

Ketercernaan protein dan ekskresi amonia pada pemeliharaan ikan lele *Clarias gariepinus*

Protein digestibility and ammonia excretion in catfish *Clarias gariepinus* culture

Bambang Gunadi^{1*}, Enang Harris², Eddy Supriyono², Sukenda², Tatag Budiardi²

¹Balai Penelitian Pemuliaan Ikan Sukamandi, Jalan Raya 2 Sukamandi Subang, Jawa Barat 41256

²Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Dramaga Bogor, Jawa Barat 16680

*Surel: bgunadi@kpk.go.id

ABSTRACT

A series of experiments was performed to analyze protein digestibility, ammonia excretion, and also heterotrophic bacteria and phytoplankton dynamics in the catfish *Clarias gariepinus* culture. In the digestibility experiment, catfish with an individual initial size of 43.67 ± 0.83 g were stocked into 120 L conical fiberglass tanks at a density of 20 fish per tank. Fish were fed on with commercial diet supplemented with Cr_2O_3 indicator at a concentration of 1%. In the ammonia excretion experiment, catfish with an individual size of 111.6 ± 9.5 and 40.6 ± 3.4 g, respectively, were placed into a 10 L chamber filled with 8 L of water. Total ammonia nitrogen (TAN) in the chambers were monitored every hour for six consecutive hours. In the bacteria and phytoplankton dynamics experiment, catfish were stocked in the 25 m² concrete tanks which was divided into two compartments (catfish 10 m², and heterotrof compartments 15 m²). Catfish with individual size of 42.5 ± 0 g were stocked into the tanks at a density of 100 fish per tank. Water was recirculated from catfish compartments to heterotrophic compartments. Fish were fed with floating feed. Molasses as carbon source for heterotrophic bacteria was applied daily. The experiment was conducted for six weeks. The results showed that the protein digestibility was $61.97 \pm 7.24\%$. Larger fish (size of 111.6 g) excreted ammonia at a rate of 0.008 ± 0.003 mg TAN/g fish-weight/hour, which was lower than that of the smaller catfish (size of 40.6 g), i.e. 0.012 ± 0.004 mg TAN/g fish-weight/hour.

Keywords: protein digestibility, ammonia excretion, catfish

ABSTRAK

Serangkaian penelitian telah dilakukan untuk menganalisis ketercernaan pakan dan protein, ekskresi amonia, serta dinamika bakteri dan fitoplankton pada budidaya ikan lele (*Clarias gariepinus*). Pada penelitian ketercernaan pakan, ikan lele berukuran $43,67 \pm 0,83$ g/ekor dipelihara dalam bak fiberglass berbentuk corong berukuran 120 L dengan kepadatan 20 ekor/bak. Ikan diberi pakan berupa pelet yang diberi indikator Cr_2O_3 sebanyak 1%. Pada penelitian ekskresi amonia, ikan lele berukuran $111,6 \pm 9,5$ dan $40,6 \pm 3,4$ g/ekor yang telah diberi makan sampai kenyang dimasukkan ke dalam stoples berisi 8 L air. Kadar amonia total (*total ammonia nitrogen*, TAN) di dalam stoples diukur setiap jam selama enam jam. Pada penelitian dinamika bakteri dan fitoplankton, ikan lele dipelihara pada bak beton berukuran 25 m² yang disekat menjadi dua bagian yaitu bagian ikan lele (10 m²) dan bagian heterotrof (15 m²). Ikan lele dengan bobot awal $42,5$ g/ekor ditebar ke dalam bak dengan kepadatan 100 ekor/bak. Air mengalir secara resirkulasi dari bagian ikan lele ke bagian heterotrofik dengan bantuan pompa. Pakan yang diberikan berupa pelet apung komersial. Molase ditambahkan setiap hari sebagai sumber karbon untuk pertumbuhan bakteri heterotrofik. Penelitian dilaksanakan selama enam minggu. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa ketercernaan protein dari pakan yang diuji adalah $61,97 \pm 7,24\%$. Ikan lele berukuran besar ($111,6$ g/ekor) menghasilkan amonia sebanyak $0,008 \pm 0,003$ mg TAN/g ikan/jam, lebih rendah dibandingkan dengan ikan yang berukuran lebih kecil ($40,6$ g/ekor), yaitu $0,012 \pm 0,004$ mg TAN/g ikan/jam.

