RISET :
Jurnal Ilmiah Multidisiplin Ilmu
Published by PT. Ahlal Publisher Nusantara, Indonesia
Volume 1 Nomor 6 September - Oktober Tahun 2026 | E-ISSN : 3123-8475
Journal Homepage: https://jurnalriset.com/index.php/riset/index



Analisis Keberlanjutan Usaha Budidaya Ikan Lele di Kecamatan Kedu Kabupaten Temanggung : Strategi Restorasi Berbasis Multidimensi

Mina Rifqi, Rinda Noviyanti, Jalil
[1,2,3]Program Studi Magister Manajemen Perikanan Universitas Terbuka, Indonesia



Article Info

Corresponding Author:
rifqihasya.81@gmail.com

Keyword:
catfish, aquaculture, management, sustainability, Rapython MDS, Kedu District

Kata Kunci:
Ikan lele, budidaya, pengelolaan, keberlanjutan, MDS Rapython, Kecamatan Kedu

Copyright © 2026 by Riset.

https://doi.org/10.66914/riset

All writings published in this journal are personal views of the authors and do not represent the views of the Constitutional Court.

Abstract

Kedu District, Temanggung Regency, has strong potential for aquaculture, with 204.38 hectares of fish ponds, most of which are used for catfish farming. However, catfish production declined from 5,281 tons in 2021 to 2,544 tons in 2024, indicating unsustainable business conditions and reduced farmer income. This study aimed to identify the characteristics of catfish farming, assess its multidimensional sustainability status, determine sensitive leverage factors, and formulate restorative policies for sustainable development. The research was conducted from January to February 2026 using a quantitative descriptive approach through questionnaires, in-depth interviews, literature review, and field observations. Respondents consisted of 42 catfish farmers from Kedu, Candimulyo, and Bojonegoro Villages selected by simple random sampling, as well as six experts and community leaders selected purposively. Ecological conditions were evaluated using water availability carrying capacity analysis and the Water Quality Index (WQI), while sustainability status was analyzed using Multidimensional Scaling (MDS) through the Rapython technique. The results identified sustainability index values for the three villages and revealed several leverage attributes that strongly influenced farming performance. Based on these findings, three restorative strategies were proposed: improving genetic quality through standardized broodstock procurement from the Fish Seed Center (BBI) in Mungseng with a three-month gonad maturation period; increasing economic efficiency through independent feed formulation using local raw materials; and strengthening fish farmer groups (pokdakan) through intensive fisheries extension support. The integration of these strategies is expected to restore ecological carrying capacity, improve institutional effectiveness, reduce production costs, and support the recovery of farmer profitability in Kedu District.

Abstrak

Kecamatan Kedu, Kabupaten Temanggung, memiliki potensi tinggi dalam sektor perikanan budidaya dengan luas kolam mencapai 204,38 hektare yang sebagian besar dimanfaatkan untuk budidaya ikan lele. Namun, produksi ikan lele menurun dari 5.281 ton pada 2021 menjadi 2.544 ton pada 2024, yang menunjukkan kondisi usaha belum berkelanjutan dan berdampak pada pendapatan pembudidaya. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi karakteristik usaha budidaya lele, menganalisis status keberlanjutan multidimensi, menentukan faktor sensitif pengungkit, serta merumuskan kebijakan restoratif untuk mendukung keberlanjutan usaha. Penelitian dilaksanakan pada Januari–Februari 2026 dengan pendekatan deskriptif kuantitatif melalui kuesioner, wawancara mendalam, studi literatur, dan observasi lapangan. Responden terdiri atas 42 pembudidaya lele dari Desa Kedu, Candimulyo, dan Bojonegoro yang dipilih menggunakan simple random sampling, serta enam pakar dan tokoh masyarakat yang dipilih secara purposif. Kondisi ekologis dianalisis menggunakan daya dukung ketersediaan air dan Indeks Kualitas Air, sedangkan status keberlanjutan dianalisis menggunakan Multidimensional Scaling melalui teknik Rapython. Hasil penelitian menunjukkan nilai indeks keberlanjutan pada ketiga desa serta mengidentifikasi atribut pengungkit yang paling memengaruhi kinerja usaha. Berdasarkan hasil tersebut, dirumuskan tiga strategi restoratif, yaitu peningkatan kualitas genetik melalui standardisasi pengadaan induk dari Balai Benih Ikan Mungseng dengan masa pematangan gonad tiga bulan, peningkatan efisiensi ekonomi melalui formulasi pakan mandiri berbahan baku lokal, serta penguatan kelembagaan kelompok pembudidaya ikan melalui pendampingan intensif penyuluh perikanan. Integrasi ketiga strategi tersebut diharapkan mampu memperbaiki daya dukung ekologis, meningkatkan efektivitas kelembagaan, menekan biaya produksi, dan memulihkan profitabilitas pembudidaya di Kecamatan Kedu, sehingga keberlanjutan usaha budidaya lele dapat terjaga secara ekologis, ekonomis, sosial, teknologi, dan kelembagaan dalam jangka panjang secara konsisten.

PENDAHULUAN

Sektor perikanan budidaya memegang peranan yang sangat strategis dalam mendukung ketahanan pangan nasional, penguatan perekonomian masyarakat, serta pencapaian target *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya dalam penyediaan sumber protein hewani bermutu tinggi dan terjangkau bagi masyarakat (Dahlan et al., 2020; FAO, 2023). Di tengah fenomena stagnasi produksi perikanan tangkap nasional yang bertahan pada kisaran 7,32 hingga 7,39 juta ton dalam kurun waktu 2019–2024, sektor perikanan budidaya justru menunjukkan akselerasi produksi yang signifikan dari 15,43 juta ton menjadi 17,82 juta ton (Portal Data KKP, 2025). Pertumbuhan ini menegaskan posisi akuakultur sebagai penggerak utama (*primary driver*) dalam memenuhi lonjakan permintaan pangan perikanan nasional (Phillips et al., 2016). Di antara berbagai komoditas unggulan air tawar, budidaya ikan lele (*Clarias* sp.) menempati urutan ketiga dalam produksi nasional dengan total capaian 1,136 juta ton pada tahun 2024, di mana Provinsi Jawa Tengah bertindak sebagai salah satu kontributor terbesar melalui produksi sebanyak 543.933,76 ton (KKP, 2024; Portal Data KKP, 2025).

