

ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI UREOLITIK ASAL KOLAM AERASI PADA PROSES *WASTEWATER TREATMENT PLANT* (WWTP) DARI PETERNAKAN SAPI

Meida Clara Enina*, Kusuma Handayani, Salman Farisi, Sumardi

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145

*e-mail korespondensi

*meydaclaraa@gmail.com

kusumahandayani@yahoo.co.id

alfarisi.mdr@gmail.com

Sumardi.1965@fmipa.unila.ac.id

Abstrak. Limbah cair peternakan sapi yang kaya urea, berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan seperti eutrofikasi dan peningkatan amonia yang berbahaya bagi lingkungan perairan. Penelitian yang dilakukan pada Desember 2024–Februari 2025 di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA, Universitas Lampung bertujuan mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri ureolitik dari kolam aerasi IPAL. Riset ini menggunakan metode deskriptif kualitatif yaitu pengambilan sampel, isolasi, uji aktivitas urease, serta karakterisasi morfologi, mikroskopis, dan fisiologi. Isolat yang dihasilkan yaitu 6 isolat bakteri ureolitik yang mampu menghidrolisis urea. Isolat-isolat ini menunjukkan morfologi koloni beragam seperti irregular, circular, elevasi flat dan umbonate; warna putih dan krem; tepi undulate, lobate, dan entire. Secara mikroskopis, sel berbentuk basil, coccus, dan coccobacil, semuanya Gram-positif. Tiga isolat CLR9.3, CLR9.4, CLR15.4 membentuk spora. Secara fisiologi, keenam isolat positif katalase dan mampu memfermentasikan sukrosa, maltosa, dan glukosa kecuali CLR9.3 dan CLR9.4 untuk laktosa dan CLR9.3 untuk manitol. Mayoritas isolat bersifat motil, kecuali CLR9.1 dan CLR9.3.

Kata kunci: bakteri ureolitik, ipal, urease

Abstract. Liquid waste from cattle farming that is rich in urea has the potential to cause environmental pollution such as eutrophication and an increase in ammonia that is harmful to aquatic environments. Research conducted from December 2024 to February 2025 at the Microbiology Laboratory of FMIPA, University of Lampung aimed to isolate and identify ureolytic bacteria from the aeration pond of the wastewater treatment plant. This research used a qualitative descriptive method, including sampling, isolation, urease activity testing, as well as morphological, microscopic, and physiological characterization. The results were 6 isolates of ureolytic bacteria capable of hydrolyzing urea. These isolates exhibited a variety of colony morphologies such as irregular, circular, flat elevation, and umbonate; colors white and cream; and edges that were undulate, lobate, and entire. Microscopy revealed that the cells were bacilli, cocci, and coccobacilli, all of which were Gram-positive. Three isolates CLR9.3, CLR9.4, CLR15.4 formed spores. Physiologically, all six isolates tested positive for catalase and were able to ferment. Physiologically, all six catalase-positive isolates are capable of fermenting sucrose, maltose, and glucose except for CLR9.3 and CLR9.4 for lactose and CLR9.3 for mannitol. The majority of the isolates are motile, except for CLR9.1 and CLR9.3.

Keywords: ureolytic bacteria, wwtp, urease

PENDAHULUAN

Daging sapi adalah salah satu produk hewani utama yang dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia (Heatubun dan Matatula, 2023). Menurut Thohiroh (2021), perusahaan peternakan sapi di Indonesia sering menyebabkan pencemaran lingkungan karena buruknya pengelolaan limbah. Menurut Sari (2020), 56,67% peternak sapi membuang limbah langsung ke sungai tanpa pengolahan, menyebabkan pencemaran air serius (bau menyengat, keruh, kotor) dari feses, urine, sisa pakan, dan air pembersih kandang. Firmansyah (2021) menyatakan pencemaran biologis, kimia, dan fisika yang melebihi baku mutu berbahaya bagi manusia dan biota air. Salah satu cara mengatasi hal ini, dilakukan uji limbah IPAL menggunakan uji enzim urease untuk mengubah urea menjadi amonia dan karbon dioksida. Sesuai Permen LH No. 5 Tahun 2014, peternakan wajib memiliki Instalasi.

