

Potensi klorofil-a *Nostoc commune* dari persawahan padi Desa Gilianyar Kamal, Kabupaten Bangkalan, Madura, Indonesia

Potential of chlorophyll-a *Nostoc commune* from rice paddy fields in Gilianyar Kamal Village, Bangkalan District, Madura, Indonesia

AMALIA KHOFIFAH[♥], INDAH WAHYUNI ABIDA, HARYO TRIAJIE

Jurusan Ilmu Kelautan dan Perikanan, Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura. Jl. Raya Telang, PO. Box. 2 Kamal, Bangkalan 69162, Jawa Timur, Indonesia. [♥]email: amaliakhofifah2001@gmail.com

Manuskrip diterima: 29 December 2022. Revisi disetujui: 27 Maret 2023.

Abstrak. Khofifah A, Abida IW, Triajie H. 2023. Potensi klorofil-a *Nostoc commune* dari persawahan padi Desa Gilianyar Kamal, Kabupaten Bangkalan, Madura, Indonesia. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 9: 1-9*. Potensi sumberdaya alga yang ada di perairan masih belum banyak dimanfaatkan dengan baik, salah satunya adalah jenis *Nostoc commune*. *N. commune* dikenal dengan sebutan star jelly karena bentuknya yang seperti jelly, yang mana spesies ini di negara China dan Taiwan digunakan sebagai bahan olahan makanan untuk kesehatan. Pemanfaatan sebagai makanan sehat sudah banyak dilakukan di berbagai negara. Klorofil-a merupakan pigmen utama yang terdapat dalam tumbuhan dan dapat diaplikasikan dalam kehidupan manusia. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kandungan klorofil-a *N. commune* dari habitat persawahan. Metode yang digunakan yaitu purposive sampling di area persawahan padi Desa Gilianyar Kamal Kabupaten Bangkalan dengan 3 titik lokasi pengambilan sampel yaitu titik 1 berada di padi sedang tumbuh, titik 2 padi pasca panen, dan titik 3 padi pasca panen dengan asosiasi tumbuhan air. Analisis kandungan klorofil-a dengan perhitungan menurut Harborne (1973) di Laboratorium Lingkungan Jurusan Ilmu kelautan dan Perikanan Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo Madura. Hasil penelitian diperoleh nilai kandungan klorofil-a dengan 2 kali pengambilan tertinggi sebesar 16,9339 mg/L pada titik ke-3 dimana pengambilan *N. commune* di permukaan perairan, sedangkan nilai terendah didapatkan sebesar 6,3122 mg/L juga pada titik ke-3 yang diambil dari lapisan bagian bawah dengan *N. commune* yang warna kehitaman dekat dasar perairan. Hal ini dapat dijelaskan bahwa kandungan klorofil dapat dijadikan indikator untuk mengevaluasi ketidakseimbangan metabolisme hasil produksi makroalga ketika kekurangan air dan fotosintesis.

Kata kunci: Klorofil-a, *Nostoc commune*, persawahan padi, sawah, star jelly

Abstract. Khofifah A, Abida IW, Triajie H. 2023. Potential chlorophyll-a *Nostoc commune* from rice paddy fields in Gilianyar Kamal Village, Bangkalan Regency, Madura, Indonesia. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 9: 1-9*. The potential of algae resources in the waters has not been utilized properly, including the *Nostoc commune* type. *Nostoc commune* is known as star jelly because of its jelly-like shape, which is used as a processed food ingredient for health in China and Taiwan; the utilization as a healthy food also has been widely practiced in various countries. Chlorophyll-a is the main pigment found in plants and applicable in human life. The purpose of this study was to determine the chlorophyll-a content of *N. commune* from rice field habitats. The method used was purposive sampling in the rice field area of Gilianyar Kamal Village, Bangkalan Regency, with 3 sampling locations: point 1 in growing rice, point 2 in post-harvest rice, and point 3 in post-harvest rice with aquatic plant associations. According to Harborne (1973), the chlorophyll-a content analysis was held at the Environmental Laboratory of the Department of Marine Science and Fisheries, Faculty of Agriculture, University of Trunojoyo, Madura. The results showed that the highest value of chlorophyll-a content with 2 times sampling was 16.9339 mg/L at point 3, where *N. commune* was taken at the surface of the waters. At the same time, the lowest value was 6.3122 mg/L, also at point 3, taken from the bottom layer with blackish *N. commune* near the bottom of the waters. The chlorophyll content can be used as an indicator to evaluate the metabolic imbalance resulting from macroalgae production when there is a lack of water and photosynthesis.

Keywords: Chlorophyll-a, *Nostoc commune*, rice fields, rice paddies, star jelly

PENDAHULUAN

Keanekaragaman hayati tumbuh melimpah di perairan Indonesia salah satunya adalah alga yang sering disebut mikroorganisme eukariotik unik, sebab biota itu dapat mengkonversi cahaya matahari, air, dan CO₂ dengan proses fotosintesis (Radiena et al. 2019). Alga umumnya memberikan banyak manfaat ekologis, penting dalam

mempromosikan keanekaragaman dan fungsi sistem perairan baik air tawar dan laut. Fungsi alga sebagai produktivitas primer lingkungan perairan neritik (laut) dan litoral (air tawar). Sifat alga pada dasarnya memiliki banyak bentuk pertumbuhan, dapat hidup sebagai sel tunggal atau kompleks, kemudian bentuk multiseluler seperti berserabut, lembaran, atau silinder. *Nostoc commune* adalah spesies kosmopolitan serta hidupnya

berkoloni dan ditemukan berasosiasi dengan fungi sebagai komponen fikobion dari lichen.

Alga biru-hijau (*blue green algae*) mengandung 60-70% protein dan kaya vitamin seperti B12 (Novianti et al. 2019). *N. commune* sangat mudah ditemukan di Indonesia, yang tersedia melimpah di perairan tawar, payau, dan laut serta dapat tumbuh dengan baik di persawahan. Organisme ini hidup di perairan dan sangat peka terhadap perubahan kondisi lingkungan hidupnya, sehingga akan berpengaruh terhadap komposisi dan kelimpahannya. Doli et al. (2020) melaporkan faktor signifikan memproduksi alga kepadatan tinggi adalah dengan memastikan secara berkala pasokan hara nutrisi dari lingkungan perairan, radiasi (intensitas, distribusi dan distensi spesifik), suplai CO₂, penghapusan O₂, pencampuran dan pengendalian parameter lingkungan lainnya seperti pH, suhu, salinitas, dan sebagainya. Faktor tersebut akan memberikan pengaruh pada kemampuan sistem metabolisme baik pada protein, lipid, maupun pada kemampuan metabolisme dalam pertahanan diri (Li dan Guo 2017).

Klorofil *N. commune* memiliki berbagai manfaat yang dapat di aplikasikan dalam kehidupan manusia (Martinez-Goss et al. 2021). Klorofil-a mampu merangsang pembentukan darah, karena ia menyediakan bahan dasar dari haemoglobin, selain itu manfaat klorofil-a di bidang kesehatan sebagai sistem imunitas dan menyeimbangkan sistem hormonal (Setiari dan Nurchayati 2009). Klorofil-a yaitu pigmen aktif menyerap dan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi kimiawi untuk mensintesa produk organik. Kandungan klorofil-a *Nostoc commune* yang termasuk divisi *Cyanobacteria* ini memiliki potensi dalam menyerap energi matahari dan CO₂ menjadi bahan bakar dalam sistem biologisnya, apabila diperbandingkan dengan tanaman darat, ia membentuk polisakarida melalui proses fotosintesis (Agustina dan Herman 2016).

