

**ANALISIS PROFIL BAKTERI SEDIMEN SUNGAI CIWALEN GARUT**  
**AN ANALYSIS OF BACTERIAL PROFILE OF CIWALEN GARUT RIVER**  
**SEDIMENT**

Tati Kristianti dan Lida Amalia

Institut Pendidikan Indonesia IPendidikan Biologi)  
Jl. Terusan Pahlawan No.32, RW.01, Sukagalih, Kec. Tarogong Kidul, Kabupaten  
Garut, Jawa Barat 441511  
Corresponding author : tatikristianti36@gmail.com

---

**Abstrak**

Kabupaten Garut merupakan daerah yang terkenal sebagai penghasil produk kulit terkemuka di Indonesia. Salah satu dampak dari industri kerajinan kulit ini adalah limbah. Sungai Ciwalen yang terletak di Kecamatan Garut Kota, Kabupaten Garut, Jawa Barat, merupakan salah satu sungai yang dialiri oleh buangan industri penyamakan kulit. Akibatnya air sungai berubah warna menjadi abu-abu dan berbau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profile bakteri sedimen sungai Ciwalen dengan menggunakan metode Next-Generation Sequencing (NGS). Hasil analisis NGS menunjukkan urutan bakteri yang diklasifikasikan secara taksonomi menjadi 84.661 bakteri (hampir 100%), 0,001% filum archaeal, dan 0,1% lainnya. Proteobacteria (43279), Bacteriodota (20640), Firmicutes (11813), Acidobacteria (3287), Spirochaetia (1460), Actinobacteria (570), Chloroflexi (469) dan sisanya belum diketahui. Proteobacteria ditemukan lebih dari 50%, yang terbagi menjadi Betaproteobacteria (74%), Gammaproteobacteria (12%), Deltaproteobacteria (10%), Alphaproteobacteria (3%) dan Epsilonprobaetia (1%). Bacteriodota didominasi oleh Bactrioidia (82%). Clostridia (66%) dominan di Firmicutes. Holophagae dominan pada Actinobacteria. Spirochaetales dominan di Spirochaetia. Actinomycetia dominan pada Actinobacteria. Klorofleksi ditemukan memiliki lebih dari 88% dari Anaerolineae. Profil bakteri beserta presentasi keberadaannya pada sampel sedimen ini menunjukkan adanya logam berat limbah penyamakan kulit di sungai Ciwalen. Kehadiran logam berat tersebut menjadi habitat yang cocok bagi beberapa bakteri. Beberapa bakteri memiliki beberapa mekanisme untuk melawan dan meremediasi logam berat agar dapat bertahan hidup. Data penelitian ini menunjukkan bahwa Fe>Cr>Pb>NH3-N>Zn>Cu merupakan logam berat dengan konsentrasi tinggi yang terdapat di Sungai Ciwalen. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi berbagai pihak yang terkait serta pengambil kebijakan lingkungan.

**Kata kunci** : Profil bakteri, Ciwalen, Sedimen, 16s rRNA, NGS,

**Abstract**

Garut Regency is known as Indonesia's main manufacturer of leather products. One of the effects of the leather craft sector is waste. The Ciwalen River, located in Garut Kota District, Garut Regency, West Java, is one of several rivers fed by waste from the leather tanning industry. As a result, the river's water turns murky and smells awful. The goal of this study is to establish the bacterial profile of Ciwalen river sediments using Next-Generation Sequencing (NGS). The findings of the NGS analysis revealed that bacterial sequences were taxonomically categorized into 84,661 bacteria (nearly 100%), 0.001% archaeal phyla, and 0.1% others. Proteobacteria (43279), Bacteriodota (20640), Firmicutes (11813), Acidobacteria (3287), Spirochaetia (1460), Actinobacteria (570), Chloroflexi (469), and the remainder are unknown. More than 50% of the samples contained proteobacteria, which were classified as Betaproteobacteria (74%), Gammaproteobacteria (12%), Deltaproteobacteria (10%),

Alphaproteobacteria (3%), and Epsilonproteobacteria (1%). Bacteroidia account for 82% of the bacterioidota. Clostridia (66%) dominated Firmicutes. Holophagae dominates Acinobacteria. Spirochaetales dominate Spirochaetia. Actinomycetia dominates Actinobacteria. Chloroflexion was found to contain more than 88% Anaerolineae. The bacteria profile, as well as their presentation in this sediment sample, indicate the presence of heavy metals from leather tannery waste in the Ciwalen River. The presence of these heavy metals creates an ideal environment for numerous microorganisms. In order to survive, some bacteria have a variety of strategies for fighting and removing heavy metals. This study indicated that Fe>Cr>Pb>NH<sub>3</sub>-N>Zn>Cu is a heavy metal with high quantities in the Ciwalen River. It is intended that this research would serve as a resource for numerous stakeholders and environmental policymakers.

