

TUGAS AKHIR
PENGARUH PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DI DAS
CIKAPUNDUNG TERHADAP DEBIT DAN KUALITAS AIR
PADA SISTEM INTAKE DAGO



Disusun Oleh:
Aisha Fitria (223060021)

PROGRAM STUDI PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2026

TUGAS AKHIR

PENGARUH PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DI DAS CIKAPUNDUNG TERHADAP DEBIT DAN KUALITAS AIR PADA SISTEM INTAKE DAGO

Karya Tulis Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Perencanaan Wilayah dan Kota Dari Program Studi
Perencanaan Wilayah dan Kota



Disusun Oleh:

Aisha Fitria (223060021)

**PROGRAM STUDI PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2026**

**PERNYATAAN ORIGINALITAS KARYA TULIS DAN TIDAK
MELAKUKAN TINDAKAN FLAGIARISME**

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Aisha Fitria
NPM : 223060021
Program Studi : Perencanaan Wilayah dan Kota
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa judul Tugas Akhir **“Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan di DAS Cikapundung Terhadap Debit dan Kualitas Air Pada Sistem Intake Dago”** benar bebas dari plagiat. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandung, 30 Juli 2026

Yang menyatakan,



Aisha Fitria

NPM: 223060021

HALAMAN PENGESAHAN I

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan di DAS
Cikapundung Terhadap Debit dan Kualitas Air Pada
Sistem Intake Dago
Nama Penyusun : Aisha Fitria
NPM : 223060021

Disetujui oleh,

Pembimbing I



Dr. Ir. H. Budi Heri Pirngadi, M.T.

Pembimbing II



Apriadi Budi Raharja, S.T., M.Si.

Disahkan Oleh,

Ketua Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota



Deden Syarifudin, S.T., M.T.

HALAMAN PENGESAHAN II

PENGARUH PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DI DAS CIKAPUNDUNG TERHADAP DEBIT DAN KUALITAS AIR PADA SISTEM INTAKE DAGO

Oleh,
Aisha Fitriia
223060021

Menyetujui,

1. Pembimbing I : Dr. Ir. H. Budi Heri Pirngadi, M.T. ()
2. Pembimbing II : Apriadi Budi Raharja, S.T., M.Si. ()
3. Penguji I : Meyliana Lisanti, S.T., M.Si. ()
4. Ketua Sidang : Dr. Ir. H. Budi Heri Pirngadi, M.T. ()

Mengetahui,

**Koordinator Akademik, Tugas
Akhir dan Kerja Praktek dan
Kemahasiswaan**



Furi Sari Nurwulandari, S.T., M.T.

**Ketua Program Studi
Perencanaan Wilayah dan Kota**



Deden Syarifudin, S.T.,M.T.

**PENGARUH PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DI DAS
CIKAPUNDUNG TERHADAP DEBIT DAN KUALITAS AIR
PADA SISTEM INTAKE DAGO**



Aisha Fitria

NPM : 223060021

e-mail : aishafitria1504@gmail.com

Mengetahui dan Menyetujui:

Pembimbing I

Dr. Ir. H. Budi Heri Pirngadi, M.T.

Pembimbing II

Apriadi Budi Raharja, S.T, M.Si.

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA TULIS TUGAS AKHIR

Sebagai sivitas akademika Universitas Pasundan, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aisha Fitria
NPM : 223060021
Program Studi : Perencanaan Wilayah dan Kota
Fakultas : Teknik

Demi pertimbangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pasundan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) dari karya ilmiah saya yang berjudul **“Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan di DAS Cikapundung Terhadap Debit dan Kualitas Air Pada Sistem Intake Dago”** beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan *Non-exclusive Royalty Free Right* atau Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini, Universitas Pasundan berhak menyimpan, mengalihmedia dan/atau mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Ketua Program Studi
Perencanaan Wilayah dan Kota

Yang Menyatakan,



Deden Syarifudin, S.T., M.T



Aisha Fitria

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “ Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan di DAS Cikapundung Terhadap Debit dan Kualitas Air Pada Sistem Intake Dago” sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan.

Penulis menyadari bahwa proses penyusunan skripsi ini tidak luput dari bimbingan, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. H. Budi Heri Pirngadi, M.T. selaku pembimbing utama yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan, dan ilmu yang berharga kepada penulis serta memberikan motivasi untuk dapat menyelesaikan skripsi tepat pada waktunya.
2. Bapak Apriadi Budi Raharja, ST., M.Si. selaku pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing penulis dan memberikan masukan dan saran yang berharga kepada penulis.
3. Bapak Deden Syarifudin, ST., M.T. selaku Ketua Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan.
4. Segenap dosen yang penulis hormati atas jasa-jasanya selama tiga tahun lebih masa perkuliahan yang telah memberikan ilmu yang berharga sebagai bekal penyusunan skripsi ini dan bekal dalam masa depan kelak. Segenap staff program studi yang telah membantu proses administrasi dari awal perkuliahan hingga proses penyusunan tugas akhir.
5. Pihak Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Kota Bandung serta Dinas Sumber Daya Air dan Bina Marga Kota Bandung beserta seluruh staf yang telah memberikan izin, bantuan, serta dukungan dalam proses pengumpulan data.

6. Panutanku Ayahanda Tercinta, Sardi Boing terimakasih selalu berjuang untuk kehidupan penulis, beliau memang tidak sempat merasakan bangku perkuliahan namu beliau selalu berusaha memberikan pendidikan yang layak untuk penulis. Terimakasih untuk dukungan dan motivasinya serta mengajarkan kebaikan hidup untuk penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan studi sampai wisuda. Bapak harus sehat selalu agar bisa selalu ada diperjuangan dan pencapaian hidup penulis karena Bapak satu-satunya orang tua yang penulis miliki.
7. Ucapan terimakasih dan penghormatan sebesar-besarnya penulis persembahkan kepada Almarhumah Ibunda tercinta, Triana Ningsih, yang telah berpulang pada 23 Januari 2022, atas segala doa, kasih sayang, pengorbanan dan cinta kasih yang telah diberikan semasa hidupnya. Meskipun Ibu tidak sempat menyaksikan penulis menyelesaikan studi ini, setiap langkah dan pencapaian penulis tidak lepas dari doa serta didikan yang telah Ibu tanamkan. Andai waktu mengizinkan, penulis hanya ingin memeluk ibu sekali lagi, menyampaikan betapa besar rindu ini, mengucapkan terima kasih atas segala cinta yang tak pernah usai, serta memohon maaf atas segala kekurangan yang mungkin pernah melukai hati Ibu. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat, ampunan, dan menempatkan Almarhumah di tempat terbaik di sisi-Nya. Aamiin.
8. Kepada seluruh saudara tercinta penulis mengucapkan terimakasih karena senantiasa memberikan doa, dukungan, semangat, perhatian, serta bantuan, baik secara moril maupun materiil, selama proses penyelesaian studi ini. Semoga segala kebaikan, keikhlasan, dan kasih sayang yang telah diberikan mendapatkan balasan terbaik dari Allah SWT.
9. Kepada sahabat-sahabat tercinta, Dhiva Ananada Novianti, RT Ari Najwa Pertiwi dan Ficanala Septrida yang telah kebersamaan perjalanan hidup penulis sejak masa taman kanak-kanak. Terima kasih setiap doa, dukungan, perhatian, tawa, semangat, serta kehadiran yang senantiasa menguatkan penulis dalam berbagai fase kehidupan. Semoga persahabatan yang telah

terjalin selama ini senantiasa terjaga, dipenuhi keberkahan, dan terus mengiringi langkah kita menuju masa depan yang lebih baik.

10. Terima kasih kepada seluruh teman-teman selama masa perkuliahan yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, atas segala dukungan, semangat, kebersamaan, serta berbagai pengalaman berharga selama menempuh pendidikan. Semoga tali silaturahmi yang telah terjalin senantiasa terjaga dengan baik.
11. Teman-teman daring, khususnya di *platform* Discord, yang telah menjadi tempat berbagi cerita, menemani hari-hari penulis, serta dengan sabar mendengarkan setiap keluh kesah selama proses penyusunan tugas akhir ini. Terima kasih atas doa, dukungan, semangat, dan tawa yang diberikan sehingga mampu menjadi penguat bagi penulis dalam menyelesaikan setiap proses hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat penyusun harapkan demi penyempurnaan skripsi ini di masa yang akan datang.

Akhir kata, besar harapan penulis agar skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang Perencanaan Wilayah dan Kota.

Bandung, 30 Juli 2026

Penyusun,



Aisha Fitria

ABSTRAK

Perubahan tutupan lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS) berpengaruh langsung terhadap kualitas air yang mengalir di dalamnya. Fenomena ini terjadi di DAS Cikapundung Hulu, khususnya Kawasan Bandung Utara (KBU), yang mengalami peningkatan aktivitas permukiman dan pembangunan sehingga berpotensi memengaruhi karakteristik debit dan kualitas air pada Sistem Intake Dago sebagai sumber air baku strategis bagi Kota Bandung. Penelitian ini bertujuan Menganalisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap debit dan kualitas air Sungai Cikapundung pada intake tersebut berdasarkan data yang diperoleh. Pendekatan yang digunakan adalah kuantitatif, dengan pemetaan tutupan lahan menggunakan penginderaan jauh dan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) berbasis citra Sentinel-2, serta analisis statistik deskriptif dan uji korelasi Spearman menggunakan SPSS. Data debit dan lima parameter kualitas air (BOD, COD, TSS, DO, dan Fecal Coliform) periode 2021–2025 diperoleh dari Dinas SDA dan Bina Marga serta DLHK Kota Bandung. Hasil analisis menunjukkan debit sungai relatif stabil pada 250 m³/detik selama 2021–2023, kemudian menurun menjadi 229 m³/detik pada 2024–2025. Dari 24 pasangan uji korelasi antara empat kelas tutupan lahan dan enam variabel dependen, hanya dua pasangan yang signifikan, yaitu lahan terbuka dengan BOD ($\rho = 1,000$) dan lahan terbuka dengan COD ($\rho = 0,900$), keduanya menunjukkan hubungan positif yang kuat. Hasil ini menunjukkan bahwa perubahan luas lahan terbuka berkontribusi terhadap peningkatan beban pencemar organik di Sistem Intake Dago. Namun, pengaruhnya terhadap debit dan parameter kualitas air lainnya belum menunjukkan hubungan yang signifikan secara statistik.

Kata kunci: *Perubahan Tutupan lahan, DAS Cikapundung, debit sungai, kualitas air, Korelasi Spearman*

ABSTRACT

Land cover change within a watershed directly affects the quality of the water flowing through it. This phenomenon is observed in the Upper Cikapundung Watershed, particularly in the North Bandung Area (Kawasan Bandung Utara/KBU), where increasing settlement expansion and development activities may influence river discharge and water quality at the Dago Intake System, a strategic raw water source for the City of Bandung. This study aims to analyze the influence of land cover change on the discharge and water quality of the Cikapundung River at the intake based on the available data. A quantitative approach was employed, with land cover mapping conducted using remote sensing and supervised classification based on Sentinel-2 imagery. The analysis included descriptive statistics and Spearman's rank correlation using SPSS. Discharge data and five water quality parameters (BOD, COD, TSS, DO, and Fecal Coliform) for the 2021–2025 period were obtained from the Bandung Water Resources and Highways Agency (Dinas SDA dan Bina Marga) and the Bandung Environmental Agency (DLHK). The results showed that river discharge remained relatively stable at 250 m³/s during 2021–2023 before declining to 229 m³/s in 2024–2025. Of the 24 correlation pairs tested between four land cover classes and six dependent variables, only two were statistically significant: open land with BOD ($\rho = 1.000$) and open land with COD ($\rho = 0.900$), both indicating strong positive relationships. These findings indicate that changes in open land area contributed to an increase in the organic pollutant load at the Dago Intake System. However, their influence on river discharge and the other water quality parameters was not statistically significant.

Keywords: *Land cover change; Watershed; Water quality; River discharge; Spearman correlation.*

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Pertanyaan Penelitian	5
1.4 Tujuan dan Sasaran	6
1.4.1 Tujuan	6
1.4.2 Sasaran	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	6
1.5.1 Ruang Lingkup Wilayah	6
1.5.2 Ruang Lingkup Substansi	9
1.6 Batasan Studi.....	10
1.7 Sistematika Pembahasan	10
1.8 Kerangka Berpikir.....	12
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	13
2.1 Tinjauan Teori.....	13
2.1.1 Konsep Daerah Aliran Sungai (DAS).....	13
2.1.2 Tutupan Lahan	14
2.1.3 Debit Air.....	15
2.1.4 Kualitas air	16
2.1.5 Sistem Intake.....	19
2.2 Tinjauan Kebijakan	20
2.2.1 Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Prumahan Rakyat No. 27 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum	20

2.2.2	Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat No. 2 Tahun 2016 tentang Pedoman Pengendalian Kawasan Bandung Utara Sebagai Kawasan Strategis Provinsi Jawa Barat.....	22
2.2.3	Peraturan Tata Ruang Kota Bandung.....	23
2.3	Penelitian terdahulu.....	25
2.4	Kerangka Teori.....	34
BAB 3 METODOLOGI.....		35
3.1	Variabel Penelitian	35
3.2	Metode Pendekatan	35
3.3	Metode Analisis	36
3.3.1	Analisis Perubahan Tutupan Lahan	36
3.3.2	Analisis Debit Air	41
3.3.3	Analisis Kualitas Air	42
3.3.4	Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Debit dan Kualitas Air	43
3.4	Metode Pengumpulan Data	47
3.3.5	Pengumpulan Data Primer	48
3.3.6	Pengumpulan Data Sekunder	50
3.5	Matriks Analisis	50
3.6	Kerangka Analisis	53
BAB IV GAMBARAN UMUM.....		54
4.1	Gambaran Umum Studi.....	54
4.2.1	Curah Hujan	54
4.2.2	Iklim El-Nino	56
4.2	Gambaran Umum Daerah Aliran Sungai (DAS) Cikapundung.....	57
4.3	Kondisi Fisik	57
4.2.1	Kemiringan Lereng	57
4.2.2	Luas Catchment Area DAS Cikapundung	60
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		62
5.1	Analisis Perubahan Tutupan Lahan	62
5.2	Analisis Kualitas dan Debit Air	74
5.1.1	Debit Air.....	74
5.1.2	Kualitas Air	75

5.3	Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Kualitas dan Debit Air.....	81
5.3.1	Analisis Korelasi Spearman	82
5.3.2	Hasil Observasi Lapangan.....	87
5.3.3	Kesesuaian Tutupan Lahan dengan Perencanaan Tata Ruang	100
BAB VI KESIMPULAN DAN REKOMENDASI.....		103
6.1	Kesimpulan	103
6.2	Rekomendasi	104
DAFTAR PUSTAKA		106
LAMPIRAN.....		111
LAMPIRAN A. Tabel Observasi Lapangan		111
LAMPIRAN B. Penentuan Titik Observasi.....		112
LAMPIRAN C. Script Pengambilan Data Analisis Tutupan Lahan.....		115

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Variabel Penelitian.....	35
Tabel 3. 2 Definisi Klasifikasi Kelas Tutupan Lahan	38
Tabel 3. 3 Contol Tabel Analisis Debit Air	41
Tabel 3. 4 Contoh Tabel Kondisi Kualitas Air	43
Tabel 3. 5 Matriks Analisis	51
Tabel 4. 1 Curah Hujan Tahun 2025	55
Tabel 4. 2 Curah Hujan Tahun 2023 dan 2025	56
Tabel 4. 3 Luas Kemiringan Lereng	58
Tabel 5 1 Luas Tutupan Lahan 2021-2025	65
Tabel 5 2 Nilai Koefisien Kappa.....	67
Tabel 5 3 Debit Air DAS Cikapundung.....	74
Tabel 5 4 Parameter Kualitas Air.....	75
Tabel 5 5 Baku Mutu Air	78
Tabel 5 6 Kualitas Air	79
Tabel 5 7 Hasil Uji Korelasi Spearman.....	83
Tabel 5 8 Hasil Observasi Lapangan	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Administrasi Penelitian	8
Gambar 1. 2 Kerangka Berpikir	12
Gambar 4. 1 Grafik Kemiringan Lereng Wilayah Penelitian	58
Gambar 4. 2 Peta Kemiringan Lereng Wilayah Penelitian	59
Gambar 4. 3 Luas Catchment Area DAS Cikapundung	61
Gambar 5 1 Grafik Luas Perubahan Lahan Terbuka Tahun 2021-2025	62
Gambar 5 2 Grafik Luas Perubahan Lahan Permukiman Tahun 2021-2025	63
Gambar 5 3 Grafik Luas Perubahan Lahan Pertanian Tahun 2021-2025	63
Gambar 5 4 Grafik Luas Perubahan Lahan Vegetasi Tahun 2021-2025	64
Gambar 5 5 Grafik Tutupan Lahan 2021-2025	65
Gambar 5 6 Peta Tutupan Lahan Tahun 2021	69
Gambar 5 7 Peta Tutupan Lahan Tahun 2022	70
Gambar 5 8 Peta Tutupan Lahan Tahun 2023	71
Gambar 5 9 Peta Tutupan Lahan Tahun 2024	72
Gambar 5 10 Peta Tutupan Lahan Tahun 2025	73
Gambar 5 11 Grafik Debit Air DAS Cikapundung Tahun 2021-2025	74
Gambar 5 12 Grafik Parameter BDO Tahun 2021-2025	75
Gambar 5 13 Grafik Parameter COD Tahun 2021-2025	76
Gambar 5 14 Grafik Parameter TSS Tahun 2021-2025	76
Gambar 5 15 Grafik Parameter DO Tahun 2021-2025	77
Gambar 5 16 Grafik Parameter Fecal Coliform Tahun 2021-2025	78
Gambar 5 17 Hasil Uji Normalitas Data	82
Gambar 5 18 Peta Hasil Observasi 2026	96

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan satuan wilayah pengelolaan sumber daya air yang berfungsi menangkap, menyimpan, dan mengalirkan air hujan menuju sungai utama, sehingga sangat menentukan kuantitas dan kualitas air permukaan. DAS berperan strategis sebagai sumber air baku, pengendali limpasan, serta penyangga keseimbangan ekosistem. Perubahan tutupan lahan di dalam DAS secara langsung memengaruhi proses siklus hidrologi, terutama infiltrasi, limpasan permukaan, dan pengisian air tanah. Urbanisasi dan pembangunan yang tidak terkendali cenderung meningkatkan luas permukaan kedap air, sehingga mengurangi kemampuan tanah menyerap air dan meningkatkan aliran permukaan yang membawa sedimen serta pencemar ke badan sungai (Namugize et al., 2018).

Perubahan tutupan lahan tersebut berdampak pada karakteristik debit sungai, baik dari segi kuantitas maupun kestabilannya. Berkurangnya kawasan resapan menyebabkan penurunan aliran dasar (*baseflow*) pada musim kemarau, sementara limpasan permukaan yang meningkat memicu debit puncak (*peak flow*) yang lebih tinggi pada saat turun hujan. Kondisi ini tidak hanya meningkatkan risiko banjir, tetapi juga menyebabkan ketidakstabilan pasokan air baku sepanjang tahun. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa konversi lahan hutan dan pertanian menjadi kawasan terbangun berkontribusi signifikan terhadap perubahan respon hidrologi DAS serta penurunan kualitas air akibat peningkatan erosi dan beban pencemar non-titik (*non-point source pollution*) (Dwi Marsha et al., 2025; Namugize et al., 2018)

Fenomena tersebut sejalan dengan kondisi DAS Cikapundung yang merupakan bagian dari DAS Citarum Hulu dan memiliki fungsi strategis bagi Kota Bandung. Sungai Cikapundung mengalir dari kawasan hulu di Bandung Utara menuju wilayah perkotaan, sehingga perubahan tutupan lahan di wilayah hulu memberikan pengaruh langsung terhadap debit dan kualitas air yang mengalir ke hilir. Beberapa kajian menyebutkan bahwa peningkatan kawasan

terbangun di wilayah hulu dan tengah DAS Cikapundung telah mengubah keseimbangan hidrologi, ditandai dengan fluktuasi debit yang lebih ekstrem dan kecenderungan penurunan kualitas air sungai (Rahminadini, 2021; Nurrochman et al., 2018)

Dari sisi kebijakan penataan ruang, kawasan hulu DAS Cikapundung termasuk ke dalam Kawasan Bandung Utara (KBU) yang pengendaliannya diatur melalui Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 2 Tahun 2016 tentang Pedoman Pengendalian Kawasan Bandung Utara sebagai Kawasan Strategis Provinsi Jawa Barat. Regulasi ini menjadi salah satu dasar hukum penetapan batas administratif wilayah kajian dalam penelitian ini khususnya bagian KBU yang dilalui oleh DAS Cikapundung, bukan keseluruhan cakupan KBU. Selain itu, pemerintah Kota Bandung melalui Peraturan Daerah Kota Bandung Nomor 5 Tahun 2022 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Bandung Tahun 2022–2042 menetapkan Sungai Cikapundung sebagai badan air strategis yang berfungsi sebagai sumber air baku perkotaan. Fungsi tersebut secara operasional didukung oleh keberadaan Sistem Intake Dago Bengkok yang berlokasi di Kecamatan Coblong. Dengan demikian, kondisi debit dan kualitas air Sungai Cikapundung pada titik intake memiliki keterkaitan langsung dengan keberlanjutan sistem penyediaan air bersih bagi masyarakat Kota Bandung. Selain itu, Peraturan Wali Kota Bandung Nomor 29 Tahun 2024 tentang Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) mengklasifikasikan Sungai Cikapundung ke dalam Zona Badan Air (BA) dan menetapkan kawasan sempadannya sebagai Zona Perlindungan Setempat (PS), yang bertujuan untuk melindungi kelestarian lingkungan serta menjaga kualitas dan kuantitas sumber daya air.

Meskipun regulasi tata ruang sudah diberlakukan, kondisi di lapangan menunjukkan bahwa pemanfaatan ruang di DAS Cikapundung terus meningkat, terutama di bagian hulu. Perubahan ini terlihat jelas dari berkembangnya kawasan permukiman dan bangunan komersial seperti vila, hotel, restoran, hingga fasilitas usaha yang ada di Kawasan Bandung Utara (KBU). Berdasarkan laporan Mongabay Indonesia (2025), pada periode 2008–2023 tercatat lebih dari 400 izin

mendirikan bangunan (IMB) yang diterbitkan, dan sebagian besar tidak ditopang oleh kajian dampak lingkungan yang memadai (Iqbal, 2025).

Di luar aktivitas pembangunan, kegiatan peternakan sapi perah di Lembang turut berkontribusi sebagai sumber tekanan lingkungan. Dari populasi sekitar 26.300 ekor sapi, hanya 30% limbahnya yang diolah secara tepat sisanya dibuang langsung ke sungai, termasuk ke aliran Sungai Cikapundung, menghasilkan sekitar 220 ton limbah padat per hari (Iqbal, 2025). Limbah ternak yang tidak terkelola dengan baik menjadi sumber pencemar organik yang meningkatkan nilai BOD dan COD serta menurunkan kadar oksigen terlarut (DO) di perairan (Firdayati et al., 2025). Dalam Penelitiannya Firdayati et al. (2025) menunjukkan bahwa beberapa parameter kualitas air Sungai Cikapundung telah melampaui baku mutu yang ditetapkan, terutama akibat kontribusi limbah domestik dan peternakan dari wilayah hulu hingga tengah DAS. Kondisi ini memperburuk kualitas air baku dan meningkatkan beban pengolahan pada sistem penyediaan air minum.

Dalam operasional penyediaan air baku, perubahan debit pada titik pengambilan air (*intake*) memiliki dampak nyata terhadap kontinuitas layanan air bersih. Berdasarkan laporan media PRFM News, pada September 2021, pasokan air baku dari Sistem Intake Dago Bengkok yang dikelola Perumda Tirtawening Kota Bandung mengalami penurunan signifikan; dari kapasitas normal sekitar 550–600 liter/detik turun menjadi hanya ± 200 –300 liter/detik. Penurunan debit ini berdampak pada penurunan suplai air baku bagi pelanggan. Kejadian ini menunjukkan adanya perubahan karakteristik debit yang bukan sekadar fenomena musiman, tetapi berimplikasi pada keberlanjutan sistem penyediaan air baku perkotaan (Kurniawan, 2021).

Pemilihan Sistem Intake Dago Bengkok sebagai fokus penelitian didasarkan pada dua indikasi utama. Pertama, indikasi penurunan debit sebagaimana diuraikan di atas, yang menunjukkan adanya perubahan signifikan pada kuantitas air yang dapat dikaitkan dengan perubahan tutupan lahan di wilayah tangkapan airnya. Kedua, kondisi kualitas air pada titik intake yang tercatat berada jauh dari baku mutu yang dipersyaratkan untuk air baku, bahkan

berdasarkan data primer pemantauan kualitas air Sungai Cikapundung periode lima tahun terakhir dari Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Bandung, beberapa parameter pada titik Intake Dago Bengkok tercatat pernah melampaui ambang kelas IV kelas baku mutu air yang menurut PP Nomor 22 Tahun 2021 (Lampiran VI) hanya diperuntukkan bagi keperluan seperti irigasi/penyiraman tanaman, bukan air baku air minum (DLHK Kota Bandung, 2026). Dengan demikian, intake ini menjadi indikator yang paling relevan untuk menilai sejauh mana perubahan tutupan lahan di DAS Cikapundung memengaruhi keberlanjutan sumber air baku perkotaan.

Untuk memperjelas ruang lingkup kajian, penelitian ini tidak hanya menganalisis kondisi di sekitar intake, tetapi mencakup wilayah tangkapan air (*catchment area*) Sungai Cikapundung yang secara hidrologis berkontribusi langsung terhadap aliran di Intake Dago Bengkok. Batas wilayah kajian ditetapkan berdasarkan batas hidrologis DAS, yaitu punggung pembagi air (*watershed divide*) yang memisahkan aliran menuju DAS Cikapundung dengan DAS lain di sekitarnya, sedangkan batas hilirnya adalah lokasi intake sebagai titik kendali (Agus Karsa Yudha, 2022). Secara administratif, wilayah kajian melintasi sebagian Kabupaten Bandung Barat (khususnya kawasan KBU dengan dominasi aktivitas pertanian, peternakan, wisata, dan permukiman berkembang) serta wilayah Kota Bandung bagian utara hingga Kecamatan Coblong sebagai lokasi intake. Pendekatan ini memastikan bahwa perubahan tutupan lahan yang dianalisis benar-benar memiliki keterkaitan langsung dengan debit dan kualitas air yang masuk ke sistem pengambilan air baku (Nurrochman et al., 2018).

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji perubahan tutupan lahan dan kualitas air di DAS Cikapundung, namun sebagian besar masih berfokus pada evaluasi kondisi umum DAS atau segmen sungai tertentu tanpa menekankan implikasi langsung terhadap sistem intake air baku yang bersifat strategis bagi pelayanan perkotaan. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk menganalisis secara kuantitatif pengaruh perubahan tutupan lahan di DAS Cikapundung terhadap debit dan kualitas air pada Sistem Intake Dago Bengkok.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Perubahan tutupan lahan di DAS Cikapundung, khususnya di wilayah hulu Kawasan Bandung Utara (KBU), menunjukkan kecenderungan peningkatan yang signifikan seiring dengan intensitas pembangunan. Berdasarkan laporan Mongabay Indonesia, pada periode 2008–2023 tercatat lebih dari 400 izin mendirikan bangunan (IMB) telah diterbitkan di wilayah KBU, dan sebagian besar tidak didukung oleh kajian dampak lingkungan yang memadai (Iqbal, 2025)
2. Secara faktual, debit Sungai Cikapundung pada Sistem Intake Dago Bengkok mengalami penurunan signifikan pada periode tertentu, sebagaimana dilaporkan oleh Perumda Tirtawening Kota Bandung, dari kisaran normal 550–600 liter/detik menjadi sekitar 200–300 liter/detik pada September 2021 (Kurniawan, PRM News, 2021) Kondisi ini menunjukkan adanya perubahan karakteristik debit yang tidak sepenuhnya sejalan dengan fungsi ideal DAS.
3. Di sisi lain, kualitas air Sungai Cikapundung juga mengalami penurunan yang berkaitan dengan aktivitas manusia di sepanjang DAS, terutama meningkatnya kawasan terbangun serta cemaran dari limbah domestik dan peternakan (Firdayati et al., 2025; Nalumi Rahminadini, 2021)

1.3 Pertanyaan Penelitian

Agar penelitian berjalan sistematis dan terarah, rumusan masalah tersebut dijabarkan ke dalam beberapa pertanyaan penelitian berikut:

1. Bagaimana perubahan tutupan lahan yang terjadi di DAS Cikapundung, terutama di wilayah hulu (KBU), dalam periode penelitian?
2. Bagaimana pengaruh perubahan tutupan lahan di DAS Cikapundung terhadap debit Sungai Cikapundung di titik Sistem Intake Dago Bengkok?
3. Bagaimana pengaruh perubahan tutupanlahan di DAS Cikapundung terhadap kualitas air Sungai Cikapundung pada Sistem Intake Dago Bengkok berdasarkan parameter utama kualitas air?

1.4 Tujuan dan Sasaran

1.4.1 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara empiris pengaruh perubahan tutupan lahan di DAS Cikapundung terhadap karakteristik debit dan kualitas air Sungai Cikapundung pada Sistem Intake Dago.

1.4.2 Sasaran

Untuk mencapai tujuan tersebut, sasaran penelitian yang akan diupayakan adalah:

1. Tersusunnya informasi perubahan tutupan lahan di DAS Cikapundung, khususnya wilayah hulu (KBU).
2. Teridentifikasinya perubahan debit Sungai Cikapundung serta tersedianya gambaran kondisi kualitas air pada Sistem Intake Dago
3. Teranalisisnya pengaruh perubahan tutupan lahan Daerah Aliran Sungai (DAS) Cikapundung terhadap debit dan kualitas air Sungai Cikapundung pada Sistem Intake Dago

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

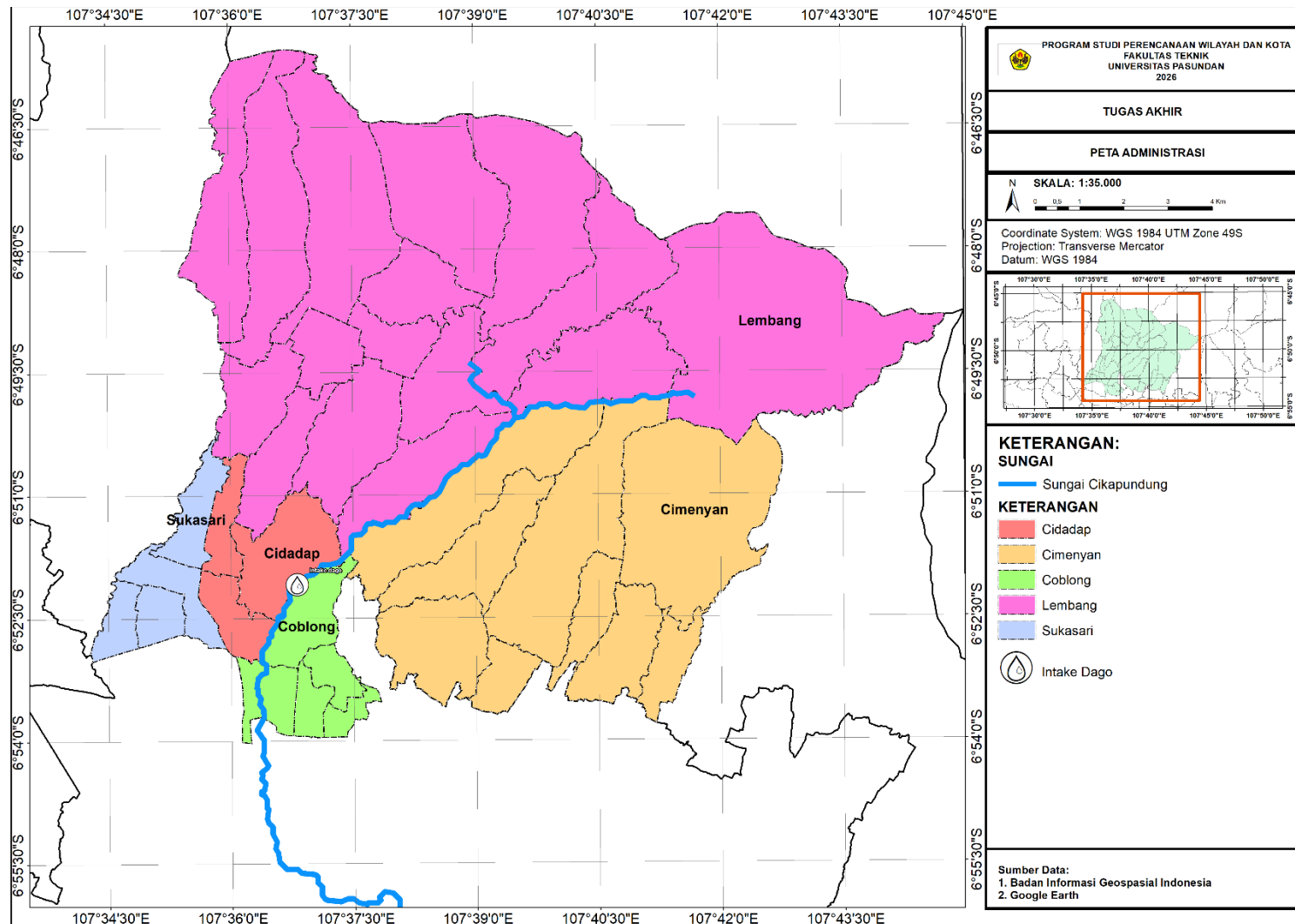
1.5.1 Ruang Lingkup Wilayah

Secara geografis, wilayah penelitian ini terletak pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Cikapundung, yang merupakan bagian integral dari DAS Citarum Hulu dan berfungsi sebagai sistem alami pengatur tata air sekaligus sumber air baku bagi Kota Bandung. Secara administratif, wilayah ini sebagian besar berada di Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat, dengan sebagian lainnya berada di Kecamatan Cimenyan, Kabupaten Bandung. Di bagian hilir, mendekati titik outlet pada Intake Dago Bengkok, cakupan DAS juga menjangkau sebagian kecil wilayah Kota Bandung, Kecamatan Coblong, Kecamatan Sukasari serta Kecamatan Cidadak.

