

## Interaksi Polutan Budidaya Keramba Ikan Di Sungai Kapuas Sebagai Kajian Dasar Regulasi Lingkungan Daerah

<sup>1</sup>Julianti Marbun, <sup>2</sup>Weni Sentia Marsalena, <sup>1</sup>Andrima, <sup>1\*</sup>Ismanto

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Universitas Panca Bhakti, Jl. Komodor Yos Sudarso No.1 Pontianak, Indonesia

<sup>2</sup>Fakultas Hukum, Universitas Panca Bhakti, , Jl. Komodor Yos Sudarso No.1 Pontianak , Indonesia

\*Corresponding Author e-mail: [julianti.marbun@upb.ac.id](mailto:julianti.marbun@upb.ac.id)

Received: June 2025; Revised: July 2025; Published: Agustus 2025

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengkaji interaksi polutan dari aktivitas budidaya keramba ikan di Sungai Kapuas dan memberikan rekomendasi dasar untuk regulasi lingkungan daerah. Metode yang digunakan berupa pendekatan kuantitatif melalui pengambilan sampel air pada berbagai kedalaman (0–150 cm) di lokasi budidaya, diikuti analisis laboratorium terhadap 17 parameter kualitas air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter oksigen terlarut (DO) dan kekeruhan (turbiditas) melebihi ambang batas mutu air untuk budidaya ikan, yang berkontribusi terhadap penurunan kualitas air dan berdampak negatif pada produktivitas ikan. Analisis regresi menunjukkan bahwa parameter seperti BOD<sub>5</sub>, amoniak, dan minyak & lemak memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas air. Kedalaman optimal untuk budidaya ikan ditemukan pada kisaran 50–150 cm. Berdasarkan temuan tersebut, penelitian ini merekomendasikan pembentukan regulasi lingkungan berupa Peraturan Daerah (PERDA) tentang zonasi budidaya, pengelolaan limbah, perlindungan mutu air, serta perlindungan masyarakat pembudidaya. Penelitian ini menjadi kajian dasar penting bagi pemerintah daerah dalam menyusun kebijakan pengelolaan kualitas lingkungan secara berkelanjutan di kawasan Sungai Kapuas.

**Kata kunci:** Interaksi Polutan, Keramba Ikan, Kualitas Air, Regulasi Lingkungan, Sungai Kapuas.

## Pollutant Interactions from Fish Cage Aquaculture in the Kapuas River as a Foundational Study for Environmental Regulation

### Abstract

This study aims to examine the interaction of pollutants resulting from fish cage farming activities in the Kapuas River and to provide basic recommendations for regional environmental regulations. The method used is a quantitative approach through water sampling at various depths (0–150 cm) at aquaculture sites, followed by laboratory analysis of 17 water quality parameters. The research findings indicate that dissolved oxygen (DO) and turbidity levels exceed the water quality standards for fish farming, contributing to water quality degradation and negatively affecting fish productivity. Regression analysis shows that parameters such as BOD<sub>5</sub>, ammonia, and oil & grease have a significant impact on water quality. The optimal depth for fish farming was found to be in the range of 50–150 cm. Based on these findings, the study recommends the establishment of environmental regulations in the form of a Regional Regulation (PERDA) concerning aquaculture zoning, waste management, water quality protection, and the protection of fish-farming communities. This research serves as an important foundational study for local governments in formulating sustainable environmental quality management policies in the Kapuas River area.

**Keywords:** Pollutant Interactions, Fish Cages, Water Quality, Environmental Regulation, Kapuas River

**How to Cite:** Marbun, J., Marsalena, W. S., Andrima, & ismanto. (2025). Interaksi Polutan Dari Budidaya Keramba Ikan Di Sungai Kapuas Sebagai Kajian Dasar Pada Regulasi Lingkungan . *Journal of Authentic Research*, 4(Special Issue), 958–976. <https://doi.org/10.36312/jar.v4iSpecial Issue.3458>



<https://doi.org/10.36312/jar.v4iSpecial Issue.3458>

Copyright© 2025, Marbun et al.

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) License.



## PENDAHULUAN

Sungai Kapuas merupakan sungai terpanjang di Indonesia sekaligus urat nadi kehidupan masyarakat Kalimantan Barat. Sungai ini tidak hanya berfungsi sebagai jalur transportasi dan distribusi barang, tetapi juga menjadi sumber utama air bersih, tempat penangkapan ikan, serta lokasi kegiatan budidaya perikanan keramba. Pemanfaatan sungai yang multifungsi menjadikan Kapuas sebagai salah satu ekosistem perairan yang memiliki nilai sosial, ekonomi, dan ekologis yang sangat vital. Masyarakat di bantaran sungai menggantungkan hidup pada hasil tangkapan ikan maupun usaha budidaya keramba jaring apung, yang telah menjadi salah satu mata pencaharian utama untuk mendukung kebutuhan ekonomi rumah tangga.

(Abbass et al., 2022; Ashraf et al., 2020; Ives et al., 2018) menyatakan perkembangan aktivitas masyarakat dan industri di sepanjang aliran sungai juga membawa konsekuensi serius terhadap kelestarian lingkungan. Peningkatan populasi penduduk, pesatnya urbanisasi, serta intensifikasi kegiatan budidaya ikan dalam keramba jaring apung berimplikasi pada meningkatnya tekanan lingkungan. Aktivitas ini menambah beban pencemar pada badan air, terutama melalui sisa pakan ikan, metabolit, limbah domestik, dan limbah industri. Akumulasi polutan di dalam sungai dapat mengganggu keseimbangan ekologis, menurunkan kualitas air, dan pada akhirnya berdampak langsung terhadap produktivitas serta keberlanjutan ekonomi masyarakat pembudidaya (Abbass et al., 2022; Crawford et al., 2015).

Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa Sungai Kapuas mengalami degradasi kualitas air dengan status tercemar ringan hingga sedang (Junardi & Riyandi, 2023). Parameter pencemar yang paling dominan antara lain adalah tingginya kandungan bahan organik, peningkatan nilai Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), amoniak, serta turbiditas yang melebihi standar baku mutu kelas III menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. Kondisi ini diperburuk dengan rendahnya kadar oksigen terlarut (Dissolved Oxygen/DO) yang sangat penting bagi metabolisme ikan. DO yang rendah mengindikasikan menurunnya kemampuan ekosistem sungai dalam melakukan self-purification, sehingga kualitas air semakin sulit dipulihkan.

(El-Zeiny & El-Kafrawy, 2017; Liu et al., 2021) melaporkan pencemaran air membawa dampak ganda. Dari sisi ekologis, terjadi penurunan keanekaragaman hayati, terganggunya rantai makanan akuatik, dan meningkatnya risiko penyakit ikan. Dari sisi sosial-ekonomi, pembudidaya keramba ikan menghadapi penurunan produktivitas, meningkatnya angka mortalitas ikan, serta turunnya kesejahteraan masyarakat yang menggantungkan hidup pada usaha perikanan. Dengan demikian, permasalahan pencemaran Sungai Kapuas bukan sekadar isu lingkungan, tetapi juga isu pembangunan berkelanjutan yang menyangkut kesejahteraan masyarakat luas.

Meskipun telah terdapat regulasi umum tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, baik pada level nasional maupun daerah, implementasi di lapangan masih menghadapi berbagai kendala. Peraturan Daerah (PERDA) Kalimantan Barat Nomor 7 Tahun 2019 misalnya, memang mengatur tentang pengelolaan lingkungan hidup, tetapi belum secara rinci mengatur aspek teknis budidaya keramba, standar kedalaman optimal, maupun baku mutu lokal yang sesuai dengan kondisi ekologis Sungai Kapuas. Akibatnya, masih terdapat celah kebijakan yang membuat masyarakat melakukan budidaya tanpa panduan teknis yang jelas. Hal ini menyebabkan tingginya variasi praktik budidaya yang tidak ramah lingkungan dan mempercepat penurunan kualitas air.

Selain itu, lemahnya pengawasan dan rendahnya kesadaran masyarakat mengenai pentingnya pengelolaan limbah budidaya turut memperparah kondisi. Tidak jarang sisa pakan ikan dan kotoran langsung dibuang ke sungai tanpa adanya upaya pengolahan terlebih dahulu. Fenomena ini menegaskan perlunya regulasi yang lebih operasional, berbasis data ilmiah, serta disesuaikan dengan karakteristik lokal Sungai Kapuas. Dengan adanya regulasi spesifik,

diharapkan pemerintah daerah dapat lebih efektif mengatur zonasi budidaya, mengendalikan limbah, serta melindungi masyarakat pembudidaya dari kerugian akibat degradasi lingkungan.

Beberapa penelitian terdahulu di Sungai Kapuas umumnya berfokus pada penilaian status mutu air, identifikasi pencemar, serta dampaknya terhadap biota perairan (Tarigas et al., 2023; Prahardana & Basyaiban, 2022). Namun, kajian yang mengaitkan hasil analisis kualitas air secara kuantitatif dengan rekomendasi regulasi lingkungan berbasis kebijakan daerah masih sangat terbatas. Di sinilah letak kebaruan penelitian ini. Penelitian tidak hanya menilai kualitas air berdasarkan parameter fisika, kimia, dan biologi, tetapi juga mengkaji kedalaman optimal budidaya ikan yang dapat meminimalkan akumulasi polutan. Lebih jauh, hasil penelitian ini diarahkan untuk menghasilkan rekomendasi regulasi lingkungan dalam bentuk usulan Peraturan Daerah (PERDA) yang kontekstual dan aplikatif.

