JOURNAL OF MAQUARES Volume 13, Nomor 2, Tahun 2026, Halaman 85-92

MANAGEMENT OF AQUATIC RESOURCES
Website: https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/maquares

Analisis Spasial Konsentrasi Oksigen Terlarut (Dissolved Oxygen) dan Kelimpahan Bakteri Heterotrof serta Hubungannya di DAS Kaligarang, Semarang

Spatial Analysis of Dissolved Oxygen Concentrations and Heterotrophic Bacterial Abundance and Their Relationship in the Kaligarang Watershed, Semarang

Setiyawanti Aurista Putri Nandini*[1], Diah Ayuningrum[1], Aninditia Sabdaningsih[1]

[1]Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan
Departemen Sumberdaya Akuatik Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedharto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah-50275
Corresponding author: auristaputri26@gmail.com

Diserahkan:25 Juli 2026; Direvisi:30 Agustus 2026; Diterima: 26 Oktober 2026

ABSTRAK

Bakteri heterotrof memiliki peran ekologis penting sebagai dekomposer bahan organik di perairan. Kelangsungan hidup populasi ini bergantung pada ketersediaan oksigen terlarut (DO) untuk proses dekomposisi. Penelitian ini penting dilakukan untuk memperoleh gambaran spasial mengenai konsentrasi DO dan kelimpahan bakteri heterotrof di DAS Kaligarang, Semarang, sebagai informasi pendukung dalam pemantauan kualitas air dan pengelolaan lingkungan perairan. Penelitian dilakukan di tiga lokasi berbeda: Curug Lawe (hulu), Banjir Kanal Barat (tengah), dan Pantai Marina (hilir). Metode survei digunakan dengan teknik pengambilan sampel secara *grab sampling* pada Agustus 2025. Penentuan lokasi dilakukan secara *purposive sampling* pada tiga stasiun dengan tiga pengulangan. Parameter kualitas air yang diukur DO, suhu, dan pH. Kelimpahan bakteri dihitung menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) pada media *Nutrient Agar* (NA). Kedua variabel diuji dengan analisis regresi linear sederhana melalui perangkat lunak IBM SPSS *Statistics* 25 untuk mengetahui bagaimana hubungan antara kedua variabel. Hasil menunjukkan konsentrasi DO tertinggi di hulu (9,2 mg/L) dan terendah di hilir (7,9 mg/L), dan suhu meningkat dari hulu (21,2°C) ke hilir (29,9°C). Rata-rata kelimpahan bakteri heterotrof tertinggi ditemukan di hilir (1,54 x 10^3 CFU/mL), diikuti tengah (7,1 x 10^2 CFU/mL), dan terendah di hulu (2,67 x 10^1 CFU/mL). Hasil uji regresi menghasilkan nilai signifikansi 0,161 ($p > 0,05$) dengan nilai R^2 sebesar 0,259. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi DO tidak berpengaruh signifikan terhadap kelimpahan bakteri heterotrof di lokasi penelitian. Rendahnya pengaruh tersebut mengindikasikan bahwa populasi bakteri dominan dipengaruhi oleh faktor lain, seperti ketersediaan nutrien organik atau keterbatasan jumlah sampel.

Kata kunci: Bakteri heterotrof, Kualitas air, Mikroba, Regresi linear, TPC.

ABSTRACT

Heterotrophic bacteria play an important ecological role as decomposers of organic matter in aquatic environments. Their survival depends on dissolved oxygen (DO) availability for decomposition. This study aims to provide a spatial overview of DO concentrations and heterotrophic bacterial abundance in the Kaligarang River Basin, Semarang, to support water quality monitoring and aquatic environmental management. The study was conducted at three locations: Curug Lawe (upstream), Banjir Kanal Barat (middle stream), and Marina Beach (downstream). A survey method using grab sampling was conducted in August 2025. Three stations were selected through purposive sampling, with three replicates each. Water quality parameters included DO, temperature, and pH. Bacterial abundance was measured using the Total Plate Count (TPC) method on Nutrient Agar (NA) medium. Simple linear regression using IBM SPSS Statistics version 25 was applied to analyze the relationship between DO concentration and bacterial abundance. The highest DO concentration was recorded upstream (9.2 mg/L), while the lowest was downstream (7.9 mg/L). Temperature increased from upstream (21.2°C) to downstream (29.9°C). Heterotrophic bacterial abundance was highest downstream (1.54×10^3 CFU/mL), followed by the middle stream (7.1×10^2 CFU/mL), and upstream (2.67×10^1 CFU/mL). Regression analysis yielded a significance value of 0.161 ($p > 0.05$) and an R^2 of 0.259, indicating no significant relationship between DO concentration and heterotrophic bacterial abundance. This suggests that bacterial abundance may be influenced by other factors, such as organic nutrient availability or limited sample size.