Kata kunci: ketercernaan protein, ekskresi amonia, ikan lele

PENDAHULUAN

Limbah metabolisme nitrogen (amonia-N) yang dikeluarkan ikan merupakan sumber utama senyawa limbah N terlarut dari suatu sistem akuakultur intensif. Senyawa-senyawa ini dapat menurunkan produktivitas sistem dan merupakan sumber pencemaran bagi lingkungan sekitarnya. Pengendalian limbah ini merupakan faktor penting untuk mencapai keberlanjutan (*sustainability*) sistem akuakultur di masa yang akan datang.

Menurut Brune *et al.* (2003) dari seluruh nitrogen dalam pakan yang diberikan kepada ikan, sebanyak 25% digunakan ikan untuk tumbuh, 60% dikeluarkan dalam bentuk NH_3 dan 15% dikeluarkan bersama feses. Dengan demikian, potensi pasokan amonia ke dalam air budidaya ikan adalah sebesar 75% dari kadar nitrogen dalam pakan. Wyk dan Avnimelech (2007) mengatakan bahwa sebanyak 70–80% nitrogen dalam pakan diubah menjadi amonia oleh ekskresi langsung maupun melalui mineralisasi oleh bakteri. sebanyak 33% nitrogen yang terkandung dalam pakan ikan akan diekskresikan oleh ikan dan dapat didaur ulang (Crab *et al.*, 2007), .

Menurut Thomas dan Piedrahita (1998), produksi harian amonia-N pada ikan white sturgeon (*Acipenser transmontatus*) berukuran 0,09–3,80 kg adalah berkisar 1,5–27,6 mg TAN/kg ikan/jam. Sementara itu, ikan halibut California (*Paralichthys californicus*, Ayres) yang diberi pakan dengan kandungan protein 43–45% secara terus menerus selama 12 jam pada siang hari menghasilkan amonia sebesar 4,3–8,5 mg TAN/g pakan atau setara dengan 91–113 mg TAN/kg ikan/hari. Puncak ekskresi amonia pada ikan berukuran 4–20 g berlangsung pada waktu empat sampai enam jam setelah pemberian pakan dimulai sampai enam sampai sepuluh jam setelah periode pemberian pakan berakhir. Pada ikan berukuran 112–199 g, puncak ekskresi amonia berlangsung antara sepuluh sampai 12 jam setelah pemberian pakan dimulai sampai delapan sampai sepuluh jam setelah periode pemberian pakan berakhir (Merino *et al.*, 2007).

Limbah nitrogen dalam budidaya ikan berupa amonia dan turunannya dapat dimanfaatkan oleh bakteri menjadi biomas bakteri yang merupakan sumber protein untuk beberapa jenis ikan. Pertumbuhan bakteri, terutama bakteri heterotrof, di dalam air dapat dipacu dengan memberikan inokulasi bibit bakteri dan pasokan sumber karbon sampai dengan rasio karbon/nitrogen (C/N) lebih dari 10 (Wyk & Avnimelech, 2007).

Penelitian ini dilaksanakan untuk menganalisis nilai ketercernaan protein pada ikan lele (*Clarias gariepinus*), tingkat ekskresi amonia ikan lele serta dinamika kadar amonia dan kaitannya dengan populasi bakteri dan fitoplankton pada pemeliharaan ikan lele.

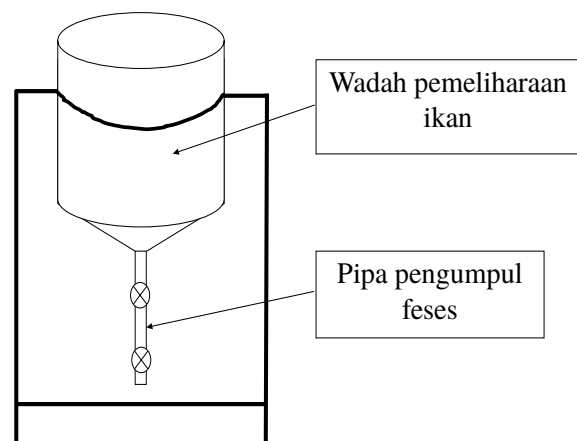
BAHAN DAN METODE

Ketercernaan protein pada pemeliharaan ikan

Penelitian dilakukan pada wadah berupa bak fiber berukuran 100 L dengan dasar berbentuk corong yang dilengkapi pipa pengumpul feses ikan (Gambar 1). Pakan uji yang digunakan adalah pelet komersial dengan kadar protein 29,77%. Pakan tersebut digiling ulang, ditambahkan kromium oksida (Cr_2O_3) sebagai indikator sebanyak 1%, lalu dicetak mengikuti metode yang digunakan Takeuchi (1988).