**Keywords**— Bacterial profile, Ciwalen, Sediment, 16s rRNA, NGS

## **Pendahuluan**

Kabupaten Garut merupakan daerah yang terkenal sebagai penghasil produk kulit terkemuka di Indonesia. Salah satu dampak yang ditimbulkan dari industri kerajinan kulit ini adalah adanya limbah. Industri penyamakan kulit menggunakan bahan penyamakan kulit yang mengandung logam berat. Industri kerajinan kulit ini banyak dilakukan baik oleh industri maupun rumahan. Sekitar Sungai Ciwalen juga ditemukan beberapa industri dan rumah-rumah yang melakukan penyamakan kulit. Sungai Ciwalen merupakan salah satu Sungai di Garut yang telah tercemar oleh limbah penyamakan kulit (Kristianti & Lida, 2023). Selain sebagai tempat pembuangan limbah kulit, masyarakat sekitar sungai juga membuang limbah jamban langsung ke Sungai Ciwalen. Air limbah penyamakan kulit di Sukaregang mengandung Cr total sebesar 8.554,05 mg/L (ppm) (Priyanto, 2006). Menurut Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014, baku mutu air limbah cair penyamakan kulit untuk kandungan Cr total 0,6 ppm. Rata-rata kandungan Cr pada tanah pertanian mencapai 200 ppm, bahkan ada yang lebih dari 200 ppm, padahal menurut Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat, baku mutu tanah untuk kandungan Cr adalah 76 ppm. Hal ini berdampak pada menurunnya produksi pertanian khususnya produksi padi. Air bercampur limbah yang masuk ke lahan pertanian dapat diserap oleh akar tanaman. Peningkatan kadar Cr dapat menurunkan perkecambahan dan panen kacang kedel hitam (Sundaramoorthy et al., 2018). Selain itu, penggunaan air sawah yang terkontaminasi Cr menyebabkan beberapa gangguan kesehatan (penyakit kulit) bagi petani. Keberadaan logam berat pada suatu lingkungan tertentu dapat menghambat pertumbuhan bakteri baik jumlah maupun keanekaragaman jenisnya. Meski demikian, seringkali terdapat jenis mikroba tertentu yang resisten atau toleran terhadap kondisi tersebut. Begitu juga pada limbah penyamakan kulit. Kemampuan bakteri untuk hidup pada limbah penyamakan kulit mempunyai mekanisme metabolisme yang berpotensi digunakan sebagai agen bioremediasi pada lingkungan endogennya. Pada penelitian ini, kami melakukan analisis profil bakteri sampel sedimen sungai Ciwalen, Garut - Indonesia menggunakan metode Next Generation Sequencing (NGS). Metode NGS dapat mengidentifikasi varian basis secara nyata dibandingkan dengan protokol lain (Chen et al., 2017). Kekuatan resolusi NGS dengan mengidentifikasi wilayah gen 16S rRNA lebih unggul dibandingkan metode identifikasi

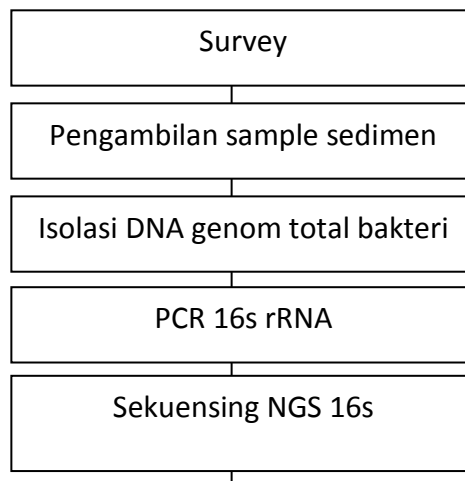
pengujian lainnya (Sabat et al., 2017). Hasil metode NGS dapat memberikan gambaran profil bakteri yang sebenarnya baik bakteri yang dapat dikultur maupun bakteri yang tidak dapat dikultur. Saat ini metode NGS belum pernah digunakan sebagai metode skrining bakteri limbah penyamakan kulit di Indonesia. Oleh karena itu, hasil penelitian ini merupakan laporan pertama di Indonesia yang mengidentifikasi bakteri sampel sedimen sungai Ciwalen, Garut - Indonesia dengan menggunakan metode Next Generation Sequencing (NGS).

## Metode Penelitian

### Waktu & Tempat Penelitian

Sungai Ciwalen mengalir melalui Desa Regol di Kecamatan Garut Kota Kabupaten Garut. Letaknya pada 7°13'14' Lintang Selatan dan 107°54'40' Bujur Timur. Panjangnya kurang lebih 5 kilometer dan berakhir di Sungai Cimanuk Garut.

### Tahapan Penelitian



Gambar 1. Diagram alir metode penelitian.

