



Performa Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) Sederhana Tambak Udang Vaname di Desa Ruguk, Kecamatan Ketapang, Kabupaten Lampung Selatan

Performance of Simple Wastewater Treatment Installation (WWTP) for Vaname Shrimp Pond in Ruguk Village, Ketapang District, South Lampung Regency

Sepnina Like Lestari^{1,4}, Qadar Hasani^{1,4}, Agus Setyawan^{2,4}, Tugiyono^{3,4}, Gregorius Nugroho Susanto^{3,4}, Endang Linirin Widiastuti^{3,4}, Revilarita Arlanda^{2,4}, Nurul Khasanah^{2,4}, Supono^{2,4}

¹Sumberdaya Akuatik, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Lampung, Indonesia 35141

²Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Lampung, Indonesia 35141

³Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Lampung, Indonesia 35141

⁴Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut, Fakultas Multidisiplin Pasca Sarjana, Universitas Lampung, Lampung, Indonesia 35141

Info Artikel:

Diterima: 6 Desember 2024

Revisi: 28 Desember 2024

Disetujui: 3 Januari 2024

Dipublikasi: 31 Mei 2025

Kata Kunci:

WWTP, Limbah Tambak, Reduksi, Udang Vaname

Penulis Korespondensi:

Sepnina Like Lestari

Sumberdaya Akuatik, Fakultas
Pertanian, Universitas Lampung,
Lampung, Indonesia 35141

Email: sepninalikelestari@gmail.com



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

Copyright © 2025 by Authors.

Published by Program Studi

Manajemen Sumberdaya Perairan
Universitas Maritim Raja Ali Haji.

ABSTRAK. Intensifikasi budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) tidak hanya meningkatkan produksi udang tetapi juga berdampak pada penurunan kualitas air buangan dari tambak udang ke perairan pantai. Pengadaan instalasi pengolahan air limbah pada *outlet* mbah budidaya udang menjadikan salah satu pilihan untuk mereduksi bahan pencemar. Tujuan penelitian ini untuk mengevaluasi IPAL dalam mereduksi kandungan fosfat, nitrat, total amonia nitrogen (TAN), total organik matter (TOM) di tambak udang vaname Desa Ruguk, Kecamatan Ketapang, Kabupaten Lampung Selatan. Sebanyak dua kolam digunakan sebagai IPAL (IPAL 1 dan IPAL 2) dengan luas kolam masing-masing 2.054 m² dari 12 kolam tambak udang vaname. Keberadaan IPAL di tambak dievaluasi dengan pengukuran kualitas air di empat stasiun yaitu *outlet*, kolam IPAL 1, kolam IPAL 2, dan *main outlet* atau aliran Sungai sebanyak tiga kali (Sebelum panen, panen parsial, dan panen total). Parameter kimia yang diukur pada penelitian ini yaitu pH, nitrat, fosfat, *total amonia nitrogen* (TAN), alkalinitas, oksigen terlarut. Serta, mengamati pertumbuhan parameter biologi yaitu *total Vibrio count* (TVC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas IPAL sederhana tidak efisien menurunkan nitrat (9%), pH (3%), alkalinitas (12%). Sedangkan salinitas (31%), DO (41%), fosfat (55%), dan TAN (61%), termasuk cukup efisien. Kelimpahan bakteri *Vibrio* meningkat 95% menuju *day of care* DOC 134 (panen total).

ABSTRACT. Intensification of vannamei shrimp farming (*Litopenaeus vannamei*) has not only increased shrimp production but also resulted in a decrease in the quality of waste water from shrimp ponds to coastal waters. The provision of wastewater treatment plants at the outlet of shrimp farming effluents makes one of choices to reduce pollutants. The purpose of this study was to evaluate the WWTP in reducing phosphate, nitrate, total amonia nitrogen (TAN), total organic matter (TOM) in vannamei shrimp ponds in Ruguk Village, Ketapang District, South Lampung Regency. Two ponds were used as WWTPs (WWTP 1 and WWTP 2) with an area of 2,054 m² each from 12 ponds of vannamei shrimp. The presence of WWTP in the ponds was evaluated by measuring water quality at four stations: outlet, WWTP pond 1, WWTP pond 2, and main outlet three times (pre-harvest, partial harvest, and total-harvest). The chemical parameters measured in this study were pH, nitrate, phosphate, total amonia nitrogen (TAN), alkalinity, dissolved oxygen. Also, observing the growth of biological parameters, namely total *Vibrio count* (TVC). The results showed that the effectiveness of simple wastewater treatment was inefficient in reducing nitrate (9%), pH (3%), alkalinity (12%). While salinity (31%), DO (41%), phosphate (55%), and TAN (61%), were quite efficient. The abundance of *Vibrio* bacteria increased by 95% towards day of care DOC 134 (total harvest).

How to cite this article:

Lestari, S.L., Hasani, Q., Setyawan, A., Tugiyono, Susanto, G.N., Widiastuti, E.L., Arlanda, R., Kasanah, N., & Supono. (2025). *Performa Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) Sederhana Tambak Udang Vaname di Desa Ruguk, Kecamatan Ketapang, Kabupaten Lampung Selatan*. Jurnal Akuatiklestari, 8(2): 202-212. DOI: <https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v8i2.7112>

1. PENDAHULUAN

Budidaya tambak udang tradisional yang berorientasi menjadi sistem intensif membantu peningkatan komersial. Sistem budidaya udang secara intensif dapat meningkatkan padat tebar dengan produktivitas dan keunggulan udang yang terjamin (Mangarangi *et al.*, 2020). Budidaya udang intensif di Desa Ruguk mengusung sistem kolaborasi dan kerjasama antar koperasi unit desa dan *stakeholder*. Sistem budidaya udang intensif memicu penggunaan pakan udang yang berlebih. Peningkatan jumlah pakan dapat meningkatkan retensi Nitrogen (N) dan Fosfor (P) yang dapat menyebabkan eutrofikasi bahkan peningkatan amonia pada setiap 50gr pakan. Selain itu, pupuk tambahan, feses udang, dan organisme mati juga dapat meningkatkan konsentrasi hidrogen sulfida (H_2S) yang menjadikan limbah air tidak dapat digunakan kembali (Ridwan *et al.*, 2023).

