

**Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Profil Cemarkan
Kromium Heksavalen pada Air, Sedimen, dan Ikan di Sungai
Opak Wilayah Kabupaten Bantul**

Skripsi



Elfiyanti Pabidang

31180238

**Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
Yogyakarta**

2025

**Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Profil
Cemaran Kromium Heksavalen pada Air, Sedimen, dan Ikan
di Sungai Opak Wilayah Kabupaten Bantul**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains (S.Si.)
Pada Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana



Elfiyanti Pabidang

31180238

**Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana**

Yogyakarta

2025

PERNYATAAN PENYERAHAN KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Elfiyanti Pabidang
NIM : 31180238
Program Studi : Biologi
Judul Karya Ilmiah : Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Profil Cemarkan Kromium Heksavalen pada Air, Sedimen, dan Ikan di Sungai Opak Wilayah Kabupaten Bantul

dengan ini menyatakan:

- a. bahwa karya yang saya serahkan ini merupakan revisi terakhir yang telah disetujui pembimbing/promotor/reviewer.
- b. bahwa karya saya dengan judul di atas adalah asli dan belum pernah diajukan oleh siapa pun untuk mendapatkan gelar akademik baik di Universitas Kristen Duta Wacana maupun di universitas/institusi lain.
- c. bahwa karya saya dengan judul di atas sepenuhnya adalah hasil karya tulis saya sendiri dan bebas dari plagiasi. Karya atau pendapat pihak lain yang digunakan sebagai rujukan dalam naskah ini telah dikutip sesuai dengan kaidah penulisan ilmiah yang berlaku.
- d. bahwa saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku berupa pencabutan gelar akademik jika di kemudian hari didapati bahwa saya melakukan tindakan plagiasi dalam karya saya ini.
- e. bahwa Universitas Kristen Duta Wacana tidak dapat diberi sanksi atau tuntutan hukum atas pelanggaran hak kekayaan intelektual atau jika terjadi pelanggaran lain dalam karya saya ini. Segala tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran dalam karya saya ini akan menjadi tanggung jawab saya pribadi, tanpa melibatkan pihak Universitas Kristen Duta Wacana.
- f. menyerahkan hak bebas royalti noneksklusif kepada Universitas Kristen Duta Wacana, untuk menyimpan, melestarikan, mengalihkan dalam media/format lain, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), dan mengunggahnya di Repositori UKDW tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan pemilik hak cipta atas karya saya di atas, untuk kepentingan akademis dan pengembangan ilmu pengetahuan.

- g. bahwa saya bertanggung jawab menyampaikan secara tertulis kepada Universitas Kristen Duta Wacana jika di kemudian hari terdapat perubahan hak cipta atas karya saya ini.
- h. bahwa meskipun telah dilakukan pelestarian sebaik-baiknya, Universitas Kristen Duta Wacana tidak bertanggung jawab atas kehilangan atau kerusakan karya atau metadata selama disimpan di Repositori UKDW.
- i. mengajukan agar karya saya ini: *(pilih salah satu)*

- ☒ Dapat diakses tanpa embargo.
- ☐ Dapat diakses setelah 2 tahun.*
- ☐ Embargo permanen.*

Embargo: penutupan sementara akses karya ilmiah.

*Halaman judul, abstrak, dan daftar pustaka tetap wajib dibuka.

Alasan embargo *(bisa lebih dari satu)*:

- ☐ dalam proses pengajuan paten.
- ☐ akan dipresentasikan sebagai makalah dalam seminar nasional/internasional.**
- ☐ akan diterbitkan dalam jurnal nasional/internasional.**
- ☐ telah dipresentasikan sebagai makalah dalam seminar nasional/internasional ... dan diterbitkan dalam prosiding pada bulan ... tahun ... dengan DOI/URL ... ***
- ☐ telah diterbitkan dalam jurnal ... dengan DOI/URL artikel ... atau vol./no. ... ***
- ☐ berisi topik sensitif, data perusahaan/pribadi atau informasi yang membahayakan keamanan nasional.
- ☐ berisi materi yang mengandung hak cipta atau hak kekayaan intelektual pihak lain.
- ☐ terikat perjanjian kerahasiaan dengan perusahaan/organisasi lain di luar Universitas Kristen Duta Wacana selama periode tertentu.
- ☐ Lainnya (mohon dijelaskan)

**Setelah diterbitkan, mohon informasikan keterangan publikasinya ke repository@staff.ukdw.ac.id.

***Tuliskan informasi kegiatan atau publikasinya dengan lengkap.

Yogyakarta, 30 Juli 2025

Mengetahui,

Yang menyatakan,

Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes.
NIDN : 0518026501



Elfianti Pabidang
NIM : 31180238

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Skripsi dengan judul:

**Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Profil Cemaran Kromium
Heksavalen pada Air, Sedimen, dan Ikan di Sungai Opak Wilayah Kabupaten Bantul**

Telah diajukan dan dipertahankan oleh:

ELFIYANTI PABIDANG

31180238

Dalam Ujian Skripsi Program Studi Biologi

Fakultas Bioteknologi

Universitas Kristen Duta Wacana

Dan dinyatakan DITERIMA untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Sarjana Sains pada tanggal 28 Juli 2025

Nama Dosen

Tanda Tangan

1. Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes.

(Dosen Pembimbing I/Ketua Tim Penguji) :

2. Drs. Kisworo, M.Sc.

(Dosen Pembimbing II/Dosen Penguji I) :

3. drh. Vinsa Cantya Prakasita, SKH., M.Sc.

(Dosen Penguji II) :

Yogyakarta, 29 Juli 2025

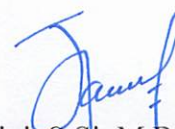
Dekan,

Ketua Program Studi,



Dr. Charis Amarantini, M.Si.

NIK. 914 E 155



Dwi Aditiharini, S.Si, M.Biotech, M.Sc.

NIK. 214 E 556

LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH SKRIPSI

Judul Skripsi : Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Profil
Cemaran Kromium Heksavalen pada Air, Sedimen, dan
Ikan di Sungai Opak Wilayah Kabupaten Bantul

Nama : Elfianti Pabidang

NIM : 31180238

Pembimbing I : Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes.

Pembimbing II : Drs. Kisworo, M.Sc.

Hari/Tanggal Presentasi : 28 Juli 2025

Yogyakarta, 23 Juli 2025

Disetujui oleh:

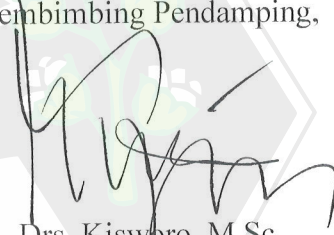
Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes.

NIK. 904 E 131



Drs. Kisworo, M.Sc.

NIK. 874 E 054

Mengetahui,

Ketua Program Studi Biologi,



Dwi Aditiyarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc.

NIK. 214 E 556

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Elfiyanti Pabidang

NIM : 31180238

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

“Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Profil Cemar Kromium Heksavalen pada Air, Sedimen, dan Ikan di Sungai Opak Wilayah Kabupaten Bantul”

Adalah hasil karya saya dan bukan merupakan duplikasi sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan dari suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya secara sadar dan bertanggungjawab dan saya bersedia menerima sanksi pembatalan skripsi apabila terbukti melakukan duplikasi terhadap skripsi atau karya ilmiah lain yang sudah ada.

Yogyakarta, 29 Juli 2025



(Elfiyanti Pabidang)

NIM: 31180238

DUTA WACANA

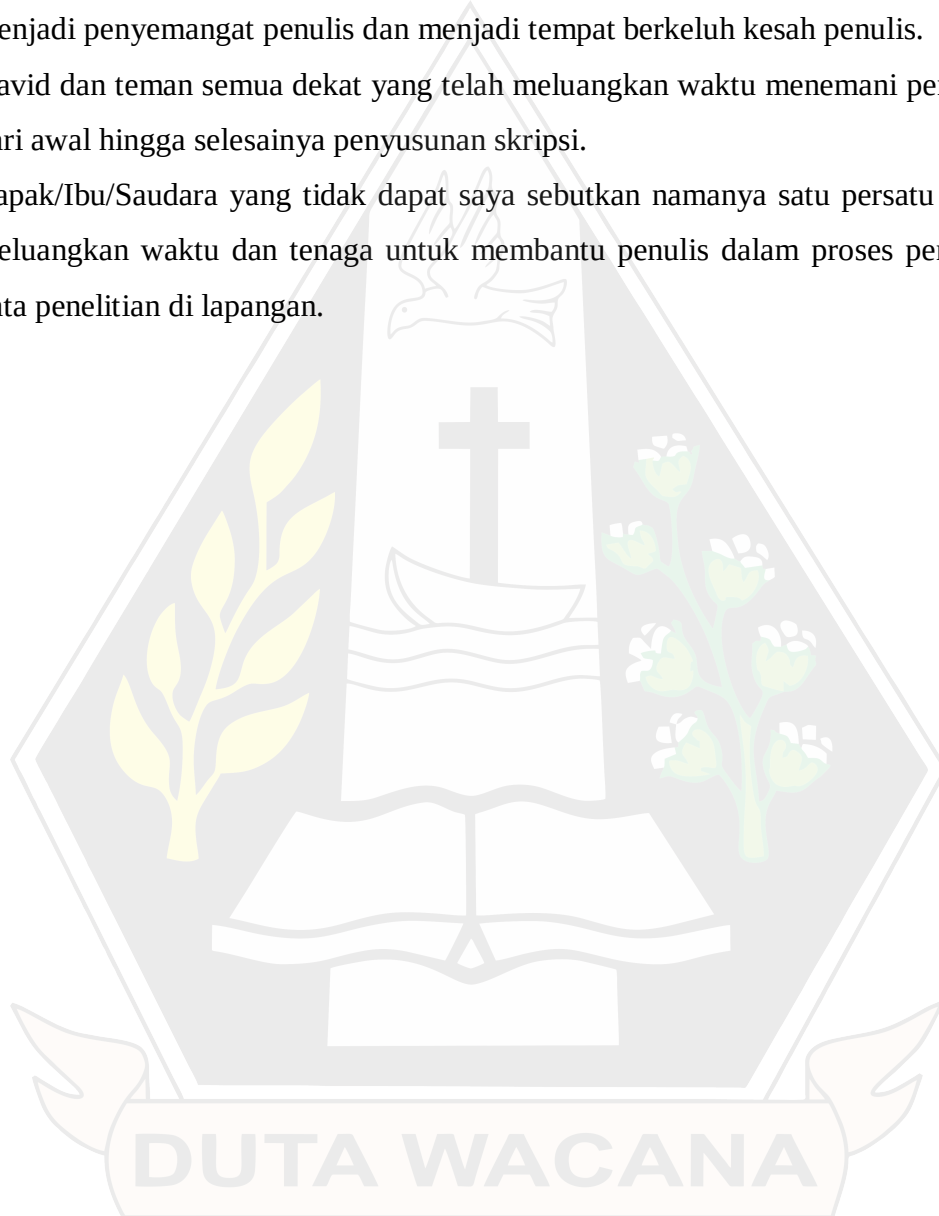
KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas seluruh Kasih dan Karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Profil Cemar Kromium Heksavalen pada Air, Sedimen, dan Ikan di Sungai Opak Wilayah Kabupaten Bantul”** dengan cukup baik. Penulisan Skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Biologi Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari bahwa isi dari skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, karena masih terdapat kekurangan-kekurangan. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan yang dimiliki oleh penulis baik dalam segi kemampuan, pengetahuan serta pengalaman penulis. Oleh sebab itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar dalam penyusunan karya tulis selanjutnya dapat dikembangkan menjadi lebih baik. Sepanjang masa studi, penulis juga memperoleh banyak bantuan pengajaran, bimbingan, dan arahan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi untuk membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, yaitu kepada:

1. Dr. Charis Amarantini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana.
2. Dwi Aditiyarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana.
3. Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes., selaku Dosen Wali sekaligus Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan, bimbingan, kritik, dan saran kepada Penulis selama masa studi dan dalam proses penulisan skripsi ini.
4. Drs. Kisworo, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan, bimbingan, kritik, dan saran kepada Penulis selama proses penulisan skripsi ini.
5. drh. Vinsa Cantya Prakasita, M.Sc., selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan, bimbingan, kritik, dan saran kepada Penulis saat Ujian Skripsi.

