

HUBUNGAN KELIMPAHAN BAKTERI HETEROTROF PADA BEBERAPA PERAIRAN PESISIR JEPARA TERHADAP TINGKAT KESUBURAN PERAIRAN

The Relationship of Heterotrophic Bacteria Abundance in Some Coastal Waters of Jepara with Nutrient Enrichment Level

Irsa Lutfi Prayoga¹, Pujiono Wahyu Purnomo¹, Aninditia Sabdaningsih¹

¹Departemen Sumberdaya Akuatik, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Indonesia 50275, Telp/Fax. +6224 7474698

Email : irsayoga@gmail.com, purnomopoed@gmail.com, aninditiasabdaningsih@live.undip.ac.id

Diserahkan tanggal: 6 Agustus 2021, Revisi diterima tanggal: 29 Agustus 2021

ABSTRAK

Ekosistem pesisir di perairan pantai Jepara memiliki potensi dan pemanfaatan berbagai aktivitas seperti pariwisata, perikanan, pelabuhan, dan pemukiman yang juga memberikan dampak terhadap lingkungan berupa buangan limbah industri, domestik, dan pertanian. Ekosistem pesisir mengalami perubahan kondisi lingkungan yang dipengaruhi oleh faktor alami maupun kegiatan manusia. Penelitian ini mengkaji kualitas perairan di wilayah pesisir berdasarkan aspek bakteriologi. Bakteri heterotrof berperan sebagai perombak bahan organik menjadi anorganik di perairan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan kelimpahan bakteri heterotrof pada beberapa perairan yaitu Pantai Teluk Awur, Pantai Kartini dan Muara Kali Wisu di Jepara serta bagaimana hubungan bakteri heterotrof dengan tingkat kesuburan perairannya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Sampling dilakukan pada bulan Maret 2021 di tiga stasiun berbeda dengan tiga kali pengulangan. Metode perhitungan total bakteri heterotrof menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC). Penentuan tingkat kesuburan perairan atau *Trophic State Index* (TSI) berdasarkan pedoman Carlson. Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan kelimpahan bakteri heterotrof pada setiap tempat dengan kelimpahan tertinggi pada stasiun 1 sebesar $2,1 \times 10^5$ CFU/mL, stasiun 2 sebesar $5,0 \times 10^4$ CFU/mL dan stasiun tiga sebesar $1,67 \times 10^4$ CFU/mL. Terdapat hubungan antara kelimpahan bakteri heterotrof terhadap tingkat kesuburan perairan dengan koefisien determinasi sebesar 0,574. Status kesuburan perairan pada setiap stasiun berkisar antara (32,33 – 36,4) yang termasuk ke dalam golongan perairan oligotrofik.

Kata Kunci: Bakteri Heterotrof, Oligotrofik, Pesisir Jepara, Tingkat Kesuburan Perairan

ABSTRACT

The coastal ecosystem in the coastal waters of Jepara has the potential to be utilized by various activities such as tourism, fisheries, ports, and settlements which also have an impact on the environment in the form of industrial, domestic and agricultural waste disposal. Coastal ecosystems experience changes in environmental conditions that are influenced by natural factors and human activities. This study examines the quality of waters in coastal areas based on bacteriological aspects. Heterotrophic bacteria act as a remodel of organic matter into inorganic in the waters. The purposes of this study were to determine differences in the abundance of heterotrophic bacteria in several waters, namely Teluk Awur Beach, Kartini Beach, and Kali Wisu Estuary in Jepara and how the relationship between heterotrophic bacteria and the nutrient enrichment level of the waters. The method used in this research is the descriptive method. Sampling was carried out in March 2021 at three different stations with three repetitions. The method of calculating total heterotrophs uses the Total Plate Count (TPC) method. Determination of water fertility level or Trophic State Index (TSI) based on Carlson guidelines. The results showed that there were differences in the abundance of heterotrophic bacteria in each place, with the highest abundance at station 1 of $2,1 \times 10^5$ CFU/mL, station 2 of $5,0 \times 10^4$ CFU/mL and station three of $1,67 \times 10^4$ CFU/mL. There is a relationship between the abundance of heterotrophic bacteria on the level of water fertility with a coefficient of determination of 0,574. The status of water nutrient enrichment at each station ranged from (32,33 – 36,4), which was included in the oligotrophic waters group.

Key words: *Heterotrophic Bacteria, Oligotrophic, Jepara Coastal, Nutrient Enrichment Level of Waters*

PENDAHULUAN

Wilayah pesisir merupakan bentangan daratan dan laut di sepanjang garis pantai. Batas pantai yang menuju ke daratan meliputi wilayah yang masih dipengaruhi oleh pengaruh alam seperti pasang surut, gelombang, dan intrusi air laut. Sedangkan batas pantai menuju ke laut mendapat pengaruh faktor alam dan manusia, seperti limpasan, polusi, sedimentasi dan aktivitas manusia lainnya. Menurut Simbolon (2016), wilayah pesisir sangat rentan terhadap pencemaran karena merupakan muara dari berbagai sungai yang menghasilkan berbagai jenis sampah padat dan cair.

Salah satu penyebab perubahan kualitas ekosistem pesisir adalah akibat aktivitas manusia di rumah tangga, kegiatan industri, serta limbah pertanian. Bahan organik sebagai zat dari limbah dibawa oleh aliran air, diuraikan oleh bakteri dan diuraikan menjadi nutrisi dan zat hara. Menurut Kristiawan *et al.* (2014), keberadaan bakteri dalam ekosistem perairan berperan sebagai dekomposer dalam proses mineralisasi bahan organik. Hasil dari mineralisasi ini merupakan nutrisi penting, yang bergantung pada tingkat nutrisi dan merupakan sumber nutrisi bagi berbagai organisme laut.

Semakin tinggi jumlah bakteri heterotrof, semakin tinggi kandungan bahan organik di dalam air. Keadaan air yang subur meliputi beberapa tahapan untuk menentukan seberapa tinggi kandungan unsur hara ditinjau dari keadaan air dan kelimpahan organisme akuatik seperti vegetasi. Menurut Marlian *et al.* (2015), bahwa tingkatan status trofik atau tingkat kesuburan perairan pesisir dan estuaria yang terdiri dari oligotropik, mesotropik, eutropik dan hipertropik. Kondisi perairan ini berdasarkan kandungan klorofil-a dengan bahan organik seperti nitrat dan fosfat. Hal tersebut diperkuat oleh Prihatin *et al.* (2016), tinggi rendahnya kandungan nitrat dan fosfat juga dapat mempengaruhi kandungan klorofil-a yang terkandung dalam fitoplankton.

