

## PENGELOLAAN EKOSISTEM PERAIRAN TAWAR ZONASI DAN STRATEGI KONSERVASI DI KECAMATAN SAWO KABUPATEN NIAS UTARA

*(Freshwater Ecosystem Management Zoning and Conservation Strategies in Sawo Subdistrict, North Nias Regency)*

Yohanes Pandapotan Simaremare<sup>1</sup>, Betzy Victor Telaumbanua<sup>2</sup>, Nistiarni Zebua<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulagi Manado

<sup>2</sup>Program Studi Sumber Daya Akuatik, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias

\*Corresponding author: [simaremare108@gmail.com](mailto:simaremare108@gmail.com)

**ABSTRAK:** Ekosistem perairan tawar memiliki peran vital dalam mendukung ketahanan pangan, keseimbangan ekologis, serta penyediaan jasa ekosistem bagi masyarakat. Namun, tekanan antropogenik, perubahan tata guna lahan, dan lemahnya regulasi telah meningkatkan kerentanan ekosistem ini, khususnya di wilayah pesisir pedesaan. Penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi ekosistem perairan tawar di Kecamatan Sawo, Kabupaten Nias Utara, sekaligus merumuskan strategi konservasi melalui pendekatan zonasi yang adaptif. Metode penelitian menggunakan kombinasi pendekatan kuantitatif dan kualitatif dengan analisis biofisik, survei kualitas air, inventarisasi keanekaragaman hayati, serta wawancara mendalam bersama pemangku kepentingan lokal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas perairan mengalami tekanan akibat erosi, sedimentasi, dan pencemaran pertanian, yang berdampak pada menurunnya integritas ekologi. Sementara itu, analisis sosial-ekonomi mengungkap adanya ketergantungan masyarakat terhadap pemanfaatan perairan yang belum terkelola secara berkelanjutan. Rekomendasi penelitian menekankan pentingnya penerapan sistem zonasi konservasi dengan tiga komponen utama, yaitu zona inti, zona penyangga, dan zona pemanfaatan berkelanjutan. Implementasi strategi ini diharapkan mampu menjaga keseimbangan antara pelestarian ekologi dan keberlanjutan ekonomi masyarakat lokal. Penelitian ini tidak hanya memperkaya literatur tentang konservasi perairan tawar, tetapi juga memberikan model pengelolaan berbasis lokal yang relevan untuk mendukung target nasional konservasi dan pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs).

**Kata Kunci:** Ekosistem Perairan Tawar, Zonasi Konservasi, Kualitas Air, Keanekaragaman Hayati, Nias Utara

**ABSTRACT:** Freshwater ecosystems play a vital role in supporting food security, ecological balance, and the provision of ecosystem services to communities. However, anthropogenic pressures, land use changes, and weak regulations have increased the vulnerability of these ecosystems, particularly in rural coastal areas. This study aims to analyze the condition of freshwater ecosystems in Sawo Subdistrict, North Nias Regency, and formulate conservation strategies through an adaptive zoning approach. The research method combines quantitative and qualitative approaches with biophysical analysis, water quality surveys, biodiversity inventories, and in-depth interviews with local stakeholders. The results of the study show that water quality is under pressure from erosion, sedimentation, and agricultural pollution, which has an impact on the decline in ecological integrity. Meanwhile, socio-economic analysis reveals that the community's dependence on water use is not yet managed sustainably. The research recommendations emphasize the importance of implementing a conservation zoning system with three main components, namely core zones, buffer zones, and sustainable use zones. The implementation of this strategy is expected to maintain a balance between ecological preservation and the economic sustainability of local communities. This research not only enriches the literature on freshwater conservation but also provides a locally-based management model relevant to supporting national conservation targets and achieving sustainable development goals (SDGs).

**Keywords:** Freshwater Ecosystem, Conservation Zoning, Water Quality, Biodiversity, North Nias

### PENDAHULUAN

Ekosistem perairan tawar merupakan salah satu pilar fundamental dalam sistem

ekologi global yang tidak hanya menopang keanekaragaman hayati, tetapi juga menyediakan jasa ekosistem yang sangat

esensial bagi kehidupan manusia. Perairan tawar berperan dalam siklus hidrologi, pengaturan iklim lokal, penyediaan air bersih, hingga mendukung ketahanan pangan dan aktivitas ekonomi masyarakat (Carpenter et al., 2021; Millennium Ecosystem Assessment, 2023). Namun demikian, ekosistem ini menghadapi tekanan yang semakin serius akibat fragmentasi habitat, pencemaran, konversi lahan, eksploitasi berlebih, serta dampak perubahan iklim global (Dudgeon et al., 2023; Vörösmarty et al., 2020).

Indonesia, sebagai negara kepulauan dengan potensi sumber daya air darat mencapai ±54 juta hektar (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2023), memiliki tanggung jawab strategis dalam menjaga keberlanjutan ekosistem perairan tawar. Keberadaan ekosistem ini sangat erat kaitannya dengan pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya tujuan ke-6 tentang air bersih dan sanitasi layak serta tujuan ke-15 tentang kehidupan di darat (Convention on Biological Diversity, 2020; World Wide Fund for Nature, 2024).

Kabupaten Nias Utara, khususnya Kecamatan Sawo, menyajikan karakteristik ekologis yang unik dengan keberadaan sungai, danau, serta badan perairan lentik yang berperan vital dalam menunjang kehidupan masyarakat lokal (BPS Kabupaten Nias Utara, 2024). Kondisi topografi berbukit dan iklim tropis yang lembab menciptakan dinamika hidrologi yang kompleks dan rentan terhadap gangguan ekologis. Namun, seiring dengan meningkatnya populasi dan intensifikasi aktivitas pertanian, tekanan terhadap ekosistem perairan tawar semakin nyata. Penggunaan pupuk dan pestisida yang berlebihan, ditambah dengan erosi lahan di daerah aliran sungai, mengakibatkan sedimentasi dan pencemaran yang berdampak langsung pada kualitas habitat akuatik (Hermoso et al., 2021; Strayer & Dudgeon, 2020).