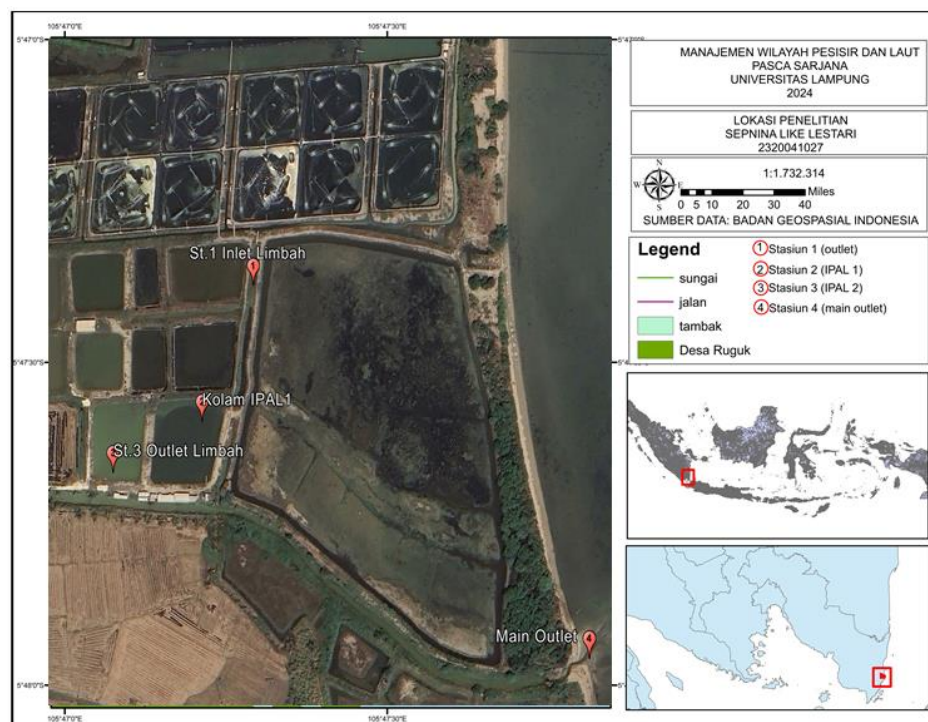
Pembuangan limbah budidaya berpotensi mencemari lingkungan terutama bagi organisme akuatik di sekitar aliran limbah. Upaya yang telah dilakukan pembudidaya untuk mengurangi cemaran limbah adalah pembuatan instalasi pembuangan akhir limbah (IPAL) sederhana. Sistem pengolahan limbah di Desa Ruguk sejak tahun 2022 membuat kolam penampung limbah dengan sistem sedimentasi tanpa penerapan fisik dan biologis. Tambak udang yang ada di Desa Ruguk dilengkapi dengan sistem IPAL sederhana tanpa aerasi dan fitoremediasi, terdiri dari 12 kolam tambak udang dan 2 kolam IPAL. Pada lokasi yang berdekatan terjadi kerugian akibat wabah penyakit IMNV mencapai 34,83% atau Rp 49.906.080/tahun pada tambak udang vaname Pinang Gading, Lampung Selatan (Hidayatullah *et al.*, 2024). Beberapa kasus penyakit yang ditemukan di Kecamatan Ketapang, Kabupaten Lampung selatan yaitu *white spot disease* (WSD) sebesar 58,9%, *infectious myonecrosis virus* (IMNV) sebesar 33,9%, dan *Infectious Hypodermal and Hematopoietic Necrosis Virus* (IHHNV) sebesar 7,1% (BKIPM Lampung, 2020; Sumino *et al.*, 2020; Setyawan *et al.*, 2023).

Desa Ruguk memiliki tambak udang dua belas kolam budidaya dengan satu kanal sedimentasi yang akan dialirkan ke kolam IPAL 1 dan kolam IPAL 2, tanpa aerasi dan tanaman fitoremediasi. Sistem IPAL sederhana digunakan untuk mengurangi dan memisahkan polutan yang terkontaminasi dengan air (Notonegoro & Priyambada, 2023). Sistem IPAL sederhana dianggap sebagai salah satu cara termudah untuk mengolah limbah hanya dengan kolam pengendapan tanpa perlakuan (Jackson *et al.*, 2003). Beberapa kasus penyakit yang menyerang udang vaname di sekitar Kecamatan Ketapang, Desa Ruguk dan sekitar memperkuat penelitian untuk mengetahui performa IPAL sederhana di Desa Ruguk, Lampung Selatan. Oleh karena itu, penting dilakukannya penelitian ini untuk membuktikan tujuan terhadap performa IPAL sederhana dalam mereduksi kandungan pH, nitrat, fosfat, *total amonia nitrogen* (TAN), alkalinitas, oksigen terlarut. Serta, mengamati pertumbuhan parameter biologi yaitu *total Vibrio count* (TVC).

2. BAHAN DAN METODE

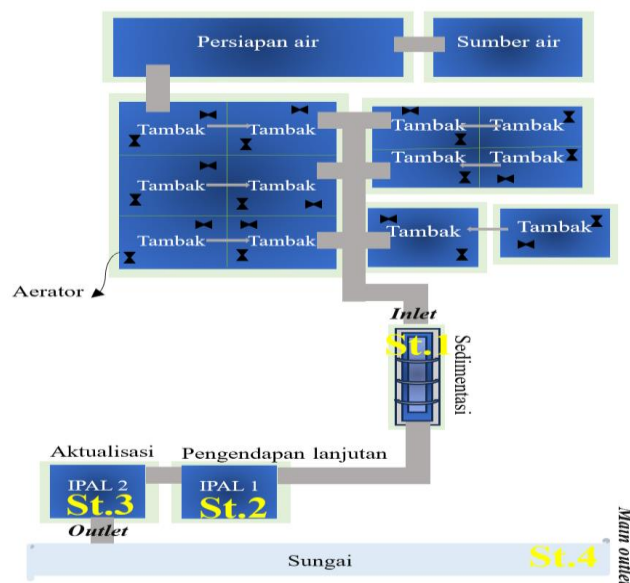
2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret sampai September 2024. Sampel air diambil di lokasi budidaya udang vaname di Desa Ruguk, Kecamatan Ketapang, Kabupaten Lampung Selatan (Gambar 1). Sampel dianalisis di Laboratorium Produktivitas Lingkungan Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan Laboratorium Kualitas Air, Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Desa Ruguk, Kecamatan Ketapang, Kabupaten Lampung Selatan

Tambak udang di Desa Ruguk memiliki 12 kolam tambak udang vaname dengan masing-masing luas kolam 2.054m^2 (Gambar 2). Sumber air budidaya udang di Desa Ruguk berasal dari Pantai Ketapang yang di netralsir pada kolam *inlet* sebelum digunakan. Volume air pada setiap kolam tambak berkisar 28 cm^3 . Setiap dua hari sekali dilakukan siphon untuk menjaga kualitas air tambak dari limbah endapan sisa pakan dan feses. Air dialirkan ke kanal sedimentasi (*outlet*) dengan panjang kanal 210 meter dan lebar 5 meter. Sistem IPAL yang terdapat di Desa Ruguk menggunakan sistem sederhana, dimana *outlet* merupakan aliran pertama air limbah yang masuk ke kanal sedimentasi dan pengeringan partikel limbah. Tahap selanjutnya air akan mengalir ke kolam IPAL 1 yang akan membantu mengendapkan dan mereduksi limbah budidaya udang. Kandungan mikropolutan air yang kurang optimal diendapkan akan direduksi kembali di kolam aktualisasi atau IPAL 2 sebelum dialirkan ke sungai dan laut. Sistem IPAL ini tidak menggunakan aerator dan fitoremediasi.



Gambar 2. Skema Aliran Limbah Sampai ke IPAL Sederhana di Desa Ruguk

Sampel air diambil sebanyak 1.000 mL dimasukkan kedalam botol sampel untuk diuji di laboratorium. Sampel diambil dengan kedalaman kurang lebih 5 cm dari permukaan air sesuai dengan SNI 06-6989.11:2004. Sampel air disimpan di dalam botol dan *coolbox* sebelum dianalisis di laboratorium. Proses pengambilan sampel dibarengi dengan pengukuran kualitas air secara langsung menggunakan alat sederhana. Sampel diambil sebanyak 3 kali dengan kurun waktu satu siklus (sebelum panen *day of care* (DOC 45), panen parsial (DOC 113), dan panen total (DOC 139)).

2.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu pH meter untuk mengukur tingkat keasaman air, refraktometer untuk mengukur salinitas air, *Dissolved Oxygen* (DO) meter untuk mengukur oksigen terlarut, buret digunakan untuk titrasi alkalinitas, spektrofotometer digunakan untuk mengukur nitrat, fosfat, dan TAN. Selain itu, beberapa alat tambahan yang digunakan pada setiap pengukuran yaitu botol sampel, *coolbox*, kertas saring *Whatman* no.42 dengan ukuran $0,01\text{ }\mu\text{m}$, timbangan digital, labu ukur, tabung reaksi, cawan petri dan pipet tetes. Bahan yang digunakan pada pengujian nitrat yaitu *sulfanilamide*, *namptil*, dan nitrat test-kit. Pengujian fosfat menggunakan asam askorbat, ammonium molibdat, H_2SO_4 4,5M, kalium antimonil tetrat; pada TAN yaitu larutan fenol, natrium nitruksit, dan larutan oksidator; pada alkalinitas menggunakan phenolptalein, H_2SO_4 0,02N, BCG-MR; pada pembuatan media TVC yaitu *Thiosulfate Citrate Bile Salt Sucrose Agar* (TCBSSA) dan aquades.