Ikan lele dengan ukuran $43,67 \pm 0,83$ g/ekor ditebar ke dalam wadah penelitian dengan kepadatan 20 ekor/bak. Sebelum penelitian, ikan diadaptasikan dengan pakan uji tersebut selama tiga hari. Ikan diberi pakan uji sampai kenyang (*at satiation*) pada pagi, siang, dan sore hari. Pemberian pakan diberikan sedikit demi sedikit untuk menghindari adanya pakan yang terbuang atau tidak termakan. Penanganan feses mengikuti metode Takeuchi (1998). Pengumpulan feses dilakukan setiap pagi dan sore. Feses yang terkumpul segera disimpan dalam alat pembeku sebelum dilakukan pengeringan, penimbangan, dan analisis lebih lanjut. Pengumpulan feses dilakukan selama lima hari. Pelaksanaan uji ketercernaan pakan ini dilakukan dengan lima kali ulangan.

Analisis proksimat pakan, feses, dan ikan (sebelum dan sesudah pengamatan) terutama



Gambar 1. Skema wadah penelitian uji ketercernaan pakan.

protein dan kadar kromium dilakukan berdasarkan Takeuchi (1998). Koefisien ketercernaan protein (KKProt) dalam pakan uji dihitung dengan rumus Takeuchi (1988) sebagai berikut:

$$\text{KKProt}(\%) = 100 \times \left(1 - \frac{C_P \times N_F}{C_F \times N_P} \right)$$

Keterangan:

- KKProt = koefisien ketercernaan protein (%)
 C_P = kadar kromium dalam pakan (%)
 C_F = kadar kromium dalam feses (%)
 N_P = kadar protein dalam pakan (%)
 N_F = kadar protein dalam feses (%)

Ekskresi amonia ikan lele

Penelitian tentang ekskresi amonia dilakukan di wadah berupa stoples sebanyak sepuluh buah berukuran 10 L yang diisi air sebanyak 8 L. Sebelum pengamatan, ikan lele dipuasakan selama satu hari. Pada hari berikutnya, ikan lele diberi makan sampai kenyang dan diberi kesempatan makan selama 30 menit. Pakan yang diberikan adalah pakan ikan komersial berupa pelet apung dengan kandungan protein 29,77%. Selanjutnya ikan dipindahkan ke dalam stoples sebanyak 1 ekor/stoples. Ikan yang diamati terdiri atas dua kelompok ukuran yakni $111,6 \pm 9,5$ g dan $40,6 \pm 3,4$ g/ekor. Masing-masing kelompok ukuran terdiri atas lima ekor. Untuk mengurangi stres, pengukuran bobot ikan dilakukan pada akhir pengamatan. Pengamatan kadar amonia dilakukan setiap jam mulai jam ke-0 hingga jam keenam. Pengamatan jam ke-0 dilakukan terhadap stok air sesaat sebelum ikan dimasukkan ke dalam stoples. Pengukuran kadar amonia mengikuti metode Nessler menggunakan Hanna *portable photometer*.

Laju ekskresi amonia dihitung dengan menentukan kadar amonia pada setiap wadah pengamatan pada setiap jam pengamatan dengan menggunakan rumus:

$$A = ([N_6 - N_0] \times V) / W / T$$

Keterangan:

- A = tingkat ekskresi amonia (mg TAN/g ikan/jam)
 N_6 = konsentrasi TAN pada jam keenam (mg TAN/L)
 N_0 = konsentrasi TAN pada jam ke-0 (mg TAN/L)
V = volume air media (8 L)
W = bobot ikan (g)
T = periode pengamatan (enam jam)

Dinamika amonia dan populasi mikrobal pada budidaya ikan lele

Penelitian dilakukan pada wadah berupa bak beton seluas 25 m^2 ($5 \times 5 \text{ m}^2$) yang disekat menjadi dua bagian yakni bagian pertama seluas 10 m^2 untuk pemeliharaan ikan lele, dan bagian kedua seluas 15 m^2 dimaksudkan sebagai ruang mempercepat pertumbuhan populasi mikrobal. Penelitian dilakukan dalam tiga ulangan.

