



Dampak Pencemaran terhadap Kualitas Air DAS Ciliwung Berdasarkan Data ONLIMO

Neni Triana^{1*}, Maryuni², Uci Sulandari³

¹⁻³ Program Studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Binawan, Indonesia

nenitriana061078@gmail.com¹, pmb@binawan.ac.id²⁻³

*Penulis Korespondensi: nenitriana061078@gmail.com

Abstract. *The Ciliwung River Basin is a strategic watershed with significant ecological, social, and economic functions, yet it is increasingly threatened by land use change, rapid urbanization, and water pollution, particularly in the Jakarta metropolitan area. This study aims to assess the water quality condition of the Ciliwung River based on real time monitoring data from the ONLIMO system and to examine spatial and temporal variations in water quality status along the middle and downstream segments. A descriptive quantitative approach was applied using secondary data obtained from three ONLIMO monitoring stations, namely Masjid Istiqlal, Pintu Air Manggarai, and Kelapa Dua Srengseng Sawah, during the period of 6–12 May 2025. The analyzed parameters included temperature, dissolved oxygen, Biochemical Oxygen Demand, nitrate, ammonia, and other relevant physicochemical indicators. The results indicate that the water quality of the Ciliwung River generally falls within lightly to moderately polluted categories, with higher pollution levels observed in the middle segment of the river. Critical parameters influencing pollution status include Biochemical Oxygen Demand, nitrate, ammonia, and consistently low dissolved oxygen levels. These findings demonstrate that pollution in the Ciliwung River is persistent and cumulative, highlighting the urgency of integrated watershed management, strengthening real time water quality monitoring, and enhancing cross sector collaboration to support effective pollution control and sustainable river restoration.*

Keywords: Ciliwung; ONLIMO; Pollution; Water Quality; Watershed.

Abstrak. Daerah Aliran Sungai Ciliwung merupakan DAS strategis yang memiliki peran penting secara ekologis, sosial, dan ekonomi, namun menghadapi tekanan lingkungan yang tinggi akibat perubahan penggunaan lahan, urbanisasi, dan pencemaran air, khususnya di wilayah perkotaan Jakarta. Riset ini bertujuan untuk menganalisis kondisi kualitas air Sungai Ciliwung berdasarkan data pemantauan *real time* sistem ONLIMO serta mengevaluasi variasi status mutu air pada segmen tengah dan hilir sungai. Riset mengaplikasikan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan memanfaatkan data sekunder temuan pemantauan ONLIMO dari tiga stasiun, yaitu Stasiun Masjid Istiqlal, Stasiun Pintu Air Manggarai, dan Stasiun Kelapa Dua di Srengseng Sawah, selama periode 6 Mei hingga 12 Mei 2025. Parameter yang dianalisis meliputi suhu, oksigen terlarut, *Biochemical Oxygen Demand*, nitrat, amonia, dan parameter fisik kimia lainnya yang berpengaruh terhadap mutu air. Temuan riset memperlihatkan bahwasanya kualitas air Sungai Ciliwung secara umum berada pada kategori cemar ringan hingga cemar sedang, dengan tingkat pencemaran tertinggi terjadi di segmen tengah sungai. Parameter kritis yang dominan meliputi *Biochemical Oxygen Demand*, nitrat, dan amonia, serta rendahnya kadar oksigen terlarut. Temuan ini menegaskan bahwasanya pencemaran Sungai Ciliwung bersifat persisten dan terakumulasi, sehingga diperlukan penguatan pengelolaan DAS secara terpadu, peningkatan efektivitas pemantauan berbasis *real time*, serta kolaborasi lintas sektor untuk pengendalian pencemaran dan pemulihan kualitas air secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Ciliwung; DAS; Kualitas Air; ONLIMO; Pencemaran.

1. LATAR BELAKANG

Daerah Aliran Sungai Ciliwung merupakan salah satu DAS strategis di Indonesia yang membentang dari wilayah hulu di Bogor hingga hilir di Jakarta dan memiliki peran penting secara ekologis, sosial, dan ekonomi. Sepanjang alirannya, DAS Ciliwung memperlihatkan variasi kepadatan penduduk dan pola penggunaan lahan yang mencerminkan tingkat tekanan lingkungan yang berbeda. Wilayah hulu DAS Ciliwung memiliki kepadatan penduduk relatif rendah sebesar 12 jiwa per hektar dengan penggunaan lahan yang beragam, meliputi hutan

lahan kering primer dan sekunder, hutan tanaman, kebun campuran, serta lahan pertanian, di mana hutan tanaman menjadi penggunaan lahan dominan seluas 3.871,82 hektar (Aini et al., 2018). Meskipun demikian, rendahnya kepadatan penduduk di wilayah hulu tidak serta merta diikuti oleh pemanfaatan lahan yang optimal, karena aktivitas ekonomi masih didominasi sektor primer dengan nilai tambah yang relatif rendah (Aini et al., 2018). Kondisi ini memperlihatkan bahwasanya tekanan terhadap DAS tidak hanya ditentukan oleh faktor demografis, tetapi juga oleh struktur dan orientasi kegiatan ekonomi.

Pada wilayah tengah DAS Ciliwung, kepadatan penduduk meningkat menjadi 47 jiwa per hektar dan penggunaan lahan didominasi oleh permukiman yang mencakup lebih dari delapan puluh persen luas wilayah. Pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi di wilayah ini telah mendorong terjadinya degradasi lahan dan penurunan fungsi ekologis DAS (Fitri et al., 2022). Tekanan yang lebih besar terlihat di wilayah hilir DAS Ciliwung dengan kepadatan penduduk tertinggi mencapai 112 jiwa per hektar. Wilayah ini sangat dipengaruhi oleh pertumbuhan ekonomi dan urbanisasi yang pesat, yang mendorong konversi lahan kosong menjadi kawasan permukiman dan perkantoran, sehingga menurunkan kemampuan tanah dalam menyerap limpasan dan meningkatkan risiko banjir di Jakarta (Abighail et al., 2022). Meskipun demikian, wilayah hilir memberikan kontribusi ekonomi terbesar terhadap nilai ekonomi DAS Ciliwung, yaitu sebesar Rp 1.118,31 triliun, jauh lebih besar dibandingkan wilayah hulu dan tengah yang masing masing menyumbang Rp 13,12 triliun dan Rp 5,545 triliun (Aini et al., 2018). Ketimpangan antara manfaat ekonomi dan degradasi lingkungan ini menegaskan pentingnya pengelolaan DAS yang berkelanjutan dan berkeadilan.