2.3. Prosedur Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksploratif dengan mengevaluasi performa IPAL sederhana pada budidaya udang yang dipelihara secara intensif di Desa Ruguk, Kecamatan Ketapang, Kabupaten Lampung Selatan. Variabel penelitian digunakan untuk menentukan metode yang akan digunakan dalam pengujian kualitas air. Sampel diambil sebanyak 3 kali dengan kurun waktu satu siklus pada pemeliharaan udang (sebelum panen *day of care*/DOC 45, panen parsial DOC 113, dan setelah panen DOC 139).

Sampel air diambil pada empat stasiun (*outlet*, IPAL 1, IPAL 2, dan *main outlet*) sebanyak 1.000 mL menggunakan botol sampel untuk diuji di laboratorium. Sampel diambil dengan kedalaman kurang lebih 5 cm dari permukaan air sesuai dengan SNI 06-6989.11:2004. Sampel air dimasukkan dalam botol dan disimpan dalam *coolbox* sebelum dianalisis di laboratorium. Proses pengambilan sampel bersamaan dengan pengukuran kualitas air secara langsung menggunakan alat sederhana. Pengukuran dimulai dengan pengukuran pH, suhu, salinitas, kecerahan. Tingkat keasaman sampel air diukur menggunakan pH meter dengan memasukkan pH meter sedalam 5 cm air pada setiap stasiun (SNI 06-6989.11:2004).

Tahap selanjutnya yaitu pengukuran oksigen terlarut menggunakan DO meter. Pengukuran oksigen terlarut dibarengi dengan pengukuran suhu menggunakan termometer. Kecerahan menggunakan *secchidisk*, serta salinitas diukur menggunakan refraktometer.

2.4. Prosedur Kerja

2.4.1. Nitrat

Pengukuran nitrat menggunakan 50 mL sampel air yang disaring menggunakan kertas saring *whatman* 42 μm . Air hasil saringan di ambil 10 mL dimasukkan ke tabung reaksi bersama dengan 5 tetes EDTA, 10 tetes *sulfanilamide* dan naptil kemudian dialirkan di saringan kolom Cd. Tahap terakhir didiamkan selama 10 menit kemudian dimasukkan ke dalam spektrofotometer dengan gelombang 543 nm (Beranda et al., 2020).

2.4.2. Fosfat

Pengukuran fosfat menggunakan sampel yang sudah disaring *whattman* 0,45 μm sebanyak 50 ml. Sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi bersama 1 ml asam askorbat dan dihomogenkan. Tahap selanjutnya menambahkan 1 ml larutan campuran (12,5 ml amonium molibdat, 25 ml H_2SO_4 4,5M serta 2 mL kalium antimonil ttrat) dihomogenkan dan didiamkan selama 10 menit dan dimasukkan ke dalam spektrometer dengan panjang gelombang 880 nm (SNI 8567:2018; Beranda et al., 2020).

2.4.3. Total Amonia Nitrogen (TAN)

Pengujian kandungan total amonia nitrogen berdasarkan badan standarisasi nasional SNI 19-6964.3-2003 dilakukan dengan 25 ml air sampel disaring menggunakan kertas saring ukuran pori 0,45 μm . Sampel yang telah disaring diambil 10 ml air sampel kemudian ditambahkan 0,5ml larutan fenol; 0,5ml larutan natrium nitroprusid; dan 1 ml larutan oksidator. Ketiga larutan beserta air sampel dihomogenkan dan didiamkan selama 1 jam (Yudiati et al., 2010). Tahap terakhir yaitu pengukuran menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 640 nm.

2.4.4. Alkalinitas

Sampel sebanyak 25 mL ditambahkan dua tetes phenolptalein, jika warna bening menandakan $\text{CO}_3^{2+}=0$, namun jika berwarna merah muda dititrasi dengan H_2SO_4 0,02N sampai berubah menjadi bening. Tahap selanjutnya sampel ditambahkan dua tetes indikator BCG-MR dan dilakukan titrasi kembali dengan H_2SO_4 0,02N sampai warna biru hilang. Volume titran yang terpakai (mL) dicatat untuk dihitung alkalinitasnya (APHA 1998; Bintoro & Abidin, 2014).

$$\text{Total alkalinitas (mg/L)} = \frac{V \times N \times 50 \times 1000}{\text{Volume sampel}}$$

V = Volume titran H_2SO_4 (mL)

N = Normalitas titran H_2SO_4

V sampel = Volume sampel (mL)

2.4.5. Total *Vibrio* Count (TVC)

Kelimpahan bakteri *Vibrio spp.* yang berasal dari air limbah budi daya udang vanname sebanyak 1 kali pada tiga stasiun. Media untuk mengukur TVC menggunakan media *Thiosulfate Citrate Bile Salt Sucrose Agar* (TCBS) dengan metode *pour plating*. Sebanyak 0,1 ml sampel di tuang ke dalam cawan petri menggunakan mikro pipet ke dalam media TCBS dan diratakan menggunakan *spreader*. Tahap terakhir diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Selanjutnya yaitu identifikasi kelimpahan koloni bakteri *Vibrio spp.* yang tumbuh di cawan petri dihitung menggunakan rumus *total plate count* (TPC) (Madonsa et al., 2022).

$$\text{TVC (CFU/mL)} = \sum \text{koloni} \times 10^1$$

2.5. Efisiensi Kinerja IPAL

Efisiensi kinerja IPAL dapat diidentifikasi dengan membandingkan selisih nilai masing-masing parameter kualitas air mulai dari *inlet* sampai ke *main outlet*.

$$\text{Efisiensi IPAL (\%)} = \frac{A(\text{nilai inlet}) - B(\text{nilai outlet})}{A(\text{nilai outlet})} \times 100$$

Klasifikasi dibagi menjadi beberapa kelas yaitu (Tchobobanaglou et al., 1991):

Sangat efisien	: $x > 80\%$
Efisien	: $70\% < x = 80\%$
Cukup efisien	: $40\% < x = 60\%$
Kurang efisien	: $20\% < x = 40\%$
Tidak efisien	: $< 20\%$

2.6. Analisis Data

Hasil pengukuran kualitas air dicatat dan dianalisis secara deskriptif kuantitatif, untuk mengevaluasi tingkat efektivitas pada setiap parameter kualitas air, selama satu siklus budidaya udang. Pengukuran kualitas air diambil sebanyak tiga kali (sebelum panen, panen parsial, dan pasca panen).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kualitas Air di Tambak Udang Desa Ruguk

Parameter kualitas air selama penelitian yang diambil secara *insitu* (salinitas, oksigen terlarut (DO), dan pH), dan *eksitu* (alkalinitas, TAN, dan TVC). Salinitas rata-rata 24,05 ppt (Tabel 1), perubahan salinitas drastis terjadi di stasiun *main outlet* atau muara sungai. Hal ini disebabkan oleh kontaminasi air sungai dan aliran limbah IPAL sederhana di Desa Ruguk. Udang putih (*Litopenaeus vannamei*) akan mengalami stres bahkan kematian jika perubahan salinitas secara drastis (Supono, 2015). Oksigen terlarut rata-rata yaitu 5,78 termasuk kategori baik untuk effluent tambak udang karena $> 4,0$ (KEPMEN KP No.28 Tahun 2004). Oksigen terlarut yang optimal mampu mengurangi konsumsi energi dan mereduksi nitrogen (Du *et al.*, 2023). Sedangkan penurunan kelarutan oksigen menyebabkan peningkatan toksisitas amonia pada budidaya udang intensif (Ariadi *et al.*, 2016). Kandungan pH rata-rata 7,5 termasuk pH normal untuk effluent IPAL udang vaname (KEPMEN KP No. 28 Tahun 2004). Nilai toksisitas pH pada air tambak dipengaruhi oleh bahan kimia, pakan, feses, dan faktor eksternal lainnya terhadap proses biokimiawi di perairan (Metcalf & Eddy, 2003).

