

PREDIKSI SOKONGAN UNSUR HARA DARI SUBSTRAT ZEORETE BERNUTRIEN BAGI PERTUMBUHAN DIATOM PERIFITIK

PREDICTION OF NUTRIENTS SUPPLY BY FERTILIZED ZEORETE SUBSTRATES TO SUPPORT GROWTH OF PERIPHYTIC DIATOMS

Niken Tunjung Murti Pratiwi¹⁾, Inna Puspa Ayu²⁾, dan Mursalin³⁾
^{1,2,3)}Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, FPIK, Institut Pertanian Bogor

Jalan Lingkar Akademik, Kampus IPB Darmaga, Bogor

Email: ¹⁾niken_tmpratiwi@yahoo.com; ²⁾innapuspa@gmail.com; ³⁾mursalin26@yahoo.com

dikirim 20 Agustus 2010, diterima setelah perbaikan 3 September 2010

Abstrak: Budidaya perairan seringkali memunculkan permasalahan tingginya sisa pakan buatan. Alternatif pemberian pakan alami, misalnya perifiton diperlukan untuk mengurangi penggunaan pakan buatan sehingga kualitas dan daya dukung perairan terjaga. Penelitian ini dilakukan guna mendapatkan gambaran kecukupan sediaan hara pendukung pertumbuhan diatom perifitik serta pola pertumbuhannya. Kajian ini dicobakan pada substrat semen-zeolit (zeorete/Z) bernutrien. Pada substrat ditambahkan pupuk teknis P, N, dan Si, serta diharapkan dapat menyimpan cadangan dan melepaskan hara sediaan biologis bagi kebutuhan pertumbuhan diatom. Dosis pupuk dibedakan atas dua pendekatan, yaitu rasio (ZR) dan konsentrasi (ZK); masing-masing dengan tiga tingkatan. Selanjutnya dilakukan penyusunan model dengan perangkat lunak STELLA untuk mendapatkan gambaran mengenai prediksi keberadaan hara sediaan biologis sebagai lepasan dari cadangan hara, serta perkiraan rentang waktu penyokongan hara sediaan biologis dari substrat. Percobaan dilakukan menggunakan Rancangan Split Plot in Time. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substrat zeorete dapat menyumbang hara sediaan biologis yang memadai bagi kebutuhan pertumbuhan diatom. Diatom dapat tumbuh dengan baik pada substrat dengan capaian kelimpahan yang berbeda. Produktivitas diatom pada substrat zeorete didukung oleh amonia, nitrat, dan silika. Substrat dengan perlakuan rasio memberikan variasi komposisi jenis diatom yang tumbuh, sedangkan substrat dengan perlakuan konsentrasi menunjukkan capaian biomassa yang mantap. Substrat zeorete mampu menyediakan kebutuhan hidup bagi diatom secara general.

Kata kunci: diatom perifitik, substrat zeorete, dan unsur hara.

Abstract: Aquaculture activities mostly caused high residue of artificial food. The alternative of natural food feeding, as periphyton is needed to reduce artificial food feeding. Thus the quality and carrying capacity of waters can sustain. The aim of this research is to comprehend the sufficient of nutrients in supporting growth of periphytic diatoms. Small zeolite-concrete blocks, namely zeorete (Z), were fertilized by applicative fertilizer of P, N, and Si. The substrate was expectantly held the reserve nutrients that would be released as biological available nutrients for the growth of periphytic diatoms. The fertilizer dosages based on two approach, the N:P ratio (ZR) and the concentration of P (ZK). The experiment was set as Split Plot in Time Design. The prediction models of nutrient supply and time length of nutrient support released from substrate were composed using STELLA[®] software. Regression models were composed to understand the relationship between density and biomass of diatom with released nutrients. The result showed that zeorete could support sufficient nutrients for the periphytic diatoms, and the diatoms could grow well on the substratum with different achievement. Productivity of diatoms on zeorete was supported by the availability ammonium, nitrate, and silicate. The treatment of ratio gave a variation composition of diatom, while the treatment of concentration gave a stable achievement of biomass. Zeorete provides living requirement generally for the diatoms.

Keywords: nutrient, periphytic diatom, dan zeorete substrate.

PENDAHULUAN

Intensitas operasional (teknologi dan sistem produksi) budidaya perairan yang melampaui daya dukung lingkungan berakibat pada peningkatan biaya sosial dan masalah

lingkungan dan tekanan ekologis (Hagler, 1997). Hal ini terjadi karena kegiatan budidaya perairan seringkali memunculkan permasalahan tingginya sisa pakan buatan. Sisa pakan yang terbuang ke dalam kolom perairan, tidak seluruhnya segera terdekomposisi, melainkan akan terendapkan di dasar perairan. Endapan sisa pakan yang berlebih dapat mengganggu keseimbangan proses ekologis dalam perairan karena porsi pemanfaatan oksigen untuk kebutuhan proses dekomposisi akan meningkat tajam. Hal ini tentu akan berpengaruh pada ketersediaan oksigen bagi biota target budidaya. Disamping itu, tingginya pemanfaatan oksigen juga dapat memunculkan kondisi anoksik pada lapisan dasar perairan yang sangat merugikan keberlangsungan operasional budidaya tersebut.