Keywords: *Heterotrophic bacteria, Linear regression, Microbes, TPC, Water quality.*

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) Kaligarang merupakan sistem hidrologi yang memiliki nilai strategis bagi stabilitas ekologi dan ekonomi Kota Semarang. Dengan luas kurang lebih 200 km^2. DAS ini berperan sebagai sumber air baku utama yang menyuplai sekitar 80% kebutuhan air bersih penduduk melalui PDAM. Namun, seiring dengan pesatnya laju pertumbuhan penduduk dan ekspansi sektor industri, DAS Kaligarang menghadapi tekanan ekologis yang signifikan, termasuk peningkatan limbah domestik yang mengancam kesehatan ekosistem (Sabila *et al*., 2023).

Bakteri heterotrof memegang peranan krusial sebagai dekomposer utama bahan organik pada ekosistem perairan. DO sebagai energi dibutuhkan oleh bakteri heterotrof untuk merombak bahan organik (Putri *et al*., 2021). Kelompok mikroorganisme ini memperoleh energi dengan cara mengoksidasi senyawa organik kompleks yang berasal dari limbah maupun sisa organisme mati. Menurut Wati *et al*. (2025), DO adalah salah satu indikator menyediakan oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme aerob untuk melakukan proses respirasi. Oleh karena itu, kelimpahan populasi mikroba ini sering kali digunakan sebagai bioindikator tingkat beban organik dan kualitas kesehatan suatu perairan.

Oksigen terlarut merupakan parameter vital yang digunakan untuk mendegradasi bahan organik secara aerobik dan berasal dari difusi udara ke dalam air serta hasil fotosintesis tumbuhan air dan fitoplankton. Kadar DO yang terlalu rendah dapat menghambat laju pertumbuhan bakteri aerob yang membutuhkan oksigen untuk hidup (Ramadhani dan Laksani, 2024). Menurut Mahdaliana *et al*. (2026), hubungan antara DO dan bakteri heterotrof bersifat dinamis karena bakteri membutuhkan DO untuk melakukan proses respirasi. Proses ini meningkatkan kebutuhan oksigen untuk respirasi mikroba sehingga dapat menyebabkan penurunan konsentrasi DO. Menurut Patty dan Akbar (2018), meningkatnya aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan zat organik menjadi zat anorganik, menyebabkan rendahnya kadar oksigen terlarut. Aktivitas dekomposisi yang intensif oleh populasi bakteri yang besar justru dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen di perairan tersebut.

Meskipun peran keduanya sangat vital, informasi mengenai bagaimana fluktuasi parameter fisik-kimia air memengaruhi dinamika populasi bakteri di DAS Kaligarang masih terbatas. Pemahaman mengenai interaksi ini sangat diperlukan sebagai dasar evaluasi tingkat pencemaran dan upaya pengelolaan ekosistem sungai secara terpadu. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hasil pengukuran kualitas air (DO, suhu, pH), kelimpahan bakteri heterotrof, serta hubungan fungsional antara keduanya di sepanjang aliran DAS Kaligarang dari hulu hingga hilir.