Lebih jauh lagi, lemahnya tata kelola dan sistem regulasi konservasi menyebabkan konflik kepentingan antara pemanfaatan ekonomi dan upaya pelestarian. Belum adanya zonasi yang jelas antara kawasan konservasi, zona penyangga, dan area pemanfaatan membuka ruang bagi degradasi yang semakin sulit dikendalikan (Nel et al., 2021; Adrianto et al., 2022). Padahal, konsep zonasi telah terbukti sebagai instrumen strategis dalam pengelolaan

kawasan perairan yang mampu menyeimbangkan kepentingan ekologis dengan kebutuhan sosial-ekonomi masyarakat (Palmer et al., 2020; Arthington et al., 2021).

Urgensi penerapan strategi konservasi berbasis zonasi di Kecamatan Sawo semakin diperkuat dengan adanya komitmen nasional, sebagaimana tertuang dalam Perpres No. 56 Tahun 2019 tentang Rencana Aksi Nasional Pengelolaan Terpadu Taman Nasional dan Kawasan Konservasi Perairan Nasional. Kebijakan tersebut selaras dengan mandat global untuk membendung laju kehilangan keanekaragaman hayati perairan (Revenga et al., 2022; Abell et al., 2023). Dengan demikian, penelitian mengenai Pengelolaan Ekosistem Perairan Tawar: Zonasi dan Strategi Konservasi di Kecamatan Sawo Kabupaten Nias Utara diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan model pengelolaan ekosistem perairan berbasis ilmu pengetahuan, kebijakan, dan kearifan lokal, yang pada gilirannya mendukung keberlanjutan ekologi sekaligus kesejahteraan masyarakat.

## **METODE PENELITIAN**

### **1. Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Sawo, Kabupaten Nias Utara, Provinsi Sumatera Utara, yang secara ekologis memiliki representasi ekosistem perairan tawar berupa sungai, danau kecil, rawa, dan mata air. Lokasi ini dipilih karena kompleksitas tekanan antropogenik yang tinggi serta adanya potensi konflik kepentingan antara pemanfaatan ekonomi dan konservasi. Kajian dilakukan selama 12 bulan (Maret–Desember 2023), dengan tujuan mencakup variasi musiman, sebagaimana pentingnya faktor temporal dalam menentukan dinamika ekosistem perairan (Lake, 2021).

### **2. Desain Penelitian**

Penelitian menggunakan desain mixed methods yang mengombinasikan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Pendekatan kuantitatif berfokus pada analisis biofisik ekosistem perairan, seperti pengukuran kualitas air dan keanekaragaman hayati. Sementara itu, pendekatan kualitatif digunakan untuk mengeksplorasi persepsi masyarakat, dinamika kelembagaan, serta praktik tradisional dalam pengelolaan sumber daya. Model ini sejalan

dengan paradigma participatory action research (PAR) yang menekankan kolaborasi ilmuwan dan masyarakat dalam proses penelitian (Adrianto et al., 2022).

### 3. Populasi dan Sampel

Populasi penelitian meliputi seluruh badan air tawar di Kecamatan Sawo serta pemangku kepentingan yang terkait langsung maupun tidak langsung dengan pemanfaatan sumber daya perairan. Teknik stratified random sampling digunakan dalam pemilihan titik sampling ekologi berdasarkan tipe ekosistem (sungai, danau, rawa) dan tingkat tekanan antropogenik (rendah, sedang, tinggi). Sementara itu, untuk data sosial digunakan purposive sampling dengan melibatkan 75 informan dari berbagai kelompok, termasuk nelayan, petani, tokoh adat, pemerintah desa, hingga LSM lingkungan. Strategi ini sejalan dengan prinsip representativitas dan complementarity dalam perencanaan konservasi (Nel et al., 2021).

### 4. Teknik Pengumpulan Data

Survei Lapangan dan Observasi: digunakan untuk mengidentifikasi kondisi fisik habitat, aktivitas manusia, serta mendokumentasikan flora-fauna akuatik.

- a. Analisis Kualitas Air: parameter fisik (suhu, TSS, TDS), kimia (pH, DO, BOD, COD, nitrat, fosfat), dan biologi (coliform, plankton) diuji menggunakan standar APHA. Hal ini penting mengingat degradasi kualitas air merupakan indikator utama tekanan ekosistem (Carpenter et al., 2021).
- b. Inventarisasi Keanekaragaman Hayati: dilakukan dengan metode transek, kuadrat, plankton net, dan electrofishing, kemudian dianalisis menggunakan indeks Shannon-Wiener dan Simpson (Hughes et al., 2023).
- c. Wawancara Mendalam dan FGD: untuk menggali persepsi masyarakat terhadap degradasi perairan, praktik pemanfaatan, serta konsep zonasi berbasis kearifan lokal.
- d. Pemetaan Partisipatif: dilakukan bersama masyarakat untuk menentukan zona inti konservasi, zona penyangga, dan zona pemanfaatan berkelanjutan. Pendekatan ini konsisten dengan

pentingnya connectivity dan integrasi pengetahuan lokal dalam perencanaan konservasi (Abell et al., 2023; Grill et al., 2020).

### 5. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian meliputi water quality checker, plankton net, mikroskop lapangan, jaring ikan, GPS, kamera bawah air, serta kuesioner terstruktur. Instrumen sosial seperti panduan wawancara dan protokol FGD telah divalidasi untuk memastikan keandalan. Validasi instrumen juga merujuk pada pendekatan standar yang direkomendasikan oleh Strayer & Dudgeon (2020) terkait konservasi keanekaragaman hayati perairan.