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) mengurangi polutan dengan bantuan bakteri ureolitik. Bakteri ini menghasilkan enzim urease yang mengubah urea menjadi amonia dan karbonat. Reaksi ini meningkatkan pH dan membentuk kristal kalsium karbonat, yang kemudian dapat mengikat ion seperti Fe^{3+} , menjadikannya agen bioremediasi yang efektif. Kolam aerasi IPAL di Lampung, menjadi tempat ideal bagi bakteri ureolitik karena kaya oksigen dan nutrisi. Oleh karena itu, penelitian ini akan mengisolasi dan mengkarakterisasi bakteri tersebut untuk memahami potensi penguraian urea.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, FMIPA, Universitas Lampung. Sampel air limbah diambil dari kolam aerasi dengan tiga titik berbeda, lalu diuji untuk parameter pH, suhu, DO, TSS,

COD, dan $\text{NH}_3\text{-N}$ dengan metode kualitatif. Pengambilan sampel menggunakan botol gelap, gayung, kertas label, dan GPS.

Isolasi Bakteri Ureolitik

Bakteri diisolasi menggunakan metode *spread plate* pada media urea agar base. Sampel 0,1 mL dari pengenceran 10⁻³, 10⁻⁴, dan 10⁻⁵ diinokulasikan ke cawan petri, diratakan, dan diinkubasi 24 jam pada 37°C. Isolat yang tumbuh dimurnikan dengan teknik *streak* dan disimpan pada agar miring sebagai kultur stock.

Uji Kemampuan Urease

Isolat berpotensi penghasil enzim urease diseleksi dan ditumbuhkan kembali pada media *urea agar base* menggunakan metode titik. Cawan petri diinkubasi terbalik selama 3x24 jam pada suhu ruang (37°C).

Pemurnian Isolat Bakteri Ureolitik

Satu *ose* isolat bakteri di-*streak* pada media urea agar base, diinkubasi 3x24 jam pada suhu ruang. Koloni tunggal yang tumbuh dijadikan stok agar miring untuk identifikasi mikroskopis, makroskopis, dan fisiologis. (Friska dkk., 2015).

Identifikasi Karakterisasi Bakteri

Pengamatan secara makroskopis meliputi bentuk koloni, bentuk tepi koloni, elevasi, dan warna koloni bakteri ureolitik. Pengamatan secara mikroskopis meliputi pewarnaan Gram dan pewarnaan endospora serta dilakukan pengamatan secara fisiologis meliputi uji fermentasi karbohidrat dan uji motilitas.

Analisis Data

Hasil karakteristik makroskopis, mikroskopis dan fisiologi yang dilakukan dengan mengambil tiga kali ulangan untuk setiap variabel serta dianalisa secara deskriptif kualitatif berdasarkan buku

Bergey's Manual of Determinative Bacteria 2nd edition (Noel *et al.*, 1989).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Parameter Lingkungan

Faktor lingkungan yang terdapat pada air limbah aerasi seperti suhu, pH, TSS, DO, COD dan NH₃-N sangat berpengaruh terhadap keragaman jenis bakteri ureolitik. Berikut hasil pengukuran parameter lingkungan yang tersaji pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter Lingkungan Sampel Air Limbah Aerasi

Parameter Analisis	Satuan	Waktu		
		09.00 WIB	12.00 WIB	15.00 WIB
Suhu	°C	27,2	29,0	27,0
pH	-	8,1	8,5	8,0
DO	mg/L	3,7	4,0	4,7
TSS	mg/L	86	110	32
COD	mg/L	>1.500	92	>1.500
NH ₃ -N	mg/L	0	0,2	0,4