### Sampel sedimen

Pengambilan sample dilakukan pada bulan Juli 2023. Sampel air sungai Ciwalen dikumpulkan dan disimpan dalam tabung falcon 50 mL untuk dianalisis profil fisik/kimia/biologi (pH, suhu, logam berat (Fe, Pb, Cu, Cr, Zn, dan Hg), NH<sub>3</sub>-N, COD, BOD, dan TSS). Sampel sebanyak 100 mg ditempatkan dalam falcon 50 mL dan disimpan pada suhu -20°C sebelum dipisahkan dari DNA genom.

### Parameter Uji Sedimen

Analisis parameter uji air sungai dilakukan di Laboratorium PT. CHEMSLAB – Bandung dengan parameter yang diuji adalah: oksigen terlarut (DO), beberapa logam berat, NH<sub>3</sub>-N, N-total, TSS, pH, dan suhu air diukur dengan alat YSI 5000 DO meter, pH meter digital, dan termometer digital.

### Isolasi DNA genom total bakteri

DNA genom total bakteri diisolasi dengan menggunakan Kit isolasi DNA dari Zymo Research. Primer 16s rRNA 27F-M(27F-YM: 5'-AGAGTTGATYMTGGCTCAG-3') dan Primer 1492R (5'-GGTACTTGTTCAGACTT-3'). digunakan untuk

mengkonfirmasi hasil isolasi DNA genom total bakteri. Primer ini dapat mengamplifikasi gen RNA ribosom bakteri pada ukuran sekitar 1500bp. Reaksi PCR terdiri dari, 2 ul DNA genom digunakan sebagai template PCR, 25 ul MyTaq Red Mix 2x, 2,5 ul Primer 27F-M dan Primer 1492R pada konsentrasi 0,5uM, dan 18 ul ddH<sub>2</sub>O. Profil PCR yang digunakan adalah Pra-denaturasi pada suhu 95oC selama satu menit, dilanjutkan dengan 25 siklus pada suhu 95oC selama 15 detik, annealing pada suhu 52oC selama 15 detik, ekstensi pada suhu 72oC selama 45 detik, dan ekstensi akhir pada suhu 72oC selama sepuluh menit. Gel agarosa 1% (b/v) diwarnai dengan pewarna DNA untuk memvisualisasikan hasil PCR. Analisis NGS 16s selanjutnya dilakukan oleh PT. Genetika Science Indonesia

## Hasil dan Pembahasan

### Parameter Uji Sedimen

Hasil analisis parameter uji sedimen adalah sebagai berikut:

**Tabel 1.** Hasil analisis parameter uji sedimen

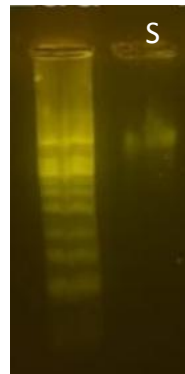
	Konsentrasi	Baku mutu
Zn	24.239mg/Kg	0,05-2
Pb	72,252mg/Kg	0,03-0,5
Fe	34.498,641mg/Kg	0,3
Cr	941,143mg/Kg	0,05-1
Cu	19,392mg/Kg	0,02-0,2
Cd	8,232mg/L	0,01
N Total	0,12gr	25
NH <sub>3</sub> -N	31,913mg/Kg	0,5
pH	7,34	6 – 9
BODs	980,12mg/L	2 – 12

Hasil analisis semua parameter uji sample sedimen Sungai Ciwalen semuanya berada diatas nilai baku mutu lingkungan. Hal ini tentu saja akan berpengaruh terhadap diversitas bakteri yang ada dalam sample sedimen. Hanya bakteri-bakteri yang dapat memanfaatkan keberadaan logam-logam berat serta kadungan nitrogen yang tinggi yang dapat hidup di dalam sedimen tersebut. Bakteri-bakteri yang dapat hidup dalam kondisi parameter seperti itu (kandungan logam berat yang tinggi) dimungkinkan mempunyai sistem metabolisme yang unik untuk mempertahankan hidupnya. Hal ini sangat menarik, karena tidak sedikit hasil-hasil penelitian lainnya menunjukkan penemuan bakteri yang potensial sebagai bakteri yang dapat melakukan bioremediasi banyak diisolasi dari lokasi yang tercemar limbah. Disisi lain kondisi parameter tersebut menjadi bahan perhatian bagi kita semua untuk menjaga sungai agar tetap menjadi sungai yang indah dan sehat, karena di Indonesia masih banyak yang menjadikan sungai sebagai sumber mata air bagi kehidupan. Berdasarkan tabel di atas, perlu dilakukan penelusuran sumber pencemar serta dilakukan langkah-langkah yang nyata agar Sungai Ciwalen – Garut bisa kembali sehat.

