



Isolasi dan Identifikasi Aktivitas Bakteri pada Air Batang Bungo

Indri Artanti^{1*}, Ardi Mustakim²

¹⁻²Universitas Adiwangsa Jambi, Indonesia

Alamat: Jl. Sersan muslim No. RT 24, Thehok, Kec. Jambi Selatan, Kota Jambi, Indonesia

Korespondensi penulis: indriartanti30@gmail.com *

Abstract. Batang Bungo River faces severe pollution from domestic waste and illegal gold mining, which has led to an increase in skin diseases and diarrhea among residents of Tanjung Gedang, exacerbated by poor physical-chemical water quality, including low pH and high levels of Total Suspended Solids (TSS) and Chemical Oxygen Demand (COD), all of which foster the growth of pathogenic microorganism. This study aimed to identify bacteria and fungi present in Batang Bungo River water, characterizing their colony morphology and microscopic structures to understand the impact of pollution on microbial communities. The methodology involved serial dilution of water samples, followed by inoculation onto Nutrient Agar (NA) media using the pour plate technique, and incubation at 37°C for 24-48 hours. Macroscopic observations of colonies (color, shape, texture) were performed, and representative colonies were stained with crystal violet for microscopic observation at 1000x magnification to identify cellular and hyphal structures. The results indicated the presence of various microorganisms, including Gram-positive bacteria, filamentous fungi, and possibly protozoa, with colonies exhibiting characteristics such as off-white color, rough surfaces, and irregular edges. Microscopic examination after crystal violet staining revealed rod-shaped (bacilli), spherical (cocci) structures, and branched filamentous structures resembling hyphae, consistent with a mixture of bacteria and filamentous fungi. The identification of pathogens like *Clostridium*, *Dermatophilus*, and *Escherichia coli* in previous studies, coupled with the poor water quality, confirms significant microbiological and chemical contamination. Crystal violet proved effective as a stain for microscopic identification of microorganism structures. In conclusion, the water quality of Batang Bungo River is highly concerning and requires serious attention for monitoring and management to safeguard public health and the river ecosystem.

Keywords: Bungo Stem Water, Colony Morphology, Crystal Violet, Fungi, Gram Staining.

Abstrak. Sungai Batang Bungo menghadapi masalah pencemaran serius dari limbah domestik dan penambangan emas ilegal, yang telah menyebabkan peningkatan kasus penyakit kulit dan diare di kalangan warga Tanjung Gedang, diperparah oleh kualitas fisik-kimia air yang buruk seperti pH rendah, TSS, dan COD tinggi yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme patogen. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi bakteri dan jamur serta karakteristik morfologi dan mikroskopisnya pada air Sungai Batang Bungo, guna memahami dampak pencemaran terhadap komunitas mikroorganisme. Metode yang digunakan meliputi pengenceran serial sampel air, inokulasi ke media Nutrient Agar (NA) dengan teknik pour plate, inkubasi pada 37°C selama 24-48 jam, pengamatan makroskopis koloni (warna, bentuk, tekstur), serta pewarnaan koloni representatif dengan kristal violet untuk observasi mikroskopis pada perbesaran 1000x guna mengidentifikasi struktur hifa, spora, dan morfologi sel. Hasil penelitian menunjukkan keberadaan berbagai mikroorganisme, termasuk bakteri Gram positif, jamur filamentous, dan kemungkinan protozoa, dengan koloni berwarna abu-abu keputihan, permukaan kasar, dan tepi tidak beraturan. Pengamatan mikroskopis setelah pewarnaan kristal violet memperlihatkan struktur berbentuk batang pendek (basil), bulat (kokus), dan filamen menyerupai hifa bercabang-cabang, mengindikasikan campuran bakteri dan jamur filamentous. Keberadaan patogen seperti *Clostridium*, *Dermatophilus*, dan *Escherichia coli* yang teridentifikasi dalam studi sebelumnya, bersama dengan kualitas air yang buruk, menegaskan adanya pencemaran mikrobiologis dan kimiawi yang signifikan. Kristal violet terbukti efektif sebagai pewarna untuk identifikasi struktur mikroorganisme secara mikroskopis. Kesimpulannya, kualitas air Sungai Batang Bungo sangat memprihatinkan dan memerlukan perhatian serius dalam pemantauan dan pengelolaan untuk menjaga kesehatan masyarakat dan ekosistem sungai.

