

Fitoremediasi limbah budidaya sidat menggunakan filamentous algae (*Spirogyra* sp.)

Fitoremediation of eel culture wastewater using filamentous algae (*Spirogyra* sp.)

Tri Apriadi^{1*}, Niken TM Pratiwi¹, dan Sigid Hariyadi¹

¹Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Jl. Rasamala, Lingkar Kampus IPB. Kampus IPB Dramaga, Bogor, 16680. *email korespondensi: apriadi.2011@yahoo.com

Abstract. The objective of this study was determined the potential of filamentous algae (*Spirogyra* sp.) as a bioremediation agent for eel culture wastewater. The completely randomized design was utilized in the study, consisted of *Spirogyra* sp. treatment at four dosages of wastewater i.e. 25%, 50%, 75%, 100%. The experiment was conducted in a re-circulated aquariums with carousel system. The quality parameters and fresh weight of *Spirogyra* were analyzed regularly for two weeks retention. The results showed that the organic matter was decreased for up to six days effectively. *Spirogyra* sp. was tolerant for eel culture wastewater at dosage of 25% to 50%. In addition, the *Spirogyra* sp. at 50% dosage of wastewater treatment was gave higher ability to reduce the content of organic matter of the eel culture wastewater.

Keywords : Eel culture wastewater; Organic matter; *Spirogyra* sp.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi dari filamentous algae (*Spirogyra* sp.) sebagai agen bioremediasi dalam mereduksi kandungan bahan organik limbah budidaya sidat. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan perlakuan perbedaan dosis limbah (25 %, 50 %, 75 %, 100%). Wadah penelitian berupa akuarium resirkulasi menggunakan sistem carousel. Dilakukan pengukuran secara rutin terhadap beberapa parameter kualitas air serta perubahan bobot *Spirogyra* sp. selama dua minggu retensi. Diperoleh hasil bahwa penurunan konsentrasi bahan organik menggunakan *Spirogyra* sp. berlangsung efektif hingga hari keenam. *Spirogyra* sp. mampu mentolerir limbah budidaya sidat pada dosis limbah 25% dan 50%. *Spirogyra* sp. pada perlakuan dosis limbah 50% memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menurunkan bahan organik limbah budidaya sidat.

Kata kunci : Bahan organik; Limbah budidaya sidat; *Spirogyra* sp.

Pendahuluan

Ikan sidat (*Anguilla* sp.) merupakan ikan ekonomis penting yang saat ini menjadi komoditas ekspor terutama ke Jepang, Cina, Hongkong, Macau, dan Taiwan (KKP, 2010). Upaya untuk memenuhi kebutuhan ekspor ikan sidat tersebut dilakukan melalui budidaya secara intensif dengan pemberian pakan dengan kandungan protein tinggi. Kebutuhan protein ikan sidat dewasa maksimum sekitar 45% pada suhu perairan 25 °C (Afrianto dan Liviawaty, 2005; Suitha dan Suhaeri, 2008).

Midlen dan Redding (2000) menjelaskan bahwa dalam kegiatan budidaya, tidak keseluruhan pakan yang diberikan dapat dimanfaatkan oleh biota yang dibudidayakan, sisa pakan akan menjadi limbah dalam bentuk ekskresi, residu pakan dan feses (Afrianto dan Liviawaty, 2005). Limbah dari kegiatan budidaya perairan umumnya berupa limbah cair yang mengandung bahan organik tinggi. Pelepasan limbah budidaya dalam konsentrasi dan kuantitas tertentu ke lingkungan menyebabkan pengayaan nutrien di badan air (Bureau dan Hua, 2010), hal ini berdampak negatif bagi kualitas perairan dan kelangsungan hidup biota pada perairan tersebut.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengolah limbah budidaya yaitu pengolahan secara biologis (bioremediasi). Bioremediasi yang memanfaatkan organisme autotrof dikenal dengan fitoremediasi dan proses ini dapat dilakukan dengan penggunaan tumbuhan air atau alga, misalnya *Spirogyra* sp.

Spirogyra sp. merupakan alga berfilamen (*filamentous algae*) yang hidup mengapung bebas pada habitat air tawar. Penggunaan alga berfilamen dalam mengolah bahan organik limbah budidaya didasarkan atas capaian perkembangan biomassa yang cepat sebagai asumsi dari pemanfaatan nutrien yang optimal,

serta memiliki kemudahan dalam penanganan dan pemanenannya. Penelitian mengenai pemanfaatan *Spirogyra* sp. sebagai agen bioremediasi sudah banyak dilakukan, antara lain oleh Bishnoi *et al.* (2007) untuk penyerapan biologis Chromium (Cr) dan Khalaf (2008) untuk limbah tekstil.

Mengingat adanya kemampuan *Spirogyra* sp. dalam memanfaatkan nutrisi dari hasil penguraian bakteri pada limbah cair, maka alga berfilamen ini akan dicobakan pada pengolahan limbah organik yang berasal dari kegiatan budidaya sidat. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui potensi dari *filamentous algae* (*Spirogyra* sp.) sebagai agen bioremediasi dalam mereduksi kandungan bahan organik limbah budidaya sidat.

