



UNIVERSITAS MULAWARMAN

ORASI ILMIAH GURU BESAR
UNIVERSITAS MULAWARMAN

Prof. Dr. Ir. Henny Pagoray, M.Si.

KUALITAS AIR DAN KEANEKARAGAMAN
PLANKTON DI PERAIRAN MAHAKAM TENGAH
UNTUK Mendukung AKUAKULTUR

24 September 2026
GOR 27 September, Universitas Mulawarman

FOTO ORATOR



Prof. Dr. Ir. Henny Pagoray, M.Si.

DAFTAR ISI

FOTO ORATOR..... ii

DAFTAR ISI iii

KATA PENGANTAR 1

DAFTAR TABEL 1

DAFTAR GAMBAR 1

SINOPSIS 1

A. Pendahuluan 2

B. Kualitas Air 4

C. Kelimpahan Plankton 6

E. Kesimpulan 14

DAFTAR PUSTAKA..... 16

UCAPAN TERIMA KASIH 25

CURRICULUM VITAE..... 27



KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Kasih atas berkat dan karunianya, sehingga saya dapat menyelesaikan naskah orasi ilmiah ini sebagai bentuk pertanggungjawaban sebagai Guru Besar. Penghargaan, serta terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada Rektor Universitas Mulawarman beserta jajarannya, ketua, sekertaris dan anggota Senat, atas perkenannya dalam penyampaian orasi ilmiah pada Sidang Senat Terbuka Universitas Mulawarman.

Sebagai Guru Besar di bidang Lingkungan Perairan, saya memiliki kewajiban untuk mengembangkan bidang keilmuan demi kesejahteraan manusia, memikul tanggung jawab kepemimpinan di bidang keilmuan Lingkungan Perairan, yang mampu memupuk dan mengembangkan keunggulan dalam pelaksanaan Tridharma Pendidikan Tinggi.

Saya ucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada suami tercinta Prof. Dr. Ir. Taufan Purwokusumaning Daru, MP, serta anak-anak terkasih Fransiskus Antoni Yudhistira Yogapratama, S.Hum., dan drg. Anastasia Stefani Anggadewi Dwiputri, SKG. yang selalu mendoakan, mendorong, dan memberi semangat hingga tercapainya gelar Guru Besar ini.

Semoga orasi ilmiah yang berjudul **“Kualitas Air dan Keanekaragaman Plankton di Perairan Mahakam Tengah Untuk Mendukung Akuakultur”** ini dapat memberikan wawasan dan inspirasi yang bermanfaat bagi para pembaca.

Samarinda, 24 September 2026
Prof. Dr. Ir. Henny Pagoray, M.Si.

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1 Kualitas air pada enam titik pengambilan sampel di perairan Mahakam Tengah, Kutai Kartanegara	12
2 Jenis fitoplankton yang terdapat di titik sampling	23
3 Jenis zooplankton yang terdapat di titik sampling	24
4 Indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominansi jenis fitoplankton dan zooplankton di titik-titik sampling	27



DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1 Warna air dan konsentrasi COD di enam titik sampling	15
2 Jumlah spesies plankton di setiap titik sampling	20
3 Banyaknya kelompok fitoplankton dan zooplankton pada titik sampling	21
4 Dinamika jumlah fitoplankton dan zooplankton (a) serta Bacillariophyceae dan Rotifera (b) pada setiap titik sampling	25
5 Keterkaitan DO di titik-titik pengamatan terhadap populasi plankton	25



SINOPSIS

Perairan Mahakam Tengah merupakan salah satu kawasan penting di Kalimantan Timur yang memiliki potensi besar untuk pengembangan akuakultur air tawar. Kualitas air dan keanekaragaman plankton menjadi dua faktor utama yang menentukan produktivitas dan keberlanjutan kegiatan budidaya perikanan di wilayah ini. Artikel ini bertujuan untuk menganalisis kondisi fisik-kimia perairan serta komposisi dan kelimpahan plankton sebagai indikator ekologis dalam menilai kelayakan lingkungan untuk kegiatan akuakultur.

Hasil kajian menunjukkan bahwa parameter kualitas air seperti suhu, pH, oksigen terlarut, dan kadar nutrisi (nitrat dan fosfat) berada dalam kisaran yang masih mendukung kehidupan biota akuatik. Keanekaragaman plankton, baik fitoplankton maupun zooplankton, tergolong sedang hingga tinggi, yang menandakan ekosistem perairan yang relatif seimbang dan produktif. Pada kelompok fitoplankton yang terbanyak berasal dari kelas Bacillariophyceae (49%), sedangkan pada zooplankton yang terbanyak berasal dari kelompok Rotifera (63%). Dengan demikian, sebagai pakan alami keberadaan plankton sangat menentukan dalam akuakultur di perairan Mahakam Tengah.

Artikel ini menegaskan bahwa pengelolaan kualitas air dan pemantauan keanekaragaman plankton secara berkala perlu dilakukan sebagai dasar pengembangan akuakultur berkelanjutan di kawasan Mahakam Tengah. Temuan ini diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah bagi pengambil kebijakan dan pelaku usaha perikanan dalam merancang strategi pengelolaan sumber daya perairan yang ramah lingkungan dan produktif.

A. Pendahuluan

Perairan air tawar di Provinsi Kalimantan Timur memiliki peran yang penting dalam pembangunan ekonomi berbasis sumberdaya ikan. Dari beberapa sungai yang ada di Kalimantan Timur, Sungai Mahakam merupakan sungai terbesar dan berasosiasi dengan daerah banjir (floodplains), seperti Danau Semayang, Danau Melintang, Danau Siran dan danau-danau lainnya (Suyatna et al., 2017a). Wilayah perairan tersebut sudah sejak lama dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk kegiatan budidaya perikanan melalui sistem keramba (Wahyudewantoro 2014) maupun perikanan tangkap (Suyatna et al. 2021), sehingga perairan Sungai Mahakam menjadi tulang punggung perekonomian masyarakat (Dwijatenaya 2017).

Sungai Mahakam sudah lama mengalami tekanan dari berbagai aktivitas yang berada di sekitar daerah aliran sungai, termasuk perairan daerah banjir (danau dan rawa) yang memiliki sumberdaya ikan potensial, terutama di Hulu Mahakam. Beberapa aktivitas yang memungkinkan untuk mencemari lingkungan perairan sungai diantaranya adalah perkebunan kelapa sawit, transportasi batubara, industri, penggunaan pupuk dan pestisida secara intensif di lahan pertanian sekitar aliran sungai, intrusi air asin, dan erosi tanah, serta aktivitas manusia lainnya (Matta 2010; Odulate et al. 2017; Suyatna et al. 2021; Djuwita et al. 2021). Dampak yang diberikan akibat aktivitas ini adalah tercemarnya perairan yang disebabkan oleh logam berat (Suyatna et al. 2017b) maupun oleh bakteri (Agustina et al. 2014). Kondisi ini merupakan bentuk resiko pembangunan ekonomi daerah, baik yang disebabkan secara langsung dari pola budidaya ikan karamba oleh masyarakat maupun tidak langsung yang disebabkan oleh perusahaan-perusahaan yang berada di sekitar

aliran sungai Mahakam yang memberikan dampak terhadap kualitas air.

Kualitas air berpengaruh terhadap budidaya ikan di sekitar sungai Mahakam, karena keberadaan pakan alami berupa plankton dipengaruhi oleh kualitas air. Hasil penelitian Suyatna et al. (2017c) menunjukkan bahwa pada kondisi lingkungan perairan yang buruk tercatat hanya enam spesies fitoplankton dan lima spesies zooplankton yang teridentifikasi dibandingkan perairan yang relatif bebas polusi. Plankton sangat tergantung kepada kualitas air (FAO 2006). Dix (1981) menyatakan bahwa bahan organik yang banyak mengandung unsur hara (*nutrient*) akan menimbulkan kenaikan populasi plankton, sedangkan limbah yang banyak mengandung logam berat, minyak dan detergen yang tinggi akan menyebabkan penurunan populasi plankton. Oleh karena itu, apabila lingkungan perairan tercemar maka seluruh kehidupan akuatik juga akan terganggu.

Fitoplankton merupakan tumbuhan air yang menjadi sumber pakan utama bagi zooplankton serta berbagai jenis ikan dan udang. Selain itu, fitoplankton juga sebagai penghasil oksigen terlarut yang penting bagi perairan (Inyang & Wang 2020). Keberadaan plankton di perairan dapat diukur berdasarkan kelimpahannya yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan fisik, kimia, dan biologi, terutama seperti kandungan oksigen terlarut, suhu, visibilitas, ketersediaan nutrisi, nitrogen, dan fosfor (Goldman & Horne 1983; Veronica et al. 2014). Oleh sebab itu, plankton seringkali digunakan sebagai indikator biologik dalam kualitas perairan, karena mereka memiliki siklus hidup yang pendek dan sangat respon terhadap perubahan lingkungan perairan (Febriansyah et al. 2023). Gambaran tentang kualitas perairan juga dapat diketahui melalui kelimpahan dan keragaman plankton (Gulecal & Temel 2014).

Kelimpahan dan keragaman plankton sangat dipengaruhi oleh kualitas fisikokimia dan biologi

perairan. Untuk mendukung sumberdaya ikan di perairan, perlu juga diketahui jenis-jenis plankton yang berbahaya dan beracun. Pada perairan yang sangat tercemar dimungkinkan berkembangnya beberapa jenis fitoplankton seperti dari kelas cyanophyceae (ganggang hijau-biru) dan beberapa genera lainnya, seperti *Anabaenopsis*, *Microcystis*, *Anabaena*, *Coelosphaerium*, *Oscillatoria*, *Nostoc*, *Hapalosiphon*, and *Lyngbya* yang tidak dimakan oleh ikan karena sangat beracun (Aida et al. 2021). Perairan yang tercemar oleh bahan organik memiliki hubungan yang positif terhadap kelimpahan fitoplankton. Semakin tinggi kandungan fosfat di perairan akan memberikan kelimpahan fitoplankton yang semakin tinggi (Darmawan et al. 2018). Berkenaan dengan hal tersebut, maka kajian-kajian yang mengarah kepada kualitas air diantaranya adalah warna, ammonia, nitrat, nitrit, pH, DO (dissolved oxygen), BOD (biochemical oxygen demand), konduktivitas, suhu, dan kekeruhan (Singh et al. 2017; Verma et al. 2022) serta beberapa logam berat seperti Hg, As, Se, Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Pb, dan Cd (Suyatna et al. 2017b) serta identifikasi jenis-jenis plankton, kelimpahan plankton, dan keanekaragamannya (Effendi et al. 2016) perlu mendapatkan perhatian khusus.

