

STUDI EFISIENSI ASIMILASI DAN KECERNAAN LIMBAH ORGANIK PADAT TAMBAK UDANG SEBAGAI PAKAN TERIPANG PASIR

Kadir Sabilu^{*)}, Agus Kurnia^{*)#}, Yusnaini^{*)}, Rahmad Sofyan Patadjai^{*)}, Muhammad Idris^{*)}, dan Abdul Muis Balubi^{*)}

^{*)}Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo, Kendari, Sulawesi Tenggara

(Naskah diterima: 05 Januari 2023; Revisi final: 03 Desember 2023; Disetujui publikasi: 03 Desember 2023)

ABSTRAK

Laju pertumbuhan teripang pasir yang relatif lambat dan kurangnya informasi mengenai pakan yang baik menyebabkan intensifikasi budidaya teripang pasir (*Holothuria scabra*) kurang berkembang. Berkaitan dengan pemanfaatan limbah organik padat tambak udang sebagai pakan teripang pasir, uji efisiensi asimilasi dan pencernaan penting dilakukan untuk memastikan kemanfaatan riil material organik tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi asimilasi dan pencernaan limbah sedimen tambak udang sebagai sumber nutrisi teripang pasir. Pemanfaatan limbah organik padat tambak udang sebagai pakan teripang pasir dilakukan dengan cara dicampurkan ke dalam pasir dengan komposisi 40% dari total substrat. Penelitian menggunakan delapan unit akuarium berukuran 40 x 30 x 40 cm³, yaitu empat unit untuk uji efisiensi asimilasi dan empat unit lainnya digunakan untuk uji pencernaan. Hasil penelitian ini menunjukkan teripang pasir dapat memperoleh nutrisi dan energi dari sedimen tambak udang, dimana kemampuan tersebut ditunjukkan dengan nilai efisiensi asimilasi (AE) bahan organik sebesar 53,20 ± 13,23%, efisiensi asimilasi bakteri total sebesar 41,76 ± 1,69%, pencernaan total sebesar 46,63 ± 17,57%, pencernaan protein sebesar 71,52 ± 17,11%, dan pencernaan fosfor 73,32 ± 13,83%. Kemampuan tersebut mengkonfirmasi teripang pasir sebagai salah satu spesies ekstraktif yang dapat mengonsumsi limbah organik padat tambak udang. Teripang pasir berpotensi besar untuk dapat dimanfaatkan sebagai spesies Budidaya Multi-Tropik Terpadu, khususnya dalam pemanfaatan nutrisi limbah organik padat tambak udang.

KATA KUNCI: bahan organik; efisiensi asimilasi; pencernaan; limbah organik padat; teripang pasir

ABSTRACT: *Study of Assimilation Efficiency and Digestibility of Solid Organic Waste Produced from Shrimp Pond as Feed for Sea Cucumber*

*The relatively slow growth rate of sea cucumber (*Holothuria scabra*) and limited numbers of alternative feed have prevented the development and intensification of sea cucumber aquaculture. Anecdotal evidences suggested that solid organic waste from shrimp ponds could be used as feed for sea cucumbers. However, the efficiency of assimilation and digestibility of the waste have to be tested scientifically to ensure its real potential and benefits to farmed sea cucumber. This study aimed to determine the efficiency of assimilation and digestibility of*

#Korespondensi: Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo, Kendari, Sulawesi Tenggara
Email: agus.uho@yahoo.com

solid organic waste sourced from shrimp ponds to be used as a feed for sea cucumber. The solid organic waste was treated by mixing it with a sand substrate at 40% of the total substrate. This study used eight aquarium units measuring 40 x 30 x 40 cm³, from which, four units for assimilation efficiency tests, and the remaining four for digestibility tests. The results of this study indicate that sea cucumbers were able to make use of nutrients and energy from the shrimp solid waste-based feed, where this ability was indicated by the assimilation efficiency (AE) of organic matter of 53.20 ± 13.23%, the assimilation efficiency of total bacteria of 41.76 ± 1.69 %, total digestibility of 46.63 ± 17.57%, protein digestibility of 71.52 ± 17.11%, and phosphorus digestibility of 73.32 ± 13.83%. The findings from this research confirms that sea cucumber can use the solid organic waste nutrients from shrimp ponds as feed and has a great potential as Integrated Multi-Trophic Aquaculture species to utilize solid organic waste nutrients from shrimp ponds.

KEYWORDS: *assimilation efficiency; digestibility; organic matter; solid organic waste; sea cucumber*

PENDAHULUAN

Perilaku teripang pasir (*Holothuria scabra*) yang menyaring substrat mendorongnya untuk selalu bergerak menemukan substrat yang mengandung banyak makanan. Teripang pasir akan memaksimalkan kerja organ tentakelnya untuk mendeteksi substrat yang dianggap di dalamnya banyak mengandung nutrisi yang dibutuhkan. Teripang akan menelan partikulat dan mikroorganisme yang berasosiasi dengan partikel pasir untuk dicerna oleh saluran pencernaannya sebagai sumber energi. Pada substrat yang miskin nutrisi, teripang pasir akan berusaha memperluas daerah jangkauan sehingga jenis makanan yang diinginkan dapat diserap secara maksimal dengan durasi yang lebih pendek.