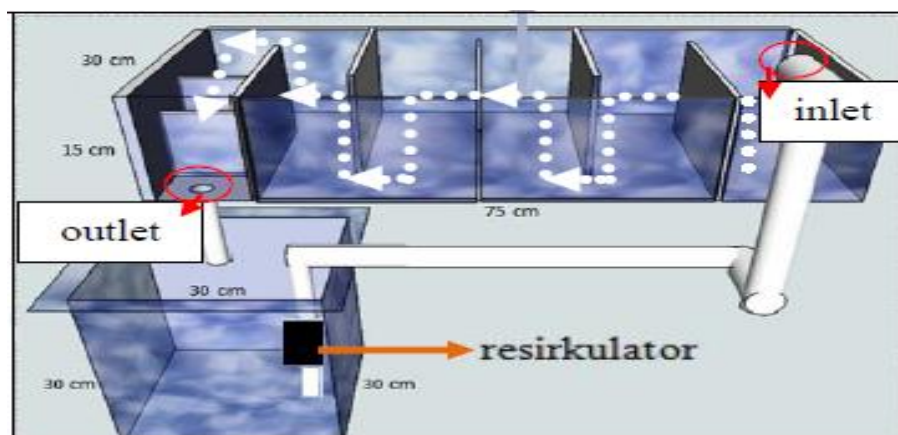
Bahan dan Metode

Rancangan percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap non faktorial. Faktor yang diuji adalah perbedaan dosis limbah sidat dengan empat taraf perlakuan dan masing-masing dengan dua ulangan. Perlakuan dosis limbah yang digunakan yaitu: 100% (36L air limbah), 75% (27L air limbah + 9 L akuades), 50% (18L air limbah + 18L akuades), dan 25% (9L air limbah + 18L akuades). Unit percobaan yang digunakan adalah akuarium kaca (75 x 30 x 15 cm) yang telah didesain untuk sistem resirkulasi (Gambar 1). Akuarium berkanal yang berfungsi sebagai wadah perlakuan bioremediasi berada di atas (a), sedangkan akuarium yang berfungsi sebagai wadah penampungan untuk resirkulasi berada di bawah (b). Sistem ini bertujuan untuk meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut di perairan.

Bahan dan peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan pengumpul air limbah, wadah percobaan berupa akuarium berkanal sistem *carousel* pada instalasi pengolahan air limbah serta mengacu pada kanal perifiton (Fovet *et al.*, 2010; Nofdianto, 2010), resirkulator, kain strimin, serta peralatan analisis kualitas air. Bahan yang digunakan antara lain: air limbah budidaya intensif ikan sidat, alga berfilamen (*Spirogyra* sp.), akuades sebagai pengencer air limbah serta bahan-bahan kimia untuk analisis kualitas air.



Gambar 1. Akuarium dengan sistem resirkulasi: akuarium berkanal (a) dan akuarium tanpa sekat (b)

Persiapan wadah

Sebelum digunakan, akuarium direndam dengan larutan desinfektan kalium permanganat (KMnO_4) 10 ppm selama 1 jam. Akuarium berkanal dilengkapi dengan kain strimin sebagai penyaring agar *Spirogyra* sp. tetap berada di akuarium berkanal (tidak ikut tersirkulasi).

Persiapan bahan uji

Air limbah berasal kolam budidaya intensif ikan sidat berasal dari Parung, Bogor. Air limbah ditampung ke dalam tandon berukuran 500L dengan tujuan untuk homogenisasi limbah. *Spirogyra* sp. dikumpulkan dari kolam di wilayah Bogor. Selanjutnya *Spirogyra* sp. diisolasi untuk mendapatkan isolat murni. Isolat *Spirogyra* sp. diaklimatisasi di laboratorium sekitar satu minggu sebelum digunakan.

Prosedur kerja

Setelah semua komponen media uji siap, akuarium diisi air limbah dengan dosis berbeda. Pompa resirkulator dihidupkan dengan debit rata-rata sebesar 0,014 L detik⁻¹. Selanjutnya dimasukkan 9 g *Spirogyra* sp. pada wadah akuarium sesuai perlakuan.

Penelitian dilakukan selama 15 hari retensi. Pengamatan dilakukan pada awal perlakuan, hari ke-3 retensi, hari ke-6, hari ke-9, hari ke-12, serta hari ke-15 (akhir perlakuan). Parameter kualitas air yang diukur antara lain yaitu *Chemical Oxygen Demand* (COD), kekeruhan, alkalinitas, pH pengukuran pagi dan siang, amonia (NH₃-N), amonium (NH₄⁺), nitrat (NO₃-N),serta ortofosfat (PO₄-P) (APHA, 2005). Bobot *Spirogyra* sp. diukur pada hari ke-7 dan pada akhir pengamatan (hari ke-15).

Parameter

Perubahan konsentrasi beberapa parameter lingkungan

Perubahan konsentrasi beberapa parameter lingkungan dihitung untuk mengetahui persentase perubahan yang terjadi terhadap beberapa nilai parameter lingkungan pada awal pengamatan dan pada akhir pengamatan, dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ perubahan} = \frac{a - b}{a} \times 100 \%$$

Keterangan: a = nilai awal parameter, b = nilai akhir parameter (setelah penelitian)

Laju pertumbuhan dan waktu penggandaan (*doubling time*) *Spirogyra* sp.