Tabel 1. Kualitas Air Efluen IPAL Sederhana di Desa Ruguk

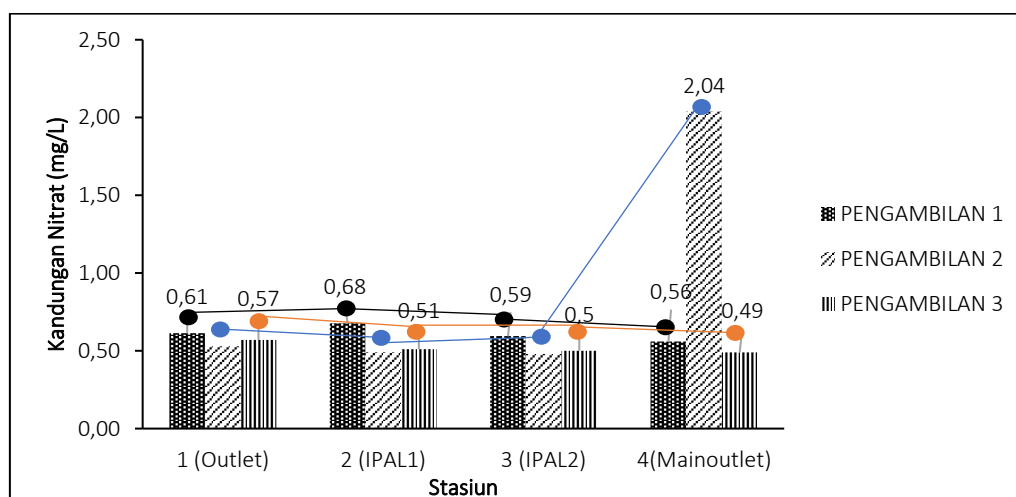
Parameter	Stasiun (Rata-rata)				Minimum	Maksimum	Rata-rata	sd	Baku Mutu*
	Inlet	IPAL 1	IPAL 2	Outlet					
Salinitas (ppt)	24,73	18,67	17,03	19,19	13,3	34,8	24,05	5,91	26-32
DO (mg/L)	3,77	6,63	6,30	5,37	2,86	8,7	5,78	1,86	$> 4,0$
pH	7,29	7,70	7,72	7,53	6,22	9,18	7,7	1,11	6-9
Nitrat (mg/L)	0,57	0,56	0,52	1,03	0,48	2,04	1,26	0,43	< 75
Fosfat (mg/L)	1,10	0,58	0,48	0,32	0,14	1,43	0,785	0,48	$< 0,1$
TAN (mg/L)	1,949	0,83	0,76	0,39	0,19	2,56	1,375	0,74	$< 0,1$
Alkalinitas (mg/L)	269,3	246	237,3	138,0	76	316	196	63,62	100-150

*Baku Mutu: Efluen tambak udang berdasarkan KEPMEN KP No.28 Tahun 2004

Pengukuran pH menunjukkan bahwa tingkat keasaman pada aliran *outlet*, kolam IPAL 1, IPAL 2, dan *main outlet* masih dalam rentang 6-9. Pada aliran *outlet* limbah budidaya udang menunjukkan pH sebesar 7,29, sedangkan pada kolam IPAL 1 dan 2 menunjukkan pH rata-rata 7,71 (Tabel 1). Kenaikan pH terjadi karena air yang mengendap di kolam IPAL dipengaruhi oleh suhu, penguapan, dan curah hujan yang meningkatkan kandungan pH air (Jackson *et al.*, 2003). pH di Stasiun 4 yang merupakan muara sungai sebesar 7,5 yang termasuk normal untuk aliran air tawar

3.2. Nitrat

Kandungan nitrat pada Stasiun 1 (*inlet*) aliran pertama limbah budidaya mencapai 0,57 mg/L (Gambar 3). Kandungan nitrat tersebut berhasil diturunkan di kolam IPAL 1 dan *outlet* mencapai 0,56 mg/L. Kandungan nitrat yang terbawa mikropolutan diendapkan kembali di kolam *outlet* menjadi 0,52 mg/L. Namun demikian, kenaikan kandungan nitrat terjadi di Stasiun 4 (*main outlet*) menjadi 1,03 mg/L. Menurut Irawanto *et al.* (2023), kandungan nitrat (NO_3) di perairan akan meningkat jika terdapat daun, vitamin, sisa pakan, dan feses udang. Selain itu, diduga karena titik sampling mungkin terkontaminasi. Tingginya amonia dan nitrat pada sampling kedua diduga disebabkan oleh urin (Hasibuan *et al.*, 2021).

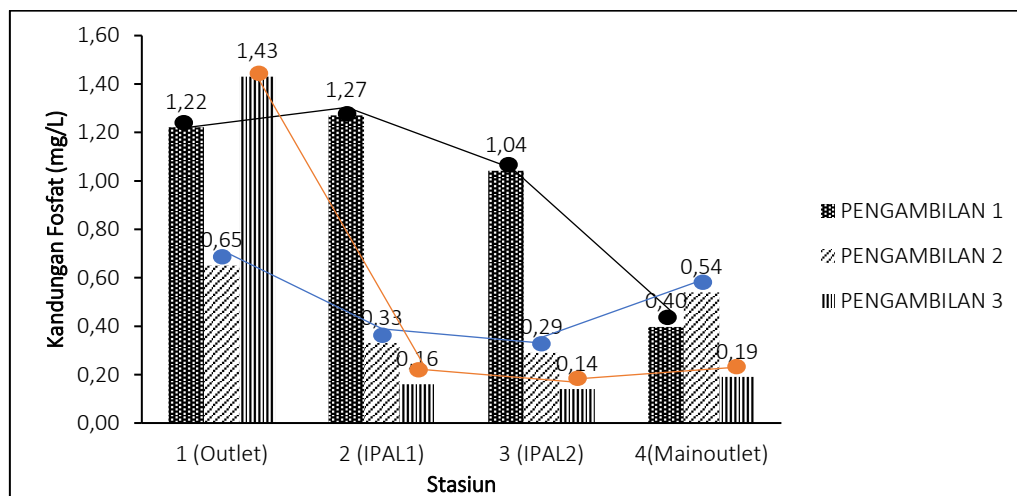


Gambar 3. Kandungan Nitrat pada IPAL Sederhana Desa Ruguk

Peningkatan nitrat dapat disebabkan karena bahan organik seperti daun akan memproduksi glutamin dan asam amino yang menyebabkan amonia dan nitrit meningkat di perairan tersebut. Selain itu, karena kondisi air mengalami nitrifikasi amonia (NH_3) menjadi nitrit (NO_2) kemudian amonia berubah menjadi nitrat (NO_3) (Irawanto et al., 2023). Jika amonia dan nitrit di perairan tambak udang Desa Ruguk meningkat maka kandungan nitrat juga meningkat. Toksisitas kandungan nitrat yang tinggi dapat menurunkan hemoglobin yang menyebabkan kekurangan oksigen pada biota akuatik sampai menyebabkan kematian (Mook et al., 2012).

3.3. Fosfat

Kandungan fosfat tertinggi terdapat di Stasiun 1 (*inlet*) mencapai 1,10 mg/L yang merupakan aliran pertama limbah kegiatan budidaya (Gambar 4). Penurunan kandungan fosfat dibantu dengan proses pengendapan di IPAL 1 mencapai 0,58 mg/L. Kandungan fosfat yang masih terdapat di kolam IPAL 1 direduksi di kolam *outlet* menjadi 0,49 mg/L. Menurut Irawanto et al. (2023), peningkatan PO_4^{3-} di kolam IPAL sederhana karena PO_4^{3-} terkandung dalam sisa pakan udang, nutrisi tumbuhan, dan fitoplankton. Kandungan PO_4^{3-} yang rendah diindikasikan banyaknya tumbuhan atau biota menyerap PO_4^{3-} lainnya (Irawanto et al., 2023).