### DNA genome total bakteri

Proses isolasi DNA genom total bakteri dari sample sedimen melibatkan ekstraksi sel bakteri dengan bantuan beads yang secara mekanis dan dapat membantu

proses pemecahan sedimen dan sel-sel bakteri yang ada didalamnya untuk kemudian dilisis dengan senyawa yang dapat memecah dinding sel bakteri, penghilangan fragmen-fragmen sel, pengendapan dan pemurnian DNA. Berikut adalah hasil visualisasi DNA genom total bakteri hasil isolasi.

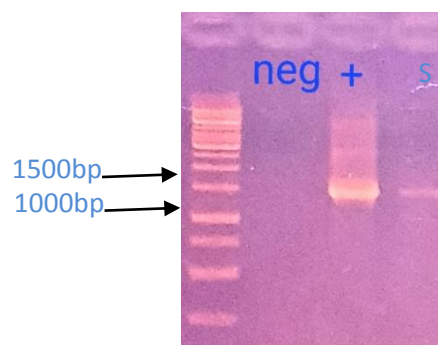


**Gambar 2.** Elektroforegram hasil isolasi DNA

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa DNA genom total bakteri telah berhasil diisolasi. DNA genom ini merupakan DNA komunitas yang bisa bertahan hidup dalam sedimen dengan kondisi parameter logam berat yang sangat tinggi.

#### PCR 16s rRNA

Primer 16s rRNA merupakan salah satu primer yang banya digunakan untuk mengkonfirmasi sample DNA prokariot. Primer ini dirancang dari urutan basa yang lestari pada gen ribosomal RNA prokariot dengan ukuran produk PCR yaitu sekitar 1500bp. Berikut adalah hasil konfirmasi PCR sample DNA genom total bakteri sample sedimen.

