

# Analisis Status Keberlanjutan Waduk Cengklik, Boyolali

Rosi Nur Safitri<sup>1</sup>, Lia Kusumaningrum<sup>1\*</sup>, dan Muhammad Indrawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia; e-mail: [liakusumaningrum@staff.uns.ac.id](mailto:liakusumaningrum@staff.uns.ac.id)

## ABSTRAK

Waduk Cengklik mengalami berbagai masalah yang berkaitan dengan dimensi ekologi, ekonomi, sosial, hukum, dan infrastruktur, sehingga dibutuhkan strategi peningkatan keberlanjutan agar fungsi utama Waduk Cengklik dapat terus berjalan. Penelitian ini memiliki dua tujuan, yaitu mengetahui status keberlanjutan Waduk Cengklik ditinjau dari dimensi ekologi, ekonomi, sosial dan budaya, hukum dan kelembagaan, serta infrastruktur dan teknologi; serta menentukan strategi peningkatan keberlanjutan. Data primer diperoleh melalui kuesioner kepada 171 responden (98 petani KJA dan 73 pedagang) yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan keterlibatan langsung mereka dalam pemanfaatan waduk. Kuesioner memuat parameter kunci pada lima dimensi keberlanjutan. Analisis data dilakukan menggunakan statistik deskriptif melalui perhitungan skor total setiap variabel berbasis Skala Likert, yang kemudian dikonversi menjadi indeks keberlanjutan untuk menentukan kategori setiap dimensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa status keberlanjutan Waduk Cengklik secara multidimensi termasuk cukup berkelanjutan dengan indeks 67,75%. Strategi perbaikan difokuskan pada variabel yang termasuk kategori kurang berkelanjutan dan dimensi dengan indeks keberlanjutan terendah, yaitu dimensi hukum dan kelembagaan.

**Kata kunci:** Multidimensi, Pembangunan Berkelanjutan, Penilaian Keberlanjutan Waduk, Skala Likert, Waduk Cengklik

## ABSTRACT

Cengklik Reservoir is experiencing various problems related to the ecological, economic, social, legal, and infrastructure dimensions, indicating that sustainability improvement strategies are needed to ensure the reservoir's primary functions continue to operate effectively. This study has two objectives: to determine the sustainability status of Cengklik Reservoir based on the ecological, economic, socio-cultural, legal-institutional, and infrastructure-technology dimensions; and to formulate sustainability improvement strategies. Primary data were obtained through questionnaires administered to 171 respondents (98 floating net cage farmers and 73 traders) selected using purposive sampling based on their direct involvement in reservoir utilization. The questionnaire consisted of key parameters across the five sustainability dimensions. Data were analyzed using descriptive statistics by calculating the total score of each variable based on the Likert Scale, which was then converted into a sustainability index to determine the category of each dimension. The results show that the sustainability status of Cengklik Reservoir across multiple dimensions is moderately sustainable, with an index value of 67.75%. Improvement strategies are focused on variables categorized as less sustainable and on the dimension with the lowest sustainability index, namely the legal and institutional dimension.

**Keywords:** Multidimensional, Sustainable Development, Reservoir Sustainability Assessment, Likert Scale, Cengklik Reservoir

**Citation:** Safitri, N. S., Kusumaningrum, L., dan Indrawan, M. (2025). Analisis Status Keberlanjutan Waduk Cengklik, Boyolali. Jurnal Ilmu Lingkungan, 23(6), 1518-1526, doi:10.14710/jil.23.6.1518-1526

## 1. PENDAHULUAN

Waduk Cengklik merupakan salah satu waduk yang terletak di Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. Waduk ini menjadi sumber penghidupan bagi masyarakat sekitar yang ditunjukkan oleh pemanfaatan secara langsung, seperti perikanan dan pariwisata. Pemanfaatan Waduk Cengklik secara tidak langsung adalah sumber irigasi untuk lahan pertanian di sekitarnya. Hal ini berarti keberadaan Waduk Cengklik sangat penting bagi masyarakat. Nilai total manfaat langsung Waduk Cengklik mencapai Rp. 5.854.273.000/tahun, yang didapatkan dari sektor

perikanan, pariwisata, penggunaan air bersih, dan transportasi; sedangkan nilai manfaat tidak langsung dari pemanfaatan irigasi untuk lahan pertanian sebesar Rp. 1.245.000.000/tahun (Sandro et al., 2018).

Sebagai sarana irigasi, Waduk Cengklik mampu mengairi sawah di 3 kecamatan, yaitu Sambu, Ngemplak, dan Nogosari (Asmaranto & Suryono, 2018). Lama-kelamaan kegiatan irigasi menjadi tidak optimal karena daya tampung waduk semakin berkurang. Waduk Cengklik mampu menampung volume air hingga 12,7 juta m<sup>3</sup> tahun 1970, tetapi

terus mengalami penurunan hingga tersisa volume air sebanyak 9,635 juta m<sup>3</sup> pada bulan April 2024 (Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo, 2024). Penyebab utama penurunan daya tampung air pada waduk adalah sedimentasi karena erosi. Erosi pada tepi sungai atau saluran air yang membawa air ke waduk menyebabkan tanah dan material organik lainnya masuk ke dalam waduk dan mengendap di dasar (Fitriana et al., 2020).

Penurunan daya tampung Waduk Cengklik diperparah dengan maraknya budi daya ikan dengan metode KJA (Karamba Jaring Apung). Berdasarkan analisis citra satelit, jumlah karamba di Waduk Cengklik pada tahun 2022 kurang lebih 1.355 karamba (Jayatri et al., 2023). Jumlah tersebut melebihi saran dari Peraturan Bupati Boyolali Nomor 79 Tahun 2020 tentang Pengendalian Pemanfaatan Ruang di Waduk Cengklik dan Sekitarnya di Kabupaten Boyolali, yaitu maksimal 400 karamba. Selain itu, budi daya ikan ini menggunakan pakan sintetis (pelet) berdampak buruk pada kualitas air dan menimbulkan sedimen (Krisnawati et al., 2020). Sisa pakan dan feses ikan menyebabkan akumulasi bahan organik pada dasar waduk, sehingga menambah sedimentasi (Putro et al., 2014). Hal ini sejalan dengan kandungan fosfat di Waduk Cengklik yang melebihi batas maksimum, yaitu >0,1 mg/L, yang mengindikasikan tingginya kesuburan air (Kurniawan et al., 2022). Tingginya kesuburan air membuat pertumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) semakin pesat. Menurut data dari Unit Pengelola Bendungan (UPB) Waduk Cengklik, luas eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) di Tahun 2023 mencapai 7 hektare.

