

Kelimpahan Bakteri *Nitrosomonas* sp. dan *Nitrobacter* sp. di Waduk PLTA Koto Panjang

Abundance of Bacteria Nitrosomonas sp. and Nitrobacter sp. at the Koto Panjang Hydropower Reservoir

Secilia Emmanuel Septio Pardede^{1*}, Budijono¹, Asmika Harnalin Simarmata¹

¹Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan,
Universitas Riau, Pekanbaru 28293 Indonesia
email: secilia.emmanuel4026@student.unri.ac.id

(Diterima/Received: 20 September 2025; Disetujui/Accepted: 15 Oktober 2025)

ABSTRAK

Waduk PLTA Koto Panjang digunakan untuk berbagai fungsi (waduk serbaguna) salah satunya budidaya keramba jaring apung (KJA). Kegiatan budidaya ini memberikan dampak berupa bahan organik yang meningkat didasar perairan diakibatkan pemberian pakan berlebih, akibatnya konsentrasi amoniak relatif tinggi di dasar, dimana amoniak bersifat toksik. Apabila amoniak diubah menjadi nitrit atau nitrat dalam proses nitrifikasi, tentunya membutuhkan oksigen dan bakteri nitrifikasi sehingga keberadaan oksigen akan mempengaruhi proses nitrifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelimpahan bakteri nitrifikasi di Waduk Koto Panjang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari- Maret 2024 di perairan Waduk PLTA Koto Panjang, Riau. Lokasi penelitian ditetapkan 3 stasiun dengan karakteristik yang berbeda. Metode penelitian yang digunakan berupa metode survei. Pengambilan sampel air dilakukan 3x selama 6 minggu dengan interval 2 minggu dengan titik sampling vertikal ditentukan, yaitu di permukaan air, kolom air 5 m, dan kolom air 10m. Parameter kualitas air yang diukur, antara lain suhu, pH, oksigen terlarut, kecerahan, amoniak, nitrit, dan nitrat. Kelimpahan bakteri *Nitrosomonas* sp. di permukaan berkisar 3,06-11,93 MPN/mL dan dikolom air berkisar 6,06-93,66 MPN/mL, dengan konsentrasi oksigen terlarut diperlukan air berkisar 7,77-8,59 mg/L dan dikolom air air 10m berkisar 4,45-5,44mg/L. Berdasarkan data yang diperoleh, bakteri *Nitrosomonas* sp. meningkat seiring bertambahnya kolom air, sedangkan oksigen menurun seiring bertambahnya kolom air. Tetapi, bakteri *Nitrobacter* sp. tidak ditemukan selama penelitian.

Kata Kunci: Kelimpahan Bakteri Nitrifikasi, *Nitrosomonas* sp., *Nitrobacter* sp.

ABSTRACT

The Koto Panjang hydropower reservoir is used for various purposes (multipurpose reservoirs), including the cultivation of floating net cages (KJA). This cultivation activity increases organic matter at the bottom of the water due to excess feeding, resulting in relatively high ammonia concentrations there, which are toxic. If ammonia is converted to nitrite or nitrate in the nitrification process, of course, it requires oxygen and nitrifying bacteria, so the presence of oxygen will affect the nitrification process. This study aims to determine the abundance of nitrifying bacteria in the Koto Panjang Reservoir. This research was carried out in February-March 2024 in the waters of the Koto Panjang Hydropower Reservoir, Riau. The research location was set at 3 stations with different characteristics. The research method used is in the form of a survey method. Water sampling was carried out 3 times for 6 weeks, with an interval of 2 weeks, with vertical sampling points determined, namely on the water surface, a 5 m water column, and a 10 m water column. The water quality parameters measured included temperature, pH, dissolved oxygen, brightness, ammonia, nitrite, and nitrate. Abundance of *Nitrosomonas* sp. on the surface ranges from 3.06-11.93 MPN/mL and in the water column ranges from 6.06-93.66 MPN/mL, with the concentration of dissolved oxygen on the surface of the water ranging from 7.77-8.59 mg/L and in the 10m water column ranging from 4.45-5.44mg/L. Based on the data obtained, the bacteria *Nitrosomonas* sp. increase as the water column

increases, while oxygen decreases as the water column increases. However, the bacteria *Nitrobacter* sp. were not found during the study.