Kedalaman air di dalam bak dipertahankan setinggi 80 cm. Penambahan air dilakukan jika penurunan air akibat penguapan sudah mencapai 5 cm. Pompa celup dengan debit sekitar 0,3 L/detik dipasang pada bagian pertama (ikan lele) untuk mengalirkan air ke bagian kedua (heterotrofik). Sementara air dari bagian kedua mengalir kembali ke bagian pertama secara gravitasi.

Instalasi aerasi dipasang di bagian kedua sebanyak delapan titik untuk menjamin kadar oksigen terlarut selalu lebih dari 2 mg/L (Schneider *et al.*, 2006). Inokulasi bakteri diberikan sekali di bagian kedua pada awal penelitian. Molase diberikan setiap hari di bagian kedua dengan dosis 94,9% pakan yang diberikan pada hari tersebut.

Benih ikan lele dengan bobot rata-rata sekitar 42,5 g/ekor dipelihara di bagian pertama. Kepadatan yang diterapkan adalah 100 ekor/ m^2 . Pakan yang diberikan berupa pakan buatan pelet terapung komersial dengan kadar protein kasar 29,77%. Tingkat pemberian pakan yang diterapkan adalah 3% dari biomassa ikan per hari. Pemberian pakan dilakukan sebanyak tiga kali sehari. Pemeliharaan ikan dilaksanakan selama enam minggu.

Parameter yang diamati adalah kadar amonia (dalam bentuk *total ammonia nitrogen*, TAN), populasi bakteri (dalam bentuk *volatile suspended solids*, VSS) dan populasi fitoplankton (dalam bentuk klorofil-a). Pengamatan dilakukan setiap minggu, dengan mengacu metode APHA (2005). Hasil pengamatan parameter dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketercernaan protein pakan

Pakan yang digunakan dalam penelitian ini memiliki koefisien ketercernaan protein pakan (KKProt) sebesar $61,97 \pm 7,24\%$ (Tabel 1). Nilai tersebut menunjukkan bahwa 61,97% protein yang terkandung di dalam pakan dapat dicerna oleh ikan lele dan sisanya sebesar 38,03% terbuang ke dalam air bersama feses. Tingkat ketercernaan

protein juga menggambarkan tingkat ketercernaan nitrogen yang terkandung di dalam pakan. Protein mengandung nitrogen sebesar 16%, dari seluruh nitrogen yang terkandung dalam pakan sebanyak 15% akan dikeluarkan bersama feses dan 60%–nya akan dikeluarkan dalam bentuk amonia. Sisanya sebesar 25% akan digunakan ikan untuk tumbuh (Brune *et al.*, 2003).

Nilai proporsi protein yang dikeluarkan oleh ikan lele bersama feses pada penelitian ini, yakni 38,03%, mendekati hasil penelitian yang diperoleh Manurung (2011) yaitu 20–30%. Ikan lele tergolong ikan karnivora sehingga mudah mencerna protein yang bersumber dari bahan hewani. Manurung (2011) menyatakan bahwa peningkatan proporsi tepung ikan pada formulasi pakan ikan lele dari 5% menjadi 7% mampu meningkatkan ketercernaan protein dari 74,19% menjadi 79,04% pada kadar protein pakan 32%, dan dari 70,84% menjadi 80,21% pada kadar protein pakan 30%.

Ekskresi amonia

Tingkat ekskresi amonia ikan lele berukuran 111,6±9,5 dan 40,6±3,4 g/ekor masing-masing adalah sebesar 0,008±0,003 dan 0,012±0,004 mg TAN/g lele/jam (Tabel 2). Nilai ini hampir sama dengan tingkat ekskresi amonia ikan turbot (*Psetta maotica*) yang diberi pakan buatan dengan kadar protein 45% yakni 0,00698 mg TAN/g ikan/jam (Yigit *et al.*, 2005b). Ikan halibut Kalifornia yang diberi pakan dengan kandungan protein 43–45% secara terus menerus selama 12 jam pada siang hari menghasilkan amonia sebesar 91–113 mg TAN/kg ikan/hari atau setara dengan 0,00758–0,00942 mg TAN ikan/jam (Merino *et al.*, 2007).