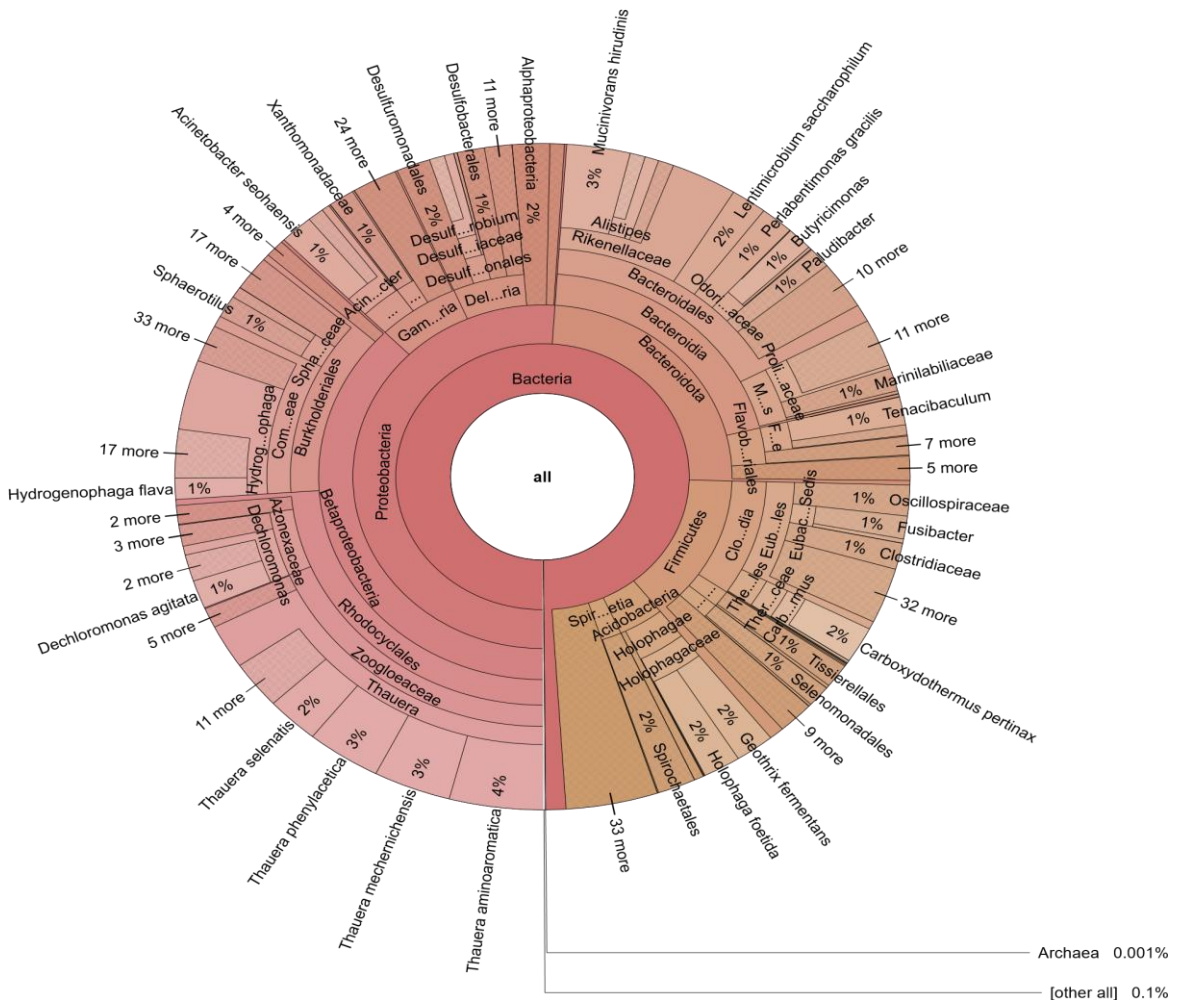


**Gambar 3.** Elektroforegram hasil PCR dengan primer 16s rRNA (ket; neg (kontrol negatif dengan templatet nuclease free-water), + (kontrol positif dengan menggunakan template DNA *Escherichia coli*) dan S (dengan template sample DNA sedimen)).

Berdasarkan gambar di atas menunjukkan bahwa DNA yang telah diisolasi telah terkonfirmasi sebagai DNA genom prokariot. Hal ini penting dilakukan agar sample yang dianalisis sekuensing dengan metode NGS 16s betul-betul merupakan sample prokariot.

**Analisis sekuen bakteri**

Pada sampel sedimen yang diambil dari Sungai Ciwalen, terdapat total 84.661 sekuens bakteri yang terklasifikasi secara taksonomi. Urutan bakteri ini mewakili hampir 100% dari total komposisi mikroba, bersama dengan proporsi kecil dari filum archaeal (0,001%) dan urutan non-klasifikasi lainnya (0,1%) (Gambar 5). Selain itu, kekayaan komunitas mikroba dalam sampel sedimen tercermin dalam indeks keanekaragaman. Jumlah spesies yang diamati adalah 3765, menunjukkan adanya beragam taksa bakteri. Indeks Shannon-Wiener, ukuran keanekaragaman yang mempertimbangkan kekayaan dan pemerataan spesies, dihitung sebesar 5,69, menunjukkan keanekaragaman yang relatif tinggi dalam komunitas bakteri. Penduga keanekaragaman komplementer, seperti Chao1 dan ACE, mengungkapkan perkiraan nilai kekayaan spesies masing-masing sebesar 5729,08 dan 5904,58, yang menunjukkan bahwa keanekaragaman bakteri sebenarnya mungkin lebih tinggi daripada yang diamati.



**Gambar 4.** Sebaran komunitas bakteri dan kelimpahan relatif filum, kelas, ordo, genus, dan spesies pada sedimen Sungai Ciwalen, Kabupaten Garut, Jawa Barat.



Hasil analisis mengungkapkan beberapa filum bakteri dominan yang berkontribusi terhadap komposisi sedimen. Khususnya, Proteobacteria (Pseudomonadota) menyumbang lebih dari 50% komunitas bakteri. Filum ini selanjutnya diklasifikasikan menjadi beberapa kelas: Betaproteobacteria (74%), Gammaproteobacteria (12%), Deltaproteobacteria (10%), Alphaproteobacteria (3%), dan Epsilonproteobacteria (1%). Bacteroidota merupakan proporsi yang signifikan, dengan Bacteroidia menyumbang 82% dari representasi filum ini. Sementara itu, Firmicutes (termasuk Clostridia sebesar 66%), Acidobacteria (didominasi oleh Holophagae), Spirochaetia (sebagian besar diwakili oleh Spirochaetales), Actinobacteria (dengan dominasi Actinomycetia), dan Chloroflexi (dominan Anaerolineae) juga diidentifikasi dalam sedimen (Tabel 2).

**Table 2.** Persentase kelimpahan 5 filum, famili, dan genus teratas dalam sampel sedimen Sungai Ciwalen.

Phyla	Family	Genus
Proteobacteria (53.64%)	Zoogloeaceae (39.16%)	Thauera (45%)
Bacteriodota (25.58%)	Comamonadaceae (19.12%)	Hydrogenophaga (17.5%)
Firmicutes (14.63%)	Rikenellaceae (16.12%)	Acinetobacter (7.5%)
Acidobacteria (4.07%)	Moraxellaceae (5.54%)	Fusibacter (2.5%)
Spirochaetia (1.81%)	Eubacteriales Family XII (2.79%)	Paludibacter (2.5%)