Keywords: Abundance of Nitrifying Bacteria, *Nitrosomonas* sp., *Nitrobacter* sp.

1. Pendahuluan

Waduk Koto Panjang adalah waduk terluas yang ada di Sumatera dengan luas sebesar 12.400 Ha dengan kapasitas genangan efektif kisaran 1.545 juta km³ serta ketinggian muka air maksimal kisaran 85 mdpl. Waduk PLTA Koto Panjang merupakan waduk serbaguna, termasuk pembangkit listrik tenaga air, rekreasi, perikanan tangkap, budidaya ikan sistem KJA, transportasi, dan pengendali banjir. Dari seluruh aktivitas yang ada pada Waduk Koto Panjang, aktivitas utama adalah untuk PLTA dan budidaya ikan sistem KJA (Siagian, 2010). Aktivitas-aktivitas manusia yang berlangsung di waduk berpotensi mempengaruhi kualitas perairan di Waduk PLTA Koto Panjang.

Budidaya ikan KJA intensif dengan pemberian pakan buatan menggunakan sistem *ad libitum* yang cenderung terjadinya pemberian pakan berlebihan sehingga ada pakan yang tidak terkonsumsi tertimbun di dasar perairan. (Budijono *et al.*, 2021). Menurut Rahmansyah dalam Riza (2017) pakan yang masuk ke perairan dari KJA berkisar 30-40% tidak dikonsumsi oleh ikan dan akan terbuang ke badan air sebagai limbah. Selain itu, sisa metabolisme seperti feses dan urin dari budidaya berpotensi menjadi beban perairan dalam bentuk bahan organik. Menurut Gustiyo (2021) kandungan bahan organik total yang diukur umumnya >12,5 mg/L dan semakin tinggi pada kolom air 4 m sebesar 17,7 mg/L. Berdasarkan data tersebut, bahan organik total yang ada di Waduk Koto Panjang telah melewati baku mutu yang mengacu pada PP RI No.22 Tahun 2021 yaitu < 12,5 mg/L. Bahan organik akan diuraikan oleh dekomposer menjadi CO₂, unsur hara dan gas toksik seperti amoniak. Bahan toksik dioksidasi ke bentuk yang kurang berbahaya dalam proses nitrifikasi. Proses nitrifikasi membutuhkan oksigen dan bakteri nitrifikasi.

Menurut Ripple (2003) proses nitrifikasi dapat berlangsung jika adanya oksigen dan bakteri nitrifikasi. Bakteri nitrifikasi mengkonsumsi oksigen dalam jumlah yang besar untuk dapat mengubah NO₂ menjadi NO₃ membutuhkan oksigen minimal 2 mg/L. Hasil

penelitian sebelumnya yang menunjukkan DO berkurang semakin bertambahnya kolom air, sehingga proses nitrifikasi terpengaruh. Apabila proses nitrifikasi terhambat, maka bahan toksik akan lebih banyak dihasilkan. Hal ini tentunya akan berpengaruh pada organisme budidaya karena ikan dikurung dalam keramba. Sementara Waduk Koto Panjang digunakan untuk budidaya dalam KJA.