Mikroalga mempunyai sumber serat makanan baik, yang mana serat larut air mencapai 50-85% serta kandungan dari proses fotosintesis akan menghasilkan senyawa metabolit berupa karbohidrat dan asam lemak (Arifah et al. 2019). *Nostoc commune* ini merupakan bahan olahan makanan untuk kesehatan dan obat tradisional yang dikenal dengan nama umum *star jelly* karena bentuknya seperti *jelly*. *Nostoc commune* ini di negara lain sudah banyak dimanfaatkan untuk berbagai obat antibakteri, antiinflamasi, serta dapat dipanen klorofil-a nya untuk konsumsi kesehatan. *N. commune* mampu bertahan dalam kondisi lingkungan ekstrim di daerah kutub dan gersang (Tampanguma et al. 2017). Spesies ini sering membentuk sebuah rumpun longgar di permukaan tanah, kerikil, dan beraspal, diantara lumut dan bebatuan (Satjark et al. 2021).

Lingkungan tanah persawahan dengan kandungan nutrisi yang cukup tinggi sangat mendukung pertumbuhan dan perkembangan hidup dari *N. commune* seperti, sinar matahari, suhu, pH, air, dan nutrient. Hal ini dengan adanya lingkungan yang mendukung tersebut, menjadikan *Nostoc commune* lebih banyak ditemukan di daerah tanah persawahan yang tergenang air dibandingkan tanah persawahan yang tidak tergenang air (Surilayani dan Aldrianto 2013). *Nostoc commune*, di negara Indonesia

masih banyak orang yang memandang sebelah mata tumbuhan liar tersebut, sehingga perlu dilakukan eksplorasi kandungan dari mikroalga ini (Chen et al. 2021). Kandungan klorofil-a yang tinggi dapat memberikan potensi sebagai petunjuk terjadinya eutrofikasi di perairan. Kondisi cekaman atau perubahan lingkungan (abiotik dan biotik) di Madura khususnya daerah persawahan Giliyanar yang ditumbuhi oleh *N. commune* ini belum pernah diteliti dan belum pernah dimanfaatkan sehingga penting untuk dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui kandungan klorofil-a *N. commune* dari habitat persawahan.

BAHAN DAN METODE

Area penelitian

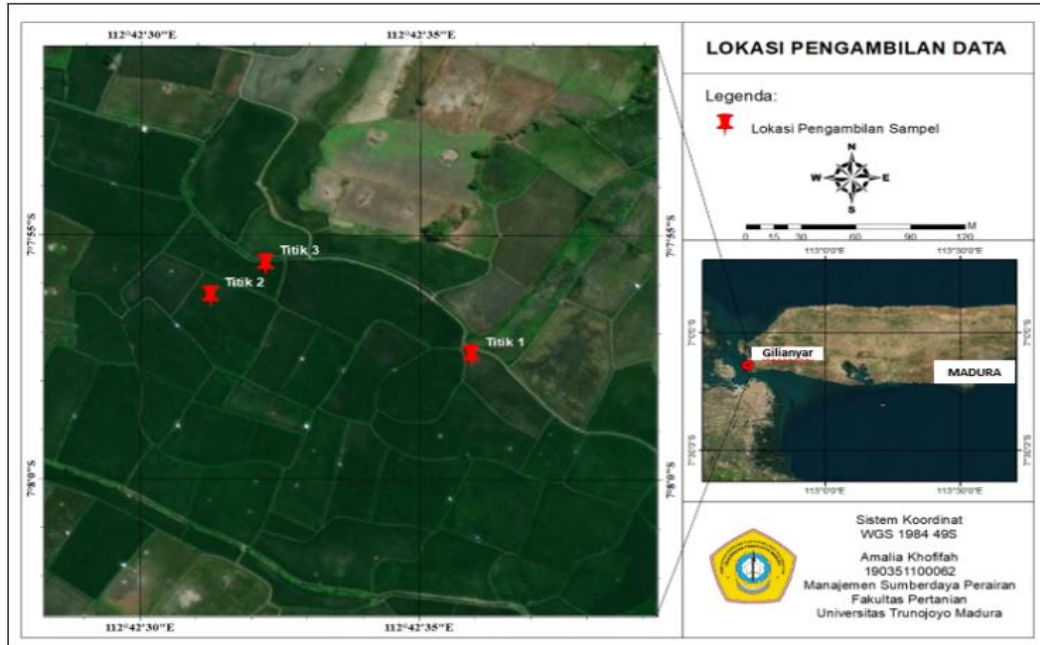
Penelitian dilaksanakan pada bulan September sampai Oktober 2022. Sampel yang diambil adalah *N. commune* dan sampel air. Penelitian dilakukan di area persawahan padi Desa Giliyanar Kamal Kabupaten Bangkalan, Madura, Indonesia. Sampel yang telah diambil dari lapang akan dilakukan analisis di Laboratorium Terpadu Laboratorium Lingkungan, Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura. Pengambilan sampel dilakukan di 3 titik dan 2 kali ulangan dengan 1 minggu 1 kali dihari dan jam yang sama pada pukul 07.00 WIB. Pengambilan sampel pada titik 1 berada di padi sedang tumbuh, titik 2 padi pasca panen, dan titik 3 padi pasca panen dengan asosiasi tumbuhan air. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Prosedur

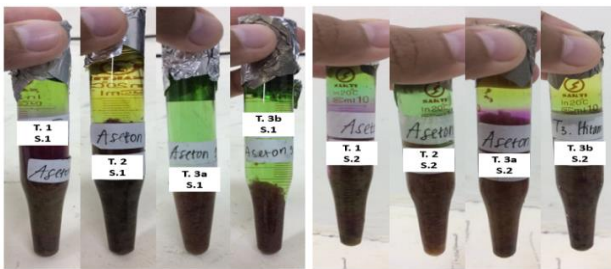
Prosedur pengambilan sampel diawali dengan menentukan lokasi menggunakan GPS, kemudian dilanjutkan mengambil sampel air dan *N. commune* yang dilakukan pada setiap titik dalam stasiun dengan menggunakan plot atau petak yang berukuran 1 x 1 m. Sampel ditempatkan pada wadah yang terdapat label atau penanda dengan keterangan informasi mengenai waktu pengambilan dan tempat titik sampling pengambilan sampel. Alat yang digunakan selama penelitian yaitu nampan, *glass ware*, cawan mortar, pipet pump, spatula, *centrifuge* 4000 rpm dan UV-2700 (Uv-Vis Spectrophotometer Shimadzu), sedangkan bahan yang digunakan selama penelitian yaitu tisu, aluminium foil, aseton 90%, dan aquades.

Metode penelitian

Metode yang digunakan untuk mengimplementasikan penelitian menggunakan metode *purposive sampling*. Metode *purposive sampling* menurut Lenaini (2021) merupakan metode yang memiliki maksud dan tujuan tertentu supaya informasi sampel yang diperoleh dapat lebih representatif. Analisis kandungan klorofil-a menggunakan metode spektrofotometri, metode ini menurut Rohmah et al. (2021) merupakan metode analisis kimia yang dipakai untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kualitatif maupun kuantitatif yang didasarkan interaksi antara materi dengan cahaya. Spektrofotometri dalam analisis nya menggunakan alat UV-2700 (Uv-Vis Spectrophotometer Shimadzu).