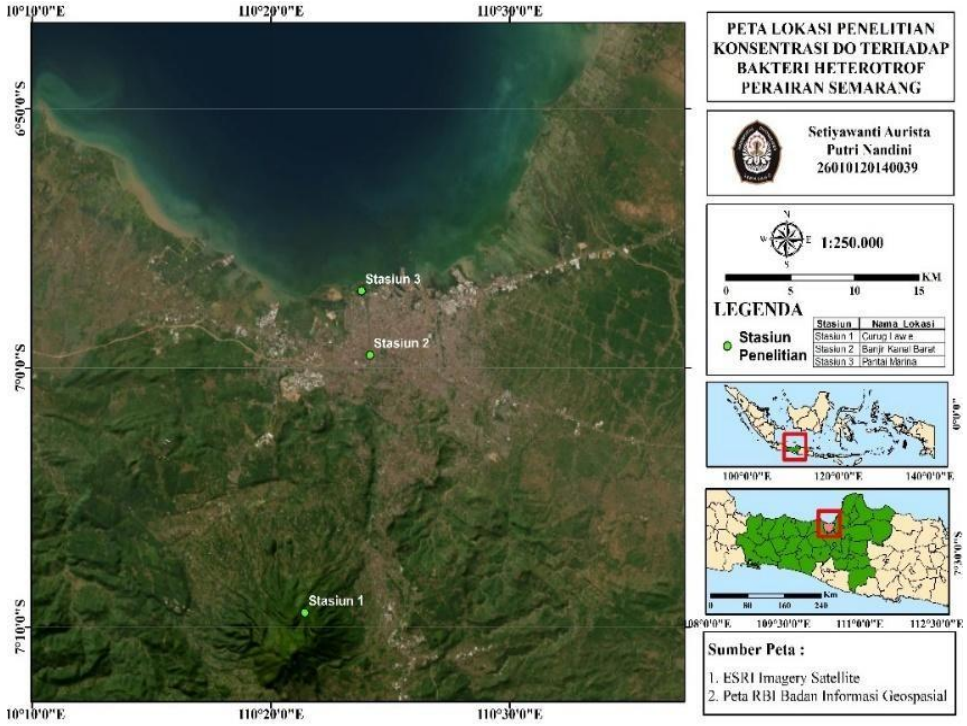
METODE PENELITIAN

Materi

Materi penelitian ini meliputi data parameter kualitas air primer dan sampel air dari ketiga stasiun untuk analisis bakteri heterotrof. Alat yang digunakan meliputi alat lapangan (*In-Situ*) berupa *Global Positioning System* (GPS) untuk penentuan titik, DO meter untuk kadar oksigen terlarut, pH meter untuk derajat keasaman, termometer untuk suhu, serta botol sampel dan *cool box* untuk penyimpanan sampel. Alat dan bahan laboratorium (*Ex-Situ*) yang digunakan meliputi autoklaf untuk sterilisasi, *hot plate magnetic stirrer*, inkubator, mikropipet, dan cawan petri. Bahan yang digunakan adalah media *Nutrient Agar* (NA) yang terdiri dari *Nutrient Broth* dan *Agar Powder*, serta aquades dan alkohol 70%.

Metode Sampling

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode survei. Metode survei merupakan teknik yang digunakan untuk mengumpulkan data dengan mengambil sebagian kecil populasi. Penggunaan metode ini dapat memberikan informasi dan fakta yang akurat mengenai kondisi di lapangan. Penentuan lokasi dan pengambilan sampel ditentukan dengan metode *purposive sampling*. Penggunaan metode ini ditentukan berdasarkan tujuan penelitian dan kriteria tertentu dengan bantuan alat GPS. Adapun peta lokasi penelitian tersaji pada **Gambar 1.**



Gambar 1. Peta Lokasi penelitian

Metode Pengambilan Sampel

Metode dalam pengambilan sampel dilakukan secara *grab sampling*. *Grab sampling* merupakan teknik pengambilan sampel pada waktu dan lokasi tertentu (Ardiansyah *et al*., 2024). Pengukuran parameter kualitas air dilakukan secara *in-situ* pada setiap stasiun penelitian dengan tiga kali pengulangan guna menjamin validitas data. Parameter yang diukur secara langsung meliputi DO menggunakan DO meter yang telah dikalibrasi, derajat keasaman (pH) menggunakan pH meter, serta suhu perairan menggunakan termometer yang dicelupkan pada kedalaman 15–20 cm selama 1–2 menit hingga mencapai kesetimbangan termal.

Penggunaan DO meter untuk mengetahui nilai DO pada 3 (tiga) lokasi penelitian sebagai berikut.

1. DO meter dinyalakan dan dilakukan kalibrasi;
2. Tombol "*hold*" diklik setelah angka 0.0 dipastikan sudah muncul di layar;
3. DO meter dimasukkan ke dalam air sampel hingga sensor pada DO membaca nilai dengan stabil;
4. Nilai yang sudah didapatkan kemudian dicatat, dan DO meter dikalibrasi kembali untuk pemakaian selanjutnya.

Penggunaan pH meter untuk mengetahui nilai pH pada 3 (tiga) lokasi penelitian sebagai berikut.

1. Alat pH meter dinyalakan dan bersihkan bagian elektroda dengan *aquades*;
2. Kalibrasi minimal dua titik menggunakan larutan *buffer*;
3. Elektroda di bilas dengan *aquades* dan celupkan ke dalam air sampel dan tunggu hingga nilai pH muncul di layar;
4. Nilai yang muncul pada layar kemudian dicatat.

Penggunaan termometer untuk mengetahui nilai suhu pada 3 (tiga) lokasi penelitian sebagai berikut.

1. Termometer disiapkan dan dipastikan dalam keadaan baik dan berfungsi normal;
2. Bagian ujung termometer dimasukkan ke dalam air dengan kedalaman kurang lebih 15 – 20 cm;
3. Termometer didiamkan terendam selama 1 – 2 menit agar terjadi kesetimbangan termal hingga angka pada layar berhenti bergerak;
4. Angka yang tertera pada layar kemudian dicatat

Pengambilan sampel air untuk analisis mikrobiologis dilakukan menggunakan teknik *grab sampling* dengan botol sampel steril. Sampel yang diambil dari lokasi penelitian berupa sampel air di permukaan. Pengambilan sampel air bertujuan untuk keperluan analisis kelimpahan populasi bakteri. Alat yang digunakan untuk mengambil sampel air berupa botol sampel. Botol sampel yang telah terisi oleh air kemudian diletakkan dalam *cool box* untuk selanjutnya di bawa ke laboratorium. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali pada tiap stasiunnya.