Secara fisiologi, makanan yang ditelan oleh teripang pasir dicerna melalui mekanisme fisik dan kimiawi. Pencernaan mekanik terjadi dengan adanya kontraksi otot pada segmen saluran pencernaan mulai dari mulut sampai anus, sementara pencernaan kimiawi terjadi dengan peran cairan digestif, enzim, dan sel darah (Liftanto *et al.*, 2023). Makanan yang ditelan akan diserap oleh dinding usus selanjutnya disebarkan ke seluruh jaringan tubuh melalui pembuluh darah dalam cairan tubuh. Dalam proses pencernaan, tidak semua komponen makanan yang dimakan dapat dicerna menjadi bahan yang diserap, bagian

yang tidak dapat dicerna akan dikeluarkan lagi dari tubuh sebagai limbah metabolik. Menurut Hamzah *et al.*, (2021), organisme akuatik kurang mampu mencerna serat dalam pakan. Organisme akuatik cenderung lebih cepat mengasimilasi molekul kompleks yang bersumber dari produk hewani dibandingkan produk nabati.

Keterbatasan jumlah nutrisi dalam substrat alami, mendorong berbagai peneliti berusaha menemukan sumber nutrisi alternatif yang ekonomis dan efektif untuk dimanfaatkan sebagai sumber pakan utama teripang pasir. Penggunaan pupuk kompos yang dimasukkan ke dalam substrat dilaporkan dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi dalam substrat budidaya teripang (Sabilu *et al.*, 2022). Dalam penelitian lain dilaporkan juga bahwa kinerja pertumbuhan teripang pasir yang lebih baik dengan pemberian pakan berupa tepung rumput laut *Sargassum*, *Ulva* sp., dan tepung kelekap (Giri *et al.*, 2018). Teripang pasir juga cenderung menyukai bahan organik yang telah terdekomposisi oleh mikroba (Slater, 2015), termasuk limbah organik padat tambak udang. Limbah organik padat budidaya udang diyakini masih memiliki kandungan nutrisi yang tinggi, khususnya: protein, lemak, dan karbohidrat.

Limbah organik padat tambak udang vaname dianggap sebagai kandidat yang baik untuk sumber nutrisi teripang pasir, karena berpotensi meningkatkan nilai nutrisi subtrat

teripang pasir. Syah *et al.* (2014) melaporkan bahwa budidaya superintensif udang vaname melepaskan beban limbah nutrisi dalam bentuk karbon, nitrogen dan fosfor dengan jumlah yang tinggi ke perairan. Tambak udang vaname sistem intensif (padat tebar: 118 ekor m⁻²) melepaskan limbah organik padat ke saluran pembuangan sebanyak 158-189 ton Ha⁻¹ siklus⁻¹ (Sabilu *et al.*, 2021). Jumlahnya yang banyak, tekstur yang sangat halus dan terpisah dengan komponen tanah memungkinkan komponen ini dapat diambil untuk dimanfaatkan sebagai pakan teripang pasir. Informasi tentang efektivitas pemanfaatan nutrisi oleh teripang pasir terhadap pakan yang diberikan belum banyak didapatkan. Oleh karena itu, penelitian tentang kemampuan teripang memanfaatkan nutrisi limbah sedimen tambak udang adalah penting, sehingga potensi pemanfaatannya sebagai sumber nutrisi teripang pasir dapat dievaluasi, termasuk mengintegrasikan sistem budidaya teripang pasir dengan budidaya udang untuk membentuk siklus produksi yang semakin efisien.

Efisiensi asimilasi merepresentasikan proporsi makanan yang diasimilasikan ke dalam aliran darah terhadap makanan yang dicerna. Komponen makanan yang tersimpan di bagian *foregut* ditafsirkan sebagai komponen nyata energi yang dicerna, sedangkan di *hindgut* sebagai komponen energi yang tidak terserap oleh tubuh. Sementara itu, pencernaan limbah organik padat tambak udang ditafsirkan sebagai pencerminan tingkat kemanfaatan molekul kompleks sedimen tambak udang terhadap pemenuhan kebutuhan energi oleh teripang pasir atau dengan kata lain menggambarkan kualitas makanan yang dikonsumsi oleh teripang pasir. Nilai pencernaan yang rendah mengisyaratkan nilai kemanfaatannya sebagai sumber nutrisi juga rendah, sedangkan nilai pencernaan tinggi maka mengisyaratkan nutrisi yang dikandung oleh bahan makanan tersebut memiliki nilai manfaat yang tinggi pula. Penelitian ini dilakukan sebagai salah satu rangkaian penelitian untuk menilai potensi hewan ekstraktif teripang pasir sebagai spesies

Budidaya Multi-Tropik Terpadu (*Integrated Multi-Tropic Aquaculture, IMTA*), khususnya berkaitan dengan penanganan dampak negatif limbah organik tambak udang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi asimilasi dan pencernaan limbah organik padat tambak udang sebagai sumber nutrisi teripang pasir.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan selama 2 bulan, sejak bulan November sampai Desember 2019. Penelitian dilakukan di Laboratorium Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor, Ancol, Jakarta, Indonesia.

Uji Proksimat dan Kandungan Bahan Organik

Limbah sedimen tambak udang vaname sistem intensif yang diberikan sebagai sumber nutrisi teripang pasir terlebih dahulu diuji secara kimiawi. Pengujian secara kimiawi meliputi: uji proksimat, uji bahan organik, total fosfor, dan total nitrogen limbah sedimen. Pengujian kandungan protein sedimen menggunakan metode Kjeldahl, kandungan lemak menggunakan metode soxhlet, dan kandungan fosfor sedimen menggunakan metode amonium molybdat dengan spektrofotometer. *Gross energy* (GE) dalam limbah sedimen tambak udang dihitung berdasarkan nilai ekuivalen untuk karbohidrat 4,1 kkal g⁻¹, lemak 9,4 kkal g⁻¹, dan protein 5,6 kkal g⁻¹ (Ofosu *et al.*, 2015).