Berdasarkan pengujian didapati kisaran suhu sebesar 27-29°C yang sangat optimal. Suhu air limbah aerasi (27-29°C) optimal untuk pertumbuhan bakteri mesofilik, termasuk ureolitik (Wu, 2024). Menurut Zhang (2023), pH basa (8.0-8.5), kemungkinan dari bakteri nitrifikasi, juga mendukung bakteri ureolitik karena adaptasi seluler dan enzim yang stabil, serta konsumsi amonium/nitrat (Sunarti, 2014). Kisaran DO 3,7-4,7 ml/L menunjukkan oksigen yang cukup bagi bakteri aerobik fakultatif (Povis *et al.*, 2024). TSS mengukur stabilitas *sludge* dan efisiensi penyisihan polutan. Peningkatan TSS awal menandakan bakteri tersuspensi, lalu penurunannya menunjukkan kestabilan mikroorganisme. COD menunjukkan degradasi organik, dengan penurunan

menandakan awal proses dan kenaikan menandakan adaptasi mikroorganisme yang belum stabil. Tingginya COD menunjukkan ketersediaan sumber karbon (Khajah *et al.*, 2023). Kadar amonia (0-0,4 mg/L) meningkat akibat ammonifikasi, kemudian teroksidasi menjadi nitrat yang justru menurun. Fluktuasi amonia juga dipengaruhi pH (Sunarti, 2014).

Isolasi dan Purifikasi Bakteri Ureolitik

Bakteri ureolitik dengan konsentrasi urease tertinggi menghasilkan 6 isolat bakteri ureolitik. Berikut hasil pengamatan isolat bakteri ureolitik pada uji aktivitas enzim urease (Gambar 1).



Gambar 1. Hasil Pengamatan Isolat Bakteri Ureolitik

Isolasi dan purifikasi bakteri ureolitik pada media *Urease Agar Base* (UAB) yang didapat dari sampel air limbah peternakan sapi di Lampung pada kolam aerasi didapatkan 6 isolat ini menunjukkan positif enzim urease ditandai perubahan warna media menjadi berwarna magenta.

Uji Kualitatif Aktivitas Enzim Urease

Isolat bakteri potensial diuji kemampuan hidrolisis ureanya menggunakan media *Urea Agar Base*. Indikasi positif ialah saat media *Urea Agar Base* (UAB) yang semula kuning berubah warna menjadi *deep pink* atau magenta (Gambar 1). Isolat yang menunjukkan perubahan warna dalam 24 jam dikategorikan sebagai bakteri *fast activity*, sementara yang membutuhkan lebih dari 24 jam termasuk dalam kategori *slow activity* (Fitri, *et al.*, 2023). Hasil pengamatan yang diperoleh disajikan dalam tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengamatan Uji Aktivitas Enzim Urease

Kode Isolat	Uji Enzim Urease	Kemampuan Hidrolisis Urea
CLR9.1	Pink samar	(+)
CLR9.3	Pink kuat	(++)
CLR9.4	Pink samar	(+)
CLR9.6	Pink samar	(+)
CLR12.2	Pink kuat	(++)
CLR15.4	Pink kuat	(++)

Keterangan:

- + = kemampuan hidrolisis lambat lebih dari 24 jam atau *slow activity*
++ = kemampuan hidrolisis cepat dalam waktu 24 jam atau *fast activity*

Isolat bakteri yang dapat memproduksi enzim urease dideteksi oleh perubahan warna media *Urea Agar Base* (UAB) dari kuning menjadi merah muda atau magenta. karena indikator pH *phenol red*. Hasil pengujian menunjukkan variasi aktivitas urease pada isolat. Tiga isolat (CLR9.3, CLR12.2, dan CLR15.4) menunjukkan aktivitas tinggi (++), ditandai dengan warna *pink* kuat, mengindikasikan kemampuan hidrolisis urea yang besar. Sementara itu, isolat CLR9.1, CLR9.4, dan CLR9.6 menunjukkan aktivitas sedang hingga rendah (+), dengan warna *pink* samar. Menurut Ambarwati dkk. (2020), tingginya aktivitas enzim pada isolat CLR9.3, CLR12.2, dan CLR15.4 menandakan potensi besar ketiganya untuk bioremediasi limbah bernitrogen tinggi, khususnya dalam memecah urea pada limbah peternakan karena kemampuannya dalam menghidrolisis urea secara cepat dan optimal (Turnet, *et al.*, 2023).