6. Seluruh Staff dan Dosen Universitas Kristen Duta Wacana yang sudah memberikan pelayanan terbaik.
7. Kedua orang tua penulis, Daniel Pabidang dan Alfrida yang tiada henti-hentinya mendoakan, mendukung, serta memberikan kasih sayang yang tulus sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Kedua saudara penulis, Defiyanto Pabidang dan Deby Ratzhinger Pabidang yang menjadi penyemangat penulis dan menjadi tempat berkeluh kesah penulis.
9. David dan teman semua dekat yang telah meluangkan waktu menemani penulis mulai dari awal hingga selesainya penyusunan skripsi.
10. Bapak/Ibu/Saudara yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu persatu yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membantu penulis dalam proses pengumpulan data penelitian di lapangan.



DAFTAR ISI

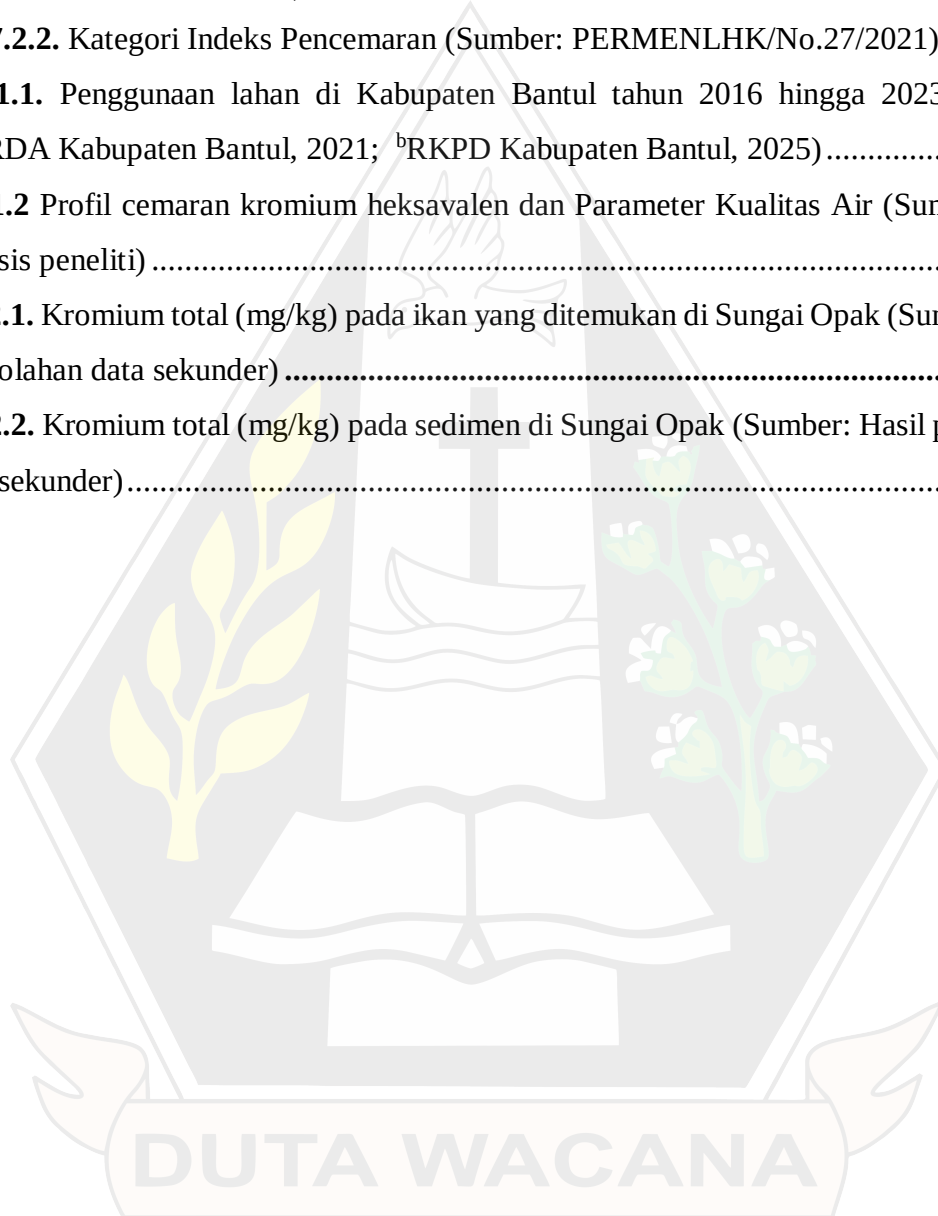
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI	ii
LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH SKRIPSI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK.....	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Perubahan Tata Guna Lahan dan Kaitannya dengan Pencemaran Air Sungai	4
2.2 Sumber Cemar Kromium Heksavalen (Cr(VI)) serta Akumulasinya pada Air dan Sedimen...	5
2.3 Ikan sebagai Biomarker Ekosistem Sungai	5
BAB III METODE PENELITIAN	7
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	7
3.2 Bahan Penelitian	8
3.3 Alat Penelitian	8
3.4 Cara Kerja	9
3.5 Analisis Kadar Kromium Heksavalen.....	14
3.6 Pengumpulan dan Pengolahan Data Hasil Penelitian	15
3.7 Penentuan Indeks Kualitas Air (IKA)	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	18
4.1 Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Profil Cemar Cr(VI) dan Hubungannya Kualitas Air Sungai Opak	18
4.2 Akumulasi Kromium Heksavalen pada Ikan dan Sedimen	27
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	31

5.1 Simpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA.....	32
LAMPIRAN	40



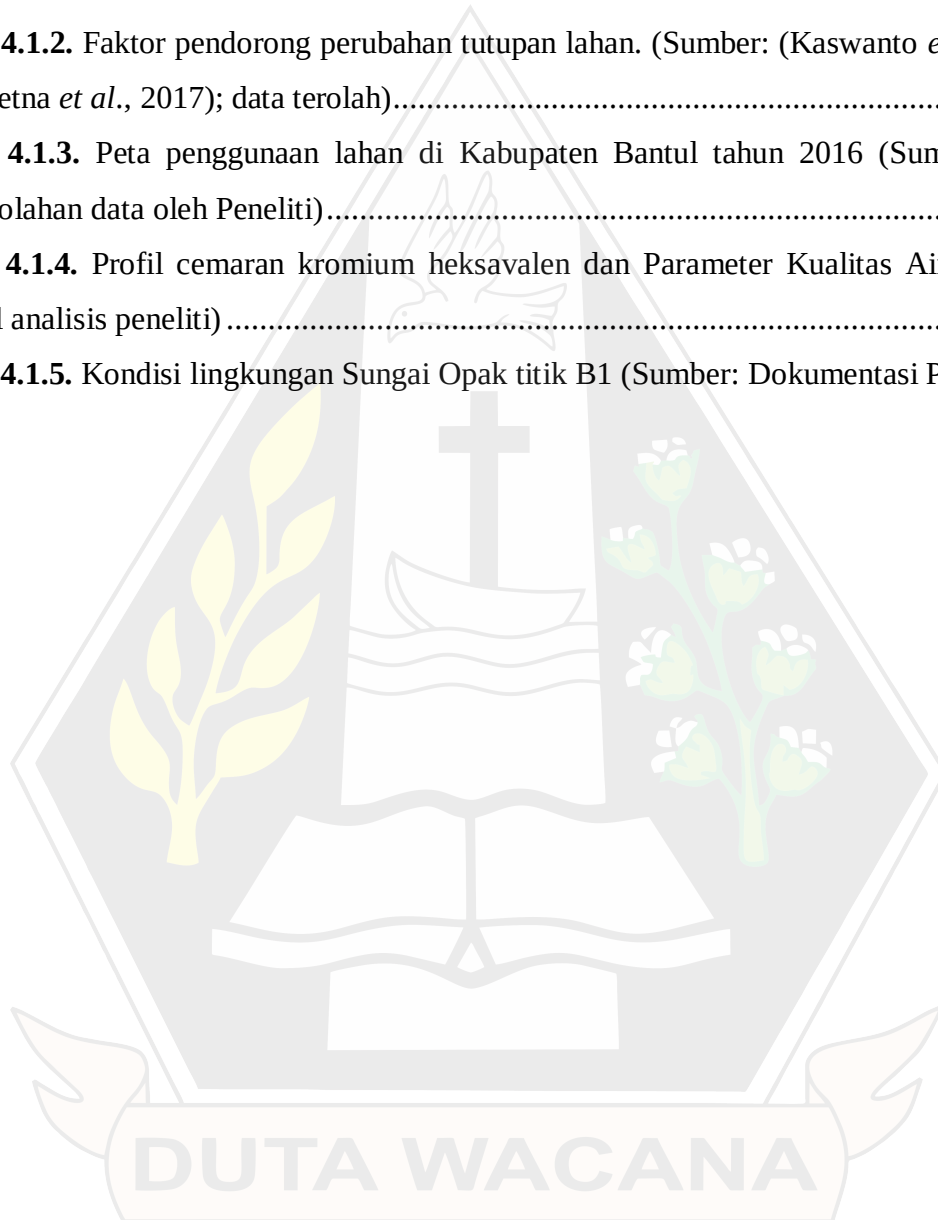
DAFTAR TABEL

Tabel 3.4.7.1. Panduan perkiraan rentang panjang gelombang P untuk menentukan kadar fosfat pada sampel (Sumber: <i>Section 4500 P-D</i> (APHA, 2017))	13
Tabel 3.7.2.1. Penentuan status mutu setiap lokasi penelitian dan pembobotan indeks (Sumber: PERMENLHK/No.27/2021)	17
Tabel 3.7.2.2. Kategori Indeks Pencemaran (Sumber: PERMENLHK/No.27/2021).....	17
Tabel 4.1.1. Penggunaan lahan di Kabupaten Bantul tahun 2016 hingga 2023 (Sumber: ^a PERDA Kabupaten Bantul, 2021; ^b RKPD Kabupaten Bantul, 2025).....	18
Tabel 4.1.2 Profil cemaran kromium heksavalen dan Parameter Kualitas Air (Sumber: Hasil analisis peneliti)	23
Tabel 4.2.1. Kromium total (mg/kg) pada ikan yang ditemukan di Sungai Opak (Sumber: Hasil pengolahan data sekunder)	28
Tabel 4.2.2. Kromium total (mg/kg) pada sedimen di Sungai Opak (Sumber: Hasil pengolahan data sekunder).....	29



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1.1. Lokasi pengambilan sampel (Sumber: Hasil peninjauan data oleh peneliti; Geospasial untuk Negeri, 2025)	8
Gambar 4.1.1. Pembuangan limbah ke dalam aliran sungai. (Sumber: Dokumentasi peneliti)	19
Gambar 4.1.2. Faktor pendorong perubahan tutupan lahan. (Sumber: (Kaswanto <i>et al.</i> , 2021; Rumetna <i>et al.</i> , 2017); data terolah).....	20
Gambar 4.1.3. Peta penggunaan lahan di Kabupaten Bantul tahun 2016 (Sumber: Hasil pengolahan data oleh Peneliti).....	21
Gambar 4.1.4. Profil cemaran kromium heksavalen dan Parameter Kualitas Air (Sumber: Hasil analisis peneliti)	23
Gambar 4.1.5. Kondisi lingkungan Sungai Opak titik B1 (Sumber: Dokumentasi Peneliti)	24



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Ikan Nila Merah (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	40
Lampiran 2. Borang Pemantauan Skripsi.	41
Lampiran 3. Daftar Tatap Muka dengan Dosen Pembimbing.	42



ABSTRAK

Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Profil Cemaran Kromium Heksavalen pada Air, Sedimen, dan Ikan di Sungai Opak Wilayah Kabupaten Bantul

Elfiyanti Pabidang

Perubahan tata guna lahan yang berkembang pesat, khususnya di sekitar Kawasan Industri Piyungan Kabupaten Bantul, dan keberadaan industri penyamakan kulit berkontribusi pada pencemaran kromium heksavalen di Sungai Opak yang berpotensi memengaruhi kualitas air, sedimen, dan ikan. Penelitian ini memiliki dua tujuan utama: (1) untuk mengkaji pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap kualitas air Sungai Opak dan hubungannya dengan cemaran kromium heksavalen (Cr(VI)) dalam air sungai, dan (2) untuk mengetahui profil cemaran kromium total serta distribusinya pada ikan dan sedimen di berbagai lokasi di Sungai Opak berdasarkan analisis data sekunder. Lokasi penelitian ditentukan dengan metode *purposive sampling*. Analisis kadar Cr(VI) pada ketiga jenis sampel uji dilakukan dengan metode uji *Section 3500 B Cr B*. Data yang terkumpul diolah untuk menentukan Indeks Kualitas Air (IKA) sebagai penilaian terhadap kualitas sampel air yang dikumpulkan. Hasil analisis kualitas air Sungai Opak berdasarkan nilai IKA tergolong tercemar ringan. Nilai Indeks Pencemaran (IP) dari Cr(VI) tidak memberikan kontribusi pencemaran pada hasil penentuan nilai IKA melainkan konsentrasi fosfat yang telah melebihi baku mutu sungai kelas II dengan nilai rata-rata sebesar 0,666 mg/l. temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun terdapat potensi cemaran Cr(VI), fosfat menjadi perhatian utama dalam pencemaran Sungai Opak di wilayah tersebut, menyoroti pentingnya pengelolaan limbah domestik dan pertanian.

