

Pengaruh Derajat Keasaman (pH) terhadap Pertumbuhan Bakteri Toleran Kromium Heksavalen dari Sedimen Mangrove di Muara Tukad Mati, Bali

Ibnu Fajar ^a, Ima Yudha Perwira ^{a*}, Ni Made Ernawati ^a

^a Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali-Indonesia

* Penulis koresponden. Tel.: +62-361-702802
Alamat e-mail: ima.yudha@unud.ac.id

Diterima (received) 15 April 2021; disetujui (accepted) 17 Juli 2022; tersedia secara online (available online) 17 Februari 2022

Abstract

The acidity (pH) is an important factor in bacterial growth, this affects the high and low density of the bacteria produced. The minimum and maximum pH values for bacterial growth are generally 4-9, but the optimal pH ranges from 6.5-7.5. This research aims to determine the effect of pH on the growth of hexavalent chromium or Cr(VI) tolerant bacterial isolates from mangrove sediments in Muara Tukad Mati. This research was conducted at the Laboratory of Fisheries, Faculty of Marine Affairs and Fisheries, Udayana University in March 2021. The method used in the research was the experimental method by giving four different pH treatments, namely pH 3, 5, 7, and 9. The stages of the study included preparation of the research sample, creation of growth media, preparation of inoculum, and measurement of growth of bacterial isolates, then analyzed descriptively in the form of pictures and graphics. It is known that the five bacterial isolates can grow well in a pH range of 5-7. Bacterial isolate A reached the optimal value at pH 7, while bacterial isolate B, C, D, and E reached the optimal value in the pH range 5-7. Based on the range of pH values in the growth media, the five bacterial isolates were included as acidophilic microbes that were able to live at pH 5 and mesophilic microbes that were able to live at pH 5.5-8.0.

Keywords: acidity; growth; bacterial isolates; Hexavalent Chromium; optimal value

Abstrak

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor penting dalam pertumbuhan bakteri, hal ini mempengaruhi tinggi rendahnya densitas bakteri yang dihasilkan. Nilai pH minimum dan maksimum untuk pertumbuhan bakteri pada umumnya yaitu 4-9, namun pH yang paling optimal berkisar antara 6,5-7,5. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH terhadap pertumbuhan isolat bakteri toleran kromium heksavalen atau Cr(VI) yang berasal dari sedimen mangrove di Muara Tukad Mati. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Perikanan Fakultas Kelautan dan Perikanan Universitas Udayana pada bulan Maret tahun 2021. Metode yang digunakan saat penelitian yaitu metode eksperimental dengan pemberian empat perlakuan pH yang berbeda yaitu pH 3, 5, 7, dan 9. Tahapan penelitian meliputi preparasi sampel penelitian, pembuatan media pertumbuhan, preparasi inokulum, dan pengukuran pertumbuhan isolat bakteri, yang selanjutnya dianalisis secara deskriptif dalam bentuk gambar dan grafik. Diketahui kelima isolat bakteri dapat tumbuh baik pada kisaran pH 5-7. Isolat Bakteri A mencapai nilai optimal pada pH 7, sedangkan Isolat Bakteri B,C,D, dan E mencapai nilai optimal pada kisaran pH 5-7. Berdasarkan rentang nilai pH pada media pertumbuhannya, kelima isolat bakteri termasuk jenis mikroba asidofilik yang mampu hidup pada pH 5 dan jenis mikroba mesofilik karena mampu tumbuh pada pH 5,5-8,0.

Kata Kunci: derajat keasaman; pertumbuhan; isolat bakteri; Kromium Heksavalen; nilai optimal

1. Pendahuluan

Logam berat adalah sekelompok logam dan metaloid dengan densitas atom lebih dari 5 g/cm³,

sebagian besar bersifat toksik dan tidak dapat didegradasi (Chen, 2012). Salah satu jenis logam berat yang berbahaya dan dapat masuk ke kolom perairan adalah logam berat kromium heksavalen atau Kromium Heksavalen (Ilie et al., 2014). Apabila lingkungan perairan sudah tidak mampu mengakumulasi logam berat tersebut, maka akan memberikan dampak yang negatif terhadap organisme perairan maupun lingkungan.