B. Kualitas Air

Kualitas air merupakan parameter yang sangat penting dalam suatu perairan, karena menggambarkan ukuran relatif suatu keadaan air yang diperlukan bagi pengembangan budidaya ikan maupun untuk kepentingan manusia. Kondisi ini dipengaruhi oleh aktivitas yang ada di sekitarnya selain kondisi cuaca. Parameter kualitas air umumnya terdiri dari parameter fisik, kimia dan biologi. Parameter-parameter ini mempengaruhi kehidupan organisme perairan (Supriyanto & Koestoer 2022; Omer 2024). Hasil pengukuran kualitas air pada titik sampling di

perairan Mahakam Tengah (Pagoray et al. 2024) disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil analisis laboratorium, baik kandungan fisika, kimia, maupun biologi menunjukkan bahwa hampir semua parameter di seluruh lokasi pengambilan sampel berada di bawah baku mutu menurut Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No. 2 Tahun 2011, kecuali pH, warna air dan COD.

TSS dan TDS merupakan parameter fisik yang biasa digunakan dalam mengukur kualitas air, yaitu sejumlah partikel padat yang terdiri dari alga, bahan-bahan organik, dan bahan-bahan anorganik (Khan et al. 2018). Dalam sampel yang sama, TDS dan TSS dipisahkan secara filtrasi, bagian yang tidak lolos melalui kertas saring disebut TSS dan yang lolos pada kertas saring disebut TDS (Adjovu et al. 2023). Total solid dapat mempengaruhi kejernihan air. Semakin tinggi padatan, maka penetrasi cahaya ke dalam air semakin rendah sehingga dapat mempengaruhi proses fotosintesa pada tumbuhan air. Selain itu dapat mempercepat pemanasan air dan menahan lebih banyak panas yang dapat berpengaruh terhadap kehidupan organisme akuatik (APHA 2017).

Dalam penelitian ini, konsentrasi TSS dan TDS di seluruh titik pengambilan sampel berada di bawah baku mutu yang ditetapkan, sehingga tidak mempengaruhi budidaya ikan di wilayah tersebut.

Tabel 1. Kualitas air pada enam titik pengambilan sampel di perairan Mahakam Tengah, Kutai Kartanegara.

No	Parameter	unit	Standar baku*)	Sampling point					
				1	2	3	4	5	6
Fisika									
1.	Temperatur	°C	Deviasi 3°C	30.0	28.0	30.0	28.0	27.0	33.0
2.	TDS	mg/L	1000	40	33	38	48	13	22
3.	TSS	mg/L	50	32	12	20	24	8	11
4.	Warna	mg/L (PtCo)	180	164.442	102.341	172.542	142.842	234.643	245.444
Kimia									
5.	pH	-	6-9	6.68	6.45	7.29	7.09	4.29	6.0
6.	PO ₄ -P	mg/L	0.2	0.036	0.039	0.036	0.039	0.033	0.026
7.	NO ₂ -N	mg/L	0.06	0.008	0.018	0.009	0.014	0.015	0.010
8.	NO ₃ -N	mg/L	10	0.085	0.053	0.097	0.121	0.117	0.149
9.	NH ₃ -N	mg/L	(-)	0.059	0.065	0.042	0.022	0.039	0.053
10.	BOD	mg/L	3	1.75	1.15	2.02	1.67	1.21	1.55
11.	COD	mg/L	25	27.830	23.562	26.496	21.961	43.300	63.039
12.	DO	mg/L	4	5.88	4.72	4.07	5.88	5.41	5.11
13.	Se	mg/L	0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
14.	Cd	mg/L	0.01	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
15.	Cu	mg/L	0.02	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
16.	Fe	mg/L	(-)	0.611	0.748	0.690	0.872	0.455	0.397
17.	Pb	mg/L	0.03	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
18.	Mn	mg/L	(-)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
19.	Hg	mg/L	0.002	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
20.	Zn	mg/L	0.05	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
21.	Phenol	mg/L	0.001	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.003	0.004
MIKROBIOLOGI									
22.	Coliform	MPN/100 mL	1000	54	43	36	39	70	90

Ket: 1 = S.Pela (Desa Sangkuliman), 2 = Pela Lama, 3 = D. Semayang Tengah, 4 = S. Mahakam, 5 = Ma. Enggelam; 6 = D. Melintang; *) = menurut Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No. 2 Tahun 2011

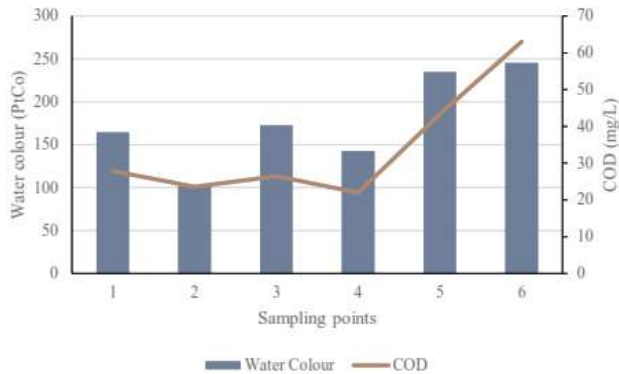
Keasaman atau pH adalah ukuran dari konsentrasi ion hidrogen yang menunjukkan suasana air tersebut apakah bereaksi asam atau basa. Skala pH mempunyai deret 0 – 14, dan bila pH 7 berarti netral dan air tidak bersifat asam atau basa. Bila nilai pH dibawah 7 berarti air tersebut asam dan apabila lebih dari 7 air tersebut basa (Swain et al. 2020). Toksisitas dari suatu senyawa kimia juga dipengaruhi oleh pH. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH. Bagi spesies air tawar, pH yang dikehendaki sekitar 6,5 – 9,0 (Philminaq 2020). Pada pH di bawah 6,0 atau di atas 9,0 bagi sebagian besar ikan air tawar akan mengalami penurunan bobot badan. Untuk ikan barramundi (*Lates calcarifer*) pH optimalnya adalah 7,24, apabila lebih rendah dari 6,24 performansnya akan menurun (Fitriana et al. 2023).

Pada penelitian ini terdapat dua lokasi sampling yang memiliki pH di bawah 6,5, yaitu di Muara Enggelam (pH 4,29) dan Danau Melintang (pH 6,0). Keasaman di perairan umumnya disebabkan oleh tingginya karbondioksida akibat fotosintesis, respirasi, dan dekomposisi bahan-bahan organik. Keberadaan fitoplankton juga berperan terhadap naik atau turunnya pH. Karbondioksida di perairan akan bereaksi dengan air menjadi asam karbonat, dimana asam karbonat akan melepaskan hydrogen yang berperan terhadap menurunnya pH (Philminaq 2020; Saalidong et al. 2022).

Warna air dan COD memiliki pola yang sama. Meningkatnya warna air diikuti oleh meningkatnya COD (Gambar 2). Warna perairan dapat disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik, adanya plankton, humus dan ion-ion logam seperti besi (Fe) dan mangan (Mn), serta bahan lainnya yang dapat menimbulkan warna pada perairan. Warna perairan dapat dikelompokkan menjadi warna sesungguhnya (*true colour*), yang disebabkan oleh bahan-bahan terlarut, dan warna tampak (*apparent colour*), warna yang tidak hanya disebabkan oleh bahan-bahan

terlarut tetapi juga oleh bahan yang tersuspensi (Effendi, 2000; Awalliyah 2019). Konsentrasi COD seringkali digunakan sebagai ukuran untuk menilai kualitas air yang disebabkan oleh polusi akibat adanya bahan organik di perairan (Cai et al. 2023), terutama COD dengan fraksi $> 0,7 \mu\text{m}$ (Zongqing et al. 2022). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi COD dari enam titik pengambilan sampel bervariasi mulai 21,961 – 63,09 mg/L. Di beberapa titik sampling, yaitu Sungai Pela (Desa Sangkuliman), Danau Semayang Tengah, Muara Enggelam, dan Danau Melintang memiliki konsentrasi COD yang melampaui baku mutu air (25 mg/L).

BOD adalah kebutuhan oksigen biologi yang menjadi gambaran terhadap kebutuhan mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air. Semakin rendah konsentrasi BOD di perairan mengindikasikan semakin baiknya kualitas perairan tersebut (Mocuba 2010). Bahan organik merupakan hasil pembusukan tumbuhan dan hewan atau hasil buangan dari limbah domestik dan industri (Effendi, 2000). Makin besar BOD dalam perairan, maka persediaan oksigen terlarut yang ada didalamnya makin kurang. Hasil pengukuran BOD pada titik sampling berada pada kisaran 1,15-2,02 mg/L, dimana konsentrasi BOD tertinggi berada di perairan Danau Semayang (2,02 mg/L). Wilayah-wilayah yang memiliki aktivitas masyarakat yang lebih tinggi dibandingkan wilayah lainnya cenderung memiliki konsentrasi BOD yang lebih tinggi. Aktivitas masyarakat disekitar sungai Pela (desa Sangkuliman), Danau Semayang Tengah, Muara Enggelam, dan Danau Melintang, merupakan titik-titik pengambilan sampel yang masyarakatnya aktif berkegiatan. Beberapa faktor yang turut berpengaruh yaitu tata guna lahan, berbagai limbah domestik, industri dan aktivitas pertanian (Mulawarman University 2021).



Ket: 1 = S.Pela (Desa Sangkuliman), 2 = Pela Lama, 3 = D. Semayang Tengah, 4 = S. Mahakam, 5 = Ma. Enggelam; 6 = D. Melintang

Gambar 1. Warna air dan konsentrasi COD di enam titik sampling.