Secara umum, ikan lele berukuran lebih besar mempunyai tingkat ekskresi amonia lebih rendah dibandingkan dengan ikan lele yang berukuran lebih kecil. Hal yang sama terjadi pada ikan *black sea turbot* sebagaimana dilaporkan oleh Yigit *et al.* (2005a). Ikan turbot dengan ukuran 100 g/ekor mempunyai tingkat ekskresi amonia setara dengan 0,0042 mg N/g ikan/jam, sementara ikan yang berukuran lebih kecil yaitu 42 g/ekor mempunyai tingkat ekskresi amonia setara dengan 0,0048 mg N/g ikan/jam.

Gambar 2 menunjukkan bahwa ikan lele berukuran besar (111,6 g), puncak ekskresi amonianya terjadi pada jam kelima setelah makan dan setelah itu mengalami penurunan. Sementara itu, pada ikan yang berukuran lebih kecil (40 g) puncak ekskresi amonia cenderung terjadi pada waktu yang lebih lama. Pola yang agak berbeda

terjadi pada ikan halibut California seperti dilaporkan oleh Merino *et al.* (2007). Puncak ekskresi amonia pada ikan halibut berukuran 4–20 g berlangsung pada waktu empat sampai enam jam setelah pemberian pakan sedangkan pada ikan berukuran 112–199 g, puncak ekskresi amonia berlangsung antara 10–12 jam setelah pemberian pakan. Produksi harian amonia pada ikan *white sturgeon* berukuran 0,09–3,8 kg adalah berkisar 1,5–27,6 mg TAN/kg ikan/jam (setara dengan 0,0015–0,0276 mg TAN/g ikan/jam) dengan puncak produksi amonia berlangsung dalam waktu 2–6 jam setelah ikan makan (Thomas & Piedrahita, 1998).

Menurut Pruszyński (2003), ekskresi amonia ikan lele tergantung pada jumlah asupan protein yang diberikan. Laju pengeluaran amonia dipengaruhi oleh ukuran ikan, yaitu semakin besar ukuran ikan, laju ekskresi amonia akan semakin menurun. Sementara itu, waktu ekskresi amonia maksimum terjadi pada malam hari antara pukul 18.00–21.00. Dapat dikatakan bahwa potensi pasokan amonia ke dalam air pada wadah budidaya ikan mencapai 75% dari kadar nitrogen dalam pakan, sedangkan pada budidaya udang 90% (Brune *et al.*, 2003).

Dinamika amonia dan populasi mikrobia

Kadar amonia di kolam pemeliharaan ikan lele selama enam minggu menunjukkan pola peningkatan pada minggu kedua dan ketiga, menurun pada minggu keempat, dan kembali meningkat pada minggu kelima dan keenam (Gambar 3). Amonia di kolam budidaya ikan lele terutama berasal dari ekskresi ikan yang sangat dipengaruhi oleh kadar dan kualitas protein pakan. Amonia yang dikeluarkan oleh ikan di dalam

Tabel 1. Nilai koefisien koefisien pencernaan protein (KKProt) ikan lele (*Clarias gariepinus*) yang diberi pakan apung komersial kadar protein sebesar 29,77% (N=5)

| Parameter | Nilai |
|---|------------|
| Koefisien pencernaan protein (KKProt) (%) | 61,97±7,24 |

Tabel 2. Tingkat ekskresi amonia pada dua kelompok ukuran ikan lele (*Clarias gariepinus*) selama enam jam pengamatan (N=5)