Dengan demikian, penelitian ini menempati posisi strategis sebagai kajian dasar bagi pemerintah daerah dalam merumuskan kebijakan pengelolaan kualitas lingkungan di Sungai Kapuas. Temuan penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya tujuan ke-14 tentang ekosistem perairan dan tujuan ke-8 tentang pertumbuhan ekonomi inklusif. Penelitian ini juga relevan dengan *Nawacita* pembangunan nasional, khususnya dalam aspek kemandirian pangan dan pelestarian lingkungan hidup.

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan mendesak untuk menjaga keseimbangan antara aspek ekonomi dan ekologis di Sungai Kapuas. Tanpa adanya intervensi kebijakan yang tepat, maka kualitas air akan terus menurun, produktivitas budidaya ikan semakin merosot, dan kesejahteraan masyarakat akan terancam. Penelitian ini memberikan dasar ilmiah bagi pemerintah daerah untuk merumuskan regulasi yang berbasis bukti (*evidence-based policy*). Regulasi tersebut nantinya dapat berupa penetapan zonasi budidaya, standar kedalaman optimal, pengendalian limbah keramba, serta perlindungan terhadap masyarakat pembudidaya. Selain itu, penelitian ini berkontribusi dalam memperkuat kapasitas pemerintah daerah dalam menerapkan prinsip-prinsip pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan, sesuai dengan mandat Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Dengan demikian, penelitian ini bukan hanya relevan dalam ranah akademik, tetapi juga memiliki implikasi praktis bagi pengelolaan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat di Kalimantan Barat.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode kuantitatif melalui analisis laboratorium, dan pemodelan lingkungan dalam memahami dinamika polutan pada budidaya keramba ikan di Sungai Kapuas. Tahapan awal berupa survey lapangan, penelusuran literatur, penentuan judul, serta pembentukan team sesuai dengan keahlian guna mendukung tujuan penelitian. Gambar 1. menjelaskan diagram alir penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Adapun tahapan dalam penelitian yaitu terdiri dari:

- Tahapan 1 :Survey lokasi penelitian yang dilakukan di Sungai Kapuas yang terdiri dari 4 titik lokasi pengambilan sampel budidaya keramba ikan yang berlokasi di Kecamatan Sungai Raya dan Kecamatan Pontianak Selatan
- Tahapan 2 :Waktu pengambilan sampel dilakukan pada bulan juli tahun 2025, pengambilan sampel diambil sebanyak 12 jumlah sampel berdasarkan 3 titik kedalaman sungai.
- Tahapan 3 :Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium, dengan jumlah parameter yang diuji sebanyak 17 parameter per sampel air.
- Tahapan 4 :Hasil sampel yang telah diuji dianalisis menggunakan pengujian regresi linier sederhana untuk mengetahui hubungan parameter kualitas air sungai dengan tingkat kedalaman air dalam menjelaskan dinamika polutan penurunan kualitas air yang terjadi di lokasi budidaya keramba ikan.
- Tahapan 5 : Pemberian rekomendasi regulasi lingkungan daerah yang sesuai dengan kebutuhan serta peraturan daerah dalam mendukung pengelolaan sungai secara berkelanjutan.

## **Subjek Penelitian**

Subjek penelitian yaitu sampel air Sungai Kapuas yang diambil di lokasi budidaya keramba ikan, parameter yang diuji yaitu temperatur udara, temperatur air, TSS, warna, pH, BOD, DO, Nitrat, Nitrit, Amoniak, Nitrogen total, Fosfat, Minyak dan Lemak, Kekeruhan/Turbiditas, Salinitas, Kesadahan, dan E-coli dalam mengetahui kondisi kualitas air dan lingkungan pada budidaya keramba ikan. Sampel air yang diambil berdasarkan tingkat kedalaman yaitu 0-30 cm pada air permukaan, 50-100 cm pada lapisan tengah sungai, 150 cm lapisan dasar sungai. Hal ini dilakukan untuk mengetahui tingkat konsentrasi polutan yang ada di keramba ikan.

## **Intrumen Penelitian**

Instrumen dalam penelitian ini meliputi alat pengambilan sampel air, GPS untuk penentu titik koordinat pengambilan sampel sehingga hasil koordinat tersebut dapat dioverlay dalam peta yang digunakan pada analisis dinamika polutan yang ada di setiap titik lokasi keramba ikan.

## **Prosedur Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu tahapan pertama mengidentifikasi masalah serta tujuan penelitian yang dilakukan difokuskan pada kualitas air Sungai Kapuas, kedalaman optimal dalam budidaya keramba ikan untuk mengurangi polutan, serta rekomendasi regulasi lingkungan sebagai upaya mendukung keberlanjutan petani keramba ikan. Tahapan kedua mengkaji literatur terkait polutan di sungai Kapuas, kualitas air Sungai Kapuas, regulasi lingkungan dan peraturan pemerintah daerah terkait usaha budidaya keramba ikan. Tahapan ketiga desain penelitian menggunakan penelitian kuantitatif dengan metode survey, populasi dan sampel air, dan titik pengambilan sampel air menggunakan purposive sampling. Tahapan ke empat yaitu uji validitas dan reabilitas instrument penelitian, data sekunder, dan primer yang ada dilapangan, analisis dengan pendekatan kuantitatif regresi linier dalam mendeskripsikan serta menginterpretasikan karakteristik sampel. Tahapan kelima menyimpulkan hasil penelitian dari analisis sampel yang dilakukan. Tahapan keenam melakukan laporan akhir penelitian berupa publikasi hasil penelitian dalam bentuk jurnal, dan laporan akhir penelitian.

## **Indikator Keberhasilan**

Keberhasilan penelitian ini diukur melalui beberapa komponen penelitian yaitu konsentrasi parameter uji dari kualitas air sungai berdasarkan kedalaman dan lokasi pengambilan sampel, parameter uji yang paling dominan dalam mempengaruhi kualitas air Sungai Kapuas pada budidaya keramba ikan.

## **Analisis Data**

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis kuantitatif dengan regresi linier sederhana dalam mengetahui dinamika polutan penurunan kualitas lingkungan pada budidaya keramba ikan. Data selanjutnya yaitu melakukan overlay pemetaan pada distribusi polutan dari hasil pengujian sampel yang dilakukan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Kualitas Air Sungai Kapuas di Sekitar Budidaya Keramba Ikan**

Penelitian ini mengacu pada Astacita 2, membantu dalam mendorong kemandirian bangsa melalui swasembada pangan, Astacita 3 mendorong kewirausahaan, bagi usaha mikro, dan kecil seperti pelaku usaha petani keramba

ikan. Astacita 8. memperkuat penyelarasan kehidupan yang harmonis dengan lingkungan, dan alam dalam pengembangan lingkungan hidup berkelanjutan. Selain itu, penelitian ini termasuk dalam SDGs 14 memelihara keberlanjutan sumberdaya perairan untuk pembangunan berkelanjutan dengan memperhatikan pengelolaan lingkungan hidup.

Sungai memiliki peranan penting bagi makhluk hidup, selain sebagai sarana transportasi sungai juga merupakan tempat biota air untuk bertumbuh dalam menjaga keseimbangan ekosistem sungai. Peranan sungai sangat penting bagi manusia, dimana Sungai Kapuas juga dijadikan sebagai sumber air bersih yang dikelola oleh PDAM Kota Pontianak kepada masyarakat Kota Pontianak. Di samping itu, Sungai Kapuas juga dijadikan tempat budidaya ikan bagi masyarakat yang bermukim dibantaran Sungai Kapuas yang dimana limbah pabrik dan domestik di buang ke Sungai Kapuas.

Semakin bertambahnya budidaya ikan yang ada di pinggiran Sungai Kapuas, menjadikan beban polutan Sungai Kapuas bertambah. Pada penelitian tahun 2023 menjelaskan Sungai Kapuas masuk dalam kategori tercemar sedang, hal ini menggambarkan bahwa Sungai Kapuas memiliki kualitas lingkungan yang menurun. Hasil pengujian sampel air Sungai pada lokasi budidaya keramba ikan yang telah diuji di laboratorium PT. Mutuagung Letari Tbk, yang berlokasi di Kota Pontianak, terlampir pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil sampel air sungai Kapuas pada lokasi titik 1 sampai lokasi titik 4

| Loka<br>si | Kedalam<br>an | Parameter                         | Satuan         | Hasil<br>Pengujian | Standar Mutu budidaya<br>ikan |
|------------|---------------|-----------------------------------|----------------|--------------------|-------------------------------|
| 1          | 0-30 cm       | Temperatur Udara                  | <sup>0</sup> C | 22                 | 3 <sup>0</sup> C              |
|            |               | Temperatur Air                    | <sup>0</sup> C | 20                 | > 5 <sup>0</sup> C            |
|            |               | Total Suspendeds Solid TSS)       | Mg/l           | 69,3               | 100                           |
|            |               | Warna                             | Pt-Co Unit     | 59,1               | 100                           |
|            |               | Tingkat keasaman (pH)             | -              | 6.06               | 6.0 - 9.0                     |
|            |               | Biological Oxygen Demand<br>(BOD) | mg/L           | 4.16               | 6                             |
|            |               | Dissolved Oxygen (DO)             | mg/L           | 3.50               | ≥ 3                           |
|            |               | Nitrat                            | mg/L           | 0.59               | 20                            |
|            |               | Nitrit                            | mg/L           | 0.027              | 0.06                          |
|            |               | Amoniak                           | mg/L           | 0.089              | 0.5                           |
|            |               | Nitrogen Total                    | mg/L           | 0,68               | 25                            |
|            |               | Fosfat                            | mg/L           | 0.12               | 1                             |
|            |               | Minyak dan Lemak                  | mg/L           | 0.29               | 1                             |
|            |               | Kekeruhan / Turbiditas            | mg/L           | 41,7               | 1                             |
|            |               | Salinitas                         | ‰              | 0,14               | 0,05                          |
|            |               | Kesadahan                         | Mg/L           | 19,9               | 50-150 mg/L                   |
|            |               | E-Coli                            | CFU/100mL      | 62                 | <100 mL                       |

