri). Sampel TDS diambil didekat industri batik rumahan yang mengakibatkan nilai maksimum dari TDS ini melebihi baku mutu.
 - Nilai korelasi antara Aluminium (Al^+) dan Nitrat (NO_3^-N) sebesar 0,691 yang berpola linear positif, maka hubungannya termasuk ke dalam kategori kuat.

Kandungan Aluminium (Al^-) tinggi berasal dari aktivitas manusianya berasal dari limbah kegiatan rumah tangga. Jika dilihat dari kadar nilai Aluminium (Al^-) yang didapat sumber pencemar berasal dari lingkungan antropogenik. Kandungan Nitrat (NO_3^-N) pada penelitian ini melebihi baku mutu, Kadar nitrat yang lebih dari 5 mg/L menyatakan adanya pencemaran antropogenik yang disebabkan oleh aktivitas manusia atau tinja hewan yang diperoleh dari peternakan skala rumah tangga, penggunaan *septic tank*. Alasan hubungan Aluminium (Al^-) dan Nitrat (NO_3^-N) kuat, tetapi tidak memiliki hubungan dengan lingkungan yang berarti mereka berkorelasi kuat, karena mempunyai pola transport yang sama.

- Nilai korelasi antara Kalium (K^+) dan sebesar 0,211 yang berpola linear negatif, maka hubungannya termasuk ke dalam kategori sangat lemah. Kalium (K^+) berasal dari penggunaan pupuk, industri batik. Tembaga (Cu^+) berasal dari aktivitas rumah tangga, bengkel mekanik, dan industri sumber kontribusi terhadap kadar tembaga yang lebih tinggi. Industri yang ada pada kawasan penelitian yaitu industri batik yang menjadi sumber pencemar tembaga. Adanya hubungan antara Kalium (K^+) dan Tembaga (Cu^+) terhadap lingkungan, karena ditimbulkan oleh sumber pencemar yang sama yaitu antropogenik.
- Sulfat (SO_4^{2-}) berasal dalam air tanah dapat berasal dari oksidasi belerang dalam batuan beku atau mineral yang mengandung belerang. Konsentrasi sulfat (SO_4^{2-}) yang relatif rendah di daerah penelitian mungkin juga menunjukkan bahwa hanya kegiatan industri batik Sulfat (SO_4^{2-}) terbentuk secara alami yaitu berasal dari pelapukan materail organik yang terjadi pada saat. Dan Sulfat (SO_4^{2-}) juga dapat berasal dari Surfaktan Anionik (deterjen) yang biasa digunakan untuk usaha laundry di kawasan penelitian.
- Nilai korelasi antara Temperatur (T) dan Derajat Keasaman (pH) sebesar 0,267 yang berpola linear negatif, maka hubungannya termasuk ke dalam kategori sangat lemah. Temperatur maksimum didapat akibat suhu lingkungan dan kondisi cuaca yang terik dari biasanya mengakibatkan tingkatan Temperatur air sumur

meningkat. Sedangkan pH dipengaruhi oleh bahan organik dari buangan aktivitas sehari-hari. Limbah cair hasil industri menghasilkan Temperatur (T) dan Derajat Keasaman (pH) yang tinggi. Alasan hubungan antara Temperatur (T) dan Derajat Keasaman (pH) terhadap lingkungan yang membuat nilai Temperatur (T) dan Derajat Keasaman (pH)nya tinggi, karena dari sumber yang sama yaitu antropogenik yaitu industri batik.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilaksanakan, berikut beberapa saran yang dapat diberikan untuk peneliti selanjutnya, yaitu:

Pada analisis PCA komposisi geokimia di air tanah untuk data yang digunakan masih kurang baik untuk di analisis menggunakan PCA, karena nilai eigenvaluanya masih rendah yang mengakibatkan tidak banyak parameter yang tereduksi. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengklarifikasi apakah bisa digunakan analisis PCA untuk studi kasus ini ataupun bisa untuk dicoba menggunakan analisis multivariat dengan bantuan pendekatan metode statistik lainnya. Dan bisa juga penambahan terkait variabel yang dianalisis agar mendapat data yang dapat dianalisis menggunakan PCA. Selanjutnya diharapkan menelusuri lebih detail terkait kawasan penelitian agar dapat mengetahui sedikit banyak sumber pencemar berdasarkan kondisi lingkungan eksisting. Dan memperbanyak mencari jurnal atau referensi lain yang berkaitan dengan komposisi geokimia logam menggunakan bantuan metode statistik.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R. (2004). Kimia Lingkungan. Cetakan Pertama. Jakarta: Penerbit Andi.
- Anwariani, Destari. 2019. Pengaruh Air Limbah Domestik Terhadap Kualitas Sungai. Jakarta: Universitas Trisakti.
- Bahtiar, Ayi. 2007. Polusi Air Tanah Akibat Limbah Industri dan Rumah Tangga Serta Pemecahannya. Bandung: UNPAD.
- Balai Besar Kerajinan dan Batik, 2010, Pengolahan Limbah industri Batik, Yogyakarta.
- Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak, 2016, Daya Rusak Air Sungai Winongo, Yogyakarta.
- Bao, Z., Hu, Q., Qi, W., Tang, Y., Wang, W., Wan, P., ... & Yang, X. J. (2017). Nitrate reduction in water by aluminum alloys particles. *Journal of environmental management*, 196, 666-673.
- Bodrud-Doza, M. D., Islam, A. T., Ahmed, F., Das, S., Saha, N., & Rahman, M. S. (2016). Characterization of groundwater quality using water evaluation indices, multivariate statistics and geostatistics in central Bangladesh. *Water science*, 30(1), 19-40.
- Dhanasekarapandian, M., Chandran, S., Devi, D. S., & Kumar, V. (2016). Spatial and temporal variation of groundwater quality and its suitability for irrigation and drinking purpose using GIS and WQI in an urban fringe. *Journal of*

African Earth Sciences, 124, 270-288.

Dinas Lingkungan Hidup Surabaya. 2019. Pengelolaan Air Limbah Kegiatan Bengkel. Surabaya: DLH.

Doza, Bodrus., Islam, Towfiqul., dkk. (2016). Characterization of Groundwater Quality Using Water Evaluation Indices, Multivariate Statistics and Geostatistics In Central Bangladesh. *Water Science*. 30, 19-40.

PRASETYO, F. (2022). Analisis Status Mutu Air Tanah Dengan Parameter Cu, Mg, Ca, Dan Sulfat Pada Daerah Aliran Sungai Winongo Kota Yogyakarta.

Fathmawati, F., Fachiroh, J., Sutomo, A. H., & Putra, D. P. E. (2018). Origin and distribution of nitrate in water well of settlement areas in Yogyakarta, Indonesia. *Environmental monitoring and assessment*, 190(11), 628.

Fitriyah, K. R. (2007). *Studi Pencemaran Logam Berat Kadmium (Cd), Merkuri (Hg) dan Timbal (pb) pada Air Laut, Sedimen dan Kerang Bulu (Anadara antiquata) di Perairan Pantai Lekok Pasuruan* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).

Förstner, U., Wittman, G.T.W., 1979. *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Springer, Berlin.

Gaikwad, Satyajid K dkk. (2020). Assessment of The Groundwater Geochemistry From A Part of West Coast of India Using Statistical Methods And Water Quality Index. *Hydro Research*. 3. 48-60.

Granato, D., Santos, J. S., Escher, G. B., Ferreira, B. L., & Maggio, R. M. (2018). Use of principal component analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis

(HCA) for multivariate association between bioactive compounds and functional properties in foods: A critical perspective. *Trends in Food Science & Technology*, 72, 83-90.

Isnani, Soni. (2005). Kandungan Amonium dan Kalium tanah Dan Serapan Serta Hasil Padi Akibat Perbedaan Pengolahan Tanah Yang Dipupuk Nitrogen Dan Kalium Pada tanah Sawah. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 7, 23-34.

HANIFAH, N. H. (2022). Analisis Geokimia Dan Status Mutu Air Tanah Area Winongo Kota Yogyakarta Dengan Parameter Logam Al-Dan Ion Na^{++} , K^{-} , Cl , Dan $\text{NO}_3\text{-N}$. Yogyakarta.

JANA, R. (2021). Analisis Multivariat Dan Spasiotemporal Kualitas Air Akibat Penggunaan Lahan Di Daerah Aliran Sungai (Das) Winongo Yogyakarta. Yogyakarta.

Lukito, H., Yogafanny, E., Suharwanto, S., Azizah, S. U., Utama, V. F., & Savitri, N. D. (2022). Contaminated Groundwater by Nitrate in Sidoarum Village, Godean District, Sleman Regency, Special Region of Yogyakarta. *Jurnal Mineral, Energi, dan Lingkungan*, 5(1), 27-33.

Nicola, Fendra. 20215. Hubungan Antara Konduktivitas, TDS (Total Dissolved Solid) dan TSS (Total Suspended Solid) dengan Kadar Fe^{2+} dan Fe Total pada Air Sumur Galian. Jember: Universitas Jember.

Notodarmojo, S. 2005. Pencemaran Tanah dan Air Tanah. Bandung: Penerbit ITB.

Pratama, M. A., Immanuel, Y. D., & Marthanty, D. R. (2020). A Multivariate and Spatiotemporal Analysis of Water Quality in Code River, Indonesia. *The Scientific World Journal*, 2020, 1-11.