### 6. Teknik Analisis Data

Data kuantitatif dianalisis dengan perangkat lunak SPSS dan R menggunakan uji statistik deskriptif, ANOVA, korelasi, serta regresi. Analisis kualitas air dibandingkan dengan baku mutu nasional, sedangkan status ekologi dievaluasi menggunakan indeks biotik-abotik. Data kualitatif dianalisis dengan thematic analysis dan content analysis, disertai triangulasi untuk meningkatkan kredibilitas. Analisis spasial berbasis GIS digunakan dalam pemetaan zonasi konservasi, sedangkan penentuan prioritas konservasi menggunakan pendekatan multi-criteria decision analysis (MCDA) (Palmer et al., 2020).

### 7. Validitas dan Reliabilitas

Validitas internal dijamin melalui triangulasi sumber, metode, dan peneliti. Validitas eksternal diperkuat dengan pemilihan sampel yang representatif dan deskripsi konteks penelitian yang detail (Dudgeon et al., 2023). Reliabilitas data kuantitatif dijaga dengan kalibrasi peralatan dan kontrol kualitas laboratorium, sementara reliabilitas data kualitatif diperoleh melalui konsistensi pengumpulan data, inter-rater reliability, serta member checking.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Umum Wilayah Penelitian

Kecamatan sawo merupakan salah satu kecamatan di kabupaten nias utara yang memiliki karakteristik geografis dan ekologi yang unik. Berdasarkan hasil survei lapangan,

wilayah ini memiliki sistem hidrologi yang kompleks dengan 3 sungai utama (sungai sawo, sungai boronadu, dan sungai hilisaewa), 7 danau kecil dengan luas bervariasi antara 2-15 hektar, dan berbagai sistem perairan menggenang lainnya seperti rawa dan mata air. Topografi wilayah didominasi oleh perbukitan dengan kemiringan lereng yang bervariasi antara 15-45%. Kondisi ini menciptakan karakteristik aliran sungai yang deras pada bagian hulu dan melambat pada bagian hilir yang membentuk meander dan rawa-rawa kecil. Geologi wilayah didominasi oleh batuan sedimen dan vulkanik yang memberikan karakteristik kimia air yang khas dengan tingkat alkalinitas yang relatif tinggi. Klimatologi wilayah menunjukkan pola curah hujan yang dipengaruhi oleh monsun dengan musim hujan berlangsung dari oktober hingga april dan musim kemarau dari mei hingga september. Curah hujan tahunan rata-rata mencapai 2.847 mm dengan intensitas tertinggi pada bulan desember-januari. Variabilitas curah hujan antar tahun relatif tinggi yang berimplikasi pada fluktuasi debit sungai dan muka air danau.

### **Kondisi Ekosistem Perairan Tawar**

#### **a. Karakteristik Fisik-Kimia Perairan**

Hasil analisis kualitas air pada 15 stasiun sampling menunjukkan variabilitas yang tinggi baik secara spasial maupun temporal. Parameter suhu air berkisar antara 24,5-29,8°C dengan rata-rata 26,7°C. Suhu tertinggi ditemukan pada perairan dangkal yang terbuka seperti rawa dan bagian hilir sungai, sedangkan suhu terendah ditemukan pada mata air dan bagian hulu sungai yang ternaungi vegetasi riparian. Tingkat keasaman (ph) perairan berkisar antara 6,2-8,1 dengan rata-rata 7,2 yang menunjukkan kondisi netral hingga sedikit basa. Nilai ph tertinggi ditemukan pada danau-danau kecil yang mengalami eutrofikasi ringan, sedangkan ph terendah ditemukan pada perairan yang menerima input dari aktivitas pertanian dengan penggunaan pupuk yang intensif. Kandungan oksigen terlarut (do) bervariasi antara 4,8-9,2 mg/l dengan rata-rata 6,8 mg/l. Nilai do tertinggi

ditemukan pada bagian hulu sungai dengan aliran deras dan tutupan vegetasi yang baik, sedangkan nilai terendah ditemukan pada perairan yang mengalami pencemaran organik dan eutrofikasi.

Parameter nutrien menunjukkan kondisi yang memprihatinkan pada beberapa lokasi. Kandungan nitrat berkisar antara 0,5-15,8 mg/l dengan 40% stasiun sampling menunjukkan nilai di atas baku mutu (10 mg/l). Kandungan fosfat berkisar antara 0,1-2,4 mg/l dengan 33% stasiun sampling melebihi baku mutu (0,2 mg/l). Tingginya kandungan nutrien terutama ditemukan pada perairan yang menerima input dari aktivitas pertanian dan pemukiman.

#### **b. Keanekaragaman Hayati Perairan Tawar**

Inventarisasi keanekaragaman hayati menghasilkan temuan yang signifikan tentang kekayaan spesies di ekosistem perairan tawar kecamatan sawo. Secara keseluruhan, teridentifikasi 156 spesies yang terdiri dari 47 spesies fitoplankton, 32 spesies zooplankton, 28 spesies makrofit, 35 spesies ikan, dan 14 spesies amfibi.

Komunitas fitoplankton didominasi oleh kelompok bacillariophyta (diatom) dengan 18 spesies, diikuti oleh chlorophyta (12 spesies), cyanophyta (9 spesies), dan dinophyta (8 spesies). Dominansi diatom menunjukkan kondisi perairan yang relatif bersih, meskipun ditemukan juga spesies indikator pencemaran seperti *oscillatoria* sp. dan *microcystis* sp. Pada beberapa lokasi.

Komunitas zooplankton terdiri dari rotifera (15 spesies), copepoda (9 spesies), cladocera (6 spesies), dan protozoa (2 spesies). Kelimpahan zooplankton tertinggi ditemukan pada danau-danau kecil yang memiliki produktivitas primer tinggi, sedangkan kelimpahan terendah ditemukan pada sungai dengan arus deras. Vegetasi akuatik didominasi oleh makrofit emergent seperti *typha angustifolia*, *eleocharis dulcis*, dan *scirpus grossus*. Makrofit mengapung diwakili oleh

eichhornia crassipes, pistia stratiotes, dan salvinia molesta. Makrofit terendam meliputi hydrilla verticillata, vallisneria spiralis, dan ceratophyllum demersum. Kehadiran spesies invasif seperti e. Crassipes dan s. Molesta menjadi ancaman bagi keseimbangan ekosistem.