Laju pertumbuhan bersih serta waktu penggandaan *Spirogyra* sp. ditentukan berdasarkan Gobler *et al.* (2012) sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\ln \left(\frac{B_t}{B_o} \right)}{t} \quad DT = \frac{\ln 2}{\mu}$$

Keterangan: DT = waktu penggandaan (*doubling time*/ DT), μ = laju pertumbuhan bersih (g hari⁻¹), Bo = berat basah awal (g), Bt = berat basah akhir (g), t = waktu retensi (hari)

Analisis data

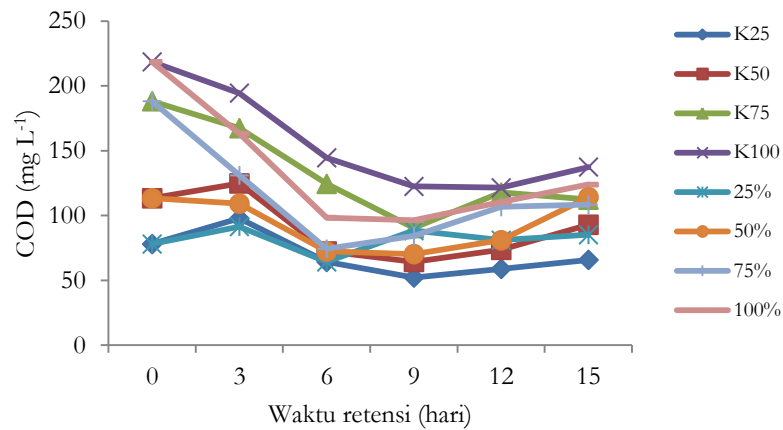
Analisis data menggunakan Rancangan acak lengkap (RAL) ditampilkan dalam bentuk tabel sidik ragam (Anova). Untuk melihat perlakuan terbaik dilakukan uji lanjut Duncan.

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Perubahan konsentrasi bahan organik

Hasil penelitian menunjukkan selama 15 hari retensi memperlihatkan penurunan kandungan bahan organik limbah budidaya sidat, hal ini ditandai dengan adanya perubahan nilai COD (Gambar 2). Berdasarkan Gambar 2, dapat diketahui bahwa nilai COD umumnya mengalami penurunan hingga hari ke-6, beberapa perlakuan mengalami penurunan hingga hari ke-9. Selanjutnya nilai COD meningkat hingga akhir pengamatan. Hingga hari ke-6 retensi, penurunan COD tertinggi terjadi pada perlakuan dosis limbah 75% (penurunan 66%), diikuti perlakuan dosis limbah 100% (penurunan 55%), perlakuan dosis limbah 50% (penurunan 36%), lalu dosis limbah 25% (penurunan 18%).

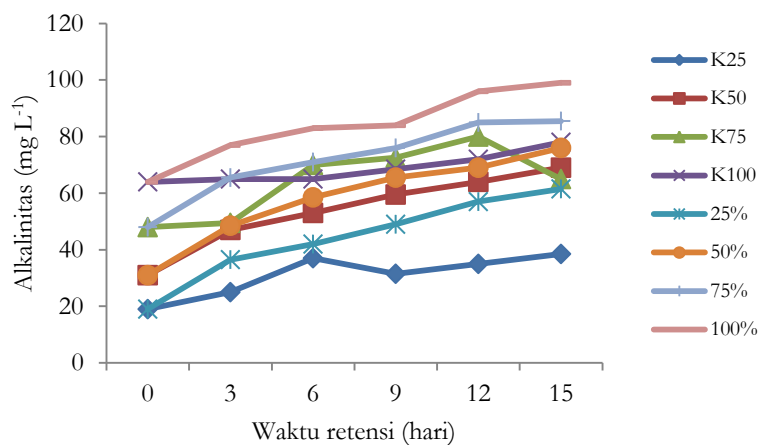


Gambar 2. Nilai rata-rata COD selama penelitian

Penurunan nilai kekeruhan selain disebabkan adanya dekomposisi bahan organik oleh bakteri, juga diduga dari proses pengendapan pada akuarium bersekat (sistem *carrousel*). Berdasarkan hasil pengamatan selama penelitian, koloni *Spirogyra* sp. juga dapat berperan sebagai perangkap bahan-bahan tersuspensi di perairan. Hal ini terlihat dari banyaknya endapan yang terkumpul pada koloni *Spirogyra* sp. Akumulasi endapan pada koloni *Spirogyra* sp. ini diduga akan dapat mengganggu sel-sel pada filamen *Spirogyra* sp. serta menghambat laju pertumbuhan alga berfilamen ini.

Alkalinitas

Nilai alkalinitas memperlihatkan pola peningkatan dari waktu ke waktu selama pengamatan (Gambar 4). Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan dosis limbah memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai alkalinitas ($P < 0,05$). Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa perlakuan dosis limbah 100% berbeda nyata dengan perlakuan limbah 25% dan 50%, sedangkan perlakuan dosis limbah 75% berbeda nyata dengan perlakuan 25%.