Analisis Sampel Mikrobiologis

Metode yang digunakan untuk mengetahui kelimpahan total bakteri pada sampel yaitu metode *Total Plate Count* (TPC). Menurut Putri *et al*. (2021), metode TPC sesuai SNI-01-233-1991/M13 merupakan metode untuk menghitung mikroba yang tumbuh di media dan membentuk koloni. Tahapan analisis laboratorium dimulai dengan pembuatan media *Nutrient Agar* (NA) yang disiapkan dengan menimbang *Nutrient Broth* dan *Agar Powder*, kemudian dihomogenisasi menggunakan *hot plate magnetic stirrer* sebelum disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Sampel air yang telah dikumpulkan selanjutnya melalui prosedur pengenceran bertingkat (10^{-1} hingga 10^{-3}) dengan menggunakan aquades steril untuk mengurangi kepadatan jumlah mikroba agar dapat dihitung secara akurat. Inokulasi bakteri pada media NA dilakukan dengan teknik *spread plate*, di mana 100 µl sampel hasil pengenceran dituang ke atas media dan diratakan menggunakan *spreader* steril dengan gerakan memutar. Cawan petri yang telah diinokulasi kemudian dibungkus dan dimasukkan ke dalam inkubator untuk proses pertumbuhan koloni. Perhitungan kelimpahan total bakteri dilakukan secara manual dengan menandai setiap koloni yang tumbuh menggunakan spidol. Menurut Prayoga *et al*. (2021), spidol digunakan untuk penanda koloni yang tumbuh pada media. Data jumlah koloni tersebut kemudian dikonversi menjadi satuan *Colony Forming Unit* per mililiter (CFU/mL) menggunakan rumus kelimpahan yang mempertimbangkan faktor pengenceran. Hasil perhitungan selanjutnya dideskripsikan berdasarkan standar *Standard Plate Counts* (SPC) untuk memastikan hasil yang dilaporkan memenuhi kriteria statistik mikrobiologi, yakni pada rentang 30–300 koloni per cawan.

Analisis Data Statistik

Analisis hubungan antara variabel dilakukan melalui uji regresi linear sederhana untuk memodelkan hubungan fungsional antara konsentrasi *Dissolved Oxygen* (DO) sebagai variabel independen terhadap kelimpahan bakteri heterotrof sebagai variabel dependen. Pengujian ini bertujuan menentukan koefisien korelasi (R) untuk melihat keeratan hubungan dan koefisien determinasi (R^2) guna mengukur kontribusi DO dalam memengaruhi fluktuasi populasi bakteri. Pengambilan keputusan statistik didasarkan pada nilai signifikansi (p) dengan taraf nyata $\alpha = 0{,}05$, di mana pengaruh dinyatakan signifikan apabila $p < 0{,}05$ sehingga didapatkan H_0 ditolak dan H_1 diterima. Selain itu, analisis korelasi *Pearson Product Moment* digunakan untuk menguji kekuatan dan arah hubungan linear antara kedua variabel tersebut dengan bantuan perangkat lunak SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Kualitas Air

Hasil pengukuran menunjukkan variasi spasial yang signifikan pada parameter DO, suhu, dan pH pada tiga stasiun tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Fisika-Kimia Kualitas Air DAS Kaligarang(Sumber: Hasil Penelitian di DAS Kaligarang)

Parameter	Stasiun			Rata-rata ± Standar Deviasi		
	1	2	3	1	2	3
Rata-rata DO (mg/l)	9,2	8,0	7,9	9,17 ± 0,23	8,03 ± 0,06	7,90 ± 0,17
Rata-rata Suhu (°C)	21,2	28,7	29,9	21,17 ± 1,61	28,67 ± 0,58	29,87 ± 0,59
Rata-rata pH	7,7	7,8	7,8	7,73 ± 0,23	7,83 ± 0,06	7,83 ± 0,25

Berdasarkan hasil penelitian, konsentrasi oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*/DO) di lokasi pengamatan menunjukkan penurunan secara spasial dari hulu menuju hilir. Nilai DO rata-rata tertinggi tercatat pada Stasiun 1 sebesar 9,17 ± 0,23 mg/L. Tingginya nilai DO pada hulu ini didukung oleh suhu air yang rendah (rata-rata 21,2°C) dan laju aerasi yang tinggi akibat aliran arus yang deras di wilayah pegunungan. Sebaliknya, Stasiun 2 dan Stasiun 3 menunjukkan nilai DO yang relatif lebih rendah, masing-masing sebesar 8,03 ± 0,06 mg/L dan 7,90 ± 0,17 mg/L. Penurunan ini disebabkan oleh peningkatan aktivitas dekomposisi bahan organik dan respirasi mikroorganisme aerob yang mengonsumsi oksigen di wilayah hilir. Menurut Caesar *et al*. (2025), variasi nilai DO pada setiap stasiun dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti aktivitas biologis, tingkat pencemaran, proses fotosintesis biota, serta aliran air pada lokasi tersebut. Secara umum, kisaran DO 7–9 mg/L di seluruh lokasi penelitian menunjukkan bahwa perairan DAS Kaligarang masih teroksigenasi dengan baik dan mendukung proses biodegradasi secara aktif.