Selain menghadapi tekanan hidrologis dan tata guna lahan, DAS Ciliwung juga dihadapkan pada permasalahan pencemaran air yang semakin kompleks, terutama di wilayah perkotaan Jakarta. Sungai Ciliwung yang melintasi kawasan padat penduduk mengalami pencemaran berat akibat limbah domestik dan industri, di mana sebagian besar segmen sungai terkontaminasi oleh saluran pembuangan limbah (Aprilia et al., 2022; Rajagukguk & Pranoto, 2023). Praktik pembuangan limbah cair dan padat secara langsung ke sungai, khususnya dari permukiman di bantaran sungai, telah mempercepat penurunan kualitas air (Herdiansyah et al., 2020; Putri et al., 2019). Berbagai riset memperlihatkan bahwasanya parameter kualitas air seperti padatan tersuspensi total, oksigen terlarut, dan koliform sering kali tidak memenuhi baku mutu nasional, dengan tingkat pencemaran paling parah terjadi di wilayah hilir akibat akumulasi polutan dari hulu dan sumber lokal (Kumar et al., 2017; Ratnaningsih et al., 2019). Urbanisasi yang cepat dan pertumbuhan penduduk diproyeksikan akan semakin memperburuk

kualitas air pada masa mendatang apabila tidak diimbangi dengan peningkatan infrastruktur pengelolaan air limbah (Kumar et al., 2017).

Permasalahan pencemaran Sungai Ciliwung juga berkaitan erat dengan tata kelola DAS yang belum optimal. Pengelolaan DAS Ciliwung telah diatur melalui Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 yang menekankan pendekatan terpadu dari hulu hingga hilir dengan melibatkan berbagai tingkat pemerintahan dan kementerian terkait. Namun dalam praktiknya, pembangunan perkotaan di sepanjang bantaran sungai dan perubahan penggunaan lahan yang tidak terkendali telah mengurangi fungsi ekologis DAS dan melampaui daya dukung lingkungan, sehingga memicu bencana seperti banjir dan erosi (Benito et al., 2023; Ekawaty et al., 2018). Proyeksi hidrologis di DAS Ciliwung Atas memperlihatkan potensi peningkatan limpasan permukaan dan debit puncak pada tahun 2030, yang menegaskan urgensi penerapan strategi pengelolaan seperti perlindungan kawasan hutan dan penataan permukiman secara lebih ketat (Karuniasa et al., 2019; Robo et al., 2018). Nilai ekonomi DAS Ciliwung yang tinggi, termasuk estimasi nilai ekonomi sebesar Rp 991 miliar, semakin memperkuat kebutuhan akan praktik pengelolaan yang berkelanjutan untuk mendukung upaya pemulihan lingkungan dan pemenuhan kebutuhan air masyarakat (Araswati et al., 2021; Benito et al., 2023).

Dalam konteks pengendalian pencemaran dan evaluasi kualitas air, sistem pemantauan menjadi instrumen yang sangat penting. Selama ini, pemantauan kualitas air Sungai Ciliwung umumnya dilakukan tiga hingga empat kali dalam setahun melalui pengambilan sampel manual, yang meskipun mampu memberikan peringatan dini terhadap pencemaran, memiliki keterbatasan dalam menangkap dinamika kualitas air yang cepat dan bersifat temporal. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, pada tahun 2006 dikembangkan teknologi pemantauan kualitas air secara daring dan waktu nyata berbasis *Internet of Things*, yang dikenal sebagai ONLIMO. Sistem ini memungkinkan pengumpulan data kualitas air secara otomatis melalui sensor *multi probe* dengan sebelas hingga empat belas parameter, pengolahan data secara digital, serta pengiriman data secara kontinu ke pusat data melalui komunikasi GSM, di mana setiap stasiun mampu merekam hingga 8.760 data kualitas air per tahun.

Berdasarkan latar belakang tersebut, riset ini bertujuan untuk mengetahui kondisi kualitas air DAS Ciliwung dengan mengacu pada data pemantauan daring ONLIMO dan temuan riset terdahulu yang relevan. Kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran empiris mengenai kondisi kualitas air Sungai Ciliwung secara aktual serta menjadi referensi dalam pengembangan sistem pemantauan dan pengelolaan kualitas air yang lebih efektif. Data riset diperoleh secara *real time* melalui laman <https://ppkl.menlhk.go.id/onlimo-2022/> dari tiga

stasiun ONLIMO selama enam hari, yaitu Stasiun Masjid Istiqlal, Stasiun Pintu Air Manggarai, dan Stasiun Kelapa Dua di Srengseng Sawah, Jakarta Selatan, dengan tujuan tambahan untuk mengevaluasi kinerja pemantauan kualitas air dari ketiga stasiun tersebut.

2. KAJIAN TEORITIS

Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung merupakan sistem lingkungan yang kompleks akibat interaksi kondisi biofisik dan aktivitas manusia dari hulu hingga hilir. Tekanan lingkungan pada DAS ini tidak semata ditentukan oleh kepadatan penduduk, melainkan lebih dipengaruhi oleh karakter pemanfaatan lahan dan struktur kegiatan ekonomi. Di wilayah hulu, meskipun kepadatan penduduk relatif rendah, tekanan lingkungan lebih dipengaruhi oleh orientasi aktivitas ekonomi dan nilai ekonomi spasial dibandingkan faktor demografis, sehingga penggunaan lahan menjadi determinan utama dinamika lingkungan DAS (Hidayat, 2017). Pola serupa ditemukan di DAS Citarum Atas, di mana perubahan penggunaan lahan akibat pertumbuhan populasi dan aktivitas ekonomi berkontribusi terhadap meningkatnya kekritisan air (Indra, 2016).

Perubahan penggunaan lahan di DAS Ciliwung berimplikasi langsung terhadap respons hidrologi dan kualitas air sungai. Konversi tutupan lahan berpotensi meningkatkan limpasan permukaan dan debit puncak, yang memperbesar risiko banjir dan degradasi kualitas air, terutama di wilayah tengah dan hilir (Robo et al., 2018). Temuan ini konsisten dengan temuan riset di DAS Cimanuk Atas yang memperlihatkan bahwasanya perubahan penggunaan lahan dan kondisi fisik lingkungan memengaruhi debit dan sedimentasi sungai (Rahman, 2009). Akumulasi tekanan dari wilayah hulu dan aktivitas lokal di kawasan perkotaan hilir menyebabkan penurunan kualitas air, yang diperparah oleh pertumbuhan penduduk dan dinamika perubahan iklim, sehingga menuntut pengelolaan sumber daya air yang terpadu dan berkelanjutan (Kumar et al., 2017).

Tutupan hutan tanaman di DAS Ciliwung berperan dalam menjaga fungsi ekologis, khususnya dalam mengendalikan limpasan dan stabilitas hidrologi. Namun, pergeseran penggunaan lahan menuju permukiman dan kegiatan akuakultur meningkatkan beban polutan, terutama di segmen tengah dan hilir sungai (Abighail et al., 2022; Effendi et al., 2018). Fenomena ini sejalan dengan temuan di Lembah Sungai Liao Timur yang memperlihatkan bahwasanya konversi hutan berkorelasi dengan penurunan kualitas air, sehingga pengelolaan jenis penggunaan lahan menjadi faktor kunci perlindungan sumber daya air (M. Zhang et al., 2021). Di kawasan perkotaan Jakarta, alih fungsi lahan hijau menjadi area terbangun menurunkan kapasitas infiltrasi tanah dan meningkatkan limpasan serta risiko banjir (Abighail

et al., 2022), di mana keberadaan vegetasi dan badan air terbukti berpengaruh positif terhadap kualitas air, sedangkan lahan terbangun berdampak negatif (Effendi et al., 2018).