Kajian mengenai kesuburan suatu perairan ditinjau dari aspek bakteriologi di wilayah pesisir perlu dilakukan karena informasi di daerah ini masih sedikit. Sebagai hasil dari mineralisasi bahan organik oleh bakteri yang merupakan nutrisi penting berupa zat hara esensial akan dimanfaatkan oleh organisme lain di dalam perairan untuk pertumbuhannya. Nutrisi ini berhubungan dengan pengaruh keberadaan dan frekuensi bakteri pengurai yang ada. Bakteri pengurai juga berfungsi sebagai indikator kualitas perairan dan didukung dengan faktor lainnya seperti klorofil-a (Kunarjo, 2011).

Tujuan penelitian ini dilakukan adalah untuk mengetahui perbedaan bakteri heterotrof dan mengkaji pengaruh kelimpahan bakteri heterotrof

terhadap tingkat kesuburan perairan pada beberapa wilayah pesisir di Jepara.

METODE PENELITIAN

Materi

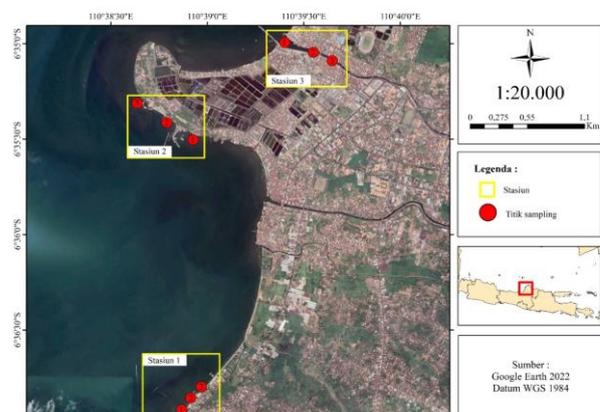
Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari alat lapangan dan alat laboratorium. Alat yang digunakan di lapangan yaitu, botol sampel steril, GPS, *cooling box*, termometer celcius, DO meter, refraktometer, pH meter, *secchi disk*, *flow meter* dan alat tulis. Alat yang digunakan di laboratorium yaitu, Erlenmeyer, *petri disk*, *hot plate magnetic stirrer*, *laminar air flow*, *vortex*, bunsen, tabung reaksi, autoklaf, mikropipet, mikrotip, *spreader*, timbangan analitik, inkubator, *hand counter*, gelas ukur, cuvet, spektrofotometer, *sentrifuge*, kertas saring Whatman dan alat tulis.

Bahan yang digunakan dalam perhitungan total bakteri heterotrof adalah air media Zobell, larutan alkohol 70%, air laut steril, akuades dan air sampel. Bahan yang digunakan dalam uji kandungan bahan organik total berdasarkan SNI 06 6989.22-2004 yaitu air sampel, larutan H₂SO₄ 8N, larutan KMnO₄ 0,01N, dan Asam Oksalat. Bahan yang digunakan untuk uji total fosfat berdasarkan SNI 6989.79-2011 adalah air sampel dan reagen PhosVer 3.

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode deskriptif. Menurut Tanjung dan Nababan (2016), metode deskriptif adalah metode deskriptif adalah suatu metode penelitian yang ditunjukkan untuk membuat gambaran atau lukisan secara sistematis, aktual, dan akurat melalui data sampel atau populasi sebagaimana adanya.

Penentuan lokasi pengambilan sampel dilakukan secara purposive dengan melakukan observasi sekitar wilayah pesisir Jepara di Pantai Teluk Awur (Stasiun 1), Pantai Kartini (Stasiun 2), dan Muara Kali Wiso (Stasiun 3). Pengambilan sampel dilakukan pada tiga stasiun dengan masing-masing tiga kali pengulangan.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

Prosedur Penelitian

Materi dalam penelitian ini adalah sampel air. Pengambilan sampel air untuk keperluan analisis bakteri menggunakan botol steril. Botol steril langsung dimasukkan ke dalam perairan untuk mengambil sampel air dan dimasukkan ke dalam *cool box* lalu dibawa ke laboratorium. Menurut Sugiyono (2007), Pengambilan sampel dilakukan menurut prosedur purposive sampling dengan mempertimbangkan bahwa pemeriksa percaya bahwa unsur-unsur yang diperlukan sudah ada dalam sampel yang diambil.

Pengukuran Bahan Organik Total

Metode yang digunakan dalam pengukuran bahan organik total berdasarkan SNI 06 6989.22-2004 yaitu pipet sebanyak 100 mL air sampel ke dalam Erlenmeyer 300 mL. Ditambahkan larutan KMnO_4 0,01 N sampai warna air menjadi merah muda. Kemudian ditambah 5 mL Asam Sulfat (H_2SO_4) 8N ke air sampel lalu dipanaskan diatas *hot plate* sampai suhu $105^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$. Setelah air sampel mendidih lalu diangkat dan larutan KMnO_4 dipipet kembali sebanyak 10 mL. Dipanaskan kembali diatas *hot plate* selama 10 menit sehingga terlihat perubahan warna air sampel menjadi lebih bening. Larutan Asam Oksalat sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam sampel kemudian dititrasi menggunakan larutan KMnO_4 0,01 N sampai warna merah muda kembali dan dicatat berapa volume titrasinya.