Saat volume air Waduk Cengklik menyusut pada musim kemarau, sebagian masyarakat memanfaatkan lahan di dalam area sempadan waduk untuk menanam padi dan tanaman palawija. Kegiatan tersebut melanggar aturan menurut Peraturan Bupati Boyolali Nomor 79 Tahun 2020 tentang Pengendalian Pemanfaatan Ruang di Waduk Cengklik dan Sekitarnya di Kabupaten Boyolali karena dilakukan pada zona kendali I. Meskipun beberapa kali ditegur oleh pengelola, kegiatan ini terus berjalan karena dianggap menguntungkan dan sudah menjadi kebiasaan masyarakat. Berdasarkan hasil observasi lapangan, ditemukan bahwa kebiasaan tidak baik ini juga terjadi pada penanganan sampah dan limbah. Limbah dari permukiman, warung, bangunan, dan karamba yang berdiri belum terkelola dengan baik karena tidak adanya infrastruktur pengelolaan limbah. Selain itu, sistem dan infrastruktur pengelolaan sampah juga masih menjadi masalah karena sampah hanya dikumpulkan dan dibakar. Tidak jarang ditemukan pengunjung membuang sampah sembarangan meskipun disediakan bak sampah. Dari sisi infrastruktur yang telah tersedia di Waduk Cengklik, seperti jalur pejalan kaki dan toilet, juga mengalami kerusakan dan tidak berfungsi secara optimal. Selain mengganggu estetika, hal ini juga menyebabkan ketidaknyamanan bagi pengunjung.

Berdasarkan wawancara awal dengan responden, ditemukan bahwa permasalahan sosial berupa konflik pemanfaatan waduk beberapa kali terjadi di Waduk Cengklik. Konflik yang pernah terjadi adalah konflik antara petani KJA dengan pihak PSDA (Pengelola Sumber Daya Air) yang saat itu berwenang mengelola Waduk Cengklik. PSDA melarang adanya kegiatan budidaya ikan dengan sistem KJA karena dianggap mencemari waduk. Konflik lainnya adalah ketika terjadi relokasi pedagang oleh pengelola waduk agar memusat di sisi barat waduk. Sebagian pedagang tidak puas dengan keputusan ini karena faktor lokasi lapak dagang yang tidak strategis dan sempitnya lokasi baru yang disediakan.

Pemerintah setempat sudah melakukan beberapa upaya dalam mengatasi berbagai permasalahan yang muncul di Waduk Cengklik, misalnya revitalisasi dan penataan ulang Waduk Cengklik oleh Kementerian PUPR di tahun 2022, rehabilitasi waduk Cengklik dalam Rencana Aksi Pembangunan Jangka Menengah 2010-2014, dan peraturan tentang jumlah maksimum KJA. Namun, partisipasi aktif dari masyarakat, termasuk kelompok masyarakat dan lembaga sosial sangat diperlukan dalam menjaga kelestarian Waduk Cengklik. Keberhasilan suatu pembangunan, termasuk pemeliharaan waduk, akan terwujud saat melibatkan partisipasi masyarakat untuk mengembalikan rasa kepemilikan masyarakat terhadap waduk (Nurmalasari et al., 2023). Sementara itu, diketahui bahwa kelompok masyarakat di Waduk Cengklik jarang menerima kegiatan penyuluhan atau pemberdayaan yang menghadirkan narasumber berkompeten maupun kemitraan dengan lembaga keuangan atau dinas terkait (Maharani et al., 2024).

Berbagai permasalahan di atas menjadi tantangan dalam mewujudkan kawasan waduk yang berkelanjutan. Oleh karena itu, diperlukan kajian mengenai keberlanjutan Waduk Cengklik dari berbagai aspek, yaitu ekonomi, sosial dan budaya, ekologi, hukum dan kelembagaan, serta teknologi dan infrastruktur. Identifikasi kondisi keberlanjutan tersebut menjadi dasar untuk merumuskan strategi agar fungsi-fungsi waduk dapat berjalan secara berkelanjutan dan dimanfaatkan dalam jangka panjang. Penelitian ini juga memiliki urgensi karena belum terdapat kajian serupa yang dilakukan di Waduk Cengklik.

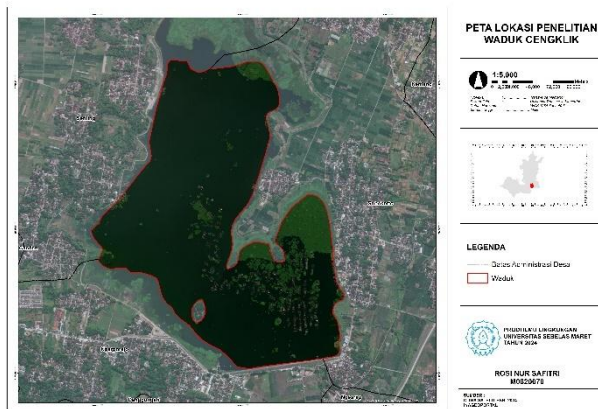
## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Waduk Cengklik, Kabupaten Boyolali, selama 5 bulan, mulai dari April 2024 hingga September 2024. Waduk Cengklik memiliki total luas wilayah 306 hektare. Waduk ini terletak di 3 desa, yaitu Desa Ngargorejo dan Sobokerto, Kecamatan Ngemplak; serta Desa Senting, Kecamatan Sambu, seperti yang terlihat pada Gambar 1. Namun, sebagian besar wilayahnya terletak di Desa Ngargorejo.

## 2.2. Teknik Pengumpulan Data

Data primer dikumpulkan melalui kuesioner dan wawancara, sedangkan data sekunder dikumpulkan melalui studi literatur untuk melengkapi hasil kuesioner. Kuesioner ini digunakan untuk penilaian keberlanjutan waduk. Kriteria respondennya adalah orang-orang yang hampir setiap hari berkegiatan di kawasan waduk dan memanfaatkannya. Berdasarkan data pengelola waduk, terdapat 126 petani KJA dan 94 pedagang yang aktif beroperasi. Jumlah sampel ditetapkan menggunakan rumus Slovin dengan tingkat kesalahan 5%, sehingga diperoleh total 171 responden, yaitu 98 orang petani KJA dan 73 orang pedagang.