Dalam konteks iklim tropis, kualitas air sungai dipengaruhi oleh interaksi antara iklim dan penggunaan lahan. Peningkatan suhu udara rata rata yang relatif kecil di DAS Ciliwung tidak secara signifikan memengaruhi suhu air sungai karena dominasi variasi musiman hujan dan kemarau (Ariyani, 2018), sejalan dengan temuan di wilayah beriklim sedang yang memperlihatkan resistensi suhu sungai terhadap perubahan jangka panjang (Worrall et al., 2022). Namun, suhu tetap menjadi parameter penting karena memengaruhi kelarutan oksigen terlarut dan dekomposisi bahan organik yang berdampak langsung pada kesehatan ekosistem akuatik (Danladi Bello et al., 2017). Urbanisasi dan aktivitas pertanian di daerah tropis terbukti meningkatkan suhu dan kekeruhan air, yang menurunkan kualitas perairan (Wambugu et al., 2017), sehingga kombinasi perubahan iklim dan penggunaan lahan tetap menjadi faktor krusial dalam pengelolaan kualitas air (Ficklin et al., 2023).

Sungai Ciliwung di wilayah Jakarta menghadapi tekanan pencemaran tinggi akibat urbanisasi dan aktivitas antropogenik. Berbagai riset memperlihatkan bahwasanya parameter kualitas air seperti padatan tersuspensi total, oksigen terlarut, dan koliform sering tidak memenuhi baku mutu, terutama di segmen tengah dan hilir (Aprilia et al., 2022). Kondisi ini diperparah oleh keterbatasan infrastruktur pengolahan limbah dan rendahnya kesadaran masyarakat (Luo et al., 2019), serta praktik pembuangan limbah domestik dan sampah padat di bantaran sungai (Rajagukguk & Pranoto, 2023; Sidabutar et al., 2017). Meskipun terdapat indikasi perbaikan pada beberapa parameter seperti BOD dan TSS, tingkat pencemaran secara keseluruhan masih tinggi dan mencerminkan ketertinggalan pembangunan sanitasi dibandingkan laju urbanisasi (Luo et al., 2019; Sachoemar & Wahjono, 2018).

Pengelolaan DAS Ciliwung, khususnya di wilayah hulu, memiliki peran strategis sebagai penyangga hidrologis bagi wilayah hilir dan menuntut pendekatan terpadu lintas sektor dan wilayah administrasi (Pambudi, 2019). Namun, implementasinya masih menghadapi kendala berupa lemahnya integrasi antar sektor dan rendahnya partisipasi masyarakat (Narendra et al., 2021). Oleh karena itu, pengelolaan kolaboratif yang melibatkan pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat menjadi semakin mendesak, meskipun model tata kelola seperti ekoriparian masih memerlukan penguatan kerangka yang lebih komprehensif dan terintegrasi (Maulana et al., 2022).

Dalam pengendalian pencemaran dan evaluasi kualitas air, penerapan sistem pemantauan *real time* berbasis *Internet of Things* menjadi sangat relevan. Pemantauan manual periodik dinilai tidak mampu menangkap fluktuasi kualitas air yang cepat dan kejadian pencemaran

sesaat, terutama di sungai perkotaan. Sistem ONLIMO menyediakan data berkelanjutan mengenai parameter utama kualitas air dan memungkinkan analisis dinamika kualitas air secara lebih komprehensif (Yudo et al., 2023; Yudo & Said, 2018). Pemantauan *real time* ini berperan penting dalam deteksi dini pencemaran, evaluasi pengelolaan DAS, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam pengendalian pencemaran Sungai Ciliwung.

3. METODE PENELITIAN

Riset ini mengaplikasikan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan memanfaatkan data sekunder temuan pemantauan kualitas air Sungai Ciliwung yang diperoleh dari sistem *online* dan *real time* ONLIMO. Data yang dianalisis berasal dari tiga stasiun pemantauan, yaitu Stasiun Masjid Istiqlal, Stasiun Pintu Air Manggarai, dan Stasiun Kelapa Dua sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Ketiga stasiun tersebut merepresentasikan segmen hilir dan tengah DAS Ciliwung, sehingga memungkinkan analisis kondisi kualitas air pada wilayah dengan tekanan aktivitas antropogenik yang tinggi. Data yang digunakan merupakan data historis periode tahun 2015 sampai dengan 2020 yang diunduh dari server pusat data di Puspiptek Serpong Provinsi Banten melalui laman <http://onlino.brin.go.id>. Data tersimpan dalam basis data terpusat yang merekam temuan pengukuran setiap satu jam dari masing masing stasiun pemantauan.

Parameter kualitas air yang dianalisis dalam riset ini meliputi suhu air, oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* DO, total padatan terlarut atau *Total Dissolved Solids* TDS, daya hantar listrik, derajat keasaman pH, dan kekeruhan atau *turbidity*. Parameter tersebut dipilih karena merupakan indikator utama yang mencerminkan kondisi fisik dan kimia perairan serta umum digunakan dalam evaluasi status mutu air sungai. Data yang dianalisis merupakan data temuan pengukuran sensor *multi probe* yang terekam secara kontinu dalam basis data ONLIMO dengan interval waktu satu jam, sehingga mampu menggambarkan dinamika kualitas air secara temporal.

Alat utama yang digunakan dalam pengumpulan data adalah sistem ONLIMO yang berfungsi sebagai sistem pemantauan kualitas air secara kontinu, otomatis, dan *online*. Sistem ini terdiri atas sensor terintegrasi, *data logger*, media transmisi data, serta sistem basis data yang memungkinkan pengelolaan dan penyimpanan data kualitas air secara terpusat. ONLIMO mengaplikasikan sistem pompa otomatis untuk mengukur hingga empat belas parameter kualitas air, antara lain pH, potensi reduksi oksidasi, temperatur, daya hantar listrik, salinitas, oksigen terlarut, amonium, kedalaman, *Chemical Oxygen Demand* COD, *Biochemical Oxygen Demand* BOD, kekeruhan, dan nitrat. Dalam riset ini, analisis difokuskan pada enam parameter

utama yang tersedia secara konsisten pada seluruh stasiun dan periode pengamatan, sebagaimana dijelaskan sebelumnya. Lokasi stasiun pemantauan yang menjadi sumber data riset disajikan secara rinci pada Tabel 1.

Tabel 1. Nama Stasiun dan Lokasi ONLIMO DAS Ciliwung.