Kata kunci: Air Batang Bungo, Morfologi Koloni, Kristal Violet, Jamur, Pewarnaan Gram.

1. LATAR BELAKANG

Sungai Batang Bungo merupakan salah satu sungai utama di Kabupaten Bungo yang memiliki panjang sekitar 50 km dan termasuk dalam kategori perairan terbuka. Sungai ini dimanfaatkan oleh masyarakat setempat untuk kegiatan penangkapan ikan, budidaya perikanan, serta sebagai jalur transportasi. Selain itu, warga yang tinggal di sepanjang aliran sungai juga menggunakan airnya untuk mandi, mencuci, dan keperluan sanitasi (MCK) (Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Bungo, 2009). Sungai juga mencerminkan perubahan dalam keberadaan biota perairan serta fungsi komunitas sepanjang alirannya. Perbedaan karakteristik dari hulu ke hilir sungai mencerminkan satu kesatuan ekosistem yang terintegrasi, yang bersifat terbuka (open ecosystem), di mana kejadian di bagian hulu akan memberikan dampak pada bagian hilir (Syandri, 2007). Faktor-faktor penting dalam ekosistem ini meliputi bentuk morfologi sungai, aliran air, dan tekstur dasar sungai. Namun, keberadaan bahan pencemar dapat mengakibatkan penurunan kualitas air sungai.

Menurut Dwiyatmo (2007:12), pencemaran air adalah suatu bentuk perubahan kondisi pada wilayah perairan seperti danau, sungai, laut, maupun air tanah yang dipicu oleh aktivitas manusia. Terdapat banyak faktor penyebab pencemaran air, namun secara garis besar dibagi menjadi dua jenis proses, yakni pencemaran langsung dan tidak langsung. Pencemaran langsung terjadi ketika bahan pencemar masuk ke dalam air dan menyebabkan dampak negatif seperti gangguan kesehatan pada manusia, hewan, tumbuhan, serta kerusakan pada tanah, udara, dan keseimbangan ekosistem air. Sementara itu, pencemaran tidak langsung terjadi akibat adanya zat kimia yang bereaksi dengan lingkungan seperti udara, tanah, maupun air, yang kemudian dapat menimbulkan pencemaran vibrio (Fardiaz, 1992:39-40).

Sungai Batang Bungo memiliki fungsi penting dalam kehidupan masyarakat setempat, terutama bagi warga Tanjung Gedang yang mengandalkannya untuk kebutuhan sehari-hari seperti mandi, mencuci, dan buang air. Selain itu, sungai ini juga digunakan sebagai tempat pembuangan limbah rumah tangga dan kegiatan penambangan emas. Permasalahan yang muncul di wilayah ini adalah terjadinya pencemaran air Sungai Batang Bungo. Hal ini dapat dibuktikan melalui data dari puskesmas setempat yang menunjukkan meningkatnya kasus penyakit kulit gatal-gatal dan diare yang telah lama dialami oleh warga Tanjung Gedang, akibat tercemarnya air sungai tersebut. Dalam pemberitaan Jambi Update juga disebutkan bahwa aktivitas penambangan emas ilegal di wilayah tersebut memberi dampak negatif terhadap lingkungan. Di sisi lain, mikrobiologi merupakan salah satu mata kuliah dalam program studi pendidikan biologi. Mikrobiologi adalah ilmu yang mempelajari makhluk hidup, mencakup

aspek morfologi, fisiologi, serta jasad renik, yaitu organisme mikroskopis baik bersel satu (uniseluler) maupun banyak sel (multiseluler).