Kata Kunci: air, ikan, kromium heksavalen, perubahan tata guna lahan, sedimen, sungai opak

DUTA WACANA

ABSTRACT

The Impact of Land-Use Change on Hexavalent Chromium Contamination Profiles in Water, Sediment, and Fish in the Opak River, Bantul Regency

Elfiyanti Pabidang

Rapid land-use changes, particularly around the Piyungan Industrial Zone in Bantul Regency, coupled with the presence of leather tanning industries, contributes to potential hexavalent chromium (Cr(VI)) contamination in the Opak River, affecting water quality, sediment, and fish. This study had two main objectives: (1) to investigate the impact of land-use changes on Opak River water quality and its relationship with Cr(VI) contamination in river water, and (2) to determine the profile of total chromium contamination and its distribution in fish and sediment at various locations in the Opak River based on secondary data analysis. Sampling locations were determined using a purposive sampling method. The Cr(VI) levels in each of the three types of samples were analyzed using the Section 3500 B Cr B test method. Collected data were processed to determine the Water Quality Index (IKA). The results of the Opak River water quality analysis, based on the IKA value, showed that it was classified as slightly polluted. The Pollution Index (IP) value of the Cr(VI) did not significantly contribute to the IKA value, instead, the phosphate concentration exceeded the grade II river quality standard with an average value of 0,666 mg/l. This finding suggests that despite the potential for Cr(VI) contamination, phosphate is the primary concern for pollution in the Opak River in this region, highlighting the importance of managing domestic and agricultural waste.

Keywords: water, fish, hexavalent chromium, land-use change, sediment, Opak River

DUTA WACANA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai Opak terletak di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang melintasi Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul. Sungai Opak memiliki panjang 65 km dan luas tangkapan air $\pm 1.398,18 \text{ km}^2$ dengan lebar rata-rata $\pm 10,2 \text{ m}$ dan lebar rata-rata dasarnya $\pm 8,5 \text{ m}$. Perubahan tata guna lahan telah terjadi di sekitar Sungai Opak, meliputi konversi lahan, urbanisasi, dan pesatnya pertumbuhan populasi tak terkendali secara signifikan memengaruhi kualitas air sungai karena kurangnya pengendalian dan pengelolaan yang memadai (Brontowiyono *et al.*, 2022). Perubahan tata guna lahan tersebut dapat dipengaruhi oleh faktor ekonomi, topografi, dan sosial-budaya masyarakat (Astuti & Lukito, 2020). Di Kabupaten Bantul terdapat industri penyamakan kulit, tepatnya di Kawasan Industri Piyungan (KIP) (Rahardjo *et al.*, 2021). Salah satu sumber cemaran kromium (Cr) berasal dari limbah industri penyamakan kulit (Gezahegn *et al.*, 2021).

Kabupaten Bantul memiliki luas wilayah sebesar 51.170,6 ha dan jumlah penduduk pada tahun 2023 sebanyak 972.161 jiwa. Kabupaten Bantul Daerah Aliran Sungai (DAS) Opak memiliki luas sebesar 36.500,12 ha dengan tiga sub-DAS yaitu sub-DAS opak (15.037,44 ha), sub-DAS Oyo (11.576,88 ha), dan sub-DAS Winongo (9.885,80 ha) (Bappeda, 2024). Analisis perubahan lahan pada tahun 2011-2015 telah mengalami perubahan di tahun 2011 penggunaan lahan yang semula belum ada dan baru ada di tahun 2015 yang meliputi untuk industri non pertanian, perkantoran perusahaan swasta, dan tanah kosong yang sudah diperuntukkan dengan total luas wilayah 11.578 ha. Pada tahun 2015 jenis penggunaan lahan yang terbesar adalah untuk perkampungan sebesar 15.585,7 ha. Angka ini merepresentasikan 30,45% dari total luas wilayah Kabupaten Bantul, yang menunjukkan kenaikan luas penggunaan lahan sebesar 1,63% dari tahun 2011 (Rumetna *et al.*, 2017).

Keberadaan Cr dalam aliran sungai berasal dari berbagai macam aktivitas manusia yang menghasilkan limbah yang mengandung logam berat termasuk Cr(VI) kemudian masuk ke dalam badan air (Al-Khuzai *et al.*, 2024), Cr(VI) akan mengendap ke dasar perairan ketika kadar pH air meningkat, sedangkan pH air yang rendah akan meningkatkan mobilitas Cr(VI) dalam air karena dalam suasana asam Cr(VI) lebih mudah larut dalam air. Konsentrasi senyawa Cr baik pada dasar air maupun yang terkandung dalam air dapat terakumulasi pada biota akuatik (Nofiyanti *et al.*, 2020). Sebagian Cr(VI) dapat terbawa

arus dan masuk ke aliran irigasi atau sumber air minum terutama air sumur (Kurniawan & Mulyanto, 2023). Masuknya cemaran logam berat ke dalam perairan dapat diserap oleh ikan melalui partikel terlarut, mangsa, dan pertukaran ion melalui sistem pernapasan (Ali *et al.*, 2023). Keberadaan ikan dalam suatu perairan dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi dan kadar cemaran yang masuk ke dalam badan air, meskipun beberapa spesies ikan dapat beradaptasi secara fisiologis dalam kondisi lingkungan tertentu, namun secara garis besar pencemaran air mengganggu kelangsungan hidup ikan (Humairah *et al.*, 2024). Kandungan kromium total yang diuji menggunakan sampel ikan Nila di sekitar industri batik dapat mencapai 2,9 mg/l, nilai tersebut telah melewati baku mutu standar berdasarkan *China National Center for Food Safety Risk Assessment* (CFSA) (Putri *et al.*, 2022). Aktivitas antropogenik, industri, dan fenomena alam di sekitar DAS Opak berkontribusi terhadap sumber logam dalam air sungai, yang mana logam berat tersebut dapat berupa koloid, partikel, terlarut ataupun teradsorpsi pada sedimen (Brontowiyono *et al.*, 2022). Lahan yang diperuntukkan sebagai lahan agrikultural, urbanisasi dan hutan memiliki pengaruh yang besar terhadap status ekologi. Limbah dari pertanian ataupun perkebunan yang masuk ke daerah tangkapan air sungai dapat mengakibatkan naiknya konsentrasi nitrat di dalam air serta terjadinya sedimentasi yang berujung pada pendangkalan sungai (Schürings *et al.*, 2022).

Berdasarkan uraian mengenai alih fungsi lahan di sepanjang lintasan aliran Sungai Opak yang akan terus meningkat seiring perkembangan urbanisasi dan peningkatan populasi, memiliki potensi meningkatkan cemaran pada badan air di sepanjang bantaran sungai. Mengingat penelitian tentang kromium dalam bentuk heksavalen masih terbatas di wilayah Kabupaten Bantul serta pembangunan pemukiman dan industri yang tidak terkontrol dapat merusak ekosistem Sungai Opak dengan masuknya polutan ke dalam badan air, khususnya terhadap ikan. Oleh karena itu, diharapkan melalui penelitian ini dapat diketahui pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap kualitas air Sungai Opak dan hubungannya dengan cemaran Cr(VI) dalam air sungai serta profil dan distribusi cemaran kromium total pada ikan dan sedimen di semua lokasi penelitian di Sungai Opak berdasarkan hasil analisis dari sekunder.

1.2 Rumusan Masalah

- 1.2.1 Bagaimana pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap profil cemaran kromium heksavalen (Cr(VI)) dalam air sungai dan hubungannya dengan kualitas air Sungai Opak?
- 1.2.2 Bagaimana profil dan distribusi cemaran kromium total pada ikan dan sedimen di Sungai Opak berdasarkan analisis data sekunder?

1.3 Tujuan Penelitian

- 1.3.1 Mengetahui pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap profil cemaran kromium heksavalen (Cr(VI)) dalam air sungai dan hubungannya dengan kualitas air Sungai Opak.
- 1.3.2 Mengetahui profil dan distribusi cemaran kromium total pada ikan dan sedimen di Sungai Opak berdasarkan analisis data sekunder.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi kontribusi monitoring lingkungan, khususnya pemahaman ataupun informasi mengenai dampak dari perubahan tata guna lahan dan tingkat kualitas air sungai serta hubungannya dengan cemaran kromium heksavalen (Cr(VI)) Sungai Opak wilayah Kabupaten Bantul. Selain itu, hasil data yang diperoleh melalui penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pemerintah atau para pemangku kepentingan dan instansi terkait dalam menyusun kebijakan pengelolaan sumber daya air dan lingkungan, pengembangan penelitian selanjutnya dan meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga lingkungan baik wilayah daratan maupun perairan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perubahan Tata Guna Lahan dan Kaitannya dengan Pencemaran Air Sungai

Perubahan tata guna lahan dapat dianggap sebagai suatu mekanisme yang dilakukan untuk menyeimbangkan antara pemanfaatan sumber daya alam yang bertujuan untuk mengakomodasi kegiatan ekonomi dan pembangunan dengan keseimbangan ekosistem, ada tiga faktor utama yang mempengaruhi perencanaan tata guna lahan berkelanjutan yaitu faktor sosial, lingkungan, dan ekonomi (Adam, 2023). Kategori tutupan dan tata guna lahan secara umum dapat dipengaruhi oleh faktor alami (iklim & topografi) dan manusia (Widiatmoko *et al.*, 2020). Pengamatan tutupan lahan (penampakan fisik permukaan bumi) yang meliputi vegetasi (alami & buatan), perairan (sungai, danau, & laut), lahan terbangun (permukiman, jalan, dan lain-lain), dan tanah kosong melalui citra satelit dapat dilakukan untuk validasi di lapangan mengenai informasi tentang penggunaan lahan (Pamungkas & Andriani, 2023).

Urbanisasi dan pesatnya pertumbuhan populasi tanpa adanya kontrol serta pengelolaan yang tepat menjadi pemicu pembangunan tempat tinggal di sepanjang tepi Sungai Opak. Sungai Opak memiliki potensi tinggi untuk tercemar logam berat akibat aktivitas industri dan perubahan lahan lainnya di sekitar bantaran sungai (Brontowiyono *et al.*, 2022). Alih fungsi lahan menjadi permukiman memberi dampak pada aliran permukaan yang meningkat karena kapasitas resapan menjadi berkurang (Widiatmoko *et al.*, 2020). Perubahan lahan yang dipengaruhi oleh faktor ekonomi akibat hama, menjadi pendorong masyarakat melakukan alih fungsi lahan sawah menjadi kebun, permukiman, lahan terbuka, tegalan, dan hutan produksi (Astuti & Lukito, 2020). Jenis praktik di sekitar bantaran sungai menghasilkan buangan yang berbeda-beda ke dalam tangkapan air sungai, misalnya pertanian jagung dapat menyebabkan masuknya sedimen halus, kemudian peternakan yang mengakibatkan masuknya nitrat ke dalam tangkapan air sungai, di mana keduanya mempengaruhi kelangsungan hidup biota sungai (Schürings *et al.*, 2022).