Prevalensi dan dominasi filum dan kelas bakteri tertentu dalam sampel sedimen mencerminkan jenis dan tingkat pencemaran limbah di Sungai Ciwalen. Tingginya kelimpahan Proteobacteria menunjukkan adaptasinya terhadap polusi antropogenik, dan distribusi kelas tertentu dalam filum ini mungkin menunjukkan proses degradasi yang berbeda-beda. Kehadiran filum dan kelas spesifik yang dikenal dengan kemampuan degradasi hidrokarbon dan sampah organiknya, seperti Betaproteobacteria, Gammaproteobacteria, dan Clostridia, menunjukkan potensi peran komunitas mikroba dalam penguraian sampah. Kehadiran 84.661 sekuen bakteri yang luar biasa dalam sampel sedimen membuktikan ketahanan mikroba bahkan di lingkungan yang keras dan tercemar. Keanekaragaman yang tinggi ini menunjukkan kemampuan adaptasi mikroorganisme terhadap kondisi yang menantang dalam ekosistem yang tercemar. Proteobacteria, sebuah filum yang umumnya ditemukan di sungai dan lingkungan perairan yang tercemar (Zhang et al., 2021) dikenal karena peran pentingnya dalam biodegradasi bahan organik dan siklus nutrisi (Zhang et al., 2020). Proteobacteria sebagai filum paling melimpah di air limbah, dengan kelimpahan relatif sebesar 77,48% (Zhang et al., 2021). Selain itu, penyelidikan lain mengidentifikasi Proteobacteria sebagai salah satu filum dominan di sedimen sungai yang terkena dampak berbagai jenis polusi industri (Zhang et al., 2020). Melimpahnya penemuan Proteobacteria pada sedimen sungai Ciwalen ini kemungkinan besar berkontribusi terhadap penghilangan polutan melalui biodegradasi dan mekanisme lainnya (Wang et al., 2022). Prevalensi Proteobacteria, khususnya dalam kelas Betaproteobacteria dan Gammaproteobacteria, menggarisbawahi kemampuan adaptasi mereka terhadap gangguan lingkungan, termasuk keberadaan polutan organik. Proteobacteria memiliki fungsi penting yang sangat penting dalam siklus nutrisi dan pembuangan polutan. Peran spesifik ini meliputi biodegradasi, siklus



nitrogen, deteksi patogen, resistensi antibiotik, dan pembentukan biofilm. Biodegradasi oleh Proteobacteria berkontribusi signifikan terhadap penghilangan bahan organik dan polutan dari lingkungan perairan, sehingga mendukung siklus nutrisi. Selain itu, keterlibatan Proteobacteria dalam siklus nitrogen dan deteksi patogen membantu menjaga kualitas air dan menjaga kesehatan ekosistem. Namun, keberadaan gen resistensi antibiotik pada Proteobacteria menimbulkan kekhawatiran pada sungai-sungai yang tercemar dimana terdapat antibiotik. Pembentukan biofilm semakin meningkatkan penghilangan polutan dan perlindungan kehidupan akuatik. Selain itu, kehadiran Deltaproteobacteria dan Alphaproteobacteria mengisyaratkan beragam fungsinya, mulai dari reduksi sulfat hingga siklus nitrogen. Kelimpahan Bacteroidota yang signifikan, khususnya Bacteroidia, menyiratkan partisipasi aktif mereka dalam degradasi bahan organik dan penghilangan polutan dari air (Ayangbenro & Babalola, 2017; Bhardwal et al., 2023). Demikian pula, Bacillota, sebuah filum bakteri yang mencakup banyak spesies dan genera dengan beragam fungsi dan kemampuan, termasuk resorpsi energi, deteksi patogen, dan bioremediasi, menunjukkan peran potensial mereka dalam memperbaiki polutan yang berasal dari limbah industri kerajinan kulit (Guan et al., 2018; Feng et al., 2022). Salah satu spesies dalam Bacillota, *Bacillus subtilis*, terkenal karena kemampuannya mengeluarkan banyak enzim, memfasilitasi degradasi berbagai substrat, sehingga memungkinkan kelangsungan hidupnya dalam lingkungan yang selalu berubah (Su et al., 2020). Famili yang paling melimpah, Zoogloeaceae, umumnya ditemukan di lumpur aktif dan sistem pengolahan air limbah lainnya. Mereka dikenal karena kemampuannya membentuk flok, atau agregat bakteri, yang menguraikan bahan organik dalam sistem tersebut (Huang et al., 2021). *Zoogloea oleivorans*, spesies dalam Zoogloeaceae, secara aktif mendegradasi toluena dalam kondisi mikroaerob (Tancsics et al., 2020). Studi terbaru yang mengkarakterisasi komunitas mikroba yang terlibat dalam degradasi benzena dan toluena telah menyoroti potensi signifikansi bakteri terkait genus *Zoogloea* di lingkungan bawah permukaan. Selain itu, wawasan tingkat genom terhadap pengoperasian unit pengolahan air limbah biologis di lokasi menekankan pentingnya waktu penyimpanan, yang secara signifikan meningkatkan kualitas kimia dan efisiensi degradasi berbagai mikropolutan organik, termasuk yang terdegradasi oleh spesies *Zoogloea* (Knizs et al., 2021).