Gambar 1. Peta Lokasi Waduk Cengklik

## 2.3. Teknik Analisis Data

Data yang telah terkumpul selanjutnya dianalisis secara kuantitatif dengan metode statistik deskriptif. Data diolah dalam bentuk akumulasi skor, sehingga didapatkan skor total untuk setiap variabel dan dimensi menggunakan rumus yang disajikan pada Persamaan 1 (Sugiyono, 2010).

$$N = \sum (T \times P_n) \dots\dots\dots (1)$$

$$N = \sum (T \times P_1) + (T \times P_2) + (T \times P_3) + \dots + (T \times P_n)$$

Keterangan:

N = skor total

T = jumlah responden yang memilih skor tersebut (orang)

P<sub>n</sub> = bobot nilai skor pada tingkatan skala likert ke-n (1, 2, 3, 4)

Setelah diketahui skor total untuk setiap variabel dan dimensi, selanjutnya menetapkan kategori keberlanjutan setiap variabel maupun dimensi ke dalam persen menggunakan Persamaan 2 (Tohari et al., 2020):

$$\text{Indeks keberlanjutan}(\%) = \frac{N}{Y} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

N = skor total

Y = skor tertinggi skala likert dikali jumlah responden

1520

Berikut merupakan cara mencari kategori keberlanjutan berdasarkan persentasenya (%). Terlebih dahulu mencari rentang skor (range):

Range = Nilai maksimal – Nilai minimal

$$= 100\% - 0\%$$

$$= 100\%$$

Diketahui bahwa rentang datanya adalah 100%.

Selanjutnya mencari lebar kelas interval (i):

$$i = \frac{\text{Range}}{\text{Jumlah kelas}}$$

$$= \frac{100\%}{4}$$

$$= 25\%$$

Setiap kelas interval memiliki lebar 25%, sehingga kelas intervalnya dimulai dari nilai minimal (0%) dan ditambahkan lebar kelas (25%) untuk setiap interval. Kategori indeks keberlanjutan berdasarkan persentase ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori Status Keberlanjutan

Nilai indeks	Kategori
0.00–25.00	Buruk (tidak berkelanjutan)
25.01–50.00	Kurang (kurang berkelanjutan)
50.01–75.00	Cukup (cukup berkelanjutan)
75.01–100.00	Baik (sangat berkelanjutan)

Sumber: Fauzi & Anna (2005)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Tingkat Keberlanjutan Dimensi Ekologi

Skor akhir setiap variabel dimensi ekologi ditunjukkan pada Tabel 2. Sedimentasi pada Waduk Cengklik ditandai dengan warna air yang tidak jernih, terdapat partikel-partikel yang melayang di dalam air, dan partikel tersebut akan mengendap ketika didiamkan beberapa saat. Air paling keruh di kawasan KJA dan di pinggir waduk. Menurut (Rahman et al., 2021) hal tersebut dapat disebabkan oleh bahan organik, anorganik, dan plankton yang tersuspensi dalam air. Selain itu, air di bagian pinggir waduk keruh diduga karena pengaruh aliran dari daratan.

Keberadaan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dinilai telah berdampak buruk terhadap keindahan waduk, mobilitas di perairan, maupun perekonomian masyarakat. Responden yang menilai eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merugikan secara ekonomi dan mengganggu mobilitas di perairan adalah petani KJA yang beberapa di antaranya juga memiliki pekerjaan sampingan persewaan perahu, sebab eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) membatasi ruang gerak perahu dan mengganggu pertumbuhan ikan budidaya. Sementara itu, air waduk dinilai masih cukup layak untuk digunakan. Cukup layak memiliki arti bahwa air waduk masih tidak berbau, memiliki suhu tidak terlalu dingin atau panas, dan tidak berasa. Aspek yang tidak terpenuhi adalah warna air waduk yang biru kehijauan dan adanya endapan. Endapan ini berkaitan dengan variabel sedimentasi yang telah dibahas sebelumnya.

Pengelolaan sampah di Waduk Cengklik belum maksimal. Pengelolaannya masih sebatas dikumpulkan pada bak sampah, kemudian dibakar, karena belum tersedianya sistem pengelolaan sampah

yang ramah lingkungan di kawasan Waduk Cengklik. Sedangkan, pengelolaan limbah belum dilakukan sama sekali karena ketiadaan fasilitas pengolahan limbah. Sumber limbah ini berasal dari para petani ikan budidaya, pedagang yang membuang limbah bekas pencucian alat berdagang, beberapa saluran drainase permukiman, dan limbah pertanian dari sawah di pinggir waduk. Untuk variabel banjir, tidak pernah terjadi banjir dalam setahun terakhir. Hal ini berarti bahwa daya tampung air Waduk Cengklik masih efektif, baik saat musim hujan maupun musim kemarau.

**Tabel 2.** Indeks Keberlanjutan Dimensi Ekologi

Variabel	Skor	Indeks Keberlanjutan	Kategori
Sedimentasi	430	76,24	Sangat berkelanjutan
Keberadaan eceng gondok ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	227	40,25	Kurang berkelanjutan
Kualitas air waduk	369	65,43	Cukup berkelanjutan
Pengelolaan sampah	382	67,73	Cukup berkelanjutan
Pengelolaan limbah	281	49,82	Kurang berkelanjutan
Frekuensi banjir	554	98,23	Sangat berkelanjutan
Total skor/Total indeks	<b>2.243</b>	66,28	Cukup berkelanjutan

Sumber data diolah dari data primer

Dari penilaian variabel pada Tabel 2, hasil analisis menunjukkan dimensi ekologi termasuk kategori cukup berkelanjutan dengan indeks keberlanjutan 66,28.

### 3.2. Tingkat Keberlanjutan Dimensi Ekonomi

Skor akhir setiap variabel dimensi ekonomi ditunjukkan pada Tabel 3. Terkait pendapatan masyarakat, mayoritas responden mengatakan pendapatan mereka sedikit di bawah UMK Boyolali per bulannya. Pendapatan masyarakat di sekitar waduk yang terbilang rendah ini (<Rp. 2.250.327) disebabkan oleh beberapa faktor. Para pedagang mengalami penurunan pendapatan semenjak pengelola waduk menertibkan kawasan ini dan memusatkan pedagang di sisi barat waduk yang tidak banyak dijangkau wisatawan. Sementara itu, petani KJA mengalami penurunan pendapatan karena naiknya biaya produksi setiap tahunnya, terutama pakan ikan. Selain itu, permintaan pasar akan ikan dan harga jual ikan juga tinggi di saat tertentu saja, seperti hari raya dan tahun baru (Maharani et al., 2024).