Sub-DAS Opak dari hulu ke tengah didominasi oleh 3 jenis penggunaan lahan yaitu hutan sekunder, kebun campuran, dan sawah dengan komoditas padi (Farikha *et al.*, 2023). Sedangkan di bagian tengah sungai (wilayah Selatan DAS Opak) memiliki lokasi yang landai sehingga banyak diperuntukkan sebagai lahan permukiman dan sawah terutama di wilayah Kabupaten Bantul (Hanum *et al.*, 2024). Peningkatan peralihan tata guna lahan

yang meningkatkan aktivitas manusia di sepanjang bantaran sungai dapat merusak koridor ekologi termasuk sungai yang cemarannya berasal dari pupuk pertanian, limbah ternak dan unggas, dan limbah industri (Wei *et al.*, 2023).

2.2 Sumber Cemaran Kromium Heksavalen (Cr(VI)) serta Akumulasinya pada Air dan Sedimen

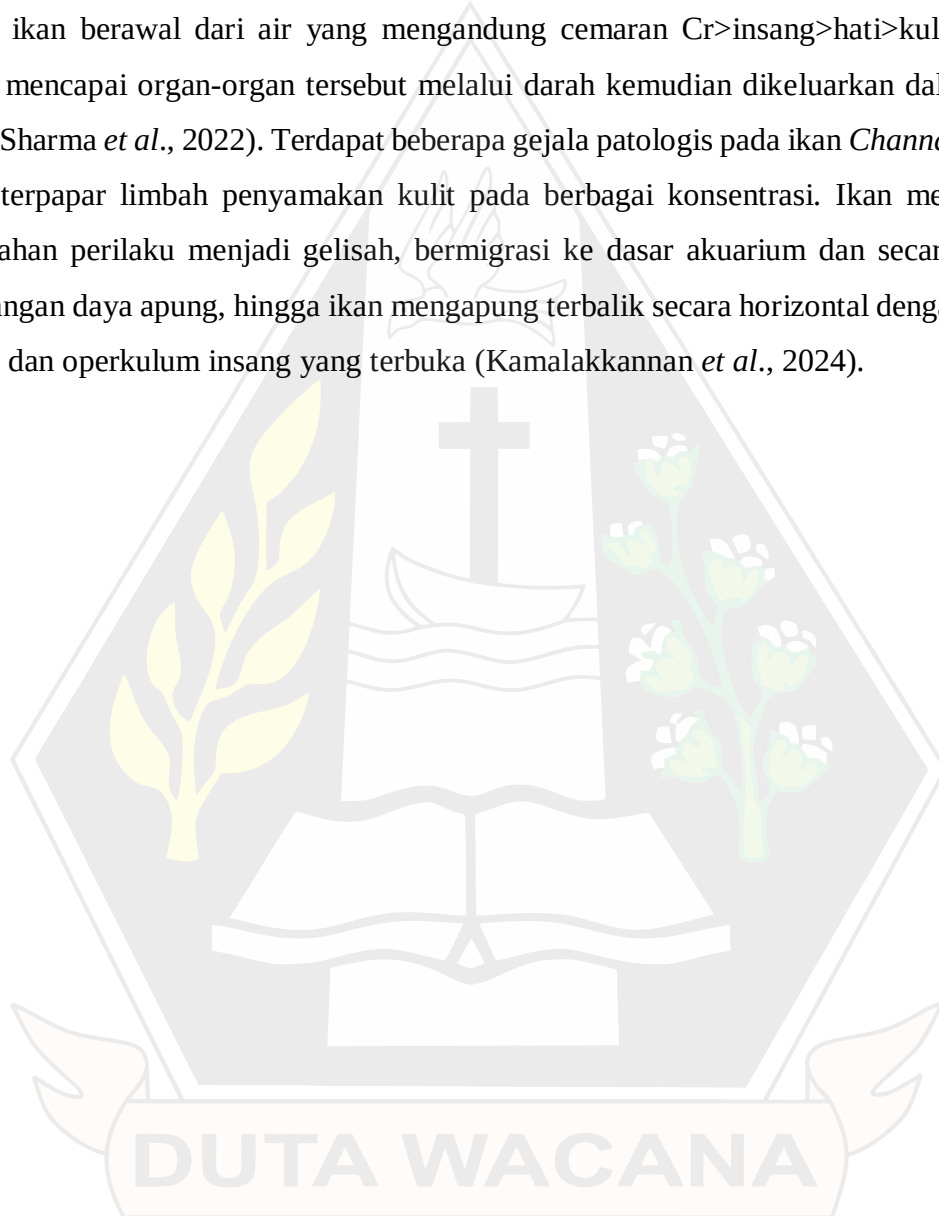
Ferrokrom (FeCr) merupakan sumber utama unit kromium (Cr) yang dapat dimurnikan untuk digunakan lebih lanjut dalam industri modern saat ini (Du Preez *et al.*, 2023). Dalam kajian literatur oleh Bakshi & Panigrahi (2022) Cr(VI) memiliki sumber komponen yang paling banyak seperti CaCrO_4 , PbCrO_4 , BaCrO_4 , dan lain-lain. Cr(VI) juga merupakan bentuk senyawa Cr yang memiliki toksisitas paling tinggi dan umumnya bersumber dari aktivitas antropogenik. Salah satu aktivitas antropogenik yang dapat menghasilkan limbah yang mengandung logam berat Cr adalah bidang industri karena penggunaannya di dalam proses produksi seperti proses pewarnaan pada batik (Nofiyanti *et al.*, 2020) dan sebagai agen atau dasar dalam proses penyamakan kulit (Gezahegn *et al.*, 2021). Sumber cemaran Cr lainnya yang masuk ke aliran sungai dapat berasal dari limbah rumah tangga, jalan, ataupun bengkel mekanik di area pinggiran kota (Fadlillah *et al.*, 2023).

Sifat Cr(VI) di dalam air relatif lebih larut yang dipengaruhi oleh pH air. Konsentrasi Cr(VI) akan meningkat ketika pH air di bawah 7,8 akan menurunkan konsentrasi Cr(VI) karena terjadi pengendapan dan senyawa tersebut akan terakumulasi pada sedimen (Nofiyanti *et al.*, 2020). Nilai pH yang terlalu tinggi berpotensi meningkatkan amoniak di dalam air (Juriani *et al.*, 2020). Beberapa parameter fisika dan kimia perairan meliputi pH, suhu, warna, bau, nitrat, fosfat, TSS, TDS, BOD, dan logam berat termasuk Cr. Industri penyamakan kulit menghasilkan limbah yang keruh (berwarna coklat hingga kehitaman) dan menimbulkan bau yang tidak sedap (Hardyanti *et al.*, 2020; Kamalakkannan *et al.*, 2024). Tingkat toksikologi Cr bagi makhluk hidup di air bergantung pada faktor abiotik (suhu, konsentrasi Cr, pH, dan lain-lain) dan faktor biotik (jenis biota, usia, tahap pertumbuhan, dan lain-lain) (Bakshi & Panigrahi, 2018). Cr(VI) dapat dengan cepat menembus membran biologis dan tingkat toksisitasnya lebih tinggi dibandingkan dengan Cr(III) karena kapasitas oksidasinya yang tinggi (Islam *et al.*, 2023).

2.3 Ikan sebagai Biomarker Ekosistem Sungai

Biomarker dapat didefinisikan sebagai variasi dalam sebuah komponen atau proses seluler ataupun biokimia, sebuah struktur atau fungsi, yang dapat diukur. Biomarker

digunakan sebagai alat skrining dalam mendeteksi paparan kontaminan (Batley *et al.*, 2003). Tingkat keragaman spesies ikan di Sungai Opak paling tinggi pada bagian hilir (42 spesies) kemudian bagian muara (20 spesies), tengah (18 spesies), dan hulu (15 spesies) (Djumanto & Probosunu, 2011; Yudha *et al.*, 2020). Ikan dapat mengakumulasi Cr dalam variasi konsentrasi yang berbeda-beda, tergantung habitat spesies ikan, ukuran, jenis kelamin, sistem reproduksi, serta perilaku makan (Lipy *et al.*, 2021). Distribusi Cr di dalam tubuh ikan berawal dari air yang mengandung cemaran Cr>insang>hati>kulit>otot, Cr dapat mencapai organ-organ tersebut melalui darah kemudian dikeluarkan dalam bentuk tinja (Sharma *et al.*, 2022). Terdapat beberapa gejala patologis pada ikan *Channa punctatus* yang terpapar limbah penyamakan kulit pada berbagai konsentrasi. Ikan menunjukkan perubahan perilaku menjadi gelisah, bermigrasi ke dasar akuarium dan secara bertahap kehilangan daya apung, hingga ikan mengapung terbalik secara horizontal dengan keadaan mulut dan operkulum insang yang terbuka (Kamalakkannan *et al.*, 2024).



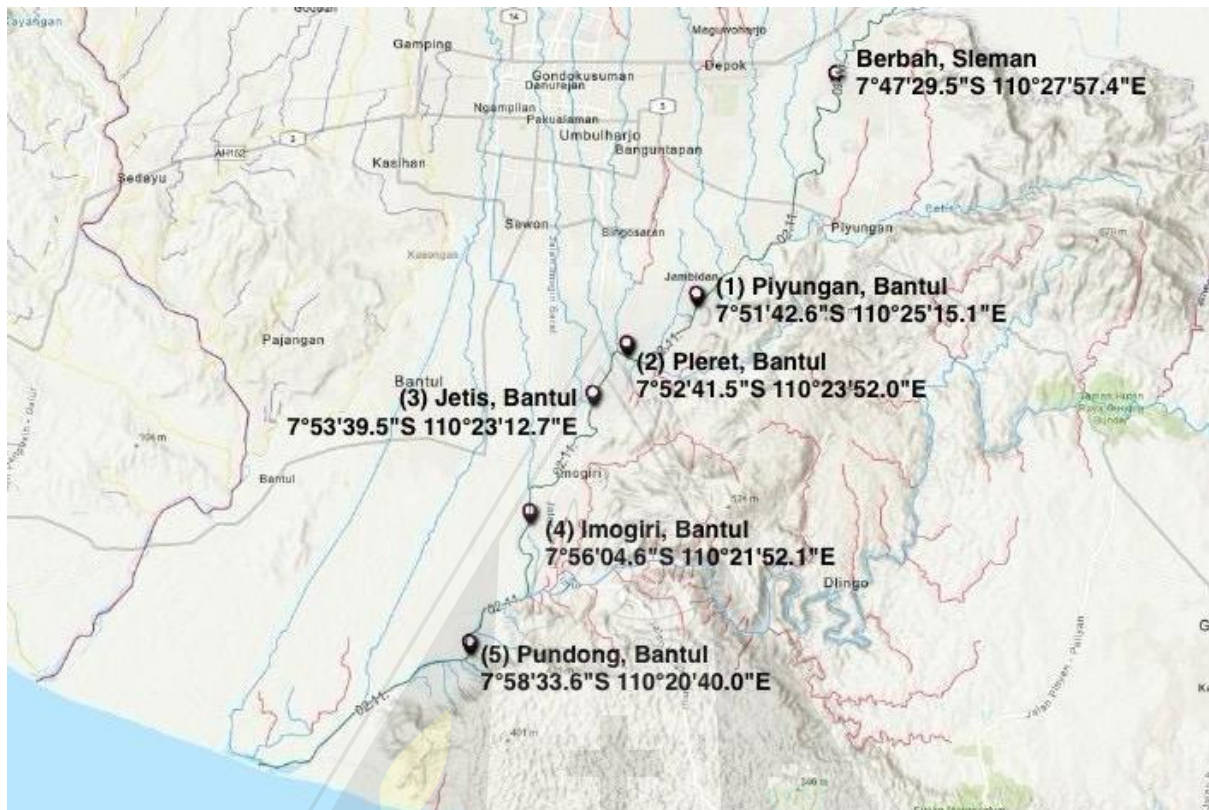
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada enam titik di Sungai Opak yaitu satu titik di Kabupaten Sleman, Kecamatan Berbah (SB) dan lima titik di Kabupaten Bantul yang mencakup Kecamatan Piyungan (B1), Pleret (B2), Jetis (B3), Imogiri (B4), dan Pundong (B5). Penyebutan lokasi penelitian diberi kode yaitu huruf depan sebagai inisial Kabupaten dan diikuti inisial Kecamatan, namun di Kab. Bantul ada tiga kecamatan dengan inisial yang sama “P” sehingga diganti dengan angka agar lebih mudah disebutkan. Penentuan lokasi penelitian tersebut berdasarkan metode *purposive sampling* untuk merepresentasikan variasi perubahan tata guna lahan di sepanjang segmen sungai yang relevan dengan dampak antropogenik (Kab. Sleman ke Kab. Bantul) dan mengidentifikasi sumber utama cemaran Cr(VI) dari kawasan industri di Kecamatan Piyungan untuk kelima titik di Kab. Bantul. Setiap titik *sampling* dilakukan pengukuran parameter kualitas air dengan masing-masing 3 kali pengulangan. Sampel uji dibawa ke Laboratorium Lingkungan Universitas Duta Wacana (UKDW) untuk dilakukan preparasi sampel sedimen dan ikan. Sampel air dan sampel yang sudah dilakukan preparasi dibawa ke Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) untuk dilakukan analisis lebih lanjut sesuai dengan parameter uji yang telah ditentukan. Jarak tempuh rata-rata dari setiap titik *sampling* ke Laboratorium Lingkungan UKDW $\pm$ 30-60 menit dan $\pm$ 30-40 menit ke BBTKLPP sehingga sampel tidak mengalami perubahan secara fisik maupun kimia yang dapat mempengaruhi hasil uji.