Bakteri merupakan salah satu makhluk hidup yang hanya dapat diamati melalui mikroskop (Sri, 2015:100). Untuk membuktikan konsep-konsep yang diajarkan dalam suatu mata kuliah, diperlukan pelaksanaan praktikum agar mahasiswa memperoleh pemahaman yang lebih konkret terhadap materi. Agar kegiatan praktikum berjalan dengan lancar, dibutuhkan materi pengayaan yang disusun dalam bentuk panduan praktikum. Dalam bidang mikrobiologi, pentingnya penelitian ini terletak pada penyediaan bahan pengayaan mengenai teknik isolasi bakteri dan pewarnaan gram dengan memanfaatkan sampel air sungai, seperti Sungai Batang Bungo. Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis bermaksud melakukan penelitian dengan judul **“Isolasi dan Identifikasi Aktivitas Bakteri pada Air Batang Bungo”**. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh musim terhadap jenis, struktur komunitas, serta faktor lingkungan perairan yang memengaruhi keanekaragaman ikan di Sungai Batang Bungo.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di laboratorium mikrobiologi untuk mengidentifikasi jamur yang tumbuh pada Air Batang Bungo berdasarkan morfologi koloni dan pengamatan mikroskopis menggunakan pewarna tunggal yaitu kristal violet. Sampel yang digunakan adalah Air Batang Bungo. Sebanyak 1 ml Sampel Air Batang Bungo ditetaskan secara aseptis dan dicampur dengan 9 mL akuades steril dalam tabung untuk menghasilkan larutan 10^{-1} . Selanjutnya dilakukan pengenceran bertingkat hingga 10^{-6} dengan metode serial dilution.

Sebanyak 1 mL dari masing-masing larutan pengenceran diinokulasikan ke dalam cawan petri yang telah berisi media *Nutrient Agar* (NA) steril menggunakan teknik pour plate. Setelah inokulasi, media dibungkus dengan plastik wrap untuk menjaga kesterilan dan diputar perlahan membentuk angka delapan agar penyebaran sampel merata. Cawan petri kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam untuk memungkinkan pertumbuhan koloni jamur.

Setelah masa inkubasi selesai, dilakukan pengamatan makroskopis terhadap koloni jamur, mencakup warna, bentuk, tepi, dan permukaan koloni. Koloni yang mewakili kemudian diambil dengan jarum ose dan ditempatkan pada kaca objek bersih. Proses pewarnaan dilakukan dengan menjatuhkan larutan kristal violet selama 1 menit tanpa pewarna tambahan lainnya. Preparat lalu dibilas menggunakan akuades steril, dikeringkan, dan diamati menggunakan mikroskop cahaya pada perbesaran 1000x. Pengamatan difokuskan pada

struktur khas jamur seperti hifa dan spora untuk proses identifikasi awal. Hasil pengamatan kemudian dideskripsikan dan dianalisis secara kualitatif berdasarkan karakteristik morfologi koloni dan struktur mikroskopis, serta dibandingkan dengan literatur yang relevan untuk menduga jenis jamur yang tumbuh pada Air Batang Bungo.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini diawali dengan proses pengenceran sampel singkong menggunakan akuades steril, kemudian dilanjutkan dengan inokulasi ke dalam media Nutrient Agar (NA) dan diinkubasi selama 24–48 jam pada suhu 37°C. Setelah masa inkubasi, dilakukan pengamatan terhadap pertumbuhan koloni jamur secara makroskopis untuk melihat bentuk, warna, dan tekstur koloni. Koloni yang tumbuh kemudian diamati secara mikroskopis menggunakan metode pewarnaan kristal violet guna mengidentifikasi struktur hifa dan spora jamur yang berkembang pada substrat singkong. Berikut ini merupakan hasil pengamatan yang diperoleh selama proses penelitian berlangsung.