Oleh karena itu, kegiatan budidaya seharusnya kembali pada sistem budidaya dengan memanfaatkan pakan alami (Shishehchian dan Yusoff, 1999), baik yang hidup sebagai plankton, perifiton, atau pun bentos. Alternatif pemberian pakan alami tersebut diperlukan untuk mengurangi penggunaan pakan buatan, sehingga kualitas dan daya dukung perairan terjaga. Penumbuhan pakan alami yang tepat dengan kuantitas yang memadai dapat dilakukan melalui pemupukan. Penerapan pupuk dengan komposisi dan dosis yang berbeda akan memunculkan pakan alami yang berbeda.

Garcia WU dan Garcia RU (1985) menerapkan suatu sistem pemupukan dengan cara mencampurkan berbagai macam unsur hara kebutuhan hidup perifiton pada granula silika. Granula tersebut akan ditumbuhi oleh pakan alami, yaitu algae mikro. Dalam kajian ini dicobakan dua substrat semen-zeolit (selanjutnya disebut sebagai substrat *zeocrete*) bernutrien. Mineral zeolit memiliki keutamaan berupa kemampuannya untuk menyerap serta melepaskan air kembali secara bolak-balik. Di samping itu, zeolit memiliki kemampuan untuk mempertukarkan kation-kation tertentu secara selektif tanpa mengalami perubahan struktur materi secara berarti (Shariatmadari, 2008 *in* Katouli, 2010). Penggunaan materi zeolit dalam berbagai percobaan penjerapan dan pelepasan unsur hara, baik di terestrial atau pun di air, telah banyak dilakukan (Liu dan Lo, 2001; Kavooosi, 2007; Ashrafizadeh, Khorasani, dan Gorjiara, 2008).

Penyiapan *zeocrete* bernutrien dilakukan melalui penambahan pupuk teknis P, N, dan Si sebagai sediaan unsur hara dalam substrat *zeocrete* tersebut. Substrat *zeocrete* diharapkan dapat menyimpan cadangan serta melepaskan unsur hara sediaan biologis (*biological available nutrients*) bagi kebutuhan pertumbuhan algae mikro, yaitu diatom perifitik.

Penelitian ini dilakukan guna mendapatkan gambaran mengenai lepasan unsur hara dari substrat, kecukupan sediaan unsur hara dalam mendukung pertumbuhan diatom perifitik, serta pola pertumbuhan diatom tersebut. Lepasannya unsur hara tersebut berasal dari cadangan dalam substrat. Cadangan unsur hara yang dimaksudkan adalah kuantitas pupuk yang dipersiapkan dalam proses pencampuran bahan baku pembuatan substrat buatan *zeocrete*, yang telah siap berada dalam bentuk sediaan biologis.

METODE PENELITIAN

Penelitian berupa percobaan dengan Rancangan *Split Plot in Time* (Matjik dan Sumertajaya, 2000), yang dilaksanakan di laboratorium dalam lingkup Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan (MSP), FPIK, IPB. Penelitian diawali dengan percobaan pendahuluan untuk mendapatkan gambaran mengenai lepasan unsur hara dari substrat *zeocrete*. Hasil percobaan menunjukkan bahwa *zeocrete* dapat memberikan lepasan unsur hara dengan konsentrasi yang memadai bagi diatom perifitik yang akan ditumbuhkan.

Substrat dirancang berupa blok-blok yang berselubung lilin, kecuali permukaannya. Blok substrat yang digunakan untuk menumbuhkan diatom digunakan berupa blok kecil berukuran $(1 \times 1 \times 2) \text{ cm}^3$.

Inokulan perifiton yang digunakan adalah isolat murni dari enam jenis diatom yang diperoleh dari Balai Besar Riset Perikanan Laut-Gondol, Bali dan Pusat Penelitian Oseanologi-Ancol, Jakarta, PT Bratasena, Lampung, serta hasil isolasi Laboratorium Riset Plankton, Departemen MSP, FPIK, IPB. Diatom tersebut adalah *Thalassiosira* sp., *Cyclotella* sp., *Melosira* sp., *Navicula* sp., *Amphora* sp., dan *Phaeodactylum tricornutum*.

Pupuk yang diterapkan pada substrat adalah pupuk anorganik N, P, dan Si dengan dosis tertentu. Dosis pupuk tersebut dibedakan atas dua pendekatan, yaitu pendekatan rasio (ZR dan BR) dan pendekatan (ZK dan BK), yang masing-masing terdiri dari tiga tingkatan. Masing-masing penerapan pupuk mendapatkan tiga ulangan, demikian pula untuk perlakuan tanpa penambahan pupuk.