Identifikasi Karakteristik Bakteri Ureolitik

Identifikasi bakteri ureolitik dari kolam aerasi pada IPAL peternakan sapi diidentifikasi berdasarkan bentuk makroskopis, mikroskopis, dan sifat biokimia.

a. Pengamatan Morfologi secara Makroskopik

Didapatkan 6 isolat bakteri ureolitik yang dapat diamati morfologi koloni berdasarkan bentuk koloni, tepi koloni, elevasi, dan warna koloni. Hasil pengamatan disajikan dalam tabel 3.

Tabel 3. Morfologi Makroskopik Isolat Bakteri Ureolitik

Kode Isolat	Warna Koloni	Bentuk Koloni	Tepi Koloni
CLR9.4	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Undulate</i>
CLR12.2	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Undulate</i>
CLR9.6	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Undulate</i>
CLR9.3	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Lobaic</i>
CLR9.1	Putih	<i>Circular</i>	<i>Lobaic</i>
CLR15.4	Putih	<i>Circular</i>	<i>Entire</i>

Karakterisasi morfologi enam isolat bakteri ureolitik menunjukkan keragaman bentuk, warna, tepi, dan elevasi koloni. Semua koloni berwarna putih. CLR9.1 dan CLR9.3 memiliki tepi *lobaic*, CLR9.4, CLR9.6, CLR12.2 memiliki tepi *undulate*, dan CLR15.4 memiliki tepi *entire*. Mayoritas isolat (CLR9.3, CLR9.4, CLR9.6, CLR12.2) berbentuk ireguler dengan tepi *lobaic* atau *undulate*, serta elevasi *flat*. Menurut Rasmida dan Roza (2021), perbedaan karakteristik ini dipengaruhi oleh eksudat akar sebagai nutrisi dan faktor lingkungan seperti pH, di mana pH 7 menghasilkan koloni yang lebih melimpah karena sangat optimal untuk pertumbuhan bakteri ureolitik.

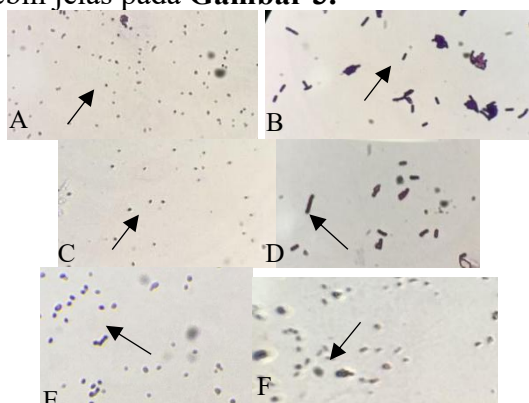
b. Pengamatan secara Mikroskopik

Isolat bakteri ureolitik yang diwarnai dengan metode Gram memperlihatkan bakteri Gram-positif dengan morfologi sel berupa *coccus*, *basil*, dan *coccobasil*. pwarnaan Gram dan bentuk sel dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengamatan Mikroskopik Isolat Bakteri Ureolitik

Kode Isolat	Gram	Spora	Bentuk Sel
CLR9.1	Positif	Negatif	<i>Coccus</i>
CLR9.3	Positif	Positif	<i>Bacil</i>
CLR9.4	Positif	Positif	<i>Bacil</i>
CLR9.6	Positif	Negatif	<i>Bacil</i>
CLR12.2	Positif	Negatif	<i>Coccobacil</i>
CLR15.4	Positif	Positif	<i>Bacil</i>

Hasil pengamatan uji pewarnaan Gram pada keenam isolat bakteri ureolitik dengan perbesaran 1000x menunjukkan keenam isolat memiliki Gram positif serta memiliki bentuk sel yang beragam yaitu basil, *coccus* dan *coccobacil*. Hasil pewarnaan Gram dari keenam isolat bakteri ureolitik dapat dilihat lebih jelas pada **Gambar 3**.