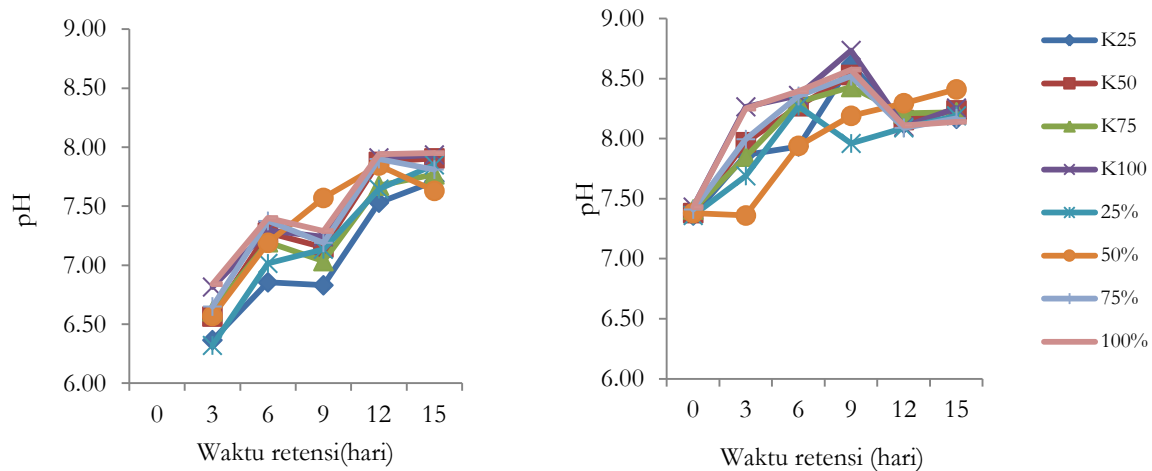


Gambar 4. Nilai rata-rata alkalinitas selama penelitian

Peningkatan nilai alkalinitas ini seiring dengan peningkatan nilai pH (Gambar 5). Selain itu, dekomposisi bahan organik air limbah yang menghasilkan bahan anorganik, salah satunya dalam bentuk ion-ion karbonat (CO_3^{2-}) dan bikarbonat (HCO_3^-) juga diduga menjadi penyebab meningkatnya nilai alkalinitas selama penelitian. Peningkatan nilai pH selama penelitian menyebabkan terjadinya peningkatan CO_3^{2-} sebagai salah satu komponen penyusun alkalinitas di perairan, disamping HCO_3^- (Boyd, 1988). Pola peningkatan nilai alkalinitas selama waktu pengamatan dapat menjadi acuan bahwa terjadi peningkatan kualitas air selama pengolahan limbah tersebut.

pH

Pengukuran pH dilakukan pada pagi dan siang hari. Rataan nilai pH pengukuran pagi dan siang berturut-turut disajikan pada Gambar 5.

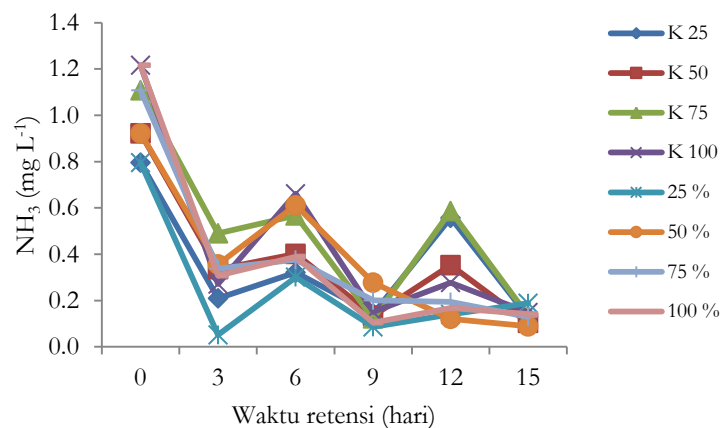


Gambar 5. Nilai rata-ran pH pengukuran pagi (a) dan pH pengukuran siang (b) selama penelitian

Berdasarkan Gambar 5, dapat diketahui bahwa secara umum nilai pH pagi dan siang menunjukkan pola peningkatan dari waktu ke waktu. Rataan nilai pH yang terukur pada pengamatan pagi berkisar 6,32-7,95 dan pH siang berkisar 7,21-8,74. Nilai pH pengukuran siang hari lebih tinggi dibandingkan nilai pH pengukuran pagi hari. Hal ini disebabkan pada siang hari terjadi fotosintesis oleh *Spirogyra* sp. yang menghasilkan oksigen.

Amonia (NH₃-N)

Nilai amonia berfluktuasi selama penelitian (Gambar 6). Semua perlakuan umumnya memiliki pola perubahan amonia yang seragam. Nilai amonia mengalami penurunan secara drastis dari hari ke-0 hingga hari ke-3, selanjutnya meningkat hingga hari ke-6, lalu kembali berfluktuasi hingga akhir pengamatan. Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan dosis limbah tidak memberikan pengaruh terhadap penurunan nilai amonia ($P > 0,05$), sehingga tidak dilakukan uji lanjut.



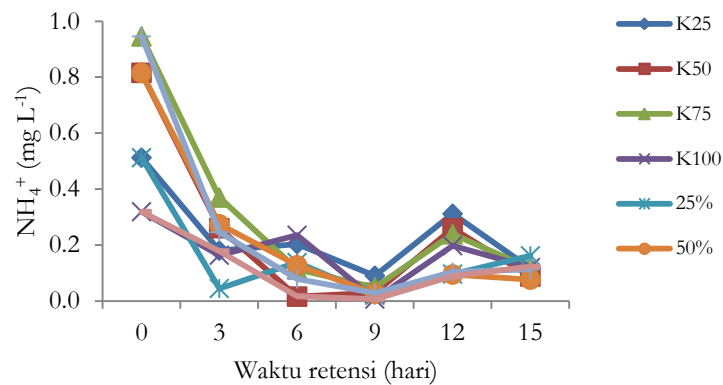
Gambar 6. Nilai rata-ran NH₃-N selama penelitian

Fluktuasi nilai amonia dapat disebabkan adanya proses dekomposisi bahan organik limbah sidat (dalam bentuk nitrogen) menjadi amonia. Oksigen terlarut tersedia dalam jumlah cukup disebabkan adanya resirkulasi pada sistem *carrousel*, menyebabkan amonia akan mengalami perubahan menjadi nitrit dan nitrat.