Tabel 1. Lanjutan

| Loka<br>si | Kedalam<br>an | Parameter                      | Satuan     | Hasil<br>Pengujian | Standar Mutu budidaya<br>ikan |
|------------|---------------|--------------------------------|------------|--------------------|-------------------------------|
| 1          | 50-100 cm     | Temperatur Udara               | °C         | 22                 | 3 °C                          |
|            |               | Temperatur Air                 | °C         | 20                 | > 5 °C                        |
|            |               | Total Suspendeds Solid TSS)    | Mg/l       | 69,3               | 100                           |
|            |               | Warna                          | Pt-Co Unit | 59,1               | 100                           |
|            |               | Tingkat keasaman (pH)          | -          | 6.06               | 6.0 - 9.0                     |
|            |               | Biological Oxygen Demand (BOD) | mg/L       | 4.16               | 6                             |
|            |               | Dissolved Oxygen (DO)          | mg/L       | 3.50               | ≥ 3                           |
|            |               | Nitrat                         | mg/L       | 0.59               | 20                            |
|            |               | Nitrit                         | mg/L       | 0.027              | 0.06                          |
|            |               | Amoniak                        | mg/L       | 0.089              | 0.5                           |
|            |               | Nitrogen Total                 | mg/L       | 0,68               | 25                            |
|            |               | Fosfat                         | mg/L       | 0.12               | 1                             |
|            |               | Minyak dan Lemak               | mg/L       | 0.29               | 1                             |
|            |               | Kekeruhan / Turbiditas         | mg/L       | 41,7               | 1                             |
|            |               | Salinitas                      | ‰          | 0,14               | 0,05                          |
|            |               | Kesadahan                      | Mg/L       | 19,9               | 50-150 mg/L                   |
|            |               | E-Coli                         | CFU/100mL  | 62                 | <100 mL                       |
|            | 100-150 cm    | Temperatur Udara               | °C         | 22                 | 3 °C                          |
|            |               | Temperatur Air                 | °C         | 20                 | > 5 °C                        |
|            |               | Total Suspendeds Solid TSS)    | Mg/l       | 69,3               | 100                           |
|            |               | Warna                          | Pt-Co Unit | 59,1               | 100                           |
|            |               | Tingkat keasaman (pH)          | -          | 6.06               | 6.0 - 9.0                     |
|            |               | Biological Oxygen Demand (BOD) | mg/L       | 4.16               | 6                             |
|            |               | Dissolved Oxygen (DO)          | mg/L       | 3.50               | ≥ 3                           |
|            |               | Nitrat                         | mg/L       | 0.59               | 20                            |
|            |               | Nitrit                         | mg/L       | 0.027              | 0.06                          |
|            |               | Amoniak                        | mg/L       | 0.089              | 0.5                           |
|            |               | Nitrogen Total                 | mg/L       | 0,68               | 25                            |
|            |               | Fosfat                         | mg/L       | 0.12               | 1                             |
|            |               | Minyak dan Lemak               | mg/L       | 0.29               | 1                             |
|            |               | Kekeruhan / Turbiditas         | mg/L       | 41,7               | 1                             |
|            |               | Salinitas                      | ‰          | 0,14               | 0,05                          |
|            |               | Kesadahan                      | Mg/L       | 19,9               | 50-150 mg/L                   |
|            |               | E-Coli                         | CFU/100mL  | 62                 | <100 mL                       |
|            | 0-30 cm       | Temperatur Udara               | °C         | 22                 | 3 °C                          |
|            |               | Temperatur Air                 | °C         | 20                 | > 5 °C                        |
|            |               | Total Suspendeds Solid TSS)    | Mg/l       | 69,3               | 100                           |
|            |               | Warna                          | Pt-Co Unit | 59,1               | 100                           |
|            |               | Tingkat keasaman (pH)          | -          | 6.06               | 6.0 - 9.0                     |
|            |               | Biological Oxygen Demand (BOD) | mg/L       | 4.16               | 6                             |
|            |               | Dissolved Oxygen (DO)          | mg/L       | 3.50               | ≥ 3                           |
|            |               | Nitrat                         | mg/L       | 0.59               | 20                            |
|            |               | Nitrit                         | mg/L       | 0.027              | 0.06                          |
|            |               | Amoniak                        | mg/L       | 0.089              | 0.5                           |
|            |               | Nitrogen Total                 | mg/L       | 0,68               | 25                            |
|            |               | Fosfat                         | mg/L       | 0.12               | 1                             |
|            |               | Minyak dan Lemak               | mg/L       | 0.29               | 1                             |
|            |               | Kekeruhan / Turbiditas         | mg/L       | 41,7               | 1                             |
|            |               | Salinitas                      | ‰          | 0,14               | 0,05                          |
|            |               | Kesadahan                      | Mg/L       | 19,9               | 50-150 mg/L                   |
|            |               | E-Coli                         | CFU/100mL  | 62                 | <100 mL                       |

Tabel 1. Lanjutan

| Loka<br>si | Kedalam<br>an | Parameter                         | Satuan         | Hasil<br>Pengujian | Standar Mutu budidaya<br>ikan |
|------------|---------------|-----------------------------------|----------------|--------------------|-------------------------------|
| 2          | 50-100 cm     | Temperatur Udara                  | <sup>0</sup> C | 22                 | 3 <sup>0</sup> C              |
|            |               | Temperatur Air                    | <sup>0</sup> C | 20                 | > 5 <sup>0</sup> C            |
|            |               | Total Suspendeds Solid TSS)       | Mg/l           | 69,3               | 100                           |
|            |               | Warna                             | Pt-Co Unit     | 59,1               | 100                           |
|            |               | Tingkat keasaman (pH)             | -              | 6.06               | 6.0 - 9.0                     |
|            |               | Biological Oxygen Demand<br>(BOD) | mg/L           | 4.16               | 6                             |
|            |               | Dissolved Oxygen (DO)             | mg/L           | 3.50               | ≥ 3                           |
|            |               | Nitrat                            | mg/L           | 0.59               | 20                            |
|            |               | Nitrit                            | mg/L           | 0.027              | 0.06                          |
|            |               | Amoniak                           | mg/L           | 0.089              | 0.5                           |
|            |               | Nitrogen Total                    | mg/L           | 0.68               | 25                            |
|            |               | Fosfat                            | mg/L           | 0.12               | 1                             |
|            |               | Minyak dan Lemak                  | mg/L           | 0.29               | 1                             |
|            |               | Kekeruhan / Turbiditas            | mg/L           | 41,7               | 1                             |
|            |               | Salinitas                         | ‰              | 0,14               | 0,05                          |
|            |               | Kesadahan                         | Mg/L           | 19,9               | 50-150 mg/L                   |
|            |               | E-Coli                            | CFU/100mL      | 62                 | <100 mL                       |
|            | 100-150<br>cm | Temperatur Udara                  | <sup>0</sup> C | 22                 | 3 <sup>0</sup> C              |
|            |               | Temperatur Air                    | <sup>0</sup> C | 20                 | > 5 <sup>0</sup> C            |
|            |               | Total Suspendeds Solid TSS)       | Mg/l           | 69,3               | 100                           |
|            |               | Warna                             | Pt-Co Unit     | 59,1               | 100                           |
|            |               | Tingkat keasaman (pH)             | -              | 6.06               | 6.0 - 9.0                     |
|            |               | Biological Oxygen Demand<br>(BOD) | mg/L           | 4.16               | 6                             |
|            |               | Dissolved Oxygen (DO)             | mg/L           | 3.50               | ≥ 3                           |
|            |               | Nitrat                            | mg/L           | 0.59               | 20                            |
|            |               | Nitrit                            | mg/L           | 0.027              | 0.06                          |
|            |               | Amoniak                           | mg/L           | 0.089              | 0.5                           |
|            |               | Nitrogen Total                    | mg/L           | 0.68               | 25                            |
|            |               | Fosfat                            | mg/L           | 0.12               | 1                             |
|            |               | Minyak dan Lemak                  | mg/L           | 0.29               | 1                             |
|            |               | Kekeruhan / Turbiditas            | mg/L           | 41,7               | 1                             |
|            |               | Salinitas                         | ‰              | 0,14               | 0,05                          |
|            |               | Kesadahan                         | Mg/L           | 19,9               | 50-150 mg/L                   |
|            |               | E-Coli                            | CFU/100mL      | 62                 | <100 mL                       |
| 3          | 0-30 cm       | Temperatur Udara                  | <sup>0</sup> C | 22                 | 3 <sup>0</sup> C              |
|            |               | Temperatur Air                    | <sup>0</sup> C | 20                 | > 5 <sup>0</sup> C            |
|            |               | Total Suspendeds Solid TSS)       | Mg/l           | 69,3               | 100                           |
|            |               | Warna                             | Pt-Co Unit     | 59,1               | 100                           |
|            |               | Tingkat keasaman (pH)             | -              | 6.06               | 6.0 - 9.0                     |
|            |               | Biological Oxygen Demand<br>(BOD) | mg/L           | 4.16               | 6                             |
|            |               | Dissolved Oxygen (DO)             | mg/L           | 3.50               | ≥ 3                           |
|            |               | Nitrat                            | mg/L           | 0.59               | 20                            |
|            |               | Nitrit                            | mg/L           | 0.027              | 0.06                          |
|            |               | Amoniak                           | mg/L           | 0.089              | 0.5                           |
|            |               | Nitrogen Total                    | mg/L           | 0.68               | 25                            |
|            |               | Fosfat                            | mg/L           | 0.12               | 1                             |
|            |               | Minyak dan Lemak                  | mg/L           | 0.29               | 1                             |
|            |               | Kekeruhan / Turbiditas            | mg/L           | 41,7               | 1                             |
|            |               | Salinitas                         | ‰              | 0,14               | 0,05                          |
|            |               | Kesadahan                         | Mg/L           | 19,9               | 50-150 mg/L                   |
|            |               | E-Coli                            | CFU/100mL      | 62                 | <100 mL                       |