Dalam skala regional, Kabupaten Temanggung yang ditetapkan sebagai kawasan agribisnis berbasis perikanan air tawar memiliki potensi geografis dan hidrologis dataran tinggi yang sangat kondusif bagi pengembangan akuakultur (Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, 2020). Kecamatan Kedu bertindak sebagai sentra utama (*buffer zone*) budidaya ikan lele dengan luas lahan kolam mencapai 204,38 hektare dan berkontribusi sebesar 63,5% terhadap total produksi ikan lele di Kabupaten Temanggung (Dinas Ketahanan Pangan, Pertanian dan Perikanan Kabupaten Temanggung, 2024). Namun demikian, kawasan sentra ini saat ini menghadapi krisis ketidakberlanjutan (*insustainability*) yang mengancam pemenuhan pangan dan kesejahteraan pembudidaya (P-RKPD Kabupaten Temanggung, 2024). Data resmi menunjukkan terjadinya penurunan produksi ikan lele yang sangat drastis sebesar 51,8%, yaitu dari 5.281 ton pada tahun 2021 menjadi hanya 2.544 ton pada tahun 2024 (Dinas Ketahanan Pangan, Pertanian dan Perikanan Kabupaten Temanggung, 2024). Penurunan ini memicu defisit pasokan sebesar 2.737 ton per tahun untuk memenuhi kebutuhan konsumsi lokal sebesar 7.441,51 ton per tahun, sehingga memicu ketergantungan pada pasokan luar daerah serta menurunkan tingkat pendapatan pembudidaya secara signifikan.

Kemerosotan produksi tersebut dipicu oleh akumulasi permasalahan teknis, ekologis, dan sosio-ekonomi yang kompleks. Secara teknis dan ekologis, dominasi penggunaan sistem kolam air mengalir (*water running*) tanpa didukung keberadaan kolam tandon pengendapan maupun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) meningkatkan kerentanan terhadap akumulasi bahan organik, fluktuasi kualitas air, dan penularan penyakit masif seperti *Aeromonas hydrophila* dan *Edwardsiella ictaluri* (Suryani et al., 2024; Kurniawan et al., 2025). Di sisi ekonomi dan kelembagaan, pembudidaya terhimpit oleh tingginya biaya pakan komersial (pelet), keterbatasan akses permodalan formal, ketiadaan benih unggul bersertifikat akibat belum diterapkannya Cara Pembenihan Ikan yang Baik (CPIB) dan ketiadaan Surat Keterangan Asal Induk (SKAI), serta efisiensi rantai pemasaran yang rendah akibat ketergantungan pada pedagang perantara (Firdaus dkk., 2017; Su'udi & Walthon, 2018; Firdausya & Fauziyah, 2021). Tanpa adanya intervensi kebijakan yang

terstruktur dan berbasis data empiris, kondisi ini berpotensi memicu degradasi lingkungan perkolaman dan penurunan taraf hidup masyarakat pembudidaya secara permanen (Little et al., 2013).

Meskipun kajian mengenai keberlanjutan akuakultur telah banyak dilakukan, sebagian besar literatur terdahulu masih berfokus pada ekosistem pesisir/air payau (Sitorus dkk., 2013; Marzuki, 2014; Mulyawan dkk., 2016) atau mengkaji dimensi keberlanjutan secara parsial, seperti analisis kelayakan finansial dan rantai pasok semata (Wibowo & Setiawan, 2021) maupun parameter kualitas air saja (Jeppesen et al., 2020; Suryani et al., 2024). Masih sangat terbatas penelitian yang secara holistik membedah keberlanjutan usaha budidaya ikan air tawar pada tipologi agroekosistem dataran tinggi dengan mengintegrasikan lima pilar keberlanjutan (ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan) (Wibowo dkk., 2015; Pratama et al., 2023). Kesenjangan penelitian (*research gap*) ini makin nyata pada minimnya studi kuantitatif yang mengombinasikan analisis status keberlanjutan berbasis *Multidimensional Scaling* (MDS) Rapfish/Rapython (Pitcher & Preikshot, 2001; Fauzi & Anna, 2005), uji sensitivitas *leverage*, simulasi ketidakpastian Monte Carlo (Utami et al., 2025), serta pembobotan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (Budiharsono, 2014) untuk merumuskan strategi restorasi kawasan yang aplikatif dan operasional di tingkat lapangan.

Guna mengisi kesenjangan akademis tersebut sekaligus merumuskan solusi pemulihan kawasan, penelitian ini bertujuan untuk : (1) Mengidentifikasi dan mengevaluasi kondisi eksisting serta karakteristik usaha budidaya ikan lele di Kecamatan Kedu; (2) Menganalisis status keberlanjutan usaha secara multidimensi pada lima dimensi utama (ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan); (3) Menganalisis atribut-atribut sensitif (*leverage factors*) yang menjadi determinan utama terhadap besaran nilai indeks keberlanjutan; dan (4) Merumuskan skenario dan alternatif strategi kebijakan restoratif yang operasional guna mendukung keberlanjutan usaha budidaya ikan lele di Kecamatan Kedu.

Dugaan awal dalam penelitian ini merumuskan bahwa status keberlanjutan usaha budidaya ikan lele di Kecamatan Kedu saat ini berada pada kategori "Kurang Berkelanjutan" (*Less Sustainable*) dengan nilai indeks multidimensi di bawah 50,00%. Ketidakberlanjutan ini diduga kuat dipicu oleh ketimpangan kinerja antar dimensi, di mana dimensi ekonomi (akibat tekanan biaya pakan dan marjin pemasaran yang sempit) serta dimensi ekologi (akibat keterbatasan kolam tandon, manajemen limbah yang minim, dan fluktuasi kualitas air) bertindak sebagai faktor pembatas utama (*main bottlenecks*) dengan tingkat sensitivitas (*leverage*) tertinggi. Implikasinya, intervensi kebijakan yang terfokus pada perbaikan atribut-atribut sensitif pada kedua dimensi tersebut dihipotesiskan mampu merestorasi dan meningkatkan status keberlanjutan usaha secara signifikan menuju kategori yang berkelanjutan (Putra & Wijaya, 2025).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif yang mengombinasikan pemetaan spasial, evaluasi kualitatif-kuantitatif kualitas perairan, serta pemodelan ordinasi multidimensi (Sugiyono, 2019). Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga Februari 2026 di tiga desa sentra akuakultur Kecamatan Kedu Kabupaten Temanggung,