Table 1 Proses Inokulasi dan pewarnaan Gram Kristal Violet

Keterangan	Dokumentasi
Sampel Air Batang Bungo diinokulasikan ke dalam media Nutrient Agar (NA) menggunakan teknik tuang, lalu ditutup dan diinkubasi selama 48–72 jam pada suhu ruang. Setelah koloni jamur tumbuh, salah satu koloni diambil menggunakan jarum ose dan digoreskan tipis pada kaca preparate, untuk melakukan proses pewarnaan.	
Pewarnaan kali ini dilakukan menggunakan kristal violet. Sebelum diberi pewarna, preparat yang telah digoreskan dengan koloni jamur diangin-anginkan di atas api bunsen hingga kering. Setelah itu, ditetesi kristal violet dan didiamkan selama kurang lebih satu menit. Selanjutnya, preparat dibilas menggunakan air mengalir secara perlahan, lalu kembali diangin-anginkan hingga kering. Setelah kering, preparat diamati di bawah mikroskop untuk melihat struktur hifa dan spora jamur.	 

Setelah seluruh rangkaian proses mulai dari pengenceran, inokulasi, inkubasi, hingga pewarnaan dengan kristal violet selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah pengamatan mikroskopis. Pengamatan ini bertujuan untuk melihat secara detail struktur jamur yang tumbuh

pada singkong, baik sebelum maupun setelah proses pewarnaan. Berikut disajikan hasil pengamatan mikroskop yang diperoleh selama penelitian berlangsung.

Table 2 Hasil Pengamatan Identifikasi Jamur dari Air Batang Bungo Berdasarkan Pewarnaan Gram dan Morfologi Koloni

Hasil	
Sebelum Pewarnaan	Sesudah Pewarnaan
	
<i>Gambar 1</i> Pengamatan Sebelum diwarnai dengan Kristal Violet	<i>Gambar 2</i> Sesudah diberi pewarnaan Kristal Violet

Setelah melalui tahapan pengenceran, inokulasi, dan inkubasi, dilanjutkan dengan proses pembuatan preparat menggunakan jarum ose yang digoreskan ke kaca objek. Proses ini bertujuan untuk memindahkan koloni jamur dari medium padat Nutrient Agar (NA) ke kaca preparat. Sebelum diberi pewarna kristal violet, preparat dikeringkan di atas nyala api bunsen agar fiksasi sel lebih baik. Pewarnaan kemudian dilakukan dengan meneteskan larutan kristal violet dan mendinginkannya selama satu menit, lalu membilas dengan air mengalir, mengeringkannya kembali, dan diamati di bawah mikroskop.

Pengamatan Sebelum Pewarnaan

Pada gambar pertama, sampel belum diberi warna, kristal violet preparat hanya bersifat transparan atau buram, menyebabkan mikroorganisme sulit dibedakan dari latar belakang. Filamen yang terlihat kemungkinan hasil dari biofilm, alga, atau debris organik, karena tidak ada kontras, morfologi sel seperti bentuk sel bakteri (kokus, basil) dan susunannya tidak dapat diidentifikasi. Menurut Cappucino & Sherman (2001), pengamatan tanpa pewarnaan atau preparat basah berguna untuk melihat bentuk dan pergerakan alami mikroorganisme hidup, tetapi memiliki keterbatasan besar dalam mengamati struktur internal karena kurangnya kontras. Mikroorganisme seperti bakteri dan protozoa, yang tidak memiliki pigmen, tampak nyaris tidak terlihat di bawah mikroskop cahaya tanpa pewarna tambahan.

Pengamatan Setelah Pewarnaan Kristal Violet

Gambar kedua setelah proses pewarnaan menggunakan larutan kristal violet, hasil pengamatan mikroskopis menunjukkan perubahan signifikan. Preparat yang sebelumnya tampak samar kini menunjukkan struktur ungu kebiruan yang kontras, memudahkan

identifikasi awal mikroorganisme. Struktur yang menyerap kristal violet dapat dikenali sebagai koloni bakteri atau komponen biofilm, yang menyerap warna karena kandungan dinding sel atau matriks polimerik. Dalam teknik pewarnaan Gram, kristal violet berperan sebagai pewarna utama (primary stain) yang akan menempel pada dinding sel bakteri, terutama pada bakteri Gram-positif yang memiliki lapisan peptidoglikan tebal.