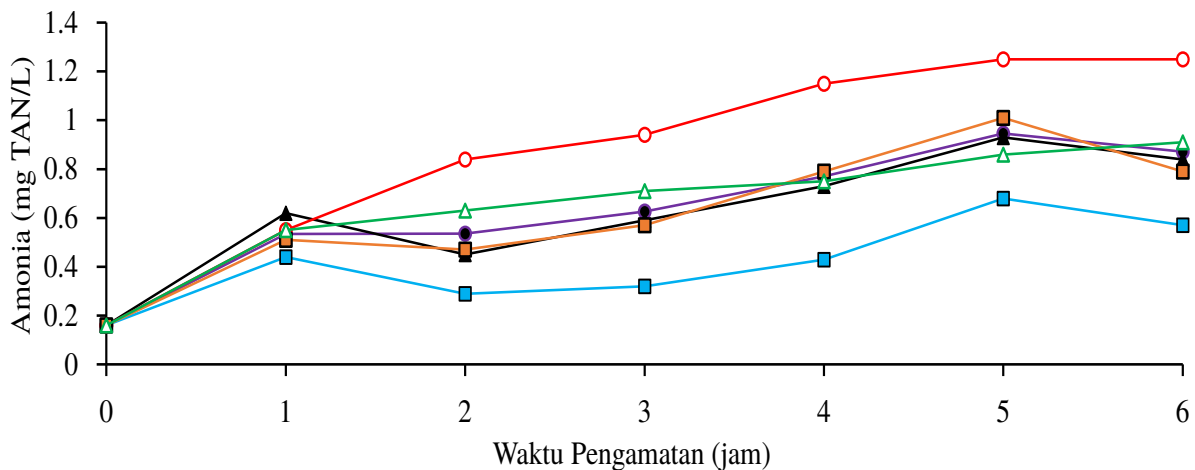
| Ukuran ikan lele (g/ekor) | Ekskresi amonia (mg TAN/g lele/jam) |
|---------------------------|-------------------------------------|
| 111,6±9,5 | 0,008±0,003 |
| 40,6±3,4 | 0,012±0,004 |

air akan membentuk kesetimbangan dengan ion amonium (Ebeling *et al.*, 2006). Amonia dalam bentuk ion amonium akan mengalami proses nitrifikasi oleh bakteri kemoautotrof menjadi nitrit dan selanjutnya menjadi nitrat. Namun demikian dengan adanya bahan organik, proses mikrobial yang berlangsung pada air media budidaya menjadi didominasi oleh bakteri heterotrof yang lebih cepat menyerap amonium menjadi biomassa bakteri.

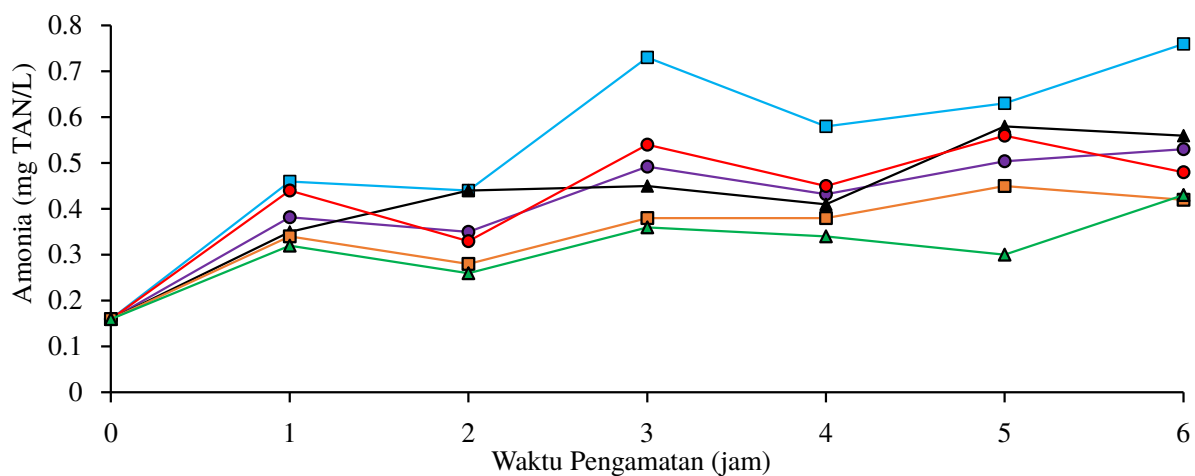
Pada Gambar 3 juga terlihat bahwa dinamika populasi mikrobial yang digambarkan melalui kadar VSS mengikuti pola dinamika kadar amonia. Pada saat kadar amonia meningkat seperti minggu kedua dan keenam, kadar VSS juga meningkat dan pada saat kadar amonia menurun kadar VSS juga menurun. Pada penelitian ini kadar VSS lebih menggambarkan populasi bakteri

heterotrof, meskipun pada kenyataannya diduga dapat mengandung populasi alga atau populasi organisme autotrofik. Sebagaimana dikemukakan oleh Ebeling *et al.* (2006), dalam kondisi terdapat cukup bahan organik, proses heterotrof akan berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan proses autotrofik.