Pengamatan dan pengukuran dilakukan dalam rentang waktu 27 hari. Metode peneraan kualitas air dan unsur hara mengacu pada metode yang tercantum pada Eaton *et al.* (1995) serta Parsons *et al.* (1984), penentuan biomassa diatom meliputi pengukuran biovolume sel (Hillebrand *et al.*, 1999), serta penentuan kelimpahan sel dengan metode Haemocytometer (Guillard, 1975 *in* Stein, 1975).

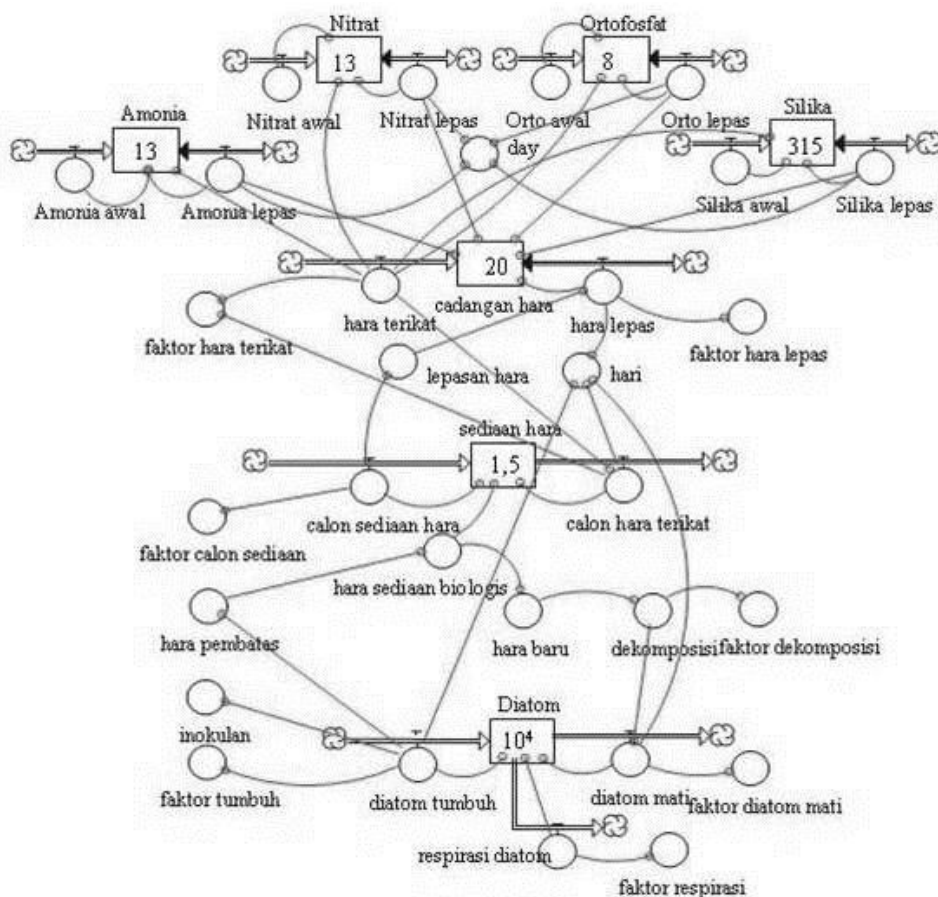
Perkiraan rentang waktu penyokongan unsur hara sediaan biologis dari substrat dilakukan melalui penyusunan model menggunakan perangkat lunak STELLA. Analisis statistika mengacu pada Rancangan *Split Plot in Time* digunakan untuk melihat pengaruh perbedaan perlakuan pupuk terhadap lepasan unsur hara ke dalam kolom air. Persamaan regresi berganda (Matjik dan Sumertajaya, 2000) digunakan untuk menghubungkan antara keberadaan diatom perifitik dengan sediaan unsur hara lepasan dari substrat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