Konsentrasi DO di perairan memberikan pengertian jumlah oksigen yang terlarut dalam air, sehingga dapat mendukung kehidupan organisme akuatik yang membutuhkan oksigen (Singh & Kumar 2014). Ikan, bakteri, fitoplankton, dan zooplankton membutuhkan oksigen untuk bertahan hidup dan berkembang biak. Oleh karena itu, oksigen merupakan komponen yang vital dalam akuakultur. Apabila konsentrasi DO air tawar di bawah 5–6 mg/L, maka organisme akuatik akan mengalami hipoksia, yaitu suatu kondisi kekurangan oksigen, yang dapat mengakibatkan stress, nafsu makan menurun, pertumbuhan lambat, rentan terhadap penyakit, dan berakhir dengan kematian (Ali et al. 2022). Konsentrasi DO dapat berubah seiring waktu, dan memungkinkan terbentuknya area yang stabil dimana konsentrasi DO berada di bawah rata-rata yang mengakibatkan kematian pada organisme akuatik (Ito et al. 2017; Richardson & Bendtsen 2017) termasuk plankton (Chowdhury et al. 2023). Konsentrasi DO pada penelitian ini berkisar antara 4,07 – 5,88 mg/L. Menurut Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur

No. 2 Tahun 2011, konsentrasi minimal untuk DO adalah 4 mg/L, sehingga di wilayah titik pengambilan sampel masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

Seluruh kandungan logam berat yang dianalisis, yaitu Se, Cd, Cu, Fe, Pb, Mn, Hg, dan Zn, berada di bawah baku mutu. Kondisi ini penting untuk mengetahui keamanan perairan di wilayah pengamatan agar dapat dimanfaatkan sebagai budidaya ikan maupun perikanan tangkap. Logam berat merupakan elemen penting yang diperlukan oleh hewan dan tumbuhan, namun bila jumlahnya berlebihan maka dapat bersifat toksik. Sumber utama logam berat berasal dari alam (batuan induk), aktivitas pertanian (pupuk, pestisida, dan kompos), industri (pertambangan, logam, tekstil, cat dsb), dan limbah domestik (Gahvane et al. 2021). Logam berat yang terlarut dalam air akan terikat dengan bahan organik bebas dan berdampak terhadap biota air (Shara et al. 2021). Pada perairan yang tercemar oleh logam berat, seperti Cd, Cr, Ni, Pb, Mn, dan Zn akan memberikan biokonsentrasi pada plankton yang sangat signifikan, dimana biokonsentrasi logam berat $Cd > Zn > Cr > Pb > Mn$ (Burada et al. 2014). Di dalam rantai makanan di lingkungan akuakultur, plankton memiliki peran yang besar. Mereka merupakan makanan utama dalam rantai makanan bagi ikan, sehingga apabila terjadi konsentrasi logam berat yang tinggi pada plankton, maka dapat berpengaruh terhadap kesehatan manusia yang memanfaatkan sumberdaya perairan tersebut (Ernawati 2014; Riani et al. 2014).

Nitrogen di perairan berupa nitrogen anorganik dan organik. Nitrogen organik terdiri dari ammonia (NH_3-N), ammonium (NH_4-N), nitrit (NO_2-N), nitrat (NO_3-N). Jika air terkontaminasi oleh limbah, terutama yang berasal dari sumber antropogenik seperti limbah rumah tangga, pupuk kandang, pupuk nitrogen, dan limbah industri, maka sebagian besar nitrogen berada dalam bentuk organik, yang selanjutnya diubah oleh mikroba untuk membentuk nitrit dan nitrat (Effendi

2000; Hu et al. 2021; Omer et al. 2023). Nitrit biasanya ditemukan dalam jumlah yang sangat sedikit di perairan alami. Hasil pengukuran nitrit pada lokasi sampling berada pada kisaran 0,008 – 0,015 mg/L (standar baku 0,06 mg/L), nitrat 0,085 – 0,149 mg/L (standar baku 10 mg/L), dan ammonia 0,02 – 0,065 mg/L. Nilai ini termasuk dalam kategori di bawah standar baku mutu, sehingga masih aman dan tidak bersifat toksik bagi organisme perairan.

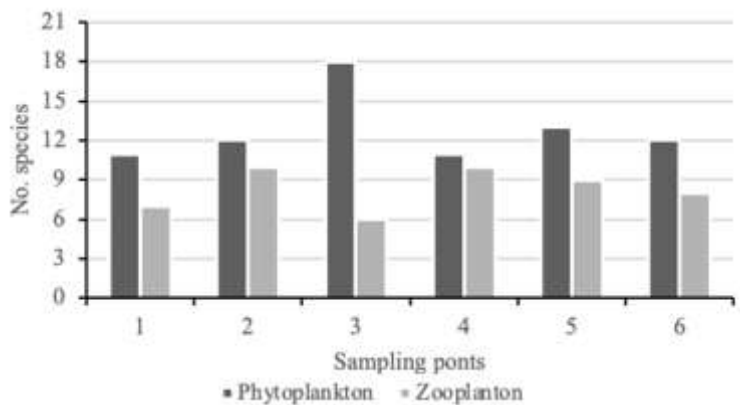
Kandungan fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) di perairan mengindikasikan tingkat pencemaran air di lingkungan tersebut. Tingginya konsentrasi fosfat dapat menyebabkan eutrofikasi dan kematian organisme perairan (Velusamy et al. 2021). Kandungan fosfat di seluruh titik pengambilan sample berada di bawah baku yang ditetapkan, yaitu 0,2 mg/L sehingga tidak mempengaruhi budidaya perikanan di wilayah tersebut.

Fenol dan senyawa-senyawa polifenolik lainnya adalah senyawa organik yang sering ditemui di wilayah perairan. Senyawa fenolik di perairan berasal dari limbah pembuatan kertas, pertanian, farmasi, industri petrokimia, pengolahan batubara atau sebagai sampah kota. Senyawa ini cenderung persisten di lingkungan perairan untuk jangka waktu yang lama serta memiliki efek toksik, sehingga menjadi perhatian dalam pemanfaatan perairan (Sun et al. 2014; Mainali 2020). Hasil pengukuran fenol pada lokasi sampling yaitu berkisara <0,003 – 0,04 mg/L. Hasil ini melebihi nilai baku mutu sebagaimana yang disyaratkan oleh Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No. 2 Tahun 2011 Kelas II sebesar 0,001 mg/L. Fenol bersifat toksik terhadap ikan dan plankton. Saha et al. (1999) melakukan percobaan pemberian fenol pada konsentrasi 1,26 mg/L pada ikan tilapia (*Oreochromis mossambicus*) hasilnya terjadi penurunan panjang ikan, berat badan, dan hasil per m^2 . Begitu juga terhadap jumlah fitoplankton, namun zooplankton mulai menurun pada konsentrasi fenol 2,39 mg/L.

Jumlah bakteri fecal colliform diperairan merupakan acuan terhadap pencemaran lingkungan perairan, yang menunjukkan adanya bakteri patogen, sehingga seringkali digunakan sebagai indikator kualitas air (Anisafitri et al. 2020; Puspitasari & Hadi 2022). Dalam penelitian ini jumlah bakteri fecal colliform di semua titik sampling berkisar 36 – 90 MPN/100 mL, sehingga berada dibawah baku mutu yang ditetapkan, yaitu 1000 MPN/100 mL. Apabila jumlah bakteri yang ditemukan pada perairan berada di bawah baku mutu, maka kualitas perairan tersebut masih baik.

C. Kelimpahan Plankton

Plankton yang teridentifikasi pada titik sampling yaitu 52 spesies yang tersebar di enam titik sampling. Dari 52 spesies plankton tersebut terbagi atas 29 spesies fitoplankton dan 23 spesies zooplankton. Jenis plankton pada setiap titik sampling berbeda (Tabel 2 dan Tabel 3). Pada Gambar 2 terlihat bahwa spesies fitoplankton terbanyak terdapat di Danau Semayang Tengah dan zooplankton terbanyak berada di Pela Lama dan Sungai Mahakam.

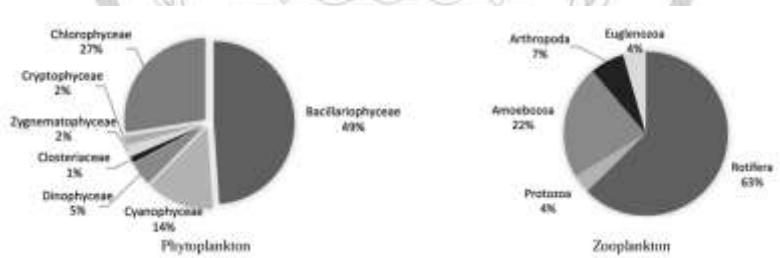


Ket: 1 = S.Pela (Desa Sangkuliman), 2 = Pela Lama, 3 = D. Semayang Tengah, 4 = S. Mahakam, 5 = Ma. Enggelam; 6 = D. Melintang

Gambar 2. Jumlah spesies plankton di setiap titik sampling.

Berdasarkan jumlah spesies, golongan fitoplankton cenderung memiliki jumlah spesies yang lebih banyak dibandingkan dengan zooplankton. Hal ini menunjukkan bahwa keragaman speises fitoplankton lebih tinggi daripada keragaman zooplankton. Karakteristik keragaman plankton tersebut mencerminkan adanya ratoi makan yang terjadi dan tersedianya siklus nutrien dalam menopang siklus rantai makanan didalam perairan. Fitoplankton sebagai produsen lebih banyak daripada zooplankton sebagai konsumen yang mengindikasikan ekosistem perairan relatif stabil (Oktavia et al. 2015).

Jenis fitoplankton yang teridentifikasi berasal dari kelompok Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Closteriaceae, Zygnematophyceae dan Chlorophyceae, sedangkan zooplankton yang teridentifikasi terdiri dari kelompok Rotifera, Protozoa, Amoebozoa, Arthropoda, dan Euglenozoa. Besarnya masing-masing kelompok dari fitoplankton dan zooplankton disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Banyaknya kelompok fitoplankton dan zooplankton pada titik sampling.

Pada fitoplankton kelompok yang memiliki jumlah terbanyak adalah dari kelas Bacillariophyceae (49%),

sedangkan pada zooplankton yang terbanyak berasal dari kelompok Rotifera (63%). Kelompok diatom Bacillariophyceae merupakan fitoplankton yang peka terhadap perubahan lingkungan, sehingga total biomasa pada komunitas fitoplankton seringkali digunakan sebagai indikator dalam kualifikasi habitat perairan (Gökçe 2016; Sukma & Takarina 2022). Tingginya rotifera di titik-titik pengamatan mengindikasikan baiknya kualitas perairan sebagai sumber pakan alami bagi larva ikan karena berperan penting bagi pertumbuhan awal dan perkembangan ikan (Wulur 2017). Oleh karena itu, rotifera sering dikulturkan sebagai sumber pakan pada penetasan ikan, terutama dalam teknologi biofloc (Hosain et al. 2024). Pada penelitian Ramlee et al. (2022) di Sungai Papan, Danau Kenyir (Malaysia) memiliki pola yang sama dengan penelitian ini dimana fitoplankton terbanyak berasal dari filum Bacillariophyta (50.16%) dan zooplankton terbanyak dari filum Rotifera (60%). Hal serupa disampaikan juga oleh Geng et al. (2022), bahwa perairan umumnya didominasi oleh kelompok Bacillariophyta dan Rotifera.

Jumlah individu plankton dari masing-masing titik sampling berkisar 2.772–5.985 ind/L. Fitoplankton sebagai produsen primer berperan sebagai parameter tingkat kesuburan suatu perairan. Kelimpahan fitoplankton dalam suatu perairan memberikan dampak yang positif bagi produktivitas perairan, dimana komposisi dan kelimpahan tertentu dari fitoplankton pada suatu perairan sangat berperan sebagai makanan alami pada trofik di atasnya, juga berperan sebagai penyedia oksigen dalam perairan. Dalam hal ini, fitoplankton menjadi sumber makanan utama oleh jenis zooplankton yang ada. Pada Gambar 4a menunjukkan bahwa dinamika jumlah individu zooplankton mengikuti pergerakan populasi fitoplankton, sedangkan pada Gambar 4b menunjukkan populasi Rotifera yang mengikuti pergerakan Bacillariophyceae. Semakin banyak dan

beragam fitoplankton menyebabkan biota meningkat dengan tingkatan trofik yang lebih tinggi, sehingga produktifitas perairan juga akan meningkat. Fitoplankton sebagai produsen lebih banyak dari zooplankton sebagai konsumen yang mengindikasikan ekosistem perairan relatif stabil (Oktavia et al. 2015).