Peningkatan nilai amonia diduga akibat adanya akumulasi amonia sebagai hasil dekomposisi bahan organik oleh bakteri. Selain itu, peningkatan amonia juga terjadi karena hasil dekomposisi filamen *Spirogyra* sp. yang tua dan mati. Keberadaan filamen yang tua ini diduga selain akibat umur (sudah lebih dari satu minggu sejak aklimatisasi), juga disebabkan akibat ketidakmampuan *Spirogyra* sp. untuk regenerasi menghasilkan individu baru, terkait dengan kondisi kualitas air limbah yang sebagai media tumbuh (bahan organik dan kekeruhan yang tinggi).

Amonium (NH₄⁺)

Amonium (NH₄⁺) merupakan salah satu bentuk nitrogen di perairan yang keberadaannya merupakan sumber nutrisi bagi tanaman dan alga, selain itu amonium paling baik dimanfaatkan oleh alga pada kondisi lingkungan yang memiliki pH netral. Kandungan nilai amonium pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 7.

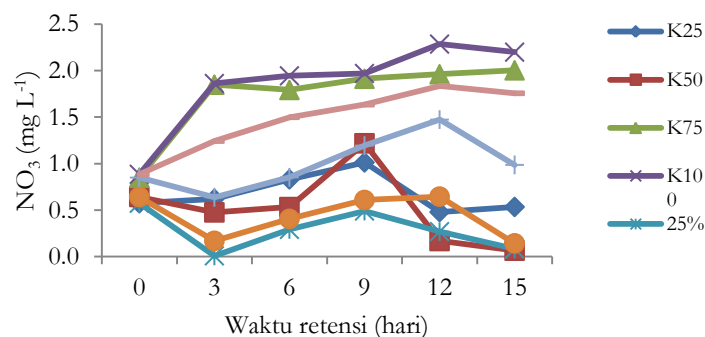


Gambar 7. Nilai rata-ran NH₄⁺ selama penelitian

Berdasarkan Gambar 7, diketahui bahwa kandungan amonium mengalami penurunan selama penelitian. Penurunan nilai amonium diduga dimanfaatkan oleh *Spirogyra* sp. dalam pertumbuhannya. Penurunan nilai amonium terjadi dari awal sampai hari ke-9 retensi pada perlakuan 50%, 75%, dan 100%, sedangkan pada perlakuan dosis limbah 25% penurunan terjadi hingga hari ke-3 lalu berfluktuasi hingga akhir pengamatan. Secara keseluruhan perlakuan mengalami peningkatan amonium terjadi dari hari ke-9 sampai hari ke-15. Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan dosis limbah tidak memberikan pengaruh terhadap perubahan nilai amonium ($P > 0,05$), sehingga tidak dilakukan uji lanjut.

Nitrat (NO₃-N)

Nitrat merupakan bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Perubahan nilai nitrat selama penelitian disajikan pada Gambar 8.



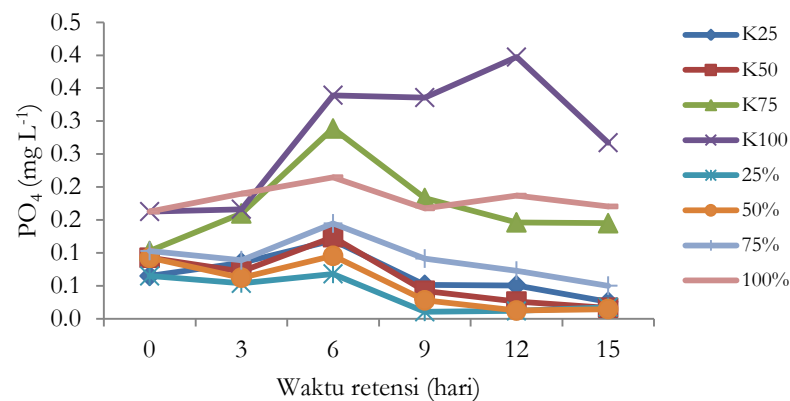
Gambar 8. Nilai rata-ran NO₃-N selama penelitian

Berdasarkan Gambar 8, dapat dilihat bahwa umumnya pada perlakuan kontrol, nilai nitrat mengalami peningkatan dari waktu ke waktu. Hal ini diduga karena terjadi dekomposisi bahan organik (nitrogen) menjadi nitrat yang berada pada perlakuan kontrol tidak dimanfaatkan lebih lanjut, sehingga terjadi akumulasi nitrat. Selain perlakuan kontrol, peningkatan nilai nitrat juga terjadi pada perlakuan dosis

limbah 75% dan 100%. Hal ini berarti nitrat berada dalam jumlah berlebih, sehingga diduga tidak dimanfaatkan oleh *Spirogyra* sp. Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan dosis limbah memberikan pengaruh terhadap perubahan konsentrasi nitrat ($P < 0,05$). Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa perlakuan 100% limbah berbeda nyata dengan perlakuan dosis limbah 25% dan 50%, sedangkan perlakuan dosis limbah 75% berbeda nyata dengan perlakuan limbah 25%.

Ortofosfat ($PO_4\text{-P}$)

Fosfor merupakan faktor pembatas di perairan tawar. Fosfor yang dimanfaatkan oleh tumbuhan air adalah fosfor anorganik, berupa ortofosfat. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan dosis limbah memberikan pengaruh terhadap perubahan nilai $PO_4\text{-P}$ ($P < 0,05$). Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan dosis limbah memberikan pengaruh terhadap perubahan konsentrasi ortofosfat ($P < 0,05$). Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa perlakuan 100% limbah berbeda nyata dengan perlakuan dosis limbah 25% dan 50%. Rataan nilai ortofosfat selama penelitian disajikan pada Gambar 9.