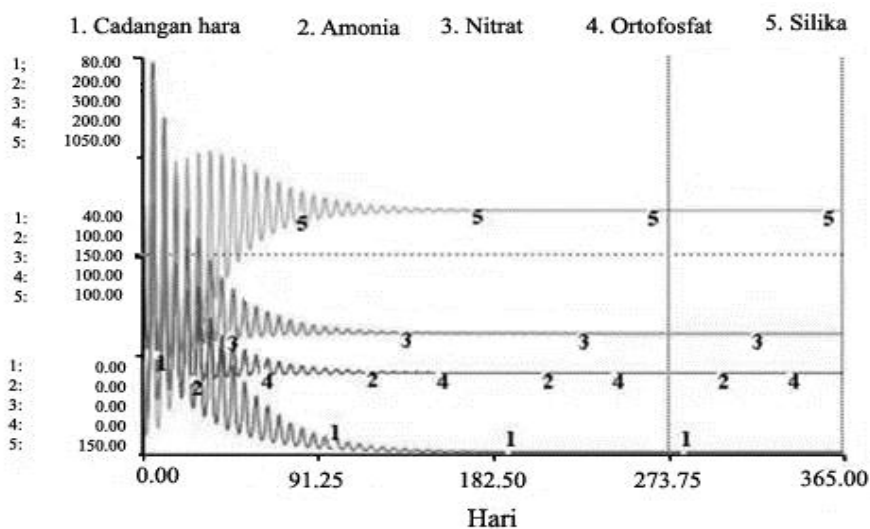
Hasil

Kemampuan substrat *zeocrete* dalam menyokong keberadaan unsur hara sediaan biologis bagi diatom diilustrasikan pada gambar 1. Selanjutnya, gambar 2 mengilustrasikan bahwa pemanfaatan unsur hara sediaan biologis oleh diatom selama penelitian berpengaruh terhadap proses penyokongan unsur hara sediaan biologis dari substrat *zeocrete*. Dengan kehadiran diatom, pada suatu ketika akan terjadi penambahan unsur hara sediaan biologis dari sel diatom yang telah mati. Adanya unsur hara dari sel diatom yang telah mati tidak terlalu berpengaruh terhadap penambahan cadangan hara dalam substrat.

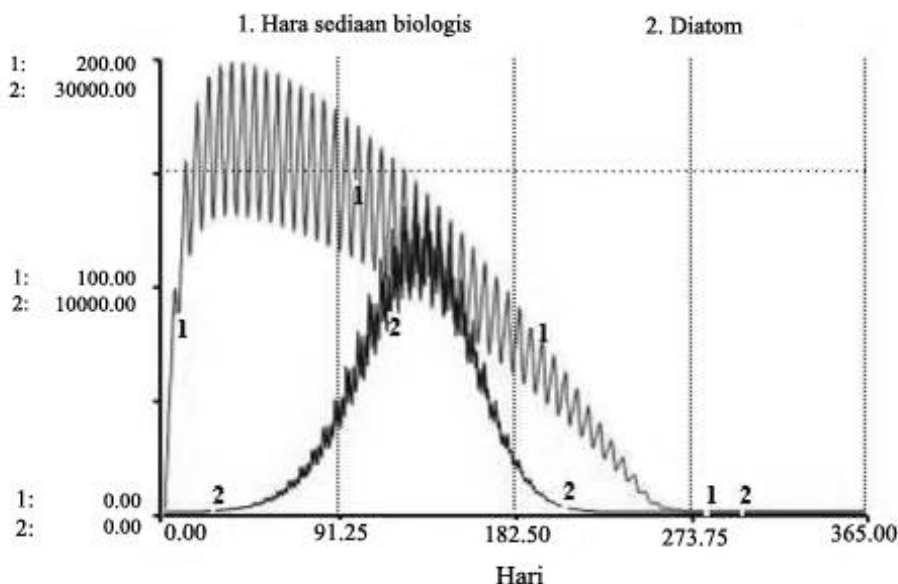
Berdasarkan gambar 3 juga tampak bahwa kemampuan *zeocrete* dalam menyokong keberadaan unsur hara sediaan biologis mengalami perubahan seiring dengan kehadiran diatom. Juga bahwa besarnya sokongan hara yang diberikan relatif lebih rendah daripada sebelum ditumbuhi diatom.



Gambar 1. Diagram pendekatan proses penyokongan unsur hara sediaan biologis dari substrat *zeocrete* setelah ditumbuhi diatom.



Gambar 2. Grafik keberadaan unsur hara sediaan biologis dari substrat *zeocrete* setelah ditumbuhi diatom.



Gambar 3. Grafik perkiraan potensi dan rentang waktu penyokongan unsur hara sediaan biologis dari substrat *zeocrete* setelah ditumbuhi diatom.

Pertumbuhan Diatom

Pertumbuhan populasi diatom dapat digambarkan dari adanya perubahan jumlah individu dalam rentang waktu tertentu. Diatom dapat memanfaatkan unsur hara anorganik atau pun organik yang terlarut dalam air. Hubungan fungsional yang disajikan dalam penelitian ini adalah hubungan antara keberadaan diatom (kelimpahan dan biomassa) dengan kandungan nitrogen secara terpisah (amonia dan nitrat) serta unsur hara lainnya (tabel 1, 2, dan 3). Biota autotrof sebagaimana diatom, akan memilih nitrogen dalam bentuk amonia terlebih dahulu dibandingkan dengan bentuk nitrogen anorganik terlarut (NAT) yang lain (Nontji, 1984) untuk melakukan proses fotosintesis. Tampak bahwa semua persamaan dapat menggambarkan secara baik keterkaitan antara keberadaan diatom dengan unsur hara. Persamaan yang baik dapat memberikan informasi mengenai unsur hara yang paling berperan dalam menentukan keberadaan diatom (bertanda: *).

Tabel 1. Persamaan regresi yang menunjukkan keterkaitan antara kelimpahan diatom dengan unsur hara sediaan biologis.