Tabel 1. Lanjutan

| Lokasi | Kedalaman  | Parameter                      | Satuan     | Hasil Pengujian | Standar Mutu budidaya ikan |
|--------|------------|--------------------------------|------------|-----------------|----------------------------|
| 3      | 50-100 cm  | Temperatur Udara               | °C         | 22              | 3 °C                       |
|        |            | Temperatur Air                 | °C         | 20              | > 5 °C                     |
|        |            | Total Suspendeds Solid TSS)    | Mg/l       | 69,3            | 100                        |
|        |            | Warna                          | Pt-Co Unit | 59,1            | 100                        |
|        |            | Tingkat keasaman (pH)          | -          | 6.06            | 6.0 - 9.0                  |
|        |            | Biological Oxygen Demand (BOD) | mg/L       | 4.16            | 6                          |
|        |            | Dissolved Oxygen (DO)          | mg/L       | 3.50            | ≥ 3                        |
|        |            | Nitrat                         | mg/L       | 0.59            | 20                         |
|        |            | Nitrit                         | mg/L       | 0.027           | 0.06                       |
|        |            | Amoniak                        | mg/L       | 0.089           | 0.5                        |
|        |            | Nitrogen Total                 | mg/L       | 0.68            | 25                         |
|        |            | Fosfat                         | mg/L       | 0.12            | 1                          |
|        |            | Minyak dan Lemak               | mg/L       | 0.29            | 1                          |
|        |            | Kekeruhan / Turbiditas         | mg/L       | 41,7            | 1                          |
|        |            | Salinitas                      | ‰          | 0,14            | 0,05                       |
|        |            | Kesadahan                      | Mg/L       | 19,9            | 50-150 mg/L                |
|        |            | E-Coli                         | CFU/100mL  | 62              | <100 mL                    |
|        | 100-150 cm | Temperatur Udara               | °C         | 22              | 3 °C                       |
|        |            | Temperatur Air                 | °C         | 20              | > 5 °C                     |
|        |            | Total Suspendeds Solid TSS)    | Mg/l       | 69,3            | 100                        |
|        |            | Warna                          | Pt-Co Unit | 59,1            | 100                        |
|        |            | Tingkat keasaman (pH)          | -          | 6.06            | 6.0 - 9.0                  |
|        |            | Biological Oxygen Demand (BOD) | mg/L       | 4.16            | 6                          |
|        |            | Dissolved Oxygen (DO)          | mg/L       | 3.50            | ≥ 3                        |
|        |            | Nitrat                         | mg/L       | 0.59            | 20                         |
|        |            | Nitrit                         | mg/L       | 0.027           | 0.06                       |
|        |            | Amoniak                        | mg/L       | 0.089           | 0.5                        |
|        |            | Nitrogen Total                 | mg/L       | 0.68            | 25                         |
|        |            | Fosfat                         | mg/L       | 0.12            | 1                          |
|        |            | Minyak dan Lemak               | mg/L       | 0.29            | 1                          |
|        |            | Kekeruhan / Turbiditas         | mg/L       | 41,7            | 1                          |
|        |            | Salinitas                      | ‰          | 0,14            | 0,05                       |
|        |            | Kesadahan                      | Mg/L       | 19,9            | 50-150 mg/L                |
|        |            | E-Coli                         | CFU/100mL  | 62              | <100 mL                    |
| 4      | 0-30 cm    | Temperatur Udara               | °C         | 22              | 3 °C                       |
|        |            | Temperatur Air                 | °C         | 20              | > 5 °C                     |
|        |            | Total Suspendeds Solid TSS)    | Mg/l       | 69,3            | 100                        |
|        |            | Warna                          | Pt-Co Unit | 59,1            | 100                        |
|        |            | Tingkat keasaman (pH)          | -          | 6.06            | 6.0 - 9.0                  |
|        |            | Biological Oxygen Demand (BOD) | mg/L       | 4.16            | 6                          |
|        |            | Dissolved Oxygen (DO)          | mg/L       | 3.50            | ≥ 3                        |
|        |            | Nitrat                         | mg/L       | 0.59            | 20                         |
|        |            | Nitrit                         | mg/L       | 0.027           | 0.06                       |
|        |            | Amoniak                        | mg/L       | 0.089           | 0.5                        |
|        |            | Nitrogen Total                 | mg/L       | 0.68            | 25                         |
|        |            | Fosfat                         | mg/L       | 0.12            | 1                          |
|        |            | Minyak dan Lemak               | mg/L       | 0.29            | 1                          |
|        |            | Kekeruhan / Turbiditas         | mg/L       | 41,7            | 1                          |
|        |            | Salinitas                      | ‰          | 0,14            | 0,05                       |
|        |            | Kesadahan                      | Mg/L       | 19,9            | 50-150 mg/L                |
|        |            | E-Coli                         | CFU/100mL  | 62              | <100 mL                    |