Perhitungan Total Bakteri Heterotrof

Metode yang dilakukan dalam penghitungan total bakteri yaitu metode *Total Plate Count* (TPC). Metode TPC menurut SNI 01-2332.3-2006 merupakan metode yang digunakan untuk menghitung mikroba yang tumbuh pada media yang dapat dilihat secara langsung dengan mata. Spidol digunakan sebagai penanda koloni yang tumbuh dan *handcounter* untuk menghitung banyaknya bakteri dalam 1 petri. Menurut Agisti *et al.* (2014), menghitung *Total Plate Count* (TPC) dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{TPC (CFU/mL)} = \frac{1000 \times \sum \text{koloni} \times \text{faktor pengenceran}}{\text{volume inokulasi}}$$

Perhitungan Total Fosfat

Metode yang dilakukan dalam perhitungan total fosfat mengacu pada SNI 6989.79.2011 dengan menggunakan alat spektrofotometer. Saring sampel air dengan kertas saring dan diambil sebanyak 10 ml ke dalam tabung reaksi. Panjang gelombang yang digunakan adalah 490 P. Terdapat 2 botol sampel, satu botol sampel sebagai blanko dan botol sampel lainnya berisi sampel air dengan reagen PhosVer 3. Botol sampel dengan reagen dikocok dua kali dan dibiarkan selama 2 menit. Pindahkan botol sampel dengan nilai blanko ke dalam kuvet dan dimasukkan

ke dalam spektrofotometer, kemudian tekan tombol nol sehingga diperoleh hasil 0,0 mg/L PO_4 . Masukkan kembali botol sampel untuk analisis dan catat nilai absorbansinya. (Nasution *et al.* 2019). Menurut Arizuna *et al.* (2014), menghitung nilai konsentrasi fosfat diperoleh dengan rumus:

$$x = \frac{(y - 0,0188)}{0,2548}$$

Keterangan :

x = nilai konsentrasi fosfat

y = nilai absorbansi fosfat

Pengukuran Total Klorofil-a

Metode yang dilakukan untuk perhitungan total klorofil menggunakan metode spektrofotometri. Air sampel yang diambil kemudian disaring dengan kertas saring Whatman. Kemudian dimasukkan kertas saring ke dalam tabung reaksi, campurkan dengan 15mL aseton 90% dan simpan dalam lemari es pada suhu 4°C selama 24 jam. Sampel dimasukkan ke dalam kuvet. Panjang gelombang yang digunakan adalah 630 645 665 dan 750. Kuvet dimasukkan ke dalam alat spektrofotometer dan dicatat nilai absorbansinya (Riyono, 2006). Kadar klorofil yang telah diekstrak dapat dihitung dengan rumus (Richards & Thompson, 1952): $\text{Chl-a} = 15,6\text{E}665 - 2,0\text{E}645 - 0,8\text{E}630 \mu\text{g/mL}$.

Perhitungan Trophic State Index

Status kesuburan perairan dapat diketahui dengan metode Carlson Trophic State Index (TSI). Analisis TSI dilakukan dengan menguji berbagai variabel, seperti fisika, kimia, dan biologi perairan, seperti kecerahan, fosfat total, dan klorofil. Ketiga parameter tersebut sangat erat hubungannya, karena unsur pencemar yang masuk ke dalam perairan berupa fosfat yang akan menyebabkan tumbuhnya fitoplankton di dalam air yang dibuktikan dengan kandungan klorofilnya. Klorofil dalam air mencegah cahaya masuk ke dalam air. (Shaleh *et al.* 2014).

Perhitungan rata-rata TSI (Carlson, 1977) adalah sebagai berikut:

$$\text{TSI (SD)} = 60 - 14,41 \ln (\text{SD})$$

$$\text{TSI (CHL)} = 30,6 + 9,81 \ln (\text{CHL})$$

$$\text{TSI (TP)} = 4,15 + 14,42 \ln (\text{TP})$$

$$\text{Rata-rata TSI} = \frac{\text{TSI(SD)} + \text{TSI(CHL)} + \text{TSI(TP)}}{3}$$

Klasifikasi tingkat kesuburan perairan berdasarkan TSI Carlson (1997) dapat dilihat pada Tabel 1.

Analisis Data

Analisis data yang digunakan yaitu uji regresi linear sederhana menggunakan Microsoft Excel. Analisis uji ANOVA (Uji Lanjut) untuk mengetahui perbedaan yang signifikan dari perlakuan yang diberikan menggunakan SPSS versi 25. Hubungan antara kelimpahan bakteri heterotrof dengan tingkat

kesuburan perairan menggunakan uji regresi linier. Menurut Hijriani *et al.* (2017), tujuan dari metode ini adalah untuk memprediksi nilai Y untuk nilai X yang diberikan. Model regresi linier sederhana adalah model regresi yang paling sederhana yang hanya memiliki satu variabel bebas X. Analisis regresi memiliki beberapa kegunaan, salah satunya untuk melakukan prediksi terhadap variabel terikat Y.

Tabel 1. Klasifikasi Tingkat Trofik menurut Carlson (1977)

| Rata-rata TSI | Status Trofik |
|---------------|-----------------|
| >30 | Oligotrofik |
| 30-40 | Oligotrofik |
| 40-50 | Mesotrofik |
| 50-60 | Eutrofik Ringan |
| 60-70 | Eutrofik Sedang |
| 70-80 | Eutrofik Berat |
| >80 | Hipereutrofik |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Total Bakteri Heterotrof

Rata-rata total bakteri heterotrof paling banyak pada stasiun 1 yaitu di Pantai Teluk Awur dengan rata-rata $2,1 \times 10^5$ CFU/mL, diikuti stasiun 2 sebesar $5,0 \times 10^4$ CFU/mL dan stasiun 3 sebesar $1,67 \times 10^4$ CFU/mL. Berdasarkan analisis *oneway* anova menunjukkan sebaran rata-rata total bakteri setiap lokasi berbeda nyata dan berdasarkan uji beda Tukey didapatkan hasil terdapat dua kelompok yaitu kelompok pertama tidak terdapat perbedaan pada stasiun 2 dan 3 serta kelompok kedua adalah kelimpahan bakteri pada stasiun 1 berbeda dengan stasiun 2 dan 3.