Metode Pembuatan Substrat dan Uji Efisiensi Asimilasi

Substrat dalam penelitian ini merupakan campuran limbah organik padat tambak udang dan pasir laut. Pasir laut dengan ukuran diameter partikel >1 mm yang digunakan sebagai substrat terlebih dahulu direndam dengan menggunakan hipoklorit dengan

konsentrasi 5,25% selama 12 jam, dimaksudkan untuk menghilangkan bahan organik di dalamnya. Jumlah pemberian limbah organik tambak udang pada teripang didasarkan pada hasil penelitian sebelumnya yaitu 40%

dari substrat total (Sabilu *et al.*, 2021). Proses pencampuran limbah organik tambak udang ke dalam pasir laut ditunjukkan dengan Gambar 1.

Akuarium yang digunakan berukuran 40 x 30 x 40 cm³, sebanyak empat unit, didesain



Gambar 1. Proses pencampuran sedimen tambak udang ke dalam substrat pasir pada uji kecernaan pakan sedimen tambak udang untuk teripang pasir

Figure 1. The mixing process of shrimp pond paste into sand substrate to test its digestibility for farmed sea cucumber

dengan sistem resirkulasi metode *double bottom*. Kedalaman substrat di dalam akuarium ± 8 cm, dan kedalaman air ± 25 cm.

Uji efisiensi asimilasi atau *assimilation efficiency* (AE) dilakukan dengan menghitung rasio asimilasi bahan organik atau *organic matter* (OM) dan jumlah bakteri pada segmen *foregut* dan *hindgut* teripang pasir. Juvenil teripang pasir uji yang digunakan berukuran 18,03 ± 1,74 g dipelihara dengan kepadatan 20 ekor m⁻². Pengambilan sedimen yang terdapat pada bagian *foregut* dan *hindgut* dilakukan pada hari ke-20 setelah juvenil teripang ditebar. Analisis bahan organik mengikuti metode Pett (1993), sedangkan penghitungan bakteri total yang terdapat dalam sampel sedimen pada *foregut* dan *hindgut* teripang pasir ditentukan dengan metode hitungan cawan atau *total plate count* (TPC), menggunakan media *marine agar* (MA). Penghitungan bakteri total menggunakan jumlah koloni yang terbentuk dengan faktor pengenceran pada cawan (CFU mL⁻¹). Efisiensi asimilasi (AE) bahan organik dan bakteri dihitung dengan mengikuti metode yang digunakan oleh Zonghe *et al.* (2014), menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$AE = 100 \times \frac{(F-E)}{[(1-E) \times F]} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

- AE = efisiensi asimilasi bahan organik atau bakteri
- F = jumlah bahan organik atau bakteri sedimen *foregut*
- E = jumlah bahan organik atau bakteri sedimen *hindgut*.

Jumlah bahan organik (OM) dihitung menggunakan rumus (Pett, 1993):

$$OM (\%) = \frac{a - c}{a - b} \times 100\%$$

Dimana:

- a = berat cawan dan sampel setelah pengeringan suhu 105^oC (g)
- b = berat cawan (g)
- c = berat cawan dan sampel setelah pembakaran suhu 550^oC (g)

Uji Kecernaan

Uji kecernaan limbah organik padat tambak udang terdiri dari uji kecernaan total, kecernaan protein, dan kecernaan fosfor.

Teripang pasir diberikan pakan limbah organik tambak udang sebanyak 1,2 kg per akuarium. Jumlah pemberian ini didasarkan pada hasil penelitian sebelumnya dimana komposisi 40% limbah organik padat tambak udang dan 60% pasir laut sebagai komposisi terbaik untuk pertumbuhan teripang pasir. Pasir laut dengan ukuran diameter partikel > 1 mm yang digunakan sebagai substrat utama terlebih dahulu direndam dengan menggunakan hipoklorit dengan konsentrasi 5,25% selama 12 jam dimaksudkan untuk menghilangkan bahan organik di dalamnya. Pasir laut selanjutnya dicuci dengan air tawar sampai air yang digunakan terlihat jernih. Sebanyak 1,2 kg limbah organik padat tambak udang (setara 40% dari 3 kg total substrat) terlebih dahulu telah dicampur homogenkan dengan 72 g kromium trioksida (Cr₂O₃). Setelah homogen kemudian dicampurkan lagi ke dalam 1,8 kg substrat pasir laut. Tidak ada pemberian pakan lain untuk teripang uji. Jumlah teripang pasir yang ditebar pada setiap akuarium berukuran 40 x 30 x 40 cm³, sebanyak lima ekor dengan bobot tubuh 17,83 ± 1,71 g per ekor. Penebaran teripang dilakukan 3 hari setelah campuran sedimen tambak udang vaname + kromium trioksida + pasir laut diisikan dalam akuarium. Pengambilan feses pertama kali dilakukan 5 hari pascapenebaran teripang pasir ke dalam akuarium, dan selanjutnya dilakukan setiap hari sampai hari ke-25. Pengambilan sampel feses dari permukaan substrat dilakukan secara

perlahan menggunakan sendok teh *stainless* gagang panjang, sehingga bentuk feses tetap utuh, tidak patah dan tidak tercampur dengan substrat (Gambar 2).

Sampel feses yang terkumpul pada setiap kali pengambilan disimpan ke dalam botol sampel yang diberi tutup, kemudian langsung dibekukan ke dalam *freezer*, pada suhu -20°C. Preparasi sampel feses teripang di laboratorium diawali dengan memisahkan komponen butiran pasir dan fraksi sedimen. Fraksi sedimen yang berwarna hijau selanjutnya dikeringkan dan selanjutnya dilakukan analisis kimia. Analisis protein sedimen mengikuti metode Kjeldhal, sedangkan analisis fosfor sedimen mengikuti metode amonium molybdat dengan spektrofotometer.