Bakteri heterotrof mempunyai efisiensi produksi sel yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan bakteri nitrifikasi yakni 25–100 kali bakteri *Nitrosomonas* sp. dan 10–33 kali bakteri *Nitrobacter* sp. Menurut Brune *et al.* (2003) proses biosintesis bakteri heterotrof berlangsung lebih cepat dibanding dengan proses biosintesis alga maupun proses bakteri nitrifikasi, yakni waktu regenerasi sepuluh jam berbanding dengan 24–48 jam. Laju pertumbuhan alga dan bakteri nitrifikasi hampir sama namun koefisien produksi

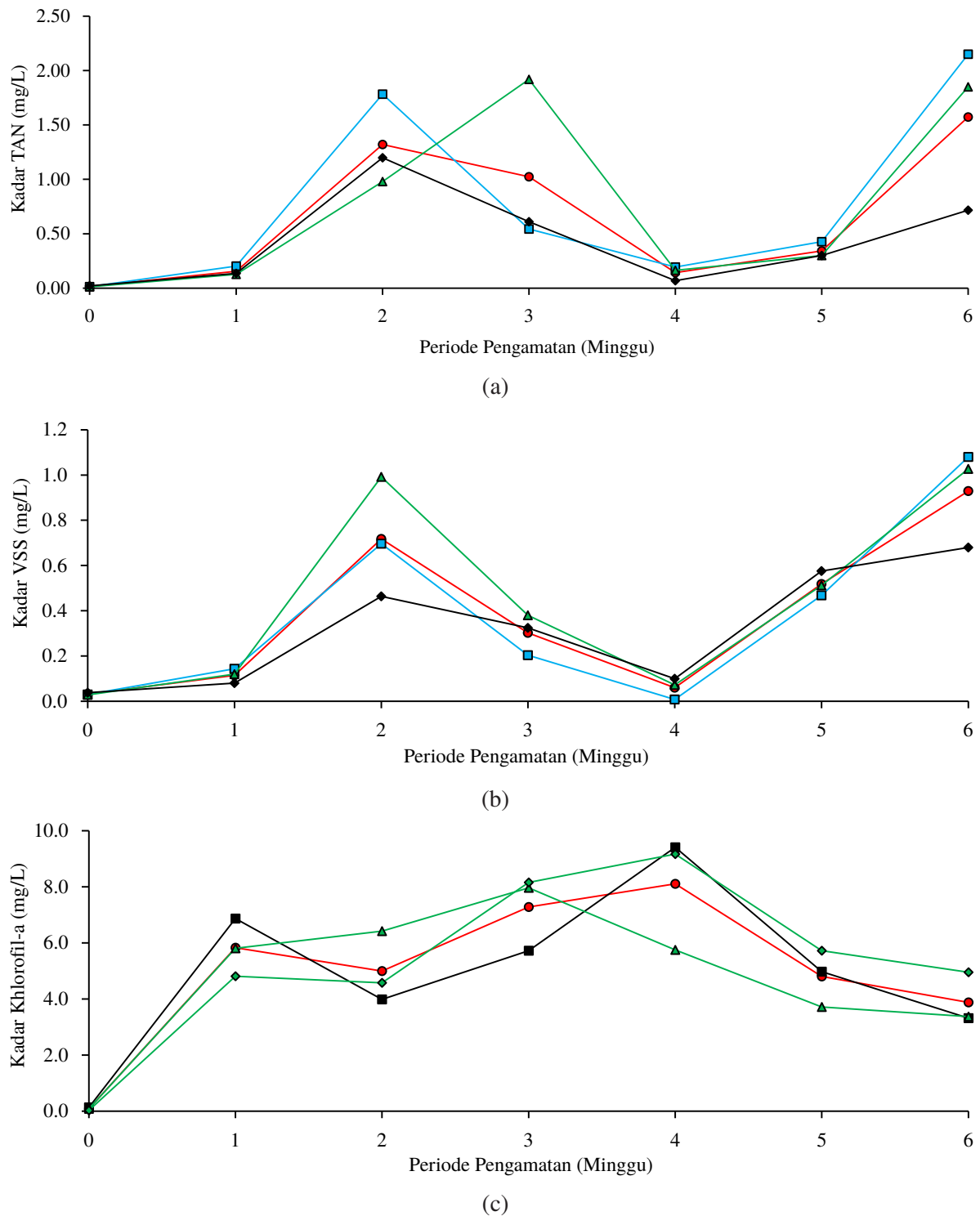


(a)