Gambar 4. Kandungan Fosfat pada IPAL Sederhana Desa Ruguk

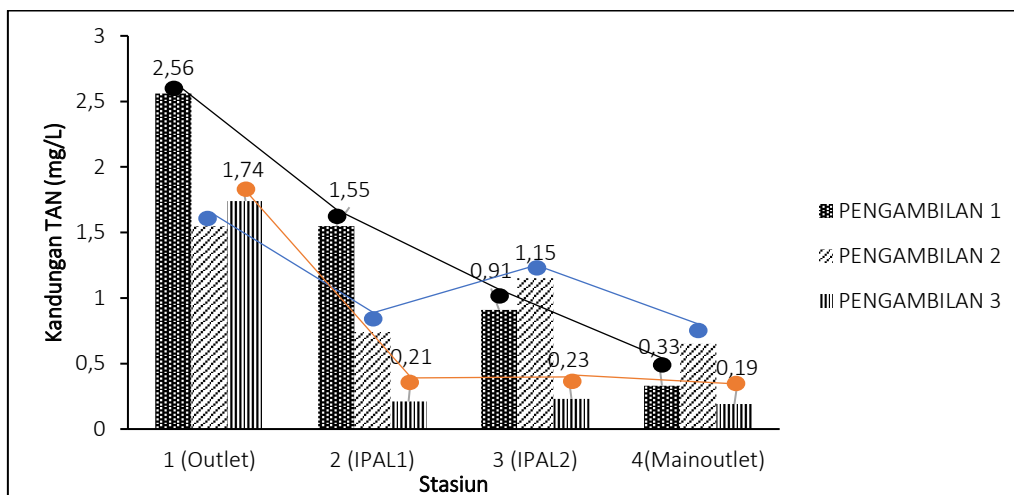
Peningkatan fosfat pada pengambilan 2 di *main outlet* diduga karena air sungai mengalami kontaminasi dengan limbah lainnya seperti limbah domestik, pertanian, dan limbah lainnya. Selain itu, disebabkan oleh kandungan dari fitoplankton dan ataupun faktor padatan lainnya (Jackson et al., 2003). Penguraian guna menurunkan Kandungan fosfat pada air limbah menjadi lebih efisien jika tersedia filter *bioball* seperti aerasi (Licha & Kumar, 2017). Hal ini membuktikan bahwa tanpa aerasi di kolam IPAL tambak di Desa Ruguk tetap mampu menurunkan kandungan fosfat.

3.4. Total Amonia Nitrogen

Kandungan amonia nitrogen yang tinggi pada kolam tambak udang dapat berasal dari bahan organik seperti daun, vitamin, sisa pakan, feses udang mampu menyebabkan amonifikasi yang membuat kandungan total amonia meningkat. Total amonia nitrogen merupakan gabungan dari titrasi amonia (NH_3) dan amonium (NH_4) yang dijumlahkan (Ridwan et al., 2023). Menurut Novotny & Olem (1994), kandungan amonia akan meningkat seiring dengan peningkatan suhu dan pH di perairan (Novotny & Olem, 1994). Suhu dan pH di efluen tambak Desa Ruguk masih dalam kategori sedang yaitu 30°C dan pH 7,29.

Kandungan amonia di Stasiun 1 (*inlet*) rata-rata yaitu 1,95 mg/L (Gambar 5). Pada Stasiun 2 (IPAL 1) membuktikan bahwa sistem IPAL sederhana mampu mereduksi amonia sampai 0,83 mg/L. Stasiun 3 (*outlet*) membantu mengurangi amonia sampai 0,76 mg/L. Peningkatan di kolam *outlet* dapat disebabkan faktor eksternal seperti aliran air yang tidak mengenai titik sampling. Selain itu, faktor curah hujan dan waktu sampling dapat mempengaruhi kualitas air (Jackson et al., 2003). Sisa pakan, probiotik, dan lain-lain sudah tereduksi sempurna oleh kanal sedimentasi dan kolam IPAL 1 sebelum dialirkan ke *outlet*. Penggunaan probiotik mampu menurunkan kandungan amonia dan bahan organik. Probiotik mengandung bakteri pengurai amoniak seperti *Nitrosomonas eutorpha* dan *Nitrobacter winogradsky* yang bekerja untuk menurunkan kandungan amonia pada air (Yudiati et al., 2010).

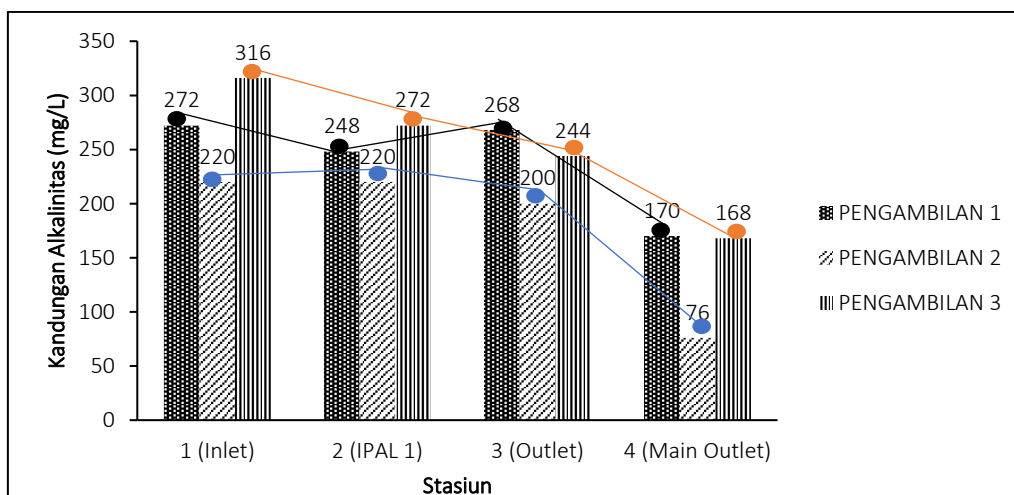
Kandungan amonia yang tinggi pada efluen tambak udang disebabkan oleh respirasi udang dan dekomposisi bahan organik (Mook et al., 2012). Kandungan TAN yang keluar dari IPAL menuju *main outlet* atau muara sungai mengalami penurunan sampai 0,39 mg/L. Proses reduksi TAN akan lebih efisien menggunakan bantuan teknologi elektrokimia dari NaCl (Mook et al., 2012). Hal ini sesuai dengan hasil aliran efluen tambak udang di Desa Ruguk dapat menurunkan kandungan amonia sampai 40% dibandingkan dengan air sungai yang kandungan garam lebih rendah (Mook et al., 2012; Fitria et al., 2022).



Gambar 5. Kandungan TAN pada IPAL Sederhana Desa Ruguk

3.5. Alkalinitas

Alkalinitas dapat mempengaruhi parameter lingkungan lainnya seperti pH, dan total amonia nitrogen yang berdampak pada kelangsungan hidup biota akuatik (McIntosh & Fitzsimmons, 2003). Oleh karena itu kandungan alkalinitas pada limbah budidaya seharusnya mampu direduksi pada sistem IPAL sederhana. Berdasarkan penelitian McIntosh & Fitzsimmons (2003), selama masa inkubasi dan pengendapan alkalinitas dapat menurun.



Gambar 6. Kandungan Alkalinitas pada IPAL Sederhana Desa Ruguk

Hasil pengukuran alkalinitas tertinggi berada di stasiun *inlet* dengan rata-rata yaitu 269 mg/L (Gambar 6). Sistem sedimentasi sederhana kolam IPAL 1 dan *outlet* mampu menurunkan alkalinitas hanya sampai 237 mg/L. Kenaikan alkalinitas dapat mempengaruhi perubahan pH secara tidak konsisten karena kondisi air menjadi asam (Yessy *et al.*, 2024). Pada stasiun *main outlet* penurunan kandungan alkalinitas menurun drastis dengan rata-rata 138 mg/L.