Lebih tingginya populasi plankton di perairan Sungai Mahakam bagian tengah dan Sungai Pela dapat diduga berkaitan dengan kandungan DO yang relatif lebih tinggi dibandingkan lokasi titik sampling yang lainnya (Gambar 5). Meskipun Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No. 2 Tahun 2011, menetapkan bahwa konsentrasi minimal untuk DO di perairan adalah 4 mg/L, namun dengan menurunnya DO dari 5,88 mg/L hingga 4,07 mg/L (menurun 30,78%) memberikan pengaruh terhadap penurunan populasi plankton.

Tabel 2. Jenis fitoplankton yang terdapat di titik sampling.

No.	Jenis fitoplankton	Titik sampling					
		1	2	3	4	5	6
1. Bacillariophyceae							
	<i>Asterionella sp</i>	-	+	-	+	+	+
	<i>Climacosphenia moniligera</i>	+	+	+	-	-	+
	<i>Cyclotella comta</i>	-	-	+	-	-	-
	<i>Fragillaria sp</i>	-	-	-	+	-	-
	<i>Ghophonema sp</i>	-	-	-	+	-	-
	<i>Navicula sp</i>	+	+	-	-	-	-
	<i>Nitzschia sp</i>	+	-	+	-	-	-
	<i>Synedra ulna</i>	-	-	+	+	+	+
	<i>Synedra tabulate</i>	-	-	+	-	+	+
	<i>Tabellaria flocculos</i>	+	+	-	+	+	-
2. Cyanophyceae							
	<i>Gomphosphaeria aponina</i>	-	-	-	-	-	+
	<i>Microcystis sp</i>	-	-	-	-	+	+
	<i>Oscillatoria sp</i>	+	+	+	+	+	+
	<i>Spirulina sp</i>	-	+	-	-	-	-
3. Dinophyceae							
	<i>Amphidinium sp</i>	-	-	+	+	+	+
4. Closteriaceae							
	<i>Closterium acerosum</i>	-	+	-	-	-	-
	<i>Pachyladon umbrinus</i>	-	+	+	-	-	-
5. Zygnematophyceae							
	<i>Zygnema sp</i>	+	-	+	+	-	-
6. Cryptophyceae							

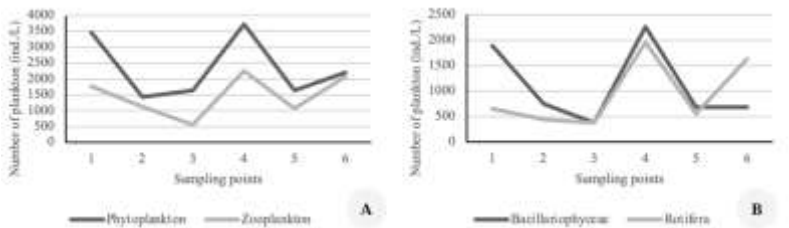
No.	Jenis fitoplankton	Titik sampling					
		1	2	3	4	5	6
	<i>Chilomonas sp</i>	-	+	+	-	-	-
7.	Chlorophyceae						
	<i>Chlamydomonas sp</i>	+	-	-	-	+	-
	<i>Desmidium sp</i>	-	-	+	+	+	-
	<i>Lagerheimia citrifomis</i>	+	-	-	+	+	+
	<i>Microspore sp</i>	-	-	+	+	+	-
	<i>Oedogonium sp</i>	+	+	+	-	-	+
	<i>Palmella sp</i>	-	-	-	-	-	+
	<i>Stigeoclonium sp</i>	+	+	+	-	-	-
	<i>Staurastrum sp</i>	-	-	+	-	-	-
	<i>Spirogira sp</i>	-	+	+	-	+	-
	<i>Ulothrix aequalis</i>	+	-	+	-	+	-

Ket: 1 = S.Pela (Desa Sangkuliman), 2 = Pela Lama, 3 = D. Semayang Tengah, 4 = S. Mahakam, 5 = Ma. Enggelam; 6 = D. Melintang ; + = ada; - = tidak ada

Tabel 3. Jenis zooplankton yang terdapat di titik sampling.

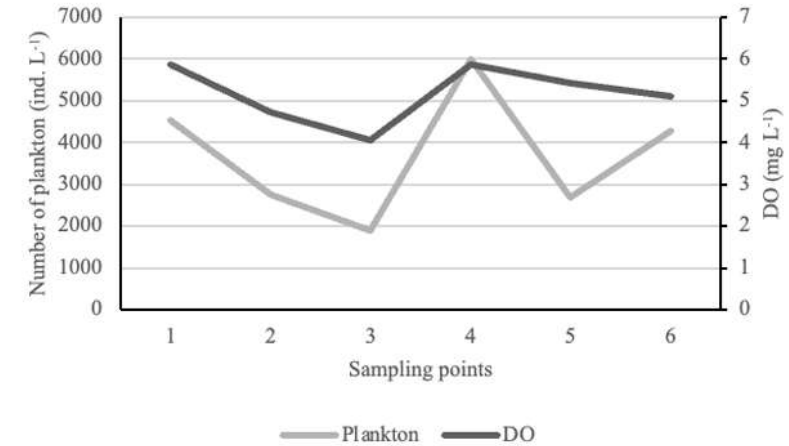
No.	Jenis zooplankton	Titik sampling					
		1	2	3	4	5	6
1.	Rotifera						
	<i>Anuraeopsis sp</i>	-	-	-	-	+	-
	<i>Colurella adriatica</i>	-	-	-	+	-	-
	<i>Euchlanis sp</i>	-	-	-	+	-	-
	<i>Lecane haliclysta</i>	-	-	-	+	-	-
	<i>Lepocinclis solina</i>	-	-	+	-	-	-
	<i>Monostylla sp</i>	-	-	-	-	+	-
	<i>Philodina sp</i>	+	+	+	+	+	+
	<i>Ploesoma sp</i>	-	-	-	-	+	-
	<i>Polyarthra sp</i>	+	+	-	+	+	-
	<i>Proales sp</i>	-	-	+	+	-	-
	<i>Trichocerca rottus</i>	-	-	+	+	+	+
	<i>Trichocerca longiseta</i>	-	-	-	+	-	+
	<i>Trypila sp</i>	+	+	-	-	-	+
2.	Protozoa						
	<i>Diffugia bacillifera</i>	+	-	-	-	-	-
	<i>Diffugia globulosa</i>	-	+	-	-	-	-
	<i>Paranema sp</i>	-	+	-	-	-	-
3.	Amoebozoa						
	<i>Arcella dentate</i>	+	+	+	+	0	+
	<i>Arcella vulgaris</i>	+	+	+	+	+	+
4.	Arthropoda						
	<i>Alona affinis</i>	-	+	-	-	-	-
	<i>Alona costata</i>	+	-	-	-	+	-
	<i>Cyclopoid nauplius</i>	-	-	-	-	-	+
	<i>Diaptomus sp</i>	-	+	-	-	-	+

5. Euglenozoa							
<i>Trachelomonas armata</i> - + - - + -							
Ket: 1 = S.Pela (Desa Sangkuliman), 2 = Pela Lama, 3 = D. Semayang Tengah, 4 = S. Mahakam, 5 = Ma. Enggelam; 6 = D. Melintang							
; + = ada; - = tidak ada							



Ket: 1 = S.Pela (Desa Sangkuliman), 2 = Pela Lama, 3 = D. Semayang Tengah, 4 = S. Mahakam, 5 = Ma. Enggelam; 6 = D. Melintang

Gambar 4. Dinamika jumlah fitoplankton dan zooplankton (a) serta Bacillariophyceae dan Rotifera (b) pada setiap titik sampling.



Ket: 1 = S.Pela (Desa Sangkuliman), 2 = Pela Lama, 3 = D. Semayang Tengah, 4 = S. Mahakam, 5 = Ma. Enggelam; 6 = D. Melintang

Gambar 5. Keterkaitan DO di titik-titik pengamatan terhadap populasi plankton.

Oksigen di perairan berasal dari dua sumber, yaitu dari atmosfer dan dari tumbuhan air, termasuk

fitoplankton. Fitoplankton disamping kemampuannya menghasilkan oksigen, komunitas planktonic juga membutuhkan oksigen (Takarina et al. 2017). Apabila DO perairan menurun, maka populasi planktonic juga akan menurun (Weinstock et al. 2022) dan bila penurunannya hingga di bawah 2 mg/L maka akan mengalami hipoksia (Keister et al. 2020; Karpowicz et al. 2020). Selain populasi plankton yang menurun, distribusi kelimpahan ikan juga menurun akibat menurunnya DO (Suyatna et al. 2021).

D. Keanekaragaman, Keseragaman, dan Dominansi

Hasil perhitungan indeks keanekaragaman (H'), indeks keseragaman (E), dan dominansi (D) plankton pada lokasi sampling disajikan pada Tabel 4. Indeks keanekaragaman fitoplankton bervariasi mulai dari $H' = 0,8011$ (Pela River) sampai $H' = 1,1891$ (Danau Semayang Tengah), sedangkan indeks keanekaragaman zooplankton bervariasi mulai dari $H' = 0,2631$ (Danau Melintang) sampai $H' = 0,9457$ (Pela Lama). Keanekaragaman yang rendah menggambarkan adanya tekanan di perairan baik secara fisika maupun kimia. Pada penelitian ini terlihat bahwa komunitas dalam posisi yang tidak stabil hingga moderat. Hasil penelitian Hossain et al. (2017) menunjukkan bahwa H' untuk plankton berkisar 0,5387 – 0,6874 dan zooplankton 0,4506 – 0,6931. Kondisi ini menunjukkan adanya distribusi permukaan air dalam keadaan intermiten dimana jenis zooplankton tertentu memperoleh keuntungan dari lingkungan yang berubah.

Keanekaragaman plankton sering digunakan sebagai indikator kualitas suatu perairan, karena plankton memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan lingkungan perairan. Keanekaragaman plankton dipengaruhi oleh berbagai faktor kimia dan fisika. Oksigen terlarut (DO) dan nutrisi berperan

penting terhadap keanekaragaman plankton yang secara tidak langsung mempengaruhi temperatur (Aravinth et al. 2023; Rombouts et al. 2019). Eutrofikasi yang disebabkan oleh berlimpahnya nutrisi dapat menyebabkan meningkatnya populasi fitoplankton secara berlebihan sehingga dapat mempengaruhi predasi zooplankton baik secara kuantitas maupun kualitas (Znachor et al. 2020). Oleh sebab itu, kondisi ini berperan penting dalam stabilitas keragaman plankton di perairan Mahakam Tengah.