Kesempatan kerja di sektor informal cukup banyak terbuka di waduk ini, dengan beragam jenis pekerjaan. Beberapa jenis pekerjaan ini di antaranya penjual lumut, penyewaan toilet, pemancingan, penjual alat pancing, penyewaan penginapan, penyewaan lahan parkir, pedagang makanan dan minuman, hingga tukang parkir. Sebagian besar pekerja di kawasan waduk merupakan warga lokal.

Sekitar separuh responden mengatakan bahwa mereka memiliki 1 alternatif pekerjaan selain pekerjaan utamanya. Mereka yang memiliki alternatif pekerjaan umumnya adalah laki-laki yang perannya dalam keluarga merupakan pencari nafkah utama.

Berdasarkan hasil wawancara dengan responden, diketahui bahwa bantuan/subsidi yang pernah diterima responden ini beragam, mulai dari bantuan benih ikan, desain lapak pedagang, tempat lapak pedagang, hingga bantuan uang tunai kepada petani KJA saat terjadi *upwelling*. Namun, distribusi bantuan tidak merata ke semua masyarakat, atau untuk mendapatkannya memerlukan syarat khusus. Kunjungan wisatawan ke Waduk Cengklik sendiri mengalami peningkatan meskipun tidak signifikan. Peningkatan wisatawan dipicu oleh munculnya Waduk Cengklik Park dan beberapa kafe di kawasan waduk yang menjadi daya tarik baru. Jumlah kunjungan wisatawan ini berpengaruh positif dan berdampak signifikan terhadap pendapatan daerah (Adil et al., 2019).

**Tabel 3.** Indeks Keberlanjutan Dimensi Ekonomi

Variabel	Skor	Indeks Keberlanjutan	Kategori
Pendapatan masyarakat	352	62,41	Cukup berkelanjutan
Kesempatan bekerja	479	84,93	Sangat berkelanjutan
Penyerapan tenaga kerja lokal	471	83,51	Sangat berkelanjutan
Alternatif pekerjaan	258	45,74	Kurang berkelanjutan
Besarnya subsidi	263	46,63	Kurang berkelanjutan
Pendapatan daerah lokal	352	62,41	Cukup berkelanjutan
Total skor/Total indeks	<b>2.175</b>	64,27	Cukup berkelanjutan

Sumber data diolah dari data primer

Dari penilaian variabel pada Tabel 3, hasil analisis menunjukkan dimensi ekonomi termasuk kategori cukup berkelanjutan dengan indeks keberlanjutan 64,27.

### 3.3. Tingkat Keberlanjutan Dimensi Sosial dan Budaya

Skor akhir setiap variabel dimensi ekonomi ditunjukkan pada Tabel 4. Bentuk partisipasi masyarakat yang sering dilakukan berupa gotong royong merawat waduk, termasuk membersihkan sampah dan kegiatan bersih eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Partisipasi individu dalam menjaga lingkungan muncul ini karena adanya sifat altruisme yang sering kali diikuti dengan memikirkan efek dari tindakannya terhadap lingkungan (Gumelar, 2016). Sementara itu, kesenjangan pendapatan antar individu masih rendah. Perbedaan pendapatan antar individu dipastikan selalu terjadi di sektor informal, dan terdapat banyak faktor yang mempengaruhi *gap* pendapatan ini, seperti jenis pekerjaan, lokasi, dan besar modal.

Kegiatan pemberdayaan yang didapatkan masyarakat di sekitar Waduk Cengklik berasal dari program CSR (*Corporate Social Responsibility*), akademisi, juga pengelola waduk. Kegiatannya pun beragam, di antaranya sosialisasi dan pendampingan pembuatan pupuk eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), pemberdayaan Kelompok Wanita Tani (KWT), hingga peningkatan kapasitas Komunitas Peduli Waduk (KPW) Cengklik. Terkait budaya gotong royong, seluruh kelompok masyarakat di Waduk Cengklik rutin melaksanakan gotong royong berupa kegiatan bersih waduk seminggu sekali, yang dilakukan pada hari Senin. Hal tersebut termasuk ke dalam perilaku ramah lingkungan, yang menunjukkan responden sadar untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dengan kapasitasnya masing-masing. Sementara itu, terkait konflik di kawasan waduk tidak pernah terjadi konflik apapun.

**Tabel 4.** Indeks Keberlanjutan Dimensi Sosial Budaya

Variabel	Skor	Indeks Keberlanjutan	Kategori
Partisipasi masyarakat	449	79,61	Sangat berkelanjutan
Kesenjangan sosial	389	68,97	Cukup berkelanjutan
Pemberdayaan masyarakat	263	46,63	Kurang berkelanjutan
Budaya gotong royong	552	97,87	Sangat berkelanjutan
Perilaku ramah lingkungan	350	62,06	Cukup berkelanjutan
Frekuensi konflik	487	86,35	Sangat berkelanjutan
Total skor/Total indeks	2.490	73,58	Cukup berkelanjutan

Sumber data diolah dari data primer

Dari penilaian variabel pada Tabel 4, hasil analisis menunjukkan dimensi sosial dan budaya termasuk kategori cukup berkelanjutan dengan indeks keberlanjutan 73,58.

### 3.4. Tingkat Keberlanjutan Dimensi Hukum dan Kelembagaan

Skor akhir setiap variabel dimensi hukum dan kelembagaan ditunjukkan pada Tabel 5. Bentuk pelanggaran aturan yang paling sering terjadi adalah membuang sampah sembarangan dan kegiatan pertanian di pinggir waduk. Pelanggaran aturan disebabkan oleh hilangnya kesadaran hukum karena melanggar aturan memungkinkan seseorang mendapatkan keuntungan yang lebih besar, baik materiil maupun non materiil, dibandingkan saat taat peraturan (Hasibuan, 2016). Meskipun pengelola waduk telah mengupayakan tindakan pencegahan pemberian fasilitas tempat sampah dan himbauan tertulis maupun lisan, tetapi pelanggaran aturan terkadang masih terjadi. Bentuk sanksi dari pelanggaran tersebut hanya himbauan atau teguran secara lisan. Namun, karena melanggar aturan sering mengulangi perbuatan yang sama, sanksi teguran ini tidak selalu dilaksanakan.