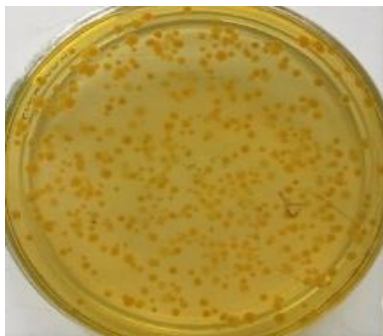
Kandungan alkalinitas yang telah direduksi dari 237 sampai 138 mg/L. Kandungan alkalinitas >200 mg/L dapat meningkatkan pH, menghambat molting, dan mortalitas pada udang. Hal ini berbanding terbalik jika alkalinitas <50 mg/L menyebabkan kondisi air menjadi lebih sensitif terhadap perubahan kualitas air secara drastis. Menurut Supono (2015), kandungan alkalinitas sesuai dengan *good aquaculture practice* (GAP) yaitu antara 75-200 mg/L. Alkalinitas dapat menekan fluktuasi pH pagi siang dan penentu kesuburan perairan (Supono, 2015).

3.6. Total Bakteti *Vibrio*

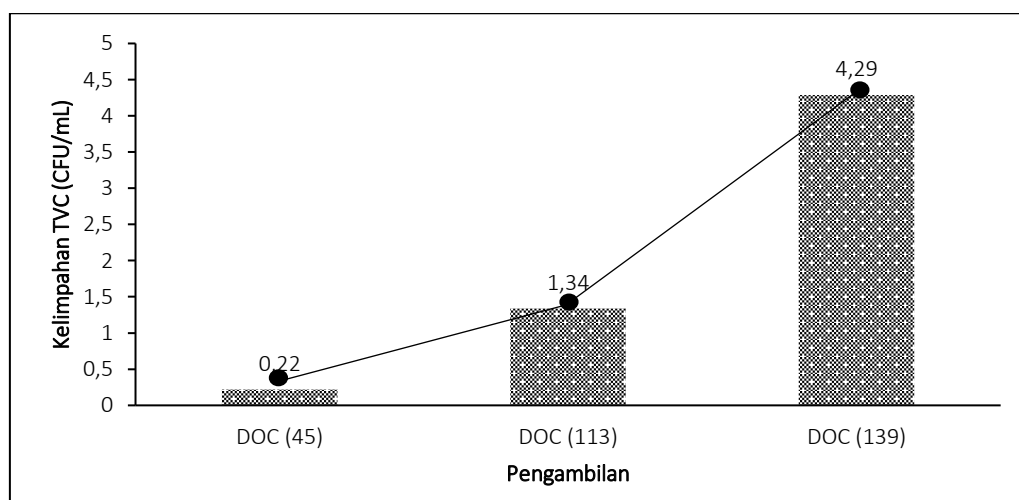
Pada setiap stasiun, koloni bakteri yang ditemukan rata-rata mencapai $4,93 \times 10^3$ CFU/mL yang disajikan dalam Gambar 7. Koloni bakteri *Vibrio sp.* tertinggi berada di Stasiun 1 (*outlet*) tempat pembuangan limbah budidaya udang. Sedangkan stasiun lainnya memiliki koloni yang lebih rendah dan terdapat koloni yang tidak terdeteksi. Jenis bakteri *Vibrio* di tambak udang Desa Ruguk merupakan jenis *Vibrio orange* (Gambar 7). Namun demikian, terdapat beberapa koloni bakteri *Vibrio* yang termasuk jenis *Vibrio* hijau. Bakteri jenis *Vibrio* hijau memiliki dampak negatif pada kegiatan budidaya udang sampai menyebabkan mortalitas (Halim *et al.*, 2022).

Bakteri *Vibrio* yang banyak ditemukan di tambak dan Desa Ruguk berwarna orange (Gambar 7), disebabkan oleh bakteri kuning *Vibrio alginolyticus*. Bakteri kuning mampu mengubah warna TCBS menjadi kuning yang dibantu oleh fermentasi sukrosa, yang menyebabkan penurunan pH TCBS dan membuat lingkungan menjadi asam (Yessy *et al.*, 2024).

Pada pengambilan DOC 45, 113, 139 kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. dari $0,22 \times 10^3$; $1,34 \times 10^3$; mencapai $4,29 \times 10^3$ (Gambar 8). Kenaikan jumlah bakteri *Vibrio* pada stasiun *outlet* juga di pengaruhi karena nilai TOM dan NH_4 tinggi yang meningkatkan pertumbuhan bakteri *Vibrio* (Halim *et al.*, 2022). Parameter lingkungan seperti *dissolved oxygen* juga berpengaruh signifikansi terhadap pertumbuhan bakteri *Vibrio*.



Gambar 7. Bentuk Bakteri *Vibrio* sp. pada Budidaya Udang Vaname di Desa Ruguk



Gambar 8. Kelimpahan Bakteri *Vibrio* sp. pada Budidaya Udang Vaname di Desa Ruguk

Bakteri *Vibrio* bersifat saprofit dan patogen pada sistem kekebalan udang (Ariadi *et al.*, 2019). Peningkatan bakteri *Vibrio* dapat menjadi ancaman penyakit bahkan kematian pada udang vaname. Pemberian probiotik pada udang dapat meningkatkan ketahanan hidup udang vaname, menurunkan koloni bakteri patogen *Vibrio*, dan menurunkan kandungan amoniak serta bahan organik (Yudiati *et al.*, 2010). Selain itu kelimpahan bakteri *Vibrio* dipengaruhi oleh peningkatan kualitas kimia air seperti peningkatan amonia, pH, nitrat, dan alkalinitas (Widigdo *et al.*, 2020).

3.7. Efisiensi IPAL

Tingkat keberlanjutan IPAL sederhana dalam mereduksi limbah pencemar dapat dianalisis dalam efisiensi IPAL. Nilai efisiensi didapat dari rata-rata Stasiun 2 (*inlet*) dan rata-rata Stasiun 3 (*outlet*). Pada stasiun *inlet* air akan melalui kanal sedimentasi dan kolam IPAL 1 untuk direduksi padatan tersuspensinya melalui sistem pengendapan tanpa aerasi. Kolam IPAL sederhana akan lebih efisien jika menggunakan aerasi dan media biofilter (Licha & Kumar, 2017). Pada sampling kedua mengalami penurunan fosfat, TAN, dan TOM, diduga karena saat proses pengambilan sampel kondisi kanal sedimentasi sudah dialirkan lebih dari 3 jam pengendapan. Penurunan efisiensi IPAL sederhana dalam mereduksi bahan pencemar dipengaruhi juga oleh faktor eksternal seperti kurang optimalnya waktu tinggal pada kanal sedimentasi (Lestari & Rohaeni, 2020). Pada saat pengambilan sampel ke satu dan tiga aliran sedimentasi sudah diendapkan selama 3 jam, sedangkan pada saat pengambilan dua aliran limbah IPAL sederhana dalam keadaan berjalan.