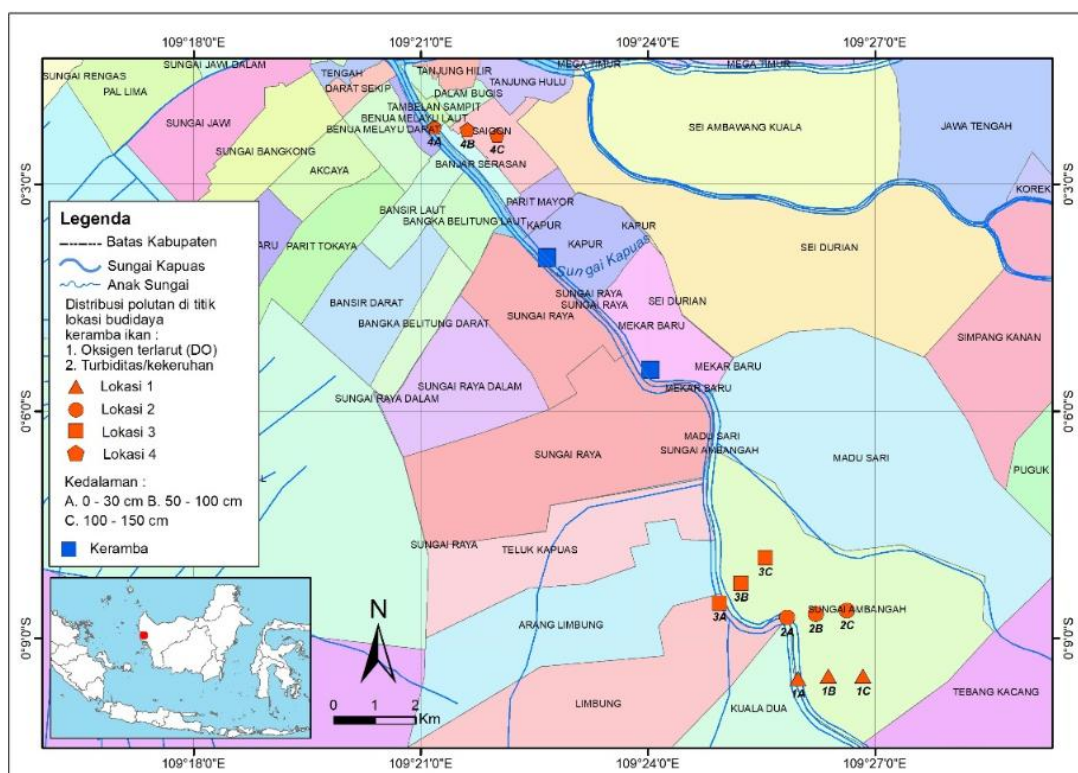
Tabel 1. Lanjutan

| Lokasi | Kedalaman  | Parameter                      | Satuan     | Hasil Pengujian | Standar Mutu budidaya ikan |
|--------|------------|--------------------------------|------------|-----------------|----------------------------|
| 4      | 50-100 cm  | Temperatur Udara               | °C         | 22              | 3 °C                       |
|        |            | Temperatur Air                 | °C         | 20              | > 5 °C                     |
|        |            | Total Suspendeds Solid TSS)    | Mg/l       | 69,3            | 100                        |
|        |            | Warna                          | Pt-Co Unit | 59,1            | 100                        |
|        |            | Tingkat keasaman (pH)          | -          | 6.06            | 6.0 - 9.0                  |
|        |            | Biological Oxygen Demand (BOD) | mg/L       | 4.16            | 6                          |
|        |            | Dissolved Oxygen (DO)          | mg/L       | 3.50            | ≥ 3                        |
|        |            | Nitrat                         | mg/L       | 0.59            | 20                         |
|        |            | Nitrit                         | mg/L       | 0.027           | 0.06                       |
|        |            | Amoniak                        | mg/L       | 0.089           | 0.5                        |
|        |            | Nitrogen Total                 | mg/L       | 0,68            | 25                         |
|        |            | Fosfat                         | mg/L       | 0.12            | 1                          |
|        |            | Minyak dan Lemak               | mg/L       | 0.29            | 1                          |
|        |            | Kekeruhan / Turbiditas         | mg/L       | 41,7            | 1                          |
|        |            | Salinitas                      | ‰          | 0,14            | 0,05                       |
|        |            | Kesadahan                      | Mg/L       | 19,9            | 50-150 mg/L                |
|        | 100-150 cm | E-Coli                         | CFU/100mL  | 62              | <100 mL                    |
|        |            | Temperatur Udara               | °C         | 22              | 3 °C                       |
|        |            | Temperatur Air                 | °C         | 20              | > 5 °C                     |
|        |            | Total Suspendeds Solid TSS)    | Mg/l       | 69,3            | 100                        |
|        |            | Warna                          | Pt-Co Unit | 59,1            | 100                        |
|        |            | Tingkat keasaman (pH)          | -          | 6.06            | 6.0 - 9.0                  |
|        |            | Biological Oxygen Demand (BOD) | mg/L       | 4.16            | 6                          |
|        |            | Dissolved Oxygen (DO)          | mg/L       | 3.50            | ≥ 3                        |
|        |            | Nitrat                         | mg/L       | 0.59            | 20                         |
|        |            | Nitrit                         | mg/L       | 0.027           | 0.06                       |
|        |            | Amoniak                        | mg/L       | 0.089           | 0.5                        |
|        |            | Nitrogen Total                 | mg/L       | 0,68            | 25                         |
|        |            | Fosfat                         | mg/L       | 0.12            | 1                          |
|        |            | Minyak dan Lemak               | mg/L       | 0.29            | 1                          |
|        |            | Kekeruhan / Turbiditas         | mg/L       | 41,7            | 1                          |
|        |            | Salinitas                      | ‰          | 0,14            | 0,05                       |
|        |            | Kesadahan                      | Mg/L       | 19,9            | 50-150 mg/L                |
|        |            | E-Coli                         | CFU/100mL  | 62              | <100 mL                    |

Pada pengujian sampel air yang dilakukan yang tercantum di tabel 1, menunjukkan beberapa parameter mengalami peningkatan melebihi ambang batas baku mutu kelas 3 yang diperuntukkan untuk budidaya ikan. Parameter yang tidak sesuai menurut standar baku mutu kualitas air dalam budidaya ikan pada lokasi 1 sampai 4 antara lain parameter oksigen terlarut (DO), dan kekeruhan/Turbiditas. Parameter oksigen terlarut dan kekeruhan merupakan parameter yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem Sungai Kapuas yang memiliki peran penting bagi masyarakat, keanekaragaman hayati, aktivitas ekonomi misalnya perikanan dan sarana transportasi perairan. Oksigen terlarut (DO) sangat diperlukan untuk menunjang metabolisme dan pertumbuhan ikan dalam budidaya keramba ikan. Kadar konsentrasi untuk oksigen terlarut yang diperuntukkan dalam menunjang metabolisme dan pertumbuhan ikan. kandungan oksigen terlarut berfungsi untuk mencegah stres dan kematian pada ikan. Kandungan oksigen yang rendah dapat menyebabkan pertumbuhan ikan yang lambat, dan peningkatan resiko terhadap

serangan penyakit. Rendahnya parameter DO disebabkan oleh sisa peningkatan polutan dari sisa limbah domestik seperti rumah tangga dan aktivitas industri yang terletak di tepian Sungai Kapuas, dimana limbah dari rumah tangga dan beberapa industri dibuang ke aliran Sungai Kapuas. Pada penelitian Tarigas, dkk. 2023, menjelaskan besaran kandungan BOD dengan rata-rata nilai 7,36 mg/L, 14,35 mg/L dan 4,03 mg/L, COD sebesar 38,87 mg/L, dan masuk dalam klasifikasi sungai golongan kelas C dengan skor -11 sampai -30 termasuk dalam kondisi tercemat sedang. Untuk hasil sampel air yang dilakukan pengujian pada laboratorium menjelaskan beberapa parameter yang mengalami perubahan.

Turbiditas (kekeruhan) dari hasil sampel yang diperoleh juga meningkat, hal ini dapat menyebabkan penurunan kadar DO secara tidak langsung. Selain itu, menghambat Cahaya masuk ke dalam air, sehingga proses fotosintesis terganggu dalam menghasilkan oksigen untuk fitoplankton dan tanaman air. Terjadinya peningkatan turbiditas berasal dari erosi tanah, limbah pertanian, dan aktivitas industri serta limbah rumah tangga. Turbiditas yang tinggi menurunkan kualitas air dalam pembudidayaan ikan, pengolahan air minum, dan pariwisata air. Selain itu, juga mengurangi hasil panen ikan dan peningkatan biaya pengelolaan kualitas air bersih untuk masyarakat Kota Pontianak yang pada umumnya sumber air bersih yang diolah oleh PDAM berasal dari Sungai Kapuas. Gambar 5. merupakan peta distribusi polutan dari hasil pengujian sampel air Sungai Kapuas yang berada pada budidaya keramba ikan.



Sumber: google earth, 2025.

**Gambar 5. Peta Distribusi Polutan Hasil Pengujian Sampel Air Pada Budidaya Keramba Ikan**

Peta distribusi polutan gambar 5 dengan skala peta 1:100.000. Kemudian didigitasi kembali menggunakan software Argis pemetaan, untuk menjelaskan beberapa titik lokasi hasil pengujian sampel yang diambil di lokasi budidaya

keramba ikan. Hasil pengujian sampel parameter yang mengalami perubahan yaitu turbiditas/kekeruhan dan oksigen terlarut (DO). Kekekuhan yang tinggi mengakibatkan kandungan oksigen terlarut yang dibutuhkan dalam perairan berkurang. Tingginya kekeruhan dapat berasal dari limpasan dan sedimen yang bersumber dari hulu, pada saat durasi hujan yang lebat, tanah, pasir, dan lumpur dari hulu terbawa masuk ke sungai akibat dari proses erosi tanah karena Sungai Kapuas merupakan bagian hilir jadi sedimen dari hulu terbawa aliran dan mengendap. Faktor lainnya berasal dari aktivitas penambangan emas yang menyebabkan terganggunya substrat dasar sungai dan berakibat tingginya partikel tersuspensi di perairan, perubahan tata guna lahan yang menyebabkan tanah longsor dan sedimen langsung ke sungai, limbah domestik dan industri seperti pembuangan limbah ke sungai yang mencemari air dan menimbulkan partikel tersuspensi serta zat organik di dasar sungai.

Riyandi, Junardi, 2023 menyebutkan kualitas air sungai kapuas memiliki status tercemar ringan sampai sedang dengan kandungan fosfat yang tinggi. Hal ini membuktikan kondisi Sungai Kapuas untuk saat ini memerlukan pengelolaan lingkungan secara intensif dari pemerintah dengan dukungan masyarakat dalam menjaga kelestarian sungai. Standar kualitas air sungai yang dapat dikatakan tidak tercemar mengacu kepada klasifikasi peruntukan sungai itu sendiri. Klasifikasi peruntukan sungai digolongkan menjadi 3, baku mutu kelas 1, kelas 2, dan kelas 3 sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

### **Kedalaman Optimal untuk Budidaya Keramba Ikan**

Pada saat ini budidaya ikan yang dilakukan di Sungai Kapuas belum memiliki aturan dalam tingkat kedalaman. Hal ini dikarenakan kurangnya pemahaman masyarakat dalam aturan melakukan budidaya ikan. Adapun kedalaman yang disyaratkan dalam budidaya ikan tergantung pada jenis ikan yang akan dibudidayakan. Budidaya ikan umumnya memiliki kedalaman antara 50 cm sampai 1,5 meter ini diperuntukkan seperti jenis ikan lele, nila, atau ikan mas. Selain itu, faktor utama yang perlu diperhatikan adalah kualitas air, jenis ikan, arus dan sedimen di sekitar keramba ikan supaya tidak mengganggu dalam produktivitas ikan yang akan dihasilkan.

Kondisi di lapangan diketahui banyak dari para pembudidaya ikan tidak mengetahui kualitas air Sungai Kapuas, dan jenis ikan yang sesuai dengan kondisi lingkungan yang dapat dikembangkan pada kondisi lingkungan yang ada. Hal ini mengakibatkan, banyak dari para pelaku budidaya ikan mengalami penurunan produktivitas ikan yang mereka budidayakan. Selain itu, dengan kondisi oksigen terlarut dan turbiditas yang tinggi di sekitar budidaya keramba ikan berakibat kepada berkurangnya jumlah ikan yang dapat dibudidayakan oleh petani keramba ikan. Selain berdampak kepada menurunnya kualitas air sungai, juga berdampak kepada menurunnya tingkat perekonomian para petani keramba ikan.