*Thauera* merupakan salah satu genus bakteri yang ditemukan melimpah di air yang tercemar, hal ini sejalan dengan hasil analisis NGS pada sampel sedimen sungai Ciwalen, karena kemampuannya dalam mendegradasi berbagai macam polutan organik (Mao et al., 2020). Strain *Thauera* memiliki kemampuan metabolisme yang beragam, yang menjadikannya sangat kompetitif dalam pengolahan air limbah rendah karbon (Ren et al., 2021). Mereka merupakan pengurai senyawa aromatik yang penting dan telah menarik perhatian dalam aplikasi bioremediasi yang menargetkan air limbah yang mengandung polutan aromatik. Strain *Thauera* juga terbukti penting secara fungsional dalam denitrifikasi bioreaktor penghilang kuinolin (Liu et al., 2006).

Keberadaan Bacteroidia dapat menjadi indikator adanya pencemaran feses yang berasal dari limbah industri kerajinan kulit. Bakteri ini, khususnya spesies Bacteroides, merupakan indikator pelacakan sumber mikroba (MST) (Ayangbenro & Babalola, 2017) yang memungkinkan identifikasi kontaminasi terkait limbah dalam air. Dalam filum Bacillota, beberapa Bacillota, termasuk *Bacillus cereus*, menunjukkan resistensi antibiotik, meningkatkan kekhawatiran tentang penyebaran gen resistensi antibiotik di ekosistem (Derhab et al., 2023), termasuk sungai yang tercemar dari limbah industri kerajinan kulit. Terakhir, spesies *Thauera* dalam Proteobacteria menunjukkan metabolisme yang serbaguna. Teknologi ini juga menjanjikan dalam proses denitrifikasi, menawarkan alternatif untuk menghilangkan polutan yang mengandung nitrogen (Rujakom et al 2023). Dalam remediasi sedimen dari sungai perkotaan, hal ini dapat berkontribusi terhadap penghilangan logam berat (Fu et al.,

2023). Temuan ini menggarisbawahi potensi kontribusi *Thauera* dalam perancangan dan pengoperasian berbagai strategi mitigasi polusi.

Secara umum, wawasan mengenai peran *Proteobacteria*, *Bacteroidia*, *Bacillota*, dan *Thauera* pada sungai yang tercemar menawarkan jalan berharga untuk penelitian lebih lanjut dan pengembangan strategi untuk mengatasi polusi, khususnya dari limbah industri kerajinan kulit, meningkatkan kesehatan ekologi saluran air seperti Sungai Ciwalen. Dalam jangka panjang, hasil penelitian ini dapat memandu penerapan praktik berkelanjutan di industri kerajinan kulit untuk meminimalkan dampak limbah dan pencemaran pada badan air seperti Sungai Ciwalen.

### **Kesimpulan**

Penelitian ini menyimpulkan bahwa profil bakteri sample sedimen sungai Ciwalen Garut terdiri dari : *Proteobacteria* (43279), *Bacteriodota* (20640), *Firmicutes* (11813), *Acidobacteria* (3287), *Spirochaetia* (1460), *Actinobacteria* (570), *Chloroflexi* (469) dan sisanya belum diketahui. *Proteobacteria* ditemukan lebih dari 50%, yang terbagi menjadi *Betaproteobacteria* (74%), *Gammaproteobacteria* (12%), *Deltaproteobacteria* (10%), *Alphaproteobacteria* (3%) dan *Epsilonproteobacteria* (1%). *Bacteriodota* didominasi oleh *Bacteroidia* (82%). *Clostridia* (66%) dominan di *Firmicutes*. *Holophagae* dominan pada *Actinobacteria*. *Spirochaetales* dominan di *Spirochaetia*. *Actinomycetia* dominan pada *Actinobacteria*. Klorofleksi ditemukan memiliki lebih dari 88% dari *Anaerolineae*. Profil bakteri beserta presentasi keberadaannya pada sampel sedimen ini menunjukkan kesesuaian dengan adanya pencemaran logam berat limbah penyamakan kulit di sungai Ciwalen. Kehadiran logam berat tersebut menjadi habitat yang cocok bagi beberapa bakteri. Beberapa bakteri memiliki beberapa mekanisme untuk melawan dan meremediasi logam berat agar dapat bertahan hidup. Data penelitian ini menunjukkan bahwa  $Fe > Cr > Pb > NH_3-N > Zn > Cu$  merupakan logam berat dengan konsentrasi tinggi yang terdapat di Sungai Ciwalen. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi berbagai pihak yang terkait serta pengambil kebijakan lingkungan.

### **Ucapan Terima Kasih**

Penelitian ini didanai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia melalui skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun 2023.