Penetapan batas fisik DAS Cikapundung Hulu mengacu pada batas ekosistem kawasan Kawasan Bandung Utara (KBU) sebagaimana diatur dalam Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 2 Tahun 2016 tentang Pedoman Pengendalian Kawasan Bandung Utara Sebagai Kawasan Strategis Provinsi Jawa Barat. Batas barat dan utara DAS Cikapundung Hulu dibatasi oleh garis punggung topografi sebagaimana batas KBU, sedangkan batas selatan merupakan Sesar

Lembang. Bagian sesar tersebut secara hidrogeologi merupakan tempat berimpitnya garis pemisah air secara morfologi dan geologi.

DAS Cikapundung Hulu berada pada ketinggian 1200 -2000 m dpl dengan morfologi berbentuk cekungan memanjang barat sampai timur. Bagian utara umumnya cukup terjal karena merupakan kaki gunung Tangkubanparahu, demikian pula bagian selatan lebih terjal karena merupakan bagian dari sesar Lembang. Beberapa puncak membatasi DAS tersebut pada batas utara seperti G. Tangkubanparahu (2024m), G. Pamoyanan (1514m) dan G. Bukittunggul (2206).



Gambar 1. 1 Peta Administrasi Penelitian

1.5.2 Ruang Lingkup Substansi

Ruang lingkup substansi dalam laporan tugas akhir Pengaruh Perubahan Tutupan lahan di DAS Cikapundung terhadap Debit dan Kualitas Air pada sistem intake dago ialah meliputi:

a. Menganalisis perubahan tutupan lahan di DAS Cikapundung, khususnya wilayah hulu (KBU).

Analisis ini menghasilkan informasi spasial dan kuantitatif mengenai perubahan tutupan lahan di DAS Cikapundung, khususnya pada wilayah hulu Kawasan Bandung Utara (KBU). Melalui pemanfaatan citra satelit multi-temporal, klasifikasi tutupan lahan, perhitungan luasan, serta analisis perubahan antar waktu, diperoleh gambaran kondisi eksisting dan dinamika alih fungsi lahan.

b. Mengidentifikasi perubahan debit Sungai Cikapundung serta tersedianya gambaran kondisi kualitas air pada Sistem Intake Dago

Analisis debit air memberikan informasi mengenai aliran Sungai Cikapundung, serta kecenderungan perubahan debit selama periode pengamatan. Sementara itu, analisis kualitas air menghasilkan gambaran kondisi mutu air baku berdasarkan parameter BOD, COD, TSS, DO dan Fecal Coliform, serta perubahannya selama lima tahun periode pengamatan. Kedua analisis ini secara bersama-sama merepresentasikan kondisi hidrologi dan kualitas air sebagai hasil dari proses hidrologi yang terjadi di wilayah tangkapan air DAS Cikapundung.

c. Menganalisis pengaruh perubahan tutupan lahan Daerah Aliran Sungai (DAS) Cikapundung terhadap debit dan kualitas air Sungai Cikapundung pada Sistem Intake Dago.

Substansi pada sasaran ini dibatasi pada analisis pengaruh perubahan tutupan lahan DAS Cikapundung terhadap debit dan kualitas air Sungai Cikapundung pada Sistem Intake Dago, dengan menggunakan analisis korelasi sebagai teknik analisis utama.

Variabel bebas dalam analisis ini adalah perubahan tutupan lahan, yang dibatasi pada perubahan luas masing-masing kelas tutupan lahan pada

periode pengamatan (2021-2025). Adapun variabel terikat mencakup dua aspek, yaitu debit Sungai Cikapundung dan kualitas air, yang dibatasi pada lima parameter: *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), *Dissolved Oxygen* (DO), dan *Fecal Coliform*, berdasarkan data periode 2021–2025.

Jenis korelasi yang digunakan dibatasi pada korelasi Pearson dan Spearman *Rank*, dengan pemilihan jenis korelasi disesuaikan hasil uji normalitas data. Analisis ini dibatasi pada identifikasi ada/tidaknya hubungan statistik antarvariabel beserta arah dan kekuatannya, dan tidak bertujuan untuk membuktikan hubungan sebab akibat secara langsung maupun membuat model prediksi hidrologi.

1.6 Batasan Studi

Penelitian ini dibatasi pada analisis perubahan tutupan lahan serta hubungannya terhadap debit dan kualitas air pada wilayah DAS Cikapundung Hulu. Analisis Perubahan tutupan lahan yang digunakan adalah data citra satelit tahun 2008 dan 2025. Data debit dan kualitas air menggunakan data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait sesuai ketersediaan data.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dekriptif dengan analisis korelasi untuk melihat hubungan antar variabel penelitiannya. Faktor lain yang dapat mempengaruhi debit dan kualitas seperti curah hujan, kondisi geologi, dan aktivitas manusia tidak dianalisis secara mendalam, namun digunakan sebagai faktor pendukung dalam pembahasan penelitian

1.7 Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan penelitian ini dibagi ke dalam beberapa bab dimana pada setiap bab terdiri dari beberapa sub bab yang mempunyai pokok bahasan dengan urutan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang dilaksanakannya penelitian yang mana memuat urgensi dari topik yang diangkat. Selain itu, dijabarkan juga terkait rumusan masalah yang menjadi landasan adanya tujuan dan sasaran, manfaat dan sistematika

penulisan laporan penelitian, serta kerangka berpikir dari pelaksanaan penelitian ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan kerangka teori dan tinjauan teori dari berbagai referensi yang menggambarkan teori terkait topik yang diangkat beserta variabel-variabelnya, serta tinjauan kebijakan yang menjadi landasan dilakukannya penelitian

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan tahapan atau langkah-langkah dalam mencapai tujuan dan sasaran penelitian baik dari metode pendekatan, metode pengambilan data, dan metode beserta kerangka analisisnya.

BAB IV GAMBARAN UMUM

Bab ini berisi uraian mengenai kondisi umum wilayah penelitian, yaitu DAS Cikapundung Hulu, meliputi letak geografis dan batas administratif kawasan, kondisi fisik lingkungan, kebijakan tata ruang yang berlaku, serta karakteristik tutupan lahan eksisting dan kondisi Sistem Intake Dago Bengkok sebagai objek kajian.

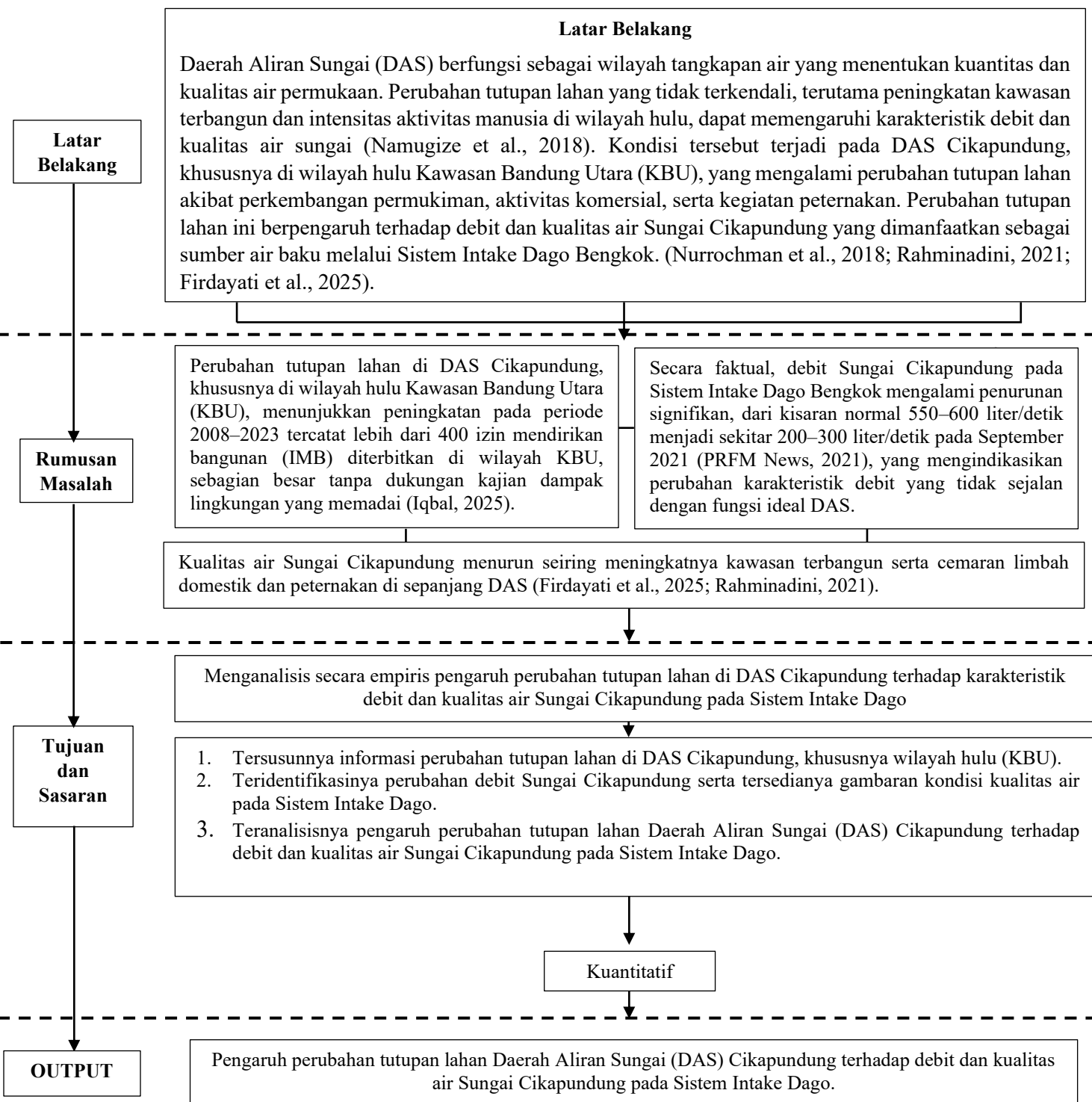
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat hasil analisis penelitian yang meliputi klasifikasi dan perubahan tutupan lahan DAS Cikapundung Hulu periode kajian, hasil verifikasi lapangan pada delapan titik *ground check*, serta hasil analisis hubungan antara perubahan tutupan lahan dengan fluktuasi debit dan parameter kualitas air (BOD dan COD) pada Sistem Intake Dago Bengkok.

BAB VI KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang menjawab rumusan masalah mengenai pengaruh perubahan tutupan lahan DAS Cikapundung Hulu terhadap debit dan kualitas air di Sistem Intake Dago Bengkok, serta rekomendasi yang ditujukan kepada pihak terkait seperti pemerintah daerah, maupun untuk penelitian selanjutnya berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.

1.8 Kerangka Berpikir



Gambar 1. 2 Kerangka Berpikir

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Teori

2.1.1 Konsep Daerah Aliran Sungai (DAS)

1. Definisi DAS

Menurut Asdak (2023) dalam buku Hidrologi dan Pengelolaan DAS mendefinisikan DAS adalah suatu wilayah daratan yang secara topografi dibatasi oleh punggung-punggung gunung, yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama. Wilayah tersebut dinamakan daerah tangkapan air (DTA atau catchment area) yang merupakan suatu ekosistem dengan unsur utamanya terdiri atas sumberdaya alam (tanah, air, dan vegetasi) dan sumberdaya manusia sebagai pemanfaat sumberdaya alam.

Berbagai definisi tentang Daerah Aliran Sungai (DAS) dikemukakan oleh beberapa peneliti. Dalam Dictionary of Scientific and Technical Term DAS (watershed) diartikan sebagai suatu kawasan yang mengalirkan air ke satu sungai utama.

2. Fungsi DAS dalam Ekosistem dan Pengelolaan Sumber Daya Alam

DAS memiliki peran sentral dalam pengelolaan sumber daya alam. Fungsi DAS meliputi penyediaan air untuk kebutuhan manusia dan ekosistem, pengendalian erosi dan sedimentasi, serta penyediaan habitat bagi keanekaragaman hayati. Selain itu, DAS juga berfungsi sebagai penyeimbang ekosistem melalui penyaring polutan dan pengatur aliran air. Sebagai contoh, DAS yang terkelola dengan baik dapat mengurangi risiko banjir dan menjaga kualitas air yang digunakan oleh masyarakat (Asdak, 2023)

3. Peran DAS dalam Siklus Hidrologi

Dalam siklus hidrologi, DAS berperan penting dalam tiga komponen utama: infiltrasi, penyediaan air tanah, dan aliran permukaan. Proses infiltrasi memungkinkan air hujan meresap ke dalam tanah untuk mengisi cadangan air tanah, yang menjadi sumber aliran dasar pada musim

kemarau. Sementara itu, aliran permukaan mengalirkan air hujan yang tidak meresap ke dalam tanah ke sungai dan danau. Perubahan dalam tutupan lahan, seperti konversi kawasan lindung, dapat mengurangi kemampuan tanah untuk meresap air dan memperburuk kualitas air yang ada (Salim, 2019).

4. Faktor-faktor yang Memengaruhi Perubahan Kondisi DAS

Beberapa faktor yang mempengaruhi perubahan kondisi DAS antara lain: perubahan tutupan lahan akibat urbanisasi, deforestasi, serta konversi kawasan hutan menjadi lahan pertanian atau permukiman. Selain itu, faktor iklim juga memengaruhi kondisi DAS, seperti perubahan pola hujan yang menyebabkan peningkatan aliran permukaan dan mengurangi kemampuan resapan tanah (Asdak, 2023).

2.1.2 Tutupan Lahan

Tutupan lahan (*land cover*) merupakan gambaran fisik permukaan bumi yang dapat diamati secara langsung, seperti vegetasi, lahan terbangun, lahan terbuka, dan badan air, yang mencerminkan kondisi biofisik wilayah pada suatu waktu tertentu. Tutupan lahan berbeda dengan tutupan lahan karena lebih menekankan pada kondisi penutup permukaan bumi, bukan fungsi atau aktivitas manusia di atasnya, sehingga sering digunakan sebagai dasar dalam analisis lingkungan dan kajian perubahan wilayah (Gifari et al., 2023).

Perubahan tutupan lahan merupakan proses peralihan kelas tutupan lahan dari satu bentuk ke bentuk lainnya yang umumnya dipengaruhi oleh aktivitas manusia, seperti pembangunan permukiman, pengembangan infrastruktur, dan perubahan pola pemanfaatan ruang. Perubahan ini bersifat dinamis dan sering terjadi secara signifikan di wilayah perkotaan maupun daerah penyangga kota, sehingga berpotensi menimbulkan dampak lingkungan, termasuk perubahan kondisi hidrologi dan degradasi kualitas lingkungan (Gifari et al., 2023).

Analisis perubahan tutupan lahan umumnya dilakukan dengan memanfaatkan data citra satelit multi-temporal melalui pendekatan penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Melalui proses klasifikasi citra, kondisi tutupan lahan pada periode waktu yang berbeda dapat dipetakan dan

dibandingkan untuk mengidentifikasi perubahan luasan serta distribusi spasial setiap kelas tutupan lahan secara kuantitatif (Gifari et al., 2023).

Untuk menjamin keandalan hasil pemetaan, hasil klasifikasi tutupan lahan perlu diuji tingkat akurasi menggunakan confusion matrix dan koefisien Kappa. Uji akurasi ini bertujuan untuk menilai tingkat kesesuaian antara hasil klasifikasi citra dengan kondisi aktual di lapangan, sehingga peta perubahan tutupan lahan yang dihasilkan layak digunakan sebagai dasar analisis lanjutan (Gifari et al., 2023)

1. Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Debit dan Kualitas Air

Perubahan Tutupan lahan memengaruhi debit sungai melalui perubahan keseimbangan antara infiltrasi dan limpasan permukaan. Urbanisasi dan konversi lahan vegetasi menjadi kawasan terbangun meningkatkan limpasan permukaan dan mempercepat respon aliran, sehingga debit puncak meningkat dan aliran dasar menurun. Pada saat yang sama, limpasan permukaan membawa sedimen dan pencemar non-titik ke badan sungai, yang menyebabkan penurunan kualitas air (Albini et al., 2023; Namugize et al., 2018)

Hasil penelitian di DAS Citarum Hulu menunjukkan bahwa peningkatan lahan terbangun dan penurunan tutupan vegetasi secara nyata meningkatkan fluktuasi debit dan memperburuk kondisi hidrologi DAS. Temuan ini relevan dengan kondisi DAS Cikapundung yang secara fisiografis merupakan bagian dari sistem Citarum Hulu dan mengalami tekanan perubahan tutupan lahan yang serupa (Fadhil et al., 2021)

2.1.3 Debit Air

Debit sungai adalah volume air yang mengalir melalui suatu penampang sungai dalam satuan waktu tertentu, yang umumnya dinyatakan dalam meter kubik per detik (m^3/detik). Debit merupakan indikator utama dalam analisis hidrologi karena mencerminkan besarnya aliran air yang tersedia dalam sistem sungai dan menjadi dasar dalam perencanaan serta pengelolaan sumber daya air (Syaputra et al., 2022).

1. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Debit Air

Debit sungai dipengaruhi oleh curah hujan, karakteristik DAS, topografi, jenis tanah, dan tutupan lahan. Perubahan tutupan lahan yang meningkatkan luas permukaan kedap air akan meningkatkan limpasan permukaan dan mempercepat respon aliran sungai. Kondisi ini berdampak pada meningkatnya debit puncak saat hujan serta menurunnya aliran dasar pada musim kemarau, yang mencerminkan menurunnya fungsi regulasi hidrologi DAS (Namugize et al., 2018; Pontes et al., 2019).

Penelitian di DAS Citarum Hulu menunjukkan bahwa peningkatan lahan terbangun berkorelasi dengan meningkatnya Koefisien Regim Aliran (KRA), yang menandakan semakin besarnya perbedaan antara debit maksimum dan debit minimum. Hal ini mengindikasikan terjadinya degradasi fungsi hidrologi DAS akibat perubahan tutupan lahan (Fadhil et al., 2021).

2. Metode Pengukuran dan Analisis Debit

Pengukuran debit sungai dapat dilakukan secara langsung menggunakan alat ukur seperti current meter, weir, dan flume, atau secara tidak langsung melalui hubungan antara tinggi muka air dan debit (rating curve). Dalam penelitian kuantitatif, data debit dianalisis menggunakan data runtun waktu untuk mengidentifikasi pola musiman, tren jangka panjang, serta hubungan antara debit dan perubahan tutupan lahan (Syaputra et al., 2022).

2.1.4 Kualitas air

Kualitas air menggambarkan kondisi fisik dan kimia air yang menentukan kesesuaiannya untuk berbagai peruntukan, termasuk sebagai sumber air baku. Kualitas air dipengaruhi oleh kondisi alami DAS serta aktivitas manusia yang menghasilkan limbah dan pencemar, baik yang bersumber dari titik tertentu maupun non-titik (Latekeng et al., 2024)

Kualitas air merupakan kondisi fisika, kimia, dan biologis suatu badan air yang menunjukkan tingkat kesesuaiannya terhadap peruntukan tertentu, seperti perairan domestik, perikanan, dan lingkungan hidup. Penilaian kualitas air dilakukan dengan mengukur parameter fisika dan kimia yang saling berkaitan

dalam menggambarkan kondisi perairan secara menyeluruh (Latekeng et al., 2024).

1. Parameter Bilogi Kualitas Air

a. *Fecal Coliform*

Fecal coliform adalah kelompok bakteri yang berasal dari saluran pencernaan manusia dan hewan berdarah panas, digunakan sebagai indikator kontaminasi mikrobiologis akibat limbah tinja (Holcomb dan Stewart, 2020). Keberadaan *fecal coliform* dalam jumlah tinggi menandakan adanya pencemaran oleh limbah domestik yang tidak terkelola dengan baik, sehingga parameter ini secara teoretis paling erat kaitannya dengan kepadatan permukiman dan minimnya infrastruktur sanitasi pada suatu DAS. Hal ini didukung kuat secara empiris oleh Marisi et al., (2025), yang menemukan korelasi positif sangat kuat antara lahan terbangun dan *fecal coliform*.

2. Parameter Fisika Kualitas Air

a. *Total Suspended Solids (TSS)*

Total Suspended Solids (TSS) adalah jumlah partikel padatan yang tersuspensi di dalam air dan tidak terlarut, seperti lumpur, pasir halus, fitoplankton, serta bahan organik dan anorganik lainnya. Padatan tersuspensi ini umumnya berasal dari limpasan permukaan, erosi tanah, aktivitas domestik, dan kegiatan industri (Situmorang dan Siregar, 2021).

Konsentrasi TSS yang tinggi dapat meningkatkan tingkat kekeruhan perairan dan menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam kolom air. Kondisi tersebut menyebabkan terganggunya proses fotosintesis organisme akuatik, sehingga berdampak pada penurunan produktivitas primer perairan (Situmorang dan Siregar, 2021). Selain itu, peningkatan TSS juga dapat menurunkan kualitas habitat organisme perairan serta mempercepat sedimentasi di dasar perairan.

Penelitian terdahulu mencatat bahwa peningkatan TSS dari hulu ke hilir berhubungan dengan perubahan tutupan lahan Dylia (2026) sejalan dengan penelitian oleh Jin et al., (2020) bahwa peningkatan aktivitas manusia dan lahan pertanian berkontribusi pada peningkatan sedimen tersuspensi. Selain itu,

(Marisi et al., 2025) dalam penelitiannya membuktikan TSS sebagai parameter yang responsif terhadap perubahan tutupan lahan di DAS

3. Parameter Kimia Kualitas Air

a. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

Biochemical Oxygen Demand (BOD) adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik secara biologis dalam kondisi aerob. Nilai BOD yang tinggi menunjukkan tingginya kandungan bahan organik di dalam air (Nugroho et al., 2025)

Peningkatan nilai BOD dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut (DO) karena oksigen digunakan dalam proses dekomposisi bahan organik. Kondisi ini berpotensi mengganggu kehidupan organisme akuatik dan menurunkan kualitas perairan (Nugroho et al., 2025)

Parameter ini salah satu parameter kuat untuk melihat perubahan tutupan lahan terhadap kualitas air, *Biochemical oxygen demand (BOD)* merupakan parameter penting dalam kualitas air, karena BOD mengukur jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan bahan organik di dalam air. Pengukuran BOD digunakan dalam kajian kualitas air sungai, dan nilai yang diperoleh juga dikaitkan dengan tingkat pencemaran organik yang disebabkan oleh aktivitas manusia dan limbah domestik (Pitalokasari et al., 2021). Variasi nilai BOD juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan lokal seperti kepadatan penduduk, aktivitas domestik, dan praktik pertanian di daerah aliran sungai (Ardianingsih, 2025).

b. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik secara kimiawi dengan menggunakan oksidator kuat. Parameter COD menggambarkan total beban pencemar dalam air, baik yang mudah maupun yang sukar terurai secara biologis (Nugroho et al., 2025).

COD mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat terurai secara biologis maupun tidak. Nilai COD selalu lebih tinggi atau sama dengan BOD karena mencakup

senyawa organik yang sulit diuraikan mikroorganisme. Salah satu sumbernya serupa dengan BOD yaitu limbah domestik dan kawasan terbangun, namun COD juga dipengaruhi oleh limbah dari aktivitas pertanian yang mengandung senyawa organik sintetis seperti pupuk, pestisida, fungisida, dan herbisida (Diah dan Setyowati, 2016)

c. *Dissolved Oxygen (DO)*

Dissolved Oxygen (DO) adalah kadar oksigen yang terlarut di dalam air dan tersedia bagi organisme akuatik untuk respirasi. DO merupakan parameter penting dalam menentukan kesehatan ekosistem perairan (Nugroho et al., 2025).

Konsentrasi DO dipengaruhi oleh suhu air, kondisi hidrometeorologi, serta laju proses biologis seperti respirasi, fotosintesis, dan dekomposisi bahan organik (Kuligiewicz et al., 2015). Tutupan vegetasi dan hutan berperan menjaga suhu air tetap stabil serta menyaring beban pencemar sebelum mencapai badan air.

Penelitian (Marisi et al., 2025) menemukan bahwa vegetasi mempunyai peran signifikan dalam menjaga kualitas air melalui fungsi ekologis sebagai filter alami dan pengendali limpasan permukaan. (Shiferaw et al., 2025) juga menambahkan bahwa hutan, berperan dalam menjaga keseimbangan air.

2.1.5 Sistem Intake

Sistem intake air baku merupakan bagian awal dari sistem penyediaan air minum yang berfungsi mengambil air mentah dari sumber air, khususnya air permukaan, untuk selanjutnya dialirkan ke instalasi pengolahan air. Intake memiliki peran strategis karena kuantitas dan kualitas air yang diambil pada tahap ini akan sangat menentukan kinerja keseluruhan sistem penyediaan air bersih, baik dari sisi kontinuitas pelayanan maupun kualitas air yang dihasilkan (Masombe et al., 2015)

Pada sistem penyediaan air minum berbasis sungai, intake umumnya ditempatkan pada lokasi yang dianggap memiliki ketersediaan debit yang cukup dan kualitas air yang relatif lebih baik dibandingkan segmen sungai lainnya. Namun demikian, kondisi air pada intake sangat dipengaruhi oleh karakteristik

hidrologi dan aktivitas pemanfaatan lahan di wilayah hulu daerah aliran sungai (DAS). Oleh karena itu, intake tidak dapat dipandang hanya sebagai bangunan teknis, tetapi juga sebagai titik yang menerima dampak akumulatif dari proses hidrologi dan aktivitas manusia di dalam DAS (Ward dan Trimble, 2020).

Kinerja sistem intake sangat dipengaruhi oleh kestabilan debit sungai. Debit yang menurun pada musim kemarau dapat mengganggu proses pengambilan air baku dan menurunkan kontinuitas pasokan air bersih, sedangkan debit yang meningkat secara ekstrem pada musim hujan berpotensi meningkatkan kandungan sedimen dan kekeruhan air yang masuk ke sistem. Kondisi tersebut akan meningkatkan beban pengolahan pada instalasi pengolahan air minum serta menurunkan efisiensi operasional sistem penyediaan air bersih (Aminata dan Kurniawan, 2019).

Pendekatan delineasi DAS berbasis outlet menegaskan bahwa seluruh aliran air dan beban pencemar yang berasal dari wilayah tangkapan air akan terakumulasi pada titik outlet. Oleh karena itu, pengukuran debit dan kualitas air pada Sistem Intake Dago Bengkulu dapat digunakan untuk menilai dampak perubahan tutupan lahan di DAS Cikapundung secara menyeluruh (Yudha et al., 2022).

2.2 Tinjauan Kebijakan

2.2.1 Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Prumahan Rakyat No. 27 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27 Tahun 2016 merupakan landasan kebijakan utama dalam penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) di Indonesia. Regulasi ini disusun sebagai tindak lanjut dari Peraturan Pemerintah Nomor 122 Tahun 2015 dan berfungsi sebagai pedoman teknis maupun manajerial bagi pemerintah pusat, pemerintah daerah, serta penyelenggara SPAM dalam menjamin pemenuhan kebutuhan air minum masyarakat secara berkelanjutan.

Dalam penelitian ini, Permen PUPR No. 27 Tahun 2016 menjadi sangat relevan karena secara eksplisit menekankan bahwa penyelenggaraan SPAM harus menjamin kualitas, kuantitas, dan kontinuitas air minum. Ketiga aspek tersebut

sangat dipengaruhi oleh kondisi sumber air baku, khususnya air permukaan yang berasal dari sungai, seperti Sungai Cikapundung yang dimanfaatkan oleh sistem intake Dago.

Permen ini mendefinisikan air baku sebagai air yang berasal dari sumber air permukaan, air tanah, air hujan, atau air laut yang memenuhi baku mutu tertentu untuk digunakan sebagai bahan baku air minum . Sungai sebagai sumber air permukaan memiliki karakteristik yang sangat dinamis dan dipengaruhi oleh kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS), termasuk perubahan tutupan lahan.

Meskipun Permen PUPR No. 27 Tahun 2016 tidak secara spesifik mengatur perubahan tutupan lahan, regulasi ini menegaskan bahwa penyediaan air baku harus mampu menjamin keberlanjutan pelayanan air minum. Hal ini secara implisit menempatkan kondisi DAS sebagai faktor strategis yang harus diperhatikan dalam penyelenggaraan SPAM.

Permen PUPR No. 27 Tahun 2016 menegaskan bahwa penyelenggaraan SPAM dilaksanakan berdasarkan prinsip pembangunan berkelanjutan dan tata kelola pemerintahan yang baik. Prinsip ini menuntut agar pemanfaatan sumber daya air tidak hanya berorientasi pada pemenuhan kebutuhan saat ini, tetapi juga menjaga fungsi lingkungan untuk jangka panjang.

Dalam kaitannya dengan DAS Cikapundung, perubahan tutupan lahan yang masif seperti peningkatan kawasan terbangun dapat menurunkan kapasitas infiltrasi, meningkatkan limpasan permukaan, serta memperbesar fluktuasi debit sungai. Kondisi tersebut berpotensi mengganggu kontinuitas pasokan air baku, yang pada akhirnya dapat memengaruhi kinerja SPAM sebagaimana diatur dalam Permen ini.

Permen PUPR No. 27 Tahun 2016 juga menekankan bahwa kualitas air minum yang dihasilkan harus sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Kualitas air baku sungai sangat dipengaruhi oleh aktivitas di wilayah DAS, termasuk perubahan tutupan lahan yang dapat meningkatkan beban pencemar melalui limpasan permukaan.

Dengan demikian, penurunan kualitas air Sungai Cikapundung akibat perubahan tutupan lahan di wilayah DAS akan berdampak langsung pada proses

pengolahan air minum di intake Dago. Hal ini dapat meningkatkan kebutuhan pengolahan, biaya operasional, dan risiko tidak terpenuhinya standar kualitas air minum yang telah ditetapkan dalam kebijakan.

Berdasarkan Permen PUPR No. 27 Tahun 2016, dapat disimpulkan bahwa keberhasilan penyelenggaraan SPAM sangat bergantung pada kondisi sumber air baku, baik dari aspek debit maupun kualitas air. Oleh karena itu, kajian mengenai pengaruh perubahan tutupan lahan di DAS Cikapundung terhadap debit dan kualitas air pada sistem intake Dago menjadi relevan secara kebijakan. Penelitian ini sejalan dengan amanat Permen PUPR No. 27 Tahun 2016 dalam menjaga keberlanjutan pelayanan air minum melalui pengelolaan sumber air baku yang berwawasan lingkungan.

2.2.2 Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat No. 2 Tahun 2016 tentang Pedoman Pengendalian Kawasan Bandung Utara Sebagai Kawasan Strategis Provinsi Jawa Barat

DAS Cikapundung Hulu merupakan bagian dari Kawasan Bandung Utara (KBU), yang ditetapkan sebagai Kawasan Strategis Provinsi (KSP) Jawa Barat berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 22 Tahun 2010 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Jawa Barat Tahun 2009–2029. Penetapan ini didasarkan pada fungsi strategis KBU sebagai kawasan resapan air yang menyediakan sebagian besar kebutuhan air tanah Cekungan Bandung.

Pengendalian pemanfaatan ruang di KBU diatur dalam Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 2 Tahun 2016 tentang Pedoman Pengendalian Kawasan Bandung Utara Sebagai Kawasan Strategis Provinsi Jawa Barat, yang menggantikan Perda sebelumnya (Perda No. 1 Tahun 2008) karena dinilai tidak lagi efektif. Beberapa substansi dalam Perda ini yang relevan dengan penelitian adalah:

- a. Zonasi pengendalian KBU (Pasal 20)**, yang membagi kawasan menjadi Zona L-1 dan L-2 (zona lindung/konservasi utama dan tambahan) serta Zona B-1 hingga B-5 (zona budidaya dengan tingkat pembatasan yang berjenjang sesuai kepadatan wilayah dan fungsi resapan air). Zonasi ini menjadi acuan untuk menilai apakah pola perubahan tutupan lahan yang

teridentifikasi dalam penelitian ini sejalan dengan arahan pemanfaatan ruang yang seharusnya berlaku pada masing-masing zona.

- b. Arahan pola ruang kawasan lindung (Pasal 17), yang mengamanatkan perlindungan tebing dan bantaran sungai, perlindungan sumber air dan mata air, serta mitigasi terhadap perubahan tata guna lahan yang mengganggu fungsi lindung.
- c. Larangan pemanfaatan ruang (Pasal 62 ayat 1), yang secara eksplisit melarang setiap orang melakukan alih fungsi peruntukan lahan di KBU serta mengubah atau merusak bentang alam tanpa izin.
- d. Kebijakan pengendalian kawasan (Pasal 13), yang mengarahkan pembatasan pembangunan pada lahan dengan fungsi hidroorologis normal-baik, serta pemulihan pada lahan dengan kondisi kritis dan sangat kritis.

2.2.3 Peraturan Tata Ruang Kota Bandung

Dalam kerangka kebijakan tata ruang Kota Bandung, Intake Dago Bengkok memiliki kedudukan yang sangat strategis, baik secara ekologis maupun secara regulatif. Peraturan Daerah Kota Bandung No. 5 Tahun 2022 secara tegas menetapkan bahwa intake ini merupakan salah satu unit air baku utama di Kota Bandung, sebagaimana tercantum dalam Pasal 39 ayat (3) yang menyebut: “*unit air baku terdiri atas: intake Dago Bengkok di Kecamatan Coblong*”. Penetapan ini memberikan landasan hukum bahwa kawasan sekitar intake merupakan wilayah dengan fungsi khusus yang harus dijaga dari degradasi lingkungan, terutama yang bersumber dari perubahan pemanfaatan ruang di kawasan lindung DAS Cikapundung.