Tabel 2. Total Bakteri Heterotrof (CFU/mL) pada 3 Stasiun Berbeda di Jepara

| Ulangan | Stasiun | | |
|-----------|-------------------|-------------------|--------------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| 1 | $3,2 \times 10^5$ | $7,0 \times 10^4$ | $3,0 \times 10^4$ |
| 2 | $1,7 \times 10^5$ | $3,0 \times 10^4$ | $1,0 \times 10^4$ |
| 3 | $1,4 \times 10^5$ | $5,0 \times 10^4$ | $1,0 \times 10^4$ |
| Rata-rata | $2,1 \times 10^5$ | $5,0 \times 10^4$ | $1,67 \times 10^4$ |

Bahan Organik Total

Rata-rata bahan organik total paling banyak pada stasiun 1 yaitu di Pantai Teluk Awur dengan rata-rata 8,43 mg/L, diikuti stasiun 3 sebesar 7,37 mg/L dan stasiun 2 sebesar 5,27 mg/L. Berdasarkan analisis *oneway* anova menunjukkan sebaran rata-rata bahan organik total setiap lokasi berbeda nyata dan berdasarkan uji beda Tukey didapatkan dua kelompok yaitu terdapat perbedaan pada stasiun 1 dengan 2 dan 3, serta stasiun 2 dan 3 tidak terdapat perbedaan.

Tabel 3. Kandungan Bahan Organik Total (mg/L) pada 3 Stasiun Berbeda di Jepara

| Ulangan | Stasiun | | |
|-----------|---------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 9,48 | 6,32 | 7,9 |
| 2 | 9,16 | 4,74 | 6,32 |
| 3 | 6,64 | 4,74 | 7,9 |
| Rata-rata | 8,43 | 5,27 | 7,37 |

Nitrat

Rata-rata kandungan nitrat paling banyak pada stasiun 1 yaitu di Pantai Teluk Awur dengan rata-rata 0,0699 mg/L diikuti stasiun 3 sebesar 0,0341 mg/L dan stasiun 2 sebesar 0,0282 mg/L. Berdasarkan analisis *one way* anova menunjukkan sebaran rata-rata kandungan nitrat setiap lokasi berbeda nyata dan berdasarkan uji beda Tukey didapatkan dua kelompok yaitu kelompok pertama adalah stasiun 1 terdapat perbedaan dengan stasiun 2 dan 3, serta kelompok kedua adalah tidak terdapat perbedaan antara stasiun 2 dan 3.

Tabel 4. Kandungan Nitrat (mg/L) pada 3 Stasiun Berbeda di Jepara

| Ulangan | Stasiun | | |
|-----------|---------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 0,0721 | 0,0328 | 0,0287 |
| 2 | 0,0665 | 0,0219 | 0,0316 |
| 3 | 0,0712 | 0,0301 | 0,0421 |
| Rata-rata | 0,0699 | 0,0282 | 0,0341 |

Parameter Fisika dan Kimia

Hasil pengukuran parameter fisika kimia pada setiap stasiun yaitu didapatkan nilai temperatur atau suhu menunjukkan kisaran antara 28,5 - 33°C. Hasil pengukuran pH (derajat keasaman) menunjukkan

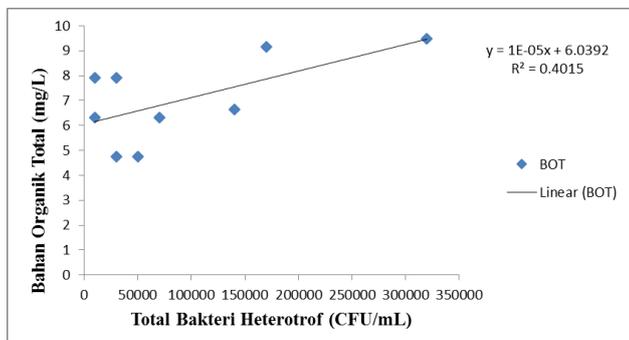
bahwa kisaran antara 6,27 – 8,97. Parameter DO mendapatkan hasil antara 3,672 – 5,212 mg/L. Hasil pengukuran kecepatan arus didapatkan nilai kecepatan berkisar antara 0 - 0,25 m/s. Pengukuran kecerahan (Zsd) berkisar antara 0,470 – 1,322 m, salinitas menunjukkan bahwa kisaran nilai yang didapatkan yakni antara 10 - 30 ‰, nilai TSS atau kekeruhan berkisar 56-241 mg/L, nilai kandungan klorofil-a berkisar antara 0,216 – 0,942 mg/L, nilai kandungan nitrat (NO₃) berkisar antara 0,0219 – 0,0721 mg/L dan nilai kandungan fosfat (PO₄) adalah berkisar antara 0,0018 – 0,0032 mg/L. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Trophic State Index

Nilai trofik kecerahan, klorofil-a dan total fosfat di setiap stasiun bervariasi. Nilai TSI kecerahan berkisar antara 55,97 – 69,25 dengan nilai tertinggi pada stasiun 3 pengulangan pertama yaitu sebesar 69,25, nilai TSI klorofil-a berkisar 15,56 – 30,01 dengan nilai tertinggi pada stasiun 1 pengulangan pertama yaitu sebesar 30,01 dan nilai TSI total fosfat berkisar antara 12,90 – 20,77 dengan nilai tertinggi di stasiun 1 pengulangan pertama sebesar 20,77. Nilai Carlson TSI pada beberapa perairan di Jepara berkisar 32,33 – 36,41 nilai tertinggi berada pada stasiun 1 pengulangan pertama dan terendah berada di stasiun 3 pengulangan ketiga. Rata rata status kesuburan perairan pada setiap lokasi penelitian termasuk ke dalam tingkat oligotrofik.

Hubungan Total Bakteri Heterotrof dan Bahan Organik Total

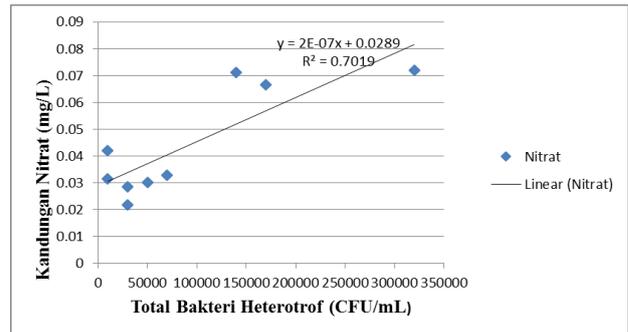
Hubungan antara kelimpahan bakteri heterotrof dengan bahan organik yang ada di perairan diperoleh dengan uji regresi linear statistik didapatkan nilai R² atau koefisien determinasinya sebesar 0,401 yang artinya bahwa hubungan antara kelimpahan bakteri heterotrof dan bahan organik adalah sedang. 40,1% keberadaan bakteri heterotrof dipengaruhi oleh banyaknya bahan organik total di perairan, 59,9% sisanya disebabkan oleh faktor yang lain.