Parameter suhu air menunjukkan tren peningkatan yang signifikan berbanding terbalik dengan DO. Suhu rata-rata terendah ditemukan di Stasiun 1 (21,17 ± 1,61°C) dan meningkat hingga mencapai puncaknya di Stasiun 3 (29,87 ± 0,59°C). Suhu yang lebih rendah di wilayah hulu disebabkan oleh lokasinya yang berada di dataran tinggi serta banyaknya vegetasi di sepanjang sungai yang menghalangi sinar matahari masuk ke badan air. Peningkatan suhu di Stasiun 2 dan 3 dipicu oleh berkurangnya tutupan vegetasi peneduh, kedalaman air yang lebih dangkal, serta paparan panas matahari yang lebih intensif di area perkotaan dan pesisir. Menurut Zahra, J. (2023), suhu perairan dipengaruhi oleh keberadaan naungan vegetasi di sekitar aliran sungai. Menurut Putra *et al*. (2024), peningkatan suhu yang terjadi di hilir dapat disebabkan oleh paparan radiasi matahari yang lebih

intens, kurangnya vegetasi peneduh di bantaran sungai, serta masuknya buangan air limbah domestik yang umumnya memiliki suhu lebih tinggi dibandingkan suhu alami dari sungai tersebut. Kenaikan suhu di wilayah hilir ini memicu percepatan laju metabolisme mikroorganisme, namun sekaligus menurunkan kemampuan air dalam mengikat oksigen terlarut.

Derajat keasaman (pH) di seluruh lokasi pengamatan menunjukkan kondisi yang seragam. Rata-rata pH pada Stasiun 1 tercatat sebesar 7,73 ± 0,23, sementara Stasiun 2 dan Stasiun 3 menunjukkan nilai identik sebesar 7,83. Kisaran nilai ini mengklasifikasikan perairan DAS Kaligarang sebagai lingkungan netral-basa. Stabilitas nilai pH mengindikasikan bahwa sistem perairan memiliki kapasitas penyangga (*buffer*) yang memadai terhadap berbagai masukan limbah organik dari aktivitas manusia di area perkotaan. Menurut Kusumadiani *et al*. (2024), batas normal yang baik bagi pH dalam perairan yaitu berkisar 7 – 8.5 yang tercantum dalam Lampiran VIII PP RI Nomor 22 tahun 2021. Kondisi pH yang stabil di angka 7,7–7,8 sangat menguntungkan bagi bakteri heterotrof karena mencegah hambatan fisiologis yang biasanya terjadi pada nilai pH ekstrem.

Kelimpahan Total Bakteri Heterotrof

Hasil perhitungan kelimpahan total bakteri heterotrof tersaji dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengamatan Kelimpahan Total Bakteri Heterotrof

St	Tk	Pengenceran			Keterangan Perhitungan	*TPC* (CFU/mL)	DO	Rata-rata TPC	Keterangan
		10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}					
1	1	2	11	2	diambil 10^{-1}	2×10^{1}	9.3	$2{,}67 \times 10^{1}$ CFU/mL	Tingkat kelimpahan mikroorganisme terendah
	2	4	23	1	diambil 10^{-1}	4×10^{1}	9.3		
	3	2	0	5	diambil 10^{-1}	2×10^{1}	8.9		
2	1	4	15	9	diambil 10^{-1}	4×10^{1}	8.0	$7{,}1 \times 10^{2}$ CFU/mL	Kelimpahan lebih tinggi dibandingkan stasiun 1, namun lebih rendah dari stasiun 3
	2	62	1.606	3	diambil 10^{-1}	62×10^{1}	8.0		
	3	148	2	34	diambil 10^{-1}	148×10^{1}	8.1		
3	1	107	190	0	diambil 10^{-1}	107×10^{1}	7.8	$1{,}54 \times 10^{3}$ CFU/mL	Tingkat kelimpahan mikroorganisme tertinggi
	2	279	203	104	diambil 10^{-1}	279×10^{1}	8.1		
	3	75	11	83	diambil 10^{-1}	75×10^{1}	7.8		

(Sumber: Hasil Penelitian di DAS Kaligarang)

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa analisis *Total Plate Count* (TPC) pada sampel air yang dilakukan di sepanjang aliran DAS Kaligarang menunjukkan variasi kelimpahan bakteri yang mencolok antar stasiun pengamatan. Nilai rata-rata kelimpahan bakteri heterotrof tertinggi ditemukan pada Stasiun 3 (Pantai Marina) sebesar $1{,}54 \times 10^{3}$ CFU/mL. Tingginya populasi mikroorganisme di wilayah hilir ini mengindikasikan adanya akumulasi bahan organik yang masif, mengingat lokasi tersebut merupakan muara akhir yang menerima buangan limbah domestik dan aktivitas antropogenik dari wilayah perkotaan. Melimpahnya bahan organik di Stasiun 3 berfungsi sebagai substrat nutrisi utama yang memicu pertumbuhan populasi bakteri secara eksponensial.