Tabel 4. Indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominansi jenis fitoplankton dan zooplankton di titik-titik sampling.

Jenis plankton	Titik sampling					
	1	2	3	4	5	6
Fitoplankton						
Indeks keanekaragaman (H')	0,80	0,99	1,18	0,93	1,02	0,96
Indeks keseragaman (E)	11	05	91	56	70	30
Indeks dominansi jenis (D)	0,33	0,39	0,41	0,39	0,40	0,38
	41	86	14	02	04	75
	0,23	0,12	0,07	0,13	0,11	0,14
	50	29	69	99	54	78
Zooplankton						
Indeks keanekaragaman (H')	0,69	0,94	0,75	0,82	0,86	0,26
Indeks keseragaman (E)	92	57	36	58	98	31
Indeks dominansi jenis (D)	0,35	0,41	0,42	0,35	0,39	0,12
	93	07	06	86	59	65
	0,27	0,12	0,18	0,21	0,16	0,36
	34	47	52	91	26	27

Ket: 1 = S.Pela (Desa Sangkuliman), 2 = Pela Lama, 3 = D. Semayang Tengah, 4 = S. Mahakam, 5 = Ma. Enggelam; 6 = D. Melintang

Indeks keseragaman (E) memiliki nilai 0 – 1. Apabila nilainya rendah mengindikasikan populasi plankton lebih beragam, tidak terdistribusi secara merata dan sebaliknya apabila nilainya tinggi mengindikasikan populasi plankton lebih seragam, terdistribusi secara merata. Hasil pengamatan di enam titik sampling menunjukkan bahwa nilai indeks

keseragaman (E) fitoplankton berkisar antara 0,3341 (S. Pela) dan 0,4114 (Danau Semayang Tengah). Berdasarkan nilai indeks keseragaman fitoplankton di perairan Mahakam Tengah mengindikasikan bahwa populasi fitoplankton lebih beragam. Hal yang sama juga terjadi pada zooplankton dimana indeks keseragaman terendah adalah 0,1265 (Danau Melintang) dan tertinggi 0,4206 (Danau Semayang Tengah). Pada kondisi yang demikian dapat terjadi akibat adanya polusi dan eutrofikasi, karena indeks keseragaman dapat juga digunakan sebagai tingkat polusi badan air (Islam et al. 2022). Nilai indeks keseragaman berada pada 0 – 0,3 mengindikasikan polusi berat, 0,3 – 0,5 masuk dalam wilayah mesosaprobik, dan bila $> 0,5$ mengindikasikan polusi ringan hingga tidak ada polusi (Ren et al. 2011).

Indeks dominansi (D) plankton mengindikasikan bahwa di wilayah perairan terdapat jenis plankton yang mendominasi. Jika nilai indeks dominansi mendekati satu, maka ada organisme tertentu yang mendominasi suatu perairan. Jika nilai indeks dominansi mendekati nol maka tidak ada organisme yang dominan. Berdasarkan Tabel 5, menunjukkan bahwa indeks dominansi fitoplankton berkisar antara 0,0769 (Danau Semayang Tengah) sampai 0,2350 (Sungai Pela-Desa Sangkuliman). Begitu juga indeks dominansi zooplankton berkisar 0,1247 (Pela Lama) sampai 0,3627 (Danau Melintang). Pada nilai indeks dominansi 0 – 0,5 mengindikasikan bahwa di dalam komunitas plankton berada pada dominansi yang rendah (Ludwig & Reynolds 1988). Hal ini sejalan dengan indeks keseragaman (E) yang rendah, yang menggambarkan tidak adanya suatu spesies yang dominan.

E. Kesimpulan

Ekosistem perairan Mahakam Tengah merupakan urat nadi bagi perkembangan ekonomi masyarakat sekitar.

Berbagai aktivitas manusia di sekitar perairan Mahakam Tengah, tertuju kepada sumberdaya ikan, transportasi, industri, serta berbagai pendukung usaha pertanian. Aktivitas ini memberikan pengaruh terhadap perkembangan budidaya perikanan, karena mempengaruhi kualitas perairan bagi organisme akuatik, khususnya plankton. Plankton merupakan komponen utama dan paling sensitif terhadap perubahan lingkungan perairan. Fitoplankton berperan sebagai produsen yang berfungsi sebagai makanan bagi zooplankton maupun hewan herbivora sekaligus sebagai indikator biologis dalam menilai kualitas lingkungan perairan. Keberadaan plankton dipengaruhi oleh berbagai faktor fisika dan kimia di perairan, sehingga keberadaannya sangat tergantung dari kualitas air dan juga dapat mempengaruhi kualitas perairan. Studi tentang penilaian kelimpahan, keanekaragaman, keragaman, dan dominansi plankton di ekosistem air tawar sangat penting dalam menentukan status kualitas air yang mendukung produktivitas ikan. Zooplankton mengkonsumsi fitoplankton yang selanjutnya mentransfer energinya ke organisme pada trofik yang lebih tinggi seperti ikan. Melimpahnya populasi zooplankton di wilayah perairan sangat bergantung pada kepadatan fitoplankton yang mengkoordinasikan rantai makanan antara ikan dan plankton. Berbagai aspek yang berkaitan dengan plankton perlu menjadi perhatian karena dapat memperkirakan potensi produktivitas ikan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adjovu GE, Stephen H, James D, Ahmad S. 2023. Measurement of total dissolved solids and total suspended solids in water systems: a review of the issues, conventional, and remote sensing techniques. *Remote Sens.* 15: 3534. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs15143534>
- Agustina, Pebrianto CA, Ma'ruf M, Susanto A, Jannah M. 2014. Bacterial infections of *Aeromonas hydrophila* and *Pseudomonas* sp. in fish cultivated in keramba cages in Danau Melintang and the Mahakam River, Kutai Kartanegara Regency, East Kalimantan. *Proceedings of the XI Annual Seminar on Fisheries and Marine Research Results*. Gadjah Mada University, Yogyakarta 30 Agustus 2014. [Indonesian].
- Aida SN, Ridho MR, Saleh E, Utomo AD. 2022. Distribution of phytoplankton based on the water quality of Bengawan Solo River, Central Java. *AACL Bioflux* 15 (2): 641-651.
- Ali B, Anuska, Mishra A. 2022. Effects of dissolved oxygen concentration on freshwater fish: A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 10(4): 113-127. DOI: <https://doi.org/10.22271/fish.2022.v10.i4b.2693>
- Anisafitri J, Khairuddin, Rasmi DAC. 2020. Analysis of coliform bacteria as a water pollution indicator in Unus River Lombok. *J. Pijar MIPA* 15 (3): 266-272. DOI: 10.29303/jpm.v15i3.1622 [Indonesian].
- Aravinth A, Kannan R, Chinnadurai G, Manickam N, Raju P, Perumal P, Santhanam P. 2023. Temporal changes in plankton diversity in relation to hydrographical characteristics at Perumal Lake, Cuddalore District, Tamil Nadu, India. *The Journal of Basic and Applied Zoology* 84:13. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41936-023-00337-7>
- Awaliyah T, Ghitarina, Suryana I. 2019. Pangempang Gulf Pollution Index of Muara Badak, Kutai Kartanegara District. *Jurnal Aquarine* 6 (1): 42-49.
- APHA. 2017. *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater* 23rd Edition. America Public

- Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 2023. DOI: <https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.002>
- Burada A, Topa CM, Georgescu LP, Teodorof L, Năstase C, Seceleanu-Odor D, Negrea BM, Iticescu C. 2014. Heavy metals accumulation in plankton and water of four aquatic complexes from Danube Delta area. *AACL Bioflux* 7 (4): 301-310.
- Cai X, Wang H, Jie Xu J, Zhu Y, Wu L, Cheng X. 2023. A hybrid remote sensing approach for estimating chemical oxygen demand concentration in optically complex waters: A case study in inland lake waters in eastern China. *Sci Total Environ* 856 (Pt 1):158869. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.158869.
- Chowdhurya PR, Banerjeea M, Petrovsk S. 2023. A two-timescale model of plankton-oxygen dynamics predicts formation of Oxygen Minimum Zones and global anoxia. *Dynamical Systems (math.DS)*, [arXiv:2309.15447](https://arxiv.org/abs/2309.15447) [math.DS] DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.15447>
- Darmawan A., Sulardiono B., Haeruddin, 2018 The analysis of fertilizer supply based on phytoplankton, nitrate and phosphate in the river Bengawan Solo City of Surakarta. *Journal Of Maquares* 7(1):1-8. DOI: <https://doi.org/10.14710/marj.v7i1.22519> [Indonesian]
- Dhargalkar VK, Ingole BS. 2004. *Phytoplankton Identification Manual*. National Institute of Oceanography, Goa.
- Dix HM. 1981. *Environmental Pollution Atmosphere, Land, Water and Noise*. John Willey & Sons, Chichester.
- Djuwita MR, Hartono DM, Mursidik SS, Soesilo TEB. 2021. Pollution load allocation on water pollution control in the Citarum River. *J. Eng. Technol. Sci.* 53 (1) : 182-196. DOI: 10.5614/j.eng.technol.sci.2021.53.1.12
- Dwijatenaya IBMA. 2017. The Carp Farming of Keramba System: Benefit Analysis, Production Factors, and Return to Scale. *Ziraa'ah* 42 (3): 215-223. DOI: [10.31602/zmip.v42i3.893](https://doi.org/10.31602/zmip.v42i3.893) [Indonesian]
- Effendi H. 2000. *Water Quality Studies for Management of Aquatic Resources and Environment*. Department of Aquatic Resources Management, Faculty of Fisheries