Gambar 2. Hubungan Total Bakteri Heterotrof dan Bahan Organik Total (mg/L)

Hubungan Total Bakteri Heterotrof dan Kandungan Nitrat

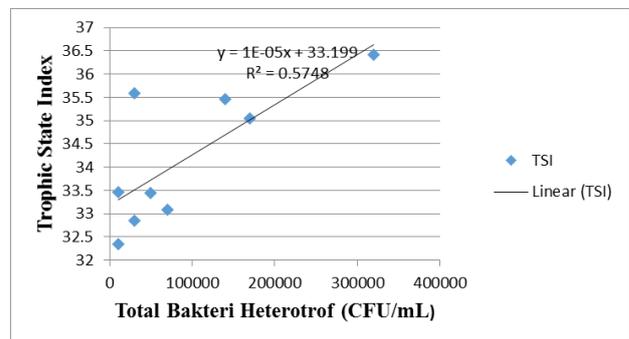
Hubungan antara kelimpahan bakteri heterotrof dengan kandungan nitrat yang ada di perairan diperoleh dengan uji regresi linear statistik didapatkan nilai R² atau regresinya sebesar 0,701 yang artinya bahwa hubungan antara kelimpahan bakteri heterotrof dan bahan organik adalah tinggi. 70,1% keberadaan bakteri heterotrof dipengaruhi oleh banyaknya kandungan nitrat di perairan, 29,9% sisanya disebabkan oleh faktor yang lain.



Gambar 3. Hubungan Total Bakteri Heterotrof dan Kandungan Nitrat (mg/L)

Hubungan Total Bakteri Heterotrof dan Trophic State Index

Hubungan antara kelimpahan bakteri heterotrof di perairan dengan tingkat kesuburan perairan diketahui melalui uji regresi linear statistik didapatkan hasil bahwa nilai R² yaitu sebesar 0,574 yang artinya hubungan antara kelimpahan bakteri heterotrof dengan tingkat kesuburan perairan memiliki korelasi sedang. Tingkat kesuburan perairan dipengaruhi oleh keberadaan bakteri heterotrof sebesar 57,4% dan 42,6% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.



Gambar 4. Hubungan Total Bakteri Heterotrof dan Trophic State Index

Tabel 5. Parameter Lingkungan Fisika Kimia Perairan

| Stasiun 1 | Parameter Lingkungan | | | | | | | | | |
|-------------|----------------------|------|-----------|----------------------|---------|---------------|------------|--------------|------------------------|-------------------------|
| | Suhu (°C) | pH | DO (mg/L) | Kecepatan Arus (m/s) | Zsd (m) | Salinitas (‰) | TSS (mg/L) | Chl-a (mg/L) | NO ₃ (mg/L) | PO ₄ (µg/mL) |
| Titik 1 | 31 | 8,87 | 5,02 | 0,13 | 1,11 | 28 | 56 | 0,94 | 0,07 | 0,003 |
| Titik 2 | 32 | 8,95 | 5,19 | 0,15 | 1,32 | 27 | 67 | 0,92 | 0,06 | 0,002 |
| Titik 3 | 33 | 8,83 | 5,21 | 0,13 | 1,21 | 25 | 65 | 0,83 | 0,07 | 0,003 |
| Rata - Rata | 32 | 8,88 | 5,14 | 0,13 | 1,21 | 26,66 | 62,67 | 0,9 | 0,69 | 0,003 |
| Stasiun 2 | | | | | | | | | | |
| Titik 1 | 31 | 8,8 | 4,79 | 0,17 | 1,03 | 30 | 116 | 0,46 | 0,03 | 0,002 |
| Titik 2 | 32 | 8,88 | 4,11 | 0,1 | 0,52 | 28 | 218 | 0,46 | 0,02 | 0,002 |
| Titik 3 | 32 | 8,97 | 4,77 | 0,12 | 0,82 | 29 | 137 | 0,45 | 0,03 | 0,002 |
| Rata - Rata | 31,7 | 8,88 | 4,55 | 0,13 | 0,79 | 29 | 157 | 0,45 | 0,02 | 0,002 |
| Stasiun 3 | | | | | | | | | | |
| Titik 1 | 29 | 6,72 | 4,77 | 0,25 | 0,52 | 10 | 228 | 0,22 | 0,02 | 0,001 |
| Titik 2 | 28 | 6,54 | 3,87 | 0,22 | 0,47 | 10 | 241 | 0,22 | 0,03 | 0,001 |
| Titik 3 | 28,5 | 6,27 | 3,67 | 0 | 0,55 | 10 | 217 | 0,21 | 0,04 | 0,001 |
| Rata - Rata | 28,5 | 6,51 | 4,10 | 0,15 | 0,51 | 10 | 228,7 | 0,22 | 0,03 | 0,001 |

Hasil yang berbeda diperoleh dari perhitungan jumlah total bakteri pada setiap lokasi. Kegiatan manusia tidak terlepas dari sampah, yang dapat menyebabkan perubahan kualitatif perairan. Daerah pesisir dan muara ramai dengan aktivitas yang merupakan tempat tinggal masyarakat, kegiatan perikanan, dermaga dan pariwisata. Kondisi lingkungan Pantai Teluk Awur masih dikelilingi hutan bakau, seiring dengan terurainya bahan organik terlarut di dalam air akan mengalir menuju ke pantai. Di kawasan Muara Kali Wiso merupakan muara yang tidak alami karena dikelilingi banyak bangunan seperti pemukiman, pelabuhan, dan tempat pelelangan ikan. Sumber bahan organik di muara adalah air yang mengalir ke sungai dan aktivitas di sekitar muara.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Tilaar (2014), bahwa banyak kegiatan yang dapat mencemari atau merusak wilayah pesisir dan muara, tetapi di antara banyak sumber pencemaran air, sampah adalah yang paling penting. Kota-kota besar di Indonesia terletak di wilayah pesisir, dan kehidupan ekonomi terkonsentrasi di wilayah pesisir dan muara. Seiring waktu, masalah polusi telah menjadi masalah serius. Menurut Palimirno *et al.* (2016), bahwa Daerah sekitar muara dipengaruhi oleh alur sungai yang terus menerus membawa bahan organik terlarut, sehingga dapat merangsang pertumbuhan bakteri heterotrofik yang memanfaatkan zat tersebut sebagai sumber makanan.