Gambar 1. Lokasi Persawahan Padi Desa Gilanyar Kamal Kabupaten Bangkalan, Madura. Persawahan yang menunjukkan lokasi pengambilan sampel *Nostoc commune*: titik 1 (S 07.13261°, E 112.70993°), titik 2 (S 07.13222°, E 112.70868°), dan titik 3 (S 07.13213°, E 112.70882°) (Data Primer 2022)



Gambar 2. Proses ekstraksi sampel *Nostoc commune* (Data Primer 2022)

Tahap preparasi dan ekstraksi sampel *Nostoc commune*

Tahapan preparasi sampel pada uji kandungan klorofil ini didasarkan pada penelitian Maslahah et al. (2021). Tahap pertama preparasi sampel (*N. commune*) 10 g dihaluskan menggunakan cawan dan mortar dengan menambahkan sedikit demi sedikit aseton 90% sebanyak 10 mL. Tahap ke dua, memasukkan sampel kedalam tabung reaksi kemudian membungkusnya dengan aluminium foil dan memberi tanda dari kertas tabel. Tahap ke tiga, menaruh sampel di rak tabung reaksi dan membungkus menggunakan plastik gelap, serta menaruhnya di freezer dengan suhu 4°C selama 24 jam, untuk mengendapkan ekstrak. Tahap ke empat, mengeluarkan sampel dari freezer dan selalu menjaga sampel tertutup dalam kondisi cahaya rendah. Tahap ke lima, mensentrifus sampel selama 20 menit dengan kecepatan 4000 rpm. Tahap ke enam, mengeluarkan sampel dari centrifuge dengan hati-hati dan membungkus rak tabung reaksi dengan plastik gelap lalu membawa

sampel ke spektrofotometer. Adapun proses ekstraksi sampel *N. commune* dapat dilihat pada Gambar 2.

Tahap pengukuran konsentrasi klorofil sampel *Nostoc commune*

Tahap pertama, alat UV-2700 (Uv-Vis Spectrophotometer Shimadzu) disetting panjang gelombang 645 nm dan 663 nm, serta menyiapkan tisu, gelas beaker, dan aquades. Tahap ke dua, mengecek alat spektrofotometer berfungsi baik atau tidak dengan mencobanya mengisi dan mengukurnya dengan aquades, kemudian membuang aquades dan memasukkan ekstrak klorofil kedalam kuvet spektrofotometer. Tahap ketiga, menempatkan kuvet ditempat penahan dan menyesuaikan kenop ke nol tingkat serap. Tahap ke empat, menjalankan spektrofotometer dan menyimpan hasil pembacaan absorbansi didalam Microsoft excel. Pengukuran kandungan klorofil pada *N. commune* dapat dilihat pada Gambar 3. Kandungan klorofil a, b, dan total ditentukan menggunakan rumus matematis berdasarkan perhitungan Harborne (1973) adalah sebagai berikut:

$$\text{Chl a (mg/L)} = 12,7 A_{663} - 2,69 A_{645}$$

$$\text{Chl b (mg/L)} = 22,9 A_{645} - 4,68 A_{663}$$

$$\text{Total chl (mg/L)} = 20,2 A_{645} + 8,02 A_{663}$$

Keterangan :

A : absorbansi pada panjang gelombang spesifik

Tahap analisis parameter kualitas air

Pengukuran suhu dan DO dilapang berdasarkan SNI 06-698914-2004 adalah diawali dengan tahap pertama menyiapkan alat DO meter, lalu mengkalibrasi DO meter dengan aquades terlebih dahulu. Tahap kedua yaitu memasukan DO meter ke sampel uji dan tunggu sekitar 2

hingga 3 menit sampai DO meter menunjukkan angka yang stabil dan tidak berubah-ubah. Tahap ketiga selanjutnya yakni mencatat hasil skala DO meter. Tahap ke empat adalah tahap terakhir dengan melakukan kalibrasi kembali dengan aquades.

Pengukuran pH dilapang berdasarkan SNI 06-698914-2004 adalah diawali dengan tahap pertama menyiapkan alat pH meter yang sudah terkalibrasi. Tahap kedua yaitu mencelupkan pH meter ke sampel uji dan tunggu sampai nilainya stabil tidak berubah-ubah. Tahap ketiga yaitu mencatat hasil pengukuran.

Pengukuran intensitas cahaya dilapang adalah diawali dengan tahap pertama menyiapkan alat *lux meter*. Tahap kedua menyalakan alat, kemudian mengarahkan *lux meter* kearah sinar matahari. Tahap ketiga yaitu mencatat hasil pengukuran. Pengukuran kecerahan menggunakan *secchi disk* yang dimasukkan kedalam perairan dan mencatat hasil pengukuran.

Pengukuran kadar salinitas dilapang berdasarkan SNI 06-698914-2004 adalah diawali dengan tahap pertama menyiapkan alat refraktometer. Tahap kedua yaitu mengkalibrasi refraktometer dengan aquades terlebih dahulu dan memastikan nilai yang muncul 0. Tahap ketiga yaitu membuka tutup sensor, lalu mentetesi dengan sampel serta memastikan tidak ada gelembung, selanjutnya menutup sensor. Tahap keempat melihat kadar salinitas dengan mengarahkan refraktometer pada sumber cahaya (sinar matahari) dan mencatat hasil pengukuran kadar salinitasnya.

Analisis nitrat di laboratorium berdasarkan SNI 06-2480-1991, terdiri dari beberapa tahap diantaranya; (a) pembuatan larutan induk nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), tahap pertama menimbang Kalium nitrat (KNO_3) 7,218 mg dilarutkan dengan 10 mL aquades kedalam labu ukur 10 mL. Tahap kedua menambahkan aquades sampai dengan batas tera. (b) Pembuatan larutan baku nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), tahap pertama memipet 0,25; 0,50; 1; dan 2 mL larutan induk nitrat dan memasukkan masing-masing kedalam labu ukur 100 mL. Tahap kedua menambahkan aquades sampai batas tera. (c) Pembuatan brucin-asam sulfanilat 25 mL, tahap pertama menimbang 0,125 g brucin dan 0,0125 g asam sulfanilat, lalu memasukkan kedalam labu ukur 25 mL. Tahap kedua menambah 2 mL HCl. Tahap ke tiga menambahkan aquades sampai batas tera. (d) Pembuatan 2 mL NaCl 30%, tahap pertama menimbang 30 g NaCl. Tahap kedua menambahkan aquades sedikit demi sedikit hingga larutan NaCl larut dan tuang sampai batas tera. (e) Pembuatan kurva kalibrasi, tahap pertama memipet 10 mL larutan baku dan memasukkan kedalam labu ukur 50 mL. Tahap kedua menambahkan 2 mL larutan NaCl 30% dan 10 mL asam sulfat, lalu homogenkan. Tahap ketiga menambahkan 0,5 mL larutan campuran brucin (17,5 mL) 20 mL - asam sulfanilat, dan homogenkan. Tahap keempat meletakkan diatas *hot plate* untuk memanaskan larutan, yang mana suhu tidak boleh melebihi 95°C selama 20 menit, kemudian didinginkan. Tahap kelima melakukan pengukuran pada alat spektrofotometer panjang gelombang 410 nm. (f) Prosedur pemeriksaan kadar nitrat, tahap pertama memipet 10 mL sampel dan memasukkan kedalam erlenmeyer 250 mL. Tahap kedua menambahkan 2 mL NaCl 30% dan 10

mL larutan asam sulfat, aduk perlahan dan biarkan sampai dingin. Tahap ketiga menambahkan 0,50 mL larutan campuran brucin - asam sulfanilat, aduk perlahan dan panaskan pada suhu tidak boleh melebihi 95°C selama 20 menit, kemudian didinginkan. Tahap keempat melakukan pengukuran pada alat spektrofotometer panjang gelombang 410 nm. Adapun rumus perhitungan kadar nitrat, adalah sebagai berikut:

$$\text{Nitrat} = \frac{100 \times As \times Cst \times Vst}{Vs \times (Ast \times Ab)}$$

Keterangan:

As : Absorbansi sampel

Ast : Absorbansi standart

Ab : Absorbansi blanko

Vs : Volume sampel

Cst : Konsentrasi Standart

Analisis *orthophospat* di laboratorium berdasarkan SNI 06-6989.31-2005, mempunyai beberapa tahap diantaranya; (a) pembuatan larutan asam sulfat (H_2SO_4) 5 N, tahap pertama masukkan 28 mL asam sulfat pekat kedalam gelas beaker yang berisikan 120 mL aquades. Tahap kedua mengencerkan larutan tersebut dengan aquades sejumlah 200 mL, lalu dihomogenkan. (b) Pembuatan Kalium antimonil tartat ($\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$), tahap pertama melarutkan 0,05486 g kalium antimonil tartat dengan 16 mL aquades didalam labu ukur 50 mL. Tahap kedua mengencerkan larutan tersebut dengan aquades sejumlah 20 mL, lalu dihomogenkan. (c) Pembuatan larutan ammonium molibdat ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), tahap pertama melarutkan 2 g ammonium molibdat dengan aquades sejumlah 50 mL didalam labu ukur 50 mL. Tahap kedua lalu dihomogenkan. (d) Pembuatan asam askorbat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) 0,1 M, tahap pertama melarutkan 1,76 g asam askorbat dengan aquades sejumlah 100 mL didalam labu ukur 100 mL. Tahap kedua lalu dihomogenkan. (e) Pembuatan larutan induk fosfat 10 mg/L PO_4 , tahap pertama melarutkan 0,02195 g KH_2PO_4 dengan aquades sejumlah 10 mL. Tahap kedua melarutkannya dengan aquades sampai batas tera lalu dihomogenkan. (f) Pembuatan larutan baku fosfat 10 mg/L PO_4 , tahap pertama memipet larutan induk fosfat sebanyak 2 mL, dan memasukkannya kedalam labu ukur 100 mL. Tahap kedua melarutkannya dengan aquades sampai batas tera lalu dihomogenkan. (g) Pembuatan larutan kerja fosfat (0;0,2;0,4;0,8;1,0 mg/L), tahap pertama memipet larutan baku fosfat sebanyak 10 mg/L masing-masing (0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,0 g/L), dan memasukkannya kedalam labu ukur 250 mL. Tahap kedua melarutkannya dengan aquades sampai batas tera lalu dihomogenkan. (h) Pembuatan indikator pp (fenolftalin), tahap pertama memipet pp 1% sejumlah 0,1 g dan memasukkan kedalam labu ukur 10 mL. Tahap kedua menambahkan etanol atau alkohol 90% 5 mL. Tahap ketiga menambahkan 5 mL aquades sampai dengan batas tera dan menghomogenkan larutan tersebut. (i) Pembuatan larutan campuran, tahap pertama mencampurkan secara berturut-turut 50 mL H_2SO_4 5 N, 5 mL larutan kalium antimonil tartat, 15 mL larutan ammonium molibdat dan 30 mL asam

askorbat. Tahap kedua homogenkan larutan tersebut, apabila berbentuk warna biru, larutan tidak dapat digunakan, sedangkan apabila terjadi kekeruhan pada larutan campuran, kocok dan biarkan beberapa menit sampai hilang kekeruhannya sebelum digunakan. Larutan campuran stabil selama 4 jam. (j) Pembuatan kurva kalibrasi, tahap pertama memipet masing-masing larutan kerja 50 mL dan masukkan kedalam erlenmeyer. Tahap kedua menambahkan indikator pp 1 tetes pada larutan tersebut, jika berwarna merah tambahkan tetes demi tetes H_2SO_4 5 N sampai dengan warna merah hilang. Tahap ketiga menambahkan 8 mL larutan campuran pereaksi kedalam larutan tersebut dan aduk sampai homogen. Tahap keempat melakukan pengukuran spektrofotometer panjang gelombang 880 nm. (k) Prosedur pemeriksaan kadar fosfat, tahap pertama memipet masing-masing larutan (sampel uji) 50 mL dan masukkan kedalam erlenmeyer. Tahap kedua menambahkan indikator pp 1 tetes pada larutan tersebut, jika berwarna merah tambahkan tetes demi tetes H_2SO_4 5 N sampai dengan warna merah hilang. Tahap ketiga menambahkan 8 mL larutan campuran pereaksi kedalam larutan tersebut dan aduk sampai homogen. Tahap keempat melakukan pengukuran spektrofotometer panjang gelombang 880 nm. Adapun rumus perhitungan kadar fosfat, adalah sebagai berikut:

$$\text{Fosfat (mg N/L)} = C \times F_p$$

Keterangan:

C : Nilai absorbansi amonia

F_p : Faktor pengenceran

Analisis data

Analisis data penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Isnawati et al. (2020) melaporkan metode deskriptif kuantitatif yaitu suatu metode yang memberikan gambaran terhadap kenyataan sebenarnya serta menjawab pertanyaan yang berhubungan status subyek dari penelitian. Tujuan menggunakan metode deskriptif kuantitatif untuk memperoleh kesimpulan dari penelitian berdasarkan pengaruh atau hubungan antara dua variabel. Hasil analisis data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel, grafik dan gambar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Klorofil-a, klorofil-b, dan klorofil total *Nostoc commune*

Hasil pengamatan lokasi pengambilan sampel pada titik yang berbeda menunjukkan tingkat keberadaan *N. commune* yang berbeda. Titik pengambilan 1, *N. commune* ditemukan lebih sedikit apabila dibandingkan pada titik pengambilan 2 dan 3, sedangkan pada titik pengambilan 3, dilakukan pengambilan sampel *N. commune* pada bagian permukaan yang mempunyai warna lebih ke hijau kecoklatan (3a) dan pada bagian lebih dalam atau

dibawahnya dengan warna *N. commune* yang lebih cenderung kehitaman (3b). Hasil analisis kandungan klorofil pada mikroalga *N. commune* di Persawahan Padi Desa Giliyanyar Kamal Kabupaten Bangkalan, dapat dilihat pada Tabel 1.

Parameter kualitas air

Hasil pengukuran kualitas air yang dilakukan pada saat pengambilan sampel alga *N. commune* di Persawahan Padi Desa Giliyanyar Kamal Kabupaten Bangkalan. Data kualitas air tersaji pada Tabel 2.

Hasil pengukuran kualitas air dipersawahan Padi Desa Giliyanyar Kamal Kabupaten Bangkalan, didapatkan kisaran suhu 24,8-33,4°C. Nurjanah (2018) melaporkan suhu adalah faktor abiotik yang mempengaruhi aktivitas, laju metabolisme, konsumsi oksigen serta pertumbuhan organisme akuatik. Parameter suhu ini dapat memberikan informasi bahwa tinggi rendahnya suhu akan mempengaruhi proses metabolisme dan laju pertumbuhan bakteri dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon diperairan untuk *N. commune* tumbuh dan berkembang. Klorofil merupakan komponen tumbuhan yang bersifat labil, sehingga klorofil mudah terdegradasi menjadi molekul turunannya. Nilai suhu yang baik untuk proses fotosintesis adalah 30°C, apabila suhu diatas 32°C maka dapat dipastikan akan menghambat proses fotosintesis (Musdalifah et al. 2015). Keberadaan *N. commune* umumnya beradaptasi dengan lingkungan akan bertahan sampai dengan kisaran suhu tertentu, namun ia tidak dapat tumbuh dengan baik apabila berada dalam titik suhu yang tertinggi serta dapat menjadikan pengaruh negatif seperti reaksi kimia enzimatis dalam proses fotosintesis untuk pembentukan klorofil-a, selain dari pada itu tingginya klorofil-a mampu menyebabkan eutrofikasi di perairan, dalam hal tersebut benar adanya ketika pengambilan sampel terlihat *N. commune* tumbuh melimpah di titik 3.