Pengamatan terhadap sampel air Sungai Batang Bungo menunjukkan bahwa air tersebut mengandung mikroorganisme dengan karakteristik yang bervariasi, baik secara makroskopis maupun mikroskopis. Setelah proses inokulasi pada media Nutrient Agar (NA) dan inkubasi selama 48 jam pada suhu ruang, terbentuk koloni mikroorganisme dengan warna ungu kebiruan kontras, permukaan agak kasar, serta tepi koloni tidak beraturan. Beberapa koloni terlihat tumbuh menyebar, menandakan adanya variasi jenis mikroorganisme dalam sampel. Secara umum, koloni tersebut menunjukkan ciri khas bakteri dan jamur lingkungan yang berkembang di perairan yang kaya bahan organik.

Setelah koloni diambil dan difiksasi pada kaca objek, pewarnaan dengan kristal violet menghasilkan warna ungu gelap yang menempel kuat pada dinding sel mikroba. Mikroskopis pada perbesaran 1000x memperlihatkan struktur morfologis berbentuk batang pendek (basil), serta adanya filamen menyerupai hifa yang bercabang-cabang. Hal ini menunjukkan bahwa sampel mengandung campuran antara bakteri Gram positif dan jamur filamentous. Tidak ditemukan struktur spora secara jelas, namun beberapa area menunjukkan kumpulan sel yang kemungkinan merupakan agregasi biofilm. Menariknya, ditemukan pula indikasi adanya kontaminan protozoa dari bentuk sel oval yang lebih besar, dengan sitoplasma granular dan pergerakan lambat yang terekam saat pengamatan awal preparat basah (tanpa pewarnaan). Meskipun bukan fokus utama, keberadaan protozoa tersebut memberi gambaran tambahan bahwa kualitas air sungai tidak hanya tercemar oleh bakteri dan jamur, tetapi juga organisme eukariotik sederhana yang dapat bersifat patogen, seperti *Giardia* atau *Entamoeba*.

Hasil penelitian ini konsisten dengan temuan dari Hsb dan Anggiana Uli (2017), yang mengidentifikasi enam isolat bakteri dari air Sungai Batang Bungo, yang termasuk ke dalam lima genus: *Paracoccus*, *Actinomycetes*, *Dermatophilus*, *Clostridium*, dan *Bacillus*. Keberadaan genus *Clostridium* dan *Dermatophilus* menunjukkan bahwa lingkungan tersebut terkontaminasi oleh limbah organik dan kotoran, serta berpotensi mengandung patogen zoonosis. Informasi dari Badan Lingkungan Hidup Provinsi Jambi (2015) menguatkan dugaan ini, di mana kadar Fecal Coliform di dua titik pemantauan sungai tersebut mencapai 1.600–1.900 jml/100 ml, melampaui standar baku mutu air baku kelas II sebesar 1.000 jml/100 ml.

Sumber kontaminasi ini kemungkinan besar berasal dari kegiatan domestik seperti mandi, mencuci, buang air besar, dan pembuangan limbah rumah tangga tanpa proses pengolahan.

Selain dari segi mikrobiologi, kualitas fisik dan kimia air di Sungai Batang Bungo juga menunjukkan keadaan yang mengkhawatirkan. Berdasarkan data dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bungo (2019), nilai pH di sejumlah lokasi berada pada rentang 5,5–6,2, sementara kadar TSS (Total Suspended Solid) dan COD (Chemical Oxygen Demand) melebihi batas baku mutu yang ditetapkan. Nilai pH yang cenderung asam dapat mengganggu keseimbangan ekosistem sungai dan mendorong pertumbuhan organisme yang menyukai kondisi asam, seperti jamur. Di sisi lain, tingginya TSS dan COD menunjukkan banyaknya zat tersuspensi dan bahan organik yang belum terdegradasi, yang menjadi lingkungan ideal bagi mikroorganisme anaerob dan saprofit. Temuan ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Hertati dan Eriza (2023) terkait komunitas ikan di Sungai Batang Bungo.