- and Marine Sciences. Institut Pertanian Bogor (IPB). Bogor. [Indonesian]
- Effendi H, Kawaroe M, Lestari DF, Mursalin, Permadia T. 2016. Distribution of phytoplankton diversity and abundance in Mahakam Delta, East Kalimantan. *Procedia Environmental Sciences* 33: 496 – 504. DOI: 10.1016/j.proenv.2016.03.102
- Ernawati Y. 2014 The analysis of the concentration of heavy metals cadmium, mercury and lead in the flesh of suckermouth catfish (*Pterygoplichthys pardalis*) in Ciliwung River, Indonesia. *AACL Bioflux* 7(1):33-42.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2006. Water Monitoring: Mapping Existing Global Systems and Initiatives Background Document. United Nation Water Report, Stockholm.
- Febriansyah SC, Hakim L, Saptoyo, Retnaningdyah C. 2023. Phytoplankton diversity as a bioindicator of water quality mangrove ecosystems in Clungup mangrove conservation, Kondang Merak and Sempu Island, Malang Regency. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology* 8 (1): 1-15. DOI: 10.22146/jtbb.73002
- Gavhane SK, Sapkale JB, Susware NK, Sapkale SJ. 2021. Impact of heavy metals in riverine and estuarine environment: a review. *Research Journal of Chemistry and Environment* 25 (5): 226-233.
- Geng Y, Li M, Yu Ra, Sun H, Zhang L, Sun L, Lv C, Xu J. 2022. Response of planktonic diversity and stability to environmental drivers in a shallow eutrophic lake. *Ecological Indicators* 144 :109560. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109560>
- Gökçe D. 2016. Algae as an Indicator of Water Quality. In : Thajuddin N, Dhanasekaran D. *Algae - Organisms for Imminent Biotechnology*. Intech Open Book Series. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/62916>
- Goldman CR, Horne AJ. 1983. *Limnology*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Gulecal Y, Temel M. 2014. Water quality and phytoplankton diversity in Büyükçekmece Watershed, Turkey. *Journal of Water Resource and Protection* 6: 55-61. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2014.61009>
- Holmberg TJ. 2024. Biodiversity. Libre Text Biology. <https://bio.libretexts.org/@go/page/118169>

- Hosain ME, Amin SMN, Kamarudin MS, Arshad A, Karim M, Naser MN, Fotedar R. 2024. Effects of Different Carbon Sources on the Growth and Production of Rotifer (*Brachionus plicatilis*) in a Zero-Water Exchange Biofloc Culture System. *Aquaculture Research* 2024 (3) : 1-10
- Hossain MRA, Pramanik MMH, Hasan MM. 2017. Diversity indices of plankton communities in the River Meghna of Bangladesh. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 5(3): 330-334.
- Hu Y, Zhang K, Li Y, Sun Y, Li H, Yang G. 2021. Human activities increase the nitrogen in surface water on the Eastern Loess Plateau. *Geofluids* 2021: 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/9957731>
- Islam MS, Azadi MA, Nasiruddin M, Sarker MM. 2022. Plankton species composition, abundance and diversity indices in three ponds of Chittagong University Campus, Bangladesh. *Journal of Biological Pharmaceutical And Chemical Research* 9(2): 1-14
- Ito T, Minobe S, Long MC, Deutsch C. 2017. Upper ocean O₂ trends: 1958–2015. *Geophys. Res. Lett.* 44: 4214–4223. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/2017GL073613>
- Karpowicz M, Ejsmont-Karabin J, Kozłowska J, Feniova, Działowski AR. 2020. Zooplankton community responses to oxygen stress. *Water* 12 (3): 706. DOI: doi:10.3390/w12030706
- Keister JE, Winans AK, Herrmann B. 2020. Zooplankton community response to seasonal hypoxia: a test of three hypotheses. *Diversity* 12 (1):1-16. DOI: <https://doi.org/10.3390/d12010021>
- Khan I, Khan A, Khan MS, Zafar S, Hameed A, Badshah S, Rehman SU, Ullah H, Yasmeen G. 2018. Impact of city effluents on water quality of Indus River: assessment of temporal and spatial variations in the Southern Region of Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Environ. Monit. Assess.* 190: 267. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6621-7>
- Krebs CJ. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publisher. New York.
- Ludwig JA, Reynolds JF. 1988. *Statistical Ecology : A Primer on Methods and Computing*. John Wiley & Sons. New York.

- Matta G. 2010. Fresh water : resources and pollution. *Environment conservation journal* 11 (3): 161 – 169. DOI: 10.36953/ECJ.2010.110330
- Jeremias Joaquim Mocuba. 2010. Dissolved Oxygen and Biochemical Oxygen Demand in the waters close to the Quelimane sewage discharge. [Thesis]. School of Marine and Coastal Sciences, Eduardo Mondlane University – Quelimane.
- Mainali K. 2020. Phenolic compounds contaminants in water: a glance. *Current Trends Civil & Structuran Engineering* 4(4): 1-3. DOI: 10.33552/CTCSE.2020.04.000593.
- MRC (Mekong River Comission). 2015. Identification Handbook of Freshwater Zooplankton of the Mekong River and its Tributaries. Mekong River Commission Environment Programme. Phnom Penh.
- Mulawarman University. 2021. Profile of Three Lakes Semayang, Melintang, and Jempang Kutai Kartanegara District East Kalimantan Province. Strategic Service Unit Center For Development Studies And Space Arrangement. [Final Report]. Mulawarman University. Samarinda [Indonesian]
- Odulate DO, Omoniyi IT, Alegbeleye WO, George FA, Dimowo BO. 2017. Water Quality in Relation to Plankton Abundance and Diversity in River Ogun, Abeokuta, Southwestern Nigeria. *International Journal of Environmental Health Engineering* 6 (3): 1-8. DOI: 10.4103/ijehe.ijehe_31_13
- Oktavia N, Purnomo T, Lisdiana L. 2015. Plankton Diversity and the Water Quality of Kali Surabaya. *Jurnal Lentera Bio* 4 (1):103-107. [Indonesian]
- Omer NH. 2024. Water Quality Parameters. In: Summers K (Ed.). *Water Quality – Science, Assessments and Policy*. Intech Open Book Series. DOI: 10.5772/intechopen.89657
- Pagoray H, Ghitarina G. 2020. The use of aquatic plants as organic absorbent in coal mining void used for aquaculture. *AACL Bioflux* 13 (2): 857-864.
- Pagoray H, Ghitarina G. 2024. The growth of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in floating cages treated with aquatic plants in a post coal mining void. *AACL Bioflux* 17 (4): 1453-1459.

- Pagoray H, Suyatna I, Sukarti K, Kesuma AD, Butarbutar T, Raafi M, Suyatna MBB, Daru TP. 2025. Water quality and plankton diversity to support aquaculture in the middle Mahakam Watershed, East Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas* 26 (1): 233-245. DOI: 10.13057/biodiv/d260124
- Parra JEG, Baldissierotto B. 2007. Effect of Water pH and Hardness on Survival and Growth of Freshwater Teleosts. In: Baldissierotto B (Ed.). *Fish osmoregulation*. CRC Press. Boca Raton, Florida. DOI:[10.1201/b10994-6](https://doi.org/10.1201/b10994-6)
- Peperzak L., Zetsche EM., Gollasch, S., Artigas LF., Bonato, S., Creach V., De Vré P., Dubelaar GB., Henneghien J., Hess-Erga OK., Langelaar R., Larsen A., Maurer, BN., Reavie ED., Rijkboer M., Tobiesen A. 2020. Comparing flow cytometry and microscopy in the quantification of vital aquatic organisms in ballast water. *J. Mar. Eng. Technol.* 19 (2) : 68-77. DOI: <https://doi.org/10.1080/20464177.2018.1525806>
- Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No. 2 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/32978/perda-prov-kalimantan-timur-no-2-tahun-2011>
- Puspitasari NNA, Hadi MP. 2022. Effects of land use on the number of coliform bacteria in Boyong River, Sleman. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 1089: 012075. DOI:10.1088/1755-1315/1089/1/012075
- Ren L, Zhang Z, Zeng X, Ma Y, Zeng Y, Zhou C. 2011. Community structure of zooplankton and water quality assessment of Jialing River in Nan Chong. *Procedia Environmental Sciences* 10 : 1321 – 1326. DOI: 10.1016/j.proenv.2011.09.211
- Riani E, Sudarso Y, Cordova MR. 2014. Heavy metals effect on unviable larvae of *Dicortendipes simpsoni* (Diptera: Chironomidae), a case study from Saguling Dam, Indonesia. *AACL Bioflux* 7(2):76-84.
- Richardson K, Bendtsen J. 2017. Photosynthetic oxygen production in a warmer ocean: The Sargasso Sea as a case study. *Phil. Trans. R. Soc. A* 375: 20160329. DOI: <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2016.0329>

- Rombouts I, Simon N, Aubert A, Cariou T, Feunteun E, Guérin L, Hoebeke M, McQuatters-Gollop A, Rigaut-Jalabert F, Artigas L. 2019. Changes in marine phytoplankton diversity: Assessment under the Marine Strategy Framework Directive. *Ecol. Indic.* 102: 265–277. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.02.009>.
- Saalidong BM, Aram SA, Otu S, Lartey PO. 2022. Examining the dynamics of the relationship between water pH and other water quality parameters in water system. *PLoS ONE* 17(1): 1-17. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262117>
- Saha NC, Bhunia F, Kaviraj A. 1999. Toxicity of Phenol to Fish and Aquatic Ecosystems. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 63 (2): 195-202. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s001289900966>
- Sano M, Makabe R, Kurosawa N, Moteki M, Odate T. 2020. Effects of lugol's iodine on long-term preservation of marine plankton samples for molecular and stable carbon and nitrogen isotope analyses. *Limnol. Oceanogr.: Methods* 18: 635–643. DOI: 10.1002/lom3.10390
- Shara S, Moersidik SS, Soesilo TEB. 2021. Potential health risks of heavy metals pollution in the Downstream of Citarum River. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 623. DOI:10.1088/1755-1315/623/1/012061
- Singh SK, Kumar L. 2014. Characterization of rural drinking water sources in Bhiwani District, Haryana: a case study. *International Journal of Interdisciplinary Research and Innovations* 2 (4): 27-37.
- Singh S, James A, Bharose R. 2017. Biological assessment of water pollution using periphyton productivity: A Review. *Nature Environment and Pollution Technology* 16 (2): 559-567. <https://www.researchgate.net/publication/322695942>
- Sukma AM, Takarina ND. 2022. Relationship of diatom phytoplankton (Bacillariophyceae) diversity with water quality and heavy metal in Angke and Grogol Rivers, Jakarta City. *IOP Conf. Series: Earth and*