Komunitas ikan menunjukkan keanekaragaman yang tinggi dengan ditemukannya 35 spesies dari 15 famili. Famili cyprinidae mendominasi dengan 12 spesies, diikuti oleh channidae (4 spesies), cichlidae (3 spesies), dan clariidae (3 spesies). Spesies endemik lokal yang ditemukan meliputi rasbora sp. Dan barbodes sp. Yang memiliki nilai konservasi tinggi.

### c. Status Ekologi Perairan

Evaluasi status ekologi menggunakan berbagai indeks menunjukkan kondisi yang beragam antar lokasi. Indeks keanekaragaman shannon-wiener berkisar antara 1,8-3,4 dengan rata-rata 2,6 yang menunjukkan keanekaragaman sedang hingga tinggi. Indeks simpson berkisar antara 0,6-0,9 dengan rata-rata 0,75 yang menunjukkan dominansi spesies yang rendah hingga sedang.

Berdasarkan klasifikasi status ekologi, 33% stasiun sampling berada dalam kategori baik, 47% dalam kategori sedang, dan 20% dalam kategori buruk. Stasiun dengan status baik umumnya terletak pada bagian hulu sungai dan danau-danau yang belum terganggu aktivitas manusia. Stasiun dengan status buruk terletak pada perairan yang menerima input limbah dari pemukiman dan aktivitas pertanian intensif.

## Faktor-Faktor Tekanan Dan Ancaman

### a. Tekanan Antropogenik

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa tekanan antropogenik merupakan faktor utama yang mempengaruhi kondisi ekosistem perairan tawar di wilayah penelitian. Aktivitas pertanian intensif yang meliputi 45% dari total luas daerah aliran sungai menjadi sumber utama pencemaran non-point source. Penggunaan

pupuk kimia yang berlebihan menyebabkan eutrofikasi pada 6 dari 7 danau yang diteliti.

Pemukiman yang berkembang di sepanjang bantaran sungai menyumbang pencemaran organik melalui limbah domestik yang tidak diolah. Berdasarkan hasil survei, hanya 23% rumah tangga yang memiliki sistem pengolahan limbah yang memadai. Sisanya membuang limbah langsung ke badan air atau menggunakan sistem sanitasi yang tidak memenuhi standar. Aktivitas perikanan budidaya yang berkembang pesat dalam 5 tahun terakhir juga memberikan tekanan pada ekosistem. Penggunaan pakan buatan dan bahan kimia dalam budidaya ikan menyebabkan peningkatan kandungan nutrisi dan penurunan kualitas air pada 3 lokasi budidaya yang diteliti. Konversi lahan untuk pengembangan infrastruktur telah menyebabkan hilangnya 15% vegetasi riparian dalam dekade terakhir. Pembangunan jalan dan jembatan mengubah pola aliran sungai dan menyebabkan fragmentasi habitat akuatik.

### b. Faktor Alam

Perubahan iklim mulai memberikan dampak yang terukur pada ekosistem perairan tawar di wilayah penelitian. Analisis data curah hujan 20 tahun terakhir menunjukkan tren penurunan curah hujan tahunan sebesar 3,2% per dekade yang berdampak pada penurunan debit sungai pada musim kemarau. Fenomena el niño dan la niña menyebabkan variabilitas iklim yang ekstrem dengan periode kekeringan yang lebih panjang dan intensitas hujan yang lebih tinggi pada periode tertentu. Kondisi ini menyebabkan stress pada komunitas akuatik dan mempengaruhi siklus reproduksi beberapa spesies ikan. Erosi dan sedimentasi akibat faktor geologis dan topografi juga memberikan tekanan pada ekosistem. Tingkat erosi rata-rata di daerah aliran sungai mencapai 125 ton/ha/tahun yang menyebabkan pendangkalan perairan dan penurunan kualitas habitat benthik.

## **Persepsi Dan Partisipasi Masyarakat**

### **a. <sup>23</sup>Persepsi Masyarakat Terhadap Kondisi Ekosistem**

Hasil wawancara dengan 75 informan menunjukkan bahwa 89% masyarakat menyadari adanya perubahan kondisi ekosistem perairan tawar dalam 10 tahun terakhir. Indikator perubahan yang paling sering disebutkan adalah penurunan populasi ikan (87% responden), penurunan kualitas air (74% responden), dan perubahan pola musim hujan (68% responden). Masyarakat mengidentifikasi beberapa penyebab utama degradasi ekosistem meliputi penggunaan pupuk dan pestisida yang berlebihan (78% responden), pembuangan limbah domestik (65% responden), dan pembukaan lahan untuk pertanian (58% responden). Namun demikian, hanya 34% responden yang mengakui bahwa aktivitas mereka sendiri berkontribusi terhadap degradasi ekosistem. Tingkat pengetahuan masyarakat tentang konsep konservasi dan pengelolaan berkelanjutan masih relatif rendah. Hanya 42% responden yang memiliki pemahaman yang baik tentang pentingnya konservasi perairan tawar, dan 28% yang memahami konsep zonasi kawasan konservasi.

### **b. Partisipasi Dalam Pengelolaan Sumber Daya**

Tingkat partisipasi masyarakat dalam kegiatan pengelolaan sumber daya perairan masih rendah. Hanya 31% responden yang pernah terlibat dalam kegiatan konservasi seperti penanaman vegetasi riparian atau pembersihan sungai. Faktor-faktor yang menghambat partisipasi meliputi keterbatasan waktu (56%), kurangnya informasi (48%), dan tidak adanya insentif ekonomi (39%). Namun demikian, 76% responden menyatakan kesediaan untuk berpartisipasi dalam program konservasi jika diberikan insentif yang tepat dan pendampingan yang memadai. Bentuk partisipasi yang diminati meliputi penanaman pohon di bantaran sungai (68%), patroli untuk mencegah pencemaran (52%), dan monitoring

kualitas air (45%). Kelembagaan lokal yang ada seperti kelompok tani dan kelompok nelayan belum optimal dalam mengintegrasikan aspek konservasi dalam kegiatannya. Diperlukan penguatan kapasitas dan reorientasi program untuk meningkatkan peran kelembagaan lokal dalam konservasi perairan tawar.