Sebelumnya penelitian tentang kelimpahan bakteri nitrifikasi belum pernah dilakukan di Perairan Waduk Koto Panjang. Namun, pada penelitian Simarmata (2007) di Waduk IR. H. Juanda Purwakarta, Jawa Barat sudah pernah dilakukan penelitian tentang kelimpahan bakteri *Nitrosomonas* sp. dan *Nitrobacter* sp. pada kolom air yang berbeda dengan metode MPN menggunakan media spesifik yang memungkinkan hanya bakteri *Nitrosomonas* sp. dan *Nitrobacter* sp. yang akan tumbuh pada media tersebut. Kelimpahan bakteri *Nitrosomonas* sp. dan *Nitrobacter* sp. di Waduk IR. H. Juanda berkisar 0,6-140 MPN/mL. Oleh karena itu, penelitian kelimpahan bakteri *Nitrosomonas* sp. dan *Nitrobacter* sp. di Waduk Koto Panjang dilakukan agar dapat digunakan sebagai informasi dasar untuk pengelolaan Waduk yang berkelanjutan.

2. Metode Penelitian

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari-Maret 2024 di Waduk PLTA Koto Panjang, Bangkinang, Tanjung Alai, Bangkiang, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Analisis data kelimpahan bakteri Nitrifikasi dilaksanakan di laboratorium Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau.

2.2. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei dengan melakukan pengamatan langsung ke lokasi penelitian. Data yang dikumpulkan berupa data primer dan sekunder. Data primer terdiri dari data kelimpahan bakteri nitrifikasi dan kualitas air yang diukur di lapangan dan laboratorium.



Gambar 1. Lokasi penelitian

2.3. Prosedur

Penentuan Stasiun Penelitian

Penetapan stasiun dilakukan berdasarkan survei lapangan dengan memperhatikan karakteristik waduk PLTA Koto Panjang. Pengambilan sampel dilakukan pada tiga stasiun. Stasiun I terletak di *Dam site* bagian hilir dari waduk dengan karakteristik terdapat kegiatan KJA (Keramba Jaring Apung) dan pemukiman penduduk. Stasiun II di dekat daerah bagian tengah waduk (Jembatan I) yang berlokasi di desa Tanjung Alai dengan karakteristik stasiun terdapat beberapa pemukiman penduduk, keramba jaring apung dengan jumlah sedikit dan tempat pemancingan. Stasiun III di Danau Rusa yang karakteristik disekitarnya tidak terdapat pemukiman penduduk, banyak terdapat batang-batang pohon sisa penggenangan dan tidak terdapat KJA disekitarnya.

Pengambilan Sampel Bakteri *Nitrosomonas* sp. dan *Nitrobacter* sp.

Pengambilan sampel Bakteri *Nitrosomonas* sp. dan *Nitrobacter* sp. diambil pada tiga stasiun dengan 3 kolom air yang berbeda yaitu pada permukaan, kolom air 5 m, dan kolom air 10 m. Pada permukaan, pengambilan sampel air langsung diambil menggunakan botol sampel, sedangkan pada kolom air 5 m dan 10 m menggunakan *water sampler* yang dimasukkan ke waduk dengan kolom air yang telah ditentukan dan air sampel dimasukkan ke dalam botol sampel. Setelah itu, sampel dibawa ke laboratorium untuk dikultur menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN) dimana bakteri nitrifikasi dikonfirmasi dengan adanya tabung positif. Kelimpahan bakteri dihitung berdasarkan nilai pada tabel MPN (USFDA Bacterial Analytical Manual).

Pengukuran Kualitas Air

Parameter kualitas air yang digunakan adalah suhu, derajat keasaman (pH), kecerahan, Oksigen Terlarut (DO), amoniak, nitrit, dan nitrat

Analisis Data

Data hasil kelimpahan bakteri *Nitrosomonas* sp. dan *Nitrobacter* sp. maupun parameter kualitas air diolah dengan menggunakan Microsoft Excel dan ditabulasikan dalam bentuk tabel dan grafik, kemudian dijelaskan secara deskriptif yang mengacu pada kriteria literatur.