Secara administratif, intake ini terletak di Kecamatan Coblong, bagian utara Kota Bandung, tepat pada segmen tengah–hulu Sungai Cikapundung. Berdasarkan dokumen RDTR (Perwal No. 29 Tahun 2024), intake ini dipetakan lebih rinci berada pada Sub Wilayah Perencanaan (SWP) II.B, tepatnya di Blok II.B.1 sebagai lokasi bangunan pengambil air baku (Pasal 45 ayat (2)). Penetapan ini menunjukkan adanya prioritas regulatif yang tinggi terhadap perlindungan

wilayah-fungsional intake, karena RDTR merupakan dokumen operasional yang mengatur pemanfaatan ruang hingga tingkat blok perencanaan.

Dalam konteks hidrologi dan tata ruang, lokasi intake tersebut berada pada zona transisi antara kawasan konservasi Tahura Ir. H. Djuanda dan kawasan perkotaan Dago–Tamansari. Secara ekologis, segmen ini masih dipengaruhi oleh kondisi hulu yang dominan bervegetasi, namun juga mulai mengalami tekanan urbanisasi dari arah selatan. Oleh karena itu, kondisi lingkungan di sekitar intake sangat rentan terhadap perubahan fungsi kawasan lindung—terutama perubahan di kawasan Bandung Utara (KBU) dan sempadan Sungai Cikapundung yang telah diatur sebagai kawasan perlindungan setempat.

Keterkaitan lokasi intake dengan kebijakan kawasan lindung semakin diperkuat oleh ketentuan RTRW mengenai sempadan sungai, yang menyatakan bahwa kawasan sempadan hanya boleh digunakan untuk prasarana sumber daya air, jalur pipa air minum, serta ruang terbuka hijau (Pasal 113 ayat (1) huruf a) . Ketentuan ini juga melarang pembangunan baru di sempadan sungai yang sudah terbangun (huruf c) dan melarang pembuangan limbah cair ke badan sungai (huruf d). Dengan demikian, secara normatif, ruang di sekitar intake diposisikan sebagai zona konservasi hidrologis, bukan kawasan budidaya intensif.

Posisi intake di wilayah tersebut menjadikannya sangat bergantung pada keberlanjutan fungsi kawasan lindung hulu DAS. Perubahan fungsi lahan misalnya alih fungsi ruang terbuka hijau menjadi permukiman, pembangunan fasilitas wisata, atau urbanisasi di sempadan sungai dapat meningkatkan limpasan, sedimentasi, maupun pencemaran yang langsung mengurangi kualitas air baku yang masuk ke intake. Oleh karena itu, penetapan lokasi intake dalam RTRW Kota Bandung dan RDTR Kota Bandung tidak hanya bersifat administratif, tetapi merupakan instrumen kebijakan yang mengikat untuk memastikan bahwa seluruh pemanfaatan ruang di sekitarnya harus mempertimbangkan kelestarian siklus hidrologi Sungai Cikapundung.

Dengan demikian, secara kebijakan, lokasi Intake Dago Bengkok di Kecamatan Coblong merupakan titik kritis dalam pengelolaan ruang karena berada dalam jaringan kebijakan yang melibatkan perlindungan kawasan lindung,

pengendalian sempadan sungai, dan pemeliharaan sumber air baku. Posisi strategis ini menempatkan intake bukan sekadar sebagai infrastruktur teknis, tetapi sebagai bagian dari sistem ekologis yang pemanfaatan ruangnya harus dikendalikan melalui instrumen RTRW dan RDTR guna menjaga keberlanjutan fungsi hidrologi DAS Cikapundung.

2.3 Penelitian terdahulu

Penelitian ini disusun dengan merujuk pada berbagai studi terdahulu yang mengkaji pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap Debit dan kualitas air pada daerah aliran sungai (DAS). Perubahan tutupan lahan, khususnya alih fungsi kawasan vegetasi menjadi permukiman serta lahan terbangun, terbukti memberikan dampak signifikan terhadap karakteristik debit sungai dan kondisi kualitas air. Kajian-kajian tersebut memberikan landasan konseptual dan empiris yang kuat dalam memahami keterkaitan antara dinamika tutupan lahan, aliran sungai, dan mutu perairan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian-penelitian terdahulu menjadi dasar penting dalam merumuskan penelitian mengenai pengaruh perubahan tutupan lahan di DAS Cikapundung terhadap debit dan kualitas air pada Sistem Intake Dago. Oleh karena itu, berikut disajikan ringkasan penelitian terdahulu yang relevan sebagai landasan dalam mengidentifikasi posisi penelitian, kesenjangan penelitian, serta kontribusi ilmiah yang diharapkan.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Judul	Latar Belakang	Tujuan	Metode	Variabel Penelitian	Kesimpulan (gap)
1	<i>The Impact of Land Use Patterns on Water Quality in the Cikapundung Sub-Watershed</i> (Firdayati et al., 2025)	Sub DAS Cikapundung mengalami perubahan penggunaan lahan yang signifikan akibat urbanisasi, pertanian, dan aktivitas domestik. Perubahan tersebut berpotensi menurunkan kualitas air sungai yang dimanfaatkan untuk air baku, pariwisata, dan irigasi.	Menganalisis pengaruh pola penggunaan lahan terhadap kondisi kualitas air di Sub DAS Cikapundung.	Pengambilan sampel kualitas air pada 15 titik (hulu–hilir), analisis parameter fisik, kimia, dan biologi; klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra satelit dan Google Earth Engine; analisis Indeks Pencemaran.	Variabel bebas: penggunaan lahan (urban, pertanian, vegetasi). Variabel terikat: kualitas air (TDS, TSS, total coliform, <i>fecal coliform</i>).	Hasil menunjukkan seluruh titik pengamatan berada pada kondisi tercemar sedang hingga berat, dengan pencemaran tertinggi di wilayah hilir akibat dominasi lahan terbangun. Gap penelitian: belum menganalisis hubungan kuantitatif langsung antara persentase tiap jenis penggunaan lahan dengan masing-masing parameter kualitas air secara statistik.
2	<i>Impacts of Land Use/Land Cover and Climate Change on Hydrological Cycle in the Xiaoxingkai Lake Basin</i> (Xiao et al., 2023)	Perubahan penggunaan lahan dan perubahan iklim secara signifikan memengaruhi siklus hidrologi dan ketersediaan air di daerah aliran danau. Namun, kajian hidrologi	Menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan/tutupan lahan (LULC) dan perubahan iklim	Pemodelan hidrologi menggunakan SWAT+ dengan input LULC dinamis	Variabel bebas: LULC, iklim (curah hujan, suhu). Variabel terikat: aliran sungai (streamflow), volume	Hasil menunjukkan perubahan iklim berkontribusi dominan terhadap peningkatan aliran sungai dan volume

No	Judul	Latar Belakang	Tujuan	Metode	Variabel Penelitian	Kesimpulan (gap)
		terpadu yang menghubungkan perubahan tutupan lahan, iklim, dan neraca air danau masih terbatas.	terhadap aliran sungai serta neraca air Danau Xiaoxingkai.	dan parameter waktu; simulasi skenario iklim dan penggunaan lahan; analisis neraca air danau.	danau, neraca air danau.	danau, sementara perubahan LULC cenderung menurunkan aliran. Gap penelitian: belum mengkaji dampak perubahan LULC dan iklim terhadap kualitas air dan aspek ekologi perairan danau secara terintegrasi.
3	Dampak Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Debit Banjir DAS Ogan di Terusan, Sumatera Selatan (Marsha et al., 2025)	Banjir berulang di hulu DAS Ogan diduga dipicu oleh perubahan penggunaan lahan yang memengaruhi respons hidrologi DAS.	Menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan tahun 2000–2023 terhadap debit banjir di hulu DAS Ogan.	Pemodelan hidrologi HEC-HMS, metode SCS-CN, hujan kala ulang 10–100 tahun.	Perubahan penggunaan lahan, Curve Number (CN), debit puncak banjir.	Perubahan penggunaan lahan meningkatkan CN dan debit puncak banjir secara signifikan. Gap: belum menganalisis pengaruh spasial tiap jenis penggunaan lahan terhadap debit banjir secara terpisah.
4	Perubahan Penggunaan Lahan dan Karakteristik Hidrologi DAS Citarum Hulu (Fadhil et al., 2021)	DAS Citarum Hulu mengalami degradasi fungsi resapan akibat deforestasi dan peningkatan lahan terbangun.	Menganalisis pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap	Interpretasi citra SPOT, analisis perubahan	Penggunaan lahan, debit sungai, KRA, KAT, curah hujan.	Perubahan lahan terbangun meningkatkan fluktuasi debit

No	Judul	Latar Belakang	Tujuan	Metode	Variabel Penelitian	Kesimpulan (gap)
			karakteristik hidrologi DAS.	penggunaan lahan, perhitungan KRA dan KAT, regresi linear berganda.		sungai. Gap: belum menggunakan pemodelan hidrologi berbasis skenario untuk memprediksi kondisi masa depan.
5	Analisis Perubahan Tata Guna Lahan dan Implikasinya terhadap Debit Banjir DAS Meninting (Adriansyah, 2023)	Pertumbuhan penduduk mendorong perubahan tata guna lahan yang berdampak pada peningkatan debit banjir DAS Meninting.	Mengetahui pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap debit banjir DAS Meninting.	Analisis GIS, metode SCS-CN, pemodelan HEC-HMS, hujan kala ulang 2–100 tahun.	Tata guna lahan, CN, debit banjir rancangan.	Debit banjir meningkat seiring kenaikan CN akibat perubahan tata guna lahan. Gap: belum mempertimbangkan aspek konservasi lahan dan mitigasi struktural DAS.
6	Analisis Dampak Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Hasil Air DAS Cicatih (Yusdinar et al., 2018)	Perubahan penggunaan lahan di DAS Cicatih menurunkan kemampuan resapan dan meningkatkan limpasan permukaan yang berdampak pada hasil air dan debit puncak	Menganalisis perubahan penggunaan lahan dan pengaruhnya terhadap hasil air dan karakteristik hidrologi DAS Cicatih	Pemodelan hidrologi HEC-HMS berbasis SIG, analisis citra Landsat	Penggunaan lahan, hasil air, debit puncak, KAT, KRA	Belum mengaitkan perubahan penggunaan lahan dengan parameter kualitas air (kimia/fisika air sungai)
7	Kajian Sistem Hidrologi akibat Perubahan Tataguna Lahan di Kawasan Bandung Utara (Nurrochman et al., 2018)	Alih fungsi lahan konservasi menjadi kawasan terbangun meningkatkan koefisien limpasan dan risiko banjir	Menilai pengaruh perubahan tataguna lahan terhadap limpasan dan debit banjir	Analisis spasial SIG, metode MIKE SHE, USLE	Tataguna lahan, koefisien limpasan, debit banjir, erosivitas	Fokus pada limpasan dan banjir, belum mengkaji dampaknya terhadap kualitas ekosistem perairan

No	Judul	Latar Belakang	Tujuan	Metode	Variabel Penelitian	Kesimpulan (gap)
8	Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Debit Sungai Sub-DAS Cikapundung Gandok (Wibowo, 2005)	Perkembangan kawasan terbangun menyebabkan perubahan pola debit sungai musiman	Mengkaji hubungan perubahan penggunaan lahan dengan debit minimum dan maksimum sungai	Analisis statistik regresi linier dan koefisien limpasan	Penggunaan lahan, debit minimum, debit maksimum	Tidak mempertimbangkan variasi spasial sub-DAS dan kualitas air sebagai dampak lanjutan
9	Assessing Spatial Variability in Land-Use Impacts on River Water Quality: Yura River, Japan (Tokito et al., 2025)	Dampak penggunaan lahan terhadap kualitas air bersifat spasial dan musiman	Mengidentifikasi pengaruh penggunaan lahan terhadap kualitas air sungai secara spasial	Geographically Weighted Regression (GWR), analisis EC	Penggunaan lahan, Δ EC, musim	Studi berbasis negara maju; belum diuji pada DAS tropis dengan tekanan antropogenik tinggi
10	The Combined Effects of Treated Sewage Discharge and Land Use on Rivers (Albini et al., 2023)	Limbah domestik dan penggunaan lahan pertanian secara bersamaan menurunkan kualitas air sungai	Menganalisis dampak gabungan limbah terolah dan penggunaan lahan terhadap kualitas air dan biota sungai	Studi lapangan multi-musim, analisis statistik	Nutrien, makroinvertebrata, penggunaan lahan	Tidak mengaitkan perubahan penggunaan lahan dengan respon hidrologi DAS
11	Delineasi Batas Daerah Aliran Sungai Irigasi Rawa Lebak Semendawai Sumatera Selatan (Yudha et al., 2022)	Penentuan batas DAS diperlukan sebagai dasar pengelolaan sumber daya air dan perencanaan irigasi rawa lebak yang berkelanjutan.	Menentukan batas DAS yang mempengaruhi Daerah Irigasi Rawa Lebak Semendawai.	Analisis spasial SIG berbasis DEM (flow direction, flow accumulation, watershed).	DEM, arah aliran, akumulasi aliran, luas DAS.	Penelitian berfokus pada aspek fisik DAS. Gap: belum mengaitkan batas DAS dengan dinamika hidrologi atau kualitas air.
12	The Role of Protected and Deforested Areas in the Hydrological Processes of	Deforestasi dan kawasan lindung berpengaruh terhadap	Menganalisis pengaruh kawasan lindung dan	Pemodelan hidrologi MGB dengan	Tutupan lahan, evapotranspirasi, debit sungai.	Deforestasi meningkatkan debit dan menurunkan

No	Judul	Latar Belakang	Tujuan	Metode	Variabel Penelitian	Kesimpulan (gap)
	the Itacaiúnas River Basin (Pontes et al., 2019)	neraca air dan aliran sungai di DAS skala besar.	deforestasi terhadap evapotranspirasi dan debit sungai.	skenario perubahanutupan lahan.		evapotranspirasi. Gap: belum mengkaji dampak terhadap kualitas air sungai.
13	Analisis Neraca Air (Water Balance) pada DAS Cikapundung (Syilviana, 2016)	Alih fungsi lahan dan pertumbuhan penduduk menurunkan ketersediaan air DAS.	Menganalisis keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air DAS.	Analisis kuantitatif neraca air berbasis data debit, iklim, dan kebutuhan air.	Curah hujan, debit, kebutuhan air, penggunaan lahan.	Terjadi defisit air pada periode tertentu. Gap: belum memanfaatkan pemodelan spasial atau skenario perubahan lahan.
14	Spatial–Temporal Variations of River Water Quality under Human-Induced Land Use Changes (Zhang et al., 2025)	Perubahan tata guna lahan dan aktivitas manusia menurunkan kualitas air sungai.	Menganalisis pengaruh penggunaan lahan terhadap kualitas air dan risiko kesehatan.	Analisis kualitas air, PCA, RDA, dan CCME-WQI.	Tata guna lahan, nutrien, logam berat, parameter kualitas air.	Tata guna lahan pertanian dan urban berkontribusi besar terhadap pencemaran. Gap: belum dikaitkan dengan respon hidrologi DAS.
15	The Role of Protected and Deforested Areas in Hydrological Processes of the Itacaiúnas River Basin (Pontes et al., 2019)	Deforestasi 50% Amazon Timur menyebabkan penurunan ET dan peningkatan debit ekstrem.	Menilai peran kawasan lindung pada keseimbangan hidrologi dan siklus air.	Pemodelan hidrologi MGB, skenario deforestasi.	D: Debit sungai, evapotranspirasi. I: Tutupan lahan (forest vs pasture), curah hujan.	Deforestasi 15% menaikkan debit 5.4%; deforestasi penuh menurunkan ET 23%. Kawasan lindung menjaga stabilitas hidrologi.
16	Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan	Pembangunan fasilitas umum dan sosial menyebabkan	Menganalisis pengaruh perubahan	Metode overlay,	Variabel bebas: perubahan	Penelitian menunjukkan bahwa

No	Judul	Latar Belakang	Tujuan	Metode	Variabel Penelitian	Kesimpulan (gap)
	Lahan Akibat Pembangunan Fasilitas Umum dan Fasilitas Sosial terhadap Zona Nilai Tanah di Kecamatan Banyudono Kabupaten Boyolali	perubahan penggunaan lahan yang berdampak pada perubahan nilai tanah di Kecamatan Banyudono.	penggunaan lahan akibat pembangunan fasilitas umum dan sosial terhadap zona nilai tanah.	network analysis, dan analisis korelasi Pearson.	penggunaan lahan dan aksesibilitas fasilitas umum/sosial. Variabel terikat: perubahan nilai tanah.	analisis korelasi dapat digunakan untuk melihat indikasi pengaruh antar variabel penelitian. Gap penelitian ini dengan penelitian saya terletak pada objek penelitian, dimana penelitian terdahulu membahas zona nilai tanah, sedangkan penelitian saya membahas debit dan kualitas air akibat perubahan tutupan lahan.

Berdasarkan seluruh penelitian terdahulu yang telah ditinjau, dapat disimpulkan bahwa:

1. Perubahan penggunaan lahan merupakan faktor dominan yang memengaruhi respon hidrologi DAS, khususnya peningkatan debit puncak, perubahan debit andalan, dan fluktuasi aliran musiman. Hal ini ditunjukkan oleh studi-studi berbasis pemodelan hidrologi seperti HEC-HMS, SWAT, dan MGB yang menemukan bahwa peningkatan lahan terbangun dan penurunan tutupan vegetasi meningkatkan limpasan permukaan serta menurunkan kemampuan infiltrasi tanah.
2. Penelitian yang berfokus pada kualitas air menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan—terutama peningkatan kawasan permukiman, pertanian intensif, dan aktivitas domestik—berkorelasi kuat dengan peningkatan beban pencemar, seperti TSS, TDS, nutrisi (N dan P), BOD/COD, serta parameter mikrobiologi (total dan fecal coliform).
3. Beberapa penelitian menegaskan bahwa wilayah hilir DAS cenderung mengalami akumulasi dampak dari perubahan penggunaan lahan di hulu dan tengah DAS, yang tercermin pada penurunan kualitas air dan peningkatan variabilitas debit.
4. Studi neraca air dan debit andalan (termasuk pada DAS Cikapundung) menunjukkan bahwa ketidakseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air semakin nyata seiring meningkatnya tekanan antropogenik dan perubahan tata guna lahan.
5. Penelitian internasional dan nasional umumnya memisahkan analisis debit dan kualitas air, atau hanya meninjau satu aspek hidrologi, sehingga keterkaitan kausal antara perubahan penggunaan lahan → respon debit → degradasi kualitas air belum dikaji secara komprehensif dalam satu sistem.

A. Research Gap

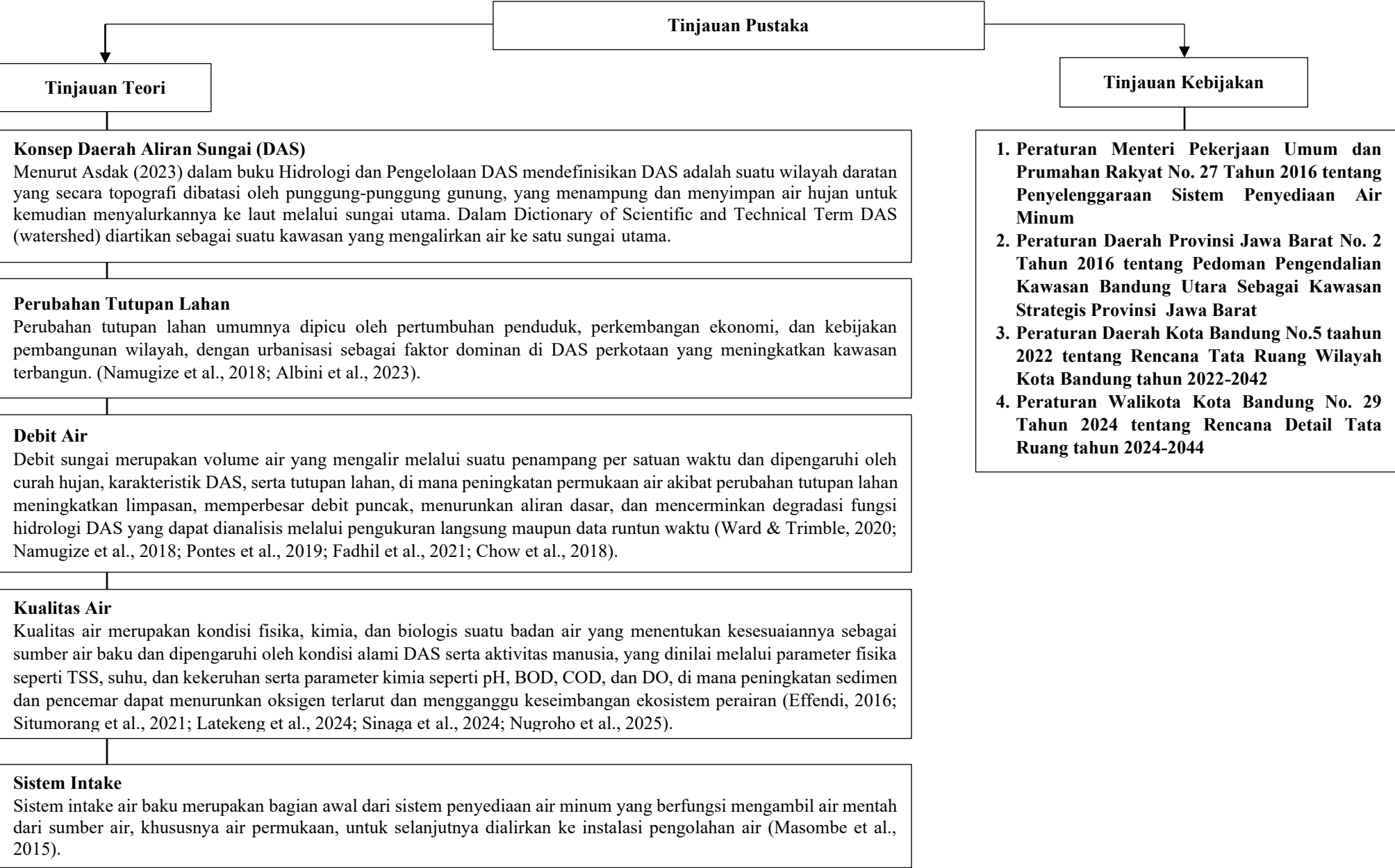
Berdasarkan kesimpulan di atas, maka *research gap* yang dapat dirumuskan adalah:

1. Sebagian besar penelitian mengkaji perubahan penggunaan lahan terhadap debit ATAU kualitas air secara terpisah, belum mengintegrasikan keduanya dalam satu kerangka analisis DAS.

2. Penelitian yang secara spesifik mengaitkan perubahan penggunaan lahan dengan kondisi debit dan kualitas air pada titik pemanfaatan air baku (intake) masih sangat terbatas, khususnya di Sistem Intake Dago DAS Cikapundung.
3. Studi sebelumnya di DAS Cikapundung lebih banyak menekankan pada:
 - a. neraca air secara makro, atau
 - b. status kualitas air secara umum, tanpa menghubungkannya dengan dinamika perubahan penggunaan lahan secara spasial dan temporal.
4. Belum terdapat penelitian yang secara eksplisit:
 - a. menganalisis pengaruh perubahan penggunaan lahan di seluruh DAS Cikapundung,
 - b. terhadap respon debit sungai,
 - c. serta implikasinya terhadap kualitas air pada sistem intake sebagai infrastruktur vital penyediaan air baku.

Berdasarkan penelitian terdahulu, belum terdapat kajian yang secara terintegrasi menganalisis pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap respon debit sungai dan kualitas air pada titik pemanfaatan air baku. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada analisis pengaruh perubahan penggunaan lahan di DAS Cikapundung terhadap debit dan kualitas air pada Sistem Intake Dago

2.4 Kerangka Teori



54
Gambar 2. 1 Kerangka Teori

BAB 3

METODOLOGI

3.1 Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan segala sesuatu yang menjadi objek pengamatan dan analisis dalam penelitian. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas variabel bebas dan variabel terikat, yang disesuaikan dengan tujuan penelitian.

Tabel 3. 1 Variabel Penelitian

Indikator	Variabel	Parameter	Sumber Data
Perubahan Tutupan Lahan DAS	<i>Land Cover Change</i> (Perubahan Tutupan Lahan)	a. Luas lahan terbangun (permukiman) b. Luas lahan vegetasi/hutan c. Luas lahan pertanian/perkebunan d. Luas Lahan Terbuka	Data sekunder (citra satelit Landsat/Sentinel, peta tutupan lahan)
Respon Hidrologi DAS	Debit Sungai	a. Debit maksimum (debit puncak)	Data sekunder (pos duga air, instansi SDA)
Kondisi Kualitas Air Sungai	Kualitas Air	a. BOD (mg/L) b. COD(mg/L) c. TSS (mg/L) d. DO (mg/L) e. <i>Fecal Coliform</i> (MPN/ 100 mL)	Data sekunder (DLHK)

3.2 Metode Pendekatan

Sugiyono (2013) menyebutkan bahwa pendekatan kuantitatif merupakan pendekatan penelitian yang berfokus pada pengukuran dan analisis data numerik, menggunakan teknik statistik dalam pengolahan data, serta mengutamakan objektivitas dalam memperoleh dan menyajikan hasil penelitian. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menggambarkan fenomena secara terukur dan sistematis berdasarkan data yang dapat dihitung dan dianalisis.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif sebagai pendekatan utama. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap debit dan kualitas air pada Sistem Intake Dago secara terukur dan objektif. Seluruh variabel penelitian dinyatakan dalam bentuk data numerik, sehingga memungkinkan dilakukan analisis statistik dan spasial untuk mengetahui hubungan sebab–akibat antarvariabel.

Pendekatan kuantitatif dalam penelitian ini mencakup analisis perubahan tutupanlahan yang dihitung berdasarkan luasan dan persentase tutupan lahan, analisis debit sungai yang dinyatakan dalam satuan debit, serta analisis kualitas air yang diukur melalui parameter fisik, kimia, dan biologi. Data-data tersebut dianalisis secara kuantitatif untuk mengidentifikasi pola perubahan dan pengaruhnya terhadap kondisi hidrologi dan mutu air sungai.

3.3 Metode Analisis

Metode analisis dalam penelitian ini disusun untuk menjawab sasaran penelitian, yaitu: (1) menganalisis perubahan tutupan lahan di DAS Cikapundung, khususnya wilayah hulu (Kawasan Bandung Utara); (2) mengidentifikasi perubahan karakteristik debit dan kualitas air Sungai Cikapundung pada Sistem Intake Dago Bengkok; dan (3) menganalisis perubahan tutupan lahan terhadap debit dan kualitas air di Das cikapundung. Pendekatan analisis ini mengacu pada penelitian hidrologi dan kualitas air DAS perkotaan yang telah dilakukan sebelumnya, khususnya pada DAS Cikapundung dan DAS sejenis

3.3.1 Analisis Perubahan Tutupan Lahan

Analisis perubahan tutupan lahan dalam penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi perubahan kondisi tutupan lahan di DAS Cikapundung, khususnya wilayah tangkapan air yang berkontribusi terhadap aliran menuju Sistem Intake Dago Bengkok. Analisis ini bertujuan untuk menunjukkan adanya perubahan kondisi spasial secara faktual antara kondisi awal dan kondisi eksisting, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis pengaruh terhadap debit dan kualitas air.

Analisis perubahan tutupan lahan dalam penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan penginderaan jauh (*remote sensing*) yang diintegrasikan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG), dengan memanfaatkan data tutupan lahan berbasis raster. Pengolahan dan analisis data spasial dilakukan menggunakan platform Google Earth Engine (GEE). Pendekatan ini umum digunakan dalam kajian perubahan tutupan lahan pada wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) karena mampu menggambarkan perubahan spasial secara kuantitatif maupun visual (Khrisrachmansyah et al., 2025).

A. Tahapan Analisis

1. Pemilihan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data 5 tahun terakhir (2021-2025). Pemilihan periode dan jumlah titik waktu tutupan lahan pada penelitian sejenis tidak memiliki ketentuan khusus, melainkan menyesuaikan tujuan penelitian dan ketersediaan data. Nirmayanti dan Marselina (2025) menganalisis hubungan tutupan lahan dan kualitas air di DAS Citarum Hulu menggunakan tiga peta tutupan lahan (2014, 2017, dan 2022). Phunge et al., (2025) menggunakan lima peta tutupan lahan dengan interval lima tahunan (2003-2023) yang dikorelasikan dengan data kualitas air pada tahun yang sama. Rasool et al., (2023) menggunakan dua peta Sentinel-2 (2016 dan 2021) pada Google Earth Engine untuk menghubungkan penggunaan lahan dengan kualitas air tanah, sedangkan Nadzirah et al., (2023) membandingkan tutupan lahan Malang Raya pada 2015 dan 2020 (selang lima tahun) menggunakan citra Sentinel-2.

2. Pemrosesan Citra

Citra yang digunakan adalah Sentinel-2 Surface Reflectance (Harmonized) yang diakses melalui platform Google Earth Engine, dengan filter lokasi (area kajian) dan filter temporal sesuai tahun analisis. Pemilihan citra Sentinel-2 didasarkan pada keunggulannya dibandingkan dengan citra satelit resolusi menengah lain seperti Landsat, yaitu resolusi spasial 10 meter pada band-band utama yang lebih mampu mendeteksi perubahan tutupan lahan berskala kecil, serta resolusi temporal yang lebih tinggi (*revisit time* ± 5 hari dengan kombinasi Sentinel-2A dan Sentinel-2B) yang meningkatkan peluang memperoleh citra bebas awan di wilayah beriklim tropis (Phiri et al., 2020). Ketersediaan band *red-edge* pada Sentinel-2 juga terbukti meningkatkan akurasi pemisahan kelas vegetasi dibandingkan sensor tanpa band tersebut (Mandanici *et al.*, 2016). Untuk meminimalkan gangguan tutupan awan, citra difilter berdasarkan persentase piksel berawan (CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE 10-30%) dan selanjutnya dilakukan masking awan menggunakan produk Cloud Score+ (band *cs_cdf*, ambang

batas kejernihan 0,5). Seluruh citra yang lolos seleksi kemudian digabungkan menggunakan operasi median untuk menghasilkan satu citra komposit bebas awan, lalu dipotong (clip) sesuai batas area kajian. Tahap ini secara konseptual sejalan dengan tahap georeferencing pada penelitian (Noer dan Wibowo, 2024) yaitu memastikan citra memiliki referensi spasial dan cakupan yang konsisten sebelum diklasifikasikan.

3. Penambahan Indeks Vegetasi (NDVI)

Untuk meningkatkan keterpisahan antar kelas tutupan lahan, dihitung indeks vegetasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dari kombinasi band NIR (B8) dan Red (B4). Band NDVI ini kemudian digabungkan dengan band spektral asli (B2, B3, B4, B8, B11, B12) sehingga terbentuk tujuh band input yang digunakan pada tahap klasifikasi. Tutupan indeks vegetasi seperti NDVI adalah hal standar dalam studi *land cover/land use classification*, karena meningkatkan akurasi klasifikasi dibanding hanya menggunakan band spektral mentah terutama untuk memisahkan kelas vegetasi tinggi, vegetasi rendah, dan lahan non-vegetasi seperti pada skema klasifikasi (Noer dan Wibowo, 2024)

4. Pembuatan *Training Sample*

Training sampel dibuat untuk masing-masing kelas tutupan lahan (lahan terbuka, permukiman, vegetasi, dan pertanian) melalui digitasi area contoh (polygon) yang mewakili karakteristik tiap kelas. Setiap set sampel diberi label kelas (0–3), kemudian digabungkan menjadi satu koleksi sampel. Nilai piksel pada setiap band untuk masing-masing sampel diekstraksi menggunakan fungsi *sampleRegions* dengan skala 10 m, sesuai resolusi spasial Sentinel-2. Prinsip ini merujuk pada konsep pembuatan *training area* sebagai langkah awal klasifikasi terbimbing, di mana nilai piksel pada area contoh menjadi acuan pengenalan piksel lain (Noer dan Wibowo, 2024).

Tabel 3. 2 Definisi Klasifikasi Kelas Tutupan Lahan

No.	Kelas	Definisi	Contoh
1	Lahan Terbuka	Area yang tidak memiliki tutupan vegetasi maupun struktur bangunan permanen pada saat perekaman citra, termasuk tanah kosong, lahan bekas galian, atau area dalam tahap pembangunan awal. Contohnya: tanah kosong, bekas galian tambang, lapangan tanpa vegetasi	
2.	Permukiman	Area terbangun yang digunakan untuk hunian dan aktivitas lainnya, termasuk fasilitas sosial, perdagangan dan jasa dll. Contohnya: rumah tinggal, kompleks perumahan, ruko, fasilitas umum dilingkungan permukiman.	
3.	Pertanian	Lahan yang berada dalam pengelolaan budidaya tanaman, baik tanaman pangan, hortikultura, maupun perkebunan. Contohnya: sawah, ladang, kebun campuran dan lahan hortikultura	
4.	Vegetasi	Tutupan lahan oleh vegetasi alami atau yang tidak berada dalam pengelolaan budidaya pertanian. Contohnya; hutan, semak belukar, vegetasi disepanjang sungai, ruang terbuka hijau.	

Sumber: Hasil Identifikasi Penulis

5. Pembagian Data Latih dan Data Validasi

Sampel yang telah terkumpul dibagi secara acak menjadi data latih (70%) dan data validasi (30%) menggunakan kolom acak (*random column*).

Pembagian ini merupakan pendekatan yang lebih otomatis dibandingkan metode pengambilan sampel independen sebanyak 20 titik per kelas, namun tetap memiliki tujuan yang sama, yaitu memisahkan data untuk pelatihan model dan pengujian akurasi secara objektif (Noer et al., 2024) .