Walaupun berhasil diidentifikasi 18 jenis ikan dengan indeks keanekaragaman (H') sebesar 2,576 yang menunjukkan tingkat keanekaragaman sedang, analisis menunjukkan bahwa peningkatan kadar TSS dan penurunan DO berdampak pada menurunnya keanekaragaman ikan. Semakin banyak kandungan sedimen dan semakin rendah oksigen yang terlarut dalam air, semakin sedikit pula spesies ikan yang mampu bertahan hidup. Kondisi pencemaran ini berdampak tidak hanya pada ekosistem perairan, tetapi juga pada kesehatan masyarakat di sekitarnya. Menurut laporan Puskesmas Tanjung Gedang, warga sekitar mengalami peningkatan kasus gatal-gatal dan diare, yang diduga kuat akibat penggunaan air Sungai Batang Bungo yang telah terkontaminasi. Mikroorganisme patogen seperti *Clostridium*, *E. coli*, dan jenis jamur tertentu yang terdapat dalam air dapat menjadi penyebab infeksi kulit maupun pencernaan apabila tidak diatasi dengan benar. Hal ini selaras dengan penelitian Dlamini dan Nkambule (2016), yang menyoroti bahwa penggunaan air sungai tanpa pengolahan untuk kebutuhan rumah tangga dapat menyebabkan paparan mikroorganisme patogen.

Secara keseluruhan, hasil analisis memperlihatkan bahwa air di Sungai Batang Bungo mengandung berbagai jenis mikroorganisme dalam jumlah yang tinggi, seperti bakteri Gram positif, jamur saprofit, dan kemungkinan juga protozoa. Hal ini mencerminkan bahwa lingkungan perairan tersebut telah tercemar oleh limbah organik dari kegiatan rumah tangga maupun aktivitas manusia lainnya. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa Sungai Batang Bungo mengalami pencemaran mikrobiologis dan kimiawi yang signifikan akibat pembuangan limbah domestik, aktivitas manusia, serta penambangan emas ilegal (PETI). Oleh sebab itu, sangat diperlukan pemantauan rutin, penyuluhan kepada masyarakat, serta tindakan tegas dari

pemerintah daerah untuk mengelola kualitas air dan menjaga kesehatan lingkungan di sepanjang DAS Batang Bungo.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengamatan terhadap sampel air Sungai Batang Bungo, dapat disimpulkan bahwa perairan ini mengandung mikroorganisme seperti jamur dan bakteri yang mencerminkan adanya pencemaran biologis. Pertumbuhan koloni jamur dengan karakteristik hifa bercabang dan spora bulat setelah pewarnaan kristal violet menunjukkan bahwa air Sungai Batang Bungo telah terkontaminasi oleh mikroba saprofit yang umum ditemukan pada lingkungan kaya bahan organik. Pewarnaan kristal violet terbukti efektif dalam mengidentifikasi struktur mikroorganisme secara mikroskopis dan dapat menjadi metode awal dalam praktikum mikrobiologi.