Substrat	Persamaan	r	r ²	Sign.
ZR0	$\text{Ln } Y = 3,416 - 0,420\text{Ln}X_1 - 0,117\text{Ln}X_2 - 0,127\text{Ln}X_3 + 0,501\text{Ln}X_4$	0,807	0,651	0,281
ZR1	$\text{Ln } Y = -1,880 - 0,315\text{Ln}X_1 + 0,083\text{Ln}X_2 - 0,451\text{Ln}X_3^* + 0,847\text{Ln}X_4$	0,897	0,805	0,099
ZR2	$\text{Ln } Y = 2,325 - 0,945\text{Ln}X_1^* + 0,447\text{Ln}X_2^* - 0,381\text{Ln}X_3^* + 0,673\text{Ln}X_4^*$	0,935	0,875	0,043
ZR3	$\text{Ln } Y = 2,638 - 0,581\text{Ln}X_1^* + 0,067\text{Ln}X_2 - 0,127\text{Ln}X_3 + 0,628\text{Ln}X_4^*$	0,904	0,818	0,087
ZK0	$\text{Ln } Y = -3,565 + 0,328\text{Ln}X_1 + 0,026\text{Ln}X_2 - 0,238\text{Ln}X_3 + 0,779\text{Ln}X_4^*$	0,858	0,736	0,172
ZK1	$\text{Ln } Y = -6,707 - 0,383\text{Ln}X_1 + 0,333\text{Ln}X_2 - 0,082\text{Ln}X_3 + 0,913\text{Ln}X_4^*$	0,842	0,709	0,205
ZK2	$\text{Ln } Y = 7,830 - 0,221\text{Ln}X_1 - 0,481\text{Ln}X_2 - 0,369\text{Ln}X_3 + 0,475\text{Ln}X_4^*$	0,908	0,825	0,081
ZK3	$\text{Ln } Y = 13,255 + 0,247\text{Ln}X_1^* - 0,839\text{Ln}X_2^* + 0,305\text{Ln}X_3^* + 0,115\text{Ln}X_4$	0,966	0,934	0,013

Keterangan: Y (kelimpahan diatom), X₁ (amonia), X₂ (nitrat), X₃ (ortofosfat), X₄ (silika).

Tabel 2. Persamaan regresi yang menunjukkan keterkaitan antara biomassa diatom dengan unsur hara sediaan biologis.

Substrat	Persamaan	r	r ²	Sign.
ZR0	$\text{Ln } Y = 5,582 - 0,366\text{Ln}X_1 - 0,068\text{Ln}X_2 - 0,206\text{Ln}X_3 + 0,588\text{Ln}X_4^*$	0,785	0,785	0,329
ZR1	$\text{Ln } Y = 1,131 - 0,376\text{Ln}X_1^* + 0,1349\text{Ln}X_2 - 0,374\text{Ln}X_3^* + 0,769\text{Ln}X_4^*$	0,854	0,729	0,180
ZR2	$\text{Ln } Y = 5,739 - 0,947\text{Ln}X_1^* + 0,454\text{Ln}X_2^* - 0,320\text{Ln}X_3^* + 0,646\text{Ln}X_4^*$	0,928	0,861	0,053
ZR3	$\text{Ln } Y = 2,935 - 0,667\text{Ln}X_1^* + 0,118\text{Ln}X_2 - 0,229\text{Ln}X_3^* + 0,736\text{Ln}X_4^*$	0,951	0,904	0,026
ZK0	$\text{Ln } Y = 5,687 - 0,223\text{Ln}X_1 - 0,216\text{Ln}X_2 - 0,072\text{Ln}X_3 + 0,596\text{Ln}X_4^*$	0,813	0,661	0,267
ZK1	$\text{Ln } Y = -5,424 - 0,420\text{Ln}X_1^* + 0,383\text{Ln}X_2 - 0,149\text{Ln}X_3 + 0,968\text{Ln}X_4^*$	0,868	0,753	0,153
ZK2	$\text{Ln } Y = 13,526 - 0,445\text{Ln}X_1 - 0,276\text{Ln}X_2 - 0,392\text{Ln}X_3 + 0,428\text{Ln}X_4$	0,831	0,691	0,227
ZK3	$\text{Ln } Y = 15,815 + 0,191\text{Ln}X_1^* - 0,749\text{Ln}X_2^* + 0,334\text{Ln}X_3^* + 0,221\text{Ln}X_4^*$	0,970	0,941	0,010

Keterangan: Y (kelimpahan diatom), X₁ (amonia), X₂ (nitrat), X₃ (ortofosfat), X₄ (silika).

Persamaan tersebut ditarik dari hubungan antara biomassa diatom dan keberadaan unsur hara dari rentang waktu yang sama. Hal ini juga menunjukkan bahwa diatom memanfaatkan dengan cepat unsur hara sediaan biologis yang merupakan *instantenous available nutrients* untuk membentuk biomasnya.

Pembahasan

Potensi penyokongan unsur hara sediaan biologis oleh substrat

Diagram yang disusun menggunakan program STELLA menggambarkan pelepasan cadangan unsur hara sebagai unsur hara sediaan biologis, penyokongan unsur hara sediaan biologis, serta pengikatan kembali unsur hara ke dalam materi substrat. Komponen yang paling berperan adalah waktu, besaran dari cadangan unsur hara, serta keberadaan unsur hara yang diterapkan pada awal pengamatan.