Penelitian dilakukan dari bulan April hingga Juni. Selama 3 minggu pertama dilakukan observasi lapangan untuk menentukan titik *sampling* dan mengumpulkan data sekunder. Tahap *sampling* dan analisis sampel yang telah dikumpulkan dilakukan selama 7 hingga 8 minggu. Pengolahan data yang sudah terkumpul dilakukan selama 1 minggu. Kegiatan pengambilan sampel pada setiap lokasi penelitian dilakukan pada jam 09.00-11.00 pagi dengan kondisi cuaca yang cerah yang bertujuan untuk meminimalkan pengaruh dari limpasan permukaan (*runoff*) yang masuk ke dalam aliran sungai ketika terjadi hujan, sehingga dapat menjaga kredibilitas sampel yang diuji (Dein *et al.*, 2022).



Gambar 3.1.1. Lokasi pengambilan sampel

(Sumber: Hasil peninjauan data oleh peneliti; Geospasial untuk Negeri, 2025)

3.2 Bahan Penelitian

Pengukuran DO menggunakan DO KIT (Reagen: MnSO_4 , NaOH.NaI , H_2SO_4 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, & Amilum 1%). Pengukuran derajat keasaman (pH) menggunakan Merck-Universal pH *Indicator*. Sampel yang sudah diambil dipertahankan kesegarannya hingga sampai ke Laboratorium menggunakan *ice bag* terutama sampel air karena tidak diawetkan. Proses ekstraksi sampel sedimen dan ikan menggunakan pelarut *aqua regia* campuran dari $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$ (1:3), filter membran 0,45 μm , dan NaOH 5N.

3.3 Alat Penelitian

Sampel air disimpan ke dalam jeriken ukuran 500 ml yang jumlahnya ditentukan oleh pihak BBTKLPP sesuai dengan jumlah parameter yang akan diuji dan jumlah pengulangan yang dibutuhkan. Sampel sedimen diperoleh menggunakan sekop dan saringan ukuran 40 mesh untuk memisahkan sedimen dengan bahan lain yang ikut terangkut. Sampel ikan diperoleh menggunakan alat pancing. *Coolbox* digunakan untuk menyimpan sampel selama perjalanan dari lokasi sampling menuju laboratorium. Termometer Raksa digunakan untuk mengukur suhu air sungai. Meteran *roll* ukuran 5 m untuk mengukur kedalaman sungai.

3.4 Cara Kerja

Penyimpanan sampel harus dipastikan terbebas kontaminasi guna menjaga integritas sampel yang didapatkan. Sampel yang sudah dikumpulkan dan dibawa ke laboratorium untuk segera dilakukan analisis kurang dari 24 jam pada suhu penyimpanan $\pm 4-2^{\circ}\text{C}$.

3.4.1 Pengambilan Sampel Air

Pengumpulan sampel air dilakukan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989-57-2008 (Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan). Sampel air diambil sebanyak 500 ml yang dimasukkan secara langsung ke dalam jeriken *food grade* yang bersih atau steril. Setiap titik pengambilan sampel dilakukan pada bagian tepi sungai dan pada bagian tengah sungai dan ditutup rapat kemudian diberi label lalu disimpan di dalam *coolbox*. Hal tersebut bertujuan untuk mencegah atau meminimalisir terjadinya perubahan pada sampel air tersebut, baik secara fisik maupun kimia.

3.4.2 Pengambilan Sampel Sedimen

Sampel sedimen dikumpulkan menggunakan sekop. Bagian sedimen yang diambil merupakan sedimen bagian permukaan dasar sungai (± 5 cm). Sampel sedimen disaring menggunakan ayakan 40 mesh hingga terkumpul sebanyak 100 gr ke dalam *thinwall* dan sampel diberi label kemudian disimpan ke dalam *coolbox*.

3.4.3 Pengambilan Sampel Ikan

Sampel ikan diambil dengan cara dipancing ataupun menggunakan perangkap ikan. Ikan yang didapatkan dimasukkan ke dalam kantong *polyethylene* dan diberi label berdasarkan jenis ikan dan kode lokasi pengambilan sampel. Sampel yang sudah dikumpulkan disimpan ke dalam *coolbox*.

3.4.4 Preparasi Sampel Air

Sampel air sesegera mungkin dilakukan analisis untuk meminimalisir sampel air mengalami perubahan yang dapat mempengaruhi integritas sampel. Preparasi sampel air dilakukan sesuai metode uji *Section 3500 B Cr B* (APHA, 2017).

3.4.5 Preparasi Sampel Sedimen

Sampel sedimen didiamkan pada ruang terbuka yang terhindar dari paparan langsung dari sinar matahari hingga kadar air berkurang $\pm 10\%$ (hingga berat sampel konstan). Setelah dikeringkan, kemudian dihaluskan menggunakan mortar hingga benar-benar halus dan disaring menggunakan saringan. Sampel sedimen yang telah dihaluskan kemudian ditimbang sebanyak 2 gr kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dan ditambahkan pelarut *aqua regia* campuran dari $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$ (1:3), sebanyak 6 ml HNO_3 pekat dan 18 ml HCl . Sampel dan pelarut dipanaskan

menggunakan kompor hingga volumenya menjadi 10 ml. Sampel disaring menggunakan filter membran 0,45 μm yang telah direndam NaOH 5N hingga pH filtrat antara 9,3-9,7 ke dalam labu ukur dan homogenkan, hasil penyaringan disimpan ke dalam botol sampel dan diberi label. Sampel yang sudah dimasukkan ke dalam botol disimpan pada suhu $<6^{\circ}\text{C}$.

3.4.6 Preparasi Sampel Ikan

Sampel ikan dibersihkan menggunakan akuades. Jaringan otot dipisahkan menggunakan lanset dan pinset untuk memisahkan tulang ikan yang menempel pada jaringan otot ikan. Jaringan otot yang sudah dibersihkan kemudian didiamkan pada ruang terbuka yang terhindar dari paparan langsung dari sinar matahari hingga kadar air berkurang $\pm 10\%$ (hingga berat sampel konstan) kemudian dihaluskan menggunakan blender, proses ini dilakukan pengayakan secara berulang hingga hasil yang didapatkan benar-benar halus. Sampel ikan yang telah dihaluskan ditimbang sebanyak 2 gr kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan larutan pelarut *aqua regia* campuran dari $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$ (1:3), sebanyak 6 ml HNO_3 pekat dan 18 ml HCl. Sampel dan pelarut kemudian dipanaskan menggunakan kompor hingga volumenya menjadi 10 ml. Sampel disaring menggunakan filter membran 0,45 μm yang telah direndam NaOH 5N hingga pH filtrat antara 9,3-9,7 ke dalam labu ukur dan homogenkan, hasil penyaringan disimpan ke dalam botol sampel dan diberi label. Sampel yang sudah dimasukkan ke dalam botol disimpan pada suhu $<6^{\circ}\text{C}$.

3.4.7 Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia Air Sungai

Pengukuran suhu air sungai dilakukan menggunakan termometer raksa yang mengacu pada SNI 06-6989-23-2005 (Cara uji suhu air dengan termometer raksa). Prosesnya diawali dengan mengukur suhu lingkungan dengan cara membiarkan termometer dekat dengan titik *sampling* hingga nilai yang ditunjukkan stabil. Setelah itu, suhu air diukur dengan cara yang sama yaitu mendiamkan termometer di dalam air hingga nilainya tidak berubah atau konstan.

Pengukuran kedalaman sungai tidak mengacu pada metode apa pun sehingga, digunakan alat pengukur yang bersifat universal dalam hal mengukur berbagai jenis objek yaitu meteran. Pengukuran dilakukan dengan bantuan kayu panjang dan kokoh yang dapat ditemukan pada lokasi penelitian untuk membantu alat pengukur tetap stabil ketika masuk ke dalam aliran air sungai agar tidak terpengaruh atau terbawa arus sehingga pengukuran lebih akurat. Pengukuran kenaikan permukaan air sungai saat terjadi banjir dilakukan dengan mengukur rata-rata tinggi yang dicapai permukaan air

sungai berdasarkan sisa-sisa sampah yang tersangkut pada ranting pohon yang ada di pinggir sungai untuk memperkirakan tinggi luapan air sungai ketika terjadi banjir pada saat hujan.

Kecepatan arus dilakukan dengan menghitung kecepatan arus permukaan air sungai menggunakan alat sederhana seperti benda yang dapat dengan mudah mengapung di air. Dalam penelitian ini digunakan bola ping-pong karena mudah mengapung di permukaan air. Perhitungan kecepatan arus menggunakan rumus kecepatan (v) yang nilainya berasal dari jarak (m) per waktu (s) (Sinaulan *et al.*, 2015).

Pengukuran nilai *Total Dissolved Solids* (TDS) dan *Total Suspended Solids* (TSS) berdasarkan metode uji yang ditentukan oleh Laboratorium BBTKLPP. Nilai TDS ditentukan dengan menggunakan metode uji IK/BBTKLPP/3-K/Pj-C-39 dan untuk nilai TSS ditentukan dengan menggunakan metode uji *In House Method*. Metode uji tersebut tercantum pada laporan hasil uji dari sampel yang di kirim ke laboratorium tersebut.

Pengukuran nilai *Dissolved Oxygen* (DO) dilakukan berdasarkan acuan dari SNI 06-6989-4-2004-Bagian 12 (Cara Uji oksigen terlarut secara iodometri (modifikasi azida)). Cara iodometri merupakan metode titrasi yang dimulai dari pengambilan sampel air menggunakan botol *wrinkler* gelap secara perlahan sesuai cara pengambilan contoh air permukaan. Dalam penelitian ini digunakan botol dengan kapasitas 250 ml untuk dilakukan tiga kali pengulangan. Sampel air yang diambil dituangkan ke dalam gelas *beaker* 100 ml hingga volumenya 40 ml lalu dimasukkan sebanyak delapan tetes $MnSO_4$ dan dihomogenkan. Tambahkan delapan tetes $NaOH-NaI$ dan dihomogenkan lalu ditambahkan delapan tetes H_2SO_4 kemudian homogenkan. Setelah itu, ditambahkan sampel air yang ada di dalam botol sebanyak 7,6 ml menggunakan pipet ukur dan diamkan selama 15 menit. Setelah didiamkan, lakukan titrasi pada sampel dengan menambahkan $Na_2S_2O_3$ (titran) menggunakan alat suntikan ukuran 1 ml (untuk memudahkan dalam menghitung jumlah titran yang digunakan) yang sudah dilepaskan jarumnya hingga sampel berubah warna menjadi kuning pucat lalu tambahkan tiga tetes amilum 1% (menimbulkan perubahan warna menjadi biru-keunguan) dan titrasi lagi menggunakan titran hingga warnanya bening sampel. Perhitungan nilai DO pada sampel dihitung menggunakan rumus berikut:

$$DO = \frac{(v_{total\ titran}) \times N \times 8000}{(v_{total\ sampel})}$$

Keterangan:

DO	= Jumlah oksigen terlarut dalam sampel air (mg/l)
$V_{total\ titran}$	= Jumlah total $Na_2S_2O_3$ yang digunakan dalam satu kali uji (ml)
$V_{total\ sampel}$	= Jumlah total sampel air yang digunakan
N	= Nilai normalitas titran

Pengukuran derajat keasaman (pH) dilakukan menggunakan alat pH *stick* dengan merek Merck-Universal pH *Indicator*. Pemilihan alat ini didasarkan pada efisiensi saat proses pengukuran parameter di lokasi penelitian. Alat tersebut dinilai efisien karena kemasan dan bentuk produk yang cukup kecil (seukuran saku) sehingga mudah dibawa maupun digunakan. Petunjuk penggunaan alat tercantum pada kemasan yaitu dengan mencelupkan pH *stick* ke dalam air hingga batas warna selama 2 detik lalu segera baca hasil perubahan warna yang gradiennya dapat dilihat pada kemasan produk.