Dalam pengambilan keputusan, terdapat pelibatan masyarakat dalam sebagian besar keputusan terkait waduk, seperti dimintai pendapat dan dilibatkan ketika rapat. Sering kali pelibatan ini bukan secara individu, melainkan perwakilan kelompok atau komunitas. Seluruh kelompok tersebut masih aktif berkegiatan. Beberapa kelompok tersebut di antaranya adalah Komunitas Peduli Waduk, Gabungan Perkumpulan Petani Pemakai Air (GP3A) Tri Mandiri, Kelompok Sumber Rejeki, Kelompok Tirta Panguripan, Kelompok Ngudi Makmur, Kelompok Wanita Tani (KWT) Bangun Sejahtera, dan KWT Ngudi Makmur. Adanya kelompok ini penting perannya untuk mendukung keberlanjutan melalui pemberdayaan anggota dan inisiasi kegiatan-kegiatan positif.

Terkait penyuluhan hukum, masyarakat jarang mendapatnya. Penyuluhan ini pun tidak rutin dilakukan dan biasanya hanya dilakukan pengelola waduk bersama-sama ketika memberi sanksi teguran kepada pelanggar aturan. Sementara itu, sebagian lembaga sosial di kawasan Waduk Cengklik tidak aktif. Lembaga yang tidak aktif adalah Badan Usaha Milik Desa (BUMDES) karena masalah finansial dan kepengurusan, sehingga perlu untuk mengaktifkan kembali lembaga ini.

**Tabel 5.** Indeks Keberlanjutan Dimensi Hukum dan Kelembagaan

Variabel	Skor	Indeks Keberlanjutan	Kategori
Kepatuhan terhadap aturan	323	57,27	Cukup berkelanjutan
Penegakan hukum	237	42,02	Kurang berkelanjutan
Proses pengambilan keputusan	356	63,12	Cukup berkelanjutan
Peran kelompok	521	92,38	Sangat berkelanjutan
Penyuluhan hukum	227	40,25	Kurang berkelanjutan
Peran lembaga sosial	437	77,48	Sangat berkelanjutan
Total skor/Total indeks	2.101	62,09	Cukup berkelanjutan

Sumber data diolah dari data primer

Dari penilaian variabel pada Tabel 5, hasil analisis menunjukkan dimensi hukum dan kelembagaan termasuk kategori cukup berkelanjutan dengan indeks keberlanjutan 62,09 (Gambar 4).

### 3.5. Tingkat Keberlanjutan Dimensi Infrastruktur dan Teknologi

Skor akhir setiap variabel dimensi infrastruktur dan teknologi ditunjukkan pada Tabel 6. Di kawasan Waduk Cengklik belum ada fasilitas pengelolaan limbah. Variabel ini berkaitan erat dengan variabel pengelolaan limbah pada dimensi ekologi. Tingkat pengelolaan limbah masih rendah karena belum disediakan fasilitasnya. Hal ini juga berkaitan dengan variabel kualitas air waduk dan keberadaan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Kondisi kedua variabel



bisa semakin memburuk ketika tidak dilakukan perbaikan pada fasilitas pengelolaan limbah. Meskipun di kawasan Waduk Cengklik terdapat fasilitas pengelolaan sampah, tetapi sebagian mengalami kerusakan. Fasilitas ini merupakan tempat sampah, bak sampah beton, gerobak sampah, dan sistem pengelolaan sampahnya baru terbatas pada pengumpulan dan pembakaran sampah secara terbuka. Sementara itu, listrik di kawasan Waduk Cengklik sudah menjangkau seluruh wilayah. Hal ini menunjukkan bahwa listrik sudah memadai dan terdistribusi secara merata.

Toilet umum sudah tersedia di kawasan waduk, tetapi sebagian tidak berfungsi atau mengalami kerusakan. Kondisi drainase tidak sama di setiap lokasi. Namun, sebagian besar responden menilai drainase dapat berfungsi dengan baik. Hal ini berarti sebagian besar saluran drainase dapat mengalirkan air dengan lancar dan tidak mengalami kerusakan. Sama halnya dengan toilet, jalur pedestrian juga sudah tersedia, tetapi sebagian mengalami kerusakan atau tidak berfungsi. Jalur pedestrian yang kondisinya masih baik berada di sisi tengah waduk, dekat tanggul waduk; sedangkan jalur pedestrian yang rusak adalah di bagian barat Waduk Cengklik. Hal ini berarti kondisi jalur pedestrian tidak sama di seluruh lokasi.

**Tabel 6.** Indeks Keberlanjutan Dimensi Infrastruktur dan Teknologi

Variabel	Skor	Indeks Keberlanjutan	Kategori
Fasilitas pengelolaan limbah	154	27,30	Kurang berkelanjutan
Fasilitas pengelolaan sampah	440	78,01	Sangat berkelanjutan
Ketersediaan listrik	545	96,63	Sangat berkelanjutan
Ketersediaan toilet	366	64,89	Cukup berkelanjutan
Ketersediaan drainase	472	83,69	Sangat berkelanjutan
Jalur pedestrian	477	84,57	Sangat berkelanjutan
Total skor/Total indeks	2.454	72,52	Cukup berkelanjutan

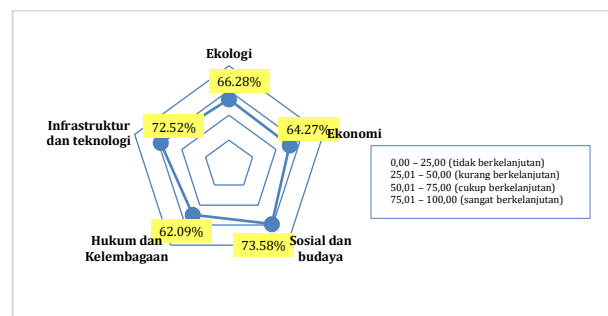
Sumber data diolah dari data primer

Dari penilaian variabel pada Tabel 6, hasil analisis menunjukkan dimensi infrastruktur dan teknologi termasuk kategori cukup berkelanjutan dengan indeks keberlanjutan 72,52.

### 3.6. Tingkat Keberlanjutan Secara Multidimensi

Gambar 4 menunjukkan rangkuman indeks keberlanjutan setiap dimensi. Indeks keberlanjutan setiap dimensi termasuk kategori cukup berkelanjutan, dan selisih indeks keberlanjutan antar dimensi tidak terlalu besar. Dimensi sosial dan budaya memiliki indeks keberlanjutan paling tinggi, sedangkan dimensi hukum dan kelembagaan memiliki indeks keberlanjutan paling rendah. Rendahnya indeks keberlanjutan dimensi hukum dan

kelembagaan menunjukkan perlu adanya perbaikan dengan memprioritaskan dimensi ini dibandingkan dimensi lainnya. Sementara itu, indeks keberlanjutan Waduk Cengklik secara multidimensi adalah 67,75% (cukup berkelanjutan); yang didapatkan dari rata-rata indeks keberlanjutan seluruh dimensi.