yaitu Desa Candimulyo, Desa Kedu, dan Desa. Dari total populasi 73 pembudidaya ikan lele yang terdaftar aktif dalam delapan kelompok pembudidaya ikan (pokdakan), ukuran sampel ditentukan menggunakan rumus Slovin dengan batas toleransi kesalahan 10% ($e = 0{,}10$), sehingga diperoleh 42 responden yang ditarik secara *proportional stratified random sampling* (Desa Candimulyo = 15 responden, Desa Kedu = 12 responden, dan Desa Bojonegoro = 15 responden) (Cochran, 2010; Sugiyono, 2019). Selain itu, enam orang responden pakar yang mewakili unsur *Triple Helix* meliputi birokrasi perikanan, teknisi Balai Benih Ikan (BBI) Mungseng, dan ketua pokdakan yang dipilih secara *purposive sampling* untuk analisis pembobotan hierarki serta perumusan strategi (Budiharsono, 2014).

Pengumpulan data primer dilakukan melalui observasi lapangan, wawancara terstruktur berbasis kuesioner, wawancara mendalam (*in-depth interview*), serta pengujian parameter fisik-kimia air kolam secara *in-situ* (suhu, kedalaman, kecerahan, pH, dan Oksigen Terlarut/DO) dan *ex-situ* (Amoniak/$NH_3 - N$, Nitrit/$NO_2 - N$, dan Nitrat/$NO_3 - N$) menggunakan spektrofotometer, yang diperkaya dengan data sekunder dari BMKG, BPS, dan DKPPP Kabupaten Temanggung (Kannel et al., 2007; Suryani et al., 2024). Evaluasi lingkungan mencakup analisis daya dukung ketersediaan air (DDA) melalui pendekatan neraca air ($DDA = SA - DA$) yang membandingkan pasokan air hujan limpasan ($SA = 10 \times C \times R \times A$) dengan kebutuhan air layak hidup ($DA = N \times KHLA$) (Permen LH No. 17 Tahun 2009; Prastowo, 2010), serta kalkulasi *Water Quality Index* (WQI) untuk menilai kesesuaian mutu air kolam budidaya (Kannel *et al*., 2007).

Status keberlanjutan dievaluasi menggunakan teknik ordinasi *Multidimensional Scaling* (MDS) berbasis Rapython terhadap 36 atribut yang mencakup lima pilar keberlanjutan: ekologi (9 atribut), ekonomi (7 atribut), sosial (6 atribut), teknologi (8 atribut), dan kelembagaan (6 atribut). Setiap atribut dinilai dengan skor ordinal 0 (buruk) hingga 2 (baik) yang kemudian ditransformasikan ke dalam indeks berskala 0–100% dengan empat kategori status: buruk ($0 - 25{,}00\%$), kurang berkelanjutan ($25{,}01 - 50{,}00\%$), cukup berkelanjutan ($50{,}01 - 75{,}00\%$), dan baik ($75{,}01 - 100{,}00\%$) (Nuryadin et al., 2015). Keandalan model diuji melalui parameter *Stress* ($< 0{,}25$), Koefisien Determinasi ($R^2 > 80\%$), dan simulasi Monte Carlo pada selang kepercayaan 95% untuk mengantisipasi galat acak (Kavanagh & Pitcher, 2004; Utami et al., 2025).

Atribut sensitif ditentukan melalui analisis *leverage* berdasarkan perubahan nilai *Root Mean Square* (RMS) saat atribut dikeluarkan dari model (Fauzi & Anna, 2005). Selanjutnya, pembobotan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) berdasarkan penilaian pakar digunakan untuk mengintegrasikan indeks kelima维度 menjadi Indeks Keberlanjutan Multidimensi Akhir (Budiharsono, 2014), yang menjadi dasar dalam merumuskan skenario dan alternatif strategi kebijakan restoratif kawasan berjangka lima tahun (Marzuki dkk., 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kondisi eksisting menunjukkan bahwa usaha budidaya ikan lele (Clarias sp.) di Kecamatan Kedu mayoritas dikelola oleh pembudidaya usia produktif dengan rata-rata umur 44,5 tahun dan pengalaman budidaya rata-rata 8,2 tahun (Sugiyono, 2019; DKPPP Kabupaten Temanggung, 2024). Meskipun pengalaman teknis tergolong memadai, tingkat pendidikan formal pembudidaya masih

didominasi oleh lulusan sekolah dasar dan menengah pertama (64,28%), yang berimplikasi pada terbatasnya adopsi inovasi teknologi modern serta manajemen finansial terstruktur (Firdaus dkk., 2017). Dari aspek teknis operasional, luas kepemilikan kolam rata-rata berkisar antara 250 hingga 450 m^2 per pembudidaya dengan padat tebar rata-rata 120–150 ekor/m^2 (Kurniawan et al., 2025). Sistem perairan yang digunakan secara masif di Desa Candimulyo, Kedu, dan Bojonegoro adalah sistem air mengalir (water running system) yang memanfaatkan limpasan saluran irigasi lokal tanpa kolam tandon pengendapan maupun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) (Suryani et al., 2024). Penggunaan pakan sepenuhnya bergantung pada pakan komersial pelet pabrikan (proporsi biaya pakan mencapai 78,5% dari total biaya operasional), yang memicu tingkat rasio konversi pakan (Feed Conversion Ratio/FCR) kurang efisien pada kisaran 1,25–1,35 (Su'udi & Walthon, 2018; Wibowo & Setiawan, 2021).

1. Karakteristik Sosio-Demografi dan Operasional Pembudidaya

Profil karakteristik pembudidaya ikan lele di tiga desa sampel lokasi penelitian terakumulasi pada Tabel 1. Mayoritas pembudidaya menjadikan kegiatan budidaya ikan lele sebagai mata pencaharian utama (71,43%), sedangkan sisanya menjadikan usaha akuakultur sebagai kegiatan sampingan di luar sektor pertanian tanaman pangan (BPS Kabupaten Temanggung, 2025).