Pupuk yang diterapkan merupakan cadangan unsur hara dalam substrat. Cadangan unsur hara tersebut akan terlepas jika konsentrasi dalam media air lebih rendah dari substrat, terutama bagian permukaan. Pada bagian permukaan substrat terjadi proses terlepas dan terikatnya kembali unsur hara. Bila media telah jenuh akan unsur hara tertentu, atau cadangan unsur hara dalam substrat tidak dapat lagi menyumbang pada media, maka proses tersebut berhenti.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa diatom yang ditumbuhkan pada permukaan substrat dapat memanfaatkan unsur hara sediaan biologis yang lepas dari substrat yang menyebabkan terjadinya penurunan kandungan cadangan hara dalam substrat. Namun, sebaliknya, juga terdapat tambahan unsur hara dari adanya diatom yang mati dan terdekomposisi. Hal ini mengakibatkan terjadinya dinamika cadangan hara, lepasan hara yang berbeda, serta memunculkan rentang waktu kemampuan penyokongan hara yang berbeda pula.

Gambaran mengenai cadangan unsur hara dalam substrat adalah sebagai berikut. Pada substrat *zeocrete*, terdapat cadangan unsur hara hingga sekitar hari ke-95. Namun, bila penumbuhan diatom dilakukan secara kontinyu, cadangan unsur hara dapat bertahan hingga sekitar hari ke-270. Hal ini diperkirakan terjadi karena adanya lepasan unsur hara dari lapisan *zeocrete* yang lebih dalam. Unsur hara dari lapisan lebih dalam tersebut terlepas ketika kandungan dalam media sekitar permukaan substrat lebih rendah. Keadaan ini sesuai dengan yang dijelaskan oleh Kavooosi (2007) bahwa materi zeolit (bahan utama *zeocrete*) memiliki sifat *slow release* atau dapat melepaskan ion (unsur hara) secara perlahan. Di samping itu, bertambahnya waktu sediaan unsur hara juga dimungkinkan terjadi karena adanya sumbangan unsur hara dari hasil proses dekomposisi biomassa diatom yang telah mati.

Pertumbuhan Diatom

Diatom dalam perairan dapat dijumpai sebagai organisme planktonik atau pun perifitik. Tetapi suatu jenis diatom juga dapat memiliki kedua bentuk kehidupan tersebut. Meskipun demikian, diatom tertentu yang hidup sebagai organisme planktonik akan memiliki karakteristik fisiologi yang berbeda dari yang hidup sebagai organisme perifitik.

Diatom planktonik yang hidup dalam kolom air senantiasa memerlukan upaya untuk mempertahankan eksistensinya dalam kolom air tersebut karena adanya fenomena proses penenggelaman (*sinking*). Sebaliknya, diatom perifitik memiliki proporsi pemanfaatan energi lebih besar untuk melangsungkan pertumbuhan populasinya. Pertumbuhan diatom perifitik sangat dipengaruhi oleh cahaya, ruang, dan ketersediaan unsur hara (Lowe, 1996 *in* Sigeo, 2005).

Dalam penelitian ini tampak bahwa data yang ada dapat menggambarkan persamaan yang terbentuk dengan cukup baik. Keeratan hubungan antara kelimpahan diatom dengan keberadaan unsur hara juga cukup tinggi. Persamaan regresi ditarik dari hubungan antara kelimpahan diatom dan keberadaan unsur hara dari rentang waktu yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa diatom memanfaatkan dengan cepat unsur hara sediaan biologis yang merupakan *instantaneous available nutrients* untuk meningkatkan kelimpahan.

Secara umum tampak adanya hubungan yang positif antara kelimpahan diatom dengan keberadaan silika. Diatom adalah kelompok algae yang memanfaatkan silika sebagai unsur hara makro untuk membentuk dinding selnya (*frustule*).

Secara total tidak tampak peran yang menonjol dari suatu komponen unsur hara dalam mendukung pertumbuhan diatom pada substrat tanpa tambahan unsur hara. Pada substrat *zeocrete*, selain amonia dan nitrat, silika menunjukkan peran yang penting dalam mendukung pertumbuhan diatom. Keberadaan diatom pada substrat *zeocrete* dapat dikatakan terkendali oleh sifat zeolit sebagai penyusun utama *zeocrete*. Zeolit memberikan lepasan unsur hara secara perlahan serta memberikan suatu kondisi sediaan hara yang unik.

Bila disimak berdasarkan keberadaan jenis diatom yang ditumbuhkan, akan diperoleh gambaran yang bervariasi terhadap perlakuan yang diberikan. Pada perlakuan konsentrasi atau pun perlakuan rasio, keberadaan silika sangat berperan dalam menunjang pertumbuhan semua jenis diatom. Selain itu, semakin tinggi tingkat perlakuan diterapkan, akan semakin kompleks keterkaitan yang terjadi. Dengan kata lain, dengan meningkatnya konsentrasi P dan rasio N:P, semakin jelas peran unsur hara dalam menunjang pertumbuhan diatom.