6. Klasifikasi Citra Menggunakan Random Forest

Klasifikasi tutupan lahan dilakukan dengan algoritma *Random Forest* (100 pohon keputusan) yang dilatih menggunakan data latih dan seluruh band input (B2, B3, B4, B8, B11, B12, NDVI). Penggunaan 100 pohon keputusan didasarkan pada pertimbangan efisiensi pemrosesan dan akurasi, di mana akurasi klasifikasi *Random Forest* umumnya sudah stabil pada kisaran 100–500 pohon, sementara penambahan jumlah pohon di atas itu hanya memberikan peningkatan akurasi yang kecil namun meningkatkan beban pemrosesan secara signifikan (Belgiu *et al.*, 2016). *Random Forest* merupakan pengembangan dari prinsip klasifikasi terbimbing (*supervised classification*), yaitu proses pengelompokan piksel berdasarkan arahan pengguna melalui sampel pelatihan

7. Validasi dan Ground Checking

Uji akurasi hasil klasifikasi dilakukan menggunakan confusion matrix dan koefisien Kappa untuk menilai tingkat kesesuaian hasil klasifikasi tutupan lahan. Penggunaan koefisien Kappa bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian hasil klasifikasi secara statistik dan telah diterapkan dalam penelitian klasifikasi tutupan lahan berbasis *supervised classification* di wilayah hulu DAS oleh Althaaf et al. (20).

Koefisien kappa digunakan untuk menunjukkan akurasi hasil klasifikasi terbimbing yang dilakukan. Semakin mendekati angka 1, maka dapat dikatakan bahwa hasilnya semakin baik. Menurut (Altman, 1991), koefisien kappa dapat dibagi menjadi lima kelas yaitu:

<0,20	:Buruk (<i>Poor</i>)
0,21-0,40	:Lumayan (<i>Fair</i>)
0,41-0,60	:Cukup (<i>Moderate</i>)
0,61-0,80	:Baik (<i>Baik</i>)

0,81-1,00 :Sangai Baik (*Very Good*)

Selain uji akurasi statistik, validasi hasil klasifikasi didukung dengan interpretasi visual citra dan *ground checking* pada beberapa titik sampel terpilih untuk memastikan kesesuaian hasil klasifikasi dengan kondisi aktual di lapangan.

Hasil analisis perubahan tutupan lahan disajikan dalam bentuk peta tutupan lahan, tabel luasan, dan peta perubahan tutupan lahan antara tahun awal dan tahun eksisting. Perubahan tutupan lahan yang teridentifikasi selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap debit dan kualitas air pada Sistem Intake Dago Bengkok.

3.3.2 Analisis Debit Air

Debit dipilih sebagai parameter karena mencerminkan ketersediaan air permukaan yang secara langsung memengaruhi kontinuitas pasokan air baku. Pengolahan data debit dilakukan dengan menggunakan pendekatan statistik deskriptif untuk menggambarkan kondisi serta perubahan debit sungai selama periode 2021–2025. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Sumber Daya Air dan Bina Marga, dengan skala waktu tahunan sesuai dengan ketersediaan data. Pendekatan statistik deskriptif dalam analisis debit sungai juga banyak digunakan untuk menggambarkan karakteristik aliran seperti yang dilakukan dalam penelitian (Andika et al., 2024).

Untuk mengetahui kondisi debit sungai, perubahan debit dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan nilai debit antar periode waktu untuk melihat kecenderungan perubahan debit Sungai Cikapundung di Intake Dago Bengkok. Pendekatan perbandingan antar periode ini juga diterapkan dalam penelitian debit sungai sebelumnya oleh (Staddal et al., 2016).

Hasil analisis debit air kemudian disajikan dalam bentuk tabel statistik deskriptif dan grafik tren debit untuk memudahkan interpretasi kondisi serta perubahan debit air selama periode penelitian.

Tabel 3. 3 Contol Tabel Analisis Debit Air

Parameter	Satuan	Maksimum
Debit Sungai		

3.3.3 Analisis Kualitas Air

Analisis kualitas air dalam penelitian ini dibatasi pada parameter BOD, COD, TSS, DO dan *Fecal Coliform*. Pemilihan kelima parameter tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa masing-masing parameter tersebut responsif terhadap perubahan tutupan lahan, sebagaimana diuraikan dalam beberapa penelitian terdahulu yang telah dicantumkan pada tinjauan pustaka.

Analisis kualitas air dalam penelitian ini dilakukan melalui dua tahapan utama, yaitu analisis statistik deskriptif untuk melihat kondisi dan perubahan kualitas air dari waktu ke waktu, serta perbandingan hasil analisis dengan baku mutu yang berlaku untuk menentukan status pencemarannya. Pendekatan dua tahap ini merupakan metode yang umum digunakan dalam penelitian kualitas air sungai di Indonesia, di mana analisis deskriptif memberikan gambaran kondisi dan tren temporal, sementara perbandingan dengan baku mutu memberikan dasar penilaian status mutu air secara objektif dan legal (Pohan et al., 2016).

B. Kondisi dan Perubahan Kualitas Air

Untuk melihat kondisi dan perubahan kualitas air, parameter BOD, COD, TSS, DO dan *Fecal Coliform* dianalisis menggunakan statistik deskriptif. Analisis ini dilakukan dengan melihat perubahan masing-masing parameter pada setiap periode pengamatan (2021-2025), sebagaimana juga diterapkan dalam penelitian kualitas air (M. Harefa et al., 2025)

Kondisi dan Perubahan kualitas air dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan nilai parameter antar periode waktu. Melalui perbandingan ini, dapat diketahui kecenderungan perubahan kualitas air baku, apakah menunjukkan peningkatan, penurunan, atau fluktuasi selama periode penelitian. Untuk memperjelas hasil analisis, data kualitas air disajikan dalam bentuk tabel dan grafik tren, sehingga pola perubahan kualitas air dapat diamati dengan lebih mudah. Analisis ini tidak bertujuan untuk menguji signifikansi statistik, melainkan untuk menggambarkan perubahan kualitas air berdasarkan data yang tersedia.

Tabel 3. 4 Contoh Tabel Kondisi Kualitas Air

Tahun	BOD	COD	TSS	DO	<i>Fecal Coliform</i>

C. Perbandingan dengan baku mutu

Hasil analisis kualitas air kemudian dibandingkan dengan baku mutu yang berlaku untuk menilai kesesuaian kualitas air baku Sungai Cikapundung pada Sistem Intake Dago Bengkok. Parameter dibandingkan dengan baku mutu air berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui apakah kualitas air baku masih berada dalam batas yang direkomendasikan.

3.3.4 Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Debit dan Kualitas Air

Teknik analisis yang digunakan untuk menganalisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap debit dan kualitas air adalah analisis korelasi. Analisis korelasi merupakan teknik statistik yang digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antara dua variabel atau lebih. Dalam penggunaannya, paling sedikit terdapat dua variabel yang dikorelasikan, sehingga metode ini dapat digunakan untuk melihat hubungan antara perubahan tutupan lahan dengan debit dan kualitas air (Kartiningrum et al., 2022).

Dalam penelitian ini, analisis korelasi digunakan untuk mengetahui arah dan kekuatan hubungan antara variabel perubahan tutupan lahan dengan variabel debit dan kualitas air. Perubahan tutupan lahan berperan sebagai variabel bebas, sedangkan debit dan kualitas air berperan sebagai variabel terikat. Perubahan tutupan lahan dianalisis berdasarkan perubahan luas atau persentase masing-masing kelas tutupan lahan pada periode pengamatan, sedangkan debit dan kualitas air dianalisis berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait.

Penggunaan analisis korelasi dalam kajian perubahan tutupan lahan juga digunakan oleh (Rifai et al., 2023) dalam penelitian mengenai pengaruh perubahan tutupan lahan akibat pembangunan fasilitas umum dan fasilitas sosial terhadap zona nilai tanah. Penelitian tersebut menggunakan analisis korelasi untuk mengetahui hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat, yaitu hubungan antara aksesibilitas terhadap fasilitas umum dan fasilitas sosial dengan perubahan nilai tanah. Hal tersebut menunjukkan bahwa analisis korelasi dapat digunakan untuk mengidentifikasi arah dan kekuatan hubungan antarvariabel dalam penelitian yang menggunakan istilah pengaruh.

Jenis korelasi yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan karakteristik data. Apabila data berdistribusi normal dan memiliki hubungan linear, maka analisis dilakukan menggunakan korelasi Pearson. Namun, apabila data tidak berdistribusi normal atau jumlah data terbatas, maka digunakan korelasi Spearman Rank. Pemilihan jenis korelasi tersebut dilakukan setelah pemeriksaan karakteristik data, sehingga metode analisis yang digunakan sesuai dengan kondisi data penelitian.

Hasil analisis korelasi ditunjukkan melalui nilai koefisien korelasi. Nilai koefisien korelasi positif menunjukkan hubungan searah, sedangkan nilai koefisien korelasi negatif menunjukkan hubungan berlawanan arah. Semakin mendekati angka 1 atau -1, maka hubungan antarvariabel semakin kuat. Sebaliknya, nilai koefisien korelasi yang mendekati angka 0 menunjukkan hubungan yang semakin lemah. (Subhaktiyasa et al., 2025)

1. Pola Hubungan Antar Variabel

No	Variabel Independent	Variabel Dependent	Pola Hubungan	Keterangan
1	Lahan Terbuka	BOD	Positif	Erosi tanah dapat mengangkut bahan organik dan senyawa kimia ke badan air, namun kontribusinya tidak sebesar pencemaran yang berasal dari aktivitas manusia (Banun et al., 2022)
		COD		
		TSS	Positif	Tingginya erosi pada lahan tanpa vegetasi

No	Variabel Independent	Variabel Dependent	Pola Hubungan	Keterangan
				meningkatkan padatan tersuspensi di badan air(Alfatihah et al., 2022).
		DO	Negatif	Kekeruhan yang meningkat mengurangi masuknya cahaya matahari ke dalam air dan dapat meningkatkan suhu air, sehingga kadar oksigen terlarut menjadi lebih rendah (Marselina, 2025.).
		Fecal Coliform	Positif	Lahan terbuka dapat menjadi tempat aktivitas satwa liar yang menghasilkan kotoran, namun kontribusinya terhadap peningkatan fecal coliform umumnya lebih kecil dibandingkan limbah domestik dan peternakan (Devane et al., 2020)
		Debit	Positif	Berkurangnya tutupan vegetasi menurunkan infiltrasi tanah sehingga limpasan meningkat (Permatasari <i>et al.</i> , 2017).
2	Permukiman	BOD	Positif	Limbah rumah tangga adalah penyumbang utama pencemaran organik; sebagian besar parameter kualitas air seperti COD, BOD berpengaruh positif terhadap luas permukiman(Marselina, n.d.).
		COD		
		TSS	Positif	Sedimen yang berasal dari kegiatan pembangunan, permukaan jalan, dan limpasan di kawasan permukiman dapat meningkatkan konsentrasi TSS di badan air (Marselina, 2025.).
		DO	Negatif	Beban limbah organik yang tinggi menurunkan oksigen terlarut secara

No	Variabel Independent	Variabel Dependent	Pola Hubungan	Keterangan
				signifikan (Marselina, 2025.)..
		<i>Fecal Coliform</i>	Positif	Sumber utamanya limbah domestik tanpa pengolahan atau kebiasaan buang air besar sembarangan di sekitar permukiman padat (Marselina, 2025.).
		Debit	Positif	Makin luas permukiman/area kedap air, makin besar debit banjir yang dihasilkan karena air hujan tidak sempat meresap (Y. I. Harefa, 2026)
3	Pertanian	BOD	Positif	Limbah pupuk dan pestisida kimia pertanian ikut mencemari sungai membuat kadar BOD dan COD semakin naik (Ahmad Dhiyaul Dhaifulloh et al., 2024)
		COD	Positif	
		TSS	Positif	Kekeruhan dan padatan tersuspensi terbukti signifikan lebih tinggi pada sungai di kawasan pertanian dibanding sungai berhutan akibat erosi tanah olahan (Marselina, 2025.)..
		DO	Negatif	Bahan organik yang terbawa dari lahan pertanian ke badan air dapat mengalami penguraian, sehingga kadar oksigen terlarut (DO) menjadi berkurang (Marselina, 2025.)..
		<i>Fecal Coliform</i>	Positif	Pada beberapa kawasan pertanian, terutama yang disertai kegiatan peternakan atau penggembalaan, limpasan permukaan dapat membawa kotoran ternak ke badan air sehingga berpotensi meningkatkan

No	Variabel Independent	Variabel Dependent	Pola Hubungan	Keterangan
				konsentrasi <i>fecal coliform</i> (Marselina, 2025.)..
		Debit	Positif	Lahan pertanian menyerap air lebih sedikit dibanding hutan, sehingga air yang mengalir ke sungai lebih banyak (Salim et al., 2019a).
4	Vegetasi	BOD	Negatif	Vegetasi berperan mengendalikan masuknya polutan organik dan kimia ke badan air (Wiesye Nangoy et al., 2026) .
		COD	Negatif	
		TSS	Negatif	Sistem perakaran vegetasi menahan partikel tanah sehingga mengurangi sedimentasi (Wiesye Nangoy et al., 2026)j.
		DO	Positif	Rendahnya beban pencemar mendukung kelarutan oksigen yang lebih baik ((Marselina, 2025.)..
		<i>Fecal Coliform</i>	Negatif	Minimnya aktivitas manusia di kawasan bervegetasi mengurangi sumber kontaminasi bakteri fekal (Marselina, 2025.). .
		Debit	Negatif	Vegetasi meningkatkan infiltrasi dan intersepsi air hujan sehingga menstabilkan karakteristik hidrologi DAS (Salim et al., 2019b).

3.4 Metode Pengumpulan Data

Iba et al (2023) dalam jurnalnya menjelaskan bahwa teknik pengumpulan data penelitian adalah metode atau cara yang digunakan untuk mengumpulkan informasi yang diperlukan dalam sebuah studi atau penelitian. Pemilihan teknik pengumpulan data sangat penting karena dapat mempengaruhi validitas dan reliabilitas hasil penelitian yang harus disesuaikan dengan tujuan penelitian, jenis data yang

dibutuhkan, sumber daya yang tersedia, dan pertimbangan etis. Kombinasi beberapa teknik pengumpulan data juga sering digunakan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih lengkap tentang masalah penelitian. Metode pengumpulan juga terbagi menjadi dua, yaitu pengumpulan secara primer dan secara sekunder. Adapun metode pengumpulan data yang digunakan dalam kajian ini yaitu observasi lapangan, wawancara, kuesioner, dan kompilasi data dari literatur ilmiah maupun kebijakan.

3.3.5 Pengumpulan Data Primer

A. Observasi Lapangan

Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung terhadap objek penelitian di lapangan dengan tujuan untuk memahami keadaan yang sebenarnya dari variabel yang sedang diteliti. Adapun dalam kajian ini, Observasi lapangan dilakukan sebagai ground checking untuk memvalidasi hasil analisis perubahan tutupan lahan berbasis citra satelit, khususnya pada wilayah hulu DAS Cikapundung. Observasi ini bertujuan untuk memastikan kesesuaian antara klasifikasi tutupan lahan hasil interpretasi citra dengan kondisi aktual di lapangan.

Pelaksanaan observasi lapangan ini dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu:

Tahap Pertama: Identifikasi titik observasi, tahap ini diawali dengan membuat grid (*fishnet*) pada peta hasil klasifikasi tutupan lahan menggunakan perangkat lunak ArcGIS/ArcMap. Dari sel-sel grid yang terbentuk, dipilih grid yang memiliki tingkat dominasi $\geq 90\%$ terhadap satu kelas tutupan lahan tertentu, sehingga titik observasi yang terpilih benar-benar mewakili karakteristik kelas tutupan lahan yang homogen dan bukan berada pada area transisi atau campuran antar-kelas. Selanjutnya, grid yang memenuhi kriteria dominasi diseleksi berdasarkan aksesibilitas lokasi, yaitu titik harus dapat dijangkau dan aman untuk dikunjungi pada saat pengecekan lapangan. Dari hasil seleksi tersebut ditetapkan 8 (delapan) titik observasi yang secara

proporsional mewakili keempat kelas klasifikasi tutupan lahan pada wilayah studi, dengan rincian: 1 titik pada kelas lahan terbuka, 2 titik pada kelas pertanian, 3 titik pada kelas permukiman, dan 2 titik pada kelas vegetasi. Proporsi titik yang lebih banyak pada kelas permukiman ditetapkan mengingat tingginya variasi karakteristik pada kelas ini di lapangan (kepadatan bangunan, keberadaan sistem pembuangan limbah, serta kemungkinan aktivitas non-domestik tersembunyi di dalamnya). Kedelapan titik tersebut tersebar di 3 (tiga) wilayah administrasi, yaitu Kabupaten Bandung, Kota Bandung, dan Kabupaten Bandung Barat.

Tahap Kedua: Pelaksanaan survei lapangan, yang dilakukan dengan bantuan aplikasi Avenza Maps untuk navigasi menuju titik-titik observasi yang telah ditentukan, dilengkapi dengan peta kerja sebagai panduan visual, serta kamera yang tersambung dengan aplikasi GPS Map Camera untuk mendokumentasikan kondisi eksisting di setiap titik beserta informasi koordinat dan waktu pengambilan secara otomatis pada foto.

Sebaran kedelapan titik observasi beserta koordinatnya disajikan pada Tabel berikut.

No	Kelaas Tutupan Lahan	Koordinat	Lokasi
1	Lahan Terbuka	-6.852483, 107.666820	Jl. Terusan Padasuka, Kec. Cimenyan, Kab. Bandung
2	Pertanian (fase bera)	-6.855853, 107.766619	Jl. Terusan Padasuka, Kec. Cimenyan, Kab. Bandung
3	Pertanian aktif	-6.848872, 107.601123	Jl. Dr. Setiabudi, Kec. Cidadap, Kota Bandung
4	Permukiman (lereng bukit)	-6.854239, 107.767275	Jl. Terusan Padasuka, Kec. Cimenyan, Kab. Bandung

No	Kelaas Tutupan Lahan	Koordinat	Lokasi
5	Permukiman (+ peternakan ayam petelur)	-6.864386, 107.657987	Gg. Palem II, Kec Cimenyan, Kab. Bandung
6	Permukiman (konstruksi baru, KBU)	-6.861447, 107.648601	Jalan Raya Resort, Cimenyan, Kab. Bandung
7	Vegetasi (Tahura Ir. H. Djuanda)	-6.857524, 107.632513	Jalan Pakar Barat Cimenyan, Kab. Bandung
8	Vegetasi	-6.853431, 107.607712	Kec. Lembang, Kab. Bandung Barat

3.3.6 Pengumpulan Data Sekunder

Pendekatan ini menggunakan data yang telah dikumpulkan oleh pihak lain, seperti data dari pemerintah, lembaga penelitian, atau organisasi lain. Data sekunder dapat digunakan untuk analisis tambahan atau studi perbandingan (Iba et al., 2023). Adapun data-data yang dikumpulkan secara sekunder untuk mendukung kajian ini ialah data-data spasial atau pemetaan dari laman Indonesia Geospasial, Google Earth, maupun dokumen rencana spasial seperti RTRW Kota Bandung dan RDTR Kota Bandung. Selain itu, data sekunder lain yang digunakan meliputi data debit Sungai Cikapundung dan data kualitas air pada Sistem Intake Dago Bengkok yang diperoleh dari Perumda Tirtawening Kota Bandung.

3.5 Matriks Analisis

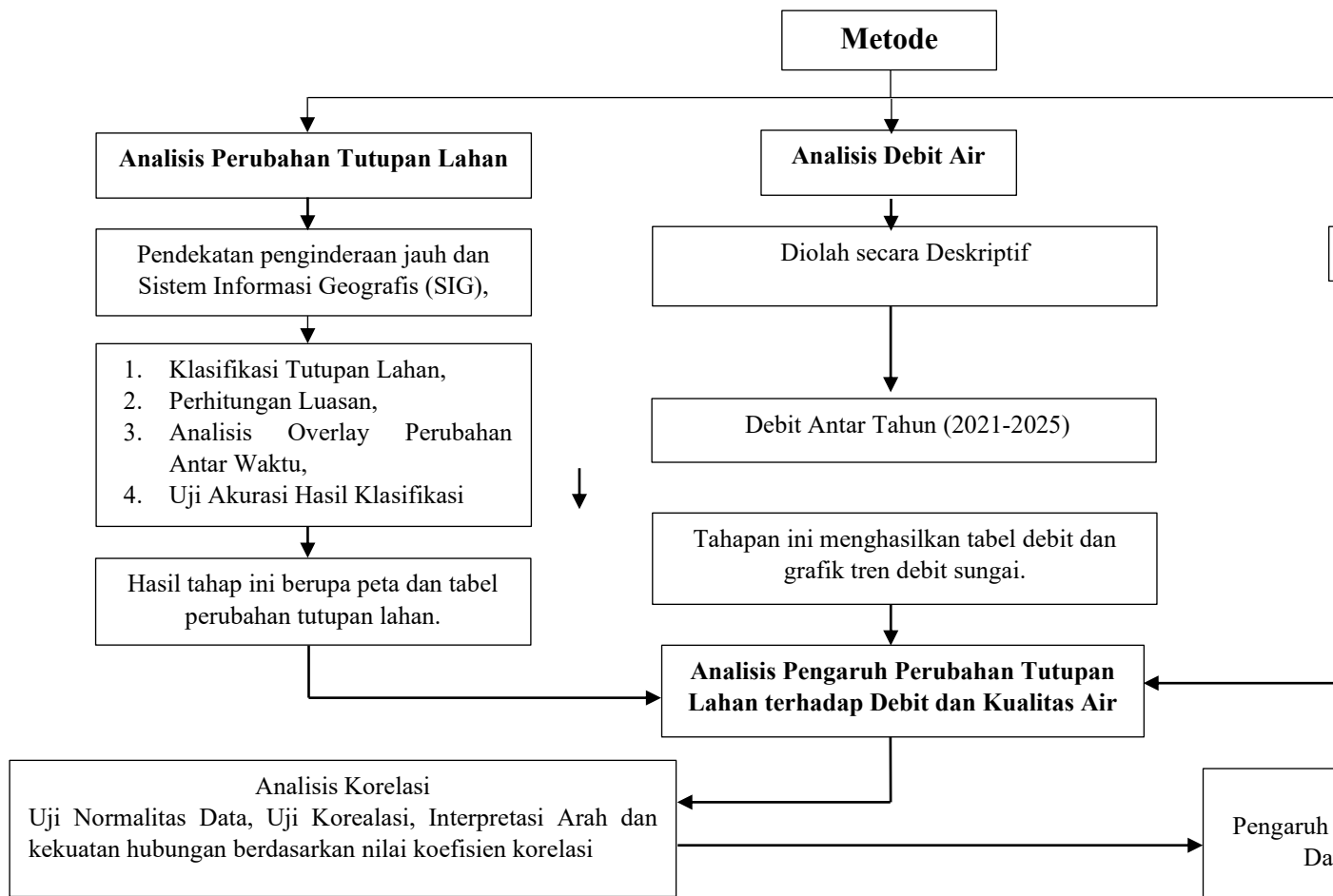
Matriks analisis penelitian disusun untuk menunjukkan keterkaitan antara sasaran penelitian, variabel yang diteliti, jenis dan sumber data, serta metode analisis yang digunakan dalam menjawab tujuan penelitian. Matriks ini berfungsi sebagai pedoman dalam proses analisis data agar langkah penelitian berjalan sistematis dan terarah.

Tabel 3. 5 Matriks Analisis

No	Sasaran Penelitian	Variabel Penelitian	Indikator Penelitian	Jenis Data	Sumber Data	Metode Analisis	Output
1.	Tersusunnya informasi perubahan tutupan lahan di DAS Cikapundung, khususnya wilayah hulu (KBU).	Perubahan Tutupan Lahan	Luasan dan persentase masing-masing kelas tutupan lahan; besaran perubahan tutupan lahan antar waktu	Data Sekunder	Citra satelit Sentinel-2	Analisis penginderaan jauh dan SIG meliputi supervised classification, perhitungan luasan, analisis perubahan tutupan lahan, serta uji akurasi (confusion matrix dan koefisien Kappa)	Peta Perubahan Tutupan Lahan, Grafik dan Tabel Perubahan Tutupan Lahan
				Data Primer	Survei lapangan (<i>ground check</i>)	<i>Ground Check</i> — verifikasi langsung kondisi eksisting tutupan lahan di lapangan terhadap hasil klasifikasi citra	Hasil observasi lapangan (deskripsi kondisi eksisting tutupan lahan dan dokumentasi foto pada tiap titik, serta tingkat kesesuaiannya dengan hasil klasifikasi citra)
2.	Teridentifikasinya perubahan debit Sungai Cikapundung serta tersedianya gambaran kondisi kualitas air pada Sistem Intake Dago	Debit Air	Debit Maksimum,	Data Sekunder	Dinas Sumber Daya Air dan Bina Marga	Analisis statistik deskriptif dan analisis tren debit antar periode waktu	Tabel statistik debit dan grafik tren debit
		Kualitas Air	BOD, COD, TSS, DO dan Fecal Coliform	Data Sekunder	Dinas Lingkungan Hidup	Analisis statistik deskriptif (min–maks–rata-rata), analisis tren antar periode dan perbandingan	Tabel statistik kualitas air, grafik tren Parameter, dan tabel kesesuaian baku mutu

No	Sasaran Penelitian	Variabel Penelitian	Indikator Penelitian	Jenis Data	Sumber Data	Metode Analisis	Output
						dengan baku mutu	
3	Teranalisisnya pengaruh perubahan tutupan lahan DAS Cikapundung terhadap debit dan kualitas air Sungai Cikapundung pada Sistem Intake Dago	Variabel Independent: Perubahan tutupan lahan Variabel Dependen: Debit dan Kualitas Air	Luasan masing-masing kelas tutupan lahan; besaran perubahan tutupan lahan antar waktu. Debit Maksimum, BOD, COD, TSS, DO dan Fecal Coliform	Data Sekunder dan Data Spasial	Citra Satelis Sentinel-2, Dinas SDA dan Bina Marga dan Dinas Lingkungan Hidup	Teknik analisis yang digunakan untuk menganalisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap debit dan kualitas air adalah analisis korelasi	Hasil Analisis Korelasi menggunakan SPSS

3.6 Kerangka Analisis



Gambar 3. 1 Kerangka Analisis

BAB IV

GAMBARAN UMUM

4.1 Gambaran Umum Studi

Wilayah penelitian ini di Kawasan Bandung Utara (KBU), yang mana ditetapkan dalam Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 2 Tahun 2016 tentang Pedoman Pengendalian Kawasan Bandung Utara Sebagai Kawasan Strategis Provinsi Jawa Barat. Untuk membatasi lingkup kajian, wilayah studi difokuskan pada kecamatan-kecamatan dalam KBU yang dilalui aliran Sungai Cikapundung hingga outlet di Dago Bengkok, yaitu Kecamatan Cidadap, Cimenyan, Coblong, Lembang, dan Sukasari.

Secara administratif, kelima kecamatan ini berada di tiga wilayah pemerintahan, yaitu Kota Bandung, Kabupaten Bandung, dan Kabupaten Bandung Barat, dengan total luas wilayah studi 16.899 ha.

Secara umum, penggunaan lahan di wilayah studi didominasi oleh empat kategori utama, yaitu vegetasi, pertanian, permukiman, dan lahan terbuka, dengan karakteristik kegiatan yang berbeda pada tiap kecamatan. Di bagian utara (Kecamatan Lembang dan sebagian Cimenyan), aktivitas dominan berupa pertanian hortikultura dan peternakan sapi perah, dengan populasi sekitar 26.300 ekor sapi, di mana hanya sekitar 30% limbahnya terkelola secara tepat dan sisanya berpotensi mencemari badan air (Iqbal, 2025). Kawasan ini juga mengalami tekanan pembangunan berupa berkembangnya vila, hotel, restoran, serta fasilitas wisata dan usaha lainnya, tercermin dari lebih dari 400 izin mendirikan bangunan (IMB) yang diterbitkan pada periode 2008–2023 (Iqbal, 2025). Semakin ke selatan (Kecamatan Sukasari, Cidadap, hingga Coblong), penggunaan lahan bertransisi menjadi kawasan permukiman yang lebih padat dan menyatu dengan area terbangun Kota Bandung.

4.2.1 Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu unsur iklim yang berperan penting dalam siklus hidrologi DAS, khususnya dalam memengaruhi besaran limpasan permukaan, infiltrasi air ke dalam tanah, serta ketersediaan debit air pada suatu wilayah tangkapan air.

Tabel 4. 1 Curah Hujan Tahun 2025

Bulan	Curan Hujan (mm)
Januari	225,1
Februari	131,4
Maret	274,1
April	245,2
Mei	278,6
Juni	85,4
Juli	112,9
Agustus	211,9
September	217,5
Oktober	256,1
November	219,8
Desember	196

Sumber: BMKG Stasiun Geofisika Kota Bandung 2025

Kondisi curah hujan di wilayah studi diperoleh dari data Stasiun Geofisika BMKG Bandung tahun 2025. Berdasarkan data tersebut, wilayah studi menerima curah hujan tahunan sebesar 2.454,0 mm, dengan rata-rata curah hujan bulanan sebesar 204,5 mm. Sebaran curah hujan sepanjang tahun disajikan pada tabel di atas.

Curah hujan tertinggi tercatat pada bulan Mei (278,6 mm), diikuti oleh Maret (274,1 mm) dan Oktober (256,1 mm), sedangkan curah hujan terendah terjadi pada bulan Juni (85,4 mm) dan Juli (112,9 mm). Berdasarkan klasifikasi tipe iklim Schmidt–Ferguson, dari 12 bulan yang diamati terdapat 11 bulan basah (curah hujan > 100 mm) dan 1 bulan lembab (curah hujan 60–100 mm, yaitu Juni), tanpa satu pun bulan kering (curah hujan < 60 mm). Nilai perbandingan bulan kering terhadap bulan basah (Q) sebesar 0%, sehingga wilayah studi tergolong ke dalam tipe iklim A (sangat basah) menurut klasifikasi Schmidt Ferguson karakteristik yang umum dijumpai pada kawasan pegunungan tropis seperti Kawasan Bandung Utara, dan mendukung fungsi kawasan ini sebagai daerah resapan air bagi DAS Cikapundung.

Pola curah hujan tinggi yang berlangsung hampir sepanjang tahun, tanpa periode kering yang tegas, mengindikasikan bahwa wilayah studi memiliki potensi limpasan permukaan yang tinggi apabila kapasitas infiltrasi tanah menurun akibat berkurangnya tutupan vegetasi sebagaimana menjadi premis dasar penelitian ini.

4.2.2 Iklim El-Nino

Data curah hujan Stasiun Geofisika BMKG Bandung tahun 2023 mengonfirmasi terjadinya defisit curah hujan yang tajam pada musim kemarau tahun tersebut, bertepatan dengan fenomena El Niño.

Tabel 4. 2 Curah Hujan Tahun 2023 dan 2025

Bulan	Curah Hujan 2023 (mm)	Curah Hujan 2025 (mm)
Juli	24,00	112,9
Agustus	29,7	211,9
September	18,2	217,5

Sumber: Stasiun Geofisika BMKG Bandung

Dilihat dari data di atas, penurunan paling signifikan teramati pada periode Juli–September 2023, dengan curah hujan berturut-turut hanya 24,0 mm, 29,7 mm, dan 18,2 mm jauh di bawah ambang 60 mm yang menjadi batas kategori bulan kering menurut klasifikasi Schmidt Ferguson. Ketiga bulan tersebut tergolong bulan kering, berbeda dengan kondisi tahun 2025 yang sama sekali tidak memiliki bulan kering. Akibatnya, nilai perbandingan bulan kering terhadap bulan basah (Q) pada 2023 tercatat sebesar 50%, menjadikan tipe iklim wilayah studi pada tahun tersebut bergeser dari tipe A (sangat basah, kondisi 2025) menjadi tipe C (agak basah) menurut klasifikasi Schmidt–Ferguson.

Kondisi kekeringan meteorologis pada Juli–September 2023 ini memberikan penjelasan yang kuat terhadap anomali klasifikasi tutupan lahan yang ditemukan pada citra tahun 2023, khususnya pergeseran sebagian lahan pertanian di Kecamatan Cimenyan menjadi terklasifikasi sebagai lahan terbuka. Defisit curah hujan yang tajam pada periode tersebut kemungkinan menyebabkan lahan pertanian mengalami kekeringan vegetasi atau memasuki fase bera lebih awal/lebih panjang dari kondisi normal, sehingga spektral citra pada piksel tersebut lebih menyerupai karakteristik lahan terbuka dibandingkan lahan pertanian aktif. Klasifikasi tersebut kembali terkoreksi menjadi pertanian pada citra tahun berikutnya, seiring pemulihan curah hujan menuju kondisi normal.

4.2 Gambaran Umum Daerah Aliran Sungai (DAS) Cikapundung

Sungai Cikapundung memiliki panjang kurang lebih 28 km dan bermuara di Sungai Citarum. Sungai Cikapundung berhulu di sekitar Gunung Bukit Tunggul dan Gunung Pangparang di Desa Cipanjalu, Kecamatan Cilengkrang, Kabupaten Bandung dan mengalir ke arah barat. Di Wilayah Lembang, aliran sungai Cikapundung bertemu dengan Sungai Cigulung yang berhulu di Gunung Tangkuban Parahu. Aliran sungainya kemudian berbelok mengalir ke selatan melewati kota Bandung dan bermuara ke Sungai Citarum.

Sungai Cikapundung memiliki luas daerah tangkapan di bagian hulu seluas 111,3 km², di bagian tengah seluas 90,4 km² dan dibagian hilir seluas 76,5 km². Aliran sungai ini melintasi beberapa kecamatan di tiga kabupaten kota, yaitu Kota Bandung, Kabupaten Bandung, dan Kabupaten Bandung Barat.

Sungai Cikapundung juga menghadapi tekanan pencemaran domestik. Sebagai anak sungai DAS Citarum Hulu yang digunakan untuk air baku air minum, irigasi, dan perikanan, Sungai Cikapundung pada 2016 tercatat berstatus cemar sedang pada musim kering dan cemar ringan pada musim basah berdasarkan metode indeks pencemar, dengan beban pencemar yang terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk. Penelitian lain yang lebih baru meneliti hubungan antara limbah rumah tangga dan pencemaran di segmen Jalan Wastukencana (Tamba et al., 2024).