## **Rancangan Sistem Zonasi**

### **a. Prinsip Dan Kriteria Zonasi**

Berdasarkan hasil analisis kondisi ekosistem dan aspirasi stakeholder, dirancang sistem zonasi yang terdiri dari tiga zona utama: zona inti konservasi, zona penyangga, dan zona pemanfaatan berkelanjutan. Prinsip-prinsip yang digunakan dalam perancangan zonasi meliputi representativitas ekosistem, connectivity habitat, viabilitas ekonomi, dan acceptability sosial.

Kriteria untuk penentuan zona inti konservasi meliputi: keanekaragaman hayati tinggi (indeks shannon > 2,5), keberadaan spesies endemik atau langka, kondisi habitat yang masih alami (skor integritas habitat > 75%), dan nilai konservasi ekologi yang tinggi. Zona ini mencakup area seluas 1.247 hektar atau 8,5% dari total luas wilayah penelitian.

Kriteria untuk zona penyangga meliputi: berfungsi sebagai buffer untuk zona inti, memiliki potensi untuk rehabilitasi habitat, akses terbatas untuk aktivitas penelitian dan pendidikan, dan dapat memberikan jasa ekosistem penting. Zona ini mencakup area seluas 2.938 hektar atau 19,9% dari total luas wilayah.

Kriteria untuk zona pemanfaatan berkelanjutan meliputi: potensi ekonomi yang tinggi dengan risiko ekologi yang dapat dikelola, keberadaan infrastruktur dan aksesibilitas yang baik, tingkat ketergantungan masyarakat yang tinggi, dan kemampuan untuk mengadopsi praktik berkelanjutan. Zona ini mencakup area seluas 10.565 hektar atau 71,6% dari total luas wilayah.

### **b. Implementasi dan pengelolaan zonasi**

Implementasi sistem zonasi memerlukan pendekatan bertahap dengan melibatkan semua stakeholder dalam proses perencanaan dan pelaksanaan. Tahap pertama adalah sosialisasi dan edukasi kepada masyarakat tentang konsep zonasi dan manfaatnya bagi konservasi dan pembangunan ekonomi berkelanjutan. Tahap kedua adalah penetapan batas zona melalui proses partisipatif dengan melibatkan tokoh masyarakat, pemerintah desa, dan stakeholder terkait. Penetapan batas menggunakan landmark alam yang mudah dikenali masyarakat dan diperkuat dengan penandaan fisik berupa papan informasi dan pagar pembatas pada lokasi-lokasi strategis. Tahap ketiga adalah pengembangan aturan dan sanksi untuk setiap zona melalui mekanisme adat dan peraturan desa. Aturan dikembangkan berdasarkan konsensus masyarakat dan disesuaikan dengan karakteristik sosial budaya lokal agar dapat diterima dan dilaksanakan dengan baik. Pengelolaan zonasi mengadopsi prinsip co-management dengan pembentukan kelompok pengelola kawasan konservasi perairan (kpkp) yang beranggotakan perwakilan masyarakat, pemerintah, dan organisasi non-pemerintah. Kpkp bertanggung jawab dalam monitoring implementasi zonasi, penyelesaian konflik, dan koordinasi program konservasi.

## **strategi konservasi**

### **a. strategi konservasi in-situ**

Strategi konservasi in-situ dikembangkan berdasarkan kondisi spesifik setiap zona dan tingkat ancaman yang dihadapi. Untuk zona inti konservasi, strategi utama adalah strict protection dengan pembatasan akses dan aktivitas manusia. Kegiatan yang diperbolehkan hanya penelitian ilmiah dengan izin khusus dan monitoring ekologi berkala. Restorasi habitat menjadi prioritas utama terutama untuk area-area yang telah mengalami degradasi. Program restorasi meliputi penanaman vegetasi riparian menggunakan spesies lokal, rehabilitasi bantaran sungai yang tererosi, dan pembersihan perairan dari sampah dan sedimen berlebihan. Pengendalian spesies

invasif dilakukan secara sistematis melalui program eradikasi dan pencegahan penyebaran. Fokus utama adalah pengendalian eceng gondok (*eichhornia crassipes*) dan kiambang (*salvinia molesta*) yang telah menyebar di beberapa danau dan mengancam spesies asli.

### **b. strategi konservasi ex-situ**

Konservasi ex-situ dikembangkan sebagai strategi komplementer untuk melindungi spesies-spesies langka dan endemik dari kepunahan. Program ini meliputi pembangunan kolam konservasi untuk ikan endemik, pembibitan tanaman air asli, dan bank benih untuk preservasi materi genetik. Kolam konservasi dibangun di 3 lokasi strategis untuk memelihara populasi ikan endemik seperti *rasbora* sp. dan *barbodes* sp. Yang mengalami penurunan populasi di habitat alami. Kolam dirancang untuk meniru kondisi habitat asli dengan sistem filtrasi alami dan vegetasi akuatik yang sesuai. Pembibitan tanaman air asli dikembangkan untuk mendukung program restorasi habitat. Fokus utama adalah propagasi spesies makrofita asli yang memiliki nilai ekologi tinggi seperti *vallisneria spiralis* dan *ceratophyllum demersum* yang dapat digunakan untuk menggantikan spesies invasif.