Berdasarkan uraian tersebut, secara umum dapat dinyatakan bahwa substrat memiliki kemampuan yang berbeda dalam menyediakan kebutuhan hidup bagi diatom. Namun, secara umum, beberapa atau seluruh jenis diatom pada substrat *zeocrete* tumbuh dengan proporsi yang hampir sama pada beberapa periode pengamatan. Dengan kata lain substrat *zeocrete* memberikan peluang bagi tumbuhnya beberapa atau seluruh jenis diatom secara bersamaan. Dengan demikian, *zeocrete* bersifat general dalam menyediakan kebutuhan hidup bagi diatom. Kondisi ini menggambarkan adanya kemungkinan aplikasi yang fleksibel bagi substrat *zeocrete* dalam menumbuhkan pakan alami dari kelompok diatom perifitik (Pratiwi *et al.*, 2007)

Pertumbuhan diatom dapat tetap berlangsung, baik ketika kandungan unsur hara (P) relatif sedikit atau pun melimpah. Kedua kondisi tersebut menghasilkan gambaran proses yang berbeda. Pada keadaan P terbatas, laju pertumbuhan alga bergantung pada konsentrasi fosfat eksternal. Ketika konsentrasi P lebih tinggi, ketika pertumbuhan alga tidak mengalami keterbatasan unsur hara, kelebihan P akan disimpan di dalam sel sebagai polifosfat tidak terlarut. Penjerapan dan penyimpanan P demikian disebut sebagai '*luxury consumption*' yang akan memberikan cadangan penting bila suatu saat terjadi kondisi kekurangan P. *Luxury consumption* dapat terjadi bila konsentrasi P tinggi atau saat masukan unsur hara kunci yang lain sedikit dan terbatas keberadaannya (Sigeo, 2005).

Berdasarkan hubungan antara kandungan unsur hara dengan nilai kelimpahan pada periode pengamatan yang berbeda, tampak bahwa koefisien untuk unsur hara P relatif kecil. Sel diatom cukup memanfaatkan ortofosfat dalam jumlah sedikit karena masih menyimpan cukup P di dalam selnya.

Peristiwa *luxury consumption* dari diatom terhadap ortofosfat ini juga ditunjukkan oleh hasil analisis kandungan N dan P dalam diatom (dilakukan terhadap contoh diatom yang ditumbuhkan pada substrat *zeocrete* secara terpisah). Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata kandungan nitrogen total diatom adalah 59,439 mg/kg dan kandungan fosfat total adalah 177,574 mg/kg. Nilai kandungan P tersebut jauh lebih tinggi dari nilai rasio N:P dalam media air.

Hasil penelitian Sigeo *et al.* (1998) in Sigeo (2005) menunjukkan bahwa kandungan P dalam sel algae mengikuti keberadaan P dalam perairan. Hasil analisis kandungan N dan P dalam sel diatom tersebut menggambarkan tingginya nilai kandungan P sel diatom yang dapat mengarah pada tingginya keberadaan unsur hara P sediaan biologis yang terus dijerap oleh sel diatom. Hasil analisis tersebut juga menunjukkan adanya pemanfaatan unsur hara yang efektif oleh diatom.

Dengan demikian tampak bahwa substrat mampu memberikan sokongan P sediaan biologis secara terus-menerus mengimbangi kebutuhan pertumbuhan algae. P akan lebih dahulu dijerap dan dimanfaatkan oleh algae. Rendahnya kebutuhan akan nitrogen pada saat terjadi jerapan fosfor yang tinggi oleh algae juga dijumpai dalam hasil penelitian Andarias (1991).

Tampak pula adanya hubungan yang positif antara biomassa diatom dengan keberadaan silika. Peningkatan biomassa diatom terjadi seiring dengan adanya peningkatan silika, dan sebaliknya. Hal ini sesuai dengan sifat dasar diatom sebagai kelompok algae yang memanfaatkan silika sebagai unsur hara makro. Pada semua perlakuan substrat *zeocrete*, silika sangat berperan dalam menunjang pembentukan biomassa dari sebagian besar jenis diatom. Silika bersama unsur hara lainnya secara bersama menunjukkan hubungan yang erat dengan perkembangan biomassa dari diatom yang ditumbuhkan.

Bila disimak berdasarkan keberadaan jenis diatom yang ditumbuhkan, akan diperoleh gambaran yang bervariasi terhadap perlakuan yang diberikan. Seiring dengan makin menurunnya unsur hara sediaan biologis, kelimpahan diatom juga akan mengalami penurunan. Selain itu tampak pula bahwa semakin tinggi tingkat konsentrasi serta rasio pupuk diterapkan, akan semakin kompleks keterkaitan yang terjadi. Dengan kata lain, peningkatan konsentrasi P dan rasio N:P memperjelas peran unsur hara dalam menunjang pertumbuhan diatom.