Stasiun 1 (Curug Lawe) mencatatkan nilai rata-rata TPC sebesar $2{,}67 \times 10^{1}$ CFU/mL, mengindikasikan adanya kelimpahan bakteri heterotrof rendah, kondisi ini dikarenakan lokasinya yang dapat melakukan proses *self-purification* (pemurnian diri) yang alami, seperti difusi atau sedimentasi material organik. Sementara itu, Stasiun 2 (Banjir Kanal Barat) dengan rata-rata sebesar $7{,}1 \times 10^{2}$ CFU/mL, kondisi ini umum ditemukan di perairan yang mulai menerima masukan bahan organik. Tingginya TPC pada stasiun 2 dibandingkan stasiun 1 menunjukkan bahwa stasiun 2 memiliki sumber masukan organik yang lebih intens dibandingkan stasiun 1. Stasiun 2 memiliki peningkatan bahan organik yang memicu bakteri untuk lebih aktif dalam melakukan dekomposisi. Proses ini memerlukan oksigen sehingga kelimpahan bakteri akan meningkat seiring tersedianya bahan organik yang harus diurai. Menurut Farrosyi *et al*. (2022), bakteri mendekomposisi bahan organik agar tidak menimbulkan penumpukan pada dasar perairan. Terdapat faktor lingkungan seperti DO, pH, suhu, dan salinitas yang perlu diperhatikan dalam proses dekomposisi bahan organik dikarenakan bakteri memiliki batas ambang kemampuan dalam mendekomposisi.

Keberadaan bakteri heterotrof di DAS Kaligarang memiliki peran krusial dalam mendaur ulang unsur hara melalui proses mineralisasi bahan organik. Variasi kelimpahan yang ditemukan mencerminkan gradasi beban organik di sepanjang sungai, di mana peningkatan kelimpahan di suatu titik menandakan beban organik yang lebih besar dan aktivitas dekomposisi yang lebih intensif. Meskipun kelimpahan bakteri di Stasiun 3 sangat tinggi, hal ini perlu diwaspadai karena dapat memicu risiko penurunan oksigen terlarut apabila masukan bahan organik terus meningkat di masa mendatang. Tingginya kelimpahan bakteri heterotrof di Stasiun 3 berpotensi meningkatkan kebutuhan oksigen untuk menguraikan bahan organik. Jika masukan bahan organik terus meningkat, konsentrasi DO dapat menurun sehingga berisiko mengganggu keseimbangan ekosistem perairan. Menurut Putri *et al*. (2021), bakteri heterotrof membutuhkan oksigen terlarut (DO) sebagai energi untuk mendekomposisi bahan

organik. Secara keseluruhan, hasil perhitungan TPC menunjukkan bahwa ekosistem perairan di lokasi penelitian memiliki tingkat kesuburan sedang dengan beban bahan organik yang nyata, terutama pada wilayah pesisir.

Hubungan Kuantitatif antara Populasi Bakteri dengan Variabel Kualitas Air

Analisis hubungan kuantitatif dalam penelitian ini dilakukan untuk membuktikan pengaruh konsentrasi oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*/DO) terhadap dinamika kelimpahan populasi bakteri heterotrof di DAS Kaligarang yang disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Regresi Determinasi

Model	R	R^2	*df*		*Mean square*		F	F sig
			Reg.	*Res.*	*Reg.*	*Res.*		(p)
Hubungan	0,509	0,259	1	7	0,17859	0,72874	2.451	0,161

(Sumber: Hasil Penelitian di DAS Kaligarang)

Berdasarkan hasil uji regresi linear sederhana, diperoleh nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0,509, yang menunjukkan bahwa hubungan antara konsentrasi DO dengan kelimpahan populasi bakteri berada dalam kategori sedang. Nilai koefisien determinasi atau R^2 yang diperoleh sebesar 0,259 (25,9%). Terlihat pada tabel, diperoleh nilai F hitung sebesar 2,451 dengan tingkat signifikansi sebesar 0,161. Nilai ini lebih besar dari yang seharusnya yaitu 0,05 (0,161 > 0,05), maka model regresi ini tidak signifikan dalam memprediksi variabel rata-rata TPC secara akurat. Hasil tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi DO bukan satu-satunya faktor yang berkaitan dengan kelimpahan bakteri heterotrof. Kelimpahan bakteri juga dapat dipengaruhi oleh ketersediaan bahan organik, suhu, pH, dan kondisi aliran sungai. Nilai koefisien determinasi sebesar 25,9% menunjukkan bahwa variasi konsentrasi DO dalam model berkaitan dengan 25,9% variasi kelimpahan bakteri, sedangkan sisanya berkaitan dengan faktor lain yang tidak tercakup dalam model. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut dengan mempertimbangkan parameter lingkungan lainnya dan jumlah sampel yang lebih besar untuk memahami hubungan antara DO dan kelimpahan bakteri heterotrof secara lebih menyeluruh. Hasil regresi analisis koefisien dapat terlihat pada **Tabel 4.**

Tabel 4. Hasil Regresi Analisis Koefisien

Model	Koefisien Regresi (B)	t-hitung	Sig	*R Square*
Constant	7129,870	1,748	0,124	0,259
DO	-761,472	-1,565	0.161	

(Sumber: Hasil Penelitian di DAS Kaligarang)