## Dinamika Polutan Penurunan Kualitas Lingkungan Pada Budidaya Keramba Ikan

Dinamika polutan hasil pengujian statistik untuk dinamika polutan pada titik lokasi 1 sampai 4 menggunakan pengujian statistik, dalam mengetahui karakteristik parameter yang diuji setiap lokasi sampel yang diambil di sekitar budidaya keramba ikan. Pada lokasi 1 disajikan dalam tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis pengujian statistik regresi linear sederhana untuk 3 pasangan variabel dengan korelasi terkuat

| Model                                      | Persamaan                                                 | Koefisien (b) | Intercept (a) | R <sup>2</sup> | p-value     |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------|---------------|----------------|-------------|
| Derajat keasaman (pH) ~ Total Nitrogen     | Derajat keasaman (pH) = 4.350 + 2.517*Total Nitrogen      | 2,517029328   | 4,349957427   | 0,99993378     | 0,005180574 |
| Nitrat (sebagai N) ~ Derajat keasaman (pH) | Nitrat (sebagai N) = -1.564 + 0.356*Derajat keasaman (pH) | 0,355606988   | -1,564189936  | 0,999856012    | 0,007639295 |
| Nitrat (sebagai N) ~ Total Nitrogen        | Nitrat (sebagai N) = -0.017 + 0.895*Total Nitrogen        | 0,894985809   | -0,017237465  | 0,99959454     | 0,012819869 |

Model terbaik berdasarkan korelasi tertinggi:

| Model   | Persamaan Regresi                         | R <sup>2</sup> | p-value          | Interpretasi                      |
|---------|-------------------------------------------|----------------|------------------|-----------------------------------|
| Model 1 | $Y = a + bX \rightarrow$ parameter 1 vs 2 | Tinggi         | $p < 0,05$       | Hubungan sangat kuat, signifikan  |
| Model 2 | $Y = a + bX \rightarrow$ parameter 3 vs 4 | Sedang         | $p \approx 0,05$ | Hubungan sedang, cukup signifikan |
| Model 3 | $Y = a + bX \rightarrow$ parameter 5 vs 6 | Rendah         | $p > 0,05$       | Hubungan lemah, tidak signifikan  |

Hasil analisis regresi sederhana menunjukkan adanya variasi kekuatan hubungan antarparameter kualitas air. Model 1 menunjukkan bahwa hubungan antara parameter 1 dan parameter 2 bersifat sangat kuat dan signifikan dengan nilai R<sup>2</sup> tinggi dan p-value < 0,05.

Tabel 3. Hasil pengujian analisis statistik pada lokasi 2

|            | Temperatur Udara (°C) | Temperatur Air (°C) | Padatan Tersuspensi Total (TSS) (mg/L) | Warna (Pt-Co Unit) | pH   | BO D5 (mg/L) | DO (mg/L) | Nitrat-N (mg/L) | Nitrit-N (mg/L) | Amoniak-N (mg/L) | Total Nitrogen (mg/L) | Total Fosfat (mg/L) | Minyak & Lemak (mg/L) | Kekeruhan/Turbiditas (mg/L) | Salinitas (‰) | Kesadahan (mg/L) | E-Coli (mg/L) |
|------------|-----------------------|---------------------|----------------------------------------|--------------------|------|--------------|-----------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------|------------------|---------------|
| 0-30 cm    | 22                    | 20                  | 57,5                                   | 58,1               | 6,5  | 4,29         | 3,5       | 1,12            | 0,031           | 0,12             | 1,39                  | 0,12                | 0,3                   | 41,8                        | 0,14          | 49,3             | 17            |
| 50-100 cm  | 22                    | 20                  | 61                                     | 60,2               | 6,63 | 4,6          | 3,5       | 0,88            | 0,035           | 0,096            | 1,3                   | 0,15                | 0,28                  | 40,3                        | 0,14          | 12,7             | 87            |
| 100-150 cm | 22                    | 20                  | 63                                     | 58,6               | 6,66 | 4,56         | 3,5       | 0,95            | 0,035           | 0,065            | 1,12                  | 0,13                | 0,27                  | 45,2                        | 0,14          | 15,9             | 41            |

Regresi Linear Sederhana variabel terpilih: Minyak & Lemak (mg/L), pH, Amoniak-N (mg/L). Nilai R<sup>2</sup> (in-sample): 1.000.

| Variabel              | Koefisien  |
|-----------------------|------------|
| Intercept             | -22.218777 |
| Minyak & Lemak (mg/L) | -32.785099 |
| pH                    | 14.514097  |
| Amoniak-N (mg/L)      | -39.894390 |

Berdasarkan koefisien regresi yang disajikan, model menunjukkan hubungan yang menarik antara berbagai parameter kualitas air dengan variabel terikat yang diprediksi. Kualitas air mengindikasikan kondisi yang negatif, sedangkan variabel minyak dan lemak memiliki pengaruh negatif yang sangat kuat terhadap variabel terikat. Ini menunjukkan dalam setiap peningkatan kandungan minyak dan lemak

akan menurunkan nilai prediksi, dan mengakibatkan pengaruh negatif yang mengindikasikan pencemaran air dapat mengganggu proses biologis dalam sistem perairan. Parameter pH dengan koefisien positif, mengindikasikan pH yang lebih basa, sedangkan variabel Amoniak menunjukkan pengaruh negatif yang mencerminkan sifat toksik amoniak terhadap organisme akuatik dan dampak negatifnya terhadap kualitas air secara keseluruhan.

Tabel 4. Hasil pengujian statistik pada lokasi 3

|                  | Tem<br>perat<br>ur<br>Udar<br>a (°C) | Tem<br>pera<br>tur<br>Air<br>(°C) | Padatan<br>Tersuspe<br>nsi Total<br>(TSS)<br>(mg/L) | War<br>na<br>(Pt-<br>Co<br>Unit<br>) | p<br>H   | B<br>O<br>D5<br>(m<br>g/L<br>) | D<br>O<br>(<br>m<br>g/<br>L) | Nit<br>rat-<br>N<br>(m<br>g/L<br>) | Nit<br>rit-<br>N<br>(m<br>g/L<br>) | Am<br>onia<br>k-N<br>(mg/<br>L) | Total<br>Nitr<br>ogen<br>(mg/<br>L) | Tota<br>l Fosf<br>at<br>(mg/<br>L) | Miny<br>ak &<br>Lema<br>k<br>(mg/L<br>) | Keker<br>uhan/<br>Turbid<br>itas<br>(mg/L) | Sali<br>nita<br>s (%) | Kes<br>ada<br>han<br>(mg<br>/L) | E-<br>Coli<br>(m<br>g/L<br>) |
|------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|----------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 0-30<br>cm       | 22                                   | 20                                | 53,5                                                | 60,9                                 | 6,6<br>2 | 4,7                            | 3,<br>5                      | 0,8<br>2                           | 0,0<br>33                          | 0,07                            | 0,98                                | 0,14                               | 0,28                                    | 51                                         | 0,1<br>4              | 33,8                            | 13                           |
| 50-<br>100<br>cm | 22                                   | 20                                | 62                                                  | 65,6                                 | 6,5<br>9 | 4,8<br>2                       | 3,<br>5                      | 0,9<br>1                           | 0,0<br>34                          | 0,1                             | 0,99                                | 0,16                               | 0,27                                    | 54                                         | 0,1<br>4              | 17,5                            | 4                            |
| 100-<br>150 cm   | 22                                   | 20                                | 61                                                  | 68,8                                 | 6,6<br>2 | 4,8<br>8                       | 3,<br>9                      | 1,0<br>2                           | 0,0<br>38                          | 0,14                            | 1,16                                | 0,15                               | 0,27                                    | 52                                         | 0,1<br>4              | 24,6                            | 9                            |

Data kualitas air pada tiga kedalaman berbeda (0-30 cm, 50-100 cm, dan 100-150 cm) menunjukkan pola perubahan yang menarik seiring bertambahnya kedalaman. Parameter suhu, udara, dan air tetap konstan di semua kedalaman, ini mengindikasikan kondisi lingkungan yang stabil pada setiap titik pengambilan sampel. Padatan tersuspensi total (TSS) mengalami peningkatan pada kedalaman pertama, dan kedua, sedangkan kedalaman ketiga sedikit menurun. Hal ini juga terjadi pada parameter warna, kondisi ini menggambarkan adanya akumulasi partikel dan zat organik seiring bertambahnya kedalaman.

Parameter kimia menunjukkan variasi yang signifikan, dimana pH relatif stabil dan menunjukkan kondisi sedikit asam, BODS pada permukaan mengalami peningkatan di kedalaman sungai yang diakibatkan oleh peningkatan aktivitas biologis atau akumulasi bahan organik. Sebaliknya DO, menunjukkan peningkatan di dua kedalaman pertama dan ketiga yang berkaitan dengan proses fotosintesis atau sirkulasi air. Kandungan nitrogen dalam berbagai bentuk menunjukkan tren peningkatan seiring dengan kedalaman, parameter tersebut yaitu Nitrat-N, Nitrit-n, amoniak-N, Total nitrogen, ini menunjukkan akumulasi nutrisi nitrogen dilapisan ketiga. Parameter lainnya menunjukkan pola yang bervariasi, terlihat pada total fosfat yang relatif stabil, minyak dan lemak yang konsisten, kekeruhan yang sedikit berfluktuasi, dan salinitas yang tetap konstan. Parameter kesadahan menunjukkan pola yang menarik dengan konsentrasi tertinggi di permukaan dan kedalaman ketiga, terjadi penurunan di kedalaman kedua. Pada E-Coli menunjukkan penurunan yang signifikan seiring bertambahnya kedalaman, ini menunjukkan kontaminasi bakteri lebih terkonsentrasi di lapisan permukaan air.