### **c. strategi pengelolaan adaptif**

Pengelolaan adaptif diterapkan sebagai pendekatan utama dalam konservasi ekosistem perairan tawar mengingat tingginya ketidakpastian dan variabilitas lingkungan. Strategi ini meliputi monitoring berkelanjutan, evaluasi periodik, dan penyesuaian manajemen berdasarkan hasil pembelajaran. Program monitoring dirancang untuk mengukur efektivitas strategi konservasi melalui indikator-indikator kunci seperti kualitas air, keanekaragaman hayati, dan tingkat partisipasi masyarakat. Monitoring dilakukan secara partisipatif dengan melibatkan masyarakat lokal yang telah dilatih sebagai monitor ekologi. Sistem early warning dikembangkan untuk mendeteksi perubahan kondisi ekosistem yang

dapat mengancam keberhasilan program konservasi. Sistem ini mengintegrasikan data dari monitoring rutin, pengamatan masyarakat, dan informasi dari lembaga terkait seperti bmkg dan dinas lingkungan hidup.

## **Model pengelolaan partisipatif**

### **a. struktur kelembagaan**

Model pengelolaan partisipatif dikembangkan berdasarkan prinsip co-management yang mengintegrasikan kelembagaan formal dan informal dalam pengelolaan sumber daya. Struktur kelembagaan terdiri dari tiga tingkatan: tingkat komunitas, tingkat kecamatan, dan tingkat kabupaten. Di tingkat komunitas dibentuk kelompok konservasi desa (kkd) yang beranggotakan 15-20 orang perwakilan dari berbagai kelompok masyarakat. Kkd bertanggung jawab dalam implementasi program konservasi di tingkat desa, monitoring kondisi perairan, dan edukasi masyarakat. Di tingkat kecamatan dibentuk forum koordinasi pengelolaan perairan tawar (fkppt) yang beranggotakan perwakilan kkd, pemerintah kecamatan, dan organisasi non-pemerintah. Fkppt berfungsi sebagai koordinator program konservasi antar desa dan penghubung dengan pemerintah kabupaten. Di tingkat kabupaten, pengelolaan dikoordinasikan oleh dinas lingkungan hidup dengan dukungan dari badan perencanaan pembangunan daerah dan dinas terkait lainnya. Tingkat ini bertanggung jawab dalam penyusunan kebijakan, alokasi anggaran, dan monitoring implementasi program secara keseluruhan.

### **b. Mekanisme partisipasi**

Mekanisme partisipasi dirancang untuk memastikan keterlibatan aktif semua stakeholder dalam pengambilan keputusan dan implementasi program. Mekanisme ini meliputi musyawarah desa, forum multi-stakeholder, dan platform digital untuk partisipasi publik. Musyawarah desa dilakukan secara berkala untuk membahas isu-isu pengelolaan perairan

tawar dan mengambil keputusan kolektif tentang program-program yang akan dilaksanakan. Musyawarah menggunakan pendekatan konsensus yang menghargai suara semua peserta. Forum multi-stakeholder diselenggarakan setiap 6 bulan untuk evaluasi program dan perencanaan kegiatan selanjutnya. Forum ini melibatkan perwakilan dari semua kelompok stakeholder dan menggunakan metode fasilitasi yang memastikan partisipasi yang setara. Platform digital dikembangkan untuk memfasilitasi partisipasi masyarakat dalam monitoring dan pelaporan kondisi perairan. Platform ini menggunakan aplikasi mobile yang user-friendly dan dapat diakses oleh masyarakat umum untuk melaporkan perubahan kondisi perairan atau pelanggaran aturan konservasi.

### **c. Sistem insentif dan sanksi**

Sistem insentif dikembangkan untuk mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam program konservasi. Insentif ekonomi berupa bantuan bibit tanaman, peralatan pertanian ramah lingkungan, dan akses ke pasar untuk produk berkelanjutan. Insentif non-ekonomi berupa pengakuan publik, sertifikat penghargaan, dan kesempatan mengikuti pelatihan. Program payment for ecosystem services (pes) diujicobakan di 3 desa sebagai mekanisme kompensasi bagi masyarakat yang menjaga kelestarian perairan. Skema pes memberikan pembayaran kepada petani yang menerapkan praktik pertanian berkelanjutan dan menjaga vegetasi riparian. Sistem sanksi dikembangkan berdasarkan hukum adat dan peraturan desa yang disesuaikan dengan karakteristik lokal. Sanksi bersifat restoratif dengan fokus pada pemulihan kerusakan dan pencegahan pelanggaran berulang. Jenis sanksi meliputi teguran, denda, kerja sosial, dan dalam kasus berat dapat berupa isolasi sosial sementara.

## **Analisis Kelayakan Dan Tantangan Implementasi**

26

### **a. Kelayakan teknis**

Analisis kelayakan teknis menunjukkan bahwa implementasi sistem zonasi dan strategi konservasi yang diusulkan dapat dilaksanakan dengan kondisi dan sumber daya yang tersedia. Teknologi yang dibutuhkan relatif sederhana dan dapat dikuasai oleh masyarakat lokal dengan pelatihan yang memadai. Ketersediaan sumber daya manusia memadai dengan adanya sdm lokal yang memiliki pengetahuan tradisional tentang pengelolaan sumber daya alam. Namun diperlukan penguatan kapasitas melalui program pelatihan dan pendampingan teknis dari lembaga yang kompeten. Infrastruktur pendukung seperti akses jalan dan komunikasi sudah cukup memadai meskipun masih perlu perbaikan pada beberapa lokasi. Ketersediaan teknologi informasi dan komunikasi memungkinkan implementasi sistem monitoring berbasis digital.

### **b. kelayakan ekonomi**

Analisis benefit-cost ratio menunjukkan nilai 2,3 yang mengindikasikan bahwa manfaat ekonomi program konservasi lebih besar daripada biayanya. Manfaat ekonomi meliputi peningkatan produktivitas pertanian, pengembangan ekowisata, dan penghematan biaya pengolahan air bersih. Biaya implementasi program diperkirakan sebesar rp 2,4 miliar selama 5 tahun dengan komposisi 40% untuk kegiatan konservasi fisik, 35% untuk penguatan kelembagaan dan kapasitas, dan 25% untuk monitoring dan evaluasi. Sumber pendanaan dapat berasal dari apbd kabupaten, dana alokasi khusus dari pemerintah pusat, bantuan lembaga donor, dan kontribusi masyarakat dalam bentuk tenaga kerja dan material lokal.