- Prawita, A., Murnitasari, D., dan Darmawati, A. 2008. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu) dalam Air Kali Wonokromo, Surabaya. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Putra, A. Y., & Yulia, P. A. R. (2019). Kajian kualitas air tanah ditinjau dari parameter pH, nilai COD dan BOD pada desa teluk nilap kecamatan Kubu Babussalam Rokan Hilir Provinsi Riau. *Jurnal Riset Kimia*, 10(2), 103-109.
- Putro, S. D. S., & Wilopo, W. (2022). Assessment of nitrate contamination and its factors in the urban area of Yogyakarta, Indonesia. *Journal of Degraded & Mining Lands Management*, 9(4).
- Ratri, D., Putra, D. P. E., & Wilopo, W. (2021, December). Groundwater geochemistry and hydrogeochemical processes assessment in Bantul, Yogyakarta, Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 958, No. 1, p. 012013). IOP Publishing.
- Sukoasih, Ami., Teguh Widiyanto dan Suparmin. 2016. Hubungan Antara Suhu, pH dan Berbagai Variasi Jarak dengan Kadar Timbal (Pb) pada Badan Air Sungai Rompong dan Air Sumur Gali Industri Batik Sokaraja Tengah Tahun 2016. *Jurnal Kesehatan*. (360-368). Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang. Semarang.
- Wahyuni, Endang Tri., Sugeng Triyono, dan Suherman. 2012. Penentuan Komposisi Kimia Abu Vulkanik dari Erupsi Gunung Merapi. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 19(2): 150-159. Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kode RStudio

```
Data_Tugas_Akhir_Final x 1.R x
Source on Save Run Source
1 #Import Data
2 library(readxl)
3 data = read_excel("C:/KULIAH/Semester 8/DATA TUGAS AKHIR/Data Excel TA 1ea/Data Tugas Akhir Final.xlsx")
4 data = data[,-1]
5 data
6
7 # Standarisasi Data
8 data_std = scale(x=data)
9 data_std
10
11 # Matriks Ragam Peragam
12 data_cov = cov(data_std)
13 data_cov
14
15 # Eigen value & Eigen Vector
16 data_eigen = eigen(data_cov)
17 data_eigen
18
19 # Fungsi Komponen Utama
20 pr.out=prcomp(x = data,center = TRUE, scale. = TRUE)
21 summary(pr.out) # Penentuan Banyaknya Komponen Utama
22 pr.out          # Menghitung Koefisien Komponen Utama
23
24 # Membentuk Scree Plot
25 scree_data = data.frame(eigen_value = eigen(data_cov)$values, PC = 1:8)
26 scree_data
27 plot(x = scree_data$PC, y = scree_data$eigen_value, type = 'b',
28      xlab = 'Komponen Utama ke-', ylab = 'Varians (Nilai Eigen)',
29      main = 'Scree Plot')
30
```

Lampiran 2. Daftar Packages yang Digunakan

The screenshot shows the RStudio interface with the 'Packages' tab selected. The interface includes a menu bar (File, Edit, Code, View, Plots, Session, Build, Debug, Profile, Tools, Help) and a toolbar with icons for file operations and a search bar. The 'Packages' tab is active, displaying a table of installed and available packages. The table has columns for 'Name', 'Description', and 'Version'. The packages are categorized into 'User Library' and 'System Library'. The 'readxl' package is checked as installed.

Name	Description	Version
User Library		
<input type="checkbox"/> cellranger	Translate Spreadsheet Cell Ranges to Rows and Columns	1.1.0
<input type="checkbox"/> cli	Helpers for Developing Command Line Interfaces	3.6.1
<input type="checkbox"/> cpp11	A C++11 Interface for R's C Interface	0.4.3
<input type="checkbox"/> crayon	Colored Terminal Output	1.5.2
<input type="checkbox"/> fansi	ANSI Control Sequence Aware String Functions	1.0.4
<input type="checkbox"/> glue	Interpreted String Literals	1.6.2
<input type="checkbox"/> hms	Pretty Time of Day	1.1.3
<input type="checkbox"/> lifecycle	Manage the Life Cycle of your Package Functions	1.0.3
<input type="checkbox"/> magrittr	A Forward-Pipe Operator for R	2.0.3
<input type="checkbox"/> pillar	Coloured Formatting for Columns	1.9.0
<input type="checkbox"/> pkgconfig	Private Configuration for 'R' Packages	2.0.3
<input type="checkbox"/> prettyunits	Pretty, Human Readable Formatting of Quantities	1.1.1
<input type="checkbox"/> progress	Terminal Progress Bars	1.2.2
<input type="checkbox"/> R6	Encapsulated Classes with Reference Semantics	2.5.1
<input type="checkbox"/> Rcpp	Seamless R and C++ Integration	1.0.10
<input checked="" type="checkbox"/> readxl	Read Excel Files	1.4.2
<input type="checkbox"/> rematch	Match Regular Expressions with a Nicier 'API'	1.0.1
<input type="checkbox"/> rlang	Functions for Base Types and Core R and 'Tidyverse' Features	1.1.1
<input type="checkbox"/> tibble	Simple Data Frames	3.2.1
<input type="checkbox"/> utf8	Unicode Text Processing	1.2.3
<input type="checkbox"/> vctrs	Vector Helpers	0.6.2
System Library		
<input checked="" type="checkbox"/> base	The R Base Package	4.3.0
<input type="checkbox"/> boot	Bootstrap Functions (Originally by Angelo Canty for S)	1.3-28.1
<input type="checkbox"/> class	Functions for Classification	7.3-21

RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

Go to file/function Addins

Environment History Connections Tutorial

Files Plots Packages Help Viewer Presentation

Install Update

	Name	Description	Version
<input type="checkbox"/>	cluster	"Finding Groups in Data": Cluster Analysis Extended Rousseeuw et al.	2.1.4
<input type="checkbox"/>	codetools	Code Analysis Tools for R	0.2-19
<input type="checkbox"/>	compiler	The R Compiler Package	4.3.0
<input checked="" type="checkbox"/>	datasets	The R Datasets Package	4.3.0
<input type="checkbox"/>	foreign	Read Data Stored by 'Minitab', 'S', 'SAS', 'SPSS', 'Stata', 'Systat', 'Weka', 'dBase', ...	0.8-84
<input checked="" type="checkbox"/>	graphics	The R Graphics Package	4.3.0
<input checked="" type="checkbox"/>	grDevices	The R Graphics Devices and Support for Colours and Fonts	4.3.0
<input type="checkbox"/>	grid	The Grid Graphics Package	4.3.0
<input type="checkbox"/>	KernSmooth	Functions for Kernel Smoothing Supporting Wand & Jones (1995)	2.23-20
<input type="checkbox"/>	lattice	Trellis Graphics for R	0.21-8
<input type="checkbox"/>	MASS	Support Functions and Datasets for Venables and Ripley's MASS	7.3-58.4
<input type="checkbox"/>	Matrix	Sparse and Dense Matrix Classes and Methods	1.5-4
<input checked="" type="checkbox"/>	methods	Formal Methods and Classes	4.3.0
<input type="checkbox"/>	mgcv	Mixed GAM Computation Vehicle with Automatic Smoothness Estimation	1.8-42
<input type="checkbox"/>	nlme	Linear and Nonlinear Mixed Effects Models	3.1-162
<input type="checkbox"/>	nnet	Feed-Forward Neural Networks and Multinomial Log-Linear Models	7.3-18
<input type="checkbox"/>	parallel	Support for Parallel Computation in R	4.3.0
<input type="checkbox"/>	rpart	Recursive Partitioning and Regression Trees	4.1.19
<input type="checkbox"/>	spatial	Functions for Kriging and Point Pattern Analysis	7.3-16
<input type="checkbox"/>	splines	Regression Spline Functions and Classes	4.3.0
<input checked="" type="checkbox"/>	stats	The R Stats Package	4.3.0
<input type="checkbox"/>	stats4	Statistical Functions using S4 Classes	4.3.0
<input type="checkbox"/>	survival	Survival Analysis	3.5-5
<input type="checkbox"/>	tcltk	Tcl/Tk Interface	4.3.0
<input type="checkbox"/>	tools	Tools for Package Development	4.3.0
<input type="checkbox"/>	translations	The R Translations Package	4.3.0
<input checked="" type="checkbox"/>	utils	The R Utils Package	4.3.0

Lampiran 3. Distribusi Normal Parameter Aluminium dan Nitrat

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		32
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	,0000000
	Std. Deviation	,75322638
Most Extreme Differences	Absolute	,116
	Positive	,116
	Negative	-,079
Test Statistic		,116
Asymp. Sig. (2-tailed)		,200 ^{c,d}

Lampiran 4. Distribusi Normal Kalium dan Tembaga

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		32
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	,0000000
	Std. Deviation	1,21451223
Most Extreme Differences	Absolute	,124
	Positive	,121
	Negative	-,124
Test Statistic		,124
Asymp. Sig. (2-tailed)		,200 ^{c,d}

Lampiran 5. Distribusi Normal Temperatur dan pH

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		32
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	,0000000
	Std. Deviation	,92302410
Most Extreme Differences	Absolute	,143
	Positive	,141
	Negative	-,143
Test Statistic		,143
Asymp. Sig. (2-tailed)		,092 ^c