Tabel 5. Hasil pengujian statistik pada lokasi 4

| X                     | Intercept | Slope    | R2       | p_value_slope |
|-----------------------|-----------|----------|----------|---------------|
| BOD5 (mg/L)           | 215,4785  | -35,5914 | 0,999404 | 0,015543      |
| Warna (Pt-Co Unit)    | 88,47876  | -0,58877 | 0,954081 | 0,137486      |
| Minyak & Lemak (mg/L) | 178,6     | -485     | 0,886888 | 0,218365      |
| pH                    | 547,6239  | -75,3185 | 0,839514 | 0,262401      |
| E-Coli (mg/L)         | 41,24646  | 0,304565 | 0,81402  | 0,283857      |
| Nitrat-N (mg/L)       | 87,47876  | -57,6062 | 0,810146 | 0,287014      |

|                             |          |          |          |          |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Amoniak-N (mg/L)            | 23,63092 | 286,9673 | 0,783216 | 0,308323 |
| Kekeruhan/Turbiditas (mg/L) | -87,1197 | 2,914239 | 0,742089 | 0,339119 |
| Total Fosfat (mg/L)         | -55,4    | 785      | 0,580851 | 0,448302 |
| Total Nitrogen (mg/L)       | 83,82967 | -41,8101 | 0,555287 | 0,464731 |
| Kesadahan (mg/L)            | 83,01667 | -2,5     | 0,113112 | 0,781635 |
| Nitrit-N (mg/L)             | 44,25385 | 176,9231 | 0,003836 | 0,960547 |

Berdasarkan hasil analisis regresi sederhana pada berbagai parameter kualitas air, terdapat perbedaan signifikan. Parameter BOD<sub>5</sub>, menunjukkan hubungan yang sangat kuat sehingga berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen. Artinya, peningkatan BOD<sub>5</sub> secara konsisten menurunkan nilai parameter terikat. Parameter warna menunjukkan hubungan yang cukup kuat, tetapi memiliki nilai slope negatif dan pengaruhnya tidak signifikan begitu juga dengan pH, E-coli, Nitrat-N, Amoniak-N, kekeruhan, total fosfat, total nitrogen, kesadahan, dan nitrit-N. Secara keseluruhan parameter BOD<sub>5</sub> yang memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel dependen, sementara variabel lainnya tidak signifikan. Temuan ini menunjukkan bahwa BOD<sub>5</sub> merupakan faktor utama yang paling menentukan perubahan kualitas air dibandingkan parameter lainnya.

Berdasarkan hasil analisis koefisien regresi, variabel yang mempengaruhi kualitas air memiliki arah dan kekuatan pengaruh yang berbeda-beda. Beberapa variabel memberikan pengaruh negatif signifikan terhadap kualitas air, di antaranya pH, BOD<sub>5</sub>, Nitrat-N, Nitrit-N, Total Nitrogen, dan Minyak & Lemak. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan nilai variabel-variabel tersebut cenderung menurunkan kualitas air, kemungkinan karena berkontribusi terhadap pencemaran organik maupun anorganik. Sebaliknya, beberapa variabel memberikan pengaruh positif, seperti Amoniak-N, Total Fosfat, Kekeruhan/Turbiditas, dan E-Coli. Artinya, kenaikan parameter-parameter ini dihubungkan dengan meningkatnya nilai parameter dependen, meskipun sebagian besar mencerminkan kondisi air yang lebih tercemar, khususnya untuk Amoniak, Fosfat, dan E-Coli. Sedangkan, Warna dan Kesadahan memiliki koefisien negatif namun relatif kecil, sehingga pengaruhnya terhadap kualitas air lebih lemah dibandingkan variabel lainnya. Kesimpulannya, faktor yang paling dominan mempengaruhi penurunan kualitas air adalah tingginya kandungan Minyak & Lemak, pH yang tidak seimbang, serta konsentrasi Nitrat dan Nitrit. Di sisi lain, tingginya Total Fosfat dan Amoniak menjadi indikator kuat terhadap peningkatan beban pencemar pada perairan. Hasil ini menegaskan bahwa pengelolaan kualitas air perlu difokuskan pada pengendalian beban nutrisi, bahan organik, serta polutan spesifik seperti minyak, fosfat, dan amoniak untuk mencegah degradasi lingkungan perairan.

Pengaruh jangka panjang dari peningkatan kekeruhan air Sungai Kapuas dan penurunan oksigen terlarut (DO) pada lokasi pengambilan sampel untuk jangka panjang yaitu berupa penurunan keanekaragaman hayati yang menyebabkan penyusutan populasi, keseimbangan ekologis terganggu dan hanya spesies tertentu yang dapat bertahan pada kondisi perairan yang ada, matinya plankton akibat turbiditas tinggi dan DO yang rendah menyebabkan pemutusan rantai makanan akuatik, peningkatan resiko penyakit air, kondisi perairan akan sulit pulih karena *self purification capacity* di Sungai akan menurun serta fungsi sungai sebagai penyangga lingkungan akan hilang dan memerlukan rehabilitasi ekosistem yang memakan waktu panjang serta biaya yang tinggi. Bagi masyarakat yang ada di Sekitar Sungai Kapuas, untuk mendapatkan air bersih memerlukan treatment pengolahan air

sebelum air Sungai Kapuas tersebut digunakan, dan untuk petani serta nelayan ikan akan mempengaruhi hasil penangkapan ikan karena populasi ikan yang ada di Sungai Kapuas telah berkurang.

### **Dampak ekologis dan sosial**

Kondisi ekologis dan sosial Sungai Kapuas sangat memerlukan perhatian dalam mencegah tingkat pencemaran dan kondisi lingkungan yang tidak seimbang. Adapun dampak ekologis antara lain penurunan kualitas air sungai, gangguan ekosistem perairan, penurunan keanekaragaman hayati, penurunan kapasitas *self-purification*, fungsi ekologis sungai hilang, sedangkan dampak sosial penurunan produktivitas budidaya ikan, peningkatan biaya produksi, kesejahteraan masyarakat menurun, kualitas air bersih terganggu, konflik sosial dan kebutuhan regulasi dalam perlindungan lingkungan.

### **Rekomendasi Regulasi Lingkungan**

Regulasi lingkungan memiliki peran krusial dalam menjaga mutu perairan, untuk mendukung kegiatan budidaya ikan di sungai secara berkelanjutan. saat ini, Kalimantan Barat merujuk pada PERDA no.7 Tahun 2019 sebagai kerangka umum dalam pengelolaan lingkungan hidup. Akan tetapi, regulasi tersebut belum diatur secara rinci kedalam aspek teknik terkait kualitas air, dan pengelolaan limbah budidaya keramba. Pada tingkat nasional, Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021 menetapkan standar mutu air, dan batas pencemaran lingkungan yang semestinya dijadikan dasar untuk merumuskan kebijakan daerah yang lebih aplikatif. Ketiadaan aturan turunan yang spesifik di Kalimantan Barat, menyebabkan celah perlindungan lingkungan, terutama dalam konteks pencemaran sungai yang berdampak kepada petani keramba dan akses masyarakat terhadap air bersih.

Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan pembentukan regulasi daerah yang lebih operasional dan kontekstual. Usulan PERDA meliputi:

1. PERDA tentang Pengelolaan Kualitas Air Sungai dan Baku Mutu Lingkungan Perairan
2. PERDA tentang Keterbukaan Informasi Lingkungan
3. PERDA tentang Perlindungan dan Pendampingan Masyarakat Pembudidaya Ikan
4. PERDA tentang Penegakan Hukum Lingkungan di Wilayah Sungai

### **KESIMPULAN**

Penelitian yang dilakukan menunjukkan aktivitas budidaya keramba ikan di Sungai Kapuas memberikan kontribusi nyata terhadap penurunan kualitas air sungai. Hasil pengujian dari laboratorium pada 17 parameter kualitas air terdapat dua parameter utama yaitu Oksigen Terlarut (DO) dan Kekeruhan (Turbiditas), yang berada di atas ambang batas yang diperbolehkan dalam budidaya perikanan. Hal ini berdampak langsung terhadap kesehatan ikan, dan produktivitas budidaya. Kedalaman optimal untuk budidaya keramba ikan di Sungai Kapuas berada pada rentang 50-150 cm, dengan hasil analisis parameter BOD<sub>5</sub>, amoniak, minyak dan lemak serta pH memiliki hubungan yang signifikan terhadap degradasi kualitas air. Parameter minyak dan lemak menjadi polutan dominan yang memperburuk kualitas perairan Sungai Kapuas. Temuan ini memperkuat urgensi regulasi lingkungan tingkat daerah, rekomendasi yang diberikan meliputi penyusunan PERDA zonasi



budidaya, baku mutu kualitas air, pengelolaan limbah keramba, keterbukaan informasi lingkungan, serta perlindungan terhadap petani keramba. Penelitian ini menjadi dasar ilmiah bagi pemerintah daerah dalam merumuskan kebijakan pengelolaan lingkungan perairan secara berkelanjutan.

## REKOMENDASI

Berdasarkan temuan dari penelitian yang dilakukan, zonasi wilayah budidaya perlu diterapkan dalam PERDA dengan tiga kategori yaitu zona larangan budidaya, zona budidaya terbatas, zona budidaya intensif dan di overlay ke dalam peta distribusi polutan. Peningkatan frekuensi dan sistematis oleh pemerintah daerah perlu melakukan sistem pemantauan menggunakan metode multi-parameter dengan titik pemantauan yang tersebar di seluruh budidaya dan non-budidaya, penetapan indikator mutu lingkungan perairan secara spesifik yaitu DO, Tirbididitas, BOD<sub>5</sub>, dan amoniak. Minyak dan lemak. Serta pH dan Total Nitrogen harus digunakan sebagai dasar penilaian status mutu air sungai dan evaluasi zonasi. Regulasi seperti PERDA No. 7 Tahun 2019 perlu dilengkapi dengan aturan teknis tentang baku mutu lokal Sungai Kapuas berdasarkan fungsi dan peruntukannya, dan sanksi administratif bagi pembudidaya yang melanggar kapasitas daya dukung perairan. Keterbatasan penelitian terletak pada belum mengevaluasi implementasi regulasi dalam hal ini PERDA No-7 Tahun 2019 secara sistematis, dan pemodelan prediktif atau simulasi beban pencemar di masa depan.