Kecernaan total (DC_{total}) (Taukechi, 1988)

$$DC_{total} = \left[1 - \left[\frac{b'}{b} \right] \right] \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:
 DC_{total} = kecernaan total
 b = Cr₂O₃ dalam sedimen
 b' = Cr₂O₃ dalam feses

Kecernaan protein (DC_{protein}) (Taukechi, 1988)

$$DC_{protein} = \left[1 - \left[\frac{a'}{a} \times \frac{b}{b'} \right] \right] \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:
 DC_{protein} = kecernaan protein
 a = protein dalam sedimen
 a' = protein dalam feses
 b = Cr₂O₃ dalam sedimen
 b' = Cr₂O₃ dalam feses



Gambar 2. Aktifitas makan dan pengambilan feses teripang pasir pada uji kecernaan pakan sedimen tambak udang

Figure 2. Feeding activity and faeces collection of sea cucumber during feed digestibility test of shrimp pond waste

Analisis Data

Data variabel penelitian dihitung secara matematis sesuai rumus, menggunakan software *Microsoft Excel*. Data selanjutnya dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN BAHASAN

Hasil analisis proksimat kandungan nutrisi limbah organik padat tambak udang menunjukkan bahwa kandungan protein, lemak, serat kasar, dan bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN) memiliki nilai yang cukup tinggi (Tabel 1).

Tabel 1 memperlihatkan bahwa limbah organik padat tambak udang memiliki jumlah energi yang cukup tinggi, dengan kandungan karbohidrat (BETN) yang lebih tinggi

dibandingkan kandungan proteinnya. Limbah organik padat tambak udang mempunyai kandungan karbohidrat (BETN) sebesar $34,29 \pm 0,56\%$ dan kandungan protein sebesar $9,07 \pm 0,06\%$. Pemanfaatan limbah organik padat tambak udang sebagai sumber pakan tunggal bagi teripang pasir menghasilkan laju pertumbuhan sebesar $0,13-0,46 \text{ g hari}^{-1}$ (Sabilu *et al.*, 2020), mengindikasikan bahwa kandungan nutrisi limbah organik padat tambak udang secara riil dapat dikonversikan menjadi bobot tubuh teripang pasir. Dalam penelitian lain dilaporkan oleh Giri *et al.* (2018), pakan buatan teripang pasir yang diformulasi menggunakan tepung *Sargassum* sp., tepung *Ulva* sp., tepung kedelai, dan tepung beras mengandung 13,3-15,0% protein, dan 36,7% karbohidrat (BETN), menghasilkan penambahan bobot dan laju pertumbuhan spesifik sebesar $202,0 \pm 6,8\%$

Tabel 1. Komposisi proksimat dan bahan organik limbah sedimen tambak udang (bobot kering)

Table 1. Proximate composition and organic matter of sediment waste of shrimp pond (dry weight)

Komposisi proksimat <i>Proximate composition</i>	Persentase nutrisi (% 100 g ⁻¹ sedimen tambak udang) <i>Percentage of nutrient (% 100 g⁻¹ sediment of shrimp pond)</i>
Protein (%) <i>Protein (%)</i>	$9,07 \pm 0,06$
Lemak (%) <i>Fat (%)</i>	$2,44 \pm 0,53$
Abu (%) <i>Ash (%)</i>	$46,39 \pm 1,23$
BETN (%) <i>NFE (%)</i>	$34,29 \pm 0,56$
Serat kasar (%) <i>Crude fiber (%)</i>	$7,81 \pm 1,26$
Gross Energy (kkal 100 g ⁻¹ sedimen) <i>Gross energy (kkal 100 g⁻¹ sediment)</i>	$214,35 \pm 3,03$
Bahan organik (%) <i>Organic matter (%)</i>	$10,14 \pm 1,04$
Fosfor total (%) <i>Phosphorus (%)</i>	$0,12 \pm 0,01$

Keterangan: BETN sebagai bahan ekstrak tanpa nitrogen.
Description: NFE as nitrogen free extract.

dan $0,74 \pm 0,04\%$ hari⁻¹. Limbah organik tambak udang memiliki nutrisi dengan kandungan karbohidrat (BETN) yang lebih tinggi dibandingkan kandungan proteinnya. Nutrisi limbah sedimen tambak diduga kuat sebagian besar bersumber dari nutrisi pakan yang diberikan pada udang. Jakcson *et al.* (2013) mengemukakan bahwa protein pakan yang diberikan pada udang sebagian besar tidak dimanfaatkan oleh udang, sebanyak 14% protein pakan yang diberikan terakumulasi dalam sedimen dan 57% lainnya tersuspensi dalam air tambak. Junior *et al.* (2021) sebanyak 48,39% nitrogen pakan yang diberikan pada udang berkontribusi sebagai nutrisi sedimen tambak. Peane *et al.* (2018), rata-rata fosfat total yang terkandung pada sedimen sekitar tambak intensif intensif sebesar 88,43 mg L⁻¹.

Kebutuhan protein teripang pasir nampaknya lebih rendah dibandingkan dengan ikan. Hal ini diindikasikan dengan kecenderungan teripang pasir yang nampaknya menyukai pakan dengan kandungan karbohidrat (BETN) yang tinggi dan memiliki protein yang tidak terlalu tinggi (Slater, 2015; Giri *et al.*, 2018; Sembiring *et al.*, 2022). Hasil penelitian ini mendukung bahwa limbah sedimen tambak udang sangat berpotensi untuk dapat digunakan sebagai pakan teripang pasir. Teripang pasir akan menyerap substrat yang mengandung limbah sedimen tambak udang ke dalam saluran pencernaannya untuk mendapatkan nutrisi yang dibutuhkan. Temuan ini selaras dengan Slater (2015)

yang menyatakan bahwa teripang pasir juga cenderung menyukai bahan organik yang telah terdekomposisi oleh mikroba termasuk limbah organik padat tambak udang. Hal ini diindikasikan dengan nilai efisiensi asimilasi bahan organik dan efisiensi asimilasi mikroba sedimen (Tabel 2) dan nilai pencernaan total, pencernaan protein serta pencernaan fosfor (Tabel 3).