Kategori Parameter	Indikator / Satuan	Nilai Rerata / Sebaran	Persentase (%)
Umur Pembudidaya	< 30 tahun / 30-50 tahun / > 50 tahun	44,5 tahun (Rerata)	11,9% / 66,7% / 21,4%
Tingkat Pendidikan	SD / SMP / SMA / Perguruan Tinggi	Lulusan SMP (Dominan)	28,6% / 35,7% / 28,6% / 7,1%
Pengalaman Budidaya	< 5 tahun / 5-10 tahun / > 10 tahun	8,2 tahun (Rerata)	23,8% / 54,8% / 21,4%
Status Mata Pencaharian	Utama / Sampingan	Mata Pencaharian Utama	71,4% / 28,6%
Luas Lahan Kolam	< 200 m^2 / 200-500 m^2 / > 500 m^2	325,5 m^2 (Rerata)	19,0% / 64,3% / 16,7%
Padat Tebar Benih	100-120 ekor/m^2 / 120-150 ekor/m^2	135 ekor/m^2 (Rerata)	33,3% / 66,7%
Sistem Perairan	Water Running / Kolam Tergenang	Water Running (Dominan)	85,7% / 14,3%
Proporsi Biaya Pakan	Terhadap total biaya produksi	78,5% (Rerata)	78,5% (Sangat Tinggi)

Tabel 1. Karakteristik Demografi dan Operasional Pembudidaya Ikan Lele di Kecamatan Kedu (N=42)

2. Evaluasi Daya Dukung Lingkungan dan Kualitas Air (DDA dan WQI)

Hasil kalkulasi Daya Dukung Ketersediaan Air (DDA) di Kecamatan Kedu menggunakan pendekatan neraca air menunjukkan bahwa ketersediaan air limpasan hujan (SA) sebesar 41.381.115 m^3/tahun jauh melampaui total kebutuhan air domestik dan non-domestik (DA) yang mencapai 87.728.000 m^3/tahun, sehingga secara kuantitatif wilayah ini berada pada status defisit air musiman akibat fluktuasi debit irigasi saat musim kemarau (Permen LH No. 17 Tahun 2009; Prastowo, 2010).

Sementara itu, analisis kualitas air fisik-kimia di empat titik stasiun pengamatan menghasilkan skor Water Quality Index (WQI) berkisar antara 48,50 hingga 56,20 (kategori "Buruk" hingga "Sedang") (Kannel et al., 2007). Rendahnya indeks WQI dipicu oleh tingginya konsentrasi Amoniak bebas (NH_3-N) hingga 0,48 mg/L dan Nitrit (NO_2-N) hingga 0,12 mg/L yang melebihi ambang batas baku mutu akuakultur (PP No. 22 Tahun 2021; Suryani et al., 2024), sebagai akibat dari pembuangan sisa pakan tak terkonversi dan sisa metabolisme ikan secara langsung tanpa pengolahan IPAL (Jeppesen *et al*., 2020).

Parameter Kualitas Air	Baku Mutu (PP 22/2021)	Hasil Pengukuran (Rerata ± SD)	Skor Sub-Indeks WQI	Kategori Kesesuaian
Suhu Air (°C)	25,0 – 30,0 °C	26,8 ± 1,2 °C	85,0	Sangat Baik
Kecerahan Kolam (cm)	> 30 cm	22,5 ± 3,4 cm	45,0	Buruk (Sangat Keruh)
Derajat Keasaman (pH)	6,5 – 8,5	7,2 ± 0,3	90,0	Sangat Baik
Oksigen Terlarut / DO (mg/L)	≥ 3,0 mg/L	2,85 ± 0,45 mg/L	48,0	Buruk (Sub-optimal)
Amoniak Bebas / NH_3-N (mg/L)	≤ 0,02 mg/L	0,48 ± 0,08 mg/L	30,0	Sangat Buruk (Toksik)
Nitrit / NO_2-N (mg/L)	≤ 0,06 mg/L	0,11 ± 0,02 mg/L	38,0	Buruk
Nitrat / NO_3-N (mg/L)	≤ 10,0 mg/L	4,25 ± 0,60 mg/L	75,0	Baik
Water Quality Index (WQI)	Skala 0 - 100	51,28 ± 3,85	51,28	Sedang / Sedikit Tercemar

Tabel 2. Hasil Pengujian Parameter Fisik-Kimia Air Kolam dan Indeks Kualitas Air (WQI) di Kecamatan Kedu

3. Analisis Keberlanjutan Multidimensi (Ordinasi MDS Rapfish)

Hasil ordinasi *Multidimensional Scaling* (MDS) berbasis Rapython menunjukkan bahwa Indeks Keberlanjutan Multidimensi (rata-rata *unweighted*) usaha budidaya ikan lele di Kecamatan Kedu mencapai 63,14%, yang tergolong dalam kategori "cukup berkelanjutan" (Pitcher & Preikshot, 2001; Nuryadin *et al*., 2015). Penilaian parsial terhadap lima dimensi keberlanjutan menghasilkan variasi nilai indeks rata-rata sebagai berikut: Dimensi Sosial sebesar 69,32% (cukup berkelanjutan), dimensi ekonomi sebesar 68,70% (cukup berkelanjutan), dimensi teknologi sebesar 65,11% (cukup berkelanjutan), dimensi kelembagaan sebesar 57,25% (cukup berkelanjutan), serta dimensi ekologi sebesar 54,33% (cukup berkelanjutan) (Fauzi & Anna, 2005; Utami et al., 2025).

Seluruh dimensi memiliki nilai stress di bawah 0,25 (berkisar antara 0,132 hingga 0,145) dan Koefisien Determinasi (R^2) melampaui 80% (berkisar antara 0,888 hingga 0,928), yang mengonfirmasi bahwa model ordinasi MDS teruji presisi, valid, dan memiliki tingkat keandalan yang tinggi (Kavanagh & Pitcher, 2004). Selain itu, hasil Simulasi Monte Carlo pada tingkat kepercayaan 95% menunjukkan selisih nilai indeks yang sangat kecil (<1,00%) jika dibandingkan dengan nilai indeks MDS (Tabel 3). Kondisi ini membuktikan bahwa model ordinasi MDS bebas dari gangguan galat acak (random error), bias pengisian kuesioner,

serta ketidakpastian skoring (Utami et al., 2025).