KESIMPULAN

Substrat *zeocrete* dengan materi utama berupa zeolit yang memiliki keutamaan berupa kemampuannya untuk menyerap serta melepaskan air kembali secara bolak-balik serta memiliki kemampuan untuk mempertukarkan kation-kation tertentu secara selektif dapat menyumbang unsur hara sediaan biologis yang memadai bagi kebutuhan pertumbuhan diatom. Diatom dapat tumbuh dengan baik di substrat *zeocrete* pada berbagai tingkat perlakuan yang diberikan dengan capaian kelimpahan yang berbeda. Perbedaan capaian kelimpahan diatom tersebut berkaitan erat dengan dinamika ketersediaan unsur hara di lapisan air pada permukaan substrat *zeocrete*. Produktivitas diatom pada substrat *zeocrete* didukung oleh keberadaan amonia, nitrat, dan silika. Substrat dengan perlakuan rasio menunjukkan adanya variasi komposisi jenis diatom yang tumbuh, sedangkan substrat dengan perlakuan konsentrasi menunjukkan capaian biomassa yang lebih mantap. Substrat

zeocrete mampu menyediakan kebutuhan hidup bagi diatom secara general. Dengan demikian, substrat *zeocrete* diharapkan dapat digunakan untuk menumbuhkan berbagai jenis diatom perifitik secara bersama-sama.

Ucapan terima kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Dr. Enan M. Adiwilaga, Dr. Bambang Widigdo, Prof. Dr. Dedi Soedharma dan BPPS atas kesempatan yang diberikan untuk melakukan penelitian dalam studi doktoral.

Daftar Pustaka

- Andarias I. "Pengaruh Pupuk UREA dan TSP Terhadap Produksi Klekap." Disertasi, Program Pascasarjana, IPB, Bogor, (1991)
- Ashrafizadeh, S. N., Z. Khorasani, and M. Gorjiara. "Ammonia Removal from Aqueous Solutions by Iranian Natural Zeolite." Separation Science and Technology 43 (2008): 960–978.
- Eaton, A. D., L. S. Clesceri, and A. E. Greenberg. APHA (American Public Health Association): Standard Method for The Examination of Water and Wastewater 19th ed., AWWA (American Water Works Association), and WPCF (Water Pollution Control Federation). Washington D. C., 1995.
- Garcia, W. U. dan R. U. Garcia. Prawn Farming Made Simple with Fertilex. 1st ed., For Technical Assistance, NSTA, Manila, 1985.
- Hagler, M. "The Environmental Damage Caused by Shrimp Farming." Media Center, A Green Peace Report, 1997.
- Hillebrand, H., C. D. Durselen, D. Kirschtel, T. Zohary, and U. Polinger. "Biovolume Calculation for Pelagic and Benthic Microalgae." Journal of Phycology 35 (1999): 403-424.
- Kavoosi, M. "Effects of Zeolite Application on Rice Yield, Nitrogen Recovery, and Nitrogen Use Efficiency." Communications in Soil Science and Plant Analysis 38 (2007): 69–76.
- Katouli, M. S., F. Boldaji, B. Dastar, and Hassani S. "Effect of Different Levels of Caiolin, Bentonite and Zeolite on Broilers Performance." Journal of Biological Science 10 (1) (2010): 58-62.
- Liu, C. H., and Lo K. V. "Ammonia Removal from Composting Leachate Using Zeolite, I. Characterization of The Zeolite." J. Environ. Sci. Health A 36 (9) (2001): 1671–1688.
- Matjik, A. A., and M. Sumertajaya. Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab. Jilid I, Bogor: IPB Press, 2000.
- Nontji, A. "Biomassa dan Produktivitas di Perairan Teluk Jakarta serta Kaitannya dengan Faktor Lingkungan." Tesis, Program Pascasarjana IPB, Bogor, (1984)
- Parsons, T. R., Y. Maita, and C. M. Lalli. A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Oxford: Pergamon Press Ltd., 1984.
- Pratiwi, N. T. P., E. M. Adiwilaga, B. Widigdo, dan D. Soedharma. "Produktivitas Diatom Perifitik yang Ditumbuhkan pada Tipe Substrat Berbeda sebagai Alternatif Penyediaan Pakan Alami Udang." Jurnal Biologi Indonesia 4(3) (2007): 177-191.
- Shishehchian, F., and F. M. Yusoff. "Composition and Abundance of Macrobenthos in Intensive Tropical Marine Shrimp Culture Ponds." Journal of the World Aquaculture Society 30(1) (1999): 128-133.
- Sigee, D. C. Freshwater Microbiology: Biodiversity and Dynamic Interactions of Microorganisms in The Aquatic Environment. UK: John Wiley and Sons, Ltd., University of Manchester, 2005.
- Stein, J. R. (ed.). Handbook of Phycological Methods. Culture Methods and Growth Measurements. Cambridge: Cambridge University Press, 1975.