Keberadaan logam berat Kromium Heksavalen dalam suatu lingkungan tertentu dapat menurunkan populasi mikroba baik dalam jumlah maupun keanekaragaman spesiesnya. Namun, sering dijumpai jenis mikroba tertentu yang resisten atau toleran terhadap kondisi tersebut. Sifat resisten atau toleran mikroba ditunjukkan dengan kemampuan tumbuh mikroba dalam berbagai konsentrasi logam berat dan kondisi lingkungan pada skala laboratorium maupun di habitat aslinya. Sifat tersebut berupa kemampuan mikroba untuk bertahan terhadap efek toksik logam berat melalui mekanisme detoksifikasi sebagai respon terhadap eksistensi jenis logam tertentu yang dapat dikenali (Gadd, 1992).

Sifat resisten terhadap Kromium Heksavalen telah ditemukan pada genus *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Salmonella*, *Streptococcus*, *Aeromonas*, dan *Enterobacter* (Yazid et al., 2007). Kemudian berdasarkan penelitian Lewaru et al. (2012) menyatakan bahwa spesies dari genus *Bacillus* dan *Staphylococcus* ternyata juga memiliki sifat resisten terhadap logam berat Kromium Heksavalen. Namun, setiap mikroorganisme mempunyai respons yang berbeda terhadap faktor lingkungan salah satunya adalah derajat keasaman (pH) (Mayasari, 2020).

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor penting dalam pertumbuhan bakteri hal ini mempengaruhi tinggi rendahnya densitas bakteri yang dihasilkan. Nilai pH minimum dan maksimum untuk pertumbuhan bakteri pada umumnya yaitu 4-9, namun pH yang paling optimal berkisar antara 6,5-7,5. pH sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri karena berkaitan dengan aktivitas enzim yang dibutuhkan oleh bakteri untuk mengkatalis reaksi-reaksi yang berhubungan dengan pertumbuhan bakteri. Apabila pH dalam suatu medium atau lingkungan tidak optimal maka akan mengganggu kerja enzim-enzim tersebut dan akhirnya mengganggu pertumbuhan bakteri itu sendiri (Suriani dkk, 2013).

Dari penjelasan tersebut maka perlu dilakukan penelitian mengenai sifat fisiologis beberapa isolat bakteri toleran Kromium Heksavalen yang berasal dari sedimen mangrove di Muara Tukad Mati, Bali. Sehingga dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi lebih mengenai kajian fisiologis yang ditekankan pada upaya mengetahui pengaruh tingkat derajat keasaman atau pH terhadap pertumbuhan isolat bakteri toleran Kromium Heksavalen.

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret tahun 2021 di Laboratorium Perikanan Fakultas Kelautan dan Perikanan Universitas Udayana.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pH pen (Soil pH Meter PH-212), tabung reaksi (Pyrex 15 ml), erlenmeyer (AGC Iwaki), hotplate (Thermo Scientific), autoklaf (Model HL-36Ae), inkubator (Mettler), jarum ose, mikrotip (Universal Type), mikropipet (Pipetman Gilson), dan gelas ukur (Herma). Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu akuades, media cair Nutrient Broth E (Neogen Lab M), H₂SO₄ 1 M, NaOH 1 M, isolat bakteri toleran Kromium Heksavalen, dan alkohol 70%.

2.3 Pelaksanaan Penelitian

2.3.1. Preparasi Sampel Penelitian

Sampel bakteri yang digunakan dalam penelitian ini adalah koleksi bakteri yang telah diskriminasi dalam media NA dari sampel sedimen mangrove di Muara Tukad Mati, Bali. Isolat bakteri ini diseleksi berdasarkan kemampuannya dalam mentolerir senyawa Kromium Heksavalen. Adapun kelima isolat bakteri diberi kode Isolat Bakteri A, B, C, D, dan E.