Dimensi Keberlanjutan	Indeks Rata-rata MDS (%)	Status MDS	Nilai Stress	Nilai R^2	Monte Carlo (%)	Selisih (MDS - MC)
Dimensi Sosial	69,32 %	Cukup Berkelanjutan	0,138	0,912	68,95 %	0,37 %
Dimensi Ekonomi	68,70 %	Cukup Berkelanjutan	0,132	0,928	68,35 %	0,35 %
Dimensi Teknologi	65,11 %	Cukup Berkelanjutan	0,141	0,895	64,70 %	0,41 %
Dimensi Kelembagaan	57,25 %	Cukup Berkelanjutan	0,145	0,888	56,80 %	0,45 %
Dimensi Ekologi	54,33 %	Cukup Berkelanjutan	0,139	0,904	53,90 %	0,43 %
RATA-RATA MULTIDIMENSI	**63,14 %**	**CUKUP BERKELANJUTAN**	**0,139**	**0,905**	**62,54 %**	**0,60 %**

Tabel 3. Ringkasan Indeks Rata-Rata MDS, Uji Validitas (Stress & R^2), dan Simulasi Monte Carlo per Dimensi

Berdasarkan hasil analisis multidimensi menggunakan kombinasi teknik ordinasi *Multidimensional Scaling* (MDS) Rapfish dan pembobotan *Analytic Hierarchy Process* (AHP), status keberlanjutan usaha budidaya ikan lele di Kecamatan Kedu secara keseluruhan berada pada kategori "cukup berkelanjutan" dengan Indeks Akhir Tertimbang sebesar 64,38 (Tabel 4).

Dimensi	Nilai Indeks Keberlanjutan				Bobot Tertimbang (%)	Nilai Indeks Pembobotan			Nilai Akhir	Status Keberlanjutan
	Kedu	Candimulyo	Bojonegoro	Rata-rata		Kedu	Candimulyo	Bojonegoro		
Ekonomi	71,79	67,16	67,16	68,7	40,18	28,85	26,98	26,98	27,61	Cukup Berkelanjutan
Ekologi	54,33	54,33	54,33	54,33	16,60	9,02	9,02	9,02	9,02	Cukup Berkelanjutan
Sosial	69,32	69,32	69,32	69,32	15,87	11,00	11,00	11,00	11	Cukup Berkelanjutan
Teknologi	76,66	56,23	62,43	65,11	14,01	10,74	7,88	8,75	9,12	Cukup Berkelanjutan
Kelembagaan	72,35	56,36	43,03	57,25	13,34	9,65	7,52	5,74	7,63	Cukup /Kurang*
Total Bobot/ Indeks Akhir	**100 %**	-	-	-	-	**69,26**	**62,4**	**61,49**	**64,38**	**CUKUP BERKELANJUTAN**

Tabel 4. Penentuan Status Keberlanjutan Usaha Budidaya Ikan Lele

Capaian nilai ini mencerminkan kondisi usaha yang tergolong stabil, namun tetap memerlukan intervensi terstruktur pada dimensi-dimensi yang memiliki kerentanan strategis. Evaluasi mendalam dan penjabaran komprehensif pada masing-masing dari lima dimensi keberlanjutan dijelaskan sebagai berikut :

a) Dimensi Ekonomi (Indeks Rata-rata : 68,70%, Bobot AHP: 40,18%, dan Indeks Tertimbang: 27,61)

Dimensi Ekonomi menempati posisi paling krusial dalam struktur keberlanjutan usaha dengan bobot tertimbang tertinggi dari penilaian pakar, yaitu sebesar 40,18%. Nilai indeks keberlanjutan dimensi ekonomi di tiga desa sampel relatif tinggi dan konsisten, yaitu Desa Kedu sebesar 71,79%, Desa Candimulyo sebesar 67,16%, dan Desa Bojonegoro sebesar

67,16%, sehingga menghasilkan rata-rata dimensi sebesar 68,70% (kategori Cukup Berkelanjutan). Setelah dikalikan dengan bobot AHP, dimensi ekonomi memberikan kontribusi terbesar terhadap indeks akhir, yaitu sebesar 27,61 angka keberlanjutan. Tingginya nilai indeks ekonomi didorong oleh tingkat kelayakan finansial usaha (R/C rasio > 1,3) dan perputaran modal yang relatif cepat dalam siklus budidaya ikan lele (3–4 bulan). Namun demikian, dimensi ini dibayangi oleh tantangan utama berupa tingginya proporsi biaya pakan komersial (pelet pabrikan) yang menyerap 75% hingga 80% dari total biaya operasional. Fluktuasi harga pakan komersial yang terus meningkat tanpa diimbangi oleh kenaikan harga jual lele secara proporsional ditingkat pembudidaya ikan menyebabkan marjin keuntungan sering kali tertekan. Selain itu, ketergantungan pembudidaya pada rantai pemasaran melalui pedagang perantara (pengepul/bakul) membatasi posisi tawar pembudidaya dalam penentuan harga jual.

b) Dimensi Ekologi (Indeks Rata-rata: 54,33%, Bobot AHP : 16,60%, Indeks Tertimbang : 9,02)

Dimensi Ekologi berada pada kategori "Cukup Berkelanjutan" dengan nilai indeks yang homogen di seluruh wilayah pengamatan, yaitu sebesar 54,33% baik di Desa Kedu, Candimulyo, maupun Bojonegoro. Dengan bobot AHP sebesar 16,60%, dimensi ekologi menyumbang nilai indeks tertimbang sebesar 9,02. Meskipun masuk dalam kategori Cukup Berkelanjutan, nilai 54,33% berada dekat dengan ambang batas bawah kategori kurang berkelanjutan (50,00%), yang mengindikasikan adanya kerentanan ekologis yang signifikan. Faktor pendukung utama dimensi ini adalah ketersediaan pasokan air irigasi yang berasal dari sumber air alami dataran tinggi Kabupaten Temanggung. Namun, titik lemah kritis terletak pada penerapan sistem perairan mengalir (water running system) tanpa didukung oleh keberadaan kolam tandon pengendapan dan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal. Pembuangan sisa pakan tak terkonversi dan sisa metabolisme ikan langsung ke saluran irigasi umum memicu peningkatan konsentrasi Amoniak (NH_3-N) dan Nitrit (NO_2-N) pada musim kemarau saat debit air irigasi menurun. Hal ini berpotensi menurunkan daya dukung lingkungan perairan dan meningkatkan risiko timbulnya penyakit ikan secara masif.

c) Dimensi Sosial (Indeks Rata-rata : 69,32%, Bobot AHP: 15,87%, Indeks Tertimbang : 11,00)

Dimensi Sosial mencatatkan nilai indeks rata-rata tertinggi di antara seluruh dimensi, yaitu sebesar 69,32% yang seragam di Desa Kedu, Candimulyo, dan Bojonegoro (kategori cukup berkelanjutan). Dengan bobot prioritas AHP sebesar 15,87%, dimensi sosial memberikan sumbangan indeks tertimbang sebesar 11,00.