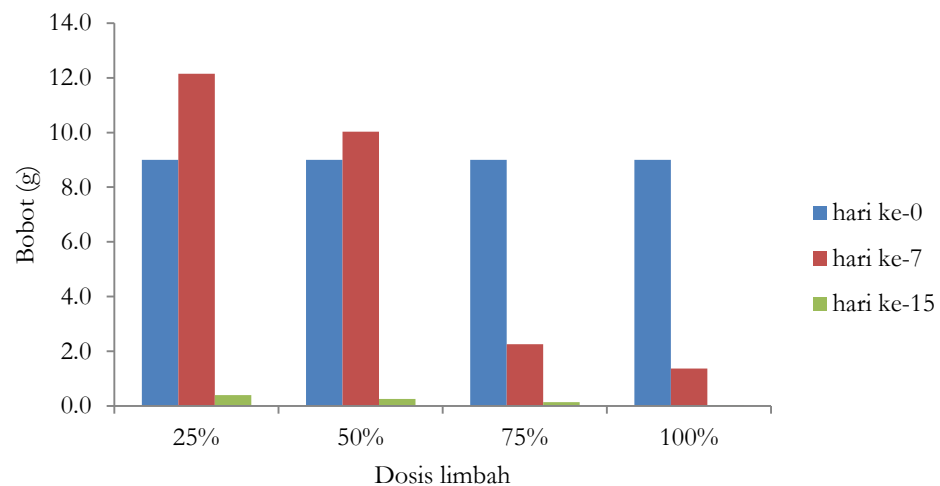


Gambar 9. Nilai rata-rata $PO_4\text{-P}$ selama penelitian

Perubahan nilai ortofosfat selama penelitian menunjukkan pola yang hampir sama dengan nilai nitrat. Umumnya pada perlakuan kontrol, nilai ortofosfat mengalami peningkatan dari waktu ke waktu. Selain perlakuan kontrol, peningkatan nilai ortofosfat juga terjadi pada perlakuan dosis limbah 100%. Hal ini berarti ortofosfat berada dalam jumlah berlebih, sehingga diduga ortofosfat yang tersedia tidak semuanya dimanfaatkan oleh *Spirogyra* sp.

Perubahan bobot *Spirogyra* sp.

Selama dua kali pengamatan (hari ke-7 dan hari ke-15), masing-masing perlakuan menunjukkan adanya penambahan bobot *Spirogyra* sp. hingga hari ke-7 dan menurun kembali pada hari ke-15 pada perlakuan 25% dan 50%, sedangkan pada perlakuan 75% dan 100% terjadi penurunan bobot seiring dengan pertambahan waktu (Gambar 10). Hingga hari ke-7, bobot *Spirogyra* sp. mengalami penambahan pada perlakuan dosis limbah 25% dan 50% dengan penambahan bobot masing-masing sebesar 35% dan 11%. Selanjutnya, pada hari ke-15 bobot *Spirogyra* sp. sudah mengalami penurunan pada kedua perlakuan dosis limbah tersebut.



Gambar 10. Bobot *Spirogyra* sp. selama penelitian

Tidak terjadinya penambahan bobot pada perlakuan dosis limbah 75% dan 100% diduga karena pengaruh tingginya nilai kekeruhan pada dua dosis limbah tersebut. Semakin tinggi kekeruhan, semakin rendah intensitas cahaya matahari yang masuk ke perairan. Hal ini berdampak pada proses fotosintesis di perairan tersebut. Berdasarkan hasil perubahan bobot *Spirogyra* sp. selama percobaan ini, maka dapat diketahui bahwa *Spirogyra* sp. dapat tumbuh dan mentolelir limbah pada dosis 25% dan 50%, selama 7 hari retensi.

Laju pertumbuhan *Spirogyra* sp.

Laju pertumbuhan *Spirogyra* sp. pada dosis limbah 25% sebesar 0,043 g hari⁻¹ dengan waktu penggandaan sekitar 16 hari, sedangkan laju pertumbuhan *Spirogyra* sp. pada dosis limbah 50% sebesar 0,015 g hari⁻¹ dengan waktu penggandaan sekitar 45 hari. Hal ini berarti bahwa dosis limbah 25% dapat memberikan kondisi yang lebih mendukung untuk pertumbuhan *Spirogyra* sp. sehingga waktu untuk penggandaan biomassa sebanyak dua kali dari biomassa awal bisa berlangsung lebih cepat. Nilai kekeruhan dan ketersediaan nutrisi diduga menjadi faktor yang berperan bagi pertumbuhan *Spirogyra* sp. pada penelitian ini.

Pertumbuhan alga erat kaitannya dengan keberadaan nutrisi di perairan. Kaitan antara perubahan nutrisi (NH₄⁺, NO₃-N, dan PO₄-P) dengan perubahan bobot alga berfilamen ditampilkan dalam suatu persamaan regresi pada Tabel 1.

Tabel 1. Persamaan regresi antara perubahan bobot *Spirogyra* sp. dengan nutrisi

Perlakuan	Persamaan Regresi	r	R ²
25%	$\ln y = 2,521 - 0,216 \ln x_1^* + 0,095 \ln x_2 + 0,147 \ln x_3$	0,956	0,914
50%	$\ln y = 2,155 - 0,048 \ln x_1^* + 0,009 \ln x_2 - 0,017 \ln x_3$	0,992	0,985

Keterangan: x₁ = NH₄⁺, x₂ = NO₃-N, x₃ = PO₄-P; * = pengaruh signifikan

Peningkatan bobot *Spirogyra* sp. terjadi karena bahan-bahan organik dapat dimanfaatkan oleh alga tersebut untuk pertumbuhannya, bahan-bahan tersebut antara lain amonium, nitrat, dan ortofosfat yang bersumber dari limbah cair budidaya ikan sidat. Berdasarkan Tabel 1, dapat diketahui bahwa persamaan regresi pada perlakuan dosis limbah 25% dan 50% menunjukkan pola yang hampir sama, yaitu bahwa penurunan nutrisi (terutama NH₄⁺) akan menyebabkan penambahan bobot *Spirogyra* sp. Berdasarkan hasil regresi tersebut, diketahui bahwa penurunan nilai NH₄⁺ memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan bobot *Spirogyra* sp.