- Environmental Science 1083 (2022) 012071.
DOI:10.1088/1755-1315/1083/1/012071
- Sun R, Wang Y, Ni Y, Kokot S. 2014. Spectrophotometric analysis of phenols, which involves a hemin-graphene hybrid nanoparticles with peroxidase-like activity. Journal of Hazardous Material 266: 60-67. Doi: 10.1016/j.jhazmat.2013.12.006.
- Supriyanto, Koestoer RH. 2022. Selected measurement parameters of water quality: comparative insight of India and Indonesia. Journal of Geography Science and Education 4 (1): 32-44. [DOI :10.32585/jgse.v2i2.xxx](https://doi.org/10.32585/jgse.v2i2.xxx)
- Suyatna I, Syahrir M, Mislan, Wijaya YI, Abdunnur. 2017a. A Survey on Marine Fish Species in River of Mahakam East Kalimantan, Indonesia. Omni-Akuatika, 13 (2):89-98. DOI: <http://dx.doi.org/10.20884/1.oa.2017.13.2.332>
- Suyatna I, Sulistyawati, Adnan, Syahrir M, Ghitarina, Abdunnur, Saleh S. 2017b. Heavy metal levels in water and fish samples from coastal waters of Mahakam Delta, Kutai Kartanegara District, East Kalimantan, Indonesia. AACL Bioflux 10 (5): 1319-1329.
- Suyatna I, Mislan, Rahman A, Winata A, Wijaya YI. 2017c. A biophysical observation of Mahakam River around Tanjung Una of Kutai Kartanegara, Indonesia. Biodiversitas 18 (2): 623-632. [DOI: 10.13057/biodiv/d180225](https://doi.org/10.13057/biodiv/d180225)
- Suyatna I, Sukarti K, Pagoray H, Kesuma AD, Butarbutar T, Raafi M, Suyatna MBB. 2021. Fish fauna of peatland waters in the middle Mahakam, Kutai Kartanegara, East Kalimantan, Indonesia. E3S Web of Conferences 322, ISFFS 2021. DOI : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132201018>
- Swain S, Sawant PB, Chadha NK, Chhandaprajnadarsini EM, Katore M. 2020. Significance of water pH and hardness on fish biological processes: A review. International Journal of Chemical Studies 8(4): 830-837. DOI: <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i4e.9710>
- Takarina ND, Wardhana W, Soedjiarti T. 2017. Impact of oxygen depletion on planktonic community with emphasis temperature dynamics at aquaculture scale in Blanakan, West Java. AIP Conf. Proc. 1848, 020004-1-020004-6. DOI: 10.1063/1.4983932

- Thoha H, Fitriya N. 2010. The Diversity of Plankton in Sangihe – Sangir Talaud Islands, Sulawesi, Indonesia. *Biosfera* 27(3) : 112-119
- Velusamy K, Periyasamy S, Kumar PS, Vo DN, Sindhu J, Sneka D, Subhashini B. 2021. Advanced Techniques to removes phosphates and nitrates from waters: a review. *Environmental Chemistry Letters* 19:3165-3180. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01239-2>
- Verma DK, Satyaveer, Maurya NK, Parvind Kumar P, Jayaswa R. 2022. Important water quality parameters in aquaculture: an overview. *Agriculture and Environment* 3 (3): 24-29.
- Veronica E, Leksono AS, Soemarno, Arfiati D. 2014. Effect of water quality on phytoplankton abundance in Hampalam river and fish pond of Batanjung Village. *IOSR Journal Of Environmental Science, Toxicology And Food Technology* 8 (1): 15-21. DOI:[10.9790/2402-08111521](https://doi.org/10.9790/2402-08111521)
- Weinstock JB, Vargas L, Collin R. 2022. Zooplankton abundance reflects oxygen concentration and dissolved organic matter in a seasonally hypoxic estuary. *J. Mar. Sci. Eng.* 10 (3): 427. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse10030427>
- Wulur S. 2017. Rotifers In a Maricultural Perspective. Institute For Research and Community Services, Sam Ratulangi University. Manado [Indonesian]
- Znachor P, Nedoma J, Hejzlar J, Seďa J, Komárková J, Kolář V, Mrkvička T, Boukal DS. 2020. Changing environmental conditions underpin long-term patterns of phytoplankton in a freshwater reservoir. *Sci. Total Environ.*, 710 : 135626, DOI: [10.1016/j.scitotenv.2019.135626](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135626)
- Zongqing L, Xiao X, Wang Y, Zhang Y, Jiao N. 2022. Improved water quality monitoring indicators may increase carbon storage in the oceans. *Environmental Research* 206 (112608). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112608>.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya atas keterlibatan dalam doa dan dukungannya dalam capaian Guru Besar ini kepada:

- Ayahanda alm. Juli Benyamin Pagoray dan Ibunda Helena Pirade yang selalu ada buat saya.
- Suami tercinta, Prof. Dr. Ir. Taufan Purwokusumaning Daru, MP dan anak-anak terkasih, Fransiskus Antoni Yudhistira Yogapratama, S.Hum., dan drg. Anastasia Stefani Anggadewi Dwiputri, SKG., yang secara terus menerus memberi semangat dan inspirasi.
- Prof. Dr. Ir. H. Abdunnur, M.Si., IPU., ASEAN. Eng. selaku Rektor Universitas Mulawarman.
- Prof. Dr. M. Amir (Ketua Senat Periode 2024-2026) dan Prof. Havaluddin, Ph.D., Sebagai Ketua Senat Universitas Mulawarman (2026-2028).
- Para Guru Besar yang telah berkenan memberikan rekomendasi.
- Dr. M. Mustakim, S.Pi., M.Si. selaku Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Mulawarman.
- Dr. Adi Susanto, selaku Ketua Jurusan Budidaya Perairan FPIK Universitas Mulawarman.
- Prof. Ir. Ndan Nimang, MP. PhD. Sebagai Direktur Pascasarjana.
- Prof. Dr. Hamdi Mayulu, M.Si., Ketua LPMMP Universitas Mulawarman.
- Prof. Widi Sunaryo, Ph.D., Ketua LP2M Universitas Mulawarman.
- Pak Agus Soepriyadi, SE., M.Si., dan Pak Sutikno, SE., M.Si., Pak Fandi SE., Pak Hari S.Pi., Kepegawaian, BUK Universitas Mulawarman.

Rekan-rekan Dosen dan Tendik di lingkungan Pascasarjana Unmul dan Jurusan Budidaya Perairan

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Mulawarman yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.



CURRICULUM VITAE

Nama : Henny Pagoray
NIP : 196512051990022001
NIDN : 0005126505
Tempat, Tanggal Lahir : Jeneponto, 5 Desember 1965
Email : pagoray.henny@gmail.com
No HP : 081311105294
Fakultas : Perikanan dan Ilmu Kelautan
Pangkat, Gol. : Guru Besar/ IV D
Alamat Rumah : Jl. Perum Sempaja Lestari Indah Blok C-13 Samarinda Kalimantan Timur
MK Diampu : Ekologi Perairan (S1)
Lingkungan Akuakultur (S1)
Fisik Kimia Tanah dan Air (S1)
Aplikasi Kolam Pascatambang untuk budidaya (S1)
Ekosistem Perairan (S2) FPIK
Ekologi dan Lingkungan (S2 Lingkungan)
Analisis Dampak Lingkungan (Amdal) S2 FPIK
Toksikologi Lingkungan (S3 Lingkungan)
Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (S3)
Analisis Dampak Lingkungan (S2 Lingkungan)
Projeck Riset Lingkungan (S3 Lingkungan)

RIWAYAT PENDIDIKAN

Program	S-1	S-2	S-3
Nama PT	Universitas Hasanuddin	Universitas Gadjah Mada	Institut Pertanian Bogor

Program	S-1	S-2	S-3
Bidang Ilmu	Perikanan	Ilmu Lingkungan	Ilmu Lingkungan
Tahun Lulus	1988	1998	2009
Judul Skripsi /Tesis / Disertasi	Pengaruh Dosis dan Frekuensi Pemberian Pakan Terhadap Pertumbuhan Ikan Mas	Pengaruh Pencemaran Lingkungan Terhadap Keanekaragaman Plankton, Gastropoda dan Bivalvia di tepi Kali Donan Cilacap	<i>Bioaugmentasi dan Biostimulasi Limbah Hidrokarbon dan Analisis Keberlanjutan</i>

RIWAYAT PENELITIAN

No.	Tahun	Judul Penelitian	Sumber Pendanaan
1.	2025	Survey Kekayaan Spesies Ikan Dan Kesehatan Ikan Serta Status Mutu Air hubungan dengan Ekologi Sungai Muara Pahu, Peninggahan dan Jantur	FPIK Unmul dan PT Fajar Sakti Bayan
2.	2023	Survey Kekayaan Spesies Ikan Dan Kesehatan Ikan Serta Status Mutu Air Sungai Kedang Kepala	FPIK Unmul dan PT Bara Tabang Bayan
3.	2022	Survei Identifikasi Kekayaan Spesies Ikan Dan Lingkungan	FPIK Unmu- PT REA KALTIM PLANTATIONS
4	2021	Inventory of Aquatic Biodiversity and Ecology of Hydrological Peatland unit in the Middle Mahakam, East Kalimantan	FPIK Unmul- GIZ
5.	2020	Analisis Kualitas dan Kuantitas Plankton Pada Kolam Pasca Tambang Barubara Yang Digunakan Untuk Budidaya	FPIK Unmul
6.	2019	Pemanfaatan tanaman untuk menyerap bahan organik dan anorganik pada kolam pasca tambang batubara untuk budidaya ikan (Tahap II)	Ristekdikti
7.	2018	Pemanfaatan tanaman untuk menyerap bahan organik dan anorganik pada kolam pasca tambang batubara untuk budidaya ikan (Tahap I)	Ristekdikti
8.	2017	Tim Peneliti Amdal Jalan Kec. Tabang Kabupaten Kutai Kartanegara	Dinas PU Kukar
9.	2016	Ketua Tim Peneliti Fitoremediasi Lahan Pasca Tambang Batubara yang di manfaatkan untuk budidaya Perairan (Tahap I)	Menristekdi kti
10.	2016	Tim Peneliti Amdal Jalan Sebulu Kabupaten Kutai Kartanegara	Dinas PU Kukar
11.	2016	Tim Peneliti Pengembangan dan Pemanfaatan Danau Jempang Kutai Barat (Tahap II) dalam proses penelitian	Menristekdikti
12.	2015	Tim Peneliti Pengembangan dan Pemanfaatan Danau Jempang Kutai Barat (Tahap I)	Dikti
13.	2015	Tim Peneliti kajian tambak di delta Mahakam	DKP Kukar

No.	Tahun	Judul Penelitian	Sumber Pendanaan
		(3 Kecamatan)	
14.	2014	Ketua Tim Penelitian Kajian Fluktuasi Kualitas Air Kolam Pasca Tambang yang Digunakan Untuk Usaha Budidaya Ikan dalam Karamba Sehubungan dengan kematian Massal Ikan (Tahap II)	DIKTI
15.	2014	Tim Peneliti kajian tambak di delta Mahakam (2 Kecamatan)	DKP Kukar
16.	2013	Ketua Tim Penelitian Kajian Fluktuasi Kualitas Air Kolam Pasca Tambang yang Digunakan Untuk Usaha Budidaya Ikan dalam Karamba Sehubungan dengan kematian Massal Ikan (Tahap I)	DIKTI
17.	2013	Tim Peneliti Produktivitas Tambak SPU Total	Total
18.	2012	Tim Peneliti Zonasi Pesisir Kutim	DKP Kutim
19.	2012	Tim Peneliti Produktivitas Tambak NPU Total	Total
20.	2012	Tim Peneliti Kajian Kualitas Air dan Logam berat pada Biota perairan di Kutai Kartanegara	BLHD Kukar
21.	2012	Pemanfaatan Lahan Bekas Penambangan untuk Usaha Budidaya Ikan yang Berkelanjutan	APBN
22.	2012	Tim Penyusun AMDAL Kegiatan dan Pembangunan Pelabuhan Muara Badak Kab. Kutai Kartanegara Kalimantan Timur	Dinas PU Kukar
23.	2012	Tim Penyusun AMDAL Kegiatan dan Pembangunan Pelabuhan Samboja Kalimantan Timur	Dinas PU Kota Samarinda
24.	2012	Tim Survey Pemetaan Potensi Wilayah Pesisir serta Pulau-Pulau Kecil di Sangatta Kutim	DKP Kutim