Berdasarkan hasil pengukuran suhu air yang dilakukan pada pagi hari berkisar 28,5 - 33°C. Kisaran suhu ini masih optimal untuk pertumbuhan bakteri heterotrof. Suhu perairan merupakan salah satu faktor pembatas di perairan. Menurut Supriyadi (2008), bahwa suhu air mempengaruhi laju dekomposisi bahan organik. Tanah tropik memiliki kandungan karbon organik yang rendah karena keadaan lingkungan mendukung proses dekomposisi dan

mineralisasi bahan organik. Dekomposisi bahan organik di wilayah tropik bisa mencapai 2-5x lebih cepat dibandingkan di wilayah sedang. Setiap peningkatan suhu 10°C dapat meningkatkan kecepatan dekomposisi dua kali lipat.

Berdasarkan hasil pengukuran nilai pH yang diperoleh berkisar 6,27 – 8,97. Kisaran nilai pH tersebut masih normal untuk nilai pH di perairan muara dan pesisir pantai serta optimum untuk pertumbuhan mikroorganisme. Menurut Mudatsir (2007), tingkat toleransi mikroorganisme air terhadap pH air bervariasi, tergantung pada banyak faktor, seperti suhu, oksigen terlarut, alkalinitas, keberadaan berbagai ion dan kation, dan organisme yang hidup di dalamnya. Bakteri masih tahan terhadap perubahan kecil pH dalam rentang 6-9.

Berdasarkan hasil oksigen terlarut yang didapatkan berkisar antara 3,672 – 5,212 mg/L. Oksigen terlarut di perairan dimanfaatkan oleh mikroorganisme pengurai maupun organisme laut yang lain untuk proses oksidasi bahan organik dan dimanfaatkan organisme lain. Kisaran oksigen terlarut di perairan laut yang optimum untuk biota adalah >5 ppm berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. Hal ini diperkuat oleh penelitian Prabowo *et al.* (2019), air dinilai tercemar apabila konsentrasi oksigen terlarut di bawah batas yang dibutuhkan untuk kehidupan biota.

Berdasarkan hasil kecepatan arus baik di daerah muara maupun pantai adalah berkisar antara 0 - 0,25 m/s. Peran penting dari adanya arus ini sebagai pendistribusi nutrisi. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Rahmawati *et al.* (2013), bahwa kecepatan arus yang terjadi dalam lokasi penelitian berkisar antara 0,07 – 0,16 m/det. Arus merupakan salah satu faktor yang membatasi penyebaran organisme perairan yaitu seperti plankton yang pergerakan hidupnya mengikuti arus.

Berdasarkan nilai kecerahan perairan berkisar antara 0,470 – 1,322 m. Kondisi perairan berdasarkan pengamatan mengalami kekeruhan di dekat bibir pantai dan semakin jernih menuju tengah laut, sedangkan untuk daerah muara air terlihat mulai keruh dengan kecerahan masih dibawah 50 cm. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Nasution (2009), bahwa kecerahan perairan pantai lokasi penelitian tergolong rendah karena berdasarkan standar baku mutu air laut menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, kecerahan yang baik untuk wilayah pelabuhan adalah >300 cm dan untuk wilayah wisata bahari >600 cm.

Berdasarkan nilai salinitas yang diukur berkisar antara 10 - 30‰, dengan kondisi muara berair payau dan pantai berair asin. Daerah muara merupakan daerah pasang surut dan perbatasan air tawar dengan air laut. Kisaran salinitas di wilayah pantai masih normal namun belum optimal untuk pertumbuhan organisme di perairan. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Rahman (2018), salinitas yang terukur masih berada dalam kisaran salinitas optimum bagi pertumbuhan organisme laut yaitu 32 – 36‰.

Berdasarkan nilai TSS berkisar antara 56-241 mg/L. Kisaran nilai TSS yang didapatkan cukup tinggi. Perairan yang keruh dapat menghambat cahaya matahari masuk ke kolom perairan dan mengganggu aktivitas organisme yang ada di perairan. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Marhana *et al.* (2019), bahwa hasil pengukuran konsentrasi TSS di perairan laut berkisar 320-440 mg/L. Konsentrasi TSS pada air laut tersebut telah melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 untuk kandungan padatan tersuspensi total di wilayah pelabuhan sebesar 80 mg/L dan wilayah pariwisata sebesar 20 mg/L.

Berdasarkan nilai klorofil-a yang didapatkan adalah berkisar antara 0,216 – 0,942 mg/L. Kandungan klorofil di perairan dapat ditentukan dari jumlah fitoplankton. Fitoplankton merupakan penghasil klorofil-a terbesar di perairan. Parameter ini erat kaitannya dengan status kesuburan atau produktivitas primer perairan dan didukung oleh ketersediaan unsur hara. Kisaran nilai klorofil-a tersebut normal untuk perairan di utara pulau Jawa. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Suprijanto *et al.* (2019) dalam Garini *et al.* (2021), bahwa kandungan klorofil-a pada perairan Utara Jawa berkisar antara 0,4775-1.1849 mg/m³.

Berdasarkan hasil pengukuran kandungan nitrat berkisar antara 0,0219 – 0,0721 mg/L. Kondisi perairan pada lokasi penelitian tidak terjadi eutrofikasi. Tidak banyak tanaman air, dan kisaran kandungan nitrat yang dihasilkan masih di bawah

tingkat optimal untuk pertumbuhan fitoplankton. Menurut Permatasari *et al.* (2016), bahwa untuk pertumbuhan optimal fitoplankton memerlukan kandungan nitrat pada kisaran 0,9 – 3,5 mg/L. Faktor lingkungan seperti oksigen terlarut dan pH perairan berpengaruh terhadap kecepatan nitrifikasi.