Selain itu, keberadaan bakteri dari genus *Clostridium*, *Dermatophilus*, dan bakteri indikator lainnya dalam studi sebelumnya memperkuat indikasi bahwa pencemaran berasal dari aktivitas domestik dan limbah rumah tangga. Kualitas fisik-kimia air, seperti pH rendah dan tingginya kadar TSS serta COD, juga memperburuk kondisi sungai dan memberikan dampak langsung terhadap keseimbangan ekosistem perairan, termasuk menurunnya keanekaragaman ikan. Dampak terhadap kesehatan masyarakat juga telah terlihat dalam bentuk meningkatnya kasus penyakit kulit dan diare di wilayah sekitar sungai. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kualitas mikrobiologis dan lingkungan Sungai Batang Bungo berada dalam kondisi yang perlu mendapatkan perhatian serius. Penelitian ini membuktikan pentingnya pemantauan rutin dan upaya pengelolaan kualitas air secara berkelanjutan, baik melalui edukasi masyarakat maupun kebijakan pemerintah daerah untuk menjaga kelestarian ekosistem dan kesehatan masyarakat di sepanjang aliran sungai.

DAFTAR REFERENSI

- Anggiana Uli Hsb, Harlis, & Budarti, R. S. (n.d.). *Identification of bacteria derived from Batang Bungo River in Tanjung Gedang Village, Bungo District, Jambi Province as a microbiology practical enrichment material*. Pendidikan Biologi FKIP, Universitas Jambi.
- Badan Lingkungan Hidup Provinsi Jambi. (2015). *Laporan status lingkungan hidup daerah (SLHD) Provinsi Jambi tahun 2015*. BLH Provinsi Jambi.
- Cappuccino, J. G., & Sherman, N. (2001). *Microbiology: A laboratory manual* (6th ed.). Benjamin Cummings.

- Damanik, N., Febriani, H., & Mayasari, U. (2023). Isolasi dan identifikasi bakteri resisten merkuri dari air sungai sekitar pertambangan emas Batang Toru, Sumatera Utara. *BEST: Jurnal Penelitian Biologi*, 6(2).
- Deviani, S., Haryani, Y., & Jose, C. (2014). Isolasi dan uji aktivitas bakteri selulolitik dari air muara Daerah Aliran Sungai Siak wilayah Kabupaten Bengkalis. *JOM FMIPA*, 1(2), 78–86.
- Dlamini, N., & Nkambule, O. (2016). Microbial diversity in fermented cassava during storage: Focus on filamentous fungi. *South African Journal of Microbiology*, 9(2), 205–211.
- Dwiyatmo, K. (2007). *Pencemaran lingkungan dan penanganannya*. Citra Aji Pratama.
- Elkogajevani, L., Sabdaningsih, A., Ayuningrum, D., & Jati, O. E. (2025). Isolasi dan karakterisasi bakteri dari sedimen muara Sungai Tapak, Kota Semarang. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 12(1), 47–52. <https://doi.org/10.14710/marj.v12i1.44428>
- Fardiaz, S. (2011). *Polusi air dan udara* (Cetakan ke-14). Penerbit Kanisius.
- Hertati, R., & Eriza. (2023). Community structure of fish species in the Batang Bungo River, Bungo District, Jambi Province. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 5(1), 12–20. <https://doi.org/10.31258/ajaoas.6.3.347-351>
- Munir, M., Afiati, N., Radjasa, O. K., Sabdon, A., & Bachtiar, T. (2012). Isolasi dan identifikasi bakteri pendegradasi koprostanol dari lingkungan sungai, muara, dan perairan pantai Banjir Kanal Timur Semarang pada musim monsun timur. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 9(2), 67–73. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.9.2.67-73>
- Sri, H. (2015). *Mikrobiologi kesehatan*. Andi Offset.
- Suswati, E., Agustina, D., Riyanti, R., Shodikin, M. A., & Rachmawati, E. (2024). Identifikasi bakteri patogen sungai Bedadung, Jawa Timur. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan DAS*.
- Syafrialdi, R., Hertati, R., & Budiyo. (2017). Pengaruh musim terhadap komposisi jenis dan struktur komunitas ikan di perairan Batang Bungo Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi. *SEMAH: Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Perairan*, 1(1), 1–9. <https://doi.org/10.36355/semahjps.v1i1.103>
- Syandri, H. (2007). *Ekologi perairan: Kajian ekosistem dan keanekaragaman hayati sungai dan danau*. Andalas University Press.