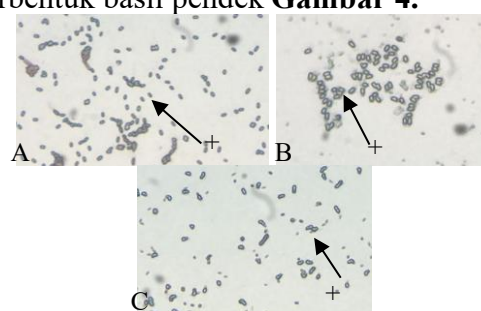


Gambar 3. Hasil pengamatan bentuk sel dan sifat Gram 6 isolat bakteri ureolitik dengan perbesaran 1000x yaitu CLR9.1: bentuk sel *coccus* (a); CLR9.3: bentuk sel basil (b); CLR9.4: bentuk sel basil (c); CLR9.6: bentuk sel *coccus* (d); CLR12.2: bentuk sel *coccus* (e); CLR15.4: bentuk sel basil (f).

Berdasarkan **Tabel 4**, karakterisasi mikroskopis keenam isolat bakteri ureolitik menunjukkan keragaman bentuk sel namun semuanya Gram-positif. Isolat CLR9.1, CLR9.6, dan CLR12.2 berbentuk *coccus*, sementara CLR9.3, CLR9.4, dan CLR15.4 berbentuk basil. Seluruhnya berwarna ungu pada pewarnaan Gram 1000x, menandakan dinding peptidoglikan yang tebal. Berdasarkan hasil pada **Tabel 4**,

Karakterisasi morfologi keenam isolat bakteri ureolitik menunjukkan keragaman bentuk dan struktur koloni, mengindikasikan variasi spesies atau *strain*. Semua isolat merupakan bakteri Gram-positif, ditandai dengan dinding sel tebal yang mempertahankan pewarna kristal violet, sesuai pernyataan Agustine dkk. (2018). Safranin kurang efektif karena dinding sel tebal sulit menyerap warna merah sempurna (Hamidah dkk, 2019).

Berdasarkan bentuk selnya, terdapat variasi morfologi di antara isolat. Isolat CLR9. ketika diberikan alkohol yang juga menyebabkan pori-pori dinding sel membesar dan meningkatkan daya larut kristal violet pada dinding sel bakteri Gram negatif (Wibowo, 2022). Hasil menunjukkan variasi morfologi sel di antara isolat. CLR9.1 berbentuk *coccus* (bulat), sementara CLR9.3, CLR9.4, CLR9.6, dan CLR15.4 berbentuk basil (batang), yang umum pada bakteri penghasil urease. CLR12.2 unik dengan bentuk *coccobacillus*, transisi antara kokus dan basil, yang mungkin menunjukkan adaptasi struktural atau fisiologis. Hasil pengamatan uji pewarnaan spora pada keenam isolat bakteri ureolitik isolat CLR9.3, CLR9.4, dan CLR15.4 menunjukkan kemampuan membentuk spora berbentuk basil pendek **Gambar 4**.



Gambar 4. Hasil Pengamatan Isolat (a) CLR9.3; (b) CLR9.4; (c) CLR15.4 membentuk spora (positif)

Hasil pengamatan uji pewarnaan spora berdasarkan Gambar 4, menunjukkan bahwa terdapat 3 isolat yang mampu membentuk spora yaitu CLR9.3, CLR9.4 dan CLR15.4.

Ketiga isolat tersebut memiliki spora berbentuk basil pendek dengan warna hijau. Pewarnaan spora dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bakteri yang memiliki kemampuan membentuk spora. Spora merupakan bentuk pertahanan diri bakteri dari kondisi yang ekstrem ataupun kondisi yang kurang menguntungkan (Purwaningsih dan Wulandari, 2021). Spora bakteri yang terwarnai cat warna *malachite green* akan mengikat kuat cat tersebut sehingga ketika

ditutup kembali dengan cat warna lain (safranin), spora bakteri akan tetap mempertahankan warna awalnya yaitu warna hijau sedangkan sel vegetatif dari bakteri akan berwarna merah.

c. Uji Aktivitas Biokimia

Hasil uji biokimia pada isolat bakteri ureolitik dari air limbah pada kolam aerasi di IPAL dari peternakan sapi Lampung. Dalam bentuk tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5. Karakterisasi Fisiologi Bakteri Ureolitik