Berdasarkan nilai kandungan fosfat yang diukur mendapatkan kisaran nilai antara 0,0018 – 0,0032 mg/L. Kandungan fosfat sangat dipengaruhi oleh sumber organik eksternal, yaitu dari tanah dan badan air yang sama. Semakin tinggi konsentrasi fosfat dalam air, semakin banyak polutan. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Patty (2015), secara keseluruhan kadar fosfat di perairan laut berkisar antara 0,005-0,015 mg/L dengan rata-rata 0,009 mg/L, sesuai dengan kadar fosfat yang dijumpai di perairan laut yang normal umumnya. Kadar fosfat di perairan laut yang normal berkisar antara 0,00031-0,124 mg/L (Brotowidjoyo dalam Edward dan Tarigan, 2003).

Berdasarkan hasil perhitungan ketiga parameter penentu kesuburan perairan yaitu kecerahan, total fosfat dan klorofil, didapatkan hasil tingkat kesuburan setiap stasiun dan pengulangan rata-rata merupakan perairan yang berstatus oligotrofik. Nilai Carlson TSI terendah sebesar 32,33 yaitu pada stasiun 3 pengulangan ketiga dan nilai tertinggi sebesar 36,41 yaitu pada stasiun 1 pengulangan pertama. Menurut Zulfiah dan Aisyah (2013), secara umum, tingkat kesuburan dibagi menjadi tiga kategori: eutrofik, mesotrofik, dan oligotrofik. Air eutrofik kaya akan nutrisi dan mendukung tanaman air dan hewan yang menghuninya. Secara umum, air di perairan oligotrofik jernih dan dalam, tanpa banyak tanaman air dan ganggang. Menunjukkan bahwa tingkat nutrisinya rendah dan tidak dapat memberi makan populasi ikan yang relatif besar. Kondisi ketiga stasiun penelitian saat melakukan sampling terlihat sedikit keruh, kecerahan berkisar antara 0,470 – 1,322 m, dan tanaman air di sekitar perairan tidak berlimpah.

Menurut hasil perhitungan, jumlah bakteri heterotrofik dan bahan organik di dalam air memiliki rasio sedang. Bakteri heterotrofik mengacu pada definisi bakteri yang dapat memberi makan organisme lain dengan memanfaatkan bahan organik di lingkungan. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Notowinarso dan Agustina (2015), apabila pada perairan banyak terdapat bahan organik maka pertumbuhan bakteri heterotrof akan melebihi pertumbuhan bakteri nitrifikasi. Berdasarkan hasil perhitungan, ditemukan adanya hubungan antara jumlah bakteri dengan kandungan nitrat yang tinggi di dalam air. Tinggi rendahnya kadar nitrat dalam air dapat disebabkan oleh air itu sendiri, proses dekomposisi atau pembusukan tanaman, sisa-sisa organisme mati, dan limbah yang masuk ke perairan.

Nitrat dalam air digunakan sebagai sumber nitrogen oleh bakteri heterotrofik. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Ernawati (2014) dalam Yuka *et al.* (2020), Bakteri heterotrof dapat menggunakan amonium dan nitrat sebagai sumber nitrogen. Bakteri ini dapat meningkatkan kualitas air dan mengurangi kandungan amonia di dalam air. Asimilasi nitrogen amonia oleh bakteri heterotrofik menjadi protein bakteri.

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa jumlah bakteri heterotrof memiliki hubungan linier dengan tingkat kesuburan perairan. Tingkat kesuburan perairan tergantung pada beberapa faktor berupa unsur hara, faktor-faktor tersebut erat kaitannya dengan keberadaan bakteri heterotrofik sebagai pengurai bahan organik di dalam air, kemudian dimanfaatkan oleh organisme lain. Kehadiran bakteri heterotrofik dalam air juga meningkatkan kesuburan dengan adanya nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Djoko dan Titiek (2012), bahwa jumlah kandungan bakteri heterotrofik dan produktivitas bakteri di perairan berhubungan. Ekosistem dengan kandungan material organiknya tinggi maka tingkat produktivitas perairannya juga tinggi atau perairan tersebut subur.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini adalah Terdapat perbedaan jumlah kelimpahan bakteri heterotrof pada ketiga lokasi penelitian yaitu di Pantai Kartini, Pantai Teluk Awur dan Muara Kali Wiso. Rata-rata kelimpahan setiap perairan yaitu $2,1 \times 10^5$ CFU/mL; $5,0 \times 10^4$ CFU/mL dan $1,67 \times 10^4$ CFU/mL. Kelimpahan bakteri tertinggi pada stasiun 1 yaitu Pantai Kartini serta terdapat hubungan yang linear antara kelimpahan bakteri heterotrof dengan tingkat kesuburan perairan. Hasil koefisien determinasi menunjukkan terdapat hubungan sebesar 0,574. Semakin tinggi kelimpahan bakteri heterotrof di perairan maka semakin tinggi juga tingkat kesuburan perairannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkenan memberikan arahan, bimbingan, kritik dan saran dalam penelitian ini. Terima kasih juga kepada rekan-rekan yang telah membantu dalam kegiatan sampling di lapangan maupun pengujian di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Agisti, A., N. H. Alami dan T. N. Hidayati. 2014 Isolasi dan Identifikasi Bakteri Penambat Nitrogen Non Simbiotik pada Lahan Restorasi dengan Metode *Legume Cover Crop* (LCC) di Daerah Lumajang Jawa Timur. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 3(2): 36-39.
- Arizuna, M., Suprpto, D dan Muskanonfola, M. R. 2014. Kandungan nitrat dan fosfat dalam air pori sedimen di Sungai dan Muara Sungai Wedung Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*. 3(1): 7-16.
- Carlson, R. E. 1977. A Trophic State Index for Lakes. *Limnology and Oceanography*. 22(2): 361- 369.
- Djoko, K. H dan Titiek, A. A. 2012. Kajian Bakteri Heterotropik di Perairan Laut Lamalera (*Study of Heterotrophic Bacteria in the Waters of Lamalera*). *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*. 17(2): 63-73.
- Edward dan M.S. Tarigan. 2003. Pengaruh Musim Terhadap Fluktuasi Kandungan Fosfat dan Nitrat di Laut Banda. *Makara Sains*. 7(2): 82-89.
- Garini, B. N., Suprijanto, J dan Pratikto, I. 2021. Kandungan Klorofil-a dan Kelimpahan di Perairan Kendal, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*. 10(1): 102-108.
- Hijriani, A., Muludi, K dan Andini, E. A. (2017). Implementasi Metode Regresi Linier Sederhana Pada Penyajian Hasil Prediksi Pemakaian Air Bersih PDAM Way Rilau Kota Bandar Lampung dengan sistem informasi geografis. *Jurnal Informatika Mulawarman*. 11(2): 37-42.
- Kristiawan, D., Widyorini, N dan Haeruddin. 2014. Hubungan Total Bakteri Dengan Kandungan Bahan Organik Total Di Muara Kali Wiso, Jepara. *Management of Aquatic Resources Journal*. 3(4): 24-33.
- Kunarso, D. H. 2011. Kajian Kesuburan Ekosistem Perairan Laut Sulawesi Tenggara Berdasarkan Aspek Bakteriologi. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 3(2): 32-47.
- Marhana, T., Muskananfola, M. R dan Febrianto, S. 2019. Analisis Kondisi Perairan Ditinjau dari Kandungan Klorofil-A, Nitrat, Fosfat dan Total Suspended Solid (TSS) di Perairan Bedono Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*. 8(3): 250-259.
- Marlian, N., Damar, A dan Effendi, H. 2015. Distribusi Horizontal Klorofil-a Fitoplankton Sebagai Indikator Tingkat Kesuburan Perairan di Teluk Meulaboh Aceh Barat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 20(3): 272-279.