4.3 Kondisi Fisik

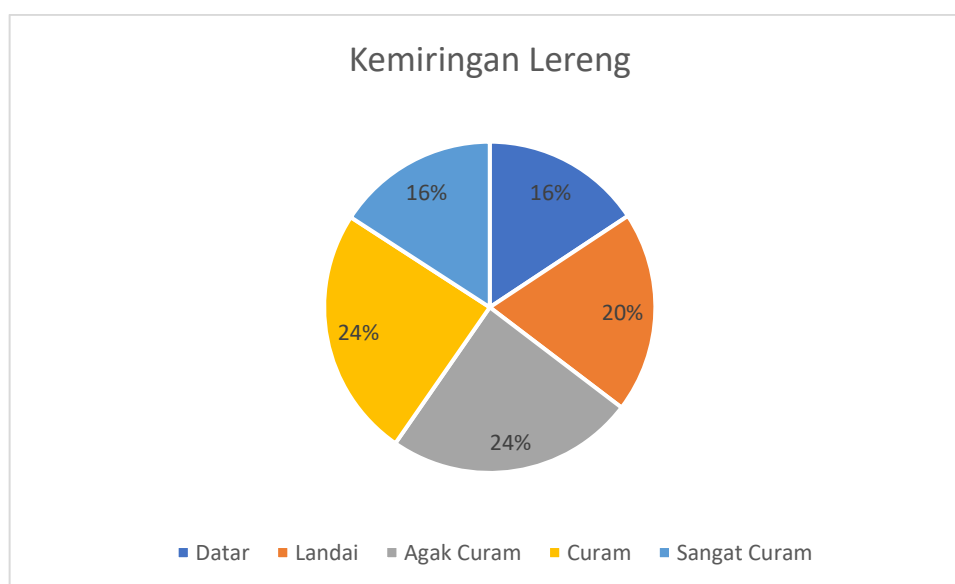
4.2.1 Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng adalah salah satu karakteristik fisik lahan yang berperan cukup penting dalam proses hidrologi suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Kemiringan lereng yang berbeda menghasilkan nilai laju infiltrasi yang berbeda, lereng yang lebih curam memberikan tingkat infiltrasi yang lebih rendah dibandingkan lereng yang landai, sehingga volume aliran permukaan yang dihasilkan lebih besar (Qur'ani et al., 2022). DAS Cikapundung Hulu mempunyai karakteristik topografi yang didominasi oleh perbukitan hingga pegunungan, karena lokasinya berada di Kawasan Bandung Utara (KBU) yang berperan sebagai kawasan tangkapan air dan konservasi bagi Cekungan Bandung (Wijayakusuma,

2023). Dalam penelitian ini, klasifikasi kemiringan lereng dilakukan berdasarkan hasil pengolahan data Digital Elevation Model (DEM) SRTM yang kemudian dikelompokkan ke dalam lima kelas kemiringan lereng mengacu pada klasifikasi Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (Puslittanak) tahun 1997, yaitu datar, landai, agak curam, curam, dan sangat curam.

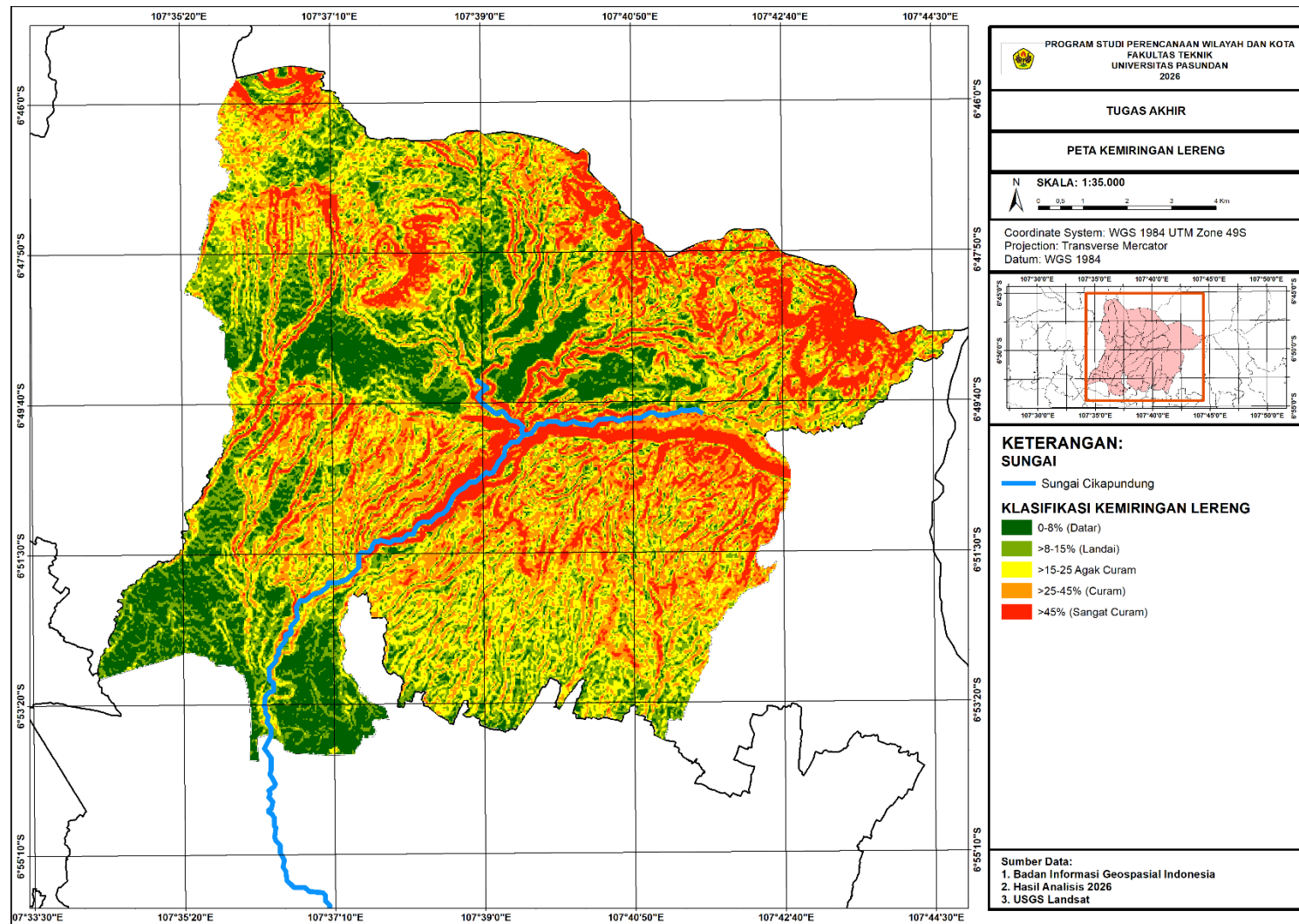
Tabel 4. 3 Luas Kemiringan Lereng

Klasifikasi	Luas (ha)
Datar	2.653
Landai	3.321
Agak Curam	4.108
Curam	4.138
Sangat Curam	2.679
Total	16.899



Gambar 4. 1 Grafik Kemiringan Lereng Wilayah Penelitian

Berdasarkan tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa, kemiringan lereng di wilayah penelitian didominasi oleh klasifikasi agak curam dan curam dengan luas 24% dari total luas wilayah secara keseluruhan. Kedua kelas tersebut mencakup hampir separuh (48%) dari keseluruhan luas wilayah penelitian.



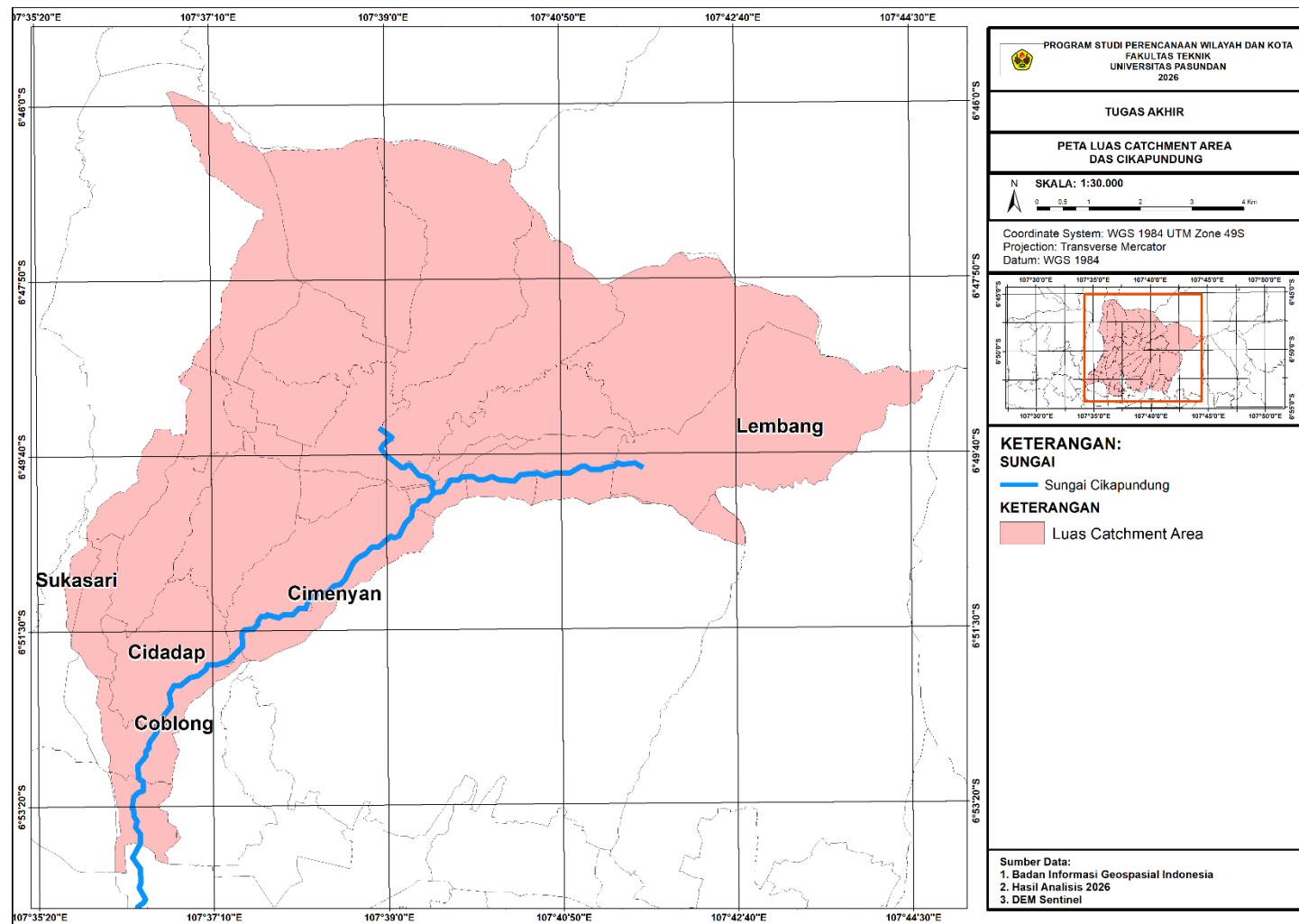
Gambar 4. 2 Peta Kemiringan Lereng Wilayah Penelitian

4.2.2 Luas Catchment Area DAS Cikapundung

Luas catchment area DAS Cikapundung didapatkan melalui proses delineasi Digital Elevation Model (DEM) menggunakan perangkat lunak ArcMap, dengan tahapan meliputi Fill, Flow Direction, Flow Accumulation, dan Watershed. Titik delineasi ditentukan di sekitar Dago Bengkok, disesuaikan dengan titik pengambilan data debit dan kualitas air pada penelitian ini.

Berdasarkan hasil delineasi tersebut, diperoleh luas catchment area DAS Cikapundung hingga outlet Dago Bengkok sebesar 9.451 ha. Luas ini merepresentasikan wilayah hulu hingga tengah DAS Cikapundung, yang mencakup area tangkapan air yang memiliki peran penting sebagai daerah resapan bagi Kawasan Bandung Utara (KBU), sebelum aliran sungai berlanjut lebih jauh ke arah selatan menuju muaranya di Sungai Citarum.

Dibandingkan dengan luas keseluruhan DAS Cikapundung yang mencapai $\pm 434,43 \text{ km}^2$ (dari hulu hingga muara Citarum), catchment area hasil delineasi pada penelitian ini mencakup sekitar 21,8% dari total luas DAS, yang berfokus pada wilayah tangkapan air di kawasan KBU sebagai area kajian utama



Gambar 4. 3 Luas Catchment Area DAS Cikapundung

BAB V

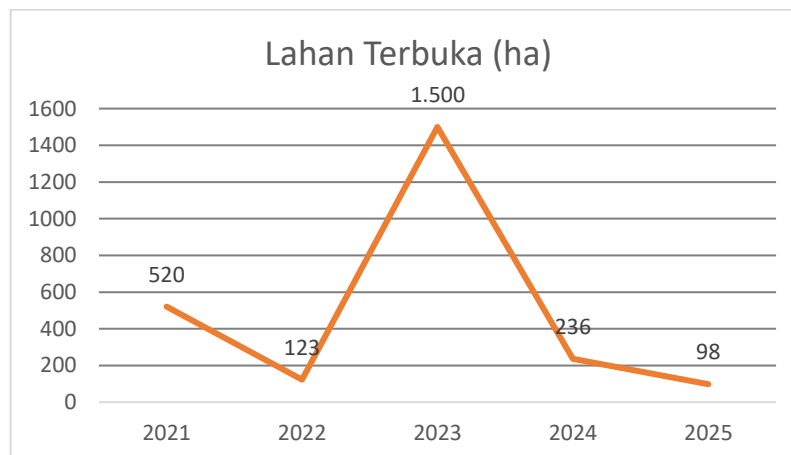
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Perubahan Tutupan Lahan

Analisis Perubahan Tutupan lahan dilakukan terhadap lima tahun pengamatan, yaitu tahun 2021, 2022, 2023, 2024, dan 2025 untuk mengetahui dinamika perubahan tutupan lahan di wilayah tangkapan air (Kawasan Bandung Utara) yang berkontribusi terhadap sistem intake dam. Seluruh citra diolah dengan menggunakan tahapan yang sudah dijelaskan pada Bab Metodologi, meliputi pemrosesan citra Sentinel-2 dan *Masking* awan, penambahan indeks NDVI, pembuatan *training sample*, pembagian *training sample* dan data validasi, klasifikasi menggunakan random forest, serta validasi hasil klasifikasi menggunakan koefisien Kappa. Dengan tahapan yang sama setiap tahun, perbedaan hasil klasifikasi yang muncul pada setiap tahun, perbedaan hasil klasifikasi yang muncul diinterpretasikan sebagai representasi perubahan kondisi tutupan lahan, bukan disebabkan oleh perbedaan metode pengolahan data.

Hasil klasifikasi tutupan lahan tersebut disajikan dalam bentuk peta tutupan lahan, tabel luas tutupan lahan, serta tabel akurasi klasifikasi berupa Koefisien Kappa.

1. Lahan Terbuka

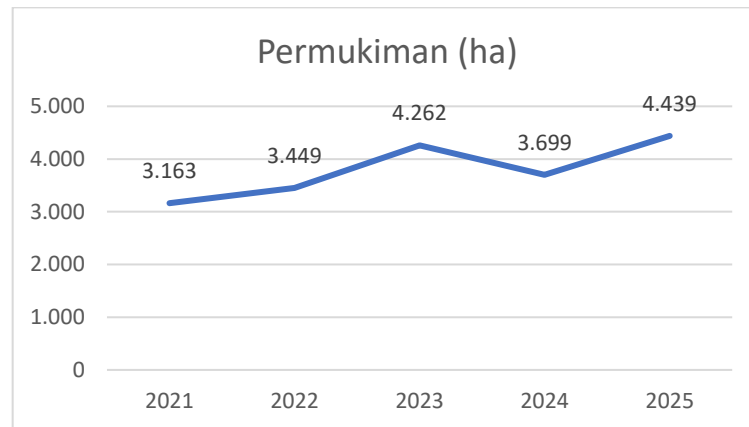


Gambar 5 1 Grafik Luas Perubahan Lahan Terbuka Tahun 2021-2025

Berdasarkan tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa, luas lahan terbuka pada tahun 2021 tercatat sebesar 520 ha, kemudian menurun menjadi 123

ha pada tahun 2022. Selanjutnya terjadi peningkatan yang sangat signifikan pada tahun 2023, dengan luas mencapai 1.500 ha, sebelum akhirnya turun tajam menjadi 236 ha pada tahun 2024 dan terus menurun hingga 98 ha pada tahun 2025.

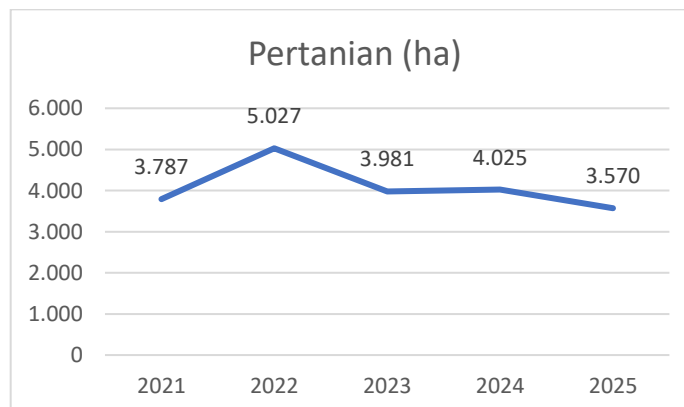
2. Permukiman



Gambar 5 2 Grafik Luas Perubahan Lahan Permukiman Tahun 2021-2025

Berdasarkan tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa, pada klasifikasi lahan permukiman, tutupan lahan menunjukkan peningkatan yang cenderung konsisten selama periode pengamatan 2021–2025, meskipun mengalami sedikit penurunan pada satu tahun 2024. Luas lahan permukiman pada tahun 2021 tercatat sebesar 3.163 ha, kemudian meningkat menjadi 3.449 ha pada tahun 2022. Peningkatan berlanjut pada tahun 2023, dengan luas mencapai 4.262 ha, lalu mengalami penurunan menjadi 3.699 ha pada tahun 2024. Selanjutnya, luas lahan permukiman kembali meningkat pada tahun 2025, yaitu sebesar 4.439 ha.

3. Pertanian

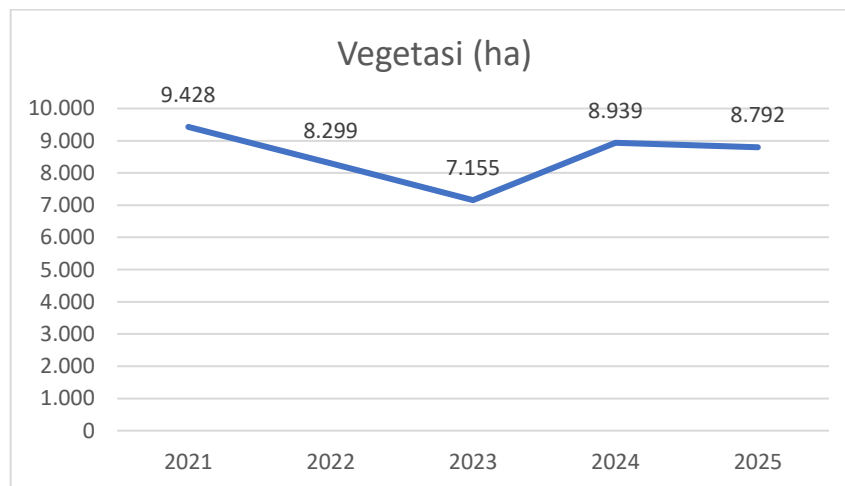


Gambar 5 3 Grafik Luas Perubahan Lahan Pertanian Tahun 2021-2025

Berdasarkan tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa, pada klasifikasi lahan pertanian, tutupan lahan berubah fluktuatif selama periode pengamatan 2021–2025. Luas lahan pertanian pada tahun 2021 sebesar 3.787 ha, kemudian meningkat menjadi 5.027 ha pada tahun 2022. Lalu terjadi penurunan pada tahun 2023, dengan luas menjadi 3.981 ha, kemudian sedikit meningkat menjadi 4.025 ha pada tahun 2024, lalu kembali menurun hingga mencapai 3.570 ha pada tahun 2025.

Secara umum, ini menunjukkan bahwa luas lahan pertanian relatif stabil pada 3.500–4.000 ha di periode pengamatan, dengan pengecualian terjadi kenaikan pada tahun 2022. Penurunan pada tahun-tahun terakhir (2023–2025) dapat mengindikasikan adanya alih fungsi lahan pertanian menjadi kawasan permukiman atau tutupan lahan lainnya di Kawasan Bandung Utara, yang sejalan dengan peningkatan luas permukiman pada periode yang sama.

4. Vegetasi



Gambar 5 4 Grafik Luas Perubahan Lahan Vegetasi Tahun 2021-2025

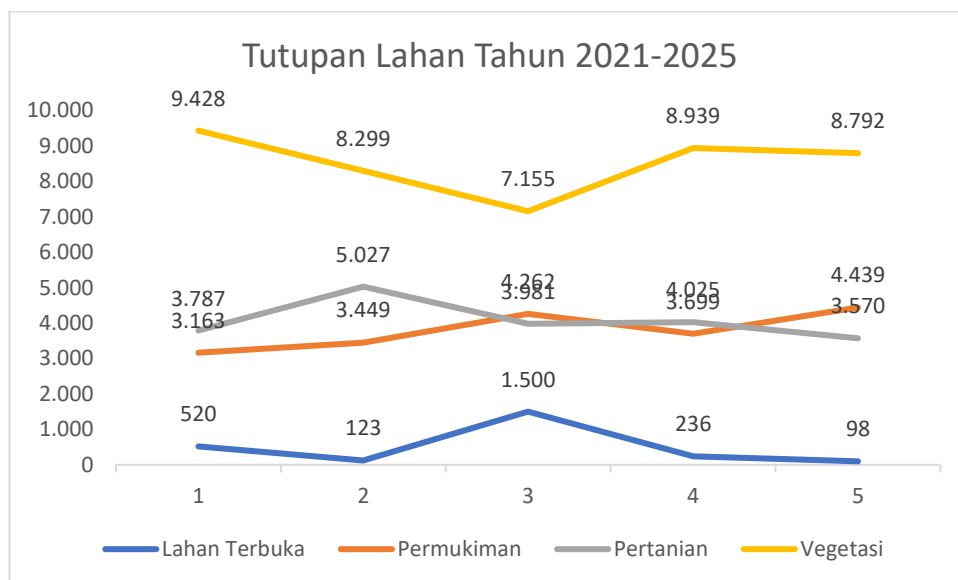
Berdasarkan tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa, pada klasifikasi lahan vegetasi, tutupan lahan berubah fluktuatif selama periode pengamatan 2021–2025. Luas lahan vegetasi pada tahun 2021 yaitu sebesar 9.428 ha, kemudian mengalami penurunan menjadi 8.299 ha pada tahun 2022. Penurunan berlanjut pada tahun 2023, menjadi 7.155 ha, yang merupakan titik rendah selama periode pengamatan. Selanjutnya terjadi peningkatan kembali menjadi 8.939 ha pada tahun 2024, sebelum sedikit menurun menjadi 8.792 ha pada tahun 2025.

Secara umum, tren ini menunjukkan adanya penyusutan luas vegetasi yang cukup tajam hingga tahun 2023, kemungkinan akibat alih fungsi lahan menjadi permukiman maupun lahan terbuka pada periode tersebut.

5. Hubungan Antar Kelas Tutupan Lahan

Tabel 5 1 Luas Tutupan Lahan 2021-2025

Kelas	luas(ha)				
	2021	2022	2023	2024	2025
Lahan Terbuka	520	123	1.500	236	98
Permukiman	3.163	3.449	4.262	3.699	4.439
Pertanian	3.787	5.027	3.981	4.025	3.570
Vegetasi	9.428	8.299	7.155	8.939	8.792
Luas Total	16.899	16.899	16.899	16.899	16.899



Gambar 5 5 Grafik Tutupan Lahan 2021-2025

Berdasarkan hasil klasifikasi tutupan lahan di Kawasan Bandung Utara pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Cikapundung selama periode 2021–2025, dapat disimpulkan bahwa telah terjadi perubahan tutupan lahan yang cukup dinamis pada keempat kelas yang dianalisis, yaitu lahan terbuka, permukiman, pertanian, dan vegetasi.

Secara umum, kelas permukiman menunjukkan peningkatan yang paling konsisten, dari 3.163 ha pada tahun 2021 menjadi 4.439 ha pada tahun 2025, menunjukkan adanya pertumbuhan kawasan terbangun yang berlangsung di

wilayah kajian. Peningkatan luas permukiman ini sejalan dengan penurunan luas lahan pada kelas vegetasi, yang berkurang dari 9.428 ha pada tahun 2021 menjadi 8.792 ha pada tahun 2025, dengan titik terendah terjadi pada tahun 2023 (7.155 ha). Pola ini menunjukkan adanya alih fungsi lahan vegetasi menjadi kawasan permukiman selama periode pengamatan.

Kelas lahan terbuka menunjukkan fluktuasi paling ekstrem, dengan lonjakan signifikan pada tahun 2023 (1.500 ha) yang kemudian menurun tajam pada tahun-tahun berikutnya hingga mencapai titik terendah pada tahun 2025 (98 ha). Pola ini menunjukkan bahwa lahan terbuka pada tahun 2023 sebagian besar merupakan hasil pembukaan lahan bervegetasi yang belum sepenuhnya terkonversi menjadi permukiman atau pertanian, sehingga sempat teridentifikasi sebagai lahan kosong/terbuka sebelum penggunaannya berubah pada periode berikutnya. Titik terendah kelas vegetasi dan titik puncak kelas lahan terbuka sama-sama terjadi di tahun 2023, yang mana menunjukkan bahwa lonjakan tersebut berkaitan dengan dua proses yang berlangsung bersamaan. Pertama, lahan terbuka pada tahun 2023 sebagian besar hasil pembukaan lahan vegetasi yang belum sepenuhnya terkonversi menjadi permukiman atau pertanian, sehingga sempat teridentifikasi sebagai lahan terbuka sebelum berubah pada periode selanjutnya. Kedua, sebagian lonjakan ini diduga berasal dari lahan pertanian hortikultura semusim yang secara tidak langsung terekam citra pada fase bera, pasca panen, atau baru saja diolah bukan hasil konversi permanen.

Dugaan kedua ini diperkuat oleh hal-hal berikut. Pertama, karakter budidaya hortikultura di wilayah kajian memiliki siklus tanam yang relatif pendek, yaitu sekitar 2-4 bulan (Setiawati et al., 2008), sehingga dalam satu tahun satu petak lahan yang sama dapat mengalami beberapa kali pergantian fase spektral: pengolhan tanah (terbuka) – vegetatif (bervegetasi rapat, terklasifikasi pertanian) – panen – bera (terbuka kembali).

Kedua, dan yang lebih spesifik menjelaskan mengapa lonjakan justru terjadi pada tahun 2023, adalah keberadaan fenomena iklim El Niño kuat yang disertai Indian Ocean Dipole (IOD) positif pada tahun tersebut. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG, 2023) mencatat bahwa hingga pertengahan

Oktober 2023, wilayah Jawa Barat mengalami Hari Tanpa Hujan kategori ekstrem panjang (lebih dari 60 hari), dengan El Niño diprediksi bertahan pada level moderat hingga awal 2024. Kondisi ini kontras dengan tahun-tahun sebelumnya yang masih berada dalam fase La Niña "basah panjang" sejak 2020, sehingga mendukung pertumbuhan vegetasi pertanian secara optimal pada citra tahun-tahun tersebut.

Sementara itu, kelas pertanian relatif lebih stabil dibandingkan kelas lainnya, berkisar antara 3.570–5.027 ha, dengan kecenderungan menurun pada tahun-tahun terakhir yang turut mengindikasikan adanya konversi lahan pertanian menjadi lahan terbangun.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perubahan tutupan lahan di Kawasan Bandung Utara pada DAS Cikapundung selama 2021–2025 mencerminkan dua proses yang berjalan secara simultan: (1) proses alih fungsi lahan yang bersifat permanen, ditunjukkan oleh tren konsisten peningkatan permukiman yang diiringi penurunan vegetasi dan pertanian; serta (2) fluktuasi yang bersifat artefak akuisisi citra pada kelas lahan terbuka dan pertanian, yang dipicu oleh pendeknya siklus tanam hortikultura semusim dan diperparah oleh anomali iklim El Niño kuat pada tahun 2023

6. Koefisien Kappa

Tabel 5 2 Nilai Koefisien Kappa

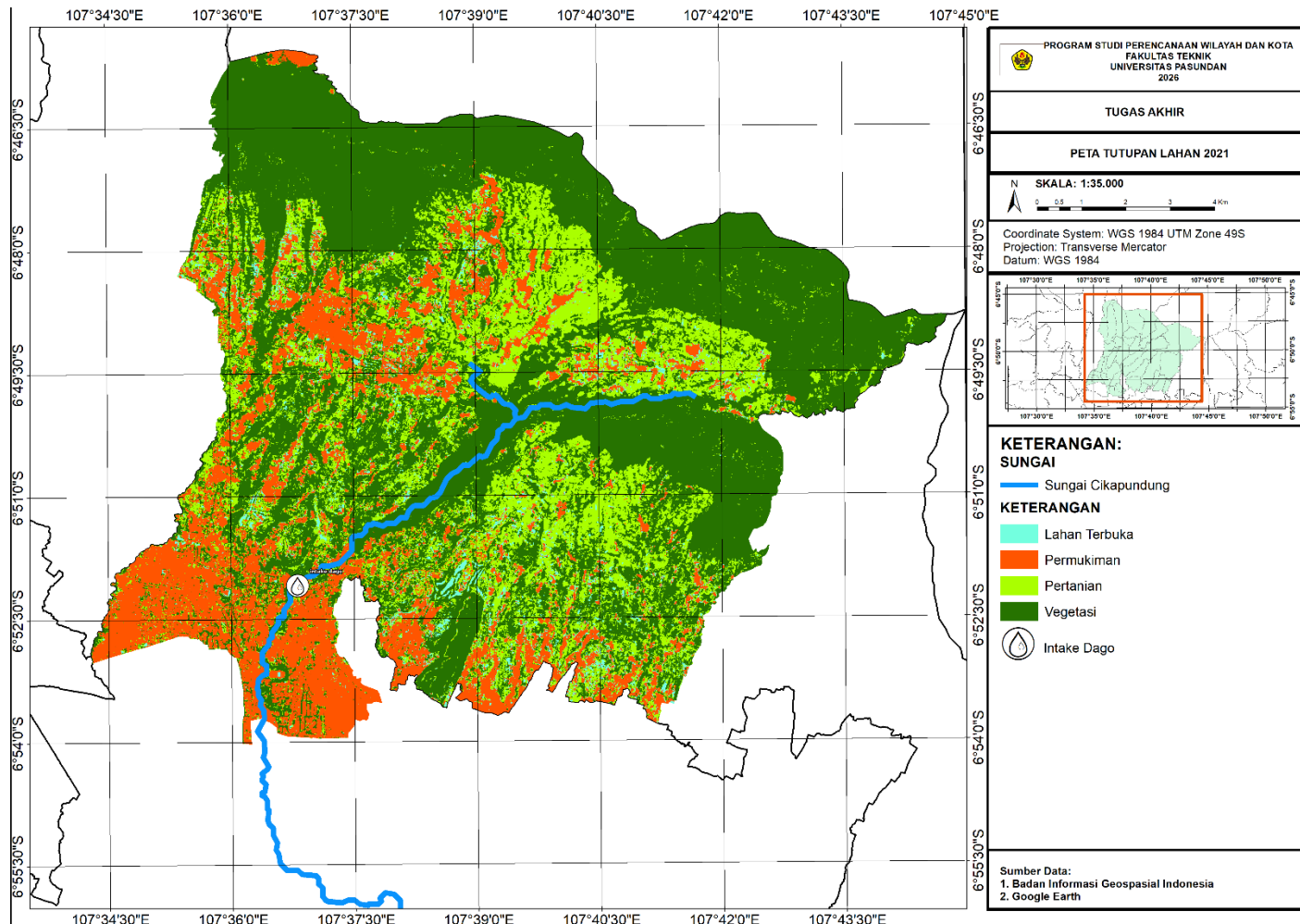
Tahun	Nilai Koefisien
2021	0,95
2022	0,96
2023	0,95
2024	0,95
2025	0,94

Sumber: Hasil Analisis 2026

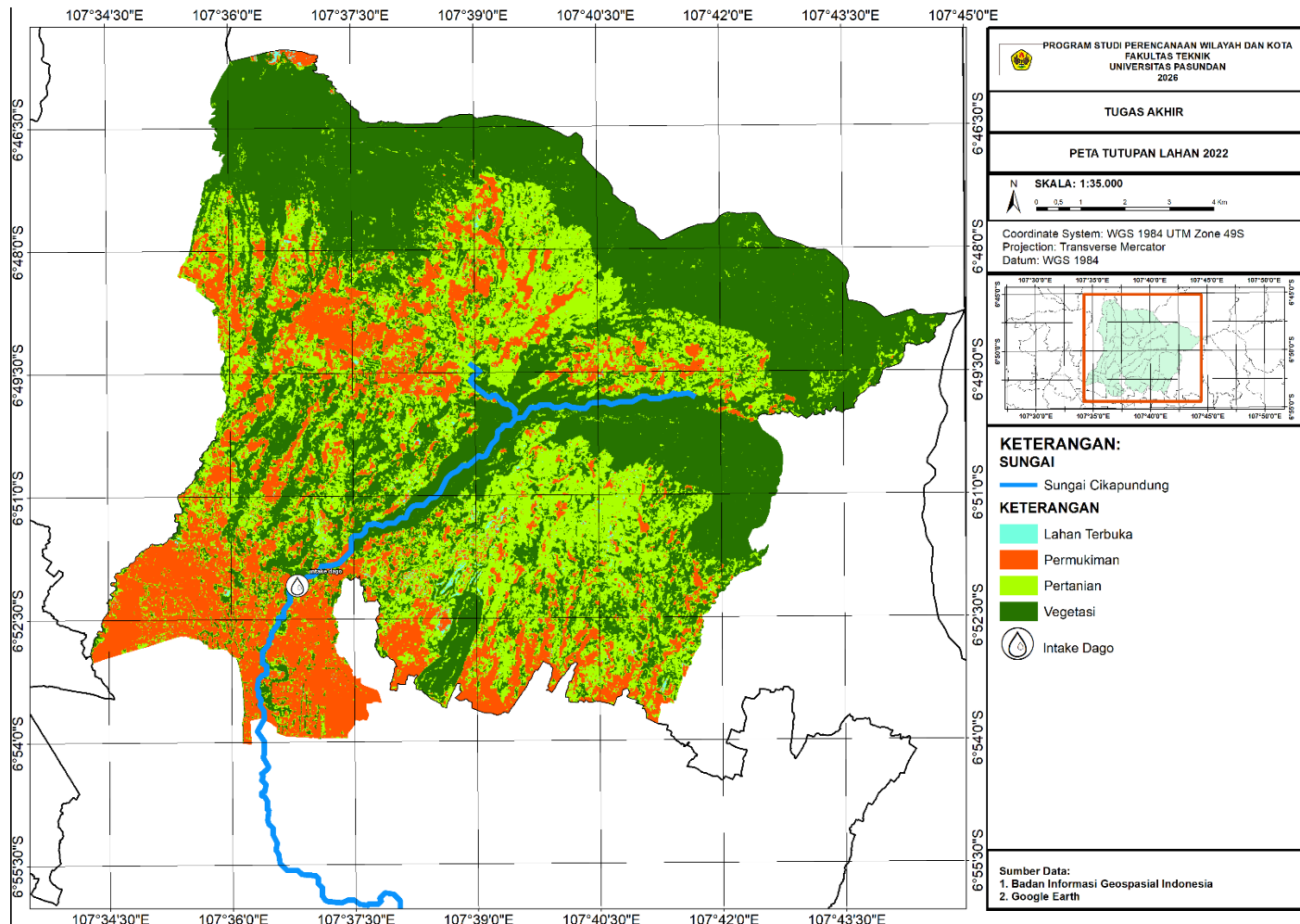
Berdasarkan tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien kappa hasil klasifikasi terbimbing pada citra tutupan lahan selama periode 2021–2025 menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi.