3. Hasil dan Pembahasan

Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Waduk Koto Panjang adalah sebuah waduk yang terletak di Kecamatan XIII Koto Kampar, Kabupaten Kampar, Riau yang memiliki luas dengan luas genangan mencapai 12.400 Ha dan kolom air air berkisar antara 73-85 m. Siagian(2010). Secara administratif, perairan waduk ini berada pada koordinat $00^{\circ}18'8,46''$ LU dan $100^{\circ}46'69,8''$ BT di Desa Batu Bersurat dan pada koordinat $00^{\circ}17'20,8''$ LU dan $100^{\circ}52'46,7''$ BT di Desa Rantau Berangin (Rosalina *et al.*, 2014). Waduk Koto Panjang mendapatkan sumber air utamanya dari Sungai Batang Kampar Kanan, serta sungai-sungai kecil lainnya seperti Batang Gulamo dan Batang Mahat.

Fungsi utama Waduk Koto Panjang saat ini adalah sebagai Pembangkit Tenaga Listrik Air dan pengendali banjir. Namun, terdapat juga beberapa aktivitas masyarakat di sekitar Waduk Koto Panjang seperti pertanian dan perkebunan, perikanan keramba jaring apung (KJA), dan adanya aktivitas pengelolaan lahan. Lahan sekitar waduk telah banyak yang berubah fungsi menjadi lahan perkebunan yang kemudian menyebabkan penurunan kualitas perairan karena ketika musim penghujan akan terjadi erosi sehingga banyak partikel tanah yang masuk ke dalam badan air (Warsa *et al.*, 2017).

Kelimpahan Bakteri *Nitrosomonas* sp. dan *Nitrobacter* sp. di Waduk PLTA Koto Panjang

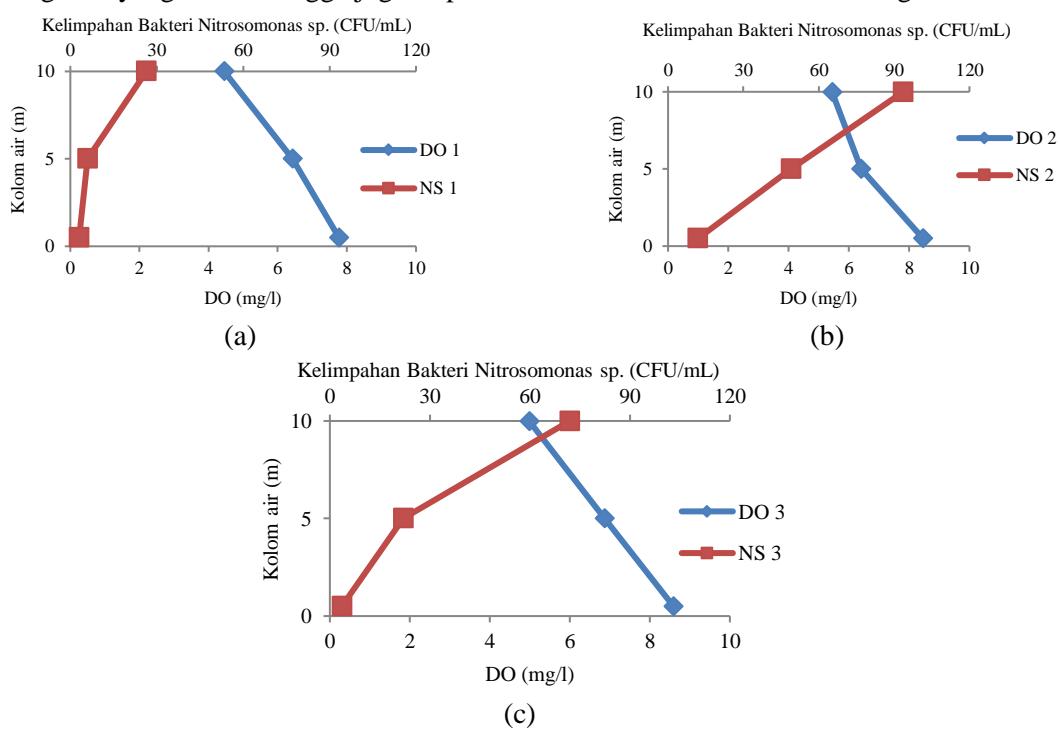
Hasil penelitian yang dilakukan di Waduk PLTA Koto Panjang, diperoleh kelimpahan Bakteri *Nitrosomonas* sp. berkisar 3,06-93,6 MPN/mL. Apabila dilihat ternyata bakteri