**Gambar 4.** Diagram Layang-Layang Indeks Keberlanjutan Waduk Cengklik

### 3.7. Strategi Peningkatan Keberlanjutan

Variabel yang kondisinya paling buruk menjadi penghambat utama tercapainya keberlanjutan, sehingga memperbaiki variabel tersebut dapat memberikan dampak yang signifikan pada indeks keberlanjutan. Strategi yang dirumuskan untuk memperbaiki tingkat keberlanjutan kawasan Waduk Cengklik di penelitian ini dibatasi pada variabel-variabel yang berkategori kurang berkelanjutan. Selain itu, strategi diprioritaskan pada dimensi yang indeks keberlanjutannya paling rendah, yaitu dimensi hukum dan kelembagaan. Prioritas paling akhir adalah dimensi sosial dan budaya karena indeks keberlanjutannya paling tinggi. Hal ini dilakukan agar sumber daya yang ada dapat difokuskan untuk memperbaiki dimensi yang kondisinya paling buruk.

#### 3.7.1. Variabel Penegakan Hukum

Menurut teori hukum yang dikembangkan oleh Friedman (1975), ada 3 elemen yang menentukan keberhasilan penegakan hukum atau aturan, yaitu struktur hukum, substansi hukum, dan budaya hukum. Perbaikan keadaan variabel ini perlu memperhatikan 3 elemen tersebut. Pertama, struktur hukum atau lembaga yang menegakkan hukum. Lembaga yang bertugas harus memadai, baik dari segi tenaga kerja maupun prosedur penegakan aturan. Perlu untuk melibatkan masyarakat dalam pengawasan pelaksanaan aturan, seperti membentuk kelompok masyarakat pengawas. Kedua, substansi hukum atau isi hukum itu sendiri. Diketahui bahwa pengelola waduk dan masyarakat hanya memberlakukan sanksi lisan. Perlu adanya transformasi ke penegakan hukum yang lebih tegas, misalnya pelanggaran pertama diberi teguran lisan, kemudian pelanggaran berikutnya ditingkatkan ke sanksi administratif. Agar sanksi administratif berjalan efektif, aturan yang mengatur jenis dan besaran denda harus jelas dan sesuai dengan kondisi sosial masyarakat. Ketiga, budaya hukum (kebiasaan, tradisi, dan norma). Perlu dilakukan sosialisasi dan

kampanye kesadaran hukum bagi masyarakat agar mereka memahami alasan aturan dibuat melalui media yang mudah dijangkau, seperti pertemuan warga dan kelompok. Sosialisasi ini menjelaskan dampak pelanggaran aturan terhadap lingkungan waduk dan kehidupan masyarakat.

### 3.7.2. Variabel Penyuluhan Hukum

Kegiatan penyuluhan hukum memerlukan peran dan kehadiran penyuluh hukum untuk menginformasikan hukum atau peraturan kepada masyarakat (Ernis, 2018). Lebih lanjut dijelaskan bahwa penyuluhan hukum merupakan upaya perbaikan elemen budaya hukum, salah satu elemen penting dalam sistem hukum. Aturan atau hukum yang dibawa disesuaikan dengan kondisi di lapangan, misalnya pembuangan sampah dan limbah, penggunaan lahan tanpa izin yang tidak sesuai zona peruntukan, penggunaan air waduk secara berlebihan tanpa izin, pembangunan tanpa izin, perusakan fasilitas, dan lain-lain. Penyuluhan hukum dapat dilakukan dengan cara langsung (misalnya ceramah), tidak langsung (misalnya spanduk), dan atau gabungan (langsung dan tidak langsung). Penyuluhan hukum diharapkan dilaksanakan minimal 3 kali dalam 1 tahun dengan materi yang sama agar masyarakat dapat memahami dan menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari (Ernis, 2018).

### 3.7.3. Alternatif Pekerjaan

Strategi untuk memberikan alternatif pekerjaan di kawasan Waduk Cengklik dapat mengadaptasi strategi yang dilakukan oleh *Coral Reef Rehabilitation and Management Program (Coremap)* di Kota Batam dan Kabupaten Pangkajene. Kegiatan tersebut diwujudkan dalam bentuk pemberian bantuan modal usaha untuk kegiatan ekonomi produktif, serta pelatihan dan bimbingan teknis (Noveria & Malamassam, 2015). Modal usaha diberikan dalam jumlah yang sesuai dengan kebutuhan kelompok, melalui penilaian terhadap proposal yang diajukan. Selain modal usaha, bantuan yang diberikan berupa pendampingan oleh tenaga ahli, paling sedikit selama satu siklus produksi. Pendamping bertugas untuk memberikan bimbingan, baik dalam hal peningkatan kapasitas kelompok masyarakat, peningkatan pengetahuan teknis, keterampilan pembukuan keuangan, serta dalam penjualan hasilnya. Pelatihan keterampilan baru yang dapat dilakukan, yaitu kerajinan tangan, pengolahan hasil perikanan, dan budidaya ikan sistem bioflok.

### 3.7.4. Besarnya Subsidi

Diketahui bahwa subsidi tidak merata diterima responden. Maka dari itu, pihak yang berwenang perlu memperluas akses ke bantuan atau subsidi dengan melibatkan kelompok rentan, seperti perempuan kepala keluarga, lansia, dan masyarakat miskin dalam prioritas penerima bantuan. Masyarakat juga perlu didorong untuk berperan aktif dalam mengusulkan program subsidi sesuai

kebutuhan masyarakat setempat. Bantuan hendaknya sesuatu yang dapat bermanfaat dalam jangka panjang. Selain bantuan uang, bantuan yang dapat diberikan berupa alat-alat yang menunjang pekerjaan, pelatihan keterampilan, atau subsidi bahan baku usaha. Pelibatan organisasi non-pemerintah atau perusahaan melalui program CSR untuk memperluas jenis dan jumlah subsidi yang tersedia juga dapat dilakukan agar penerima subsidi lebih luas.