Mengacu pada klasifikasi tingkat akurasi menurut Altman (1991), seluruh nilai koefisien kappa yang diperoleh selama periode pengamatan berada pada rentang 0,81–1,00, yang termasuk dalam kategori "Sangat Baik" (Very Good). Hal ini menunjukkan bahwa hasil klasifikasi tutupan lahan yang dilakukan pada setiap

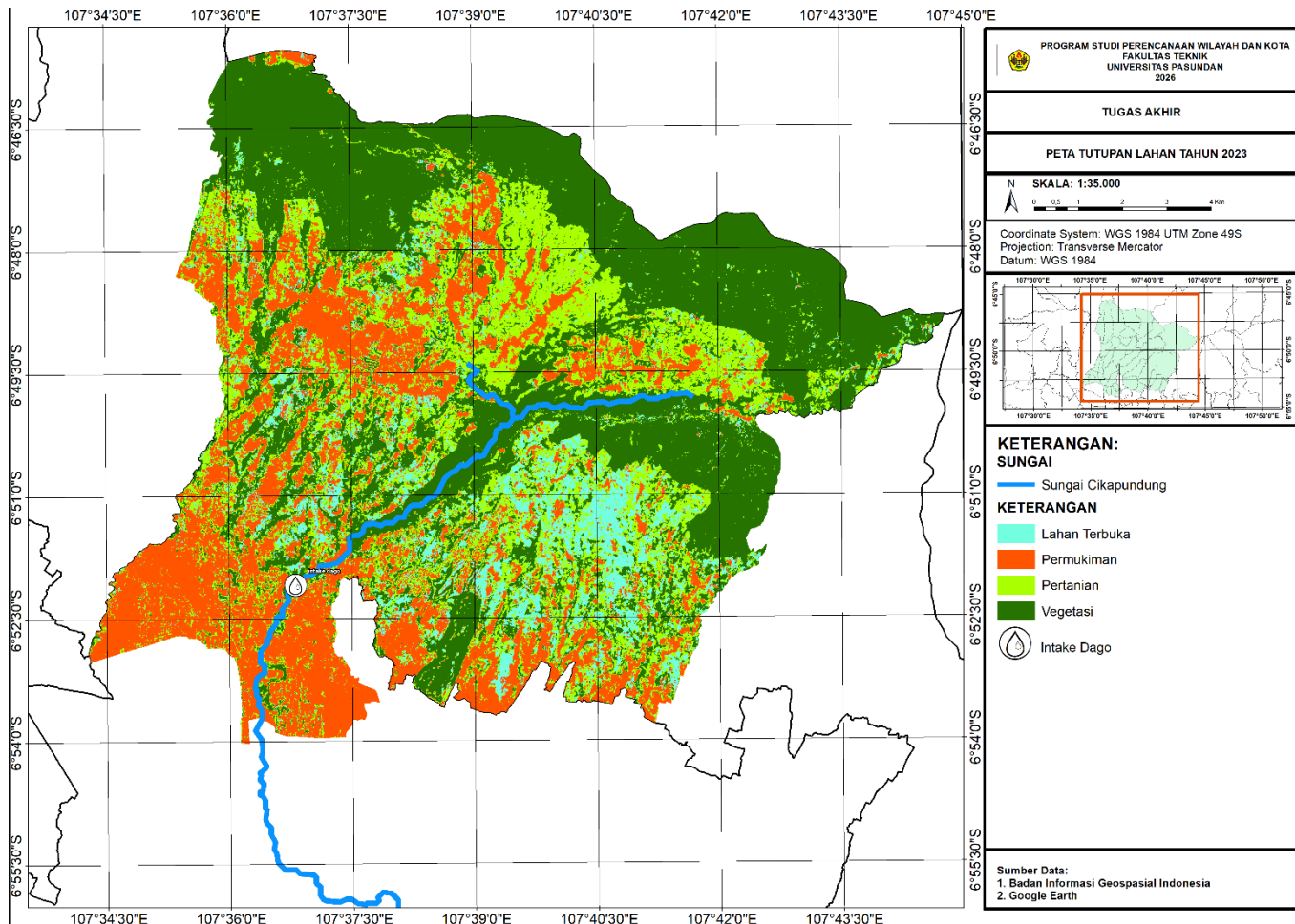
tahun pengamatan memiliki tingkat akurasi yang tinggi sebagai dasar analisis perubahan tutupan lahan di Kawasan Bandung Utara pada DAS Cikapundung.



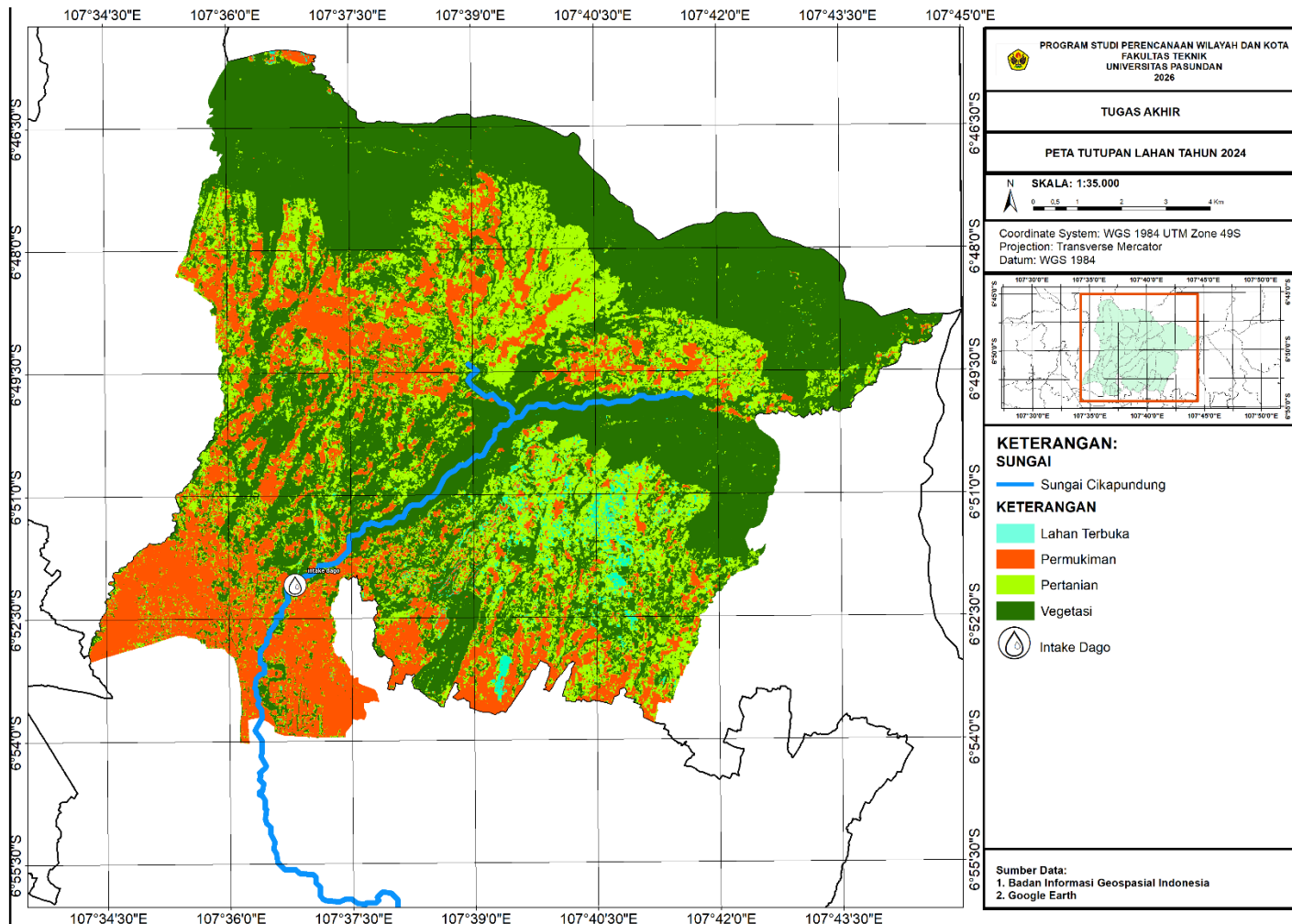
Gambar 5 6 Peta Tutupan Lahan Tahun 2021



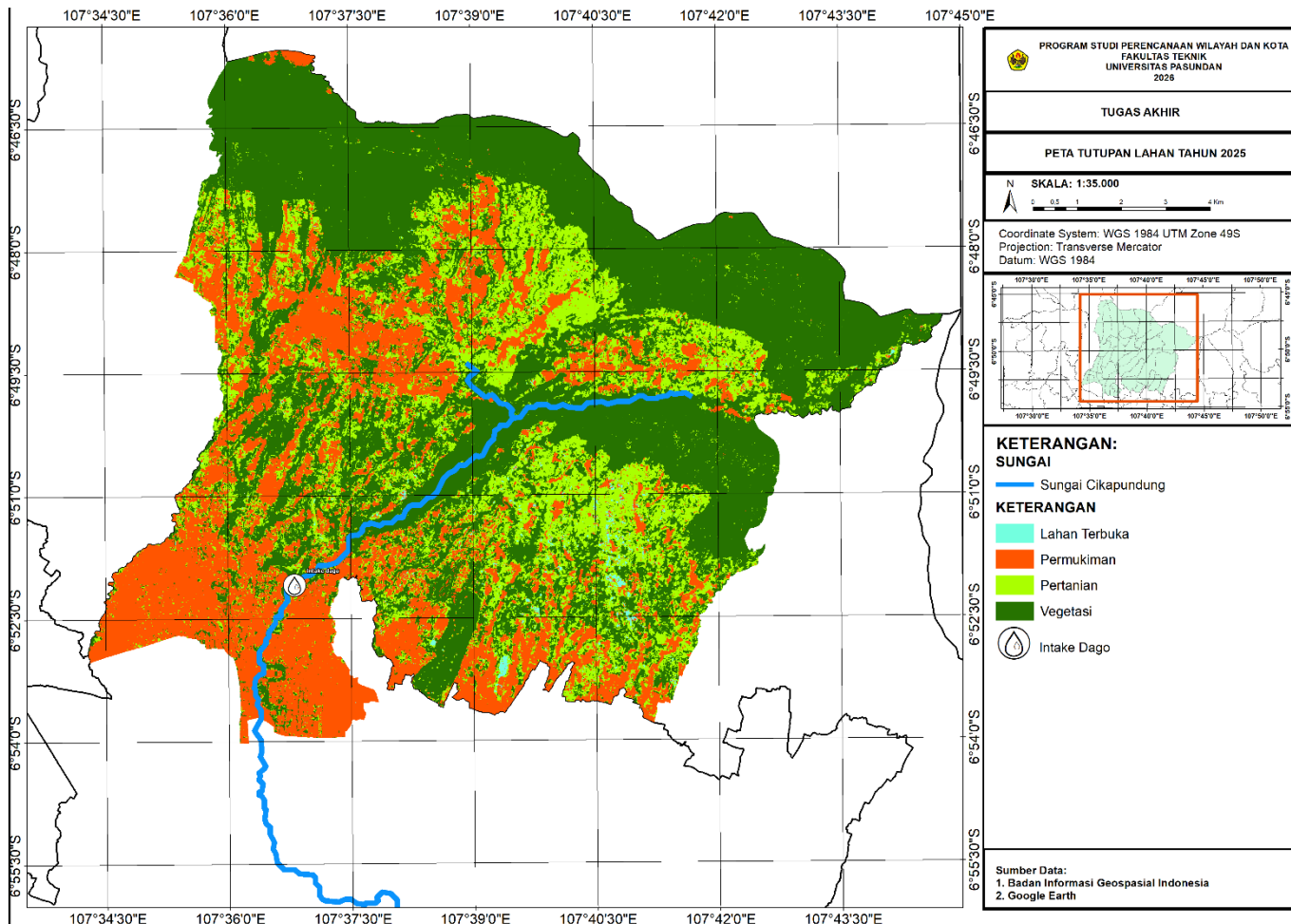
Gambar 5 7 Peta Tutupan Lahan Tahun 2022



Gambar 5 8 Peta Tutupan Lahan Tahun 2023



Gambar 5 9 Peta Tutupan Lahan Tahun 2024



Gambar 5 10 Peta Tutupan Lahan Tahun 2025

5.2 Analisis Kualitas dan Debit Air

5.1.1 Debit Air

Analisis debit dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan analisis statistik deskriptif untuk melihat kondisi dan perubahan karakteristik debit sungai akibat perubahan tutupan lahan yang terjadi. Berikut data debit dalam lima tahun periode.

Tabel 5 3 Debit Air DAS Cikapundung

Tahun	Satuan	Debit
2021	m ³ /detik	250
2022	m ³ /detik	250
2023	m ³ /detik	250
2024	m ³ /detik	229
2025	m ³ /detik	229

Sumber: Dinas SDA dan Bina Marga



Gambar 5 11 Grafik Debit Air DAS Cikapundung Tahun 2021-2025

Berdasarkan Tabel dan Grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai debit sungai pada periode 2021–2023 cenderung stabil, yaitu tetap pada angka 250 m³/detik. Namun, pada tahun 2024 terjadi penurunan debit menjadi 229 m³/detik, dan nilai tersebut tetap bertahan hingga tahun 2025. Penurunan debit ini mengindikasikan adanya perubahan kapasitas tampungan dan aliran air di daerah tangkapan (DAS), yang diduga berkaitan dengan perubahan tutupan lahan yang terjadi pada periode tersebut.

5.1.2 Kualitas Air

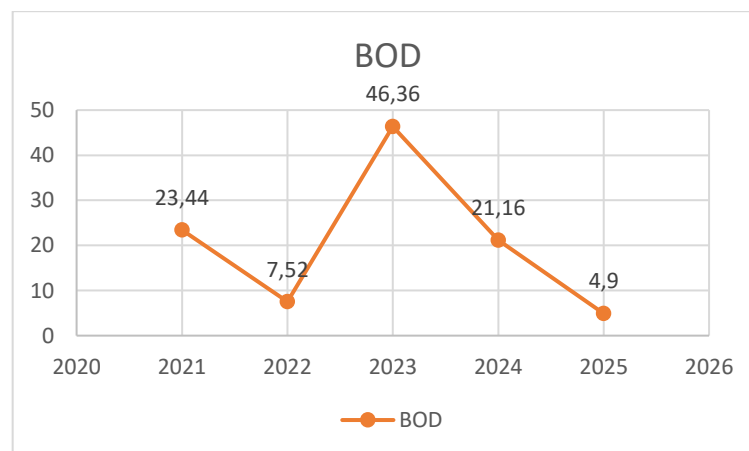
Hasil analisis kualitas air pada wilayah penelitian selama periode tahun 2021 hingga 2025 disajikan dalam tabel berikut. Data tersebut mencakup lima parameter kualitas air, yaitu Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), Dissolved Oxygen (DO), dan *Fecal Coliform*, yang digunakan untuk melihat kondisi serta kecenderungan perubahan kualitas air dari tahun ke tahun.

Tabel 5 4 Parameter Kualitas Air

Tahun	BOD	COD	TSS	DO	<i>Fecal Coliform</i>
2021	23,44	756,02	109	3,22	350
2022	7,52	24,27	269	3,07	170
2023	46,36	162,94	610	3,22	920
2024	21,16	62,23	62	5,46	3.300
2025	4,90	20,04	40	5,96	1.100

Sumber: DLKH Kota Bandung

1. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

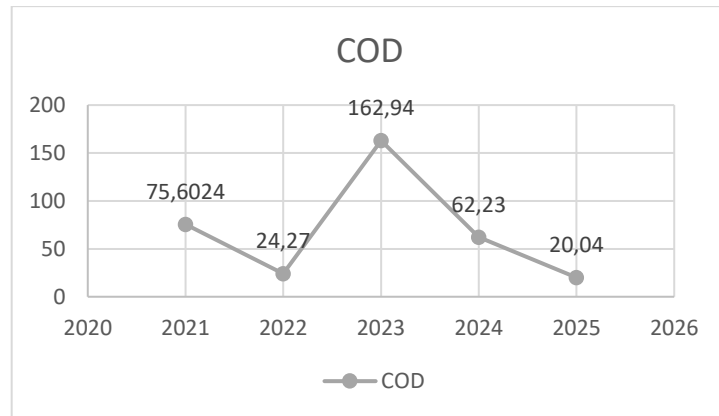


Gambar 5 12 Grafik Parameter BOD Tahun 2021-2025

Berdasarkan grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai parameter BOD selama periode 2021–2025 secara umum menunjukkan pola fluktuatif. Pada tahun 2021, nilai BOD tercatat sebesar 23,44 mg/L, kemudian mengalami penurunan pada tahun 2022 menjadi 7,52 mg/L. Namun, pada tahun 2023 nilai BOD naik menjadi 46,36 mg/L, atau meningkat lebih dari enam kali lipat dibandingkan tahun sebelumnya dan merupakan nilai tertinggi pada periode pengamatan. Setelah kenaikan tersebut, nilai BOD kembali menurun secara

konsisten, yaitu menjadi 21,16 mg/L pada tahun 2024 dan 4,9 mg/L pada tahun 2025, yang juga merupakan nilai terendah dalam periode penelitian ini.

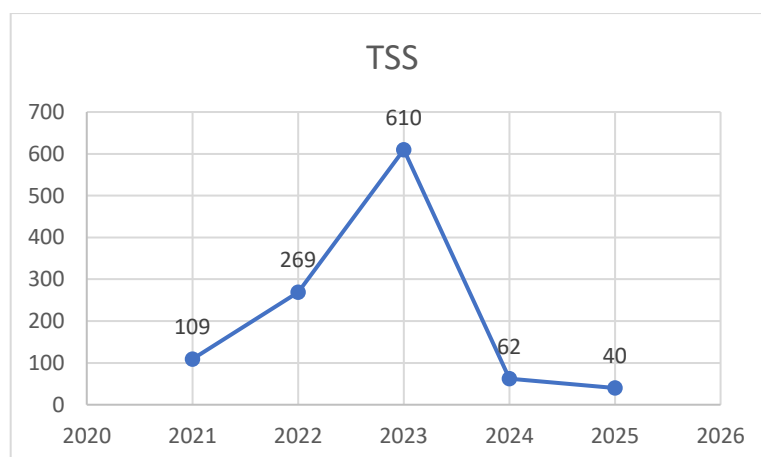
2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)



Gambar 5 13 Grafik Parameter COD Tahun 2021-2025

Berdasarkan grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai parameter COD selama periode 2021–2025 secara umum menunjukkan tren penurunan, meskipun sempat terjadi kenaikan pada tahun 2023. Nilai COD pada tahun 2021 tercatat sebesar 75,6024 mg/L, kemudian menurun pada tahun 2022 menjadi 24,27 mg/L. Pada tahun 2023, nilai COD meningkat tajam menjadi 162,94 mg/L sebelum kembali menurun pada tahun 2024 menjadi 62,23 mg/L. Penurunan berlanjut pada tahun 2025 dengan nilai COD mencapai 20,04 mg/L.

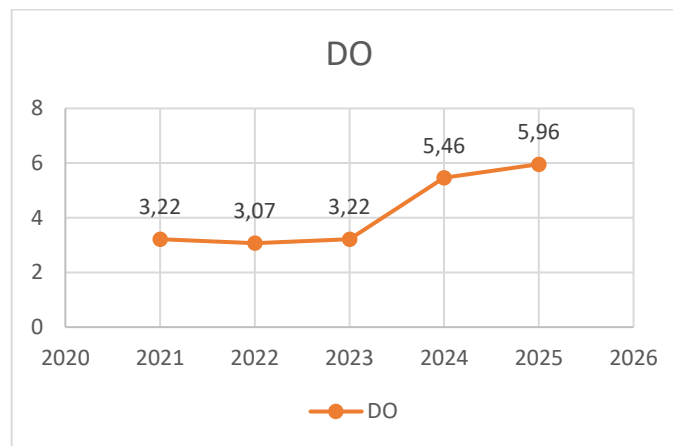
3. TSS (*Total Suspended Solid*)



Gambar 5 14 Grafik Parameter TSS Tahun 2021-2025

Berdasarkan grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai parameter TSS selama periode 2021–2025 secara umum menunjukkan pola fluktuatif, dengan peningkatan signifikan terjadi pada tahun 2021 hingga 2023. Nilai TSS pada tahun 2021 tercatat sebesar 109 mg/L, kemudian meningkat menjadi 269 mg/L pada tahun 2022, dan terus naik hingga mencapai titik tertinggi pada tahun 2023 sebesar 610 mg/L. Setelah itu, nilai TSS mengalami penurunan tajam pada tahun 2024 menjadi 62 mg/L, dan kembali menurun pada tahun 2025 menjadi 40 mg/L.

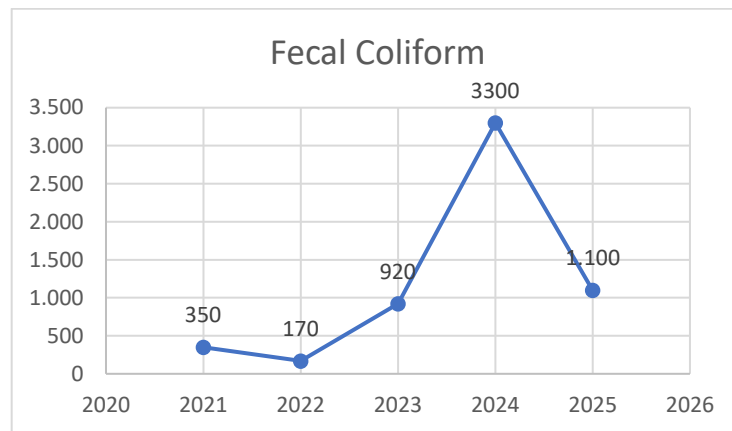
4. DO (*Dissolved Oxygen*)



Gambar 5 15 Grafik Parameter DO Tahun 2021-2025

Berdasarkan grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai parameter DO selama periode 2021–2025 mengalami kenaikan. Nilai DO pada tahun 2021 tercatat sebesar 3,22 mg/L, kemudian sedikit menurun pada tahun 2022 menjadi 3,07 mg/L, sebelum kembali ke angka 3,22 mg/L pada tahun 2023. Peningkatan yang cukup signifikan terjadi pada tahun 2024, dengan nilai DO mencapai 5,46 mg/L, dan terus meningkat pada tahun 2025 menjadi 5,96 mg/L. Nilai pada akhir periode pengamatan ini merupakan yang tertinggi selama periode 2021–2025, menunjukkan kondisi oksigen terlarut yang semakin baik dibandingkan tahun-tahun sebelumnya.

5. *Fecal Coliform*



Gambar 5 16 Grafik Parameter *Fecal Coliform* Tahun 2021-2025

Berdasarkan grafik di atas, dapat disimpulkan, nilai parameter *Fecal Coliform* selama periode 2021–2025 menunjukkan tren yang fluktuatif dan cenderung meningkat pada tahun-tahun terakhir. Nilai *Fecal Coliform* pada tahun 2021 tercatat sebesar 350 MPN/100mL, kemudian menurun pada tahun 2022 menjadi 170 MPN/100mL. Nilai tersebut kembali meningkat pada tahun 2023 menjadi 920 MPN/100mL, dan mengalami lonjakan yang sangat signifikan pada tahun 2024 hingga mencapai 3.300 MPN/100mL, yang merupakan nilai tertinggi selama periode pengamatan. Pada tahun 2025, nilai *Fecal Coliform* kembali menurun menjadi 1.100 MPN/100mL

6. Perbandingan dengan Baku Mutu Air Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

Tabel 5 5 Baku Mutu Air

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
1	BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>)	mg/L	2	3	6	12	
2	COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	mg/L	10	25	40	80	
3	TSS (<i>Total Suspended Solid</i>)	mg/L	40	50	100	400	
4	DO (<i>Dissolved Oxygen</i>)	mg/L	6	4	3	1	Batas Minimal
5	<i>Fecal Coliform</i>	MPN/100 mL	100	1.000	2.000	.2000	

Sumber: Baku Mutu Air PP No. 22 Tahun 2021

Keterangan:

Kelas satu merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas dua merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana. rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas tiga merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas empat merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Tabel 5.6 Kualitas Air

Tahun	BOD	COD	TSS	DO	Fecal Coliform
2021	23,44	756,02	109	3,22	350
2022	7,52	24,27	269	3,07	170
2023	46,36	162,94	610	3,22	920
2024	21,16	62,23	62	5,46	3.300
2025	4,90	20,04	40	5,96	1.100

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan

Hasil pengukuran kualitas air Sungai Cikapundung tahun 2021–2025 menunjukkan sebagian besar parameter belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. Apabila dibandingkan dengan baku mutu untuk kelas IV, yang merupakan kelas dengan batas rendah, masih terdapat beberapa parameter yang melampaui ambang batas.

Parameter *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) memiliki nilai sebesar 23,44 mg/L pada tahun 2021, kemudian menurun menjadi 7,52 mg/L pada tahun 2022, meningkat hingga 46,36 mg/L pada tahun 2023, kembali menurun

menjadi 21,16 mg/L pada tahun 2024, dan mencapai 4,90 mg/L pada tahun 2025. Dibandingkan dengan baku mutu kelas IV sebesar 12 mg/L, nilai BOD pada tahun 2021, 2023, dan 2024 masih melampaui baku mutu, sedangkan pada tahun 2022 dan 2025 telah memenuhi baku mutu. Tingginya nilai BOD menunjukkan adanya beban bahan organik yang cukup besar di badan air sehingga memerlukan oksigen lebih banyak dalam proses penguraian.

Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) yaitu 756,02 mg/L pada tahun 2021, turun drastis menjadi 24,27 mg/L pada tahun 2022, meningkat menjadi 162,94 mg/L pada tahun 2023, kemudian menurun menjadi 62,23 mg/L pada tahun 2024 dan 20,04 mg/L pada tahun 2025. Jika dibandingkan dengan baku mutu kelas IV sebesar 80 mg/L, hanya tahun 2021 dan 2023 yang melebihi baku mutu, sedangkan tahun 2022, 2024, dan 2025 telah memenuhi baku mutu. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa tingkat pencemaran bahan organik maupun anorganik mengalami perbaikan pada tiga tahun terakhir meskipun sempat meningkat pada tahun 2023.

Untuk parameter *Total Suspended Solid* (TSS), memiliki nilai 109 mg/L pada tahun 2021, 269 mg/L pada tahun 2022, meningkat menjadi 610 mg/L pada tahun 2023, kemudian turun menjadi 62 mg/L pada tahun 2024 dan 40 mg/L pada tahun 2025. Berdasarkan baku mutu kelas IV sebesar 400 mg/L, hanya tahun 2023 yang melampaui ambang batas, sedangkan tahun-tahun lainnya telah memenuhi baku mutu. Nilai TSS yang tinggi pada tahun 2023 mengindikasikan meningkatnya kandungan padatan tersuspensi di sungai yang dapat dipengaruhi oleh erosi, limpasan permukaan, maupun aktivitas manusia di daerah aliran sungai.

Parameter *Dissolved Oxygen* (DO) memiliki karakteristik berbeda karena nilai yang disyaratkan merupakan batas minimum, yaitu ≥ 1 mg/L untuk kelas IV. DO memiliki nilai 3,22 mg/L pada tahun 2021, 3,07 mg/L pada tahun 2022, 3,22 mg/L pada tahun 2023, meningkat menjadi 5,46 mg/L pada tahun 2024, dan 5,96 mg/L pada tahun 202. Kondisi ini menunjukkan bahwa kadar oksigen terlarut masih cukup untuk mendukung kehidupan organisme perairan,

meskipun belum optimal untuk peruntukan air dengan kualitas yang lebih tinggi.

Pada parameter *Fecal Coliform*, hasil pengukuran menunjukkan pada tahun 2021, 170 MPN/100 mL pada tahun 2022, 920 MPN/100 mL pada tahun 2023, meningkat menjadi 3.300 MPN/100 mL pada tahun 2024, kemudian menurun menjadi 1.100 MPN/100 mL pada tahun 2025. Dibandingkan dengan baku mutu kelas IV sebesar 2.000 MPN/100 mL, hanya tahun 2024 yang melampaui baku mutu, sedangkan tahun 2021, 2022, 2023, dan 2025 masih memenuhi baku mutu. Peningkatan yang terjadi pada tahun 2024 mengindikasikan adanya peningkatan pencemaran biologis yang kemungkinan berasal dari limbah domestik atau aktivitas peternakan di sekitar daerah aliran sungai..

Secara keseluruhan, kualitas air Sungai Cikapundung selama periode 2021–2025 menunjukkan adanya perbaikan pada beberapa parameter, hal ini ditunjukkan oleh parameter BOD, COD, TSS, DO, dan *Fecal Coliform* yang sebagian besar telah memenuhi baku mutu kelas IV. Meskipun demikian, masih terjadi fluktuasi kualitas air pada beberapa tahun, terutama pada BOD, COD, dan TSS yang meningkat tajam pada tahun 2023 serta *Fecal Coliform* yang melampaui baku mutu pada tahun 2024. Dengan demikian, kondisi kualitas air Sungai Cikapundung masih menunjukkan adanya tekanan pencemaran, terutama yang berasal dari limbah organik dan aktivitas domestik, sehingga diperlukan upaya pengelolaan dan pengendalian pencemaran.

5.3 Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Kualitas dan Debit Air

Perubahan tutupan lahan yang terjadi di Kawasan Bandung Utara pada DAS Cikapundung selama periode 2021–2025 diduga memberikan pengaruh terhadap kondisi kualitas dan debit air di wilayah tersebut. Untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antara perubahan tutupan lahan dengan debit dan kualitas air, dilakukan analisis korelasi Spearman Rank terhadap keempat kelas tutupan lahan (lahan terbuka, permukiman, pertanian, dan vegetasi) dengan parameter debit serta parameter kualitas air, yaitu BOD, COD, TSS, DO, dan *Fecal*

Coliform. Hasil uji korelasi tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui arah dan kekuatan hubungan antarvariabel, sekaligus untuk mengidentifikasi indikasi pengaruh aktivitas perubahan tutupan lahan terhadap dinamika kualitas dan debit air pada wilayah kajian.

5.3.1 Analisis Korelasi Spearman

1. Uji Normalitas Data

Sebelum dilakukan uji korelasi, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas data menggunakan uji Shapiro-Wilk, mengingat jumlah data (N) pada penelitian ini hanya sebanyak 5 (lima), sehingga uji Shapiro-Wilk lebih sesuai digunakan dibandingkan Kolmogorov-Smirnov.

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Lahan_Terbuka	.283	5	.200 [*]	.769	5	.044
Permukiman	.203	5	.200 [*]	.939	5	.662
Pertanian	.338	5	.064	.838	5	.160
Vegetasi	.222	5	.200 [*]	.929	5	.587
BOD	.233	5	.200 [*]	.905	5	.437
COD	.354	5	.040	.696	5	.009
TSS	.277	5	.200 [*]	.820	5	.117
DO	.354	5	.039	.769	5	.044
Fecal_Coliform	.322	5	.100	.815	5	.106
Debit	.367	5	.026	.684	5	.006

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Gambar 5 17 Hasil Uji Normalitas Data

Uji normalitas dilakukan menggunakan metode Shapiro-Wilk karena jumlah sampel penelitian kurang dari 50 ($n = 5$). Hasil uji menunjukkan bahwa variabel lahan terbuka (Sig. = 0,044), COD (Sig. = 0,009), DO (Sig. = 0,044), dan debit (Sig. = 0,006) tidak berdistribusi normal (Sig. < 0,05). Sementara itu, variabel permukiman, pertanian, vegetasi, BOD, TSS, dan Fecal Coliform memiliki nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 sehingga berdistribusi normal.