Nitrosomonas sp. cenderung meningkat dengan bertambahnya kolom air, tetapi antar setiap stasiun kelimpahan bakteri *Nitrosomonas* sp. berbeda. Kelimpahan bakteri *Nitrosomonas* sp. semakin banyak seiring bertambahnya kolom air diduga karena keberadaan bahan organik yang semakin tinggi seiring bertambahnya kolom air, sehingga sumber makanan untuk bakteri *Nitrosomonas* sp. tersedia di kolom air dibandingkan di permukaan air. Pada Stasiun 2 kelimpahan bakteri *Nitrosomonas* sp. terbanyak dibandingkan dengan stasiun lainnya dikarenakan ketersediaan bahan organik dan arus yang tenang di stasiun 2 sehingga bahan organik cenderung mengendap di stasiun 2, sedangkan di Stasiun 1 karena adanya arus dari aktivitas perahu sehingga bahan organik cenderung teraduk. Hal ini didukung oleh pendapat Gustiyo (2021), konsentrasi bahan organik semakin dalam semakin meningkat yaitu berkisar 10,95-15,59 mg/L di permukaan dan 12,64-17,20 mg/L di kolom air 4 m.

Menurut Gustiyono (2021) kandungan bahan organik sudah melebihi baku mutu di *Dam site* sedangkan di dekat jembatan 1 rentang konsentrasi bahan organik tidak jauh dari baku mutu yang ditetapkan. Kandungan bahan organik yang terlalu tinggi juga dapat

menghambat pertumbuhan bakteri *Nitrosomonas* sp. karena terjadinya kompetisi oksigen antara bakteri pengurai bahan organik dan bakteri nitrifikasi. Ketika konsentrasi bahan organik sangat tinggi, bakteri pengurai bahan organik akan berkembang pesat dan mengonsumsi oksigen dalam jumlah besar. Hal ini dapat menyebabkan ketersediaan oksigen bagi bakteri nitrifikasi menjadi terbatas, sehingga proses nitrifikasi terhambat. Kelimpahan bakteri *Nitrosomonas* sp. di stasiun 1 lebih sedikit dibandingkan di stasiun lainnya diduga karena proses nitrifikasi yang terhambat karena bahan organik yang terlalu tinggi di *Dam site*.

Selama penelitian, konsentrasi oksigen terlarut dikolom air air 10m berkisar 4,45-5,44mg/L pada dan dipermukaan air berkisar 7,77-8,59 mg/L. DO di setiap stasiun Waduk Koto Panjang selama penelitian kurang lebih hampir sama dan mengalami penurunan seiring bertambahnya kolom air. Namun, masih cukup untuk proses nitrifikasi oleh bakteri *Nitrosomonas* sp. Konsentrasi oksigen selama penelitian masih mendukung kehidupan dan aktivitas bakteri *Nitrosomonas* sp. sesuai dengan pendapat Yu et al. (2010) bahwa kadar oksigen terlarut minimum untuk kehidupan bakteri nitrifikasi adalah 2 mg/L.



Gambar 2. Kelimpahan bakteri *Nitrosomonas* sp.; (a) Stasiun 1, (b) Stasiun 2, (c) Stasiun 3