2.3.2. Pembuatan Media Pertumbuhan

Nutrient Broth ditimbang sebanyak 0,65 gr dan dilarutkan ke dalam akuades sebanyak 50 ml sambil dipanaskan. Kemudian diberikan pengaruh pH yang berbeda pada masing-masing media cair, pH media 7 dan 9 dengan penambahan H₂SO₄ 1 M,

sedangkan pH media 3 dan 5 dengan penambahan NaOH 1 M. Larutan tersebut kemudian disterilisasi dengan autoklaf pada suhu 121°C pada tekanan 1 atm selama 15 menit.

2.3.3. Preparasi Inokulum

Kelima isolat bakteri diinokulasi secara aseptis kedalam media cair Nutrient Broth dengan pemberian pH yang berbeda yaitu pada pH 3, 5, 7, dan 9 dengan cara diambil sebanyak satu ose lalu diinokulasi ke dalam tabung reaksi yang berisi 10 ml media cair Nutrient Broth. Kemudian diinkubasi selama 24 jam dengan suhu 37°C. Proses shaking dilakukan setiap tiga jam sekali untuk memastikan persebaran nutrisi yang merata pada semua bagian media pertumbuhan dan dilanjutkan dengan pengukuran pertumbuhan masing-masing isolat bakteri.

2.3.4. Pengukuran Pertumbuhan Isolat Bakteri

Pengukuran pertumbuhan isolat bakteri toleran Kromium Heksavalen menggunakan metode tidak langsung berdasarkan kekeruhan atau kepadatan sel dengan pendekatan pengukuran Optical Density (OD) menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 600 nm (OD600).

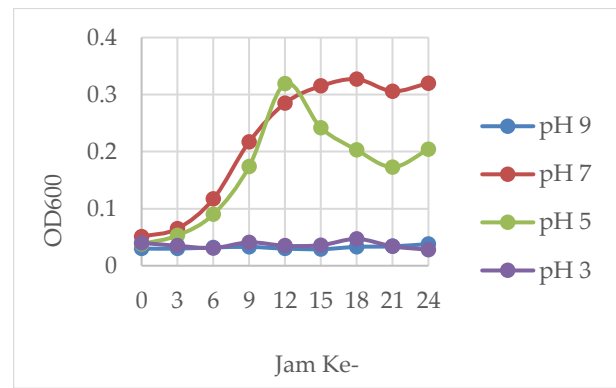
2.4 Analisa Data

Data yang diperoleh disajikan secara deskriptif kualitatif dalam bentuk tabel dan grafik, yang selanjutnya dianalisis dijadikan dasar dalam penarikan kesimpulan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Profil Ketahanan Isolat Bakteri terhadap pH

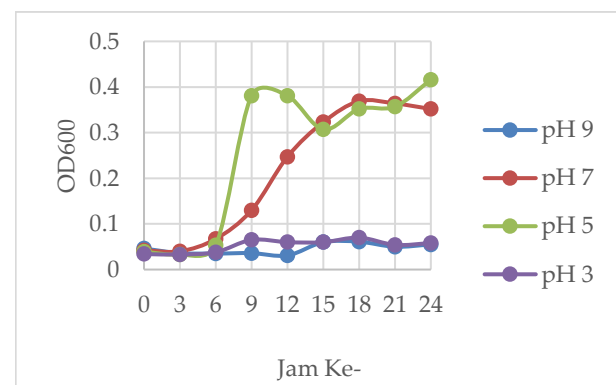
Berdasarkan profil pertumbuhan Isolat Bakteri A dengan perlakuan pH yang berbeda (Gambar 1) tampak bahwa isolat bakteri tersebut memiliki sifat resisten atau toleran yang berbeda-beda terhadap perlakuan pH yang diberikan. Hasil pengukuran pertumbuhan isolat bakteri menunjukkan bahwa Isolat Bakteri A mampu tumbuh baik pada pH 5 dan 7, dan mencapai nilai optimal pada pH 7. Sedangkan pada pH 3 dan 9 isolat bakteri tersebut tidak mengalami pertumbuhan bakteri yang signifikan. Pada pH 5 fase lag bakteri terjadi pada jam ke-0 sampai jam ke-3, kemudian terjadi fase eksponensial sampai jam ke-12, setelah itu