RIWAYAT PENGABDIAN MASYARAKAT

No.	Tahun	Judul	Lokasi
1.	2025	Tim Pelaksana Kegiatan Masyarakat : Edukasi Pengelolaan Lingkungan Perairan Dan Penyakit Ikan Untuk Berkelanjutan Budidaya Di Keramba Jaring Apung Bem Kota Bontang Tanggal 9 Agustus 2025 Di Keramba Jaring Apung Bem Kota Bontang Oleh Program Studi Akuakultur Jurusan Budidaya Perairan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Mulawarman	Kota Bontang
2.	2026	Tenaga Ahli Penyusunan Rancangan Peraturan Daerah (RAPERDA) Tentang Kota Layak Anak di Kabupaten Paser Tahun 2026 Pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Mulawarman	Kab. Paser
3.	2026	Peningkatan Kapasitas Produksi Kelompok Budidaya Ikan Di Desa Loleng, Kecamatan Kota Bangun, Kabupaten Kutai Kartanegara Melalui Workshop Pembenhian Ikan Air Tawar Dan Pelatihan Formulasi Pakan Mandiri	Kab. Kukar
4.	2026	Sebagai Narasumber pada Kegiatan Sosialisasi Program Pascasarjana di PT Kaltim Prima Coal pada tanggal 27 Mei 2026	Kab. Kutim
5.	2026	Sebagai NARASUMBER pada Kegiatan Sosialisasi Program Pascasarjana di PT LNG Bontang pada tanggal 28 Mei 2026	Kota Bontang
6.	2024	Air Sungai Mahakam Untuk Kesesuaian Budidaya Ikan Dalam Karamba" Program Studi Akuakultur Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Mulawarman Di Desa Pela Kecamatan Kota Bangun Kabupaten Kutai Kartanegara	Kab. Kukar

PENGALAMAN PENULISAN ARTIKEL ILMIAH
DALAM JURNAL

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor	Nama Jurnal
1	2026	Community participation components clustering and association with demographic characteristics in garbage management: a case study in Penajam Paser Utara Regency, Indonesia	Vol. 40. No.3. 2026	International J. Environment and Waste Management
2	2026	Water Quality Dynamics of The Karang Mumus River and Its Suistability for Tiger Prawn (<i>Penaeus monodon</i>) Farming	Volume 29(X): XX-XX, 2026.	Pakistan Journal of Biological Sciences
3	2026	Pemodelan Spasial-Temporal Cbod Dan Do Sungai Lawa Menggunakan Water Quality Analysis Simulation Program (Wasp)	Vol. 10 No. 01, 2026 E – ISSN 2987-0119	Jurnal Tekhnologi Lingkungan, Universitas Mulawarman
4.	2025	Water quality and plankton diversity to support aquaculture in the middle Mahakam Watershed, East Kalimantan, Indonesia	Biodiversitas ISSN: 1412-033X Volume 26, Number 1, January 2025	Biodiversitas
5	2025	Distribution and Contamination Level of Heavy Metal Iron (Fe) in Benanga Reservoir Sediment, Samarinda City, East Kalimantan	Journal of Water Resource and Protection, 2025, 17(4), 291-305	Scientific Research Publishing Inc.
6.	2024	The growth of tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) in floating cages treated with aquatic plants in a post coal mining void	AACL Bioflux, 2024, Volume 17, Issue 4. http://www.bioflux.com.ro/aac	AACL Bioflux
7.	2024	Supplementation of Sweet Potato Flour (<i>Ipomoea batatas</i>) on Growth Performance and Feed Utilization of Sangkuriang Catfish (<i>Clarias gariepinus</i>)	Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia, ISSN 2303 – 2960 12 (1), 29-39 (2024)	Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia
8	2024	Analysis of the impact of water treatment by liming sedimentation and dredging on the content of heavy metals in fish intended for consumption	Journal of sustainable r issue 1, 2024;XX:87-97	Journal of Sustainable Mining
9.	2023	Diversity, nutrient contents and production of forage plants in an integrated cattle livestock-oil palm plantation in East Kalimantan, Indonesia	Biodiversitas ISSN: 1412-033X Volume 24, Number 4, April 2023 E-ISSN: 2085-4722 Pages: 1980-1988	Buodiversitas
10.	2022	Pemanfaatan Kubis sebagai Bahan Pakan Buatan untuk Pertumbuhan Benih Ikan Lele Mutiara (<i>Clarias gariepinus</i>)	Volume 27 No. 2, Juni 2022: 192-200 192 e-issn : 2721-8902 p-issn: 0853-7607	Jurnal Perikanan Dan Kelautan
11	2022	Management of Poverty Feminization Program of Women Head of Household in East Kalimantan Province	Nonformal P-ISSN 2407-8018 E-ISSN 2721-7310 DOI prefix 10.37905 Volume 08 (2) May 2022	Aksara: Jurnal Ilmu Pendidikan
12.	2022	Fish fauna of peatland waters in the middle Mahakam, Kutai Kartanegara, East Kalimantan, Indonesia	E3S Web of Conferences 322, 01018 (2021) https://doi.org/10.1	

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor	Nama Jurnal
			051/e3sconf/202132 201018 ISFFS 2021	
13.	2022	Environmentalism vs Subsistence Aquaculture in Utilization of Former Open-Pit Coal Mines as Reservoirs for Aquaculture in Indonesia	March 2022 • World Aquaculture	www.was.org
14.	2022	Bungkil Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Alternatif Pakan Buatan Untuk Pertumbuhan Ikan Lele Sangkuriang (<i>Clarias gariepinus</i>)	Volume 6 No. 2, (2022), :26-33 E-issn: 2581-0294	FMR (Journal of Fisheries and Marine Research)
15.	2021	Limbah Cair Industri Tahu dan Dampaknya Terhadap Kualitas Air dan Biota Perairan	Volume 9(1): 53-65, ISS ISSN 2354-7251 (print)	Jurnal Pertanian Terpadu
16.	2020	The use of Aquatic Plants as Organic Absorbent in Coal Mining Void Used For Aquaculture	AACL Bioflux Vol. 13, Issue 2 http://www.bioflux.com.ro/aacl	AACL Bioflux
17.	2020	Phytoplankton dan Zooplankton Sebagai Pakan Alami di Kolam Pasca Tambang Batubara Loa Bahu Samarinda	Volume 8(2): 201-210 IS (online) ISSN 2354-7251	Jurnal Pertanian Terpadu
18.	2019	Analisis Kesuburan Tambak di Bontang Kuala Kalimantan Timur	Vol.7(1): 70-78 ISSN 2549-7383 (online) ISSN 2354-7251 (print)	Jurnal Pertanian Terpadu, JPT
19.	2018	Biodiversities and Abundance of Plankton and Benthos in Lake Jempang, West Kutai	Vol. 6 No. 1 (2018), Journal of Wetlands Environmental Management	Journal of Wetlands Environmental Management
20.	2018	Analisis Plankton dan Bentos Tambak Bontang Kuala Kota Bontang	ISSN 2354-7251 (Print), ISSN 2549-7383 (online) Vol. 6(1): 30-38, 2018	Jurnal Pertanian Terpadu JPT
21.	2017	Pemanfaatan Tanaman Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>) untuk Meningkatkan Kualitas Air Kolam Pasca Tambang Batubara yang Digunakan untuk Budidaya Ikan	ISSN 2354-7251 (Print), ISSN 2549-7383 (online) Jilid V, Nomor 1, Juni 2017,	Jurnal Pertanian Terpadu JPT
22.	2016	Karakteristik Air Kolam Pasca Tambang Batubara yang Dimanfaatkan Untuk Budidaya Perairan	ISSN cetak : 1412 – 1468; ISSN Elektronil : 2355 – 3545; Vol. 41 Nomor 2 Juni 2016	Jurnal Ziara Uniska
23.	2015	Kualitas Plankton Pada KolamPasca tambang yang dimanfaatkan untuk budidaya ikan	ISSN : 1412 –1468, Vol 2015	Jurnal Zira'ah Uniska
24.	2015	Kajian Logam berat dalam Air dan Biota yang dibudidaya di kolam pasca tambang Batubara	ISBN: 978 –602 -72574 5 (jilid 2)	Prosiding Sekolah Tinggi Ilmu Perikanan Jakarta
25.	2014	Kajian Fluktuasi Kualitas Air Kolam Pasca Tambang yang Digunakan Untuk Usaha Budidaya Ikan dalam Karamba Sehubungan dengan kematian Massal Ikan	ISBN 978-602-17572-7-7 (jil 3)	Prosiding Sekolah Tinggi Ilmu Perikanan Jakarta
26.	2013	Pemanfaatan Lahan Bekas Penambangan untuk Usaha Budidaya Ikan yang Berkelanjutan	ISSN 0215- 2525, Volume XXIX Nomor 2, 2014	Jurnal Dinamika Pertanian
27.	2010	Analisis Keberlanjutan Bioremediasi Limbah	Jurnal Vol.4 No.1 Tahun 2010 ISSN:	Balai Penelitian dan

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor	Nama Jurnal
		Hidrokarbon	197-838x	Pengembang an Daerah

PENGALAMAN MENULIS BUKU

No.	Tahun	Judul Buku	Penerbit	HKI
1.	2025	Ikan Mahakam Lingkungan Tropika Lembab (Mahakam Fish in the Tropical Rainforest Environtment)	Damera Press	EC002025107653
2.	2021	Kajian Pembangunan Manusia Berbasis Gender 2019: Perempuan Kepala Rumah Tangga Miskin Yang Mempunyai Usaha Ekonomi Di Bontang, Samarinda, Dan Kutai Timur	Deepublish	EC00202121268
3.	2019	Budidaya Ikan di Kolam Pasca Tambang	Deepublish	EC00201981628
4.	2018	Kegiatan industri dan dampak kualitasair, kean	Bimotry	EC00201808577
5.	2018	Bioremediasi Limbah Hidrokarbon	Bimotry	EC00201808574