Efisiensi kinerja IPAL sederhana didasari pada tinggi rendahnya kandungan air limbah budidaya (*influen*) dengan kolam aktualisasi limbah (*effluen*). Menurut Lestari & Rohaeni (2020), penurunan efisiensi dipengaruhi juga oleh faktor eksternal seperti, kurangnya perawatan IPAL, pengurasan, penggantian media, pemeliharaan barang, dan kurang optimalnya waktu tinggal pada kanal sedimentasi (Lestari & Rohaeni, 2020). Menurut Widagdo *et al.* (2016), waktu efisien melakukan sifon atau pengurangan limbah pada budidaya udang berkisar 1-3 hari. Hal ini menyesuaikan dengan umur udang vaname selama masa pemeliharaan. Sedangkan, menurut Rizaldi *et al.* (2023) waktu pergantian air kolam dan sifon kolam setiap empat hari sekali. Berdasarkan pengamatan sistem IPAL sederhana di Desa Ruguk dilakukan sistem sifon setiap 3 hari sekali. Namun dirasa kurang efisien mereduksi, melihat persentase pengurangan konsentrasi limbah tidak signifikan. Disarankan pada penelitian selanjutnya sistem IPAL sederhana tambak udang tanpa aerasi dan

fitoremediasi mungkin akan lebih efisien jika dilakukan sifon setiap hari atau 12 jam sekali pada pemeliharaan menuju panen parsial dan panen utama

Tabel 2. Efisiensi (%) IPAL di Tambak Udang Vaname Desa Ruguk (Tchobobanaglou et al., 1991)

Parameter	Inlet (St.1)	Outlet (St.3)	Efisiensi IPAL sederhana (%)	Keterangan	Baku Mutu
Parameter kimia					
Salinitas (ppt)	24,73	17,03	31	Kurang efisien	26-32
DO (mg/L)	3,73	6,29	41	Cukup efisien	>4,0
pH	7,29	7,52	3	Tidak efisien	6 - 9
Nitrat (mg/L)	0,57	0,52	9	Tidak efisien	< 75
Fosfat (mg/L)	1,1	0,49	55	Cukup efisien	<0,1-5,0
TAN (mg/L)	1,95	0,76	61	Cukup efisien	< 0,1
Alkalinitas (mg/L)	269,3	237,2	12	Tidak efisien	100-150
Parameter Biologi					
TVC (1×10^3 CFU)	0,22	4,29	49	Cukup efisien	1×10^2

3.8. Hubungan Kelimpahan Bakteri *Vibrio* dengan Nitrat, Fosfat dan TAN

Kegiatan budidaya udang dengan sistem tradisional, intensif, semi intensif, dan super intensif di Indonesia mengalami beberapa kasus mortalitas. Kasus kematian pada udang vaname sebagian besar disebabkan oleh serangan penyakit dari virus dan bakteri (Rizaldi et al., 2023). Bakteri *Vibrio* sp. merupakan salah satu jenis bakteri yang banyak ditemukan pada kasus penyakit udang di Indonesia salah satunya di Kabupaten Lampung Selatan (BKIPM Lampung, 2020; Sumino et al., 2020; Setyawan et al., 2023). Desa Ruguk menerapkan sistem IPAL sederhana untuk mereduksi bahan kimia yang berkorelasi signifikan dengan nitrat, fosfat, dan TAN dibandingkan dengan pH, alkalinitas, salinitas, dan oksigen terlarut. Kandungan nitrat, fosfat, dan TAN memiliki hubungan terhadap kelimpahan bakteri *Vibrio* pada IPAL sederhana budidaya tambak udang vaname. Hasil uji korelasi bakteri *Vibrio* dengan kualitas air disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Uji Korelasi Kelimpahan Bakteri *Vibrio* dengan Kualitas Air

Pearson Correlation	Correlations			
	Kelimpahan_Vibrio	Nitrat	Fosfat	TAN
Kelimpahan_Vibrio	1			
Nitrat	.214	1		
Fosfat	.852	.328	1	
TAN	.985	.875	.745	1

Hubungan kualitas air dengan kelimpahan bakteri *Vibrio* pada stasiun IPAL menunjukkan bahwa parameter kimia (fosfat dan TAN) berpengaruh secara signifikan ≥ 1 (Tabel 3). Kandungan nitrat tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kelimpahan bakteri *Vibrio* $0,214 \geq 1$. Menurut Yudiati et al. (2010) korelasi antara kualitas air dengan kelimpahan bakteri *Vibrio* semakin mendekat angka 1 semakin kuat korelasi nya. kelimpahan bakteri *Vibrio* dipengaruhi oleh peningkatan kualitas kimia air seperti peningkatan amonia, pH, nitrat, dan alkalinitas (Widigdo et al., 2020). Beberapa cara untuk mengurangi koloni bakteri *Vibrio* yaitu dengan menjaga kestabilan kualitas air dan pembasmian menggunakan probiotik. Pemberian probiotik pada udang dapat meningkatkan ketahanan hidup udang vaname, menurunkan koloni bakteri patogen *Vibrio*, dan menurunkan kandungan amoniak dan bahan organik (Rizaldi et al., 2024). Selain itu, solusi untuk mengatasi fluktuasi parameter kimia yaitu dengan melakukan pergantian air, penyiponan, dan pemberian probiotik secara berkala dengan dosis sesuai cara budidaya ikan dan udang yang baik (CBIB) (Bidayani et al., 2022; Farabi & Latuconsina, 2023).

4. SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas IPAL sederhana tidak efisien menurunkan nitrat (9%), pH (3%), alkalinitas (12%). Sedangkan salinitas (31%), DO (41%), fosfat (55%), dan TAN (61%), termasuk cukup efisien. Kelimpahan bakteri *Vibrio* meningkat 95% menuju day of care DOC 134 (panen total).

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh PT Aquarev Teknologi Akuakultur, sebagai bagian dari Program Kerjasama Pascasarjana. Penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Lampung atas segala dukungan yang diperlukan untuk proyek pascasarjana ini melalui supervisi internasional.

6. REFERENSI

- APHA. (1992). *Standart Methods fot The Examination of Water and Wastewater*, 16th Edition. American Public Health Association, Washington DC. 76p.
- Ariadi, H., Mahmudi, M., & Fadjar, M. (2019). Correlation between density of *Vibrio* bacteria with *Oscillatoria* sp. abundance on