### **Daftar Pustaka**

- Ayangbenro, A. S. & Babalola, O. O. (2017). A new strategy for heavy metal polluted environments: A review of microbial biosorbents. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 14, (2017).
- Bhardwaj, A., Kumar, S. & Singh, D. (2023). Tannery effluent treatment and its environmental impact: a review of current practices and emerging technologies. *Water Qual. Res. J.* 58, 128–152
- Chen, L., Liu, P., Evans, T. C. & Ettwiller, L. M. (2017). DNA damage is a pervasive cause of sequencing errors, directly confounding variant identification. *Science*

- (80). 355, 752–756
- Derhab, N., Mabrouk, M.E.M., El-Metwally, M. M (2023). Thermostable keratinase from *Bacillus cereus* L10: optimization and some potential biotechnological applications. *Biomass Conv. Bioref*
- Fu, L. *et al.* (2023). Profiles and spatial distributions of heavy metals, microbial communities, and metal resistance genes in sediments from an urban river. *Front. Microbiol.* 14
- Guan, Y. *et al.* (2018) Analysis of Bacterial Community Characteristics, Abundance of Antibiotics and Antibiotic Resistance Genes Along a Pollution Gradient of Ba River in Xi'an, China. *Front. Microbiol.* 9
- Huang, Z. *et al.* (2021). Nitrogeniibacter aestuarii sp. nov., a Novel Nitrogen-Fixing Bacterium Affiliated to the Family Zoogloeaceae and Phylogeny of the Family Zoogloeaceae Revisited. *Front. Microbiol.* 12
- Knisz, J. *et al.* (2021). Genome-level insights into the operation of an on-site biological wastewater treatment unit reveal the importance of storage time. *Sci. Total Environ.* 766
- Kristianti & Amalia L. (2023). Identifikasi Bakteri Air Sungai Ciwalen Garut Menggunakan *Next Generation Sequencing of 16S Ribosomal RNA*. Berkala Ilmiah Biologi, 14 (3): 10 – 16 DOI: 10.22146/bib.v14i3.10471
- Liu, B. *et al.* (2006). *Thauera* and *Azoarcus* as functionally important genera in a denitrifying quinoline-removal bioreactor as revealed by microbial community structure comparison. *FEMS Microbiol. Ecol.* 55, 274–286
- Feng, W. *et al.* (2022). Pattern changes of microbial communities in urban river affected by anthropogenic activities and their environmental driving mechanisms. *Environ. Sci. Eur.* 34
- Mao, Y., Zhang, X., Xia, X., Zhong, H. & Zhao, L. Versatile aromatic compound-degrading capacity and microdiversity of *Thauera* strains isolated from a coking wastewater treatment bioreactor. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 37, 927–934 (2010).
- Priyanto (2006). Uji Toksisitas Air Limbah Penyamakan Kulit Menggunakan Metode Penghambatan. *J. Tek. Ling.* 7, 212–218
- Ren, T. *et al.* (2021). Diversified metabolism makes novel *Thauera* strain highly competitive in low carbon wastewater treatment. *Water Res.* 206
- Rujakom, S., Kamei, T. & Kazama, F. (2023). *Thauera* sp. in Hydrogen-Based Denitrification: Effects of Plentiful Bicarbonate Supplementation on Powerful Nitrite Reducer. *Sustain.* 15
- Sabat A.J., Zanten E.V., Akkerboom V., Wisselink G., Slochteren K.V., de Boer R.F., Hendrik R., Friedrich A.W., Rossen. (2017). Targeted next-generation sequencing of the 16S-23S rRNA region for culture-independent bacterial identification-increased discrimination of closely related species. *Sci. Rep.* 7 DOI:10.1038/s41598-017-03458-6
- Su, Y., Liu, C., Fang, H. & Zhang, D. (2020). *Bacillus subtilis*: A universal cell factory for industry, agriculture, biomaterials and medicine. *Microb. Cell Fact.* 19
- Sundaramoorthy P., A. K. Murugan & Ganesh K.S. (2018). Effect Of Chromium On Growth And Yield Of *Vigna Mungo* (L.) *Journal of Plant Stress Physiology*, 4: 17-21 doi: 10.25081/jpsp.2018.v4.3484
- Táncsics, A. *et al.* (2020). Genome analysis provides insights into microaerobic toluene-degradation pathway of *Zoogloea oleivorans* BucT. *Arch. Microbiol.* 202, 421–426
- Wang, J. *et al.* (2022). A Review on Microorganisms in Constructed Wetlands

for Typical Pollutant Removal: Species, Function, and Diversity. *Front. Microbiol.* 13

Zhang, Q. *et al.* (2021). Composition and functional characteristics and influencing factors of bacterioplankton community in the huangshui river, China. *Microorganisms* 9,

Zhang, L., Tu, D., Li, X., Lu, W. & Li, J. (2020). Impact of long-term industrial contamination on the bacterial communities in urban river sediments. *BMC Microbiol.* 20

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2014. tentang Baku Mutu Air Limbah