No	Stasiun	Lokasi
1	Stasiun Masjid Istiqlal	Sungai Ciliwung Hilir Jakarta Pusat
2	Stasiun Pintu Air Manggarai dan Stasiun Kelapa Dua	Sungai Ciliwung Hilir Jakarta Selatan
3	Stasiun Srengseng Sawah Kelapa Dua	Sungai Ciliwung Tengah lokasi di Kota Depok

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

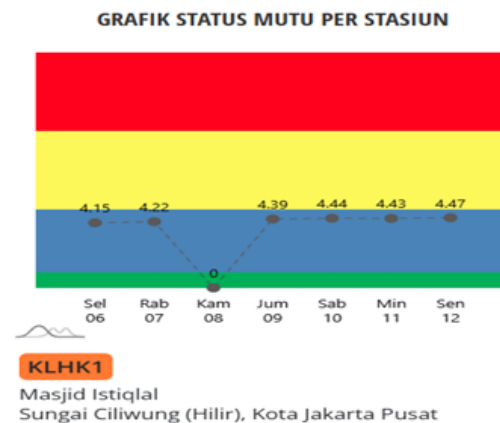
Temuan Riset

Temuan pemantauan kualitas air Sungai Ciliwung berdasarkan data ONLIMO memperlihatkan bahwasanya status mutu air berfluktuasi antar lokasi dan waktu pengamatan. Indeks pencemaran yang diperoleh dari pemantauan *real time* selama periode 6 Mei hingga 12 Mei 2025 memperlihatkan variasi tingkat pencemaran pada setiap stasiun. Rekapitulasi nilai indeks pencemaran pada masing masing lokasi disajikan pada Tabel 2. Data tersebut memperlihatkan bahwasanya kondisi kualitas air Sungai Ciliwung secara umum berada pada kategori cemar ringan hingga cemar sedang, dengan beberapa waktu pengamatan memenuhi baku mutu.

Tabel 2. Indeks Pencemaran Sungai Ciliwung Berdasarkan Pemantauan ONLIMO Tanggal 6 Mei sampai dengan 12 Mei 2025.

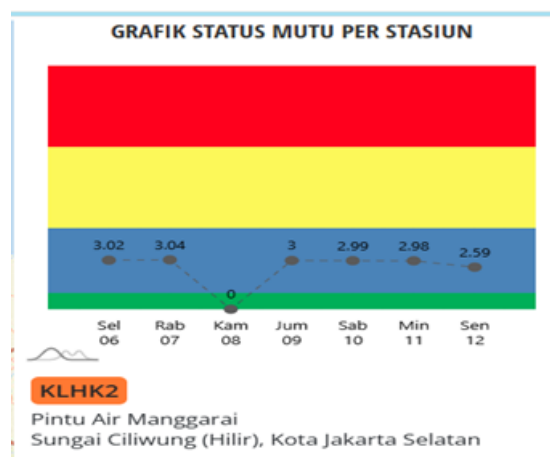
Lokasi Stasiun	6 Mei	7 Mei	8 Mei	9 Mei	10 Mei	11 Mei	12 Mei
Masjid Istiqlal	4,15	4,22	0,00	4,39	4,44	4,43	4,47
Pintu Air Manggarai	3,02	3,04	0,00	3,00	2,99	2,98	2,59
Srengseng Sawah Kelapa Dua	9,07	9,19	0,00	9,23	9,23	9,16	0,00

Berdasarkan data pada Tabel 2 dan visualisasi grafik pada Gambar 2, temuan pantauan di Stasiun Masjid Istiqlal memperlihatkan bahwasanya pada tanggal 6, 7, 9, 10, 11, dan 12 Mei 2025 status mutu air berada pada kategori cemar ringan, sedangkan pada tanggal 8 Mei 2025 kondisi air memenuhi baku mutu. Pola fluktuasi ini mengindikasikan adanya tekanan pencemaran yang relatif konsisten di segmen hilir Sungai Ciliwung Jakarta Pusat, dengan jeda singkat pada kondisi yang memenuhi baku mutu.



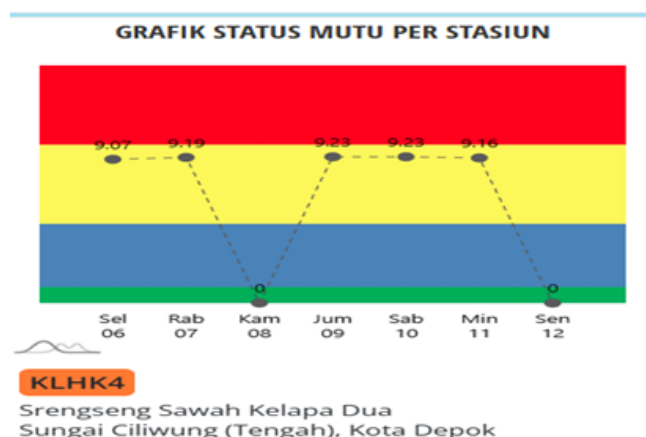
Gambar 2. Status Mutu Air DAS Ciliwung di Stasiun ONLIMO Masjid Istiqlal.

Temuan pemantauan di Stasiun Pintu Air Manggarai yang disajikan pada Gambar 3 memperlihatkan pola yang relatif serupa. Pada tanggal 6, 7, 9, 10, 11, dan 12 Mei 2025, status mutu air Sungai Ciliwung berada pada kategori cemar ringan, sementara pada tanggal 8 Mei 2025 memenuhi baku mutu. Nilai indeks pencemaran pada stasiun ini cenderung lebih rendah dibandingkan Stasiun Masjid Istiqlal, yang memperlihatkan bahwasanya tingkat pencemaran di segmen ini relatif lebih kecil meskipun masih berada di atas ambang baku mutu pada sebagian besar waktu pengamatan.



Gambar 3. Status Mutu Air DAS Ciliwung di Stasiun ONLIMO Pintu Air Manggarai.

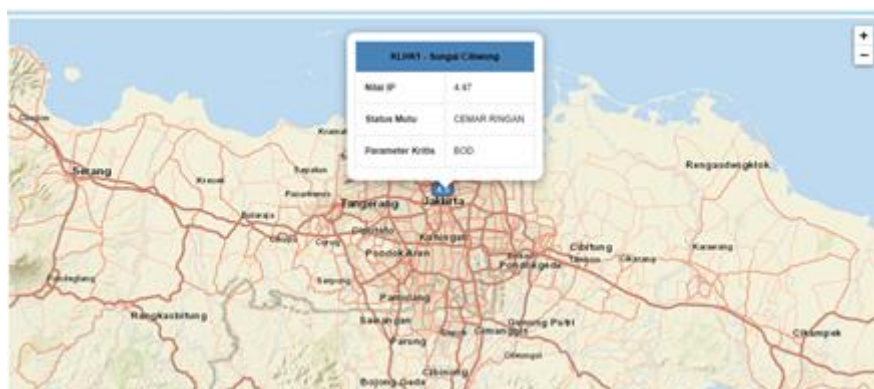
Berbeda dengan dua stasiun sebelumnya, temuan pemantauan di Stasiun Srengseng Sawah Kelapa Dua yang ditunjukkan pada Gambar 4 memperlihatkan tingkat pencemaran yang lebih tinggi. Pada tanggal 6, 7, 9, 10, dan 11 Mei 2025, status mutu air berada pada kategori cemar sedang, sedangkan pada tanggal 8 dan 12 Mei 2025 kondisi air memenuhi baku mutu. Nilai indeks pencemaran yang tinggi pada stasiun ini memperlihatkan bahwasanya segmen tengah Sungai Ciliwung di wilayah Depok menerima beban pencemar yang signifikan, baik dari aktivitas lokal maupun akumulasi dari wilayah hulu.