Secara keseluruhan, kelimpahan *Nitrosomonas* sp. cenderung meningkat seiring

dengan bertambahnya kolom air di semua stasiun. Namun, terdapat variasi yang

signifikan antar stasiun dan periode sampling, Stasiun 2 menunjukkan kelimpahan tertinggi, terutama pada kolom air 10 m. Pola ini diduga mencerminkan perbedaan kondisi lingkungan atau ketersediaan nutrisi di setiap stasiun dan kolom air yang mempengaruhi keberadaan bakteri *Nitrosomonas* sp. Perbedaan pola ini mencerminkan dinamika populasi *Nitrosomonas* sp. yang kompleks, dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan seperti suhu air, pH, ketersediaan nutrisi, tingkat oksigen terlarut, serta interaksi dengan mikroorganisme lain. Selain itu, sebagai organisme aerob yang bergantung pada ketersediaan oksigen, perubahan dalam siklus nitrogen atau konsentrasi oksigen perairan akibat perubahan ekosistem dapat berdampak besar pada bakteri ini. Variasi temporal dan spasial yang terlihat diduga juga dipengaruhi oleh perubahan musim, aktivitas manusia di sekitar lokasi sampling, atau perubahan kondisi ekosistem (Hooper *et al.*, 1973).

Bakteri *Nitrobacter* sp. tidak ditemukan selama penelitian berlangsung pada perairan Waduk Koto Panjang diduga karena tidak banyak ketersediaan nitrit yg merupakan sumber makanan bagi bakteri *Nitrobacter* sp (Gambar 2). Faktor-faktor lain yang dapat mengakibatkan ketidaktersediaan *Nitrobacter* sp. seperti : konsentrasi pH yang terlalu rendah, suhu yang ekstrem, dan kekurangan oksigen yang kemudian dapat menghambat pertumbuhan bakteri ini. *Nitrobacter* sp. merupakan bakteri aerob yang artinya memerlukan oksigen untuk respirasi yang mana konsentrasi oksigen terlarut yang rendah dapat menghambat aktivitas dan keberadaan bakteri tersebut. Adanya bahan polutan dan kimia juga dapat menghambat aktivitas organisme ini dan dapat membunuh bakteri tersebut (Gee *et al.*, 1990).

Parameter Kualitas Perairan

Suhu yang diukur pada lokasi penelitian berkisar 28,1-33,3°C. Rentang suhu yang dapat selama penelitian masih dapat mendukung untuk kehidupan bakteri nitrifikasi. Semakin dalam perairan maka suhu semakin rendah, suhu terendah ada di stasiun 3 pada kolom air 10 m. Sedangkan suhu tertinggi ada di stasiun 2 di permukaan air (0,5 m). Kriteria suhu ideal untuk kecepatan pertumbuhan bakteri *Nitrosomonas* sp. dan *Nitrobacter* sp. berkisar 8-30°C, sedangkan

suhu optimum sekitar 30°C (Hidlebaugh & Miler *dalam Said et al.*, 2014).

Pengukuran derajat keasaman selama penelitian berkisar 5,41-6,79, pH diperairan ini cenderung asam dan tidak ditemukan konsentrasi pH netral atau basa diatas 7. Hal ini dapat dipengaruhi juga oleh keadaan suhu dimana suhu yang meningkat umumnya akan meningkatkan derajat keasaman, pembuangan limbah domestik seperti deterjen dan sabun yang dapat mengandung senyawa yang dapat mengubah pH, dan juga hujan asam. Perubahan pH yang semakin asam juga dapat berpengaruh pada kehidupan akuatik di suatu perairan.

Hasil pengukuran parameter kimia amoniak berkisar 0,0562–0,0718 mg/L di Waduk PLTA Koto Panjang meningkat seiring bertambahnya kolom air di Stasiun S1, S2, dan S3. Konsentrasi amoniak tertinggi di Stasiun 1 pada kolom air 10m sedangkan konsentrasi terendah di Stasiun 2 pada permukaan air. Berdasarkan pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Baku Mutu Air Nasional pada konsentrasi Amoniak untuk budidaya ikan sebaiknya 0,2 mg/L. Konsentrasi amoniak selama penelitian masih dibawah baku mutu yang ditetapkan.