Tingginya kinerja dimensi sosial mencerminkan tingkat penerimaan sosial yang sangat baik dari masyarakat lokal terhadap kegiatan akuakultur. Budidaya ikan lele telah menyatu dengan kebudayaan dan mata pencaharian masyarakat Kecamatan Kedu, serta berperan nyata dalam penyerapan tenaga kerja lokal dan pencegahan pengangguran di perdesaan. Tingkat konflik antar-pengguna air tergolong sangat rendah karena adanya kearifan lokal dalam pengaturan giliran irigasi. Selain itu, hubungan sosial dan tradisi gotong royong antar-pembudidaya dalam kelompok pembudidaya ikan (pokdakan) bertindak sebagai kohesi sosial yang kuat dalam menghadapi tantangan produksi.

d) Dimensi Teknologi (Indeks Rata-rata : 65,11%, Bobot AHP : 14,01%, Indeks Tertimbang : 9,12)

Dimensi Teknologi dan Infrastruktur berada pada kategori "cukup berkelanjutan" dengan nilai indeks rata-rata sebesar 65,11% dan bobot AHP sebesar 14,01%, yang menghasilkan nilai indeks tertimbang sebesar 9,12. Berbeda dengan dimensi ekologi dan sosial, dimensi teknologi menunjukkan variasi antar-desa yang cukup nyata: Desa Kedu mencatatkan indeks tertinggi sebesar 76,66%, diikuti Desa Bojonegoro sebesar 62,43%, dan Desa Candimulyo sebesar 56,23%. Tingginya indeks teknologi di Desa Kedu didorong oleh pemanfaatan konstruksi kolam yang lebih permanen (kolam tembok/semen), aksesibilitas sarana produksi yang baik, serta adopsi teknik pemeliharaan yang relatif maju. Sebaliknya, nilai yang lebih rendah di Desa Candimulyo dan Bojonegoro disebabkan oleh masih dominannya penggunaan kolam tanah atau kolam terpal sederhana tanpa sistem aerasi yang memadai. Secara umum, tantangan dimensi teknologi di Kecamatan Kedu terletak pada minimnya adopsi benih bersertifikat (ketiadaan Surat Keterangan Asal Induk / SKAI) serta belum diterapkannya standar sertifikasi Cara Pembenihan/Pemeliharaan Ikan yang Baik (CPIB/CBIB) secara menyeluruh.

e) Dimensi Kelembagaan (Indeks Rata-rata : 57,25%, Bobot AHP: 13,34%, Indeks Tertimbang : 7,63)

Dimensi Kelembagaan berada pada kategori "cukup berkelanjutan" secara rata-rata kecamatan (57,25%), dengan bobot AHP sebesar 13,34% dan kontribusi indeks tertimbang sebesar 7,63. Dimensi kelembagaan memiliki variasi ketimpangan spasial paling tajam di antara seluruh dimensi: Desa Kedu mencapai indeks 72,35% (cukup berkelanjutan), Desa Candimulyo sebesar 56,36% (cukup berkelanjutan), sedangkan Desa Bojonegoro hanya mencapai 43,03% yang masuk dalam kategori "kurang berkelanjutan". Ketimpangan kelembagaan ini dipicu oleh perbedaan tingkat keaktifan dan kapasitas manajemen kelompok pembudidaya ikan (pokdakan).

Di Desa Kedu, pokdakan berjalan sangat aktif dengan pertemuan rutin, administrasi teratur, dan jaringan kerja sama yang kuat. Sebaliknya, pokdakan di Desa Bojonegoro tergolong kurang aktif dan fungsinya sebatas wadah formal saat menerima bantuan pemerintah. Masalah kelembagaan secara umum di Kecamatan Kedu meliputi ketiadaan legalitas badan hukum pada sebagian pokdakan, keterbatasan pendampingan dari penyuluh perikanan, serta minimnya akses pokdakan terhadap skema permodalan formal perbankan (seperti KUR/KKP).

4. Analisis Atribut Sensitif (Leverage Analysis)

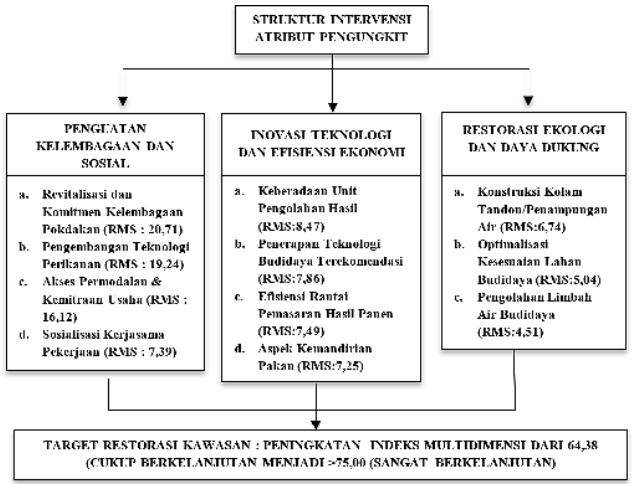
Untuk menentukan prioritas intervensi kebijakan, dilakukan analisis leverage berdasarkan besaran nilai Root Mean Square (RMS) saat suatu atribut dikeluarkan dari model (Fauzi & Anna, 2005). Atribut dengan nilai RMS tertinggi menandakan tingkat sensitivitas yang sangat tinggi terhadap perubahan indeks keberlanjutan (Kavanagh & Pitcher, 2004). Dari 36 atribut yang dievaluasi, terpilih atribut pengungkit utama (leverage factors) dengan pengaruh paling dominan yang disajikan pada Tabel 5.