Pengukuran kadar nitrat (NO_3^-) dalam sampel air sungai dilakukan berdasarkan metode uji *Section 4500-NO₃B* (APHA, 2017) menggunakan alat spektrofotometer UV pada gelombang 220 nanometer (nm). Proses pengerjaan dimulai dengan penyaringan sampel air apabila keruh menggunakan filter membran 0,45 μm untuk menjernihkan warna sampel air yang dapat mengganggu pengukuran. Ditambahkan larutan asam klorida (HCl) 1 N ke dalam 50 ml sampel dan homogenkan yang bertujuan untuk menjaga pH sampel tetap dalam keadaan asam dan mencegah interferensi dari ion hidroksida atau karbonat. Siapkan kalibrasi larutan NO_3^- dalam rentang 0 hingga 7 mg dengan mendeluskan volume larutan nitrat intermediat berikut 50 ml : 0, 1, 2, 4, 7, ... 35 ml. Perlakukan untuk larutan standar NO^{TM} sama dengan larutan sampel. Sampel yang sudah disiapkan diukur dalam alat spektrofotometer UV, baca absorbansi atau transmisi terhadap air suling yang disetel pada absorbansi nol atau transmisi 100%. Gunakan panjang gelombang 220 nm untuk mendapatkan nilai NO dan panjang gelombang 275 nm untuk menentukan gangguan akibat materi organik terlarut. Untuk sampel uji dan larutan standar, dikurangi dua kali pembacaan absorbansi pada panjang gelombang 275 nm dari pembacaan pada panjang gelombang 220 nm untuk mendapatkan nilai absorbansi akibat NO. Buat kurva standar dengan memplot absorbansi akibat NO terhadap konsentrasi NO-N standar. Gunakan absorbansi dari sampel yang telah dikoreksi untuk mendapatkan konsentrasi sampel langsung dari kurva standar.

Pengukuran kadar fosfat (P) dalam sampel air sungai dilakukan berdasarkan metode uji *Section 4500 P-D* (APHA, 2017). Prosedur pengerjaannya dimulai dengan menambahkan

0,05 ml atau sekitar 1 tetes indikator fenolftalein ke dalam 100 ml sampel yang mengandung tidak mengandung lebih dari 200 µg P, jernih, dan tidak keruh. Apabila terjadi perubahan warna menjadi merah muda setelah penambahan indikator, tambahkan larutan asam kuat dengan cara setetes demi setetes hingga warna menghilang. Jika diperlukan penambahan larutan asam kuat >0,25 ml (5 tetes) ke dalam sampel, ambil sebagian kecil dari sampel tersebut dan encerkan hingga 100 ml dengan akuades setelah terlebih dahulu menghilangkan warna merah muda menggunakan asam. Selanjutnya, tambahkan 4 ml reagen molibdat I ke dalam sampel dan homogenkan hingga tercampur sempurna. Tambahkan 0,5 ml reagen klorida timbal I dan homogenkan hingga tercampur sempurna. Setelah semua reagen ditambahkan, setiap peningkatan 1°C menghasilkan peningkatan sekitar 1% pada warna sampel. Oleh karena itu, sampel uji, larutan standar fosfor yang akan digunakan, dan reagen yang digunakan harus dijaga agar berada dalam rentang suhu yang dekat satu sama lain (perbedaannya tidak lebih dari 2°C) untuk meminimalkan variasi hasil akibat fluktuasi suhu. Setelah tepat 10 menit (tidak lebih dari 12 menit) pengukuran harus segera dilakukan. Pengukuran dilakukan secara fotometri dengan panjang gelombang 690 nm. Nilai absorbansi yang didapatkan akan dibandingkan dengan kurva kalibrasi yang sudah dibuat. Gunakan akuades murni sebagai blanko. Panjang gelombang cahaya yang sesuai untuk rentang konsentrasi yang berbeda adalah sebagai berikut:

Tabel 3.4.7.1. Panduan perkiraan rentang panjang gelombang P untuk menentukan kadar fosfat pada sampel (Sumber: *Section 4500 P-D* (APHA, 2017))

Perkiraan rentang P (mg/l)	Panjang Cahaya (cm)
0,3 – 2	0,5
0,1 – 1	2
0,007 – 0,2	10

Selalu lakukan pengujian menggunakan blanko yang dibuat dari reagen dan akuades yang baru karena warna awalnya akan mengalami perubahan secara bertahap lalu memudar. Pastikan pengujian untuk sampel dan larutan standar dilakukan pada kondisi waktu yang sama, setidaknya siapkan satu larutan standar dengan setiap set sampel uji. Kurva kalibrasi idealnya linear akan tetapi, jika ada kemungkinan bahwa kurva kalibrasi bisa menyimpang dari garis lurus (non-linear), terutama pada konsentrasi fosfor yang lebih tinggi dalam rentang 0,3 hingga 2,0 mg/l. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pada

konsentrasi tersebut, hubungan antara absorbansi dan konsentrasi tidak lagi proporsional secara sempurna. Oleh karena itu, pada saat pembuatan kurva kalibrasi, sangat penting untuk mengencerkan sampel yang diprediksi memiliki konsentrasi yang tinggi agar hasil yang didapatkan dapat masuk ke bagian linear dari kurva.

3.5 Analisis Kadar Kromium Heksavalen

Hasil ekstraksi sampel air, sedimen, dan ikan dilakukan analisis kandungan kromium heksavalen dengan metode uji *Section 3500 B Cr B* (APHA, 2017) menggunakan alat spektrofotometer yang dilakukan di Laboratorium BBTKLPP. Proses pengujian dimulai dari penyiapan kurva kalibrasi dengan menggunakan larutan standar kromium (10-100 µg Cr) dari larutan stok 5 µg/ml ke dalam gelas *beaker* 250 ml menggunakan pipet ukur. Nilai absorbansi diukur pada 540 nm menggunakan air suling sebagai referensi. Kurangi absorbansi reagen blanko dari setiap pembacaan standar. Buat kurva kalibrasi dengan memplot absorbansi yang dikoreksi terhadap µg Cr dalam volume akhir 102 ml. Selanjutnya, dilakukan pengolahan sampel untuk mendapatkan Cr(VI) terlarut disaring menggunakan filter membran 0,45 µm. Setelah sampel disaring, ditambahkan 0.2N H₂SO₄ untuk mengatur pH sampel menjadi 1.0 ± 0.3. Sampel dimasukkan ke dalam labu ukur dan encerkan hingga 100 ml lalu homogenkan. Tambahkan 2 ml larutan reagen *diphenylcarbazide* dan homogenkan lalu diamkan selama 5 sampai 10 menit hingga berubah warna. Setelah sampel berubah warna, pindahkan ke dalam kuvet untuk mengukur nilai absorbansinya pada panjang gelombang 540 nm. Sebagai catatan tambahan dalam proses analisis kadar Cr(VI), jika larutan berubah warna setelah diencerkan hingga 100 ml, ambil hasil pengukuran nilai absorbansi sebelum menambahkan reagen *diphenylcarbazide* dan koreksi pembacaan absorbansi larutan berwarna akhir dengan mengurangi nilai absorbansi yang diukur sebelumnya. Rumus yang digunakan untuk menghitung hasil analisis kromium heksavalen adalah:

$$K = \frac{\mu g \text{ Cr (dalam 102 ml volume akhir)}}{A \times B} \times 100$$

Keterangan:

K = Konsentrasi Kromium heksavalen (mg/l)

A = Jumlah sampel yang digunakan (ml), dan

B = Jumlah dari 100 ml sampel yang telah dilarutkan (ml)

3.6 Pengumpulan dan Pengolahan Data Hasil Penelitian

3.6.1 Data Primer

Parameter fisika dan kimia sampel air dimuat bersama dengan hasil analisis Cr(VI) pada sampel air dan sedimen dalam bentuk tabulasi data dan deskriptif, kemudian dilakukan perbandingan hasil data yang diperoleh dengan baku mutu standar. Nilai baku mutu standar yang digunakan sebagai perbandingan data penelitian mengacu pada peraturan yang ditetapkan yaitu Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 22 Tahun 2007 tentang Penetapan Kelas Air Sungai di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, PP No. 22 Tahun 2021 tentang Baku Mutu Air Nasional, dan *Australian and New Zealand Guidelines for Fresh Water Quality* (Batley *et al.*, 2003). Hasil analisis sampel ikan yang didapatkan dimuat ke dalam format tabel untuk memuat informasi kandungan Cr(VI), kemudian dilakukan perbandingan hasil data dengan baku mutu standar. Nilai baku mutu yang digunakan sebagai perbandingan data mengacu pada *Food and Agriculture Organization* (FAO, 1983).

3.6.2 Data Sekunder

3.6.2.1 Data Perubahan Tata Guna Lahan

Data perubahan setiap jenis penggunaan lahan yang digunakan berdasarkan data yang di cantumkan dalam buku tahunan dari Pemerintah Kabupaten Bantul yang akan dibahas lebih lanjut dalam penelitian ini. Berdasarkan data perubahan tata guna lahan yang telah dikumpulkan dihitung selisih perubahannya dari setiap jenis penggunaannya dalam bentuk persentase. Nilai persentase tersebut diidentifikasi untuk menentukan apakah perubahan tersebut berpotensi memberikan kontribusi pencemaran lingkungan atau tidak. Sumber perolehan peta perubahan tata guna lahan di sekitar Sungai Opak wilayah Kabupaten Bantul tercantum pada gambar 4.1.3.

3.6.2.2 Kompilasi Hasil *Literature Review*

Data sekunder merupakan kumpulan beberapa hasil penelitian yang serupa terkait akumulasi Cr(VI) pada sedimen dan ikan sebagai pembanding dalam bentuk tabulasi data dan deskriptif. Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan metode studi literatur (*literature review*). Hal ini bertujuan untuk mendukung interpretasi hasil penelitian dengan data penelitian lainnya sehingga dapat memberikan konteks yang lebih luas terkait isu cemaran logam berat yang terjadi di Sungai Opak.

3.7 Penentuan Indeks Kualitas Air (IKA)

Pengolahan data menggunakan metode analisis IKA dengan melakukan perhitungan menggunakan metode Indeks Pencemaran (IP). Penentuan IKA didasarkan pada ketentuan yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 27 Tahun 2021 tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup. Dalam perhitungan ini, parameter pemantauan yang digunakan yaitu derajat keasaman (pH), *Dissolved Oxygen* (DO), *Total Suspended Solids* (TSS), nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), dan total fosfat (T-Phosphat). Adapun parameter tambahan atau tidak wajib yaitu *Total Dissolved Solids* (TDS) dan kromium heksavalen (Cr(VI)).

3.7.1 Perhitungan Indeks Pencemaran (IP)

Setiap parameter pemantauan di masing-masing lokasi pengambilan sampel dilakukan penentuan nilai C_i/L_{ij} , rata-rata C_i/L_{ij} dan nilai maksimum C_i/L_{ij} . Nilai hasil penentuan C_i/L_{ij} digunakan untuk menghitung nilai IP (j) menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$IP_j = \sqrt{\frac{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M^2 + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R^2}{2}}$$

Keterangan:

- IP_j = Nilai IP bagi peruntukan (j)
- C_i = Konsentrasi sampel parameter kualitas air (i)
- L_{ij} = Konsentrasi Baku Mutu peruntukan air (sungai kelas II)
- $(C_i/L_{ij})_M$ = Nilai maksimum dari C_i/L_{ij}
- $(C_i/L_{ij})_R$ = Nilai rata-rata dari C_i/L_{ij}

3.7.2 Perhitungan Nilai IKA

Status mutu dari masing-masing lokasi penelitian ditentukan berdasarkan penilaian pada tabel 2. Frekuensi (jumlah kemunculan) dari setiap kategori status mutu air (baik, tercemar ringan, tercemar sedang, tercemar berat) dihitung. Selanjutnya, menghitung persentase dari jumlah masing-masing status baku mutu dengan jumlah total keseluruhan parameter pemantauan. Sehingga, nilai IP dapat ditransformasikan menjadi nilai IKA. Bobot nilai indeks dikalikan dengan persentase pemenuhan baku mutu dari setiap tingkatan status mutu yang telah dihitung. Nilai IKA dibagi menjadi lima kategori berdasarkan rentang angka yang dimuat dalam tabel 3.7.2.2.