Berdasarkan **Tabel 4** di atas, melalui tabel *Coefficients* menunjukkan persamaan regresi yang terbentuk adalah Y = 7129,870 – 761,472X. Nilai konstanta sebesar 7129,870 menunjukkan nilai estimasi kelimpahan bakteri apabila variabel DO bernilai nol, sedangkan koefisien regresi sebesar -761,472 menunjukkan adanya arah hubungan negatif atau berlawanan antara kedua variabel. Koefisien tersebut menunjukkan bahwa setiap kenaikan satu satuan DO diprediksi akan menurunkan kelimpahan bakteri sebesar 761,472 CFU/mL. Hasil uji *t-hitung* sebesar -1,565 dengan angka signifikansi sebesar 0,161. Hasil uji signifikansi menunjukkan nilai sebesar 0,161 yang lebih besar dari taraf nyata 0,05 (0,161 > 0,05). Nilai signifikansi sebesar 0,161 menunjukkan bahwa pengaruh DO terhadap kelimpahan bakteri heterotrof tidak signifikan secara statistik. Meskipun koefisien regresi menunjukkan arah hubungan negatif, hasil tersebut belum cukup untuk menyimpulkan bahwa peningkatan DO secara langsung menyebabkan penurunan kelimpahan bakteri. Hal ini diduga karena kelimpahan bakteri heterotrof juga dipengaruhi oleh faktor lain, seperti ketersediaan bahan organik sebagai sumber nutrisi, suhu, dan pH perairan. Dengan demikian, hubungan antara DO dan kelimpahan bakteri heterotrof di Sungai Kaligarang kemungkinan bersifat kompleks dan melibatkan berbagai faktor lingkungan yang saling berkaitan. Hasil uji korelasi *Pearson* dapat terlihat pada **Tabel 5** sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil Uji Korelasi Hubungan DO dan TPC

Hubungan	*r*	*Sig.*	n
DO	1		9
TPC	-0,509	0,161	9

(Sumber: Hasil Penelitian di DAS Kaligarang)

Nilai koefisien korelasi (*Pearson Correlation*) adalah -0,509 dengan arah negatif. Nilai *Sig.* atau *p-value* adalah 0,161 dan jauh lebih besar dari 0,05. Rendahnya korelasi dan pengaruh DO terhadap kelimpahan bakteri di DAS Kaligarang disebabkan oleh ketersediaan oksigen yang masih berada pada rentang optimal di seluruh stasiun penelitian. Dengan nilai DO yang berkisar antara 7,9 hingga 9,2 mg/L, kebutuhan bakteri aerob untuk melakukan respirasi dan dekomposisi bahan organik telah terpenuhi secara memadai, sehingga fluktuasi DO pada rentang tersebut tidak menjadi faktor pembatas utama

bagi pertumbuhan populasi. Kelimpahan bakteri heterotrof diduga lebih dipengaruhi oleh ketersediaan bahan organik sebagai sumber nutrisi dibandingkan oleh variasi DO pada lokasi penelitian. Masukan bahan organik yang berbeda di setiap stasiun dapat menyebabkan perbedaan kelimpahan bakteri meskipun konsentrasi DO relatif tinggi. Dengan demikian, hubungan negatif yang ditemukan belum signifikan secara statistik, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut dengan mempertimbangkan parameter lain, seperti kandungan bahan organik, suhu, dan pH, untuk memahami faktor-faktor yang memengaruhi kelimpahan bakteri heterotrof di DAS Kaligarang. Menurut Putri *et al*. (2021), bakteri heterotrof membutuhkan nutrien dalam kehidupan serta pertumbuhannya. Fenomena ini menegaskan bahwa dinamika populasi bakteri heterotrof di perairan tersebut lebih responsif terhadap ketersediaan nutrien organik sebagai substrat energi utama dibandingkan dengan perubahan parameter oksigen terlarut.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, konsentrasi oksigen terlarut (DO) di DAS Kaligarang menunjukkan kecenderungan menurun dari wilayah hulu hingga hilir, dengan nilai tertinggi sebesar 9,17 ± 0,23 mg/L di Curug Lawe dan terendah sebesar 7,90 ± 0,17 mg/L di Pantai Marina. Pola yang berlawanan ditemukan pada parameter suhu perairan, yang mengalami peningkatan dari 21,17 ± 1,61°C di hulu menjadi 29,87 ± 0,59°C di hilir. Nilai pH relatif stabil pada kisaran 7,73–7,83. Kelimpahan bakteri heterotrof menunjukkan peningkatan dari hulu ke hilir, dengan nilai tertinggi ditemukan di Pantai Marina sebesar $1{,}54 \times 10^3$ CFU/mL, diikuti Banjir Kanal Barat sebesar $7{,}1 \times 10^2$ CFU/mL dan Curug Lawe sebesar $2{,}67 \times 10^1$ CFU/mL. Hasil analisis regresi linear sederhana menunjukkan bahwa hubungan antara konsentrasi DO dan kelimpahan bakteri heterotrof memiliki arah negatif dengan koefisien korelasi sebesar -0,509 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,259. Hubungan tersebut tidak signifikan secara statistik, ditunjukkan oleh nilai signifikansi sebesar 0,161 ($p > 0{,}05$). Hasil ini mengindikasikan bahwa variasi konsentrasi DO belum dapat menjelaskan perubahan kelimpahan bakteri heterotrof secara signifikan. Kelimpahan bakteri diduga lebih dipengaruhi oleh faktor lingkungan lainnya, terutama ketersediaan bahan organik sebagai sumber nutrien, serta suhu dan pH perairan. Pemantauan kualitas air DAS Kaligarang perlu mempertimbangkan parameter fisika, kimia, dan mikrobiologi secara terpadu, khususnya pada wilayah hilir yang menunjukkan kelimpahan bakteri heterotrof tertinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih atas dana penelitian yang merupakan bagian dari Penelitian Riset *World Class Research University* (RCWU) yang didanai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada masyarakat Universitas Diponegoro (LPPM UNDIP) dengan Nomor SK 583/UN7.D.2/TU/III/2025, serta pihak-pihak yang terkait dengan penelitian yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Ardiansyah, T., Yashir, M., Achmad, B., Iqbah, I., Karimuna, S., Baringbing, E., Kadaryati, S., Wahyuni, A., Herman, P., Sembiring, D., Putra, A., Khambali, K., Nolia, H., dan Rajab, M. 2024. Manajemen Sanitasi Rumah Sakit. CV Eureka Media Aksara, Jawa Tengah.