### 3.7.5. Keberadaan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)

Sebagai sumber pencemar utama dari dalam waduk, perlu pembenahan pada sistem budidaya ikan. KJA sistem jaring ganda dinilai lebih ramah lingkungan karena pakan yang tidak dimanfaatkan oleh ikan pada jaring pertama akan dimanfaatkan oleh ikan yang dipelihara pada jaring kedua, sehingga sisa pakan yang terlepas ke waduk lebih sedikit dibandingkan jaring tunggal. Sistem jaring ganda yang diterapkan di Waduk Cirata menyebabkan pakan yang terbuang lebih sedikit dan nilai rasio konversi pakan (ukuran efisiensi penggunaan pakan) menjadi lebih kecil (Warsa et al., 2018). Selain itu, jumlah KJA perlu dikurangi dan beralih ke budidaya ikan di daratan dengan sistem bioflok. Sistem bioflok adalah metode budidaya yang memanfaatkan mikroorganisme (seperti bakteri, alga, dan protozoa) untuk mengolah limbah organik dan sisa pakan dalam air. Mikroorganisme ini membentuk "flok" (gumpalan) yang dapat digunakan sebagai sumber pakan tambahan untuk ikan, sehingga mengurangi kebutuhan pakan dan meminimalkan pencemaran lingkungan (Marlida, 2020). Namun, petani KJA perlu difasilitasi dan didampingi oleh pemerintah terkait agar termotivasi untuk beralih ke sistem bioflok. Selain pengendalian yang sifatnya pencegahan, eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang telah ada harus dihilangkan dengan pembersihan atau pengerukan secara manual. Jika gotong royong bersih waduk tidak efektif untuk mengurangi eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), maka diperlukan pengerukan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) maupun sedimen menggunakan alat berat. Meskipun membutuhkan biaya yang tidak sedikit, tetapi hal ini sangat efektif.

### 3.7.6. Pengelolaan Limbah

Pengelolaan limbah tentunya membutuhkan penyediaan infrastruktur, seperti IPAL (Instalasi Pengelolaan Air Limbah) komunal. Penyediaan IPAL perlu disesuaikan dengan sumber limbah di sekitar waduk. Untuk limbah domestik, IPAL komunal dapat dibangun pada permukiman padat yang berada di daerah tangkapan air (*catchment area*), terutama di titik-titik yang secara langsung mengalirkan air limbah ke waduk. Sementara itu, limbah perdagangan dari plaza UMKM dan deretan warung makan memerlukan IPAL khusus limbah usaha. Limbah merupakan sumber pencemar yang mengakibatkan blooming eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan penurunan kualitas air waduk. Memperbaiki variabel

pengelolaan limbah merupakan cara strategis untuk mencegah eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) semakin banyak dan mencegah kualitas air memburuk. Karena limbah bersumber dari beberapa kegiatan, penyediaan IPAL perlu dibedakan jenisnya, yaitu IPAL untuk limbah domestik, dan IPAL untuk limbah perdagangan dari plaza UMKM maupun tempat makan lainnya. Perlu adanya subsidi atau bantuan dari pemerintah setempat dalam penyediaan IPAL ini.

### 3.7.7. Infrastruktur Pengelolaan Limbah

Untuk limbah padat non-organik, seperti plastik, kertas, dan logam, dapat dikelola melalui bank sampah. Konsep bank sampah melibatkan partisipasi aktif masyarakat dalam mendaur ulang limbah dengan mekanisme seperti sistem perbankan, masyarakat menyeter sampah mereka dan menerima insentif dalam bentuk uang atau tabungan. Sampah yang terkumpul kemudian dijual ke pihak daur ulang (pengolahan skala besar). Dari sisi lingkungan, adanya bank sampah membantu mengurangi volume sampah yang dibuang atau dibakar di kawasan waduk. Awal pembentukan bank sampah ini memerlukan pendampingan dan pengarahan dari Dinas Lingkungan Hidup setempat. Sementara itu, pengadaan fasilitas pengelolaan limbah domestik dapat dimulai dari pengajuan proposal bantuan atau hibah ke pemerintah daerah atau lembaga tertentu dan sektor swasta melalui tanggung jawab sosial perusahaan (CSR). Dalam tahapan pembangunan IPAL komunal perlu melibatkan masyarakat, mulai dari perencanaan, pengambilan keputusan, pembangunan, pengoperasian, serta perawatan dengan membentuk kelompok pengelola pada tingkat masyarakat (Lubis et al., 2022).

### 3.7.8. Pemberdayaan Masyarakat

Merancang program pemberdayaan masyarakat memerlukan identifikasi kebutuhan masyarakat yang dapat dilakukan melalui survei atau diskusi kelompok (FGD) dengan masyarakat untuk memahami kebutuhan utama mereka, seperti pelatihan keterampilan dan bantuan pendanaan (Anita, 2020). Selain itu, perlu adanya identifikasi tantangan utama yang dihadapi masyarakat, misalnya rendahnya kesadaran lingkungan atau kebutuhan pengelolaan limbah. Salah satu faktor yang penting dalam merancang program pemberdayaan masyarakat adalah ketersediaan dana yang cukup, terutama dari pemerintah desa sebagai pihak yang memiliki dana desa (Anita, 2020). Kolaborasi dengan berbagai pihak, seperti lembaga swadaya masyarakat (LSM), akademisi, dan sektor swasta, juga bisa menjadi strategi menghadirkan pendanaan dan pendampingan program pemberdayaan masyarakat.

## 4. KESIMPULAN

Indeks keberlanjutan dimensi ekologi adalah 66,28%; indeks keberlanjutan dimensi ekonomi adalah 64,27%; indeks keberlanjutan dimensi sosial

dan budaya adalah 73,58%; indeks keberlanjutan dimensi hukum dan kelembagaan adalah 62,09%; serta indeks keberlanjutan dimensi infrastruktur dan teknologi adalah 72,52%. Secara multidimensi, indeks keberlanjutan Waduk Cengklik adalah 67,75%; termasuk kategori cukup berkelanjutan.