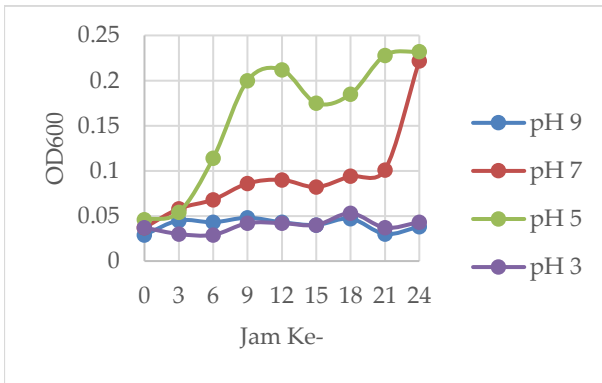
Gambar 1. Profil Pertumbuhan Isolat Bakteri A dengan Perlakuan pH yang Berbeda

mengalami fase kematian sampai jam ke-24. Berbeda dengan perlakuan pH 5, pada pH 7 bakteri mengalami fase lag pada jam ke-0 sampai jam ke-3, kemudian terjadi fase eksponensial sampai jam ke-18, setelah itu terjadi fase stasioner sampai jam ke-24.

Profil pertumbuhan Isolat Bakteri B dengan perlakuan pH yang berbeda (Gambar 2) menunjukkan bahwa Isolat Bakteri B dapat tumbuh baik pada pH 5 dan 7, dan mencapai nilai optimal pada pH 7. Pada pH 3 dan 9 Isolat Bakteri B tidak dapat tumbuh dengan baik, ditandai dengan tidak terlihatnya fase pertumbuhan bakteri. Kurva pertumbuhan pada perlakuan pH 7 menunjukkan bahwa pada jam ke-0 sampai jam ke-3 telah memasuki fase lag bakteri, kemudian terjadi fase eksponensial sampai jam ke-18 ditandai dengan adanya pertumbuhan bakteri yang cukup signifikan. Setelah itu, terjadi fase stasioner sampai jam ke-24. Pada pH 5 fase lag bakteri terjadi pada jam ke-0 sampai jam ke-3, kemudian mengalami fase eksponensial yang cukup tinggi sampai jam ke-12, namun terjadi fase kematian yang cukup pesat setelahnya sampai jam ke-21, diperkirakan Isolat Bakteri B pada pH 5 dan 7 masih dapat tumbuh



Gambar 2. Profil Pertumbuhan Isolat Bakteri B dengan Perlakuan pH yang Berbeda

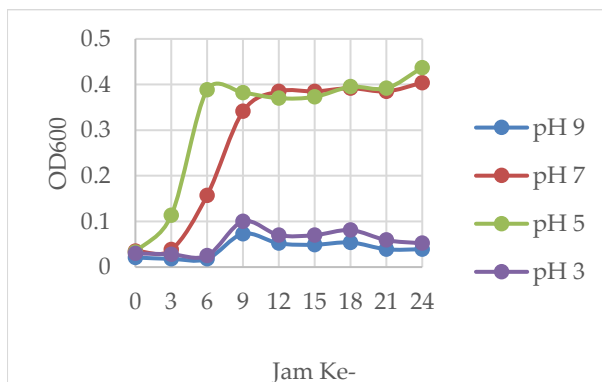


Gambar 3. Profil Pertumbuhan Isolat Bakteri C dengan Perlakuan pH yang Berbeda

dengan baik, ditandai dengan adanya kenaikan pertumbuhan pada jam terakhir.