Dalam sistem budidaya ikan terutama dalam sistem budidaya ikan intensif pada media bersalinitas, pakan merupakan komponen terbesar dalam variabel biaya produksi. Teripang pasir merupakan kolektor sedimen yang menfilter partikulat halus sedimen dan jaringan mikroorganisme yang hidup dalam sedimen. Dalam studi literatur diketahui bahwa bakteri banyak berasosiasi dengan fosfor, oleh karenanya patut diduga bahwa teripang pasir memanfaatkan bakteri sebagai sumber penting fosfor (Gu *et al.*, 2020).

Efisiensi Asimilasi Bahan Organik dan Mikroba

Porsi asimilasi makanan menunjukkan jumlah nutrisi riil yang diserap oleh usus ke dalam aliran darah terhadap energi yang dicerna. Sisa makanan yang tidak terasimilasi oleh tubuh akan dibuang sebagai feses. Nilai efisiensi asimilasi (AE) bahan organik dan mikroba asosiatif (bakteri total) dari pakan teripang pasir berupa limbah sedimen tambak udang ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Efisiensi asimilasi bahan organik dan bakteri oleh teripang pasir

Table 2. Assimilation efficiency of organic matter and bacteria by sea cucumber

Nomor percobaan Number of experiment	Bahan organik Organic matter (%)		Efisiensi asimilasi Assimilation efficiency (%)	Jumlah bakteri Total number of bacteria (10 ⁷ CFU mL ⁻¹)		Efisiensi asimilasi Assimilation efficiency (%)
	Foregut	Hindgut		Foregut	Hindgut	
1	16,82	11,51	35,68	4,82	2,78	43,53
2	21,00	11,08	53,15	3,84	2,36	39,47
3	32,62	17,44	56,37	2,74	1,60	42,28
4	26,22	10,32	67,62	3,80	2,25	41,76

Bakus (1973) mendefinisikan asimilasi pakan sebagai proses kimia melibatkan enzim dan cairan digestif lainnya yang terjadi dalam saluran pencernaan dimana material kompleks dalam pakan diuraikan menjadi material sederhana sehingga dapat diserap oleh tubuh organisme. Lebih lanjut dikatakan bahwa semakin tinggi nilai efisiensi asimilasi pakan mengisyaratkan bahwa jumlah material kompleks makanan yang dapat dimanfaatkan oleh hewan uji semakin tinggi pula. Hal ini mengindikasikan bahwa kemanfaatan pakan yang diberikan menjadi semakin efektif. Yuan *et al.* (1929) melaporkan bahwa dalam perilaku makan, usus teripang pasir dapat terisi penuh dengan makanan dalam durasi 2-2,5 jam. Teripang pasir akan mengekstraksi bahan organik dari pasir dan lumpur yang melewati ususnya. Gula dalam cairan selom tubuh teripang dengan cepat memberikan pengaruh pada pencernaan dan penyerapan makanan di usus. Cairan selom teripang yang mengandung sel darah (Feral & Massin, 2020), memungkinkan penyerapan nutrisi dalam cairan selom melalui sel hemosit darah dapat terjadi lebih cepat.

Dalam penelitian ini kandungan bahan organik sedimen yang tertelan (*foregut*) oleh teripang pasir yaitu berkisar 16,62-32,62% lebih tinggi dibandingkan dengan bahan organik yang terdapat pada sedimen tambak udang ($10,11 \pm 1,04\%$), yang mengindikasikan teripang pasir yang dipelihara secara aktif memilih makanan dari habitatnya. Teripang pasir dapat secara efisien mengasimilasi bahan organik sedimen tambak udang yang diisikan ke dalam substratnya dengan nilai AE $53,20 \pm 13,23\%$. Nilai AE teripang pasir dalam penelitian ini lebih tinggi dibandingkan nilai AE *Apostichopus californicus* mengasimilasi OM dari sedimen budidaya ikan salmon (24,3% AE) dan biodeposit budidaya tiram (AE: 40,4%) (Paltzat *et al.* 2008). Bakus (1973) melaporkan bahwa efisiensi asimilasi teripang yang hidup di daerah tropis adalah sekitar 50%. Teripang pasir juga aktif mengasimilasi mikroorganisme yang berasosiasi pada substrat. Hal tersebut

ditunjukkan dengan nilai efisiensi asimilasi bakteri total yaitu sebesar $41,76 \pm 1,69\%$. Namun demikian berbeda dengan bahan organik, bakteri total di substrat teridentifikasi lebih tinggi dibandingkan dengan total bakteri yang tertelan oleh teripang (*foregut*). Setidaknya terdapat tiga alasan yang menjelaskan keadaan ini, yaitu: 1) faktor kecenderungan teripang pasir yang lebih memilih partikulat organik sebagai makanan utamanya, 2) tingginya tingkat kematian bakteri saat berada di saluran pencernaan teripang, diduga karena sensitifitas bakteri terhadap lendir dan enzim pencernaan yang terdapat pada saluran pencernaan teripang pasir mulai dari mulut sampai pada bagian *foregut*, dan 3) kemungkinan teripang pasir yang hanya sebagian kecil mengambil fosfor dari bakteri, sebagian lainnya diperoleh dari partikulat yang diserap sebagai bahan organik. Fosfor dalam sedimen berada dalam bentuk materi partikulat, terikat dengan oksida logam dan hidroksida (Nabilla *et al.* 2019). Fosfor berperan penting dalam metabolisme pemeliharaan dan pertumbuhan teripang (Song *et al.*, 2023). Beberapa studi tentang efisiensi asimilasi menunjukkan bahwa fosfor banyak dikaitkan dengan bakteri (Gu *et al.*, 2020), sehingga mengantarkan pada asumsi bahwa untuk memperoleh fosfor maka teripang pasir akan mengasimilasi bakteri yang asosiatif terhadap sedimen tambak udang.