Karakteristik		Kode Isolat					
Morfologi		CLR	CLR	CLR	CLR	CLR	CLR
		9.1	9.3	9.4	9.6	12.2	15.4
Uji Fermentasi Karbohidrat	Laktosa	+	-	-	++	+	+
	Sukrosa	++	++	+	+	++	+
	Manitol	++	-	++	+	+	+
	Maltosa	++	+	++	+	++	++
	Glukosa	++	++	++	++	+	++
Uji Katalase		+	+	+	+	+	+
Uji Motilitas		-	-	+	+	+	+

Berdasarkan Tabel 5, Pengujian fermentasi karbohidrat pada enam isolat bakteri ureolitik menunjukkan hasil bervariasi: Hasil uji fermentasi karbohidrat laktosa isolat CLR9.6, CLR12.2, dan CLR15.4 positif (media kuning, gelembung parsial). CLR9.1 negatif (media putih, tanpa gelembung). CLR9.3 dan CLR9.4 negatif (tidak berubah warna, tanpa gelembung). Menurut Madigan *et al*, (2018) bahwa keragaman dalam hasil fermentasi karbohidrat menunjukkan perbedaan genetik antar spesies atau bahkan antar strain dalam spesies yang sama. Sedangkan menurut Leboffe *et al* (2021), bahwa hasil fermentasi karbohidrat seperti perubahan warna dan produksi gas dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis

bakteri berdasarkan jalur metabolisme yang dimilikinya. Pada uji fermentasi karbohidrat maltosa semua isolat positif, kecuali CLR9.1 yang perubahan warnanya tidak menyeluruh dan tanpa gelembung karena metabolisme bakteri lambat dalam fermentasi maltosa. Pada uji manitol: CLR9.1, CLR9.4, CLR9.6, CLR12.2, dan CLR15.4 positif, namun CLR15.4 tidak disebutkan sebagai pengecualian. CLR9.3 negatif. Pada uji glukosa semua isolat positif (media kuning, gelembung), kecuali CLR9.6. Perubahan warna menjadi kuning dan adanya gelembung gas menunjukkan bakteri menghasilkan asam organik (asam laktat dan asam asetat) dan CO₂, menurunkan pH media (Haryati, 2020). Perbedaan hasil

antara isolat menunjukkan adanya variasi genetik dan metabolisme.

Hasil pengamatan uji katalase berdasarkan Tabel 5, keenam isolat bakteri ureolitik menunjukkan reaksi positif pada uji katalase, ditandai terbentuknya gelembung gas setelah ditetesi H_2O_2 . Ini berarti bakteri menghasilkan enzim katalase yang memecah H_2O_2 menjadi O_2 dan H_2O , melindungi sel dari produk beracun metabolisme aerobik (Sianipar dkk, 2020).

Hasil pengamatan pada uji motilitas, isolat CLR9.4, CLR9.6, CLR12.2, dan CLR15.4 positif (pertumbuhan menyebar dan media keruh), sedangkan CLR9.1 dan CLR9.3 negatif (pertumbuhan tidak menyebar). Pergerakan bakteri motil disebabkan oleh flagela atau *gliding motility*; bakteri non-motil tidak memiliki struktur pendorong (Fadillah, 2022). Sedangkan pada isolat CLR9.1 dan CLR9.3 menunjukkan hasil negatif dengan ditandai tidak menyebarnya pertumbuhan bakteri dari jalur tusukan jarum ose. Pergerakan bakteri motil terutama dipengaruhi oleh flagela yang berotasi, atau *gliding motility* tanpa flagela. Sebaliknya, bakteri non-motil tidak memiliki struktur pendorong, sehingga pergerakannya terbatas (Madigan *et al*, 2018).

SIMPULAN

Limbah peternakan sapi berpotensi menghasilkan enzim urease. Didapatkan enam isolat yang menunjukkan konsentrasi urease tertinggi dengan morfologi beragam (*bacil*, *coccus*, *coccobacillus*) berdasarkan hasil uji makroskopis, mikroskopis dan fisiologi. Secara fisiologis, keenam isolat ini Gram positif, motil (CLR9.4, CLR9.6, CLR12.2, CLR15.4), dan positif katalase. Bakteri ini juga adaptif pada suhu 27–29 °C, DO rendah (0-0,4 mg/L), dan COD tinggi (>1.500 mg/L).