Tabel 3.7.2.1. Penentuan status mutu setiap lokasi penelitian dan pembobotan indeks
(Sumber: PERMENLHK/No.27/2021)

Nilai IP	Status Mutu	Bobot
$0 \leq IP_j \leq 1,0$	Memenuhi baku mutu (baik)	70
$1,0 \leq IP_j \leq 5,0$	Cemar ringan	50
$5,0 \leq IP_j \leq 10,0$	Cemar sedang	30
$IP_j \geq 10,0$	Cemar berat	10

Tabel 3.7.2.2. Kategori Indeks Pencemaran
(Sumber: PERMENLHK/No.27/2021)

No.	Kategori	Angka Rentang
1.	Sangat Baik	$90 \leq X \leq 100$
2.	Baik	$70 \leq X \leq 90$
3.	Sedang	$50 \leq X \leq 70$
4.	Kurang	$25 \leq X \leq 50$
5.	Sangat Kurang	$0 \leq X \leq 25$

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

5.1.1 Terjadi peningkatan luas lahan sebesar 4,73% untuk jenis lahan industri dalam kurun waktu 2022 hingga 2023, namun perubahan luas lahan tersebut dapat diasumsikan tidak memberi pengaruh secara langsung terhadap konsentrasi cemaran Cr(VI) di dalam air Sungai Opak karena dari hasil uji yang dilakukan kadarnya kurang dari 0,0066 mg/l di semua lokasi penelitian (SB-B5) dan kadar yang rendah tersebut terbukti tidak berkontribusi sebagai pencemar berdasarkan hasil perhitungan IP.

5.1.2 Dari hasil analisis data sekunder, fenomena biomagnifikasi pada ikan menjadi faktor penting dalam distribusi Cr. Ikan Gato (*Caranx sexfasciatus*) yang di temukan pada bagian muara Sungai Opak, mengakumulasi Cr total sebesar 0,919 mg/kg, nilai tersebut sudah sangat mendekati nilai batas baku mutu yang telah ditetapkan yaitu 1,0 mg/kg. Sedimen Sungai Opak pada titik B4 ditemukan mengakumulasi Cr sebesar 2,43 pada tahun 2023,

5.2 Saran

Pemerintah dan berbagai pemangku kepentingan terkait, khususnya di Kabupaten Bantul, dapat melakukan penertiban bangunan yang berada di sekitar bantaran Sungai Opak untuk dialihkan ke lokasi yang lebih aman mengingat lokasi tersebut adalah kawasan rawan banjir dan mengoptimalkan program monitoring kualitas air Sungai Opak. Selain itu, dapat juga dilakukan dengan melibatkan masyarakat sekitar atau komunitas lingkungan dalam hal pemantauan kualitas air sungai serta pemeliharaan lingkungan sekitar sungai. Perlu juga dilakukan penelitian lebih mendalam akumulasi kromium heksavalen pada biota sungai yang berbeda dan pengamatan mengenai perubahan secara fisik maupun secara fisiologis terhadap biota sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Achyani, R., & Salim, G. (2014). Evaluasi dan Akumulasi Logam Berat pada *Anandara Granosa* dan *Anandara inaequalis* di Perairan Kota Tarakan. *Jurnal Harpodon Borneo*, 7(1), 19–26.
- Adam, A. G. (2023). Systematic Review of the Changing Land to People Relationship and Co-Evolution of Land Administration. *Heliyon*, 9(10), e20637. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20637>
- Af, A. N. A., Jamdin, Z., & Natsir, N. A. (2025). Pola Sebaran Logam Berat Kromium (Cr) Di Perairan Tulehu Maluku Tengah. *Biotropic: The Journal of Tropical Biology*, 9(1), 21–33.
- Ali, M. U., Wang, C., Li, Y., Jin, X., Yang, S., Ding, L., Feng, L., Wang, B., & Li, P. (2023). Human Biomonitoring of Heavy Metals Exposure in Different Age-and Gender-Groups Based on Fish Consumption Patterns in Typical Coastal Cities of China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 262, 115316. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115316>
- Al-Khuzai, M. M., Abdul Maulud, K. N., Wan Mohtar, W. H. M., & Mundher Yaseen, Z. (2024). Assessment of Untreated Wastewater Pollution and Heavy Metal Contamination in the Euphrates River. *Environmental Pollutants and Bioavailability*, 36(1), 12–24. <https://doi.org/10.1080/26395940.2023.2292110>
- Anwar, S. (2017). Sosialisasi Pentingnya tidak Membuang Air Besar di Sungai (Stop Babs) di Desa Gampang Kecamatan Prambon. *Jurnal Abadimas Adi Buana*, 1(1), 43–48. <https://doi.org/10.36456/abadimas.v1.i1.a679>
- APHA (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23rd ed.). Washington DC: American Public Health Association.
- Apriyani, N., & Lesmana, R. Y. (2020). Pengaruh Air Lindi pada Terhadap pH dan Zat Organik pada Air Tanah di Tempat Penampungan Sementara Kelurahan Pahandut Kota Palangkaraya. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 25(2), 60. <https://doi.org/10.22146/jml.39489>
- Ardian, J. (2023). Hubungan Tingkat Konsentrasi Pencemar Kromium Dalam Air dan Sedimen dengan Struktur Komunitas Moluska Sungai Opak Bagian Hilir Kabupaten Bantul. *Biospecies*, 16(1), 46–54. <https://doi.org/10.22437/biospecies.v16i1.21327>
- Ardyantoro, R., Sunarto, S., & Setyono, P. (2025). Evaluasi Status Mutu Sungai Opak Terdampak TPST Piyungan Menggunakan Metode Biotilik dan Komparasinya dengan Metode STORET dan IP. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 23(2), 392–401.

<https://doi.org/10.14710/jil.23.2.392-401>

- Astuti, F. A., & Lukito, H. (2020). Perubahan Penggunaan Lahan di Kawasan Keamanan dan Ketahanan Pangan di Kabupaten Sleman. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 17(1), 1–6. <https://doi.org/10.15294/jg.v17i1.21327>
- Badrun, Y., Retnawati, S. F., Fauzi, M. R., & Anggraini, D. A. (2019). Analisis Pencemaran Sungai Rokan Akibat Kegiatan Pabrik Kelapa Sawit. *FMIPAKes UMRI*, 1, 24–36.
- Bakshi, A., & Panigrahi, A. K. (2018). A Comprehensive Review on Chromium Induced Alterations in Fresh Water Fishes. *Toxicology Reports*, 5, 440–447. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.03.007>
- Bakshi, A., & Panigrahi, A. K. (2022). Chromium Contamination in Soil and Its Bioremediation: An Overview. In J. A. Malik (Ed.), *Advances in Bioremediation and Phytoremediation for Sustainable Soil Management* (pp. 229–248). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89984-4_15
- Bappeda. (2024). *Buku Profil Daerah Kabupaten Bantul 2024*. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah.
- Batley, G., Stauber, J. L., Humphrey, C. L., & Apte, S. C. (2003). *A Guide to the Application of the ANZECC/ARMCANZ Water Quality Guidelines in the Minerals Industry* (Vol. 7). Australian Centre for Mining Environmental Research (ACMER). <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S096098229770976X>
- Bawu, H., Maryati, S., & Yusuf, D. (2023). Dampak Penambangan Pasir terhadap Kualitas Air Sungai Bulango. *Jurnal Penelitian Pendidikan Geografi*, 8(3), 133–142.
- Brontowiyono, W., Asmara, A. A., Jana, R., Yulianto, A., & Rahmawati, S. (2022). Land-Use Impact on Water Quality of the Opak Sub-Watershed, Yogyakarta, Indonesia. *Sustainability*, 14(7), 4346. <https://doi.org/10.3390/su14074346>
- Chen, Q., Li, Q., Lin, Y., Zhang, J., Xia, J., Ni, J., Cooke, S. J., Best, J., He, S., Feng, T., Chen, Y., Tonina, D., Benjankar, R., Birk, S., Fleischmann, A. S., Yan, H., & Tang, L. (2023). River Damming Impacts on Fish Habitat and Associated Conservation Measures. *Reviews of Geophysics*, 61(4). <https://doi.org/10.1029/2023rg000819>
- Cristina, N. Y., Rahardjo, D., & Kisworo. (2023). Profil Cemar Kromium dan Akumulasinya pada Ikan di Muara Sungai Opak Kabupaten Bantul. *Sciscitatio*, 4(2), 93–102. <https://doi.org/10.21460/sciscitatio.2023.42.139>
- Dein, R. S. A., Ari, I. R. D., & Hariyani, S. (2022). Dampak Perubahan Infiltrasi dan Run-Off terhadap Limpasan permukaan dan Banjir di Kota Cimahi. *Universitas Brawijaya:*

- Planning for Urban Region and Environment Journal*, 11(2), 161–170.
- Djumanto, & Probosunu, N. (2011). Biodiversitas Sumber Daya Ikan di Hulu Sungai Opak. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 11(1), 1–10.
- Du Preez, S. P., Van Kaam, T. P. M., Ringdalen, E., Tangstad, M., Morita, K., Bessarabov, D. G., Van Zyl, P. G., & Beukes, J. P. (2023). An Overview of Currently Applied Ferrochrome Production Processes and Their Waste Management Practices. *Minerals*, 13(6), 809. <https://doi.org/10.3390/min13060809>
- Environmental Chemical Pollutants. (2018). In E. Popek, *Sampling and Analysis of Environmental Chemical Pollutants* (pp. 13–69). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803202-2.00002-1>
- Fadlillah, L. N., Utami, S., Rachmawati, A. A., Jayanto, G. D., & Widyastuti, M. (2023). Ecological risk and source identifications of heavy metals contamination in the water and surface sediments from anthropogenic impacts of urban river, Indonesia. *Heliyon*, 9(4), e15485. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15485>
- FAO. (1983). *Compilation of Legal Limits for Hazardous Substances in Fish and Fishery Products* (Vol. 463). FAO Fishery Circular.
- Farikha, A., Wijaya, K., & Purwadi. (2023). Analisis Erosi dan Indeks Bahaya Erosi pada Berbagai Penggunaan Lahan di Sub DAS Opak Hulu-Tengah: Erosion Analysis and Erosion Hazard Indeks on Various Land Uses in the Upper-Central Opak Sub-Watershed. *Jurnal Ecosolum*, 12(2), 128–144. <https://doi.org/10.20956/ecosolum.v12i2.29361>
- Gezahegn, A. M., Feyessa, F. F., Tekeste, E. A., & Beyene, E. M. (2021). Chromium Laden Soil, Water, and Vegetables nearby Tanning Industries: Speciation and Spatial Distribution. *Journal of Chemistry*, 2021, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2021/5531349>
- Gurusinga, B. B., Perwira, I. Y., & Sari, A. H. W. (2022). *Kandungan Nutrien (Nitrat dan Fosfat) di Sungai Seruai, Sumatera Utara*.
- Hanum, L., El Ravi, A. A., Febrianty, D. R., Azizah, N. A. K., Normalita, R., Rahmawati, D. N., Rahmayidin, F., Aufal, F. B., & Estiono, M. S. (2024). Analisis Tingkat Kerawanan Banjir di Sub Das Opak Menggunakan Metode *Weighted Overlay*. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 12(01), 129–139. <https://doi.org/10.23887/jjpg.v12i01.70761>
- Hardyanti, N., D Nugraha, W., & Edgar S B, V. (2020). Analysis of The Impact of Industrial Activities Towards River Vacancy Viewed from BODS, CODS, and TSS Using The QUAL2KW Software Method Approach (Case Study: Klampok River, Semarang District). *E3S Web of Conferences*, 202, 04008.