Karena tidak seluruh data berdistribusi normal, maka analisis korelasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah korelasi Spearman Rank.

2. Uji Korelasi Spearman

Berdasarkan hasil uji korelasi Spearman Rank, diperoleh beberapa temuan sebagai berikut:

Tabel 5 7 Hasil Uji Korelasi Spearman

Variabel Independent	Variabel Dependent	Koefisien Korelasi (ρ)	Sig.(2- tailed)	Keterangan
Lahan Terbuka	BOD	1,000	0,00	Signifikan (positif sempurna)
	COD	0,900	0,037	Signifikan (positif sangat kuat)
	TSS	0,700	0,188	Tidak signifikan
	DO	-0,359	0,553	Tidak signifikan
	<i>Fecal Coliform</i>	-0,100	0,873	Tidak signifikan
	Debit	0,577	0,308	Tidak signifikan
Permukiman	BOD	-0,300	0,624	Tidak signifikan
	COD	-0,600	0,285	Tidak signifikan
	TSS	-0,300	0,624	Tidak signifikan
	DO	0,667	0,219	Tidak signifikan
	<i>Fecal Coliform</i>	0,600	0,285	Tidak signifikan

Variabel Independent	Variabel Dependent	Koefisien Korelasi (ρ)	Sig.(2- tailed)	Keterangan
	Debit	-0,577	0,308	Tidak signifikan
Pertanian	BOD	0,100	0,873	Tidak signifikan
	COD	0,000	1,000	Tidak signifikan
	TSS	0,500	0,391	Tidak signifikan
	DO	-0,667	0,219	Tidak signifikan
	<i>Fecal Coliform</i>	-0,300	0,624	Tidak signifikan
	Debit	0,289	0,638	Tidak signifikan
Vegetasi	BOD	-0,100	0,873	Tidak signifikan
	COD	0,300	0,624	Tidak signifikan
	TSS	-0,600	0,285	Tidak signifikan
	DO	0,308	0,614	Tidak signifikan
	<i>Fecal Coliform</i>	0,200	0,747	Tidak signifikan
	Debit	-0,289	0,638	Tidak signifikan

Sumber: Hasil Analisis 2026

Dari hasil uji korelasi Spearman di atas, dapat disimpulkan bahwa hubungan antara perubahan tutupan lahan dengan parameter kualitas air menunjukkan lahan terbuka memiliki korelasi positif yang sangat kuat dan signifikan terhadap nilai COD, dengan koefisien korelasi sebesar 0,900 (Sig. = 0,037 < 0,05). Selain itu,

lahan terbuka juga menunjukkan korelasi positif sempurna dengan BOD ($\rho = 1,000$), yang berarti semakin luas lahan terbuka, semakin tinggi pula konsentrasi BOD. Kondisi ini menunjukkan bahwa makin luas lahan terbuka, makin besar pula potensi limpasan permukaan yang membawa bahan organik maupun anorganik ke badan air, sehingga kadar BOD dan COD ikut naik.

Sementara itu, hubungan antara variabel tutupan lahan lainnya permukiman, pertanian, dan vegetasi dengan parameter kualitas air (BOD, COD, TSS, DO, dan *Fecal Coliform*) maupun debit tidak menunjukkan hubungan yang signifikan secara statistik ($\text{Sig.} > 0,05$). Walau begitu, beberapa hubungan tetap sejalan dengan teori, seperti korelasi negatif antara vegetasi dengan TSS ($\rho = -0,600$), yang menunjukkan bahwa makin luas tutupan vegetasi, makin rendah kadar padatan tersuspensi karena erosi dan limpasan permukaan berkurang.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa perubahan tutupan lahan di Kawasan Bandung Utara pada DAS Cikapundung selama periode 2021–2025 belum menunjukkan pengaruh yang signifikan secara statistik terhadap sebagian besar parameter kualitas air maupun debit, kecuali hubungan lahan terbuka terhadap COD. Temuan ini menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan yang terjadi selama periode penelitian belum cukup kuat untuk menjelaskan perbedaan kualitas air dan debit secara menyeluruh.

Hasil penelitian ini berbeda dengan beberapa penelitian sebelumnya. Fadhil et al. (2021) pada DAS Citarum Hulu menemukan bahwa perubahan lahan terbangun berkorelasi nyata dengan naik-turunnya debit. Selain itu, beberapa penelitian lain menyebutkan bahwa BOD dan COD termasuk parameter yang peka terhadap perubahan tutupan lahan (Pitalokasari et al., 2021; Ardiangningsih, 2025; Setyowati, 2016), sedangkan TSS dipengaruhi oleh naiknya erosi akibat perubahan tutupan lahan, dan *Fecal Coliform* berkaitan dengan aktivitas rumah tangga di kawasan permukiman (Marsini et al., 2025). Pada penelitian ini, sebagian besar hubungan tersebut ternyata tidak signifikan secara statistik, meski beberapa arah hubungannya sesuai dengan teori.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan hipotesis awal yang menyatakan perubahan tutupan lahan berpengaruh signifikan terhadap kualitas air dan debit di

DAS Cikapundung yang mana didukung oleh teori dan penelitian terdahulu secara statistik tertolak. Penolakan ini tidak hanya menunjukkan bahwa hubungan antara perubahan tutupan lahan dengan parameter debit dan kualitas air tidak ada, melainkan adanya indikasi bahwa rentang waktu lima tahun (2021–2025) belum cukup untuk memperlihatkan dampak perubahan tutupan lahan terhadap parameter debit dan kualitas air secara statistik. Penemuan dapat dikatakan bahwa pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap debit dan kualitas air seharusnya menggunakan data *time-series* yang lebih panjang agar jumlah data yang digunakan memadai untuk melihat ada atau tidaknya hubungan yang secara teori baru terlihat dalam jangka waktu panjang.

Keterbatasan utama dalam penelitian ini terletak pada jumlah tahun pengamatan yang tersedia untuk analisis korelasi Rank Spearman, yaitu hanya lima tahun (2021–2025). Jumlah data time series yang sangat terbatas tersebut menyebabkan rendahnya kekuatan statistik, sehingga hanya 2 dari 24 pasangan variabel yang menunjukkan hubungan signifikan secara statistik, yaitu hubungan lahan terbuka terhadap BOD dan COD. Sementara itu, 22 pasangan variabel lainnya tidak signifikan meskipun sebagian besar tetap memperlihatkan arah hubungan yang konsisten dengan teori dan hasil penelitian terdahulu. Kondisi ini mengindikasikan bahwa ketidaksignifikanan hasil uji belum tentu tidak adanya hubungan antara perubahan tutupan lahan dengan debit maupun kualitas air, tetapi dapat disebabkan oleh keterbatasan jumlah data yang digunakan dalam analisis.

Untuk mengevaluasi apakah keterbatasan jumlah observasi ($n = 5$) berpotensi memengaruhi hasil uji statistik, dilakukan simulasi dengan menambah jumlah observasi secara hipotetis untuk melihat pengaruh ukuran sampel terhadap kekuatan uji statistik. Simulasi ini tidak bertujuan menghasilkan temuan baru, tetapi hanya sebagai ilustrasi. Dilakukan simulasi dengan meningkatkan jumlah pengamatan menjadi $n = 20$. Simulasi tersebut dilakukan melalui penyusunan data dummy untuk periode 2006–2020 yang dikonstruksi mengikuti arah hubungan teoritis kemudian digabungkan dengan data riil tahun 2021–2025. Hasil simulasi menunjukkan bahwa jumlah pasangan variabel yang signifikan meningkat secara tajam, dari hanya 2 dari 24 pasangan pada $n = 5$ menjadi 21 dari 24 pasangan pada

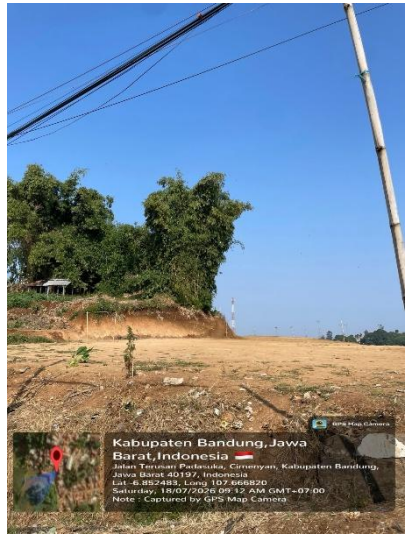
$n = 20$. Selain itu, seluruh pasangan variabel (100%) menunjukkan arah hubungan yang konsisten dengan teori. Tiga pasangan variabel yang masih belum signifikan pada $n = 20$, yaitu hubungan permukiman, pertanian, dan vegetasi terhadap COD, tetap memperlihatkan arah korelasi yang sesuai dengan teori, namun signifikansinya masih dipengaruhi oleh fluktuasi pada data COD riil tahun 2021–2025.

Hasil simulasi tersebut mengindikasikan bahwa sebagian besar hubungan yang tidak signifikan pada analisis menggunakan data riil lebih disebabkan oleh rendahnya kekuatan statistik karena keterbatasan jumlah data *time series*. Temuan ini sejalan dengan pendapat Cohen (1988) dan Zar (2010) yang menyatakan bahwa ukuran sampel yang kecil akan menurunkan kemampuan uji statistik dalam mendeteksi hubungan yang sebenarnya ada (*Type II error*). Dengan demikian, hasil penelitian ini tetap mendukung kerangka teori yang menyatakan bahwa perubahan tutupan lahan berpengaruh terhadap kondisi hidrologi DAS, meskipun hubungan tersebut belum seluruhnya dapat dibuktikan secara signifikan pada data empiris yang tersedia. Namun, perlu ditegaskan bahwa data tahun 2006–2020 yang digunakan dalam simulasi bersifat hipotetis dan tidak merepresentasikan hasil pengukuran atau observasi lapangan. Oleh karena itu, hasil simulasi ini hanya dimaksudkan sebagai analisis kecukupan sampel untuk membantu menginterpretasikan hasil uji statistik pada data riil, bukan sebagai temuan empiris tambahan dalam penelitian.

5.3.2 Hasil Observasi Lapangan

Untuk memperkuat interpretasi hasil analisis korelasi Spearman antara tutupan lahan dengan debit dan parameter kualitas air, dilakukan observasi lapangan (*ground check*) pada beberapa titik yang mewakili kelas tutupan lahan dominan di DAS Cikapundung, yaitu lahan terbuka, pertanian, permukiman, dan vegetasi (dokumentasi lengkap pada Lampiran 1). Hasil observasi ini digunakan untuk mendukung hasil analisis statistik yang telah dijelaskan sebelumnya.

Tabel 5 8 Hasil Observasi Lapangan

Point Observasi	Metode Observasi	Titik Koordinat	Keterangan	Dokumentasi
Lahan Terbuka	<i>Ground Check</i>	-6.852483, 107.666820 Jl. Terusan Padasuka, Cimenyan, Kab. Bandung	- Lahan terbuka berwarna coklat kemerahan, berada ditengah permukiman. Lahan terbuka ini sesuai dengan klasifikasi citra. - Tidak ada vegetasi maupun aktivitas pertanian diatasnya. Kondisi ini rentan terhadap limpasan langsung pada saat hujan - Hal ini mendukung hubungan lahan terbuka memiliki korelasi positif yang sangat kuat dan signifikan terhadap nilai COD, dengan koefisien korelasi sebesar 0,900 (Sig. = 0,037 < 0,05). Selain itu, lahan terbuka juga menunjukkan korelasi positif sempurna dengan BOD ($\rho = 1,000$), yang berarti semakin luas lahan terbuka, semakin tinggi	

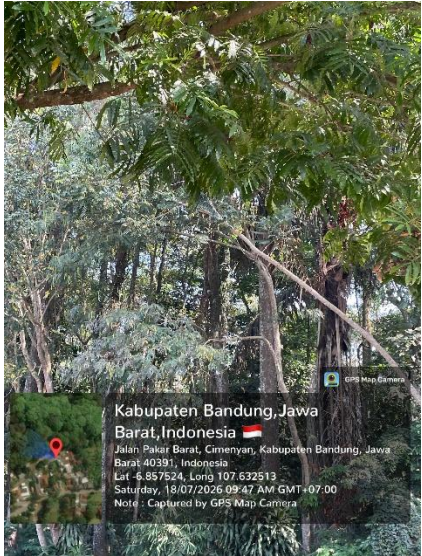
Point Observasi	Metode Observasi	Titik Koordinat	Keterangan	Dokumentasi
			pula konsentrasi BOD. Lahan terbuka berkontribusi pada limpasan permukaan yang membawa sedimen ke badan air.	
Pertanian	<i>Ground Check</i>	-6.855853, 107.766619	Lahan pertanian ini berada di perbukitan, lahan ini sesuai dengan klasifikasi pada citra. Selain itu, lahan ini juga yang pada tahun 2023 terklasifikasi sebagai lahan terbuka karena pada saat perekaman citra lahan pertanian ini sedang dalam fase bera.	 Kabupaten Bandung, Jawa Barat, Indonesia Jalan Terusan Padasuka, Cimenyan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat 40197, Indonesia Lat: -6.855853, Long: 107.7666119 Saturday, 18/07/2026 09:06 AM GMT+07:00 Note: Captured by GPS Map Camera

Point Observasi	Metode Observasi	Titik Koordinat	Keterangan	Dokumentasi
		-6.848872, 107.601123 Jl. Dr. Setiabudi, Cidadap, Kota Bandung	- Lahan ini berupa pertanian aktif, lahan pertanian ini sesuai dengan klasifikasi pada citra. Metode tanam pada lahan ini menggunakan metode modern yang mana menggunakan mulsa plastik. Selain peptisida, mulsa plastik ini berpotensi menjadi sumber sampah mikroplastik/plastik. - Pada temuan ini dapat terlihat mengapa pertanian tidak berkorelasi signifikan. Pertanian di wilayah ini bervariasi, sehingga karakter limpasan dan beban pencemaran berbeda-beda.	 Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia Jalan Dr. Setiabudi, Cidadap, Kota Bandung, Jawa Barat 40153, Indonesia Lat: -6.848872, Long: 107.601123 Sunday, 19/07/2026 06:24 AM GMT+07:00 Note: Captured by GPS Map Camera

Point Observasi	Metode Observasi	Titik Koordinat	Keterangan	Dokumentasi
Permukiman	<i>Ground Check</i>	-6.854239, 107.767275	• Titik ini merupakan kawasan permukiman yang berada di lereng bukit. Bangunan padat dan saling berdempetan mengikuti kontur lahan, tidak terlihat sistem pembuangan limbah yang tertutup. Permukiman ini sesuai dengan klasifikasi citra. • Pada temuan ini memperkuat bahwa permukiman pada umumnya menjadi potensi sumber limbah domestik yang belum terkelola secara baik. Kondisi ini menyebabkan korelasi permukiman terhadap BOD/COD lemah/tidak konsisten, sementara pada TSS lebih jelas akibat limpasan permukaan dari area terbangun.	

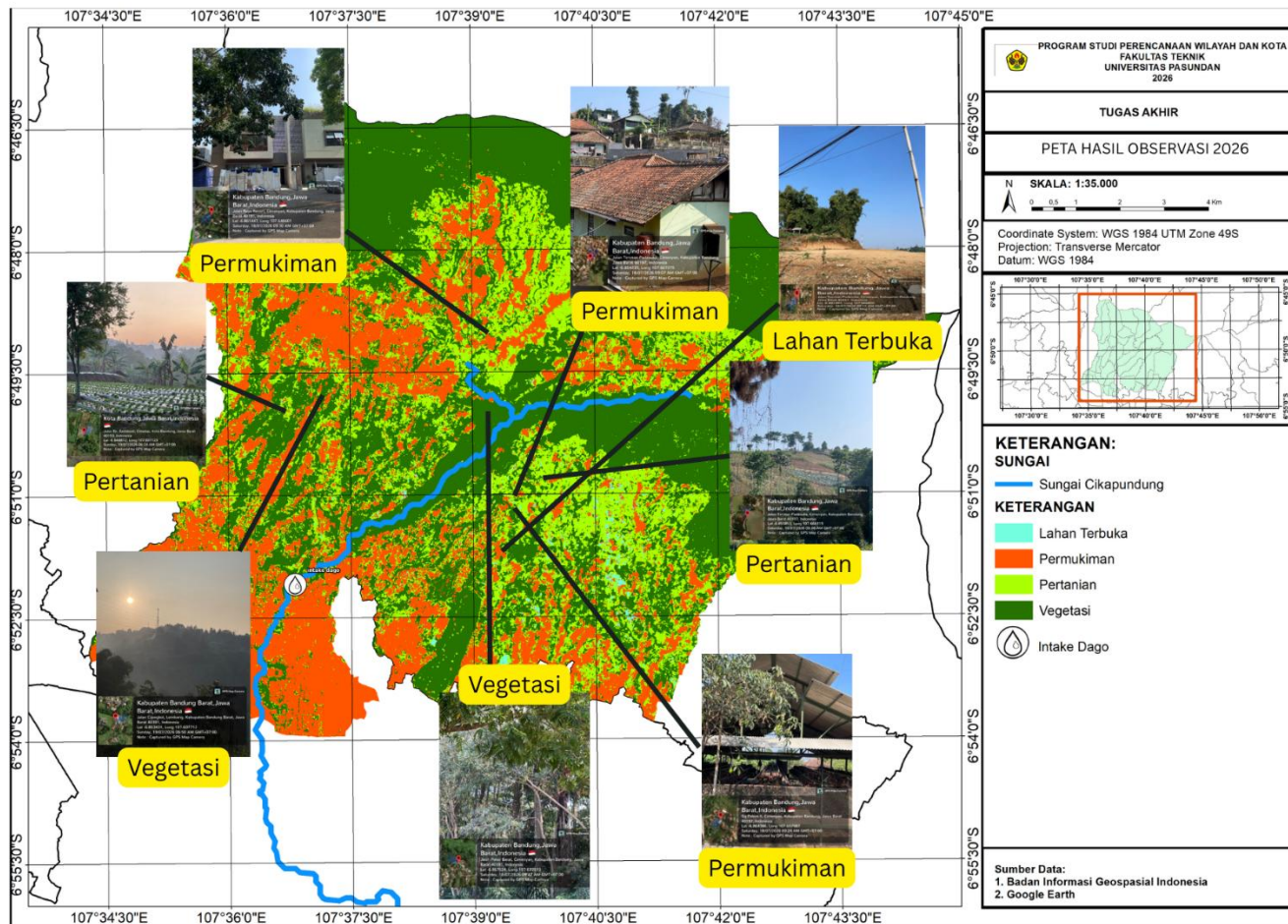
Point Observasi	Metode Observasi	Titik Koordinat	Keterangan	Dokumentasi
		-6.864386, 107.657987	- Ditemukan kandang ayam petelur skala komersial dengan sistem baterai bertingkat berisi ratusan ekor ayam, beratap seng. Kotoran unggas dari kandang ini menjadi sumber limbah organik berskala besar yang berpotensi mencemari lingkungan cukup tinggi apabila tidak dikelola dengan baik. - Temuan ini memperkuat argumen bahwa sebagian nilai BOD/COD yang tinggi tidak hanya berasal dari limbah domestik rumah tangga, melainkan juga dari aktivitas peternakan komersial yang "tersembunyi" di balik klasifikasi permukiman atau lahan campuran pada citra	

Point Observasi	Metode Observasi	Titik Koordinat	Keterangan	Dokumentasi
		-6.861447, 107.648601	• Terlihat bangunan rumah modern dua lantai yang masih dalam tahap konstruksi, ditandai dengan material seng pembatas dan tumpukan pasir, serta belum berpenghuni tetap. • Kondisi ini menunjukkan bahwa pembangunan permukiman di Kawasan Bandung Utara (KBU) masih terus berlangsung . Temuan ini mengonfirmasi premis awal penelitian bahwa tekanan pembangunan di KBU terus meningkat	 

Point Observasi	Metode Observasi	Titik Koordinat	Keterangan	Dokumentasi
Vegetasi	<i>Ground Check</i>	-6.857524, 107.632513	Titik ini memiliki tutupan vegetasi yang rapat dan tinggi karena merupakan wilayah Taman Hutan Raya Ir. H Djuanda. Aktivitas yang terlihat disini adalah wisata alam. Vegetasi ini sesuai dengan klasifikasi pada citra.	 Kabupaten Bandung, Jawa Barat, Indonesia 🇮🇩 Jalan Pakar Barat, Cimenyar, Kabupaten Bandung, Jawa Barat 40391, Indonesia Lat -6.857524, Long 107.632513 Saturday, 18/07/2026 09:47 AM GMT+07:00 Note - Captured by GPS Map Camera

Point Observasi	Metode Observasi	Titik Koordinat	Keterangan	Dokumentasi
		-6.853431, 107.607712	Titik ini bervegetasi rapat dengan pohon-pohon tinggi, kondisi ini menunjukkan vegetasi di Lembang masih terjaga dan sesuai dengan klasifikasi citra.	

Sumber: Hasil Observasi 2026



Gambar 5 18 Peta Hasil Observasi 2026

1. Lahan Terbuka

Titik observasi lahan terbuka di Jl. Terusan Padasuka, Cimenyan, menunjukkan kondisi permukaan tanah yang terbuka tanpa tutupan vegetasi maupun aktivitas pertanian, dan sesuai dengan hasil klasifikasi citra. Kondisi ini mendukung temuan statistik bahwa lahan terbuka memiliki korelasi positif yang sangat kuat dan signifikan terhadap COD ($\rho = 0,900$; Sig. = $0,037 < 0,05$) serta korelasi positif sempurna terhadap BOD ($\rho = 1,000$). Tidak adanya tutupan vegetasi menyebabkan permukaan tanah rentan terhadap limpasan pada saat hujan, dan membawa sedimen dan bahan organik ke badan air.

2. Pertanian

Observasi pada lahan pertanian di dua titik (perbukitan dan Jl. Dr. Setiabudi, Cidadap) menunjukkan macam-macam kondisi. Salah satu titik sempit terklasifikasi sebagai lahan terbuka pada tahun 2023 karena perekaman citra bertepatan dengan fase bera, sementara titik lainnya menunjukkan lahan pertanian aktif dengan metode tanam modern menggunakan mulsa plastik. Temuan ini mengkonfirmasi mengapa korelasi pertanian terhadap parameter kualitas air tidak signifikan secara statistik, karakter pertanian di DAS Cikapundung tidak homogen, sehingga limpasan dan beban pencemar yang dihasilkan juga bervariasi antar lokasi. Variasi inilah yang diduga meredam kekuatan hubungan statistik meskipun secara konseptual pertanian tetap berkontribusi terhadap pencemaran badan air.

Permukiman

Namun, hasil statistik menunjukkan korelasi permukiman terhadap BOD ($\rho = -0,300$), COD ($\rho = -0,600$), dan TSS ($\rho = -0,300$) lemah, berarah negatif, dan tidak signifikan, sehingga potensi pencemaran yang teramati di lapangan belum tercermin dalam hasil uji korelasi. Ketidaksesuaian ini kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan data ($n = 5$), peningkatan luas permukiman yang berlangsung bertahap sementara kualitas air berfluktuasi antartahun, serta beragamnya sumber pencemar yang tidak terekam dalam klasifikasi citra. Temuan yang menarik adalah teridentifikasinya kandang ayam petelur skala komersial dengan sistem baterai bertingkat di dalam kawasan yang terklasifikasi

sebagai permukiman. Aktivitas peternakan yang "tersembunyi" di balik klasifikasi permukiman ini memperkuat argumen bahwa sebagian beban BOD/COD yang tinggi tidak semata berasal dari limbah domestik rumah tangga, melainkan juga dari sumber organik yang tidak terekam secara jelas dalam klasifikasi citra. Selain itu, ditemukannya bangunan permukiman baru yang masih dalam tahap konstruksi mengonfirmasi dugaan awal penelitian bahwa tekanan pembangunan di Kawasan Bandung Utara (KBU) terus berlangsung.

3. Vegetasi

Observasi pada dua titik bervegetasi rapat, kawasan Tahura Ir. H. Djuanda dan wilayah Lembang, menunjukkan tutupan vegetasi yang masih terjaga dan sesuai dengan hasil klasifikasi citra. Kondisi ini menegaskan validitas peta tutupan lahan yang digunakan dalam analisis korelasi, sekaligus mendukung fungsi vegetasi sebagai kawasan penyangga yang mengurangi limpasan permukaan dan menjaga kualitas air di bagian hulu DAS Cikapundung.

Secara keseluruhan, hasil verifikasi lapangan ini memperkuat hasil analisis korelasi Spearman. Selain itu, hasil observasi juga membantu menjelaskan hasil yang tidak signifikan secara statistik, khususnya pada lahan pertanian dan permukiman, karena kondisi di lapangan lebih beragam dan tidak seluruhnya dapat tergambarkan melalui klasifikasi citra satelit.

Kelas Tutupan Lahan	Hasil Uji Korelasi Spearman	Titik & Temuan Observasi Lapangan	Keterkaitan Observasi dengan Hasil Statistik
Lahan Terbuka	BOD: $\rho=1,000$, Sig.=0,000 → signifikan (positif sempurna); COD: $\rho=0,900$, Sig.=0,037 → signifikan (positif sangat kuat); TSS $\rho=0,700$, DO $\rho=-0,359$, Fecal Coliform $\rho=-0,100$, Debit $\rho=0,577$ → seluruhnya tidak signifikan	1 titik (Jl. Terusan Padasuka, Cimenyan): permukaan tanah terbuka, tanpa vegetasi maupun aktivitas pertanian; kondisi sesuai klasifikasi citra	Tidak adanya tutupan vegetasi membuat permukaan rentan limpasan langsung yang membawa bahan organik/sedimen ke badan air mengonfirmasi secara fisik mengapa lahan terbuka berkorelasi kuat dan signifikan terhadap BOD dan COD
Pertanian	Seluruh 6 parameter (BOD, COD, TSS,	2 titik: (a) perbukitan sempit terklasifikasi	Karakter pertanian tidak homogen antar-

Kelas Tutupan Lahan	Hasil Uji Korelasi Spearman	Titik & Temuan Observasi Lapangan	Keterkaitan Observasi dengan Hasil Statistik
	DO, Fecal Coliform, Debit) → <i>tidak signifikan</i> (ρ berkisar -0,667 s.d. 0,500)	lahan terbuka pada 2023 akibat fase bera; (b) Jl. Dr. Setiabudi, Cidadap pertanian aktif, metode modern dengan mulsa plastik	titik (fase bera vs aktif, metode tanam berbeda) → limpasan dan beban pencemar bervariasi antar lokasi → variasi inilah yang meredam kekuatan hubungan statistik, meski konseptual pertanian tetap berkontribusi terhadap pencemaran
Permukiman	Seluruh 6 parameter → <i>tidak signifikan</i> (BOD $\rho=-0,300$; COD $\rho=-0,600$; TSS $\rho=-0,300$; DO $\rho=0,667$; Fecal Coliform $\rho=0,600$; Debit $\rho=-0,577$)	3 titik: (a) lereng bukit — padat, tanpa sistem pembuangan limbah tertutup; (b) kandang ayam petelur komersial (ratusan ekor) tersembunyi di balik klasifikasi permukiman; (c) bangunan baru tahap konstruksi	Sumber pencemar permukiman beragam (domestik + aktivitas non-domestik tersembunyi seperti peternakan) → menjelaskan korelasi BOD/COD yang lemah/tidak konsisten; sementara limpasan dari area terbangun tetap konsisten menjelaskan arah hubungan terhadap TSS meski secara statistik belum signifikan
Vegetasi	Seluruh 6 parameter → <i>tidak signifikan</i> (BOD $\rho=-0,100$; COD $\rho=0,300$; TSS $\rho=-0,600$; DO $\rho=0,308$; Fecal Coliform $\rho=0,200$; Debit $\rho=-0,289$)	2 titik: (a) Tahura Ir. H. Djuanda — vegetasi rapat, aktivitas wisata alam; (b) Lembang — vegetasi rapat, pohon tinggi	Tutupan vegetasi masih terjaga dan sesuai klasifikasi citra di kedua titik, mendukung fungsi vegetasi sebagai kawasan penyangga — arah korelasi negatif terhadap TSS ($\rho=-0,600$) sejalan dengan teori meski belum signifikan secara statistik

5.3.3 Kesesuaian Tutupan Lahan dengan Perencanaan Tata Ruang

Selain dianalisis secara statistik dan diverifikasi melalui observasi lapangan, perubahan tutupan lahan di wilayah kajian juga perlu ditinjau dari sudut kesesuaiannya terhadap kebijakan tata ruang yang berlaku. Tinjauan ini penting karena seluruh wilayah kajian berada di dalam atau berbatasan langsung dengan Kawasan Bandung Utara (KBU), yang secara hukum ditetapkan sebagai Kawasan Strategis Provinsi dengan fungsi utama konservasi daerah tangkapan air (Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 2 Tahun 2016). Data luas tutupan lahan tahun 2021–2025 (Tabel 5.5) menunjukkan bahwa kelas permukiman mengalami peningkatan signifikan dari 3.163 ha menjadi 4.439 ha, atau meningkat sekitar 40% dalam kurun lima tahun, sejalan dengan penyusutan luas vegetasi dari 9.428 ha menjadi 8.792 ha dengan titik terendah pada tahun 2023.

Berdasarkan Pasal 20 Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 2 Tahun 2016, KBU dibagi menjadi tujuh zona pengendalian: Zona L-1 (Lindung Utama, mencakup hutan lindung, Sempadan Sungai dan Situ/Danau, radius 50 meter dari mata air, serta lahan berlereng $\geq 40\%$), Zona L-2 (Lindung Tambahan), serta Zona B-1 hingga B-5 (pemanfaatan terbatas hingga sangat terbatas, tergantung tingkat resapan air dan kepadatan wilayah). Pada Zona L-1 khususnya, Pasal 22 huruf e dan g secara eksplisit melarang pendirian bangunan baru, penambahan kawasan terbangun, serta kegiatan yang merusak kualitas air dan mengganggu aliran air. Dengan demikian, setiap pertambahan luas permukiman atau lahan terbuka yang teridentifikasi berada di dalam Zona L-1 termasuk di sepanjang sempadan sungai dapat dikategorikan sebagai bentuk ketidaksesuaian terhadap kebijakan tata ruang yang berlaku.

Kecamatan Lembang (Kabupaten Bandung Barat) ditetapkan sebagai Kawasan Strategis Kabupaten (KSK) Pusat Agribisnis Lembang (Peraturan Daerah Kabupaten Bandung Barat Nomor 2 Tahun 2024 Tentang RTRW Kabupaten Bandung Barat), dengan tujuan pengembangan yang secara eksplisit diarahkan untuk mewujudkan kawasan pusat agribisnis berbasis pertanian. Kebijakan ini secara langsung memproteksi fungsi pertanian sebagai penggunaan lahan yang seharusnya dipertahankan.

Kecamatan Cimenyan (Kabupaten Bandung) merupakan kecamatan dengan karakter campuran. Berdasarkan Pasal 27 Peraturan Daerah Kabupaten Bandung Nomor 1 Tahun 2024 tentang RTRW Kabupaten Bandung, sebagian wilayah Cimenyan ditetapkan sebagai Kawasan Pelestarian Alam berupa Taman Hutan Raya seluas ± 271 ha, namun di sisi lain kecamatan ini juga memiliki alokasi kawasan perkebunan serta permukiman perkotaan dan perdesaan. Karakter transisi ini menjadi konteks penting dalam menjelaskan fluktuasi klasifikasi tutupan lahan yang teridentifikasi di kecamatan ini pada tahun 2023.

Kecamatan Cidadap ditetapkan memiliki Kawasan Strategis Kota (KSK) Punclut (Pasal 70 Peraturan Daerah Kota Bandung Nomor 5 Tahun 2022 RTRW Kota Bandung), yang secara eksplisit diarahkan untuk "membatasi secara ketat pengembangan terbangun di kawasan yang memiliki kelerengan tinggi" guna mengendalikan dan mewujudkan pelestarian daya dukung lingkungan.

Kecamatan Coblong, sebagai lokasi Sistem Intake Dago Bengkok, memiliki alokasi Zona Badan Air dan Zona Perlindungan Setempat (Pasal 57–58 Peraturan Wali Kota Bandung Nomor 29 Tahun 2024 tentang RDTR Kota Bandung), yang mencerminkan fungsi strategisnya sebagai titik keluaran aliran Sungai Cikapundung sebelum memasuki pusat kota.

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa tutupan lahan di Kecamatan Lembang dan Cimenyan secara umum masih relatif konsisten dengan arahan kebijakannya masing-masing, didominasi oleh vegetasi dan lahan pertanian sesuai fungsi agribisnis dan pelestarian alam yang ditetapkan. Ketidaksesuaian paling signifikan teridentifikasi di Kecamatan Coblong, di mana kepadatan permukiman eksisting tahun 2025 berkembang hingga badan Sungai Cikapundung, termasuk pada area di sekitar Sistem Intake Dago Bengkok yang berdasarkan Pasal 20 huruf a Perda Provinsi Jawa Barat Nomor 2 Tahun 2016 Tentang Kawasan Bandung Utara seharusnya termasuk dalam cakupan Zona L-1 (sempadan sungai) yang dilarang untuk didirikan bangunan sesuai Pasal 22 huruf e.

Temuan ini konsisten dengan tren kuantitatif pada Tabel 5.5, di mana peningkatan luas permukiman sebesar 40% dalam periode 2021–2025 turut berkontribusi terhadap penyusutan luas vegetasi yang berfungsi sebagai daerah

resapan air. Temuan ini juga memperkuat hasil analisis korelasi pada sub-bab 5.3.1, yang menunjukkan bahwa kelas lahan terbuka dan permukiman berpengaruh signifikan terhadap peningkatan BOD dan COD. Dengan demikian, perkembangan permukiman yang secara spasial terjadi di dalam zona yang seharusnya dilindungi bukan sekadar bentuk ketidaksesuaian administratif terhadap kebijakan tata ruang, tetapi juga secara empiris berkontribusi terhadap penurunan kualitas air baku di Sistem Intake Dago Bengkok.