Kadar salinitas diperoleh 0‰ dari semua titik dan pengulangan, disebabkan area persawahan ini dialiri oleh air hujan, sehingga terukur adalah air tawar. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan dari Arisandi et al. (2017) bahwa sebaran salinitas dipengaruhi berbagai faktor seperti, curah hujan, aliran sungai, pola sirkulasi air, dan penguapan. Fluktuasi salinitas naik turun kadarnya dapat diduga adanya proses penguapan dan sinar matahari. Tanaman padi di sawah hanya mentoleransi konsentrasi garam rendah. Muliawan et al. (2016) melaporkan bahwa pengaruh tingkat salinitas adalah bahan yang berguna sehubungan dengan berbagai akibat dari kerusakan atau gangguan yang ditimbulkan terhadap pertumbuhan tanaman. Perubahan salinitas beberapa jenis mikroalga dapat terjadi apabila terjadi akibat dari pemindahan lingkungan bersalinitas rendah ke tinggi yang nantinya dapat menghambat proses fotosintesis. Kisaran salinitas optimal di perairan adalah 15-35‰, dengan kadar salinitas tinggi secara tidak langsung dapat berpengaruh pada proses biosintesis, fotosintesis, dan respirasi.

Tabel 1. Kandungan klorofil-a, klorofil-b, dan klorofil total *Nostoc commune*

Titik	Pengulangan Minggu	Warna <i>Nostoc commune</i>	Klorofil-a (mg/L)	Klorofil-b (mg/L)	Klorofil Total (mg/L)
1	1	Hijau tua	14,926	3,263	18,185
	2	Hijau tua kehitaman	12,911	1,447	16,0984
2	1	Hijau kekuningan	6,946	0,5514	7,4959
	2	Hijau sedikit kekuningan	12,866	1,766	14,6289
3a	1	Hijau kekuningan	16,9339	1,581	18,5116
	2	Hijau dominan kuning	6,706	1,560	8,2641
3b	1	Hijau tua kehitaman	16,5699	1,4744	18,0408
	2	Hijau tua agak kehitaman	6,3122	0,6470	7,0943

Tabel 2. Hasil pengukuran kualitas air

Parameter	Minggu Ke 1			Minggu Ke 2		
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 1	Titik 2	Titik 3
Suhu (°C)	26,6	30,3	33,4	27,3	24,8	26,4
Salinitas (‰)	0	0	0	0	0	0
pH	7,8	7,1	7,6	7,6	7,2	7,4
DO (mg/L)	3,46	1,39	3,36	6,62	2,59	4,35
Intensitas Cahaya (Lux)	1918	1559	1780	1642	1647	1650
Kecerahan Air (Cm)	9	11	11	8	9	9
Nitrat (mg/L)	4,69	2,91	3,30	4,55	5,27	5,73
Orthophospat (mg/L)	1,04	1,23	0,34	0,59	0,82	0,43

Nilai pH pada penelitian ini berkisar antara 7,1-7,8. Nilai pH merupakan aktivitas ion hidrogen dalam suatu perairan yang mencerminkan keseimbangan asam-basa perairan tersebut (Winahyu et al. 2013). Subagiyo et al. (2015) menyatakan penentuan pengaruh pH pada kondisi awal penting untuk dilakukan karena pH awal kultur berpengaruh terhadap laju pertumbuhan organisme perairan seperti alga dan bakteri asam laktat. *Nostoc commune* dapat tumbuh optimal pada kisaran pH 6-7 dan tidak dapat tumbuh pada kondisi pH asam dibawah 4 (Effendi 2003). pH secara alamiah berpengaruh terhadap proses biokimiawi perairan, namun demikian nilai pH masih dalam kisaran nilai yang sesuai dengan kebutuhan organisme perairan yaitu 7-8,5, namun apabila perubahan pH yang signifikan mampu mempengaruhi kerja enzim dan mampu menghambat proses fotosintesis dalam pembentukan klorofil-a dalam pertumbuhan *N. commune* (Gunawan 2021).

DO (oksigen terlarut) di persawahan merupakan faktor pembatas bagi kehidupan organisme yang ada dalam perairan. Hasil pengukuran kualitas air didapatkan kisaran DO 1,39-6,62 mg/L. Fluktuasi DO bergantung pada pencampuran dan pergerakan massa air, fotosintesis, respirasi serta masuknya limbah ke badan air. Sumber utama oksigen suatu perairan berasal dari proses difusi udara dan dari hasil fotosintesis organisme suatu perairan seperti halnya alga. Kadar DO yang optimal bagi pertumbuhan mikroalga adalah 4,5-9,8 mg/L. Oksigen terlarut dapat menjadi faktor pengganggu dalam pertumbuhan *N. commune*, hal ini dikarenakan rendahnya DO menunjukkan sedikitnya jumlah oksigen terlarut sebagai inhibitor penyerapan karbondioksida, sehingga mempengaruhi proses fotosintesis mikroalga serta rendahnya DO dapat dipengaruhi oleh terjadinya difusi

antara air dengan udara bebas ataupun faktor antropogenik (Harmoko et al. 2018).

Intensitas cahaya memegang peranan penting sumber energi utama dalam ekosistem perairan, yang mana kebutuhan ini diperlukan bergantung pada volume dan densitas sel alga. Cahaya mempunyai pengaruh besar secara tidak langsung yaitu sebagai sumber energi untuk proses fotosintesis makhluk hidup yang menjadi sumber makanan dan tumpuan hidup, seperti alga. Intensitas cahaya yang aktual umumnya dapat dijangkau tergantung taksonomi alga, pada *blue green algae* dan *dinoflagellata* akan jenuh pada intensitas yang rendah, kemudian pertumbuhannya dapat terhambat apabila intensitas cahaya yang didapatkan lebih rendah. Zoetrova (2011) melaporkan bahwa alga mampu tumbuh pada kisaran cahaya dengan intensitas 1000-10000 Lux, akan tetapi alga dapat tumbuh optimal dengan intensitas cahaya 2500-5000 Lux. Pengukuran intensitas cahaya pada penelitian ini berkisar antara 1559-1918 Lux. Kebutuhan cahaya untuk menunjang pertumbuhan alga (*N. commune*) sangat tinggi, yang mana sebagian besar mikroalga tidak dapat tumbuh dengan baik dalam keadaan pencahayaan yang konstan, karena membutuhkan waktu istirahat untuk menyimpan makanan. Kecerahan air pada titik pengambilan sampel di sawah Gilianyar berkisar antara 8-11 cm. Distribusi cahaya yang masuk kedalam badan air secara langsung akan diabsorpsi oleh air, partikel tersuspensi, dan bahan organik terlarut. Klorofil-a pada *N. commune* ini memiliki potensi sebagai jalur metabolik dalam proses fotosintesis yang mana organisme mampu mengambil seluruh energi dari cahaya matahari guna membentuk senyawa organik dari bahan baku anorganik.

Pergerakan massa air menjadikan nutrisi terdistribusi untuk pertumbuhan *N. commune*. Kandungan nitrat-

nitrogen yang lebih dari 0,2 mg/L dapat mengakibatkan terjadinya pengayaan nutrisi, sehingga dapat menstimulus pertumbuhan alga dan tumbuhan air perairan tersebut secara cepat. Kadar nitrat penelitian ini berkisar antara 2,91-5,73 mg/L. Sumber nitrogen untuk pertumbuhan mikroalga dapat diperoleh dalam bentuk sodium nitrat, ammonium nitrat, kalsium nitrat, dan urea (Sharma et al. 2017). Kemampuan alga menggunakan nitrogen organik sangat ditentukan oleh kemampuannya saat mengasimilasi senyawa amino (asam amino atau purine), jenis alga *Cyanophyceae* (*N. commune*) dapat mengikat langsung gas nitrogen dari udara. Peningkatan kadar nitrat di laut ataupun perairan disebabkan oleh masuknya limbah domestik atau limbah organik akibat aktivitas manusia (Putri et al. 2019).