- intensive *Litopenaeus vannamei* shrimp ponds. *Research Journal of Life Science*. 6(2): 114-129. <https://doi.org/10.21776/ub.rjls.2019.006.02.5>
- Apriliyani, I., Ainuri, M., & Suyantohadi, A. (2023). Analisis terhadap kinerja instalasi pengolahan air limbah (IPAL) pada Industri Gudex Kaleng di PT XYZ Yogyakarta. *Journal of agriTECH*. 43(1): 78-84. <https://doi.org/10.22146/agritech.71076>
- Balai Karantina Ikan dan Pengawasan Mutu Hasil Perikanan (BKIPM) Lampung. (2020). *Diseminasi Hasil Kegiatan Monitoring Penyakit Ikan Tahun 2020*. Bandar Lampung.
- Bidayani, E., Robin, R., & Syarif, A.F. (2022). Implementasi SOP cara budidaya ikan yang baik (CBIB) pada Industri Tambak Udang di Kabupaten Bangka Selatan. *Jurnal Perikanan*. 12(4): 632-640. <http://doi.org/10.29303/jp.v12i4.386>
- Beranda, O.O., Amin B, & Siregar, S.H. (2020). The relationship of nitrate and Phosphate with Abundance of Epipelagic in the Waters of Sungaitohor Village, Regency of Meranti Islands, Riau Province. *Asian Journal of Aquatic Science*. 3(3): 225-235. <https://doi.org/10.31258/ajaoas.3.3.225-235>
- Bintoro, A., & Abidin, M. (2013). Pengukuran total alkalinitas di perairan estuari sungai Indragiri Provinsi Riau. *BTL*. 11(1): 11-14.
- Cahya, D.L., & Marezta, M.D. (2013). Konsep Pengembangan Kawasan Minapolitan Ketapang Kabupaten Lampung Selatan. *Planesa: Jurnal Teknik Planologi*. 4(2): 46-53.
- Farabi, A.I., & Latuconsina, H. (2023). Manajemen Kualitas Air pada Pembesaran Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) dua UPT.BAPL (Budidaya Air Payau dan Laut) Bangil Pasuruan Jawa Timur. *Jurnal Riset Perikanan dan Kelautan*. 5(1): 1-13. <https://doi.org/10.33506/jrpk.v5i1.2097>
- Fitria, D., Scholz, M., Swift, G.M., & Al-Faraj, F. (2022). Impact of Temperature and Coagulants on Sludge Dewaterability. *International Journal of Technology*. 13(3): 596-605. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v13i3.4886>
- Halim, A.M., Fauziah, A., & Aisyah, N. (2022). Kesesuaian kualitas air pada tambak udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di CV. Lancar Sejahtera Abadi, Probolinggo, Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Chamos chamos*. 20(2): 77-88. <http://doi.org/10.15578/chanos.v20i2.11773>
- Hasibuan, E.S.F., Supriyanti, E., & Sunaryo, S. (2021). Pengukuran Parameter Bahan Organik di Perairan Sungai Silugonggo, Kecamatan Juwana, Kabupaten Pati. *Buletin Oseanografi Marina*. 10(3): 299-306. <https://doi.org/10.14710/buloma.v10i3.32345>
- Irawanto, R., Cahyani, N.W., Aunurohim, Nurhidayati, T., & Setiawan, E. (2023). The Ability of Lakum Air (*Ludwigia octovalvis*) as a Biofiltrator of Organic Content in Water Areas. *Berkala Ilmiah Biologi*. 14(3): 32-40. <https://doi.org/10.22146/bib.v14i3.10136>
- Jackson, C.J., Preston, N., Burford, M.A., & Thompson, P.J. (2003). Managing the development of sustainable shrimp farming in Australia: the role of sedimentation ponds in treatment of farm discharge water. *Aquaculture*. 226(1): 23-34. [http://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00464-2](http://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00464-2)
- KEPMEN KP No. 28. (2004). *Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia No.28 Tahun 2004, tentang Pedoman Umum Budidaya Udang di Tambak Baku Mutu Efluen Tambak Udang*. Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. Jakarta.
- Lestari, D.S., & Rohaeni, A.Y. (2020). Evaluasi Kinerja IPAL Domestik Metode MBBR untuk Mengurangi Tingkat Pencemaran Air di Waduk "X", Jakarta. *Jurnal Sumberdaya Air*. 16(2): 91-102
- Licha, N.Q., & Kumar, M.S. (2017). Evaluation of Mechanical Methods Used for The Enhancement of Dissolved Oxygen and Removal of Ammonia Toxicity from Intensive Shrimp Farming Wastewater. *Journal of Engineering Computers & Applied Sciences (JECAS)*. 6(11): 26-41.
- Madonsa, C., Widigdo, B., Kristanti, M., & Yuhana, M. (2022). Intensive *Litopenaeus vannamei* Pond Performance with Irrigation System Based on Distribution of *Vibrio* sp. *DEPIK: Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir, dan Perikanan*. 13(2): 182-191. <https://doi.org/10.13170/depik.v11.2.24946>
- McIntosh, D. & Fitzsimmons, K. (2003). Characterization of effluent from an inland, low salinity shrimp farm: what contribution could this water make if used for irrigation. *Journal of Aquaculture Engineering*. 27(1): 147-156
- Metcalf & Eddy, Tchobanoglous, G., Burton, F.L., & Stensel, H.D. (2003). *Wastewater engineering: Treatment and reuse* (4th ed.). New York: McGraw-Hill. 210p
- Mook, W.T., Chakrabarti, M.H., Aroua, M.K., Khan, G.M.A., Ali, B.S., Islam, M.S., & Hassan, M.A.A. (2012). Removal of total ammonia nitrogen (TAN), nitrate and total organic carbon (TOC) from aquaculture wastewater using electrochemical technology: A review *Desalination*. 285(1): 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.09.029>
- Noor, N.M. (2015). Analisis Kesesuaian Perairan Ketapang Lampung Selatan sebagai Lahan Budidaya Rumpun Laut *Kappapyus alvarezii*. *Maspari Journal*. 7(2): 91-100.
- Notonegoro, H., & Priyambada, A. (2023). Evaluasi mutu kualitas air kolam IPAL tambak udang skala rakyat Desa Kurau Barat Kabupaten Bangka Tengah. *Jurnal Enggano*. 8(2): 172-180. <https://doi.org/10.31186/jenggano.8.2.172-180>
- Noviarni, N., Legasari, L., Wijayanti, F., Oktaria, M., & Miarti, A. (2023). Analisis Kadar Fosfat Pada Air Sungai Menggunakan Spektrofotometri Uv-Vis. *Jurnal Redoks: Jurnal Pendidikan Kimia dan Ilmu Kimia*. 6(2): 59-64. <https://doi.org/10.33627/re.v6i2.1227>
- Novotny, V., & Olem, H. (1994). *Water Quality: Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution*. New York: Van Nostrand Reinhold. 1054p.
- Ridwan, R., Hadi, F., Basra, M.S., & Hirijal, M. (2023). Profil dan kinerja instalasi pengolahan air limbah pada pembesaran udang vaname secara intensif. *Prosiding Seminar Nasional dalam Rangka Dies Natalis Ke-35 Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan*. 4(1): 251-260. <https://doi.org/10.51978/proppnp.v4i0.413>
- Rizaldi, R., Sabdaningsih, A., Ayuningrum, D., & Bahry, M.S. (2023). Analisis hubungan parameter fisika kimia kualitas air dengan total *Vibrio* spp. pada tambak udang vaname yang diberikan probiotik jamur. *Sains Akuakultur Tropis: Indonesian Journal of Tropical Aquaculture*. 9(1): 1-14. <https://doi.org/10.14710/sat.v9i1.24421>
- Setyawan, A., Hudaidah, S., Supono, Fidyandini, H.P., Prasetyo, A., Firdaus, G.N., & Adiputra, Y.T. (2023). Diseminasi suplementasi alginat untuk meningkatkan produksi udang vannamei di tambak masyarakat Desa berunding, Lampung Selatan. *Jurnal Pengabdian Fakultas Pertanian Universitas Lampung*. 2(2): 59-65
- Sumino S., Saputra, I., & Mude, H. (2020). Peran cara karan tina ikan yang baik (CKIB) dalam pencegahan penyakit virus pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Provinsi Lampung. *Jurnal Enggano*. 5(2): 258-272. <https://doi.org/10.31186/jenggano.5.2.258-272>
- Sulistia, S., & Septisya, A.C. (2019). Analisis kualitas air limbah domestik perkantoran. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*. 12(1): 41-57. <https://doi.org/10.29122/jrl.v12i1.3658>

- Supono. (2015) Manajemen Lingkungan Untuk Akuakultur. *Plantaxia*. Yogyakarta. pp. 122.
- Tchobanoglous, G., Burton, F.L., Metcalf., & Eddy. (1991). *Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse*. 3rd Ed. McGraw-Hill publishing, New York. pp. 1334.
- Susiana. (2011). *Diversitas dan Kerapatan Mangrove, Gastropoda Dan Bivalvia Di Estuari Perancak, Bali*. [Skripsi]. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Widigdo, B., Pratiwi, N.T.M., & Alfari, F.F. (2020). Keberadaan bakteri pasca aplikasi biosida di tambak pemeliharaan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Biologi Indonesia*. 16(2): 241-250. <https://doi.org/10.47349/jbi/16022020/241>
- Yessy, L.T., Ezraneti, R., & Khalil, M. (2024). Quantitative analysis of water quality parameters and their influence on the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vanamei*) culture: a case study of Rancong mariculture area in Lhokseumawe, Aceh, Indonesia. *Journal of Marine Studies*. 1(1): 1-11. <https://doi.org/10.29103/joms.v1i1.15815>
- Yudiati, E., Arifin, Z., & Riniatsih, I. (2010). Pengaruh aplikasi probiotik terhadap laju sintasan dan pertumbuhan tokolan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*), populasi bakteri *Vibrio*, serta kandungan amoniak dan bahan organik media budidaya. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*. 15(3): 153-158. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.15.3.153-158>