Gambar 4. Status Mutu Air DAS Ciliwung di Stasiun ONLIMO Srengseng Sawah Kelapa Dua.

Kondisi mutu air Sungai Ciliwung dipengaruhi oleh berbagai parameter kualitas air yang nilainya melampaui baku mutu yang dipersyaratkan. Analisis parameter fisik dan kimia memperlihatkan bahwasanya suhu air pada ketiga stasiun umumnya berada pada kisaran 27 hingga 31 derajat Celsius, yang berada di atas baku mutu air sungai peruntukan Kelas II menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001. Suhu tertinggi tercatat di Stasiun Pintu Air Manggarai, yang dapat dikaitkan dengan laju aliran sungai yang relatif rendah pada periode tertentu, sementara suhu terendah ditemukan di Stasiun Kelapa Dua. Penurunan suhu ke arah hilir dimungkinkan terjadi akibat kerapatan vegetasi di bantaran sungai yang mengurangi intensitas radiasi matahari, sebagaimana dilaporkan pada riset terdahulu.

Nilai indeks pencemaran tertinggi pada Stasiun Masjid Istiqlal mencapai 4,47 dengan status cemar ringan, di mana parameter kritis yang berkontribusi utama adalah *Biochemical Oxygen Demand* BOD. Parameter ini mencerminkan tingginya kebutuhan oksigen oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik, yang berpotensi menurunkan kadar oksigen terlarut dan mengancam kehidupan akuatik. Visualisasi kondisi tersebut ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Nilai Status Mutu Air DAS Ciliwung di Stasiun ONLIMO Masjid Istiqlal.

Pada Stasiun Pintu Air Manggarai, nilai indeks pencemaran tertinggi tercatat sebesar 2,59 dengan status cemar ringan. Parameter kritis yang dominan pada lokasi ini adalah nitrat, yang umumnya berasal dari limpasan limbah domestik, pertanian, dan aktivitas industri. Keberadaan nitrat dalam konsentrasi tinggi berpotensi menimbulkan dampak kesehatan dan eutrofikasi perairan. Kondisi ini ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Nilai Status Mutu Air DAS Ciliwung di Stasiun ONLIMO Pintu Air Manggarai.

Pada Stasiun Srengseng Sawah Kelapa Dua, nilai indeks pencemaran mencapai 9,16 dengan status cemar sedang. Parameter kritis pada lokasi ini adalah nitrat dan amonia. Amonia merupakan senyawa nitrogen yang berpotensi menurunkan kadar oksigen terlarut dan bersifat toksik bagi organisme akuatik apabila berada pada konsentrasi tinggi. Sumber pencemaran amonia umumnya berasal dari limbah domestik, pertanian, dan industri. Kondisi tersebut disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Nilai Status Mutu Air DAS Ciliwung di Stasiun ONLIMO Srengseng Sawah Kelapa Dua.

Parameter oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* DO pada ketiga stasiun umumnya berada di bawah baku mutu air sungai Kelas II. Nilai DO terendah ditemukan di Stasiun Pintu Air Manggarai, diikuti oleh Stasiun Masjid Istiqlal, yang mengindikasikan tingginya beban bahan organik dari limbah domestik dan industri di sekitar bantaran sungai. Sebaliknya, Stasiun Kelapa Dua memperlihatkan nilai DO yang relatif lebih baik dan cenderung meningkat,

meskipun masih berada di bawah baku mutu. Kondisi ini dimungkinkan oleh suhu air yang lebih rendah sehingga meningkatkan kelarutan oksigen terlarut.

Selain kondisi kualitas air, kinerja pengiriman data ONLIMO juga dianalisis untuk menilai keandalan sistem pemantauan. Secara teoritis, setiap stasiun mengirimkan data setiap satu jam atau dua puluh empat data per hari, sehingga dalam satu tahun diharapkan terkumpul sekitar delapan ribu tujuh ratus enam puluh data. Temuan evaluasi memperlihatkan bahwasanya Stasiun Pintu Air Manggarai memiliki kinerja pengiriman data terbaik dengan persentase mendekati seratus persen pada beberapa tahun pengamatan, diikuti oleh Stasiun Kelapa Dua dengan kisaran enam puluh hingga sembilan puluh persen. Stasiun Masjid Istiqlal memperlihatkan kinerja yang relatif lebih rendah dan cenderung menurun. Penurunan kinerja ini diduga berkaitan dengan faktor perawatan stasiun, kebersihan sensor, frekuensi kalibrasi, serta pengaruh kondisi cuaca dan lingkungan.

Secara keseluruhan, temuan riset memperlihatkan bahwasanya pencemaran Sungai Ciliwung masih berada pada tingkat yang mengkhawatirkan, dengan kontribusi signifikan dari limbah domestik dan industri. Limbah industri yang mengandung bahan kimia berbahaya, termasuk logam berat, berpotensi merusak ekosistem perairan dan menimbulkan risiko kesehatan bagi masyarakat yang bergantung pada Sungai Ciliwung sebagai sumber air. Temuan ini menegaskan pentingnya penguatan pengelolaan kualitas air dan peningkatan efektivitas pemantauan berbasis *real time* sebagai dasar pengambilan kebijakan pengendalian pencemaran Sungai Ciliwung.

Pembahasan

Temuan riset memperlihatkan bahwasanya pencemaran Sungai Ciliwung tidak hanya dipengaruhi oleh limbah cair domestik dan industri, tetapi juga secara signifikan diperburuk oleh keberadaan sampah padat, khususnya sampah plastik. Peningkatan penggunaan plastik sekali pakai, terutama di kawasan perkotaan dan area komersial seperti pusat perbelanjaan, berkontribusi terhadap meningkatnya volume sampah plastik yang masuk ke badan sungai. Sampah plastik yang dibuang sembarangan ke Sungai Ciliwung tidak hanya menghambat aliran air dan memperbesar risiko banjir, tetapi juga merusak ekosistem perairan serta memperburuk kualitas air. Temuan ini sejalan dengan riset Syahroni & Sholehuddin (2022) yang menyatakan bahwasanya lebih dari tujuh puluh persen sampah yang ditemukan di Sungai Ciliwung merupakan sampah plastik berupa botol, kantong, dan kemasan makanan. Kondisi tersebut diperparah oleh keterbatasan infrastruktur pengelolaan sampah dan rendahnya kesadaran masyarakat untuk tidak membuang sampah sembarangan, yang masih menjadi persoalan mendasar dalam pengendalian pencemaran sungai (Lisdayanti et al., 2023).