Tabel 2 memperlihatkan pola yang seragam, yaitu pada kondisi dimana jumlah bahan organik yang terdapat di *foregut* teripang pasir tersedia lebih tinggi, menyebabkan besaran nilai efisiensi asimilasinya menjadi lebih tinggi pula. Pada konsentrasi bahan organik di *foregut* sebesar 32,62%, menghasilkan nilai efisiensi asimilasi sebesar 56,37%, demikian pula pada konsentrasi OM di *foregut* sebesar 26,22% menghasilkan efisiensi asimilasi sebesar 67,62%. Sebaliknya ketika jumlah OM di *foregut* lebih kecil maka efisiensi asimilasi OM menjadi lebih kecil pula. Pada konsentasi OM di *foregut* sebesar 16,82%, pada keadaan ini teripang pasir hanya mengasimilasi OM sebesar 5,31%

atau setara dengan nilai efisiensi asimilasi yaitu sebesar 35,68%. Untuk pertumbuhan optimum, teripang pasir membutuhkan jumlah nutrisi yang cukup, sehingga asupan nutrisi bersumber dari luar ke dalam substrat teripang pasir menjadi sangat penting. *Input* limbah sedimen tambak udang kedalam substrat teripang pasir telah mendorong peningkatan nutrisi substrat sehingga rata-rata asimilasi bahan organik oleh teripang pasir cenderung menjadi lebih tinggi. Dalam penelitian lain, Paltzat *et al.* (2008) menemukan bahwa OM pada usus depan (*foregut*) *Holothuria leuscopita* mengandung empat kali lebih banyak dari bahan organik yang terdapat di substratnya pada kawasan budidaya tiram, menunjukkan bahwa *H. leuscopita* selektif dalam memilih bahan organik yang terdapat di substratnya. Sejumlah penelitian telah menunjukkan efek kualitas makanan terhadap kuantitas asimilasi. Efisiensi asimilasi hewan herbivora umumnya lebih rendah dibandingkan hewan karnivora (Jochum *et al.*, 2017). Nitrogen diasimilasi pada efisiensi yang jauh lebih tinggi daripada karbon, terutama dalam makanan dengan kandungan N dan protein yang lebih rendah (Yogev *et al.* 2017).

Kecernaan Total, Protein, dan Fosfor

Penilaian kecernaan digunakan untuk menguji ketersediaan relatif nutrisi yang digunakan untuk spesies yang diuji (Hamzah *et al.*, 2012). Uji kecernaan umumnya dimanfaatkan dalam pengembangan pakan komersial ikan. Menguji kecernaan pemanfaatan limbah budidaya ikan sebagai sumber pakan teripang pasir nampaknya bukan hal baru dan sudah pernah ada sebelumnya. Dalam sebuah studi Budidaya Multi-Tropik Terpadu pada budidaya ikan kakap di Laut Mediterania Timur, Israel *et al.* (2019) melaporkan bahwa *Actinopyga bannwarthi* memiliki kecernaan total yang lebih tinggi terhadap limbah budidaya ikan kakap dibandingkan *Paracentrotus lividus*, masing-masing dengan nilai kecernaan total 11,7-45,9% dan 3,8-16,3%. Lebih lanjut dikatakan bahwa *Actinopyga bannwarthi* dan *Paracentrotus lividus* dapat memperoleh energi dan nutrisi yang cukup untuk pertumbuhan yang produktif dengan mengestrak partikulat limbah budidaya ikan kakap. Nilai kecernaan total, kecernaan protein, dan kecernaan fosfor oleh teripang pasir pada pemberian limbah sedimen tambak udang sebagai sumber nutrisinya ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kecernaan total, kecernaan protein, dan kecernaan fosfor limbah organik padat tambak udang oleh teripang pasir

Table 3. Total digestibility, protein digestibility, and phosphorus digestibility of shrimp pond solid organic waste by sea cucumber

Parameter <i>Parameters</i>	Nomor percobaan <i>Number of experiment</i>				Rata-rata ± SD <i>Average ± SD</i>
	1	2	3	4	
Kecernaan total (%) <i>Total digestibility (%)</i>	32,53	59,43	64,06	30,51	46,63 ± 17,57
Kecernaan protein (%) <i>Protein digestibility (%)</i>	69,77	74,86	91,49	49,95	71,52 ± 17,11
Kecernaan fosfor (%) <i>Phosphorus digestibility (%)</i>	59,57	84,82	85,63	63,26	73,32 ± 13,83

Pada Tabel 3, terlihat bahwa nilai rata-rata kecernaan total limbah sedimen tambak udang oleh teripang pasir yaitu $46,63 \pm 17,57\%$, kecernaan protein sebesar $71,52 \pm 17,11\%$, dan kecernaan fosfor $73,32 \pm 13,83\%$. Data ini menginformasikan bahwa teripang pasir dapat memperoleh nutrisi dan energi dari limbah sedimen tambak udang. Ren *et al.* (2012) mengemukakan bahwa untuk mendapat kinerja pertumbuhan yang optimum, teripang pasir membutuhkan pakan dengan kuantitas dan kualitas yang baik.