## REFERENSI

- Abbass, K., Qasim, M. Z., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., & Younis, I. (2022). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(28), 42539–42559. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6>
- Amalia Yunia Rahmawati. Pemanfaatan Dan Dampak Budidaya Keramba Jaring Apung Terhadap Lingkungan Di Kecamatan Haranggaol. 2020;6(July):1–23.
- Anas P, Jubaedah I, Sudino D. Kualitas Air dan Beban Limbah Karamba Jaring Apung di Waduk Jatiluhur Jawa Barat PENDAHULUAN Ekosistem perairan waduk terdiri dari komponen biotik seperti ikan , plankton , macrophyta , benthos dan sebagainya yang berhubungan timbal balik dengan ini juga . 2017;11(1):35–47.
- Arub Arisma D, Purnaini R, Saziati O. Identifikasi Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) pada Daging Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Sungai Kapuas Kecil. *J Teknol Lingkung Lahan Basah*. 2023;11(1):117.
- Ashara Yuni, suryani L. *Evaluasi Pelaksanaan Pengendalian Pengelolaan Keramba Jaring Apung Di Danau Maninjau Oleh Pemerintah Daerah Kabupaten Agam Provinsi Sumatra Barat*. islam riau; 2023.
- Ashraf, M., Khan, I., Usman, M., Khan, A., Shah, S. S., Khan, A. Z., Saeed, K., Yaseen, M., Ehsan, M. F., Tahir, M. N., & Ullah, N. (2020). Hematite and Magnetite Nanostructures for Green and Sustainable Energy Harnessing and Environmental Pollution Control: A Review. *Chemical Research in Toxicology*, 33(6), 1292–1311. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.9b00308>
- Bakker, Karen. Water security: research challenges and opportunities. *Science*, 2012, 337.6097: 914-915.

- BRIN. BRIN Kembangkan Teknologi KJA Ramah Lingkungan untuk Budidaya Ikan di Waduk. 1 [Internet]. 2023 Oct;1. Available from: <https://www.brin.go.id/news/115785/brin-kembangkan-teknologi-kja-ramah-lingkungan-untuk-budidaya-ikan-di-waduk>
- Chaerul M, Marbun J, Destiarti L, Armus R, Marzuki I, NNPS RIN, et al. pengantar teknik lingkungan. In: Yayasan kita menulis, editor. yayasan kita menulis [Internet]. Medan: yayasan kita menulis; 2021. p. 1-186. Available from: <https://kitamenulis.id/2021/07/14/pengantar-teknik-lingkungan/>
- Crawford, F., Augustine, S. S., Earle, L., Kuyini-Abubakar, A. B., Luxford, Y., & Babacan, H. (2015). Environmental Sustainability and Social Work: A Rural Australian Evaluation of Incorporating Eco-Social Work in Field Education. *Social Work Education*, 34(5), 586-599. <https://doi.org/10.1080/02615479.2015.1074673>
- El-Zeiny, A., & El-Kafrawy, S. (2017). Assessment of water pollution induced by human activities in Burullus Lake using Landsat 8 operational land imager and GIS. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20, S49-S56. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.10.002>
- Fatimah S, T S, Yusuf M, Abdurrozzaq Hasibuan. Pemanfaatan Dan Dampak Budidaya Keramba Jaring Apung Terhadap Lingkungan Di Kecamatan Haranggaol. *Ris akuakultur* [Internet]. 2023;6(2):1048-54. Available from: <https://journal.iaisambas.ac.id/index.php/CrossBorder/article/view/2129>
- Gunawan IA, Anggraini IM, Marbun J. *Strategi Pengembangan Sanitasi Sub Sektor Air Limbah Domestik Dengan Matriks IFAS dan EFAS Di Kabupaten Sekadau*. 2024;3:13-20.
- Ives, C. D., Abson, D. J., von Wehrden, H., Dorninger, C., Klaniecki, K., & Fischer, J. (2018). Reconnecting with nature for sustainability. *Sustainability Science*, 13(5), 1389-1397. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0542-9>
- Jauhari A. Visi dan Misi Anies Cak Imin, Prabowo-Gibran, Ganjar-Mahfud soal Lingkungan Hidup. *Pikiran rakyat* [Internet]. 2024 Jan;1. Available from: <https://www.pikiran-rakyat.com/nasional/pr-017614862/visi-dan-misi-anies-cak-imin-prabowo-gibran-ganjar-mahfud-soal-lingkungan-hidup>
- Jolly, Curtis M., et al. Dynamics of aquaculture governance. *Journal of the World Aquaculture Society*, 2023, 54.2: 427-481.
- Junardi, Riyandi. Penilaian Status Kualitas Air Sungai Kapuas Kecil Kalimantan Barat Menggunakan Biota Benthik. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 2023, 22.1: 184-192.
- Kesatuan nelayan indonesia. Rembuk Pangan Pesisir 2024. perss indonesia [Internet]. 2024 Dec;1. Available from: <https://knti.or.id/rembuk-pangan-pesisir-2024/>
- Kurniawati E, Rindrayani SR. Pendekatan Kuantitatif dengan Penelitian Survei : Studi Kasus dan Implikasinya. 2025;
- Liu, Y., Wang, P., Gojenko, B., Yu, J., Wei, L., Luo, D., & Xiao, T. (2021). A review of water pollution arising from agriculture and mining activities in Central Asia: Facts, causes and effects. *Environmental Pollution*, 291, 118209. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118209>
- Marbun J, Rahsia SA, Widodo ML. Strategi pengelolaan lingkungan di daerah

- aliran sungai tayan dalam mengurangi pencemaran sungai. 2024;7:120–36.
- Maryono A. Reformasi Pengelolaan Sumberdaya Air. In: 1st ed. yogyakarta: gajah mada university press; 2018. p. 45. Available from: <https://ugmpress.ugm.ac.id/id/product/lingkungan/reformasi-pengelolaan-sumberdaya-air>.
- Pratiwi RS. Kerusakan Lingkungan Di Wilayah Sungai Kapuas, Kalimantan Barat. OSF Prepr. 2022;1–10.
- Prahardana MW, Basyaiban MK. Pencemaran Sungai Kapuas: Dampak dan Upaya Penanggulangan Pencemaran di Kalimantan Barat (2000-2021). Environ Pollut J. 2022;2(3):474–86.
- Rio Augusto. Kebijakan Pemerintah Daerah Dalam Pengendalian Pencemaran Air Sungai Kapuas (Studi Pada Daerah Kota Putussibau). Sekolah Tinggi Pembangunan Masyarakat Desa STPMD" APMD"; 2022.
- Simarmata MM, Masthura L, Augustine V, Iswahyudi I, Marbun J, Fauzia A, et al. Tata Ruang dan Lingkungan. In: 1 [Internet]. 1st ed. kita menulis; 2023.p. 1–120. Available from: <https://kitamenulis.id/2023/11/15/tata-ruang-dan-lingkungan>.
- Syamsudin, Martinus. Tinjauan Regulasi Pelayanan Publik Bidang Administrasi Dsesa Kecamatan Sungai Tebelian Kabupaten Sintang. *Perahu (Penerangan Hukum): Jurnal Ilmu Hukum*, 2019, 7.1.
- Tarigas Ramadhani R, Murni Harfinda E, Tia Nuraya Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan dan, Pertanian F, Nahdlatul Ulama Kalimantan Barat U, Raya K, et al. Tingkat Pencemaran Air Di Daerah Aliran Sungai (Das) Kapuas Kalimantan Barat Informasi Artikel a B S T R a K. 2023;01(01):106–20. Available from: <https://ejurnal.fmipa.uncen.ac.id/index.php/JIMKP/index>
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara, 2021.
- Xu, Xin, et al. Environmental pollution and kidney diseases. *Nature Reviews Nephrology*, 2018, 14.5: 313–324.
- Widiyati, Ani Djokosetiyanto, Daniel Bengen, Dietrieck Kholil M, Arifin dan Z. Analisis Faktor Penting Dalam Pengelolaan Perikanan Budidaya Di Keramba Jaring Apung Berkelanjutan Dengan Metode Interpretative Structural Modeling (ISM) Di Waduk Cirata, Jawa Barat. *akuakultur dan Lingkungan* [Internet]. 2009;4(2):277–90. Available from: [https://www.academia.edu/69877784/Permasalahan\\_pencemaran\\_akibat\\_k\\_eberadaan\\_keramba\\_jaring\\_apung\\_yang\\_terjadi\\_di\\_perairan\\_Waduk\\_Cirata\\_sangat\\_kompleks\\_Untuk\\_mengatasi\\_permasalahan\\_tersebut\\_baik\\_secara\\_t\\_eknis\\_maupun\\_non\\_teknis](https://www.academia.edu/69877784/Permasalahan_pencemaran_akibat_k_eberadaan_keramba_jaring_apung_yang_terjadi_di_perairan_Waduk_Cirata_sangat_kompleks_Untuk_mengatasi_permasalahan_tersebut_baik_secara_t_eknis_maupun_non_teknis).
- Warsilah H, Wardiat D. Pembangunan Sosial di Wilayah Perbatasan Kapuas Hulu, Kalimantan Barat [Internet]. 1st ed. jakarta: yayasan obor indonesia; 2017. 1–182 p. Available from: [https://obor.or.id/kapuas\\_hulu](https://obor.or.id/kapuas_hulu)