Dampak pencemaran Sungai Ciliwung terhadap lingkungan terlihat jelas pada penurunan kualitas air dan degradasi keanekaragaman hayati. Peningkatan kadar polutan seperti *Biochemical Oxygen Demand*, *Chemical Oxygen Demand*, *Total Suspended Solids*, serta nutrisi yang berlebihan berpotensi memicu eutrofikasi, yang selanjutnya menurunkan kadar oksigen terlarut dan mengancam kelangsungan hidup organisme akuatik. Kondisi ini menyebabkan penurunan populasi ikan dan biota perairan lainnya serta menghilangkan habitat alami yang penting bagi keseimbangan ekosistem sungai. Penurunan kualitas air juga berdampak pada rantai makanan akuatik dan memicu gangguan keseimbangan ekosistem daratan di sekitar sungai, sehingga mengubah dinamika lingkungan secara menyeluruh. Selain menurunkan fungsi ekologis, pencemaran sungai juga memperburuk kondisi fisik dan estetika Sungai Ciliwung, yang pada akhirnya mengancam keberlanjutan ekosistem di wilayah tersebut.

Pencemaran Sungai Ciliwung tidak hanya berdampak pada lingkungan, tetapi juga secara langsung memengaruhi kesehatan dan kualitas hidup masyarakat di sekitarnya. Air sungai yang tercemar limbah domestik, industri, dan sampah plastik meningkatkan risiko penyakit berbasis air seperti diare, infeksi kulit, dan gangguan saluran pencernaan, terutama pada kelompok rentan seperti anak-anak (Palupi et al., 2022; Prahardana & Basyaiban, 2022). Terbatasnya akses terhadap air bersih yang aman untuk dikonsumsi dan digunakan dalam aktivitas sehari-hari turut menurunkan kualitas hidup masyarakat. Selain itu, pencemaran sungai juga menurunkan nilai estetika lingkungan dan nilai ekonomi properti di sekitar bantaran sungai, sehingga menghambat pengembangan ekonomi lokal (J. Zhang & Tan, 2022).

Dari perspektif sosial ekonomi, pencemaran Sungai Ciliwung menimbulkan kerugian material yang signifikan bagi kelompok masyarakat yang menggantungkan hidupnya pada sungai. Petani dan nelayan mengalami penurunan temuan panen dan tangkapan ikan akibat buruknya kualitas air, yang pada akhirnya memperburuk kondisi ekonomi masyarakat dan meningkatkan kerentanan terhadap kemiskinan (Zhu et al., 2023). Kerusakan infrastruktur akibat sedimentasi dan penumpukan sampah yang mendangkalkan sungai juga menambah beban ekonomi pemerintah dan masyarakat (J. Zhang & Tan, 2022). Selain itu, perbedaan akses terhadap air bersih berpotensi memicu ketegangan sosial dan konflik antarkelompok masyarakat, khususnya antara mereka yang memiliki sumber air alternatif dan masyarakat yang terpaksa memanfaatkan air sungai yang tercemar (Li & Zhang, 2023).

Permasalahan pencemaran Sungai Ciliwung juga berkaitan erat dengan rendahnya efektivitas penegakan hukum lingkungan. Lemahnya sanksi terhadap pelanggaran lingkungan, baik oleh pelaku industri maupun masyarakat, menyebabkan rendahnya tingkat kepatuhan terhadap peraturan yang berlaku (Ainur Ridlo & Arsali, 2024; Judijanto et al., 2023).

Kesenjangan antara regulasi dan implementasi, keterbatasan sumber daya lembaga pengawas lingkungan, serta minimnya sarana pendukung pengawasan turut menghambat upaya penegakan hukum (Ainur Ridlo & Arsali, 2024). Rendahnya kesadaran hukum dan lingkungan di tingkat masyarakat juga memperburuk kondisi, karena sebagian masyarakat belum memahami dampak jangka panjang pencemaran dan masih terlibat dalam praktik yang merusak lingkungan (Vianka, 2021). Kultur hukum yang lemah dan persepsi ketidakadilan dalam penegakan hukum semakin menurunkan motivasi masyarakat untuk berpartisipasi aktif dalam menjaga lingkungan.

Oleh karena itu, pengendalian pencemaran Sungai Ciliwung memerlukan pendekatan kolaboratif yang melibatkan pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat. Kolaborasi ini memungkinkan integrasi sumber daya, pengetahuan, dan kewenangan untuk mengatasi permasalahan limbah secara lebih komprehensif dan kontekstual (Kurniawan et al., 2023). Pemerintah berperan sebagai regulator dan fasilitator melalui penyusunan regulasi yang jelas dan dukungan logistik, sementara sektor swasta dapat berkontribusi melalui program tanggung jawab sosial perusahaan seperti penyediaan fasilitas pengolahan limbah dan edukasi lingkungan (Viarecoa et al., 2024). Partisipasi aktif masyarakat menjadi kunci keberterimaan program pengelolaan limbah, misalnya melalui program bank sampah dan kegiatan daur ulang yang mampu meningkatkan kualitas lingkungan sekaligus memberikan nilai ekonomi tambahan (Nurfadillah et al., 2023).

Temuan riset ini relevan dengan implementasi Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Tahun 2009 serta Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Berbagai inisiatif yang telah dilakukan, seperti Festival Ciliwung, Gerakan Bersih Ciliwung, aksi bersih sungai oleh pemerintah dan sektor swasta, serta penerapan agroforestri di wilayah hulu, memperlihatkan adanya upaya konkret dalam memperbaiki kondisi DAS Ciliwung. Riset terdahulu memperlihatkan bahwasanya penerapan agroforestri mampu menekan erosi secara signifikan dan meningkatkan retensi air, sehingga berkontribusi positif terhadap kualitas pengelolaan DAS. Keberterimaan pengelolaan DAS Ciliwung pada akhirnya sangat bergantung pada terbangunnya kepercayaan, kebersamaan, dan kekompakan antarpemangku kepentingan. Dengan landasan kepercayaan dan kesadaran bersama akan pentingnya mengurangi risiko pencemaran dan banjir, kolaborasi yang solid antara pemerintah, masyarakat, dan lembaga terkait dapat menjadi kunci dalam memulihkan kualitas Sungai Ciliwung secara berkelanjutan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan temuan pemantauan kualitas air Sungai Ciliwung mengaplikasikan data ONLIMO, dapat disimpulkan bahwasanya mutu air Sungai Ciliwung selama periode 6 Mei hingga 12 Mei 2025 masih berada pada kondisi tercemar, dengan kategori cemar ringan pada segmen hilir dan cemar sedang pada segmen tengah, serta hanya pada waktu tertentu memenuhi baku mutu, yang memperlihatkan adanya tekanan pencemaran yang bersifat persisten dan terakumulasi. Parameter kritis yang memengaruhi kondisi tersebut meliputi *Biochemical Oxygen Demand*, nitrat, amonia, dan rendahnya kadar oksigen terlarut, yang mencerminkan dominasi pengaruh limbah domestik dan industri serta aktivitas antropogenik di sepanjang DAS. Temuan ini menegaskan bahwasanya tujuan riset untuk menggambarkan kondisi kualitas air Sungai Ciliwung berbasis pemantauan *real time* telah tercapai, meskipun generalisasi temuan perlu dilakukan secara hati hati karena keterbatasan periode pengamatan dan jumlah stasiun.