Dimensi	Atribut Pengungkit Utama	Nilai RMS
Dimensi Kelembagaan	✓ Komitmen kelembagaan Pokdakan ✓ Pengembangan Teknologi ✓ Akses Permodalan Usaha	**20,71** **19,24** **16,12**

Dimensi Teknologi	✓ Keberadaan Unit Pengolahan Ikan ✓ Tingkat Penerapan Teknologi ✓ Tingkat Kemandirian Pakan	**8,47** **7,86** **7,25**
Dimensi Ekonomi	✓ Efisiensi Rantai Pemasaran Hasil Perikanan ✓ Daya Serap Pasar ✓ Fluktuasi Harga Komoditas	**7,49** **6,63** **5,19**
Dimensi Ekologi	✓ Ketersediaan Kolam Tandon ✓ Kesesuaian Lahan ✓ Pengolahan Limbah	**6,74** **5,04** **4,51**
Dimensi Sosial	✓ Sosialisasi Kerjasama Pekerjaan ✓ Usia Pembudidaya Ikan ✓ Frekuensi Konflik	**7,39** **4,77** **4,77**

Tabel 5. Atribut Pengungkit Utama (Leverage Factors) Hasil Analisis RMS Rapfish di Kecamatan Kedu

5. Visualisasi Struktur Atribut Pengungkit (Leverage Factor Architecture)



6. Pembobotan AHP dan Skenario Strategi Restorasi Kawasan

Penggabungan indeks multidimensi parsial dilakukan dengan memberikan bobot prioritas hierarki menggunakan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) berdasarkan penilaian enam orang pakar (Budiharsono, 2014). Hasil matriks perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) menghasilkan bobot prioritas dimensi secara berturut-turut sebagai berikut: dimensi Ekonomi (0,402), dimensi Ekologi (0,166), dimensi Sosial (0,159), dimensi Teknologi (0,140), dan dimensi Kelembagaan (0,133). Nilai *Consistency Ratio* (CR) yang diperoleh sebesar 0,042 (<0,10), yang menandakan bahwa penilaian dan pembobotan oleh para pakar teruji konsisten dan valid secara statistik (Budiharsono, 2014; Marzuki dkk., 2013).

Dimensi Keberlanjutan	Bobot AHP (%)	Peringkat Prioritas
Dimensi Ekonomi	40,18	Prioritas I
Dimensi Ekologi	16,60	Prioritas II
Dimensi Sosial	15,87	Prioritas III
Dimensi Teknologi	14,01	Prioritas IV
Dimensi Kelembagaan	13,34	Prioritas V

Tabel 6. Hasil Pembobotan AHP untuk Prioritas Dimensi Keberlanjutan

Berdasarkan hasil analisis MDS Rapfish, Indeks Keberlanjutan Multidimensi awal kawasan usaha budidaya ikan lele di Kecamatan Kedu berada pada kategori cukup berkelanjutan dengan nilai 64,38 (skala 0–100). Melalui skenario intervensi strategi restorasi berbasis atribut sensitif (*leverage factors*) dan pembobotan AHP, indeks keberlanjutan diproyeksikan mengalami peningkatan signifikan menuju kategori sangat berkelanjutan.

Skenario Pengelolaan	Nilai Indeks Keberlanjutan	Status/Kategori
Data Kondisi Eksisting	64,38	Cukup Berkelanjutan
Restorasi Tingkat Moderat	>75,00	Sangat Berkelanjutan

Restorasi Optimis/Prospektif	>80,00	Sangat Berkelanjutan

Tabel 7. Proyeksi Indeks Keberlanjutan Usaha Budidaya Ikan Lele di Kecamatan Kedu

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis multidimensi dan pembahasan yang telah dipaparkan, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

Status Keberlanjutan Multidimensi Usaha

a. Budidaya Ikan Lele di Kecamatan Kedu, Kabupaten Temanggung secara keseluruhan berada pada kategori "cukup berkelanjutan" dengan Indeks Akhir Tertimbang sebesar 64,38. Secara spasial, Desa Kedu mencatatkan tingkat keberlanjutan tertinggi (69,26), diikuti oleh Desa Candimulyo (62,40), dan Desa Bojonegoro (61,49).
b. Kinerja keberlanjutan per dimensi menunjukkan bahwa seluruh dimensi berada pada status "cukup berkelanjutan", yaitu dimensi sosial (69,32%), dimensi ekonomi (68,70%), dimensi teknologi (65,11%), dimensi kelembagaan (57,25%), dan dimensi ekologi (54,33%). pembobotan AHP menempatkan dimensi ekonomi sebagai prioritas terpenting (40,18%), diikuti dimensi ekologi (16,60%), dimensi sosial (15,87%), dimensi teknologi (14,01%), dan dimensi kelembagaan (13,34%).
c. Titik lemah dan ketimpangan strategis teridentifikasi pada dimensi kelembagaan di Desa Bojonegoro yang masih berstatus "kurang berkelanjutan" (43,03%), serta dimensi ekologi (54,33%) yang mendekati ambang bawah ketidakberlanjutan akibat keterbatasan IPAL/kolam tandon dan ketergantungan pada pakan komersial yang mahal pada Dimensi Ekonomi.
d. Rekomendasi strategi restorasi dan pemulihan difokuskan pada tiga intervensi prioritas: (a) Pengurangan biaya pakan melalui pengembangan pakan mandiri berbasis bahan baku lokal; (b) Penataan lingkungan melalui pembangunan kolam tandon pengendapan dan IPAL komunal; serta (c) Revitalisasi Pokdakan dan fasilitasi legalitas badan hukum kelompok untuk memperluas akses pembiayaan formal (KUR) dan pasar.

DAFTAR PUSTAKA

Cochran, W. G. (2010). *Teknik Penarikan Sampel* (Edisi Ke-3). UI Press.

Dahlan, H., Abubakar, H., & Rahman, M. H. (2020). Catfish farming in Indonesia: Status, challenges and future prospects. *Aquaculture International*, 28(4), 1619–1645.