BAB VI

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan Hasil Analisis yang telah dilakukan, perubahan tutupan lahan di wilayah studi selama periode 2021-2025 menunjukkan dinamika cukup nyata, ditandai dengan peningkatan luas permukiman yang diiringi penurunan luas vegetasi dan pertanian, sementara fluktuasi yang terjadi pada kelas lahan terbuka, khususnya lonjakan pada tahun 2023, mencerminkan perubahan musim akibat siklus tanam hortikultura dan fenomena iklim ekstrem El Niño pada tahun 2023, bukan konversi lahan yang bersifat permanen. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa, perubahan tutupan lahan yang paling terlihat adalah bertambahnya kawasan permukiman yang menggantikan lahan vegetasi dan pertanian. Sedangkan perubahan pada kelas lahan lainnya bersifat sementara dan tidak menunjukkan perubahan permanen.

Debit Sungai Cikapundung pada Sistem Intake Dago Bengkok tercatat stabil pada 250 m³/detik selama 2021–2023, kemudian mengalami penurunan menjadi 229 m³/detik pada 2024–2025. Adapun kondisi kualitas air menunjukkan pola fluktuatif pada seluruh parameter yang diamati (BOD, COD, TSS, DO, dan *Fecal Coliform*), dengan kondisi terburuk secara umum terjadi pada tahun 2023, ketika nilai BOD (46,36 mg/L), COD (162,94 mg/L), dan TSS (610 mg/L) melampaui baku mutu kelas IV (PP No. 22 Tahun 2021), serta *Fecal Coliform* melampaui baku mutu pada tahun 2024 (3.300 MPN/100mL). Meski demikian, di akhir periode pengamatan (2025) sebagian besar parameter (BOD, COD, TSS) telah memenuhi baku mutu kelas IV dan nilai DO menunjukkan tren membaik dari 3,22 mg/L (2021) menjadi 5,96 mg/L (2025), meskipun kondisi ini masih menunjukkan adanya tekanan pencemaran yang bersumber dari limbah organik dan aktivitas domestik di sepanjang DAS.

Hasil uji korelasi Spearman Rank menunjukkan bahwa dari 24 pasangan variabel yang diuji, hanya 2 pasangan yang signifikan secara statistik, yaitu hubungan lahan terbuka terhadap BOD ($\rho = 1,000$; Sig. = 0,000) dan terhadap COD ($\rho = 0,900$; Sig. = 0,037), yang mengindikasikan bahwa perluasan lahan

terbuka berkontribusi terhadap peningkatan limpasan permukaan pembawa bahan organik ke badan air. Sebaliknya, hubungan antara permukiman, pertanian, dan vegetasi terhadap parameter kualitas air maupun debit tidak menunjukkan signifikansi statistik, meskipun arah hubungannya sebagian besar konsisten dengan teori dan diperkuat oleh temuan observasi lapangan (seperti teridentifikasinya limbah domestik dan aktivitas peternakan tersembunyi di kawasan permukiman). Hasil simulasi kecukupan sampel ($n=20$) mengindikasikan bahwa ketidaksignifikanan tersebut lebih disebabkan oleh keterbatasan jumlah data *time-series* ($n=5$) dibandingkan tidak adanya hubungan sesungguhnya, karena signifikansi meningkat tajam menjadi 21 dari 24 pasangan pada simulasi tersebut.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa dampak perubahan tutupan lahan terhadap debit dan kualitas air di DAS Cikapundung Hulu bersifat nyata secara konsep dan didukung oleh bukti empiris pada skala spasial di DAS yang sama, namun baru dapat terkonfirmasi secara statistik pada skala temporal apabila periode pengamatan diperpanjang dan mencakup rentang waktu yang lebih variatif secara iklim. Sehingga pola perubahan jangka panjang dapat terlihat dengan lebih jelas dan tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi tertentu pada satu tahun, seperti El Niño tahun 2023.

6.2 Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, maka rekomendasi yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Untuk Penelitian Selanjutnya

- Memperpanjang durasi data time series dan/atau menambah titik pemantauan spasial (mengacu pada pendekatan Firdayati et al., 2025, yang menggunakan 15 titik pemantauan hulu-hilir), untuk memperkuat validitas statistik hubungan tutupan lahan dengan debit dan kualitas air.
- Memasukkan variabel iklim (*El Niño/La Niña*, curah hujan) sebagai variabel kontrol dalam analisis, karena penelitian ini mengindikasikan

bahwa fluktuasi debit dan sebagian parameter kualitas air lebih dipengaruhi faktor iklim ketimbang tutupan lahan semata.

2. Untuk Dinas Terkait

A. Dinas Lingkungan Hidup

- Menangani pencemaran BOD, yang berfluktuasi dan melampaui baku mutu kelas IV (12 mg/L) pada 2021 (23,44 mg/L), 2023 (46,36 mg/L), dan 2024 (21,16 mg/L), meski sudah memenuhi baku mutu pada 2022 (7,52 mg/L) dan 2025 (4,90 mg/L). DLHK perlu melanjutkan pengendalian sumber pencemar domestik dan peternakan agar tren perbaikan di 2025 dapat dipertahankan
- Mencari tahu sumber pencemar biologis. *Fecal coliform* melampaui baku mutu (2.000 MPN/100 mL) khusus pada 2024 (3.300 MPN/100 mL), setelah sebelumnya memenuhi baku mutu dan kembali turun di 2025 (1.100 MPN/100 mL). Kondisi ini terjadi bersamaan dengan meningkatnya luas kawasan permukiman. Oleh karena itu, DLHK perlu melakukan pemeriksaan di lapangan untuk mengetahui sumber pencemar, terutama dari sistem sanitasi dan pembuangan limbah domestik di kawasan permukiman.

B. Dinas Pertanian

- Karena nilai COD dan BOD dapat dipengaruhi oleh aktivitas pertanian, penggunaan pupuk dan pestisida, serta limbah domestik dan peternakan, perlu dilakukan peningkatan pengawasan dan edukasi mengenai praktik pertanian ramah lingkungan.

C. Dinas Sumber Daya Air dan Bina Marga

- Disarankan menyediakan basis data debit yang lebih lengkap dan konsisten dari tahun ke tahun, termasuk metadata titik pemantauan, agar dapat mendukung pembuktian hubungan antara perubahan tutupan lahan dengan karakteristik debit secara lebih meyakinkan pada penelitian mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Karsa Yudha, A. P. Dan R. W. (2022). Prosiding SINTA 4 (2022) Ts0009 Seminar Nasional Ilmu Teknik Dan Aplikasi Industri (SINTA). *Prosiding SINTA 4*.
- Ahmad Dhiyaul Dhaifulloh, Balqist Iqfirlana Khayumi, Deul Tirtayuda Legawa, Muhammad Karfin Ardy Ansya, & Denny Oktavina Radianto. (2024). Dampak Penggunaan Pestisida Kimia Terhadap Kualitas Tanah Dan Air Sungai Di Daerah Pertanian. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(2), 197–208. <https://doi.org/10.61132/Venus.V2i2.280>
- Albini, D., Lester, L., Sanders, P., Hughes, J., & Jackson, M. C. (2023). The Combined Effects Of Treated Sewage Discharge And Land Use On Rivers. *Global Change Biology*, 29(22), 6415–6422. <https://doi.org/10.1111/Gcb.16934>
- Alfatihah, A., Latuconsina, H., & Prasetyo, D. H. (2022). Analisis Kualitas Air Berdasarkan Parameter Fisika Dan Kimia Di Perairan Sungai Patrean Kabupaten Sumenep. *AQUACOASTMARINE: Journal Of Aquatic And Fisheries Sciences*, 1(2), 76–84. <https://doi.org/10.32734/Jafs.V1i2.9174>
- Aminata, F., & Kurniawan, A. (2019). Analisis Pengaruh Perubahan Lahan Terhadap Debitlimpasan Pada Daerah Aliran Sungai Bondoyudo Kab. Lumajang Dengan Metode Rasional. *Jurnal Teknik ITS*, 8.
- Andika, R., Falah, M. D., Bowo, H., Program, W., Kehutanan, S., Kehutanan, F., & Yogyakarta, I. (2024). Mengetahui Debit Dan Manfaat Air Yang Berada Di Wilayah TNGM Yang Disalurkan Untuk Masyarakat Dusun Deles Desa Sidorejo (Vol. 2, Number 4).
- Ardianingsih. (2025). 438 Identifikasi Tingkat Biological Oxygen Demand (BOD) Sebagai Indikator Identifikasi Tingkat Biological Oxygen Demand (Bod) Sebagai Indikator Kualitas Air Di Hulu Dan Hilir Sungai Bagong, Banyuwangi (Vol. 8, Number 3).
- Banun, M. E., Pramulya, M., & Jumiaty. (2022). Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Potensi Erosi Tanah Di Das Sibau Kabupaten Kapuas Hulu. In *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah* (Vol. 10, Number 2).
- Devane, M. L., Moriarty, E., Weaver, L., Cookson, A., & Gilpin, B. (2020). Fecal Indicator Bacteria From Environmental Sources; Strategies For Identification To Improve Water Quality Monitoring. In *Water Research* (Vol. 185). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116204>
- Diah, R., & Setyowati, N. (2016). *Studi Literatur Pengaruh Penggunaan Lahan Terhadap Kualitas Air* (Vol. 12, Number 1).
- Dwi Marsha, G., Sujono, J., & Nurrochmad, F. (2025). Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Banjir DAS Ogan Di Terusan, Sumatera Selatan. *Symposium Nasional Teknologi Infrastruktur*. <https://earthexplorer.usgs.gov>

- Dylian, R. O. (2026). Analysis Of The Effect Of Land Cover Changes On River Water Quality In Mataram City, West Nusa Tenggara. In *Rimba Torean Journal* (Vol. 02). <https://Dx.Doi.Org/10.Xxxx/Xx>
- Fadhil, M. Y., Hidayat, Y., & Baskoro, D. P. T. (2021). Identifikasi Perubahan Penggunaan Lahan Dan Karakteristik Hidrologi DAS Citarum Hulu. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(2), 213–220. <https://Doi.Org/10.18343/Jipi.26.2.213>
- Firdayati, M., Al-Farisi, F. A., Virtriana, R., & Kuntoro, A. A. (2025). The Impact Of Land Use Patterns On Water Quality In The Cikapundung Sub-Watershed. *IOP Conference Series: Earth And Environmental Science*, 1438(1). <https://Doi.Org/10.1088/1755-1315/1438/1/012068>
- Gifari, O. I., Kusriani, K., & Yuana, K. A. (2023). Analisis Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Metode Klasifikasi Terbimbing Pada Data Citra Penginderaan Jauh Kota Samarinda-Kalimantan Timur. *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 18(2), 71. <https://Doi.Org/10.30872/Jim.V18i2.5716>
- Harefa, M., Halawa, H., & Taufik, A. (2025). Strategi Manajemen Kualitas Air Di Perairan Umum Untuk Mendukung Kehidupan Akuatik. *Peraut : Jurnal Perikanan Dan Kelautan*.
- Harefa, Y. I. (2026). *Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Peningkatan Limpasan Permukaan Akibat Urbanisasi Dan Risiko Banjir*.
- Holcomb, D. A., & Stewart, J. R. (2020). Microbial Indicators Of Fecal Pollution: Recent Progress And Challenges In Assessing Water Quality. In *Current Environmental Health Reports* (Vol. 7, Number 3, Pp. 311–324). Springer. <https://Doi.Org/10.1007/S40572-020-00278-1>
- Iba, Z., & Wardhana, A. (2023). *METODE PENELITIAN* (Mahir Pradana).
- Kartiningrum, E. D., Basuki, H., Bambang, N., Otok, W., Nurul, E., & Yuswatiningsih, K. E. (2022). *Aplikasi Regresi Dan Korelasi Dalam Analisis Data Hasil Penelitian* (Dr. Rifaatul Laila M). Stikes Majapahit Mojokerto.
- Khrisrachmansyah, R., Brindley, P., Dempsey, N., & Wild, T. (2025). Tracking Land-Use And Land-Cover Change Through Fragmentation Dynamics In The Ciliwung River Watershed, Indonesia: A Remote-Sensing And GIS Approach. *Land*, 14(11). <https://Doi.Org/10.3390/Land14112127>
- Kuligiewicz, A. R., Bialik, R. J., & Rowiński, P. M. (2015). Dissolved Oxygen And Water Temperature Dynamics In Lowland Rivers Over Various Timescales. *Journal Of Hydrology And Hydromechanics*, 63(4), 353–363. <https://Doi.Org/10.1515/Johh-2015-0041>
- Latekeng, N., Tansa, S., Yunginger, R., & Nasibu, I. (2024). Monitoring Kualitas Air Sungai (Kekeruhan, Suhu, TDS, Ph) Menggunakan Mikrokontroler Atmega 328. *Jambura Journal Of Electrical And Electronics Engineering*, 6.
- Marisi, D. P., Suprihatin, S., Hariyadi, S., & Kaswanto, R. L. (2025). The Impacts Of Land Use And Cover Change On Water Quality Of Watershed Basin.

- Global Journal Of Environmental Science And Management*, 11(2), 573–592.
<https://doi.org/10.22034/Gjesm.2025.02.12>
- Marselina, M. (N.D.). Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Dan Kualitas Air Di Das Citarum Hulu. *Jurnal Reka Lingkungan Issn*, Issn(1), 71–84.
<https://doi.org/10.26760/Rekalingkungan.V13i1.71-84>
- Masombe, N., Halim, F., & Binilang, A. (2015). Perencanaan Sistem Pelayanan Air Bersih Di Kelurahan Bonkawir Kabupaten Raja Ampat Provinsi Papua Barat. *Jurnal Sipil Statik*, 3(11), 775–786.
- Nalumi Rahminadini, M. P. T. A. R. (2021). *Nalumirahminadinim_Perubahantutupanlahandanprediksi*.
- Namugize, J. N., Jewitt, G., & Graham, M. (2018). Effects Of Land Use And Land Cover Changes On Water Quality In The Umngeni River Catchment, South Africa. *Physics And Chemistry Of The Earth*, 105, 247–264.
<https://doi.org/10.1016/J.Pce.2018.03.013>
- Nirmayanti, & Marselina, M. (2025). Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Dan Kualitas Air Di Das Citarum Hulu. *Jurnal Reka Lingkungan ISSN*, ISSN(1), 71–84. <https://doi.org/10.26760/rekalingkungan.v13i1.71-84>
- Noer, M., & Wibowo, A. (2024). Identifikasi Perubahan Tutupan Lahan Dengan Metode Klasifikasi Terbimbing Menggunakan Data Google Earth. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 12(01), 32–41.
<https://doi.org/10.23887/Jjpg.V12i01.69945>
- Nugroho, N., Masita, N., & Yuwana, R. (2025). Rancang Bangun Sistem Filtrasi Air Lindi Menjadi Air Sanitasi Terintegrasi Pendeteksi Kualitas Ph, Total Dissolved Solids (Tds), Turbiditas, Dan Temperatur. *Jurnal Multidisiplin Saintek*, 8.
- Nurrochman, E., Joy, B., & Asdak, C. (2018). Kajian Sistem Hidrologi Akibat Perubahan Tataguna Lahan Di Kawasan Bandung Utara (Studi Kasus Kabupaten Bandung Barat). *Enviroasan*, 1(1), 26–30.
- Phunge, M., Dhau, I., & Modley, L. A. (2025). Understanding the Relationship Between Land Use, Land Cover Changes, and Water Quality in Polluted Urban Water Systems: A Remote Sensing Perspective. *Air, Soil and Water Research*, 18. <https://doi.org/10.1177/11786221251342907>
- Pirngadi, B. H., Syarifudin, D., & As Siddiq, M. Z. R. (2023). Review Of The Water Carrying Capacity And Water Flow At RDTR Of The Spatial Planning Of Tegalluar Residential Integrated Area In Bandung Regency. *Journal Of Community Based Environmental Engineering And Management*, 7(7), 85–104. <https://doi.org/10.23969/Jcbeem.V7i2.10211>
- Pirngadi, B. H., Syarifudin, D., & Octaviani, V. M. (2024). Reuse Of Treated Water From Bojongsoang Domestic Wastewater Treatment Installation As Water For Industrial Purposes. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 12(1), 28–36.
<https://doi.org/10.14710/Jwl.12.1.28-36>
- Pontes, P. R. M., Cavalcante, R. B. L., Sahoo, P. K., Silva Júnior, R. O. Da, Da Silva, M. S., Dall’Agnol, R., & Siqueira, J. O. (2019). The Role Of Protected

- And Deforested Areas In The Hydrological Processes Of Itacaiúnas River Basin, Eastern Amazonia. *Journal Of Environmental Management*, 235, 489–499. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.01.090>
- Qur'ani, N. P. G., Harisuseno, D., & Fidari, S. F. (2022). *Studi Pengaruh Kemiringan Lereng Terhadap Laju Inf.*
- Raharja, A. B., Aji, S., & Syarifudin, D. (2020). Typology Of The Coastal Countryside In Supporting Development Of North Coast Region In West Java. *TATALOKA*, 22(4), 486–496. <https://doi.org/10.14710/Tataloka.22.4.486-496>
- Raharja, A. B., Eka, R., Rahmat, P., Khutomah, D. A., Studi, P., Wilayah, P., Kota, D., Teknik, F., & Pasundan, U. (N.D.). Pengembangan Produk Wisata Dan Perancangan Digital Destination Branding Wisata Desa (Desa Panyocokan, Kecamatan Ciwidey, Bandung). *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 14(2), 331–339. Retrieved <http://journal.upgris.ac.id/index.php/E-Dimas>
- Rasool, U., Yin, X., Xu, Z., Faheem, M., Rasool, M. A., Siddique, J., . . . Senapathi, V. (2023). Evaluating the relationship between groundwater quality and land use in an urbanized watershed. *Environmental Science and Pollution Research*, 77107-77126.
- Rifai, L. F., Amarrohman, F. J., & Yusuf, M. A. (2023). Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Akibat Pembangunan Fasilitas Umum Dan Fasilitas Sosial Terhadap Zona Nilai Tanah Di Kecamatan Banyudono Kabupaten Boyolali. *Jurnal Geodesi Dan Geomatika*, 1 06 No 02.
- Salim, A. G., Dharmawan, I. W. S., & Narendra, B. H. (2019a). Pengaruh Perubahan Luas Tutupan Lahan Hutan Terhadap Karakteristik Hidrologi DAS Citarum Hulu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 333. <https://doi.org/10.14710/Jil.17.2.333-340>
- Salim, A. G., Dharmawan, I. W. S., & Narendra, B. H. (2019b). Pengaruh Perubahan Luas Tutupan Lahan Hutan Terhadap Karakteristik Hidrologi DAS Citarum Hulu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 333. <https://doi.org/10.14710/Jil.17.2.333-340>
- Shiferaw, N., Habte, L., & Waleed, M. (2025). Land Use Dynamics And Their Impact On Hydrology And Water Quality Of A River Catchment: A Comprehensive Analysis And Future Scenario. *Environmental Science And Pollution Research*, 32(7), 4124–4136. <https://doi.org/10.1007/S11356-025-35946-Y>
- Silvia Situmorang, N., & Ikhwan Siregar, Y. (2021). Analysis Of Total Suspended Solid Distribution And Its Effect To The Fertility Of Marine Waters Around Fish Auction Place (TPI) Dumai. In *Journal Of Coastal And Ocean Sciences E-Issn* (Vol. 2, Number 1).
- Staddal, I., Haridjaja, O., & Hidayat, Y. (2016). Analisis Debit Aliran Sungai Das Bila Sulawesi Selatan The Analysis Of Streamflow On Bila Watershed, South Sulawesi. *Jurnal Sumber Daya Air*, 12, 117–130.

- Subhaktiyasa, P. G., Numertayasa, I. W., Sumaryani, N. P., Candrawati, S. A. K., Dharma, I. D. G. C., & Saputra, I. G. N. W. H. (2025). Uji Korelasi Dalam Penelitian Kuantitatif: Kajian Konseptual, Asumsi Statistik Dan Implikasi Paraktis. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 10(4), 3297–3308. <https://doi.org/10.29303/Jipp.V10i4.3952>
- Syaputra, H., Najimuddin, D., Nuraini, H. E., & Ilfiani, D. (2022). Analisis Pengaruh Penggunaan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Air Di Sungai Desa Moyo Kecamatan Moyo Hilir. In *Jurnal Sainteka* (Vol. 3).
- Wiesye Nangoy, Gerry Harindah, Rievo Djarang, & Utari Satiman. (2026). The Role Of Riparian Vegetation In Pollutant Filtration And Sediment Stabilization In Lake Tondano, Indonesia. *Quagga: Jurnal Pendidikan Dan Biologi*, 18(2), 197–205. <https://doi.org/10.25134/Quagga.V18i2.527>

LAMPIRAN

LAMPIRAN A. TABEL OBSERVASI LAPANGAN



PROGRAM STUDI PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
Kampus IV : Jl. Dr. Setiabudi No. 193
Telp : 022-2021440,2019333 Bandung 40153

Format Observasi

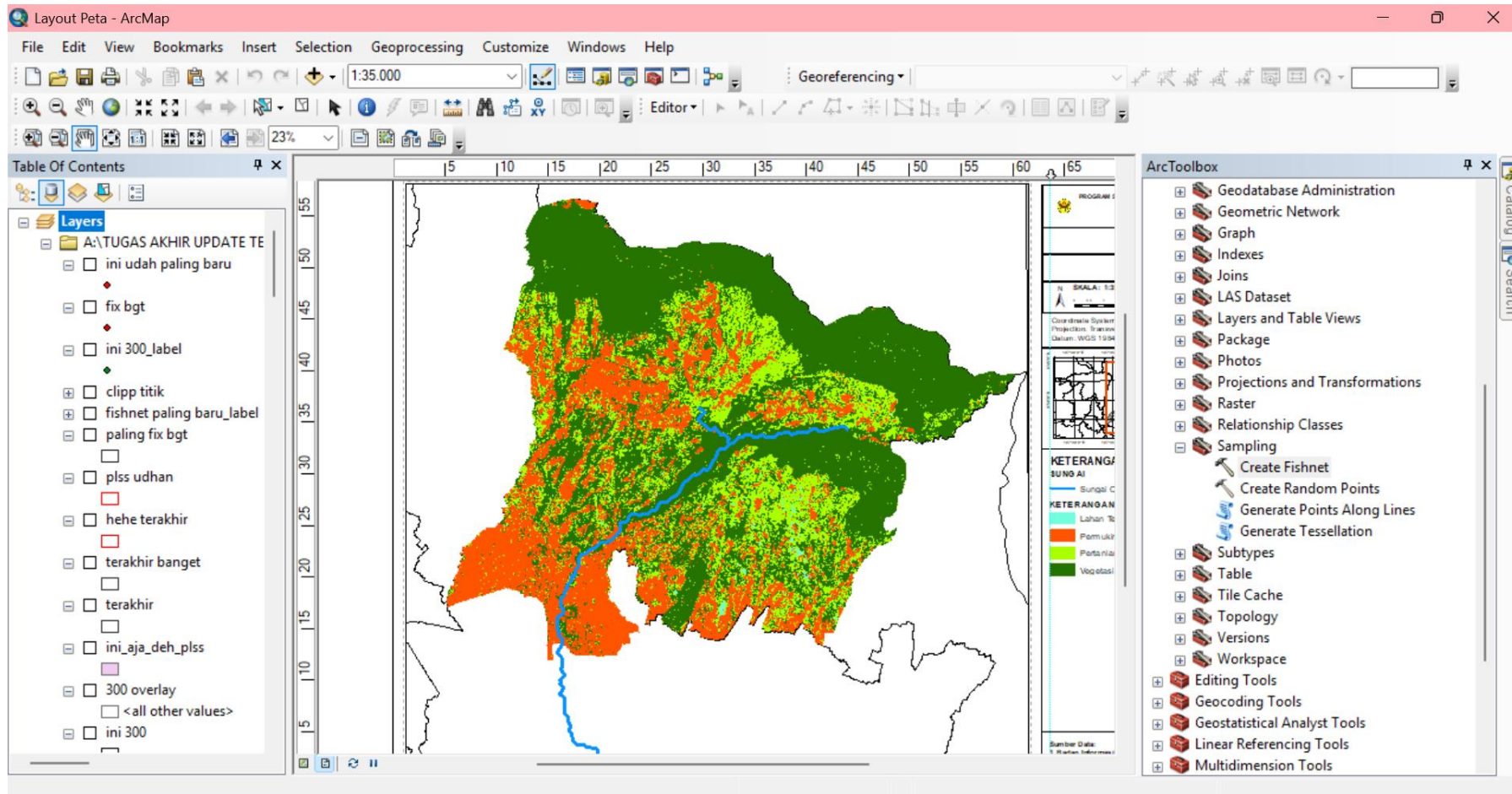
Identifikasi Perubahan Tutupan Lahan

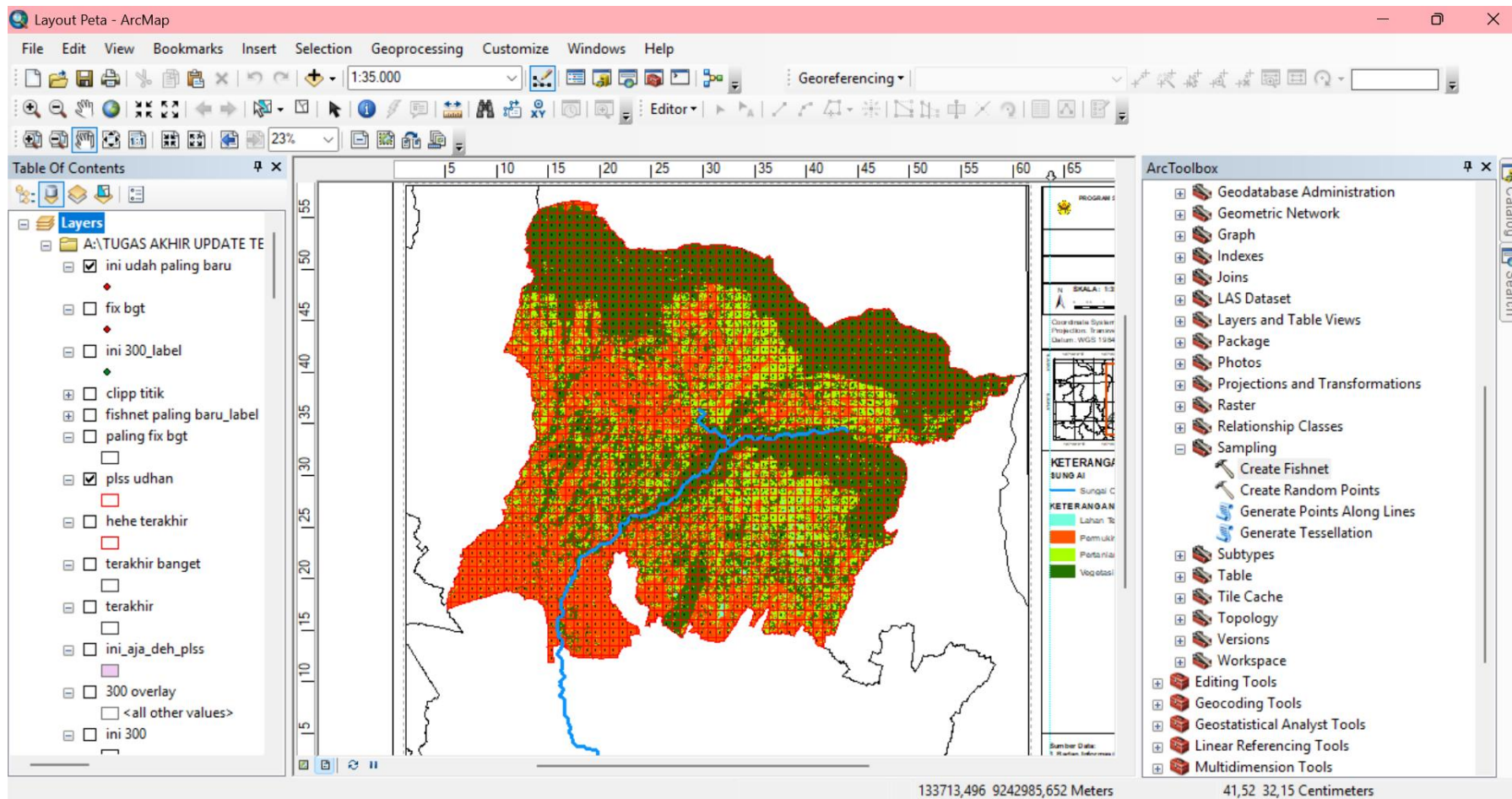
Tujuan dari observasi ini adalah untuk mengidentifikasi kondisi eksisting yang ada terkait **perubahan tutupan lahan** di DAS Cikapundung.

Lampiran A Tabel Observasi Lapangan

Point Observasi	Metode Observasi	Titik Koordinat	Keterangan	Dokumentasi
Identifikasi tutupan lahan secara eksisting	<i>Ground Check</i>			

LAMPIRAN B. Penentuan Titik Observasi





LAMPIRAN C. Script Pengambilan Data Analisis Tutupan Lahan

```
// FUNGSI MASK AWAN – Cloud Score+ (Sentinel-2)
var QA_BAND = 'cs_cdf';
var CLEAR_THRESHOLD = 0.5;
var csPlus = ee.ImageCollection
('GOOGLE/CLOUD_SCORE_PLUS/V1/S2_HARMONIZED'); function
maskS2Clouds(image)
{return
image.updateMask(image.select(QA_BAND).gte(CLEAR_THRESHOLD)
);}
// LOAD IMAGE – Sentinel-2 SR
var s2Collection =
ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
.filterBounds(roi)
.filterDate('2024-11-01', '2025-11-30')
.filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 10))
.linkCollection(csPlus, [QA_BAND])
.map(maskS2Clouds);
Map.centerObject(roi, 11);
Map.addLayer(image, {
bands: ['B4', 'B3', 'B2'],
min: 0,
max: 3000
}, 'True colour Image 2025 (Sentinel-2)');
// TAMBAH NDVI – NIR (B8) & Red (B4)
var ndvi = image.normalizedDifference(['B8',
'B4']).rename('NDVI');
var imageWithNDVI = image.addBands(ndvi);
// Band yang digunakan untuk klasifikasi
// B2=Blue, B3=Green, B4=Red, B8=NIR, B11=SWIR1, B12=SWIR2
var bands = ['B2', 'B3', 'B4', 'B8', 'B11', 'B12', 'NDVI'];
```

```

// WRAP GEOMETRIES INTO FEATURECOLLECTIONS
var lahanterbuka =
ee.FeatureCollection([ee.Feature(lahanterbuka)]);
var permukiman   =
ee.FeatureCollection([ee.Feature(permukiman)]);
var vegetasi      =
ee.FeatureCollection([ee.Feature(vegetasi)]);
var pertanian     =
ee.FeatureCollection([ee.Feature(pertanian)]);
// TRAINING SAMPLES
var lahanTerbuka2 = lahanterbuka.map(function(f) { return
f.set('class', 0); });
var permukiman2   = permukiman.map(function(f)   { return
f.set('class', 1); });
var vegetasi2      = vegetasi.map(function(f)      { return
f.set('class', 2); });
var pertanian2     = pertanian.map(function(f)     { return
f.set('class', 3); });
var ClassNames =
lahanTerbuka2.merge(permukiman2).merge(vegetasi2).merge(per
tanian2);
var trainingSample =
imageWithNDVI.select(bands).sampleRegions({
  collection: ClassNames,
  properties: ['class'],
  scale: 10
});
print('Total sample:', trainingSample.size());

```

```
print('Sample per kelas:',  
trainingSample.aggregate_histogram('class'));
```

```
// SPLIT TRAIN & VALIDASI (70:30)  
var withRandom = trainingSample.randomColumn('random');  
var training    = withRandom.filter(ee.Filter.lt('random',  
0.7));  
var validation  = withRandom.filter(ee.Filter.gte('random',  
0.7));  
  
// CLASSIFIER  
var classifier = ee.Classifier.smileRandomForest(100)  
  .train({  
    features: training,  
    classProperty: 'class',  
    inputProperties: bands  
  });  
  
// KLASIFIKASI & TAMPILKAN  
var classified =  
imageWithNDVI.select(bands).classify(classifier);  
Map.addLayer(imageWithNDVI, {  
  bands: ['B4', 'B3', 'B2'], // Red, Green, Blue  
  min: 0,  
  max: 3000  
}, 'True colour Image 2021 (Sentinel-2)');  
Map.addLayer(ClassNames, {}, 'Training Samples');  
Map.addLayer(classified, {  
  min: 0,  
  max: 3,  
  palette: ['red', 'yellow', 'green', 'lightgreen']  
}, 'Klasifikasi Tutupan Lahan 2021');
```

```

// AKURASI
var validated = validation.classify(classifier);
var matrix = validated.errorMatrix('class',
'classification');
print('Confusion Matrix:', matrix);
print('Overall Accuracy:', matrix.accuracy());
print('Kappa:', matrix.kappa());
// EXPORT HASIL KLASIFIKASI KE SHAPEFILE
// STEP 1 – Convert raster klasifikasi ke vector (polygon)
var vectors = classified.reduceToVectors({
  geometry: roi,
  scale: 10,
  geometryType: 'polygon',
  eightConnected: false,
  labelProperty: 'classification',
  reducer: ee.Reducer.countEvery() // <-- diganti dari
.first()
});
print('Jumlah polygon hasil klasifikasi:', vectors.size());
Map.addLayer(vectors, {color: 'black'}, 'Vector Klasifikasi
2021');
// STEP 2 – Export ke Google Drive sebagai shapefile
Export.table.toDrive({
  collection: vectors,
  description: 'export_klasifikasi_2021',
  folder: 'GEE_exports',
  fileNamePrefix: 'klasifikasi_2021',
  fileFormat: 'SHP'
})

```