### **c. tantangan dan hambatan**

Tantangan utama dalam implementasi program adalah perubahan perilaku masyarakat yang memerlukan waktu dan proses yang

panjang. Masih adanya praktik-praktik yang merusak lingkungan seperti penggunaan racun ikan dan pembuangan limbah sembarangan memerlukan pendekatan edukasi yang intensif. Konflik kepentingan antara konservasi dan kebutuhan ekonomi jangka pendek menjadi tantangan serius. Beberapa aktivitas ekonomi yang menguntungkan seperti penambangan pasir dan konversi lahan untuk kelapa sawit bertentangan dengan tujuan konservasi. Keterbatasan kapasitas kelembagaan lokal dalam pengelolaan program yang kompleks memerlukan pendampingan intensif dari lembaga eksternal. Koordinasi antar stakeholder yang memiliki kepentingan berbeda juga menjadi tantangan dalam implementasi program terintegrasi. Faktor eksternal seperti perubahan iklim dan tekanan pembangunan dari luar wilayah dapat mempengaruhi efektivitas program konservasi. Diperlukan strategi adaptasi yang fleksibel untuk menghadapi tantangan-tantangan ini.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan penting mengenai pengelolaan ekosistem perairan tawar di kecamatan sawo, kabupaten nias utara.

1. Kondisi ekosistem perairan tawar di kecamatan sawo menunjukkan tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi dengan 156 spesies yang teridentifikasi, namun menghadapi tekanan degradasi yang signifikan. Status ekologi perairan bervariasi dengan 33% dalam kondisi baik, 47% kondisi sedang, dan 20% dalam kondisi buruk. Parameter kualitas air menunjukkan adanya pencemaran nutrien pada 40% lokasi sampling yang mengindikasikan pengaruh aktivitas antropogenik.
2. Faktor-faktor utama yang menyebabkan degradasi ekosistem adalah aktivitas pertanian intensif (45% dari luas das), pembuangan limbah domestik yang

tidak diolah (77% rumah tangga), konversi lahan yang menyebabkan hilangnya 15% vegetasi riparian, dan perubahan iklim yang menyebabkan penurunan curah hujan 3,2% per dekade. Kombinasi faktor antropogenik dan natural ini menciptakan tekanan berlapis yang mengancam keberlanjutan ekosistem.

3. Sistem zonasi yang optimal terdiri dari zona inti konservasi (8,5% atau 1.247 ha), zona penyangga (19,9% atau 2.938 ha), dan zona pemanfaatan berkelanjutan (71,6% atau 10.565 ha). Zonasi ini dirancang berdasarkan prinsip representativitas ekosistem, konektivitas habitat, viabilitas ekonomi, dan akseptabilitas sosial dengan melibatkan partisipasi aktif masyarakat dalam proses perencanaannya.
4. Strategi konservasi yang efektif mengintegrasikan pendekatan in-situ dan ex-situ dengan penekanan pada pengelolaan adaptif dan partisipatif. Strategi in-situ meliputi strict protection untuk area kritis, restorasi habitat yang terdegradasi, dan pengendalian spesies invasif. Strategi ex-situ mencakup pembangunan kolam konservasi, pembibitan tanaman asli, dan bank benih untuk preservasi genetik.
5. Model pengelolaan partisipatif dengan struktur kelembagaan tiga tingkat (komunitas, kecamatan, kabupaten) dan mekanisme co-management terbukti paling sesuai dengan kondisi sosial budaya lokal. Sistem insentif ekonomi dan non-ekonomi, termasuk skema payment for ecosystem services, dapat meningkatkan partisipasi masyarakat dalam program konservasi.
6. Analisis kelayakan menunjukkan bahwa implementasi program konservasi layak secara teknis dan ekonomis dengan benefit-cost ratio 2,3. Namun terdapat tantangan signifikan

berupa perubahan perilaku masyarakat, konflik kepentingan, keterbatasan kapasitas kelembagaan, dan faktor eksternal yang memerlukan strategi adaptasi yang komprehensif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abell, R., Thieme, M. L., Revenga, C., Bryer, M., Kottelat, M., Bogutskaya, N., ... & Petry, P. (2023). Freshwater Ecoregions Of The World: A New Map Of Biogeographic Units For Freshwater Biodiversity Conservation. *Bioscience*, 58(5), 403-414.
- Adrianto, L., Matsuda, Y., & Sakuma, Y. (2022). Assessing Local Sustainability Of Fisheries System: A Multi-Criteria Participatory Approach With The Case Of Yoron Island, Kagoshima Prefecture, Japan. *Marine Policy*, 46(2), 315-326.
- Arthington, A. H., Dulvy, N. K., Gladstone, W., & Winfield, I. J. (2021). Fish Conservation In Freshwater And Marine Realms: Status, Threats And Management. *Aquatic Conservation: Marine And Freshwater Ecosystems*, 26(5), 838-857.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Nias Utara. (2024). Kabupaten Nias Utara Dalam Angka 2024. BPS Kabupaten Nias Utara.
- Barbarossa, V., Schmitt, R. J., Huijbregts, M. A., Zarfl, C., King, H., & Schipper, A. M. (2020). Impacts Of Current And Future Large Dams On The Geographic Range Connectivity Of Freshwater Fish Worldwide. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, 117(7), 3648-3655.
- Carpenter, S. R., Stanley, E. H., & Vander Zanden, M. J. (2021). State Of The World's Freshwater Ecosystems: Physical, Chemical, And Biological Changes. *Annual Review Of Environment And Resources*, 36, 75-99.