Dinas Ketahanan Pangan, Pertanian dan Perikanan Kabupaten Temanggung. (2024). *Laporan Produksi Perikanan Budidaya Kabupaten Temanggung Tahun 2024*. Pemerintah Kabupaten Temanggung. https://dkppp.temanggungkab.go.id/

Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. (2020). *Rencana Strategis Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya Tahun 2020–2024*. Kementerian Kelautan dan Perikanan.

FAO. (2023). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2023: Towards Blue Transformation*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/3/cc0461en/cc0461en.pdf

Fauzi, A., & Anna, S. (2005). Pemodelan keberlanjutan perikanan dengan pendekatan Rapfish: Aplikasi multidimensional scaling (MDS). *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 1(1), 1–20.

Firdaus, M., Putri, H., & Hafsaridewi, R. (2017). Usaha budidaya ikan lele (Clarias sp) pada kawasan minapolitan "Kampung Lele" Kabupaten Boyolali. *Buletin Ilmiah Marina Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 3(2), 79–89.

Firdausya, R., & Fauziyah, E. (2021). Dampak program Gerakan Pakan Mandiri terhadap pendapatan dan risiko bisnis usaha budidaya lele. *Agriscience*, 2(1), 45–56.

Jeppesen, E., Liu, Z., Jørgensen, S. E., & Liu, Q. (2020). Eutrophication control in Asian freshwaters: Lessons from Chinese reservoirs and lakes. *Hydrobiologia*, 847(1), 11–30.

Kannel, P. R., Lee, S., Lee, Y. S., Kanel, S. R., & Khan, S. P. (2007). Application of water quality indices and dissolved oxygen as indicators for river water classification and urban impact assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 132(1–3), 93–110.

Kavanagh, P., & Pitcher, T. J. (2004). Implementing Microsoft Excel software for Rapfish: A technique for the rapid appraisal of fisheries status. *Fisheries Centre Research Reports*, 12(2), 1–75.

Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2024). *Laporan Kinerja Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya Tahun 2024*. Kementerian Kelautan dan Perikanan.

Kementerian Lingkungan Hidup. (2009). *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 17 Tahun 2009 tentang Pedoman Penentuan Daya Dukung Lingkungan Hidup dalam Penataan Ruang Wilayah*. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.

Kurniawan, A., et al. (2025). Manajemen mutu air dan pencegahan penyakit Aeromonas hydrophila pada akuakultur air tawar. *Jurnal Perikanan Budidaya*, 19(1), 12–25.

Little, D. C., Murray, F. J., Leschen, W., & Waley, D. (2013). Socio-economic factors affecting aquaculture site selection and carrying capacity. Dalam *FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings* (No. 21, hlm. 103–115). FAO.

Marzuki, M. (2014). *Desain Pengelolaan Budidaya Laut Berkelanjutan di Teluk Saleh Kabupaten Sumbawa* [Disertasi Doktoral, Institut Pertanian Bogor].

Marzuki, M., Nurjaya, I. W., Purbayanto, A., Budiharso, S., & Supriyono, E. (2013). Tinjauan dimensi ekonomi keberlanjutan pengelolaan budidaya laut di Teluk Saleh Kabupaten Sumbawa. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 8(2), 135–147.

Mulyawan, I., Zamroni, A., & Priyatna, F. N. (2016). Kajian keberlanjutan pengelolaan budidaya ikan bandeng di Gresik. *Jurnal Kebijakan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 6(1), 25–35.

Nuryadin, A., Suryadi, D., & Hidayat, R. (2015). Penentuan nilai tengah dalam evaluasi keberlanjutan perikanan budidaya menggunakan pendekatan multidimensional scaling (MDS). *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 10(2), 123–134.

Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Lembaran Negara Republik Indonesia.

Phillips, M., Henriksson, P. J. G., Tran, N., Chan, C. Y., Mohan, C. V., Rodriguez, U-P., Suri, S., Hall, S., & Koeshendrajana, S. (2016). *Menjelajahi Masa Depan Perikanan Budidaya Indonesia*. WorldFish.

Pitcher, T. J., & Preikshot, D. (2001). RAPFISH: A rapid appraisal technique to evaluate the sustainability status of fisheries. *Fisheries Centre Research Reports*, 9(3), 1–65.

Portal Data KKP. (2025). *Statistik Produksi Perikanan Tangkap dan Budidaya Indonesia 2019–2024*. Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. https://kkp.go.id

Prastowo, T. (2010). *Daya Dukung Lingkungan Aspek Sumber Daya Air* (Working Paper No. 11). Pusat Pengkajian Perencanaan dan Pengembangan Wilayah (P4W) IPB.

Pratama, A., et al. (2023). Integrasi lima pilar keberlanjutan pada akuakultur air tawar dataran tinggi. *Jurnal Manajemen Perikanan*, 15(2), 45–58.

Putra, R., & Wijaya, A. (2025). Skenario intervensi atribut sensitif dalam restorasi kawasan perikanan budidaya. *Jurnal Kebijakan Akuakultur*, 8(1), 33–42.

Sitorus, S. W., Anggoro, S., & Yulianto, B. (2013). Indeks keberlanjutan ekologi budidaya udang vanamei (Litopenaeus vannamei) Kecamatan Pantai Cermin Kabupaten Serdang Bedagai. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan 2013*, 384–389.

Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.

Suryani, E., et al. (2024). Evaluasi parameter fisika-kimia air kolam dan dampaknya terhadap produktivitas lele. *Jurnal Riset Akuakultur*, 19(2), 88–99.

Su'udi, A., & Walthon, A. (2018). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi produksi usaha budidaya ikan lele (Clarias sp.). *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 13(2), 101–112.

Utami, R., et al. (2025). Uji keandalan dan validitas simulasi Monte Carlo pada ordinasi MDS Rapfish. *Jurnal Ilmu Perikanan Indonesia*, 27(3), 101–112.

Wibowo, A. B., Anggoro, S., & Yulianto, B. (2015). Status keberlanjutan dimensi ekologi dalam pengembangan kawasan minapolitan berkelanjutan berbasis perikanan budidaya air tawar di Kabupaten Magelang. *Jurnal Saintek Perikanan*, 10(2), 107–113.

Wibowo, A., & Setiawan, B. (2021). Analisis kelayakan finansial dan efisiensi rantai pasok usaha budidaya air tawar. *Jurnal Agribisnis Perikanan*, 14(1), 55–64.