Konsentrasi kadar nitrat dapat menurun apabila terjadi penyerapan nitrat dengan cepat oleh fitoplankton. Hasil pengukuran nitrat pada penelitian ini tergolong dengan kesuburan sedang atau mesotrofik. Keberadaan organisme perairan mencukupi dengan ketersediaan zat hara dalam kondisi yang seimbang. Konsentrasi nutrisi dan komposisi nutrisi yang lengkap serta tepat, secara umum dapat menentukan produksi biomassa dan kandungan nutrisi pada *N. commune*. Nitrogen diperlukan *N. commune* membentuk semua dinding sel dan jaringan, dalam hal ini nitrogen dalam nitrat merupakan salah satu unsur hara makro yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil biomassa alga sebab diperlukan untuk pembentukan protein dan klorofil-a (Christwardana dan Hadiyanto 2013).

Fosfor merupakan unsur hara yang sangat penting dalam pertukaran energi dari organisme yang sangat dibutuhkan dengan jumlah sedikit, sehingga fosfat berfungsi sebagai faktor pembatas bagi pertumbuhan organisme (Rumanti et al. 2014). Kandungan fosfat (*orthophosphate*) dengan nilai 0,34-1,23 mg/L di sawah Giliyanar tergolong cukup subur. Tinggi rendahnya kandungan fosfat suatu perairan dapat mempengaruhi kelimpahan fitoplankton, sehingga fosfat dapat pula mempengaruhi kandungan klorofil-a yang terkandung dalam fitoplankton. Nilai fosfat yang optimum untuk kehidupan mikroalga adalah 0,018-27,8 mg/L (Febriyanti et al. 2016). Kisaran konsentrasi fosfat yang diperoleh selama pengamatan semakin meningkat diduga dengan bertambahnya kedalaman serta adanya beban masukan dari daratan.

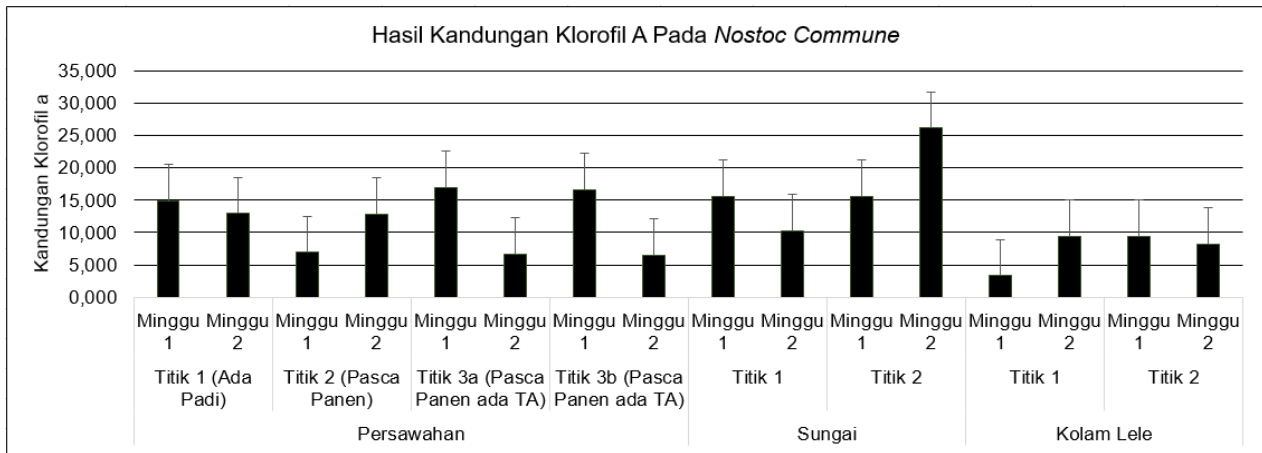
Asimilasi sinar matahari, karbondioksida, dan air akan menghasilkan sejumlah molekul organik dalam sel makhluk hidup, yang mana adalah karbohidrat, proses itulah dapat disebut sebagai proses fotosintesis. Kurniawan et al. (2014) menyatakan mengenai klorofil mendapat julukan sebagai fluoresen, yang memiliki arti dapat menerima cahaya dan mengembalikan atau memantulkan cahaya dalam gelombang yang berlainan. Sinar matahari yang terlalu banyak diserap oleh tumbuhan akan berpengaruh buruk terhadap klorofil, sebab larutan klorofil yang dihadapkan pada sinar yang kuat akan berkurang hijaunya dan dapat menyebabkan berwarna hijau kekuningan. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengamatan pada titik 3.A, dimana pada permukaan perairan di perairan yang lebih dangkal ditemukan *N. commune* yang warnanya

hijau kekuningan, sedangkan bagian bawahnya lagi (3.B) ditemukan warna *N. commune* yang hijau cenderung kehitaman, meskipun dari hasil pengukuran antara yang di permukaan dan yang didasar perairan mempunyai nilai yang hampir sama.

Nostoc commune yang ditemukan pada titik 3 dengan 2 warna tersebut dalam pengamatan secara visual dari peneliti memberikan informasi bahwa plot atau petak titik 3 memiliki kelimpahan berlebih *N. commune*, sedangkan pada titik 1 dan 2 masing-masing ditemukan 1 warna *N. commune*. Keadaan tersebut diduga spesies yang beradaptasi pada kedalaman persawahan merupakan spesies yang mampu hidup pada kondisi intensitas cahaya yang kecil. *N. commune* yang termasuk dalam *Blue green algae* atau *Cyanobacteria*, dimana komponen pigmen penyusunnya terdiri dari klorofil, karotenoid dan *phycocyanin*. *Phycocyanin* ini mempunyai peranan penting dalam fotosintesis sebagai penerima cahaya terutama pada saat proses fotosistem II didalam *phycobilisom* sel *Cyanobacteria* (Sasaki et al. 1995; Arlyza 2005).

Proses fotosistem II dalam proses fotosintesis adalah reaksi gelap, sehingga *N. commune* yang ditemukan dalam perairan lebih dalam atau bagian bawah perairan mempunyai kecenderungan berwarna hijau kehitaman seperti pada sampel yang ditemukan pada titik 1 dan 3b. *N. commune* apabila ditaruh dalam wadah tanpa media, akan muncul juga warna yang luruh cenderung ungu, hal ini menandakan adanya pigmen *phycocyanin* (biru) dan karotenoid (orange) sebagai penyusun pigmennya. Pigmen *phycocyanin* (biru) memiliki kestabilan yang cenderung tidak tahan panas dan cahaya, serta tahan asam, yang mana meskipun stabilitas pigmennya relatif lebih rendah, namun ia mempunyai keunggulan dapat menghasilkan warna biru yang paling cerah dan cermelang (Sedjati et al. 2012). Nurdin (1997) menjelaskan bahwa klorofil merupakan bentuk dari pigmen berwarna hijau yang terdapat pada kloroplast dan klorofil dipengaruhi oleh faktor genetika yang apabila tidak ada gen akan tampak berwarna putih (albino). Klorofil pada alga memiliki jalur metabolik dalam proses fotosintesis yang mana organisme mampu mengambil seluruh energi dari cahaya matahari guna membentuk senyawa organik dari bahan baku anorganik. Indikator terpercaya saat mengevaluasi ketidakseimbangan metabolisme hasil produksi ketika kekurangan air dan fotosintesis dapat diketahui dari adanya kandungan klorofil (Fajar et al. 2014).

Klorofil-a merupakan pigmen yang bertanggung jawab ketika terjadinya proses fotosintesis, sedangkan klorofil-b dan klorofil-c tetap hadir dalam makroalga dan mikroalga (Hadiyanto dan Nais 2018). Kandungan klorofil-a memiliki peran utama dalam pertumbuhan *N. commune* sebab klorofil-a lebih maksimal dalam menyerap spektrum cahaya merah, spektrum tersebut merupakan asal utama energi pada proses fotosintesis. Kandungan klorofil-a yang tinggi akan memberikan petunjuk terjadinya eutrofikasi di perairan. Hasil kandungan klorofil-a di berbagai titik yaitu tidak jauh berbeda, hal ini dipengaruhi adanya komposisi fitoplankton yang ada pada kolom air tersebut, serta kandungan klorofil-a ini bersifat labil terhadap pengaruh suhu dan intensitas cahaya.