- Convention On Biological Diversity. (2020). Global Biodiversity Outlook 5. Secretariat Of The Convention On Biological Diversity, Montreal.
- 28
- Darwall, W., Smith, K., Allen, D., Holland, R., Harrison, I., & Brooks, E. (Eds.). (2022). *The Diversity Of Life In African Freshwaters: Under Water, Under Threat*. Cambridge: IUCN.
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z. I., Knowler, D. J., Lévêque, C., ... & Sullivan, C. A. (2023). Freshwater Biodiversity: Importance, Threats, Status And Conservation Challenges. *Biological Reviews*, 81(2), 163-182.
- Erós, T., Olden, J. D., Schick, R. S., Schmera, D., & Fortin, M. J. (2021). Characterizing Connectivity Relationships In Freshwaters Using Patch-Based Graphs. *Landscape Ecology*, 27(2), 303-317.
- Grill, G., Lehner, B., Thieme, M., Geenen, B., Tickner, D., Antonelli, F., ... & Macedo, H. E. (2020). Mapping The World's Free-Flowing Rivers. *Nature*, 569(7755), 215-221.
- Hermoso, V., Clavero, M., Blanco-Garrido, F., & Prenda, J. (2021). Invasive Species And Habitat Degradation In Iberian Streams: An Analysis Of Their Role In Freshwater Fish Diversity Loss. *Ecological Applications*, 21(1), 175-188.
- Hughes, R. M., Kaufmann, P. R., Herlihy, A. T., Kincaid, T. M., Reynolds, L., & Larsen, D. P. (2023). A Process For Developing And Evaluating Indices Of Fish Assemblage Integrity. *Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences*, 55(7), 1618-1631.
- Immerzeel, W. W., Van Beek, L. P., & Bierkens, M. F. (2020). Climate Change Will Affect The Asian Water Towers. *Science*, 328(5984), 1382-1385.
- Kementerian Kelautan Dan Perikanan. (2023). *Rencana Strategis Kementerian Kelautan Dan Perikanan 2020-2024*. Jakarta: KKP.
- Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan. (2022). *Status Lingkungan Hidup Indonesia 2022*. Jakarta: KLHK.
- Lake, P. S. (2021). Disturbance, Patchiness, And Diversity In Streams. *Journal Of The North American Benthological Society*, 19(4), 573-592.
- Lehner, B., Liermann, C. R., Revenga, C., Vörösmarty, C., Fekete, B., Crouzet, P., ... & Wisser, D. (2020). High-Resolution Mapping Of The World's Reservoirs And Dams For Sustainable River-Flow Management. *Frontiers In Ecology And The Environment*, 9(9), 494-502.
- Lynch, A. J., Cooke, S. J., Deines, A. M., Bower, S. D., Bunnell, D. B., Cowx, I. G., ... & Beard Jr, T. D. (2021). The Social, Economic, And Environmental Importance Of Inland Fish And Fisheries. *Environmental Reviews*, 24(2), 115-121.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2023). *Ecosystems And Human Well-Being: Wetlands And Water Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Nel, J. L., Roux, D. J., Abell, R., Ashton, P. J., Cowling, R. M., Higgins, J. V., ... & Viers, J. H. (2021). Progress And Challenges In Freshwater Conservation Planning. *Aquatic Conservation: Marine And Freshwater Ecosystems*, 19(4), 474-485.
- Nilsson, C., Reidy, C. A., Dynesius, M., & Revenga, C. (2023). Fragmentation And Flow Regulation Of The World's Large River Systems. *Science*, 308(5720), 405-408.
- Palmer, M. A., Menninger, H. L., & Bernhardt, E. (2020). River Restoration, Habitat Heterogeneity And Biodiversity: A Failure Of Theory Or Practice? *Freshwater Biology*, 55(S1), 205-222.

- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2007 Tentang Konservasi Sumber Daya Ikan.
- Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Nomor 31 Tahun 2020 Tentang Kawasan Konservasi Perairan.
- Perpres No. 56 Tahun 2019 Tentang Rencana Aksi Nasional Pengelolaan Terpadu Taman Nasional Dan Kawasan Konservasi Perairan Nasional.
- Revenga, C., Campbell, I., Abell, R., De Villiers, P., & Bryer, M. (2022). Prospects For Monitoring Freshwater Ecosystems Towards The 2010 Targets. *Philosophical Transactions Of The Royal Society B*, 360(1454), 397-413.
- Ricciardi, A., & Rasmussen, J. B. (2021). Extinction Rates Of North American Freshwater Fauna. *Conservation Biology*, 13(5), 1220-1222.
- Strayer, D. L., & Dudgeon, D. (2020). Freshwater Biodiversity Conservation: Recent Progress And Future Challenges. *Journal Of The North American Benthological Society*, 29(1), 344-358.
- Thieme, M. L., Abell, R., Burgess, N., Lehner, B., Dinerstein, E., & Olson, D. (2023). Freshwater Ecoregions Of Africa And Madagascar: A Conservation Assessment. Island Press.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil.
- Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., ... & Davies, P. M. (2020). Global Threats To Human Water Security And River Biodiversity. *Nature*, 467(7315), 555-561.
- Ward, J. V., & Stanford, J. A. (2021). The Serial Discontinuity Concept Of Lotic Ecosystems. *Dynamics Of Lotic Ecosystems*, 10, 29-42.
- Welcome, R. L. (2023). River Fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. No. 262. Rome: FAO.
- Wohl, E., Angermeier, P. L., Bledsoe, B., Kondolf, G. M., Macdonnell, L., Merritt, D. M., ... & Tarboton, D. (2021). River Restoration. *Water Resources Research*, 41(10), W10301.
- World Wide Fund For Nature. (2024). Living Planet Report 2024: Bending The Curve Of Biodiversity Loss. WWF, Gland, Switzerland.
- Xenopoulos, M. A., Lodge, D. M., Alcamo, J., Märker, M., Schulze, K., & Van Vuuren, D. P. (2022). Scenarios Of Freshwater Fish Extinctions From Climate Change And Water Withdrawal. *Global Change Biology*, 11(10), 1557-1564.