Caesar, N. R., Yanuhar, U., Isdianto, A., Wiratno, E. N., Salamah, L. N. M., Abidin, Z., Rusydi, A. N., Zakiyah, U., Kartikaningsih, H., Aida, G. R., dan Ilmi, L. F. 2025. Monitoring Kualitas Air pada Tambak Udang Vaname (Litopenaeus vannamei) di Perairan Pantai Utara Jawa Timur. Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan, 16(1): 23 – 29.

Farrosyi, A., Saraswati, E., dan Yuniartik, M. 2022. Analisis Hubungan Bahan Organik dengan Total Kelimpahan Bahan Organik di Tambak Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Hijau Makmur Desa Pakis Kecamatan Banyuwangi. *Journal of Sustainable Agriculture and Fisheries*, 2(1): 24 – 33.

Kusumadiani, T. A., Yulianto, B., dan Redjeki, S. 2024. Kajian Tingkat Timbal (Pb) di Perairan Pantai Semarang: Studi Kasus pada Kerang Darah. *Journal of Marine Research*, 13(3): 502 – 51.

Mahdaliana, Tumembouw, S. S., Muktitama, A. M., Sari, D. N., Gelyaman, G. D., Pratiwi, R. K., Febri, S. P., Murhum, M. A., Kuswandi, A., Nurjanah, L., dan Amin, M. 2026. Probiotik dan Kualitas Air: Aplikasi dalam Akuakultur dan Pengelolaan Lingkungan Perairan. Kamiya Jaya Aquatic. Maluku Utara.

Patty, S. I., dan Akbar, N. 2018. Kondisi Suhu, Salinitas, pH dan Oksigen Terlarut di Perairan Terumbu Karang Ternate, Tidore dan Sekitarnya. Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan, 1(2): 1 – 10.

Prayoga, I. L., Purnomo, P. W., dan Sabdaningsih, A. 2021. Hubungan Kelimpahan Bakteri Heterotrof Pada Beberapa Perairan Pesisir Jepara Terhadap Tingkat Kesuburan Perairan. Jurnal Pasir Laut, 5(2): 87 – 95.

Putra, I. K. A., Arimbawa, W., dan Wiratama, 1. G. N. M. 2024. Evaluasi Status Mutu Air Sungai Tukad Oos Kabupaten Gianyar. Jurnal Ecocentrism, 5(2): 105 – 118.

Putri, R. R., Widyorini, N., dan Jati, O. E. 2021. Analisis Perbedaan Kelimpahan Bakteri Heterotrof Dengan Kandungan Bahan Organik Pada Sedimen Di Ekosistem Mangrove Trimulyo, Kecamatan Genuk, Kota Semarang. Jurnal Pasir Laut, 5(1): 32 – 39.

Ramadhani, S. D., dan Laksani, M. R. T. 2024. Analisis Uji Kualitas Air di Sungai Kalidami, Kota Surabaya. *Environmental*

Pollution Journal, 4(1): 883 – 894.

Sabila, B. A., Priyambodo, D., dan Azzalea, G. D. 2023. Implementasi Kebijakan Pemerintah Dalam Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Terhadap Aktivitas Alih Fungsi Lahan. Jurnal Reformasi Hukum, 27(1): 1 – 11.

Wati, S., dan Rachmanto, T. A. 2025. Pemantauan Parameter Fisik dan Aktivitas Mikroorganisme Aerob di *Unit Oxidation Ditch* Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja. Jurnal Serambi Engineering, 10(3): 14249 – 14258.

Zahra, J. A. 2023. Analisis Sifat Fisika dan Kimia Air Sungai Tempuran Langsur-Samin pada Tata Guna Lahan yang Berbeda. Jurnal EKOSAINS, 15(1): 1 – 9.