Oleh karena itu, disarankan penguatan pengelolaan DAS secara terpadu melalui peningkatan pemantauan kualitas air berbasis ONLIMO, penerapan teknologi pengolahan limbah yang lebih efektif di wilayah tengah dan hilir, serta pengendalian beban pencemar sejak wilayah hulu melalui pendekatan berbasis vegetasi dan tata guna lahan berkelanjutan. Selain itu, kolaborasi lintas sektor antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat perlu diperkuat untuk meningkatkan kepatuhan terhadap regulasi lingkungan, sementara riset selanjutnya direkomendasikan untuk mengaplikasikan rentang waktu yang lebih panjang, cakupan spasial yang lebih luas, serta integrasi analisis ekologis dan sosial ekonomi guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif terhadap dinamika pencemaran Sungai Ciliwung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Dr. Maryuni, Amd.Keb., S.KM., M.KM. selaku dosen pembimbing utama dan dr. Uci Sulandari, S.Si. atas bimbingan, arahan, dan saran yang diberikan, serta kepada Dr. dr. Sandra Hakiem Afrizal, M.Si., MHPM. selaku Ketua Program Studi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Binawan atas dukungan akademik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada keluarga tercinta atas doa dan dukungan, serta kepada rekan rekan seperjuangan atas kerja sama dan semangat selama riset ini.

DAFTAR REFERENSI

- Abighail, S., Kridasantausa (alm.), I., Farid, M., & Moe, I. R. (2022). Pemodelan banjir akibat perubahan tata guna lahan di Daerah Aliran Sungai Ciliwung. *Jurnal Teknik Sipil*, 29(1). <https://doi.org/10.5614/jts.2021.29.1.6>
- Aini, N., Kusumastanto, T., Adrianto, L., & Sadelie, A. (2018). Identifikasi aktivitas ekonomi dan nilai ekonomi spasial DAS Ciliwung. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 8(2), 223–234. <https://doi.org/10.29244/jpsl.8.2.223-234>
- Ainur Ridlo, A., & Arsali, I. (2024). Dinamika penegakan hukum lingkungan di Indonesia dalam menghadapi problematika lingkungan hidup. *Journal Presumption of Law*, 6(2), 140–157. <https://doi.org/10.31949/jpl.v6i2.8788>
- Aprilia, M., Effendi, H., & Hariyadi, S. (2022). Water quality status based on pollution index and water quality index of Ciliwung River, DKI Jakarta Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1109(1), 012051. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1109/1/012051>
- Araswati, F. D., Murtiaksano, K., & Hidayat, Y. (2021). Perencanaan penggunaan lahan berbasis sumber daya air di hulu DAS Cisadane. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(3), 343–353. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.3.343>
- Ariyani, D. (2018). Variabilitas curah hujan dan suhu udara serta pengaruhnya terhadap neraca air irigasi di Daerah Aliran Sungai Ciliwung. *Jurnal Irigasi*, 12(2), 97–108. <https://doi.org/10.31028/ji.v12.i2.97-108>
- Benito, O. J., Purbawati, N. A., Azzahra, N. Y., Syamsudin, A. V., Pangestu, R. B. A., & Shahnir, S. T. (2023). Valuasi nilai ekonomi Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung dengan contingent valuation method. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan*, 7(1), 82–95. <https://doi.org/10.36813/jplb.7.1.82-95>
- Danladi Bello, A.-A., Hashim, N. B., & Mohd Haniffah, M. R. (2017). Predicting impact of climate change on water temperature and dissolved oxygen in tropical rivers. *Climate*, 5(3), 58. <https://doi.org/10.3390/cli5030058>
- Effendi, H., Sabila, M. F., & Setiawan, Y. (2018). Correlation between water quality and land use change in Ciliwung watershed. *Nature Environment and Pollution Technology*, 17(1), 139–144.
- Ekawaty, R., Yonariza, Y., Ekaputra, E. G., & Arbain, A. (2018). Telaahan daya dukung dan daya tampung lingkungan dalam pengelolaan kawasan daerah aliran sungai di Indonesia. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, 2(2), 30–40. <https://doi.org/10.32530/jaast.v2i2.42>

- Ficklin, D. L., Hannah, D. M., Wanders, N., Dugdale, S. J., England, J., Klaus, J., Kelleher, C., Khamis, K., & Charlton, M. B. (2023). Rethinking river water temperature in a changing, human-dominated world. *Nature Water*, 1(2), 125–128. <https://doi.org/10.1038/s44221-023-00027-2>
- Fitri, R., Simangunsong, N. I., & Nuraida, N. (2022). Identifikasi karakteristik biofisik DAS Ciliwung Tengah. *Jurnal Arsitektur ARCADE*, 6(1), 59. <https://doi.org/10.31848/arcade.v6i1.881>
- Herdiansyah, H., Anggraini, N., Prajna, K., Virlya, E., Sinaga, P., & Fadlilah, I. (2020). Science development alternatives (Labtek Apung) environmental concern in Ciliwung. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 519(1), 012029. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/519/1/012029>
- Hidayat, M. Y. (2017). Pengaruh tekanan penduduk terhadap lahan pertanian di sub daerah aliran sungai yang dipulihkan. *Jurnal Ecolab*, 11(1), 1–13. <https://doi.org/10.20886/JKLH.2017.11.1.1-13>
- Indra, T. L. (2016). Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap tingkat kekritisian air sub-DAS Citarum Hulu. *Majalah Geografi Indonesia*, 27(1), 26–37. <https://doi.org/10.22146/MGI.13440>
- Judijanto, L., Harsya, R. M. K., & Priyana, Y. (2023). Implementasi hukum lingkungan dalam penegakan hukum terhadap pencemaran sungai di Bandung. *Jurnal Hukum dan HAM Wara Sains*, 2(12), 1201–1209. <https://doi.org/10.58812/jhhws.v2i12.874>
- Karuniasa, M., Daulay, H., & Soedarjanto, M. (2019). Determination of the best watershed management practice in the Upper Ciliwung Watershed based on watershed sustainability model. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 3(1), 79–88. <https://doi.org/10.20886/jppdas.2019.3.1.79-88>
- Kumar, P., Masago, Y., Mishra, B., Jalilov, S., Rafiei Emam, A., Kefi, M., & Fukushi, K. (2017). Current assessment and future outlook for water resources considering climate change and a population burst. *Water*, 9(6), 410. <https://doi.org/10.3390/w9060410>
- Kurniawan, Z., Indra, I., & Wardani, H. W. (2023). Menuju lingkungan berbudaya: Revolusi hijau melalui bank sampah komunitas. *Jurnal Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat*, 4(2), 444–450. <https://doi.org/10.33474/jp2m.v4i2.20329>
- Li, Y., & Zhang, L. (2023). Collaborative governance and environmental regulation measures for pollution reduction and carbon reduction. *Sustainability*, 15(6), 5094. <https://doi.org/10.3390/su15065094>