Gambar 3. Hasil kandungan klorofil a pada *Nostoc Commune* (Data Primer 2022)

Karakteristik persawahan menjadikan *N. commune* dan beberapa jenis alga lainnya memiliki kemampuan beradaptasi cepat mengubah nutrisi, laju pertumbuhan, serta pengambilan nutrisi guna mendapatkan kondisi yang baik untuk hidup. Perbedaan kandungan klorofil-a, klorofil-b, dan klorofil total *N. commune* pada berbagai titik persawahan terletak pada ketersediaan magnesium yang mana memiliki fungsi sebagai nutrisi *N. commune*. Kandungan klorofil-b yang rendah dipengaruhi adanya pigmen karotenoid yang fluktuatif terhadap suhu dan cahaya matahari, sehingga menjadikan biota mudah terdegradasi oleh molekul-molekul turunannya (Salimah et al. 2022). Kandungan klorofil-total *N. commune* yang berbeda disetiap titik dapat memberikan informasi bahwa daerah tingkat penyerapan cahaya mempunyai puncak penyerapan yang berbeda.

Nostoc commune berdasarkan pernyataan Martinez (1988) sejauh ini spesies *blue green algae* dapat digunakan sebagai makanan nabati tradisional yang dipanen dari sawah atau tempat berbukit di Luzon Utara. Yang et al. (2011) melaporkan bahwa tingkat keamanan mengonsumsi *N. commune* dievaluasi sebagai suplemen makanan pada tikus dan tidak ada tingkat mikrosistin yang terdeteksi pada hewan yang diuji, kemudian tidak ada kenaikan berat badan yang abnormal, serta tidak ada bukti efek samping yang bersifat toksik. Keberadaan spesies ini berpotensi sebagai sumber pangan fungsional untuk kesehatan manusia, hal ini didukung pernyataan Wisanti dan Indah (2011), bahwa kandungan nutrisi dari *N. commune* seperti protein berkisar 31,88% per gram, karbohidrat 40,50% per gram, serat 15,45% per gram, vitamin A 140 mg/100 g, fosfor 410 mg/100 g, dan besi 35 mg/100 g. *N. commune* kaya akan kandungan proksimat, serta dapat menambah informasi biologi. Kandungan klorofil-a, klorofil-b, dan klorofil total dari *N. commune* apabila memanfaatkan ekologiannya dengan melakukan pengukuran parameter kualitas air, maka hasil dari pengukuran tersebut dapat dijadikan tolak ukur untuk mengetahui tingkat kondisi *blooming algae* di suatu badan air dan tingkat hidup *N. commune* di habitat ia tumbuh mampu atau tidak dalam menyediakan dasar energetik bagi ekosistem secara keseluruhan untuk berkembang optimal.

Kandungan klorofil-a dengan 2 kali pengambilan tertinggi sebesar 16,9339 mg/L pada titik ke-3 dimana pengambilan *N. commune* di permukaan perairan, sedangkan nilai terendah didapatkan sebesar 6,3122 mg/L juga pada titik ke 3 yang diambil dari lapisan bagian bawah dengan *N. commune* yang warna kehitaman dekat dasar perairan. Faktor yang berpengaruh terhadap kandungan klorofil diantaranya variabel suhu, salinitas, pH, DO, intensitas cahaya, kecerahan air, nitrat dan *orthophosphat*. Hal ini dapat dijelaskan bahwa kandungan klorofil dapat dijadikan indikator untuk mengevaluasi ketidakseimbangan metabolisme hasil produksi mikroalga ketika kekurangan air dan fotosintesis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada LPPM Universitas Trunojoyo, Madura atas Pendanaan Penelitian Mandiri tahun 2022 dan program MBKM Riset di Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan. Terimakasih juga disampaikan kepada tim penelitian Aminatun Najah dan Kristin Natalia Ambat yang telah membantu dalam penelitian.

REFERENSI

- Agustina S, Herman S. 2016. Potensi Mikroalga sebagai bahan kimia adi. Portal Media Ilmiah Bidang Kimia Dan Kemasan 3 (1): 122-130.
- Arifah RU, Sedjati S, Supriyanti E, Ridlo A. 2019. Kandungan klorofil dan fukosantin serta pertumbuhan *skeletonema costatum* pada pemberian spektrum cahaya yang berbeda. Buletin Oseanografi Marina 8 (1): 25-32. DOI: 10.14710/buloma.v8i1.19986.
- Arisandi A, Maulinna KW, Badami K, Garina DA. 2017. Dampak perbedaan salinitas terhadap viabilitas bakteri *Vibrio fluvialis*. Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan 9 (2): 91-97.
- Arlyza IS. 2005. Phycocyanin dari mikroalga bernilai ekonomis tinggi sebagai produk industri. Oseana 30 (3): 27-36.
- Chen Z, Shang JL, Hou S, Li T, Li Q, Yang YW, Hess WR, Qiu BS. 2021. Genomic and transcriptomic insights into the habitat adaptation of the diazotrophic paddy-field cyanobacterium *Nostoc sphaeroides*. Environ Microbiol 23 (10): 5802-5822. DOI: 10.1111/1462-2920.15521.
- Christwardana M, Nur MMA, Hadiyanto H. 2013. *Spirulina platensis*: Potensinya sebagai bahan pangan fungsional. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan 2 (1): 19-22.