Pembahasan

Percobaan pengolahan bahan organik limbah budidaya ikan sidat dengan *Spirogyra* sp. menunjukkan hasil yang cukup baik. Nilai COD sebagai cerminan bahan organik di perairan secara umum menunjukkan pola yang menurun pada semua perlakuan, termasuk pada kontrol. Hal ini diduga bakteri *indigenous* yang terdapat pada air limbah budidaya sidat tersebut berperan dalam proses dekomposisi bahan organik.

Dekomposisi bahan organik pada air limbah budidaya sidat ditandai dengan penurunan nilai COD. Penurunan COD terjadi efektif hingga hari ke-6 retensi, selanjutnya nilai COD mengalami fluktuasi. Adanya peningkatan COD selama perlakuan diduga disebabkan dari *Spirogyra* sp. yang tua dan mati. Keberadaan *Spirogyra* sp. yang mati ini akan berpengaruh terhadap konsentrasi nutrisi N dan P di perairan media tempat hidupnya. Roman *et al.* (2011) menyatakan bahwa fluktuasi nutrisi N dan P selain dipengaruhi oleh alga yang mati, juga dipengaruhi oleh pertumbuhan alga, konsentrasi N dan P dari air media, serta jumlah konsentrasi N dan P yang dibawa oleh alga tersebut.

Dekomposisi bahan organik oleh mikroba akan menghasilkan bahan anorganik berupa nutrisi yang dapat dimanfaatkan oleh *Spirogyra* sp. Pemanfaatan nutrisi tersebut dapat dilihat dari perubahan nilai NH_4^+ , $\text{NO}_3\text{-N}$, dan $\text{PO}_4\text{-P}$. Pemanfaatan nutrisi melalui proses fotosintesis selanjutnya dapat menyebabkan pertumbuhan *Spirogyra* sp. yang ditandai dengan penambahan bobot alga berfilamen ini. *Spirogyra* sp. hanya mengalami penambahan bobot pada perlakuan dosis limbah 25% serta perlakuan dosis limbah 50% selama 7 hari retensi. Selanjutnya, pada hari ke-15 bobot *Spirogyra* sp. sudah berkurang pada kedua perlakuan dosis limbah tersebut. Tingginya nilai kekeruhan pada perlakuan dosis limbah 75% dan 100% menyebabkan proses fotosintesis terganggu, sehingga bobot *Spirogyra* sp. menurun. Berdasarkan hasil penelitian ini, didapatkan informasi bahwa *Spirogyra* sp. mampu mentolelir limbah budidaya sidat pada dosis limbah 25% dan 50%.

Pola peningkatan nutrisi N dan P seiring dengan pertumbuhan *Spirogyra* sp. pada penelitian ini juga serupa dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Roman *et al.* (2011). Berdasarkan penelitian tersebut, diketahui bahwa selama dua minggu percobaan, konsentrasi N dan P mengalami peningkatan pada semua perlakuan yang diuji (perlakuan berupa perbedaan sumber air media tumbuh *Spirogyra* sp.). Pola pertumbuhan *Spirogyra* sp. juga memperlihatkan hasil yang sama. Pertumbuhan berlangsung efektif selama 1 minggu retensi, setelah itu mengalami penurunan hingga minggu ke 2. Hasil penelitian Roman *et al.* (2011) juga memberikan informasi bahwa nilai N dan P tertinggi tidak selalu menyebabkan pertumbuhan *Spirogyra* sp. tertinggi pula. Hal ini mengindikasikan bahwa adanya batas maksimum penyerapan nutrisi N dan P oleh *Spirogyra* sp.

Nutrisi yang berasal dari N dan P merupakan persyaratan yang dibutuhkan alga secara umum, dalam hal ini termasuk alga berfilamen *Spirogyra* sp. untuk melangsungkan pertumbuhannya. Telah diketahui bahwa keberadaan nutrisi tersebut merupakan faktor pembatas untuk pertumbuhan alga. Adanya keterbatasan pemanfaatan nutrisi N dan P menyebabkan perbedaan jumlah nutrisi N dan P yang diserap oleh *Spirogyra* sp. Berdasarkan hasil analisis regresi berganda pada Tabel 1, dapat diketahui bahwa amonium (NH_4^+) merupakan nutrisi yang paling berpengaruh terhadap peningkatan bobot dan pertumbuhan *Spirogyra* sp. Hal ini terlihat dari penurunan nilai NH_4^+ menyebabkan peningkatan bobot *Spirogyra* sp. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hmaidan *et al.* (2011), diperoleh informasi bahwa *Spirogyra* sp. memiliki pertumbuhan yang lebih baik pada perairan dengan kandungan nitrogen yang cukup tinggi. Hasil serupa juga didapatkan dari penelitian Brubaker *et al.* (2011) bahwa keberadaan N pada konsentrasi yang cukup akan memberikan pertumbuhan *Spirogyra* sp. yang optimal.