Strategi untuk meningkatkan keberlanjutan Waduk Cengklik diprioritaskan dari dimensi yang indeks keberlanjutannya paling rendah ke yang paling tinggi dan variabel dengan kategori kurang berkelanjutan. Perbaikan variabel penegakan hukum dilakukan pada 3 elemen, yaitu struktur hukum, substansi hukum, dan budaya hukum. Perbaikan variabel penyuluhan hukum disesuaikan dengan pelanggaran di lapangan, melalui penyuluhan hukum langsung dan tidak langsung. Perbaikan variabel alternatif pekerjaan dilakukan dengan pemberian modal usaha per kelompok dan pendampingan oleh tenaga ahli. Perbaikan variabel besarnya subsidi dilakukan dengan memperluas akses ke bantuan atau subsidi, serta pelibatan organisasi non-pemerintah. Perbaikan variabel keberadaan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dilakukan dengan KJA jaring ganda, bioflok, dan pengerukan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Perbaikan variabel pengelolaan limbah dilakukan dengan penyediaan IPAL komunal. Perbaikan variabel infrastruktur pengelolaan limbah dilakukan dengan pengadaan bank sampah dan IPAL. Perbaikan variabel pemberdayaan masyarakat dilakukan melalui identifikasi kebutuhan dan kolaborasi dengan berbagai pihak.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adil, R. A., Naukoko, A. T., & Wauran, P. C. (2019). Analisis Dampak Sektor Pariwisata Terhadap Pendapatan Asli Daerah Dan Penyerapan Tenaga Kerja. Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi, 19(04).
- Anita, D. (2020). Strategi Pemberdayaan Masyarakat Dalam Pengembangan Pembangunan Pedesaan. Jurnal Ilmiah Pendidikan Scholastic, 4(2), 29-33.
- Asmaranto, R., & Suryono, A. (2018). Environmental carrying capacity review in cengklik reservoir. International Journal of Engineering & Technology, 7(4), 4528-4533.
- Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo. (2024). Data Volume Air Bendungan April 2024. <https://upb-bengawansolo.id/bendungan/?sampling=2024-04-21> (diakses pada 29 April 2024).
- Ernis, Y. (2018). Implikasi penyuluhan hukum langsung terhadap peningkatan kesadaran hukum masyarakat. Jurnal Penelitian Hukum De Jure, 18(4), 477-496.
- Fauzi, A. & Anna, S. (2005). Pemodelan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan: Untuk Analisa Kebijakan. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Fitriana, N., Yuniwati, E. D., Darmawan, A. A., & Firdaus, R. (2020). Eksplorasi potensi alami waduk menuju rancangan wisata desa Purwosekar Tajinan Kabupaten Malang. Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, 4(3), 398-407.



- Friedman, L. M. (1975). *The Legal System: A Social Science Perspective*. Russell Sage Foundation.
- Gumelar, G. (2016). Nilai lingkungan dan sikap ramah lingkungan pada warga Jakarta di pemukiman kumuh. *Jurnal Psikologi*, 12(1), 39-46.
- Hasibuan, Z. (2016). Kesadaran hukum dan ketaatan hukum masyarakat dewasa ini. *Jurnal Justitia: Jurnal Ilmu Hukum dan Humaniora*, 1(01).
- Jayatri, F. N. M., Kurniawan, A., & Priyono, S. B. (2023, June). Effect of Aeration Injection Technology Application on Dissolved Oxygen in Floating Net Cages in Cengklik Reservoir Waters, Boyolali Regency. In *International Conference On 3isciplinary Studies (ICOMSI 2022)* (pp. 156-162). Atlantis Press.
- Krisnawati, A., Masykuri, M., & Sunarto, S. (2020, November). The dynamics of organic pollutant pollution of phosphate, sulphate, nitrite, and nitrate parameters in Cengklik Reservoir water. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2296, No. 1). AIP Publishing.
- Kurniawan, A., Jayatri, F. N. M., & Khasanah, K. (2022, February). Assessment of Water Quality Status of Cengklik Reservoir due to Eutrophication. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 986, No. 1, p. 012074). IOP Publishing.
- Lubis, L., Wahyudi, A., & Ariefiani, D. (2022). Analisis Keberlanjutan Kelembagaan Ipal Komunal. *Jurnal ilmiah Manajemen Publik dan Kebijakan Sosial*, 6(1), 9-23
- Maharani, S. M. D., Suwanto, S., & Rusdiyana, E. (2024). Hubungan Peran Kelompok dengan Keberlanjutan Usaha Budidaya Ikan Air Tawar di Waduk Cengklik Kecamatan Ngemplak Kabupaten Boyolali. *Jurnal Ilmiah Sosio Agribis*, 24(1), 29-38.
- Marlida, R. (2020). Bioflok sebagai solusi mengatasi permasalahan lingkungan untuk akuakultur masa depan berkelanjutan: Sebuah tinjauan. *Rawa Sains: Jurnal Sains STIPER Amuntai*, 10(1), 38-44.
- Noveria, M., & Malamassam, M. A. (2015). Penciptaan Mata Pencarian Alternatif: Strategi Pengurangan Kemiskinan dan Perlindungan Sumber Daya Laut (Studi Kasus Kota Batam dan Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan). *Jurnal Kependudukan Indonesia*, 10(2), 139-150.
- Nurmalasari, A. D., Trinugraha, Y. H., & Pudyastuti, S. G. (2023). Community Group Participation in Maintenance of Cengklik Reservoir as a Water Resources Conservation Area. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 11(2), 418-426.
- Putro, S. P., Febria, I. J., & Muhammad, F. (2014). Comparative Study of Characteristics of Sediment and Water Quality in Aquaculture Farming Systems. Area with Coastal Area Adjacent to Industrial Activities. *Jurnal Sains dan Matematika*, 22(3), 79-83.
- Rahman, A., Astuti, L. P., Warsa, A., & Sentosa, A. A. (2021). Prediksi Tingkat Kekeruhan (Turbiditas) Menggunakan Citra Satelit Sentinel-2a Di Waduk Jatiluhur, Jawa Barat. *Jurnal Sumber Daya Air*, 17(2), 59-68.
- Sandro, Y., Saputra, S. W., & Wijayanto, D. (2018). Valuasi Ekonomi Manfaat Langsung Dan Tidak Langsung Kawasan Waduk Cengklik, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 6(3), 326-332.
- Sugiyono, P. D. (2010). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Penerbit ALFABETA, Bandung.
- Tohari, P. A. I., Suadi, S., & Subejo, S. (2020). Persepsi pembudidaya udang dalam pengembangan usaha tambak berkelanjutan di Pantai Selatan Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 22(1), 55-61.
- Warsa, A., Haryadi, J., & Astuti, L. P. (2018). Mitigasi beban fosfor dari kegiatan budidaya dengan penebaran ikan bandeng (*Chanos chanos*) di Waduk Cirata, Jawa Barat. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2), 259-266.