Profil pertumbuhan Isolat Bakteri C dengan perlakuan pH yang berbeda (Gambar 3) menunjukkan bahwa Isolat Bakteri C dapat tumbuh baik pada pH 5 dan 7, walaupun nilai Optical Density (OD) pada pH 5 lebih tinggi, namun terjadi fase stasioner yang lebih cepat dibandingkan isolat bakteri dengan pH 7. Pada pH 7 diperkirakan akan terus mengalami kenaikan pertumbuhan bakteri. Kurva pertumbuhan pada Isolat Bakteri C menunjukkan bahwa pada pH 5 jam ke-0 sampai jam ke-3 telah terjadi fase lag, kemudian terjadi fase eksponensial yang cukup pesat sampai jam ke-12, kemudian mengalami fluktuasi kenaikan pertumbuhan bakteri yang diakhiri dengan fase stasioner sampai jam ke-24. Pada pH 7 fase lag bakteri terlihat pada jam ke-0 sampai jam ke-21, kemudian terjadi fase eksponensial yang cukup pesat sampai jam ke-24.

Profil pertumbuhan Isolat Bakteri D dengan perlakuan pH yang berbeda (Gambar 4) menunjukkan bahwa Isolat Bakteri D dapat tumbuh baik dan optimal pada pH 5 dan 7, hal ini



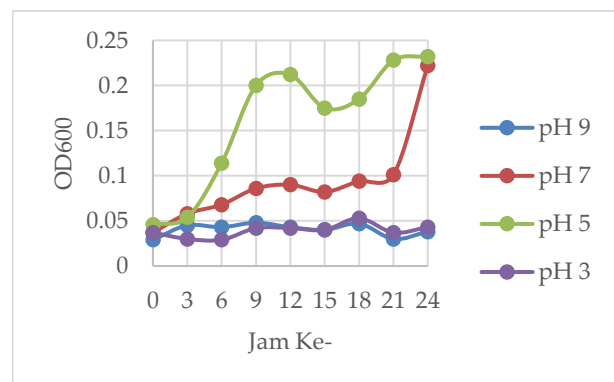
Gambar 4. Profil Pertumbuhan Isolat Bakteri D dengan Perlakuan pH yang Berbeda

ditandai dengan tingginya nilai Optical Density (OD) yang dihasilkan, namun pada kedua perlakuan pH tersebut terjadi fase stasioner yang cukup Panjang. Pertumbuhan isolat bakteri pada pH 3 dan 9 masih tidak menunjukkan pertumbuhan yang cukup signifikan. Kurva pertumbuhan Isolat Bakteri D menunjukkan bahwa pada pH 5 telah terjadi fase lag bakteri sampai jam ke-3, selanjutnya masuk ke dalam fase eksponensial sampai jam ke-6, dan terus mengalami fase stasioner sampai jam ke-24. Hal ini juga tidak jauh berbeda dengan perlakuan pH 7, dimana terjadi fase lag bakteri sampai jam ke-3, kemudian dilanjut dengan fase eksponensial sampai jam ke-12, selanjutnya terjadi fase stasioner yang konstan sampai jam ke-24.

Profil pertumbuhan Isolat Bakteri E dengan perlakuan pH yang berbeda (Gambar 4) menunjukkan bahwa Isolat Bakteri E dapat tumbuh baik dan optimal pada pH 5 dan 7, hal ini ditandai dengan tingginya nilai Optical Density (OD) yang dihasilkan dan diperkirakan akan terus mengalami kenaikan pertumbuhan bakteri. Sedangkan, sama halnya dengan isolat-isolat bakteri sebelumnya, pada pH 3 dan 9 juga tidak terlihat kenaikan pertumbuhan bakteri yang cukup signifikan. Kurva pertumbuhan Isolat Bakteri E menunjukkan bahwa pada pH 5 telah terjadinya fase lag bakteri sampai jam ke-9 dan terus mengalami fase eksponensial sampai jam ke-24. Sama halnya dengan perlakuan pH 7 dimana telah terjadi fase lag bakteri sampai jam ke-15 dan terus mengalami fase eksponensial sampai jam ke-24.