- Doli R, Mantiri DMH, Paransa DSJ, Kremer K, Lintang R, Tumembouw S. 2020. Analisis pigmen klorofil pada alga *Kappaphycus alvarezii* yang dibudidayakan di Teluk Totok Kabupaten Minahasa Tenggara. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis* 8 (1): 31-38. DOI: 10.35800/jplt.8.1.2020.27399.
- Effendi H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kansius, Yogyakarta.
- Fajar A, Ibrahim R, Dewi EN. 2014. Stabilitas ekstrak kasar pigmen klorofil, beta karoten, dan caulerpin Alga hijau (*Caulerpa racemosa*) pada suhu penyimpanan yang berbeda. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan* 3 (1): 1-10.
- Febryanti E, Budijono, Dahril T. 2016. The use of fish pond water for growing *Chlorella* sp. in other place. *Jurnal Online Mahasiswa* 3 (2): 1-8.
- Gunawan G. 2021. Pengaruh perbedaan pH pada pertumbuhan mikroalga klas Chlorophyta. *Bioscientiae* 9 (2): 62-65.
- Hadiyanto H, Adetya NP. 2018. Biorefinery Mikroalga. EF Press Digimedia, Semarang.
- Harborne JB. 1973. Phytochemical methods: A guide to modern techniques of plant analysis. Campman and Hall Ltd, London.
- Harmoko H, Triyanti M, Aziz L. 2018. Eksplorasi mikroalga di Sungai Mesat Kota Lubuklinggau. *Biodidaktika: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya* 13 (2): 19-23.
- Isnawati, Jalinus N, Risfendra. 2020. Analisis kemampuan pedagogi guru SMK yang sedang mengambil pendidikan profesi guru dengan metode deskriptif kuantitatif dan metode kualitatif. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi* 20 (1): 37-44. DOI: 10.24036/invotek.v20i1.652.
- Kurniawan MP, Ma'ruf WF, Agustini TW. 2014. Pengaruh penambahan Mgco3 dan Nahco3 dengan perbedaan pencahayaan terhadap stabilitas pigmen klorofil-a mikroalga *Chlorella vulgaris*. *Jurnal Pengolahan Dan Bioteknologi Hasil Perikanan* 2 (3): 25-33.
- Lenaini I. 2021. Teknik pengambilan sampel purposive dan snowball sampling. *Jurnal Kajian, Penelitian dan Pengambilan Pendidikan Sejarah* 6 (1): 33-39.
- Li Z, Guo M. 2017. Healthy efficacy of *Nostoc commune* Vaucher. *Oncotarget* 9 (18): 14669-14679. DOI: 10.18632/oncotarget.23620.
- Martinez-Goss MR, Arguelles EDLR, Sapin AB, Almeda RA. 2021. Chemical composition and In vitro antioxidant and antibacterial properties of the Edible Cyanobacterium, *Nostoc commune* Vaucher. *Philipp Sci Lett* 14 (1): 25-35.
- Martinez MR. 1988. *Nostoc commune* Vauch., a nitrogen-fixing blue-green alga, as source of food in the Philippines. *The Phil Agric* 71: 295-307.
- Maslahah NHM, Muskananfolo MR, Purnomo PW. 2021. Analisis kandungan klorofil makroalga hijau dominan di perairan Teluk Awur Jepara. *Journal of Fisheries and Marine Research* 5 (3): 617-627. DOI: 10.21776/ub.jfmr.2021.005.03.14.
- Musdalifah, Rustam Y, Amini S. 2015. Kultivasi dan ekstraksi minyak dari mikroalga *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis* sp. *Jurnal Bioma* 11 (2): 98. DOI: 10.21009/Bioma11(2).1.
- Novianti T, Zainuri M, Widowati I. 2019. Aktivitas antioksidan dan identifikasi golongan senyawa aktif ekstrak kasar mikroalga *Chlorella vulgaris* yang dikultivasi berdasarkan sumber cahaya yang berbeda. *Jurnal Barakuda* 1 (2): 72-87.
- Nurdin H. 1997. Buku Ajar Fisiologi Tumbuhan. Departement Pendidikan dan Kebudayaan Universitas Andalas Padang, Padang.
- Nurjanah I. 2018. Uji potensi bakteri pendegradasi minyak solar di perairan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. [Skripsi]. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya.
- Pelealu GVE, Koneri R, Butarbutar RR. 2018. Kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos di sungai Air Terjun Tunan, Talawaan, Minahasa Utara, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Sains* 158 (2): 97-102. DOI: 10.35799/jis.18.2.2018.21158.
- Putri WAE, Purwiyanto AIS, Fauziyah, Agustriani F, Suteja Y. 2019. Kondisi nitrat, nitrit, amonia, fosfat dan bod di muara Sungai Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 11 (1): 65-74. DOI: 10.29244/jitkt.v11i1.18861.
- Radiena MSY, Moniharapon T, Setha B. 2019. Aktivitas antibakteri ekstrak etil asetat Alga Hijau Silpau (*Dictyosphaeria versluysii*) terhadap Bakteri *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* dan *Staphylococcus aureus*. *Majalah BIAM* 15 (1): 41-49.
- Muliawan NRE, Sampurno J, Jumarang MI. 2016. Identifikasi nilai salinitas pada lahan pertanian di daerah jungkat berdasarkan metode Daya Hantar Listrik (DHL). *Prisma Fisika* 4 (2): 72-75. DOI: 10.26418/pf.v4i2.15849.
- Rohmah SAA, Muadifah A, Martha RD. 2021. Validasi metode penetapan kadar pengawet natrium benzoat pada sari kedelai di beberapa kecamatan di Kabupaten Tulungagung menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis. *Jurnal Sains Dan Kesehatan* 3 (2): 120-127. DOI: 10.25026/jsk.v3i2.265.
- Rumanti M, Rudiyaniti S, Nitisupardjo M. 2014. Hubungan antara kandungan nitrat dan fosfat dengan kelimpahan fitoplankton di Sungai Bremlu Kabupaten Pekalongan. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)* 3 (1): 168-176. DOI: 10.14710/marj.v3i1.4434.
- Salimah FN, Santosa GW, Ridlo A. 2022. Pertumbuhan dan kadar pigmen *Dunaliella salina* (Chlorophyta) pada media dengan penambahan konsentrasi tembaga (Cu) yang berbeda. *Buletin Oseanografi Marina* 11 (1): 51-58. DOI: 10.14710/buloma.v11i1.35906.
- Sasaki K, Marquez FJ, Nishio N, Nagai S. 1995. Promotive effect of 5-aminolevulinic acid on the growth and photosynthesis of *Spirulina platensis*. *J Ferment Bioeng* 79 (5): 453-457. DOI: 10.1016/0922-338X(95)91261-3.
- Satjarak A, Graham LE, Piotrowski MJ, Trest MT, Wilcox LW, Cook ME, Knack JJ, Arancibia-Avila P. 2021. Shotgun metagenomics and microscopy indicate diverse cyanophytes, other bacteria, and microeukaryotes in the epimicrobiota of a northern Chilean wetland Nostoc (Cyanobacteria). *J Phycol* 57 (1): 39-50. DOI: 10.1111/jpy.13084.
- Sedjati S, Yudiati E, Suryono S. 2012. Profil pigmen polar dan non polar mikroalga laut *Spirulina* sp. dan potensinya sebagai pewarna alami. *Jurnal Ilmu Kelautan* 17 (3): 176-182. DOI: 10.14710/ik.ijms.17.3.176-182.
- Setiari N, Nurchayati Y. 2009. Eksplorasi kandungan klorofil pada beberapa sayuran hijau sebagai alternatif bahan dasar food supplement. *Jurnal BIOMA* 11 (1): 6-10. DOI: 10.14710/bioma.11.1.6-10.
- Sharma J, Kumar SS, Sharma P, Gupta S, Manju, Malyan SK, Bishnoi NR. 2017. Effect of different nitrogen sources on growth of algal consortia. *Annals of Agri-Bio Research* 22 (2): 150-153.
- Subagiyo, Margino S, Triyanto, Setyati WA. 2015. Pengaruh pH, suhu dan salinitas terhadap pertumbuhan dan produksi asam organik bakteri asam laktat yang diisolasi dari intestinum Udang Penaed. *Ilmu Kelautan* 20 (4): 187-194. DOI: 10.14710/ik.ijms.20.4.187-194.
- Surilayani D, Aldrianto E. 2013. Pengaruh magnesium terhadap biomas, kandungan protein dan klorofil *a* *Nostoc* sp. pada medium kultur. *Jurnal Pertanian* 4 (2): 68-72. DOI: 10.30997/jp.v4i2.56.
- Tampanguma B, Gerung GS, Sondak CFA, Wagey BT, Manembu IS, Kondoy KIF. 2017. Identifikasi jenis alga koralin di Pulau Salawati, Waigeo Barat Kepulauan Raja Ampat dan Pantai Malalayang Kota Manado. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis* 1 (1): 9-12. DOI: 10.35800/jplt.5.1.2017.14986.
- Winahyu DA, Anggraini Y, Rustiati EL, Master J, Setiawan A. 2013. Studi pendahuluan mengenai keanekaragaman mikroalga di Pusat Konservasi Gajah, Taman Nasional Way Kambas. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung. Universitas Lampung, Bandar Lampung.*
- Wisanti, Indah NK. 2011. Kajian taksonomi lumut sri dempok dan potensinya. *Berk Penel Hayati Edisi Khusus* 7F: 65-68.
- Yang Y, Park Y, Cassada DA, Snow DD, Rogers DG, Lee J. 2011. In vitro and in vivo safety assessment of edible blue-green algae, *Nostoc commune* var. *sphaeroides* Kutzing and *Spirulina platensis*. *Food chem Toxicol* 49 (7): 1560-1564. DOI: 10.1016/j.fct.2011.03.052.
- Zoehrova. 2011. Potensi *Nostoc commune* Vaucher ex Bornet & Flahault sebagai fikoremediator logam timbal (Pb). [Skripsi]. Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.