SARAN

Perlu dilakukan identifikasi spesies secara lebih dalam untuk keenam isolat dengan aktivitas urease tertinggi menggunakan metode molekuler seperti sekuensing gen 16S rRNA.

DAFTAR PUSTAKA

- Fadillah, W., Rasyidah., Mayasari, U. 2022. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Heterotrofik Pada Kawasan Perairan Pantai Indah Kalangan, tapanuli Tengah. *Jurnal Metamorfosa: Journal of Biological Sciences* 9(2): 306-317
- Fitri, L., Aulia, T. B., Fauzi, A., Kamil, G. A. 2023. Characterization and screening of urease activity of ureolytic bacteria from landfills soil in Banda Aceh, Indonesia. *BIODIVERSITAS*. 24(2): 910-915.
- Hamidah, M, N., L, Hamidah, Romadhon. 2019. Aktivitas Antibakteri Isolat Bakteri Asam Laktat Dari Peda dengan Jenis Ikan Berbeda Terhadap *E.coli* dan *S. aureus*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*. 1(2): 11-21
- Haryati, K. 2020. Pengujian Kualitas Mikrobiologi Ikan Ekor Kuning Asap Dari Pasar Youtefa Papua. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indoensia*. 23(3): 486-494.
- Khajah, M., Bydalek, F., Babatunde, AO., Al-Matouq, A., Wenk, J., Webster, G. (2023) Nitrogen removal performance and bacterial community analysis of a multistage step-feeding tidal flow constructed wetland. *Front. Water* 5:1128901
- Madigan, M, T., Bender, K, S., Buckley, D, H., Sattley, W, M., Stahl, D, A. (2018). *Brock Biology of Microorganisms*. Pearson.
- Povis, A, A, L., Pérez, E, A, S., Quispe, K, A, O., Yanqui, P, V, G. 2024. Effect of dissolved oxygen concentration on

- biomass production in wastewater. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*. Vol. 19
- Sianipar, G. W. S., Sartini, Riyanto. 2020. Isolasi dan KarakterisTIK Bakteri Endofit pada Akar Pepaya (*Carica papaya* L.). *Jurnal Ilmiah Biologi UMA (JIBIOMA)*. 2(2):83-92.
- Sunarti, T, C., Suprihatin., Lauda, R, D. 2014. Stabilisasi Sludge Dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Menggunakan Starter Bakteri Indigenus Pada Aerobic Sludge Digester. *Jurnal Agroindustri Indonesia*. 3(1): 201-214
- Turner, R., Gloria, M., Castro, M., Minto, J., Mountassir, G, E., Rebecca, J., Lunn, J. 2023. Treatment of fractured concrete via microbially induced carbonate precipitation: From micro-scale characteristics to macro-scale behavior. *ELSEVIER, Construction and Building Materials*. 384.
- Wibowo, R. H., S. R. Sembiring, Sipriyadi, W. Darwis, R. Supriyati, T. Hidayah, S. P. Yudha. 2022. Kemampuan Bakteri Endofit Pelarut Fosfat Dari Tumbuhan Akar Kuning (*Arcangelisia flava* (L.) Merr) Asal Pulau Enggano, Provinsi Bengkulu. Al Kaunyah: *Jurnal Biologi*. 15(2): 171-181.
- Wulandari, P. R. 2014. Perencanaan Pengolahan Air Limbah Sistem Terpusat (Studi Kasus di Perumahan PT. Pertamina Unit Pelayanan III Plaju-Sumatera Selatan). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. 2(3): 499-509.
- Zhang, W., Zhang, H., Xu, R., Qin, H., Liu, H., Zhao, K. 2023. Heavy metal bioremediation using microbially induced carbonate precipitation: Key factors and enhancement strategies. *Front. Microbiol.* 14:1116970. doi: 10.3389/fmicb.2023.1116970