Hingga pengamatan hari ke-6, beberapa parameter lingkungan yang diukur sebagai cerminan kualitas air juga memberikan hasil yang cukup baik, seperti penurunan kekeruhan dan peningkatan nilai pH dan alkalinitas. Perairan dengan nilai alkalinitas tinggi umumnya lebih produktif dibandingkan perairan dengan alkalinitas rendah. Tingginya produktivitas perairan ini berkaitan dengan keberadaan fosfor dalam bentuk $\text{PO}_4\text{-P}$ yang jumlahnya mengalami peningkatan. Hal ini didukung dengan pernyataan Boyd (1988) bahwa peningkatan produktivitas perairan dapat disebabkan oleh keberadaan fosfor dan elemen esensial lain yang kadarnya meningkat, seiring dengan peningkatan alkalinitas.

Peningkatan kualitas air pada pengolahan limbah budidaya sidat ini juga berpengaruh pada kelangsungan hidup dan pertumbuhan *Spirogyra* sp. Pertumbuhan *Spirogyra* sp. selain disebabkan oleh keberadaan nutrisi sebagai nutrisi alga berfilamen ini, peningkatan kualitas air melalui peningkatan pH dan alkalinitas yang membuat perairan lebih stabil, juga didukung oleh ketersediaan intensitas cahaya matahari.

Hal ini akan mendukung perkembangbiakan *Spirogyra* sp. secara aseksual dengan fragmentasi (pemutusan talus) dan atau perkembangbiakan seksual melalui konjugasi (Bellinger dan Sige, 2010).

Meskipun penurunan nilai COD pada dosis limbah 25% dan 50% masih berada pada nilai reduksi <40%, termasuk kategori kurang efektif pada pengolahan limbah cair (Djunaedi, 2007), namun proses pengolahan limbah tersebut setidaknya juga mampu menurunkan nilai kekeruhan, meningkatkan nilai pH dan alkalinitas, serta memicu pertumbuhan *Spirogyra* sp. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat dikatakan bahwa pengolahan limbah budidaya sidat secara biologi melalui pemanfaatan *Spirogyra* sp. berlangsung cukup efektif.

Kesimpulan

Penurunan konsentrasi bahan organik menggunakan *Spirogyra* sp. berlangsung efektif hingga hari keenam. *Spirogyra* sp. mampu tumbuh dan mentolelir limbah budidaya sidat pada dosis limbah 25% dan 50%. *Spirogyra* sp. pada perlakuan dosis limbah 50% memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menurunkan bahan organik limbah budidaya sidat dibandingkan perlakuan lainnya.

Daftar Pustaka

- Afrianto, E., E. Liviawaty. 2005. Pakani ikan. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- American Public Health Association (APHA). 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater, 22nd Edition. Editor E.W., Rice R.B., Baird A.D., Eaton L.S. (eds). Clesceri. American Public Health Association, Virginia.
- Bellinger, E.G., D.C. Sige. 2010. Fresh water algae: Identification and use as bioindicator. John Wiley & Sons Ltd, London.
- Bishnoi, N.R., R. Kumar, S. Kumar, S. Rani. 2007. Biosorption of Cr(III) from aqueous solution using algal biomass *Spirogyra* spp. Journal *Hazardous Materials*, 145 (1-2): 142-147.
- Boyd, C.E. 1988. Water quality in warmwater fish ponds. Auburn University, Alabama.
- Brubaker, L., C. Maier, K. Skelly. 2011. Effects of varying levels of nitrogen on *Spirogyra* sp. growth. Scientific Poster. Baylor University, Texas.
- Bureau, D.P., K. Hua. 2010. Towards effective nutritional management of waste outputs in aquaculture, with particular reference to salmonid aquaculture operations. Review article. Journal *Aquaculture Research* 41: 777-792.
- Djunaedi, H. 2007. Kajian efektivitas pengolahan limbah cair rumah sakit (studi kasus rumah sakit di wilayah DKI Jakarta). disertasi. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Fovet, O., G. Belaud, X. Litrico, S. Charpentier, C. Bertrand, A. Dauta, C. Hugodot. 2010. Modelling periphyton in irrigation canals. *Ecological Modelling* 221: 1153-1161.
- Gobler, C.J., A. Burson, F. Koch, Y. Tang, M.R. Mulholland. 2012. The role of nitrogenous nutrients in the occurrence of harmful algal blooms caused by *Cochlodinium polykrikoides* in New York estuaries (USA). *Journal Harmful Algae* 17: 64–74.
- Hmaidan, S., S. Carter, M. Alba. 2011. The effects of different nitrogen levels on *Spirogyra* sp. Scientific Poster. Baylor University, Texas.
- Khalaf, M. 2008. Biosorption of reactive dye from textile wastewater by non-viable biomass of *Aspergillus niger* and *Spirogyra* sp. *Bioresource Technology* 99: 6631-6634.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). 2010. Sidat jadi primadona. Artikel http://www.kkp.go.id/index.php/arsip/c/2471/Sidat-Jadi-Primadona/?category_id=30. Akses tanggal 21 Februari 2014.
- Midlen, A., T.A. Redding. 2000. Environmental management for aquaculture. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
- Nofdianto. 2010. Prospek kanal perifiton eksterior sebagai media pemantau dampak antropogenik dan perubahan iklim pada ekosistem perairan lentik, dalam Prosiding Seminar Nasional Limnologi V tahun 2010, Bogor 28 Juli 2010, hal 272-280.
- Roman, M., S. Nguyen, V. Manon. 2011. Nitrogen and phosphorus effects on algal growth in various locations. Scientific Poster. Baylor University, Texas.
- Suitha, I.M., A. Suhaeri. 2008. Budidaya sidat. PT Agromedia Pustaka, Jakarta.