- Lisdayanti, E., Marlian, N., Isbah, F., Zurba, N., Lubis, F., & Najmi, N. (2023). Pembersihan pantai sebagai upaya peningkatan kesadaran pengelolaan sampah. *Marine Kreatif*, 7(2), 128–133.
- Lisdayanti, E., Marlian, N., Isbah, F., Zurba, N., Lubis, F., & Najmi, N. (2023). Pembersihan pantai sebagai upaya peningkatan kesadaran pengelolaan sampah di pesisir Pantai Ujung Karang, Kecamatan Johan Pahlawan, Kabupaten Aceh Barat. *Marine Kreatif*, 7(2), 128–133.
- Luo, P., Kang, S., Apip, Zhou, M., Lyu, J., Aisyah, S., Binaya, M., Regmi, R. K., & Nover, D. (2019). Water quality trend assessment in Jakarta. *PLOS ONE*, 14(7), e0219009. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219009>
- Maulana, M. I., Utami, S. B., & Karlina, N. (2022). Tata kelola pemerintahan kolaboratif dalam pengembangan ekoriparian Sungai Ciliwung. *JANE: Jurnal Administrasi Negara*, 13(2), 276. <https://doi.org/10.24198/jane.v13i2.37150>
- Narendra, B. H., et al. (2021). A review on sustainability of watershed management in Indonesia. *Sustainability*, 13(19), 11125. <https://doi.org/10.3390/su131911125>
- Nurfadillah, I., Sadono, D., & Wahyuni, E. S. (2023). Hubungan tingkat partisipasi dengan efektivitas pengelolaan program bank sampah. *Jurnal Sains Komunikasi dan Pengembangan Masyarakat*, 7(1), 38–52. <https://doi.org/10.29244/jskpm.v7i1.996>
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. (2001).
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. (2001).
- Putri, R. S., Hadisoebroto, R., & Hendrawan, D. I. (2019). Analysis of pollutant load due to greywater from riverbanks settlement on Ciliwung River segment 2. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(2), 022099. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/2/022099>
- Rahman, A. (2009). Pengaruh luas pola penggunaan lahan dan kondisi fisik lingkungan terhadap debit air dan sedimentasi pada beberapa daerah tangkapan air (catchment area) di Sub DAS Cimanuk Hulu Jawa Barat. *Agroland: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*.
- Rajagukguk, J. R., & Pranoto, D. A. (2023). Research on the impact of Ciliwung River water on the surrounding environment in the DKI Jakarta area. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1175(1), 012013. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1175/1/012013>
- Ratnaningsih, D., Nasution, E. L., Wardhani, N. T., Pitalokasari, O. D., & Fauzi, R. (2019). Water pollution trends in Ciliwung River based on water quality parameters. *IOP*

- Conference Series: Earth and Environmental Science*, 407(1), 012006.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/407/1/012006>
- Robo, S., Pawitan, H., Tarigan, S. D., & Dasanto, B. D. (2018). Proyeksi perubahan penggunaan lahan dan dampaknya terhadap respon hidrologi DAS Ciliwung Hulu. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 3(2), 157–166.
<https://doi.org/10.31544/jtera.v3.i2.2018.157-166>
- Sachomar, S. I., & Wahjono, H. D. (2018). Kondisi pencemaran lingkungan perairan di Teluk Jakarta. *Jurnal Air Indonesia*, 3(1). <https://doi.org/10.29122/jai.v3i1.2313>
- Sidabutar, N. V., Namara, I., Hartono, D. M., & Soesilo, T. E. B. (2017). The effect of anthropogenic activities to the decrease of water quality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 67, 012034. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/67/1/012034>
- Syahroni, F., & Sholehuddin, M. Y. (2022). Studi tahapan operasi pohon dari sampah plastik di sungai dalam mendorong implementasi extended producer responsibility. *Environmental Pollution Journal*, 2(1). <https://doi.org/10.58954/epj.v2i1.34>
- Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. (2009).
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. (2009).
- Vianka, M. I. (2021). Penegakan hukum lingkungan atas pembuangan limbah plastik di Indonesia. *MORALITY: Jurnal Ilmu Hukum*, 7(2), 245–255.
<https://doi.org/10.52947/morality.v7i2.221>
- Viarecoa, H., Juita, F., Ilfan, F., Yanova, S., Hutagalung, W. L. C., Rodhiyah, Z., Handika, R. A., Jalius, J., Gusri, L., Putra, T. S., & Putra, F. M. (2024). Sosialisasi pengelolaan sampah dari sumber berbasis kolaboratif: Membangun strategi keberlanjutan lingkungan. *Qardhul Hasan: Media Pengabdian Kepada Masyarakat*, 10(1), 20–25.
<https://doi.org/10.30997/qh.v10i1.11537>
- Wambugu, M., Nyandega, I., & Kithia, S. (2017). Spatio-temporal dynamics of land use practices on rivers in tropical regions: A case study of Ruiru and Ndarugu basins, Kiambu County, Kenya. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 11(8), 426–437. <https://doi.org/10.5897/AJEST2017.2325>
- Worrall, F., Howden, N. J. K., Burt, T. P., & Hannah, D. M. (2022). River water temperature demonstrates resistance to long-term air temperature change. *Hydrological Processes*, 36(11), e14732. <https://doi.org/10.1002/hyp.14732>

- Yudo, S., & Said, N. I. (2018). Status kualitas air Sungai Ciliwung di wilayah DKI Jakarta: Studi kasus pemasangan stasiun online monitoring kualitas air di segmen Kelapa Dua–Masjid Istiqlal. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(1), 13–22. <https://doi.org/10.29122/jtl.v19i1.2243>
- Yudo, S., Wahyono, H. D., Alhasa, K. M., Warto, Zulaikha, S., & Pandiangan, Y. S. H. (2023). Water quality data analysis from the Onlimo monitoring system at 16 stations in priority watersheds and lakes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1201(1), 012052. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1201/1/012052>
- Zhang, J., & Tan, Z. (2022). Grey water footprint assessment of domestic wastewater in Guangdong section of the Dongjiang River Basin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1011(1), 012039. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1011/1/012039>
- Zhang, M., Rong, G., Han, A., Riao, D., Liu, X., Zhang, J., & Tong, Z. (2021). Spatial-temporal change of land use and its impact on water quality of East-Liao River Basin from 2000 to 2020. *Water*, 13(14), 1955. <https://doi.org/10.3390/w13141955>
- Zhu, L., Chen, Y., Wang, Y., Wei, Y., Zheng, H., & Zhang, Y. (2023). A comprehensive analysis of impacts of socio-economic development and land use on river water quality in a megacity-region: A case study. *Environmental Research Communications*, 5(2), 025006. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/acbbbd>