Nilai kecernaan protein sedimen tambak udang dalam penelitian ini bervariasi, dengan nilai rata-rata: 71,52%, mengindikasikan nilai kecernaan yang cukup tinggi. Nilai ini sebanding dengan kecernaan protein oleh teripang pasir yang diberi makan diatom (75,2%) atau tepung ikan (75,9%), tetapi lebih rendah dari kecernaan protein yang diberi pakan tepung udang (88,7%) dan tepung kerang (84,8%) (Orozco *et al.*, 2014). Liftanto *et al.*, (2023) mengemukakan bahwa asal protein, proporsi dan ketersediaan asam amino penyusunnya, komponen nonprotein dalam pakan, jumlah konsumsi, dan ukuran partikel merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi kecernaan protein. Dalam penelitian lain diketahui bahwa komposisi nutrisi tubuh teripang pasir, yaitu: 55,18% protein, 3,71% karbohidrat, 1,02% lemak, 27,97% abu, dan 12,13 % kadar air (Sroyraya *et al.*, 2017). Kecernaan total memperlihatkan nilai yang paling rendah, sebagai indikator bahwa terdapat komponen dalam sedimen tambak udang yang sukar dicerna oleh teripang pasir. Teripang pasir dilaporkan memiliki enzim pencernaan protease, alfa amilase, selulase, mananase, agarase, dan xilanase, sehingga kemampuan teripang pasir dalam mencerna selulosa dan polisakarida lainnya (glikogen, dekstran, kitin, dan lain-lain) lebih tinggi dibandingkan ikan (Song *et al.*, 2023). Rendahnya nilai kecernaan total dalam penelitian ini diduga disebabkan kecernaan karbohidrat yang lebih rendah dibandingkan kecernaan protein dan kecernaan fosfor. Meskipun glikogen dan selulosa dapat dicerna oleh teripang pasir, pencernaan selulosa umumnya memerlukan

bantuan mikroba dan adaptasi mekanik khusus untuk memecah struktur selulosa (Orozco *et al.*, 2014). Meskipun nampaknya teripang pasir cukup efektif mencerna partikulat BETN dan serat kasar limbah sedimen padat tambak udang, namun karena nilai kecernaannya diduga lebih rendah dibandingkan kecernaan protein dan kecernaan fosfor sehingga berimplikasi pada rendahnya nilai kecernaan total (Tabel 3).

Studi eksperimental ini telah menunjukkan kemampuan teripang pasir untuk mencerna nutrisi dan mengasimilasi bahan organik limbah organik padat tambak udang, mengonfirmasi potensi limbah sedimen tambak udang sebagai sumber pakan teripang pasir, sekaligus mengonfirmasi teripang pasir sebagai kandidat potensial untuk spesies *co-culture* dalam Budidaya Multi-Tropik Terpadu untuk meminimasi beban nitrogen dan fosfor limbah tambak udang vaname. Pemanfaatan beberapa spesies teripang sebagai spesies Budidaya Multi-Tropik Terpadu ke dalam sistem akuakultur terbukti telah memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan. Namun demikian, keberhasilan penerapan sistem ini sangat ditentukan oleh spesies *co-culture*, metode dan fasilitas budidaya, aspek resiko biologis, dan jaminan sertifikasi produk (Zamora *et al.*, 2018; Chary *et al.*, 2020).

KESIMPULAN

Teripang pasir dapat memperoleh nutrisi dan energi dari sedimen tambak udang, dimana kemampuan tersebut ditunjukkan dengan nilai efisiensi asimilasi (AE) bahan organik sebesar $53,20 \pm 13,23\%$, efisiensi asimilasi total bakteri sebesar $41,76 \pm 1,69\%$, kecernaan total sebesar $46,63 \pm 17,57\%$, kecernaan protein sebesar $71,52 \pm 17,11\%$, dan kecernaan fosfor $73,32 \pm 13,83\%$. Kemampuan tersebut mengonfirmasi potensi limbah sedimen tambak udang sebagai sumber pakan teripang pasir, sekaligus mengonfirmasi teripang pasir sebagai kandidat potensial untuk spesies *co-culture* dalam IMTA khususnya untuk pemanfaatan nutrisi limbah organik padat tambak udang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pengelola dan staf Laboratorium Ilmu Kelautan Ancol, Institut Pertanian Bogor, atas fasilitas yang diberikan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pengelola hatchery teripang pasir di Balai Besar Riset Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan Gondol, Bali, yang telah membantu menyediakan benih teripang pasir.

DAFTAR ACUAN

- Bakus, J. (1973). The biology and ecology of tropical holothurians. *Biology and Geology of Coral Reefs*, 326-367.
- Chary, K., Aubin, J., Sadoul, B., Fiandrino, A., Covès, D., & Callier, M.D. (2020). Integrated multi-trophic aquaculture of red drum (*Sciaenops ocellatus*) and sea cucumber (*Holothuria scabra*): assessing bioremediation and life-cycle impacts. *Aquaculture*, 516, 734621.
- Feral, J.P., & Massin, C. (2020). Digestive systems: Holothuroidea. In *Echinoderm nutrition* (pp. 191-212). CRC Press.
- Giri, N.A., Sembiring, S.B.M., Marzuqi, M., & Andamari, R. (2018). Formulasi dan aplikasi pakan buatan berbasis rumput laut untuk pendederan benih teripang pasir (*Holothuria scabra*). *Jurnal Riset Akuakultur*, 12(3), 263-273
- Hamzah, M., Muskita, W.H., & Kurnia, A. (2021). Digestibility of moringa leaf meal (*Moringa oleifera*) feed in milkfish (*Chanos chanos*). *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 14(1), 291-297.
- Israel, D., Lupatsch, I., & Angel, D.L. (2019). Testing the digestibility of seabream wastes in three candidates for integrated multi-trophic aquaculture: Grey mullet, sea urchin and sea cucumber. *Aquaculture*, 510, 364-370.
- Jochum, M., Barnes, A.D., Ott, D., Lang, B., Klarner, B., Farajallah & Brose, U. (2017). Decreasing stoichiometric resource quality drives compensatory feeding across trophic levels in tropical litter invertebrate communities. *The American Naturalist*, 190(1), 131-143.
- Junior, A.P.B., Flickinger, D.L., & Henry-Silva, G.G. (2021). Sedimentation rates of nutrients and particulate material in pond mariculture of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) carried out with different management strategies. *Aquaculture*, 534, 736307.
- Liftanto, E., Muskita, W.H., & Kurnia, A. (2023). Substitusi tepung kedelai (*Glycine max*) dengan tepung rumput laut *Caulerpa* sp. dalam pakan terhadap performa pertumbuhan dan asam amino ikan bandeng (*Chanos chanos*). *JSIPi (Jurnal Sains Dan Inovasi Perikanan)(Journal Of Fishery Science And Innovation)*, 7(1), 73-87.
- Nabilla, S., Hartati, R., & Nuraini, R.A.T. (2019). Hubungan nutrisi pada sedimen dan penutupan lamun di Perairan Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*, 22(1), 42-48.
- Ofori, I.W., Awudzi, M.Y., & Dadson, J.K. (2015). Formulation and protein analysis of fish feed incorporated with annatto seeds. *International Journal for Agriculture Research and Innovation*, 1(1), 20-25.
- Orozco, Z.G.A., Sumbing, J.G., Lebata-Ramos, M.J.H., & Watanabe, S. (2014). Apparent digestibility coefficient of nutrients from shrimp, mussel, diatom and seaweed by juvenile *Holothuria scabra* Jaeger. *Aquaculture Research*, 45(7), 1153-1163.
- Paena, M., Syamsuddin, R., Rani, C., & Tandipayuk H. (2018). The distribution of organic waste discharged from super-intensive vaname shrimp (*Litopenaeus vannamei*) ponds monitored using stable isotopes. *Bioflux*, 11(4):1089–1097.