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020204008>

- Hasibuan, E. S. F., Supriyantini, E., & Sunaryo, S. (2021). Pengukuran Parameter Bahan Organik Di Perairan Sungai Silugonggo, Kecamatan Juwana, Kabupaten Pati. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(3), 299–306. <https://doi.org/10.14710/buloma.v10i3.32345>
- Humairah, N., Adnan, R. R., Utami, P. N., Istiana, N., Penang, C., & Sahribulan, S. (2024). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Homeostasis pada Tubuh Ikan: Sebuah Tinjauan Literatur. *Jurnal Penelitian Sains*, 26(2), 232. <https://doi.org/10.56064/jps.v26i2.972>
- Islam, F., Parvin, A., Parvin, A., Akhtar, U. S., Ali Shaikh, M. A., Uddin, M. N., Moniruzzaman, M., Saha, B., Khanom, J., Suchi, P. D., Hossain, M. A., & Hossain, M. K. (2023). Sediment-bound hazardous trace metals(oid) in south-eastern drainage system of Bangladesh: First assessment on human health. *Heliyon*, 9(9), e20040. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20040>
- Jati, E. D., Murti, S. H., Susilo, B., Amru, K., Ningrum, M. H., & Fahmi, S. (2024). Analisis Kadar Logam Berat Kromium (Cr) dalam Air dan Ikan Akibat Pembuangan Limbah Industri Penyamakan Kulit di Sungai Opak, Piyungan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumian SATU BUMI*, 5(1). <https://doi.org/10.31315/psb.v5i1.11674>
- Juriani, J., Susanto, G. N., Kanedi, M., & Suratman, S. (2020). The Diversity of Freshwater Fish Species in Way Sindalapai River, Liwa Botanical Garden, West Lampung. *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*, 7(1), 54–61. <https://doi.org/10.23960/jbekh.v7i1.17>
- Kamalakkannan, P., Younis, M., Gezici, S., Kailash, S., & Iqbal, J. (2024). Characterization and Impact of Physicochemical Parameters of Tannery Effluent on the Aquatic Environment. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 21(1), 193–202. <https://doi.org/10.13005/bbra/3215>
- Kaswanto, R. L., Aurora, R. M., Yusri, D., & Sjaf, S. (2021). Analisis Faktor Pendorong Perubahan Tutupan Lahan selama Satu Dekade di Kabupaten Labuhanbatu Utara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(1), 107–116. <https://doi.org/10.14710/jil.19.1.107-116>
- Kelana, A. H., Awom, T. E. S., Weipsa, S., Mandosir, E. B. S., Soll, Y., & Msiren, H. M. L. (2025). Analisis Dampak Pembuangan Sampah terhadap Lingkungan di sekitar Sungai Acai Kota Jayapura. *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 4(9), 7229–7240.
- Kurniawan, A., & Mulyanto, D. (2023). Sortasi Logam Berat Kromium Heksavalen pada Perairan dan Tanah di Lingkungan Industri Penyamakan Kulit Banyak Kapanewon Piyungan Bantul. *Jurnal Tanah dan Air (Soil and Water Journal)*, 20(1), 1–14.

- Liang, J., Huang, X., Yan, J., Li, Y., Zhao, Z., Liu, Y., Ye, J., & Wei, Y. (2021). A Review of the Formation of Cr(VI) Via Cr(III) Oxidation in Soils and Groundwater. *Science of The Total Environment*, 774, 145762. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145762>
- Lipy, E. P., Hakim, M., Mohanta, L. C., Islam, D., Lyzu, C., Roy, D. C., Jahan, I., Akhter, S., Raknuzzaman, M., & Sayed, M. A. (2021). Assessment of Heavy Metal Concentration in Water, Sediment and Common Fish Species of Dhaleshwari River in Bangladesh and their Health Implications. *Biological Trace Element Research*, 199, 4295–4307. <https://doi.org/10.1007/s12011-020-02552-7>
- Ma'dika, G. A., Raharjo, D., & Kisworo, K. (2021). Hubungan Profil Cemar Kromium dengan Struktur Komunitas Moluska di Sungai Opak. *Biospecies*, 14(1), 67–74. <https://doi.org/10.22437/biospecies.v14i1.11970>
- Marlina, N., Hudori, H., & Hafidh, R. (2017). Pengaruh Kekasaran Saluran dan Suhu Air Sungai pada Parameter Kualitas Air COD, TSS di Sungai Winongo menggunakan Software QUAL2Kw. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 9(2), 122–133. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol9.iss2.art6>
- Mawardin, A., & Arta Aryan, M. H. (2024). Pengaruh Debit Air Terhadap Perilaku Erosi dan Implikasi terhadap Potensi Kerusakan Infrastruktur (Studi Kasus: Sungai Apit Kecamatan Lantung Kabupaten Sumbawa): The Impact of Water Discharge on Erosion Behavior and Implications on Potential Infrastructure Damage (Case Study: Apit River, Lantung District, Sumbawa Regency). *Spektrum Sipil*, 11(2), 169–177. <https://doi.org/10.29303/spektrum.v11i2.354>
- Melisa, E., Siregar, A. S., & Rukayah, S. (2021). Komposisi dan Luas Relung Makan Ikan Palung (*Hampala macrolepidota* C.V.1823) di Waduk PB. Soedirman Banjarnegara, Jawa Tengah. *Florea: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 8(2), 69. <https://doi.org/10.25273/florea.v8i2.11049>
- Nofiyanti, E., Erviena, A., Wardani, G. A., & Salman, N. (2020). Analisis Kandungan Cemar Logam Berat Kromium pada Anak Sungai Citanduy Kota Tasikmalaya. 4(2).
- Pamungkas, G. B., & Andriani, V. (2023). Contribution of Land Use Change and Land Cover to Climate Change Coastal Areas and Their Impacts: Evidence in Jayapura City, Papua Province, Indonesia. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 11(1), 36–46. <https://doi.org/10.14710/jwl.11.1.36-46>
- PERDA Kabupaten Bantul. (2021). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah dalam Peraturan Daerah Kabupaten Bantul Nomor 6 Tahun 2021*.
- Prasad, S., Yadav, K. K., Kumar, S., Gupta, N., Cabral-Pinto, M. M. S., Rezanian, S., Radwan,

- N., & Alam, J. (2021). Chromium Contamination and Effect on Environmental Health and its Remediation A Sustainable Approaches. *Journal of Environmental Management*, 285, 112174. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112174>
- Putri, L. R. I. D., Moelyaningrum, A. D., & Ningrum, P. T. R. (2022). Kondisi Fisik Air Sungai Dan Kandungan Logam Kromium Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) (Studi Di Sungai Kreongan Sekitar Industri Batik X, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember). *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 21(3), 293–300. <https://doi.org/10.14710/jkli.21.3.293-300>
- Rahardjo, D., Djumanto, D., Prasetyaningsih, A., Laoli, B., & Manusiwa, W. S. (2021). Chromium Content in Fish and Rice and its Effect on Public Health along the downstream Opak River, Bantul District, Indonesia: Chromium Content in Fish and Rice. *International Journal of Bonorowo Wetlands*, 11(2). <https://doi.org/10.13057/bonorowo/w110203>
- Rahardjo, D., & Prasetyaningsih, A. (2017). Distribusi dan Akumulasi Krom di Lingkungan Kawasan Industri Kulit Desa Banyak. *Prosiding Seminar Nasional III 2017*, 330–338.
- RKPD Kabupaten Bantul. (2025). *Rencana Kerja Pemerintah Daerah Kabupaten Bantul Tahun 2025*. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Bantul. <https://bappeda.bantulkab.go.id>
- Rosarina, D., & Laksanawati, E. K. (2018). Studi Kualitas Air Sungai Cisadane Kota Tangerang Ditinjau dari Parameter Fisika. *Jurnal Redoks*, 3(2), 38. <https://doi.org/10.31851/redoks.v3i2.2392>
- Rumetna, M. S., Sedyono, E., & Hartomo, K. D. (2017). Analisis Perubahan Tata Guna Lahan di Kabupaten Bantul Menggunakan Metode Global Moran's I. *Jurnal Buana Informatika*, 8(4). <https://doi.org/10.24002/jbi.v8i4.1446>
- Santoso, M. T., & Ling, M. (2023). Evaluasi Pengujian Kualitas Air Sungai Opak di Kabupaten Bantul Periode Bulan Januari Tahun 2022. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 23(1), 8–16.
- Schürings, C., Feld, C. K., Kail, J., & Hering, D. (2022). Effects of Agricultural Land Use on River Biota: A Meta-Analysis. *Environmental Sciences Europe*, 34(1), 124. <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00706-z>
- Sharma, J., Pant, G., Hossain, K., Ahmad, A., Bakht, Md. A., Alka, Tripathi, R., & Setapar, S. H. M. (2022). Chromium Toxicity in the Yamuna River Ecosystem at Brij Region – Uttar Pradesh, India. *Desalination and Water Treatment*, 267, 13–25. <https://doi.org/10.5004/dwt.2022.28632>
- Sinulan, O. M., Rindengan, Y. D. Y., & Sugiarso, B. A. (2015). Perancangan Alat Ukur

- Kecepatan Kendaraan Menggunakan ATmega 16. *Teknik Elektro dan Komputer*, 60–70.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004). Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-6989.14: 2004 Air dan Air Limbah - Bagian 14: Cara Uji Oksigen Terlarut secara Iodometri (Modifikasi Azida). Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. (2005). Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-6989.23:2005 Air dan Air Limbah - Bagian 23: Cara Uji Suhu dengan Termometer. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.57:2008 tentang Air dan Air Limbah - Bagian 57: Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan. Jakarta: BSN.
- Sugianti, Y., & Astuti, L. P. (2018). Respon Oksigen Terlarut Terhadap Pencemaran dan Pengaruhnya Terhadap Keberadaan Sumber Daya Ikan di Sungai Citarum. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2), 203. <https://doi.org/10.29122/jtl.v19i2.2488>
- Tesfahun, A., & Alebachew, S. (2023). Food and Feeding Habits of the Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) from Ribb reservoir, Lake Tana sub-basin, Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2212457>
- Tori, D., & Ihwan, A. (2016). Identifikasi Kualitas Air Sungai Sebalu Di Kabupaten Bengkayang Berdasarkan Nilai TDS, pH, dan Nilai Konduktivitas Air.
- W, A. A., & Pramono, R. W. D. (2020). Tren Perubahan Penggunaan Lahan di Lahan Pertanian Kota di Kecamatan Kasihan Kabupaten Bantul. *Jurnal Riset Daerah*, 20(1), 3494–3506.
- Wahyuningsih, S., Dharmawan, A., & Novita, E. (2020). Purifikasi Alami Sungai Bedadung Hilir Menggunakan Pemodelan Streeter-Phelps. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 19(2), 95–102. <https://doi.org/10.14710/jkli.19.2.95-102>
- Wei, H., Wang, Y., Liu, J., Zhang, J., & Cao, Y. (2023). Coordinated Development of Cultivated Land Use and Ecological Protection in Cities along the Main Stream of the Yellow River in Henan Province, China. *Ecological Indicators*, 156, 111143. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111143>
- WHO. (2017). *Guidelines for Drinking-Water Quality: Fourth Edition Incorporating First Addendum* (4th ed, 1st add). World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/254637>
- Widiatmoko, N., Tarigan, S. D., & Wahjunie, E. D. (2020). Analisis Respons Hidrologi untuk Mendukung Perencanaan Pengelolaan Sub-DAS Opak Hulu, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(4), 503–514. <https://doi.org/10.18343/10.18343/jipi.25.4.503>

- Yudha, D. S., Trijoko, T., Eprilurahman, R., Nugraha, R., Suranto, R. D. P., Abida, F. U., Tobing, V. F., Fathiya, R. F., & Nopitasari, S. (2020). Keanekaragaman Jenis Ikan di Sepanjang Sungai Opak Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia. *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 81–91. <https://doi.org/10.24002/biota.v5i2.2939>
- Zubaidah, T., & Hamzani, S. (2021). Pencemaran dan Penentuan Titik *Self-Purification* Sungai di Kabupaten Banjar. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 7(1), 18–24.