3.2 Profil Ketahanan Isolat Bakteri terhadap pH

Kelima isolat bakteri yang diinokulasi dalam media cair Nutrient Broth dan diinkubasi selama 24 jam pada rentang pH 3-9 menunjukkan bahwa



Gambar 5. Profil Pertumbuhan Isolat Bakteri E dengan Perlakuan pH yang Berbeda

pemberian perlakuan pH yang berbeda memberikan pengaruh dalam pertumbuhan kelima isolat bakteri. Hal ini sesuai dengan pernyataan Suriani (2013) bahwa pertumbuhan bakteri sangat dipengaruhi oleh medium tempat tumbuhnya salah satu faktor terpentingnya adalah pH. pH sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri karena berkaitan dengan aktivitas enzim yang dibutuhkan oleh bakteri untuk mengkatalis reaksi-reaksi yang berhubungan dengan pertumbuhannya. Keadaan pH yang tidak optimal dalam lingkungan dapat mengganggu kerja enzim tersebut dan mengganggu pertumbuhan bakteri.

Pengaruh pH terhadap pertumbuhan tidak kalah pentingnya dari pengaruh suhu dan kelembaban udara. Terdapat pH minimum, pH optimum, dan pH maksimum dalam pertumbuhan bakteri dimana rentang pH bagi pertumbuhan bakteri antara 4 – 9 dengan pH optimal 6,5 – 7,5 (Mayasari, 2020). Semua kurva pertumbuhan isolat bakteri pada pH 3 dan 9 menunjukkan pola pertumbuhan yang kurang baik bahkan tidak terlihat adanya fase pertumbuhan bakteri. Sedangkan pertumbuhan isolat bakteri pada pH 5 dan 7 dapat tumbuh dengan baik. Pertumbuhan Isolat Bakteri A mencapai nilai optimal pada pH 7, sedangkan Isolat Bakteri B, C, D, dan E mencapai nilai optimal pada kisaran pH 5-7. Hal ini sesuai dengan pernyataan Odum (1993) dalam Mushtofa dkk. (2014) yang menyatakan bahwa pada pH yang optimum, organisme yang hidup di dalamnya akan bertahan, sebaliknya jika pH lingkungan terlalu tinggi atau terlalu rendah maka akan mempengaruhi ketahanan hidup organisme di dalamnya dan cenderung menyebabkan kematian pada organisme tersebut termasuk bakteri.

Walaupun kurva pertumbuhan Isolat Bakteri C pada pH 7 lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan pH 5, namun terlihat kenaikan pertumbuhan bakteri yang cukup signifikan pada jam ke-24. Hal ini diakibatkan oleh perbedaan waktu adaptasi dari isolat bakteri. Menurut Suharyono dkk. (2012) jika bakteri dipindahkan ke dalam suatu media, maka akan terjadi fase adaptasi untuk menyesuaikan dengan lingkungan barunya. Lamanya fase adaptasi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya medium dan lingkungan pertumbuhannya. Jika medium dan lingkungan pertumbuhan sama seperti medium dan lingkungan sebelumnya, mungkin tidak diperlukan waktu adaptasi.

Kebanyakan bakteri dipengaruhi oleh pH optimum yang menyebabkan pertumbuhannya menjadi optimal. Pada pH yang rendah, membran sel pada mikroba menjadi jenuh oleh ion hidrogen sehingga membatasi transport membran. Keracunan yang terjadi pada pH rendah dikarenakan sebagian substansi asam yang tidak terurai meresap ke dalam sel, sehingga terjadi ionisasi dan pH sel berubah. Perubahan yang terjadi menghambat proses pengiriman asam-asam amino dari RNA sehingga menyebabkan terhambatnya pertumbuhan mikroba bahkan dapat membunuh mikroba itu sendiri (Haryati dkk., 2015).

Berdasarkan rentang nilai pH pada media pertumbuhannya, mikroba dibedakan menjadi tiga golongan besar yaitu mikroba asidofilik, mikroba yang dapat tumbuh pada pH berkisar 2,0-5,0; mikroba mesofilik, mikroba yang dapat tumbuh pada pH berkisar 5,5-8,0 dan mikroba alkalifilik, mikroba yang dapat tumbuh pada pH berkisar 8,4-9,5 (Arisandi dkk, 2017).