- Mudatsir, M. 2007. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kehidupan Mikroba Dalam Air. *Jurnal Kedokteran Syiah Kuala*. 7(1): 23-30.
- Nasution, S. 2009. Biomassa kerang *Anadara granosa* pada perairan pantai kabupaten Indragiri Hilir. *Jurnal Natur Indonesia*. 12(1): 61-66.
- Nasution, A., Widyorini, N dan Purwanti, F. 2019. Analisis Hubungan Kelimpahan Fitoplankton Dengan Kandungan Nitrat Dan Fosfat di Perairan Morosari, Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*. 8(2): 78-86.
- Notowinarto, N dan Agustina, F. 2015. Populasi Bakteri Heterotrof di Perairan Pulau Bulang Batam. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*. 1(3): 334-342.
- Palimirmo, F., Ario D dan Hefni E. 2016. Dinamika Sebaran Bakteri Heterotrofik di Teluk Jakarta. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 21(1): 26-34.
- Patty, S. I. 2015. Karakteristik fosfat, nitrat dan oksigen terlarut di perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. 3(2): 1-7.
- Permatasari, R. D., Djuwito, D dan Irwani, I. 2016. Pengaruh Kandungan Nitrat dan Fosfat Terhadap Kelimpahan Diatom di Muara Sungai Wulan, Demak. *Journal of Management of Aquatic Resources*. 5(4): 224-232.
- Prabowo, R., Sihombing, D. L. M dan Fahlevi, M. R. 2019. Identifikasi Kualitas Air Muara Sungai Basko Grand Mall di Kecamatan Padang Utara-Kota Padang. *Jurnal Kapita Selektu Geografi*. 2(6): 32-38.
- Prihatin, M. S., Suprpto, D dan Rudiyantri, S. 2016. Hubungan Nitrat dan Fosfat dengan Klorofil-a di Muara Sungai Wulan Kabupaten Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*. 5(2): 27-34.
- Rahman, A. 2018. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Beberapa Jenis Krustasea di Pantai Batakan dan Takisung Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. *Bioscientiae*. 3(2): 93-101.
- Rahmawati, I., Purnomo, P. W dan Hendrarto, B. 2013. Fluktuasi Bahan Organik dan Sebaran Nutrien Serta Kelimpahan Fitoplankton dan Klorofil-A Di Muara Sungai Sayung Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*. 3(1): 27-36.
- Richards, F.A. and T.G. Thompson. 1952. The Estimation and Characterization Ofplankton Populations by Pigmentanalysis II. A Spectrophotometricmethod for Estimation of Planktonpigments. *Journ. Mar. Res.* 11: 156-172.
- Riyono, S. H. 2006. Beberapa Metode Pengukuran Klorofil Fitoplankton di Laut. *Oseana*. 31(3): 33-34.
- Shaleh, F. R., Soewardi, K., & Hariyadi, S. 2014. Kualitas Air dan Status Kesuburan Perairan Waduk Sempor, Kebumen. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 19(3): 169-173.
- Simbolon, A. R. 2016. Pencemaran Bahan Organik dan Eutrofikasi di Perairan Cituis, Pesisir Tangerang. *Pro-Life*. 3(2): 109-118.
- Sugiyono. 2007. Metode Penelitian Bisnis. Cetakan Kesembilan. Bandung: CV Alfabeta.
- Supriyadi, S. 2008. Kandungan Bahan Organik Sebagai Dasar Pengelolaan Tanah di Lahan kering Madura. *Jurnal Embryo*. 5(2): 176-183.
- Tanjung, H. S., & Nababan, S. A. 2016. Pengaruh penggunaan metode pembelajaran bermain terhadap hasil belajar matematika siswa materi pokok pecahan di kelas III SD Negeri 200407 Hutapadang. *Bina Gogik: Jurnal Ilmiah Pendidikan Guru Sekolah Dasar*. 3(1): 35-42.
- Tilaar, S. 2014. Analisis Pencemaran Logam Berat di Muara Sungai Tondano dan Muara Sungai Sario Manado Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*. 2(1): 32-39.
- Yuka, R. A., Setyawan, A dan Supono, S. 2020. Identifikasi Bakteri Pendegradasi TAN (Total Ammonia Nitrogen) dari Tambak Udang Vaname di Lampung Timur. *Aquatropica Asia*.
- Zulfiah, N dan Aisyah, A. 2016. Status trofik Perairan Rawa Pening ditinjau dari Kandungan Unsur Hara (NO₃ dan PO₄) serta Klorofil-a. *Bawal Widya Riset Perikanan Tangkap*. 5(3): 189-199