- Paltzat, D.L., Pearce, C.M., Barnes, P.A., & McKinley, R.S., 2008. Growth and production of California sea cucumber (*Parastipopus californicus* Stimpson) co-cultured with suspended pacific oysters (*Crassostrea gigas* Stimpson). *Aquaculture*, 275,124-137.
- Pett, R.J.A. (1993). *Collection of Laboratory Method for Selected Water and Sediment Quality Parameters*. International Development Program at Australian Universities and College. PT. Hasfarm Dian Konsultan. 20 p.
- Ren, Y., Dong, S., Qin, C., Wang, F., Tian, X., & Gao, Q. (2012). Ecological effects of coculturing sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) with scallop *Chlamys farreri* in earthen ponds. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 30, 71–79.
- Sabilu, K., Supriyono, E., Nirmala, K., Jusadi, D., & Widanarni. (2020). Production performance and physiological responses of sea cucumber (*Holothuria scabra*) reared using *Penaeus vannamei* pond sediment as a source of nutrients. *AAAL Bioflux*, 13(6), 3507-3519.
- Sabilu, K., Supriyono, E., Nirmala, K., Jusadi, D., & Widanarni. (2021). Sedimentary waste nutrients, water quality and production profiles of intensive *Penaeus vannamei* culture reared in low salinities. *AAAL Bioflux*, 14(2),683694.
- Sabilu, K., Supriyono, E., Nirmala, K., Ketjulan, R., Hamzah, M., Rahman, A., & Sabilu, M. (2022). Application of compost in the different of pen culture substrates type for the intensification of sea cucumber, *Holothuria scabra* (Jaeger 1883) culture. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1033, No. 1, p. 012018). IOP Publishing.
- Sembiring, S.B.M., Giri, N.A., Pratiwi, R., Haryanti, H., & Hadisusanto, S. (2022). Effects of dietary protein levels on growth performance, amino and Fatty acids of juvenile sandfish, *Holothuria scabra* (Jaeger, 1833). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 21(6), 1447-1460.
- Slater, M., & Chen, J. (2015). Sea cucumber biology and ecology. *Echinoderm Aquaculture*, 47-55.
- Song, Z., Li, P., Hu, S., Liu, C., Hao, T., & Han, X. (2023). Influence of dietary phosphorus on the growth, feed utilization, proximate composition, intestinal enzymes, and oxidation resistance of sea cucumber *Apostichopus japonicus*. *Aquaculture Nutrition*, 4, 1-12.
- Sroyraya, M., Hanna, P.J., Siangcham, T., Tinikul, R., Jattujan, P., Poomtong, T., & Sobhon, P. (2017). Nutritional components of the sea cucumber *Holothuria scabra*. *Functional Foods in Health and Disease*, 7(3), 168-181.
- Syah, R., Makmur, M., & Undu, M.C. (2014). Estimasi beban limbah nutrisi pakan dan daya dukung kawasan pesisir untuk tambak udang vaname superintensif. *Jurnal Riset Akuakultur*, 9(3), 439-448.
- Yogev, U., Sowers, K. R., Mozes, N., & Gross, A. (2017). Nitrogen and carbon balance in a novel near-zero water exchange saline recirculating aquaculture system. *Aquaculture*, 467, 118-126.
- Yuan, X., McCoy, S.J., Du, Y., Widdicombe, S., & Hall-Spencer, J.M. (2018). Physiological and behavioral plasticity of the sea cucumber *Holothuria forskali* (Echinodermata, Holothuroidea) to acidified seawater. *Frontiers in Physiology*, 9, 1339.
- Zamora, L.N., Yuan, X., Carton, A.G., & Slater, M.J. (2018). Role of deposit-feeding sea cucumbers in integrated multitrophic aquaculture: progress, problems, potential and future challenges. *Reviews in Aquaculture*, 10(1), 57-74.
- Zonghe, Zhou, Y., Yang, H., Ma, Y., & Hu, C. (2014). Survival, growth, food availability and assimilation efficiency of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* bottom-cultured under a fish farm in southern China. *Aquaculture*, 426-427:238-248.