Hasil pengukuran parameter kimia nitrit berkisar 0,0578-0,0821 mg/L. Konsentrasi Nitrit terendah di stasiun 3 di kolom air 10m dan konsentrasi nitrit tertinggi di stasiun 1 pada permukaan. Hal ini didukung menurut PP RI No. 22 Tahun 2021 berdasarkan baku mutu air nasional untuk konsentrasi maksimal nitrit di perairan yang dapat ditoleransi ikan dalam budidaya sebesar 0,06 mg/L. Kadar nitrit di perairan ini hanya lebih tinggi 0,02 mg/L dari kadar baku mutu yang telah ditetapkan.

4. Kesimpulan dan Saran

Kelimpahan bakteri *Nitrosomonas* sp. yang ditemukan di perairan Waduk Koto Panjang berkisar 3,03-93,6 MPN/mL, dengan konsentrasi oksigen terlarut berkisar 7,73-8,59 mg/L di permukaan air dan 4,45-5,43 mg/L pada kolom air air 10 m. Pada penelitian ini bakteri *Nitrobacter* sp. tidak ditemukan. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa kelimpahan bakteri *Nitrosomonas* sp. tertinggi ada pada kolom air 10 m. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih mendalam terhadap bakteri *Nitrosomonas* sp. secara vertikal di pusat

Keramba Jaring Apung (KJA) pada stasiun 1 (*Dam site*). Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk mengoptimalkan strategi pengelolaan lingkungan perairan, terutama dalam menjaga keseimbangan siklus nitrogen.

Daftar Pustaka

- Budijono, B., Suharman, I., & Hendrizal, A. (2021). Dynamics of Water Quality in Koto Panjang Reservoir, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 934(1): 1-9.
- Gee, C.S., Pfeffer, J.T., & Suidan, M.T. (1990). *Nitrosomonas* and *Nitrobacter* Interactions in Biological Nitrification. *Journal of Environmental Engineering*, 116(1): 4-17.
- Gustiyo, P.E. (2021). Studi Kandungan TOM dan BOD₅ berdasarkan Kolom air Berbeda Sekitar Aktivitas Keramba Jaring Apung (KJA) Berlapis di Waduk PLTA Koto Panjang Kabupaten Kampar Provinsi Riau. *Jurnal Sumberdaya dan Lingkungan Akuatik*, 2(2): 1-11.
- Hooper, A.B., & Terry, K.R. (1973). Specific Inhibitors of Ammonia Oxidation in *Nitrosomonas*. *Journal of Bacteriology*, 115(2): 480-485.
- Ripple, W. (2003). *Nitrification Basics for Aerated Lagoon Operators*. 4th Annual Lagoon Operators Round Table Discussion, Ashland WWTF.
- Riza, M.S. (2017). Dampak Pengembangan Keramba Jaring Apung terhadap Daya Dukung Waduk Koto Panjang di Kabupaten Kampar. *Jurnal Kebijakan Pembangunan dan Inovasi*, 2(2) : 27-41.
- Rosalina, H., Sujianto, S., & Siregar, S. H. (2014). Strategi Pengembangan Ekowisata di Kawasan Waduk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Koto Panjang Kabupaten Kampar. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 1(2): 97-108.
- Said, N.I., & Syabani, M.R. (2014). Penghilangan Amoniak di dalam Air Limbah Domestik dengan Proses Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). *Jurnal Air Indonesia*, 7(1): 44-65.
- Siagian, M. (2010). Daya Dukung Waduk PLTA Koto Panjang Kampar Provinsi Riau. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 15(1): 25-38.
- Simarmata, A.H. (2007). *Kajian Keterkaitan antara Kemampuan Cadangan Oksigen dengan Beban Masukan Bahan Organik di Waduk Ir. H. Juanda Purwakarta, Jawa Barat*. IPB University.
- Warsa, A., Krismono, A.S.N., & Nurfiarini, A. (2017). Sumber Daya Perikanan Tangkap di Waduk Koto Panjang, Riau. *BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap*, 2(3): 93-97.
- Yu, R., & Chandran, K. (2010). Strategies of *Nitrosomonas europaea* 19718 to Counter Low Dissolved Oxygen and High Nitrite Concentrations. *BMC microbiology*, 10(1): 70.