Diketahui kelima isolat bakteri toleran Cr(VI) merupakan jenis mikroba asidofilik yang mampu hidup pada pH 5 dan jenis mikroba mesofilik karena mampu hidup pada pH berkisar antara 5,5-8,0. Jenis mikroba ini tergolong unik karena mempunyai kemampuan oksidasi atau reduksi terhadap logam berat dan dapat hidup pada pH yang rendah maupun pH yang tinggi (Puspitasari dkk, 2014).

4. Simpulan

Derajat keasaman atau pH sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan isolat bakteri toleran Cr(VI). Kelima isolat bakteri dapat tumbuh baik pada kisaran pH 5-7. Isolat Bakteri A mencapai nilai optimal pada pH 7, sedangkan Isolat Bakteri B,C,D, dan E mencapai nilai optimal pada kisaran pH 5-7. Kelima isolat bakteri menunjukkan pertumbuhan yang optimal pada pH netral dan asam. Diketahui kelima isolat bakteri termasuk jenis mikroba asidofilik yang mampu hidup pada pH 5 dan jenis mikroba mesofilik karena mampu tumbuh pada pH 5,5-8,0.

Daftar Pustaka

- Arisandi, A., Tamam, B., & Yuliandari, R. (2017). Jumlah Koloni pada Media Kultur Bakteri yang Berasal dari Thallus dan Perairan Sentra

- Budidaya *Kappaphycus Alvarezii* di Sumenep. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, **9**(1), 57-64.
- Chen, J.P. (2012). *Decontamination of Heavy Metals: Process, Mechanisms, and Applications*. Florida: Taylor & Francis Group.
- Gadd, G.M. (1992). *Heavy Metal Pollutants: Environmental and Biotechnological Aspect. Encyclopedia of Microbiology*. (2nd DL). USA: Academic Press Inc.
- Haryati, S., Hamzah, F., & Restuhadi, F. (2015). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian*, **2**(1), 1-10.
- Ilie, M., Marinescu, F., Ghita, G., Deak, G.Y., & Tanase, G.S. (2014). Assessment of Heavy Metal in Water and Sediments of the Danube River. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, **15**(3), 825-833.
- Lewaru, S., Riyantini, I., & Mulyani, Y. (2012). Identifikasi Bakteri Indigenous Pereduksi Logam Berat Cr(VI) dengan Metode Molekuler di Sungai Cikijing Rancaekek, Jawa Barat. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Unpad*, **3**(4), 81-92.
- Mayasari, U. (2020). DIKTAT Mikrobiologi. Medan: Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.
- Mushthofa, A., Muskananfola, M.R., & Rudiyantri, S. (2014). Analisis Struktur Komunitas Makrozoobenthos sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Sungai Wedung Kabupaten Demak. *Diponegoro Journal of Maquares*, **3**(1), 81-88.
- Puspitasari, D., Pramono, H., & Oedjijono. (2014). Identifikasi Bakteri Pengoksidasi Besi dan Sulfur Berdasarkan Gen 16s rRNA dari Lahan Tambang Timah di Belitung. *Scripta Biologica*, **1**(1), 8-14.
- Suharyono, Rizal, S., Nurainy, F., & Kurniadi, M. (2012). Pertumbuhan L. Casei pada Berbagai Lama Fermentasi Minuman Sinbiotik dari Ekstrak Cincau Hijau (*Premna oblongifolia* Merr). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, **5**(2), 117-128.
- Suriani, S., Soemarno & Soeharjono. (2013). Pengaruh Suhu dan pH terhadap Laju pertumbuhan Lima Isolat Bakteri Anggota Genus Pseudomonas yang diisolasi dari Ekosistem Sungai Tercemar Deterjen di sekitar Kampus Universitas Brawijaya. *Jurnal Pembangunan dan Alam Lestari*, **3**(2), 1-5.
- Yazid, M., Bastianudin, A., & Usada, W. (2007). Seleksi Bakteri Pereduksi Krom di Limbah Cair Industri Penyamakan Menggunakan Metode Ozonisasi. Dalam Prosiding PPI - PDIPTN 2007. Yogyakarta, Indonesia, 10 Juli 2007 (pp. 46-54).