(b)

Gambar 2. Pengamatan ekskresi amonia ikan lele (*Clarias gariepinus*) berukuran 100 g/ekor (a) dan 40 g/ekor (b) selama enam jam pada ulangan pertama (—■—), ulangan kedua (—▲—), ulangan ketiga (—●—), ulangan keempat (—■—), dan ulangan kelima (—△—), beserta reratanya (—●—).



Gambar 3. Dinamika amonia (total amonia nitrogen; TAN) (a), populasi mikrobal (*volatile suspended solid*; VSS) (b), fitoplankton (klorofil-a) (c) pada pemeliharaan ikan lele (*Clarias gariepinus*) dengan sistem heterotorofik selama enam minggu pada ulangan 1 (—□—), ulangan 2 (—△—), dan ulangan 3 (—◆—), beserta reratanya (—●—).

alga hampir 57 kali lebih tinggi dibandingkan dengan bakteri nitrifikasi, yakni 11,4 g alga/g N berbanding dengan 0,2 g bakteri/g N (Brune *et al.*, 2003). Penambahan molase merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kadar bahan organik/unsur karbon yang sangat dibutuhkan oleh bakteri heterotrof.

Berdasarkan Gambar 3, dinamika populasi fitoplankton (klorofil-a) menunjukkan pola yang berlawanan dengan dinamika populasi bakteri yang dicerminkan oleh kadar VSS. Pada saat VSS meningkat seperti pada minggu kedua dan kemudian pada minggu kelima dan keenam, populasi fitoplankton mengalami penurunan. Hal

ini menunjukkan adanya persaingan nutrisi dalam hal ini nitrogen (N) yang berasal dari amonia. Mengingat bakteri heterotrof tumbuh lebih cepat maka pertumbuhan fitoplankton hanya memanfaatkan nitrogen sisa yang tidak terserap oleh bakteri heterotrof. Menurut De Schryver *et al.* (2008) dan De Schryver *et al.* (2010), bakteri ini bisa menyerap sampai 50% dari jumlah amonium terlarut dalam air. Asupan amonia sebesar 43% akan diubah menjadi biomassa bakteri heterotrof, sementara proses nitrifikasi yang menyediakan nitrat untuk alga hanya mampu mengubah sebanyak 15% (Brune *et al.*, 2003).

Bakteri terutama jenis bakteri heterotrof merupakan sumber pakan yang baik untuk ikan. Menurut Avnimelech (2007), Azim *et al.* (2008) dan Widanarni *et al.* (2012), tilapia dapat memakan komunitas bakteri dalam sistem *biofloc technology* (BFT) dan tumbuh baik dengan pakan berprotein rendah, sehingga terjadi penghematan biaya pakan. Pada penelitian ini tidak terdapat organisme *filter feeder* yang memanfaatkan biomassa bakteri heterotrof. Hal ini menyebabkan proses regenerasi bakteri heterotrof berjalan secara alami, relatif lambat dan tidak terjadi peningkatan biomassa. Peningkatan kadar amonia pada minggu keenam merupakan indikasi bahwa asupan amonia dari ekskresi ikan lele lebih besar dari proses konversi menjadi biomassa bakteri heterotrof. Schneider *et al.* (2006) menyarankan waktu retensi (*hydraulic retention time*) antara lima sampai sembilan jam. Pada waktu retensi delapan jam, rerata produksi biomassa bakteri mencapai 123,8 g VSS/kg pakan dengan tingkat konversi nitrogen anorganik mencapai 90%.

KESIMPULAN

Pakan ikan lele yang umum digunakan memiliki nilai ketercernaan protein pakan sebesar 61,97%. Jika dihitung per satuan bobot yang sama, ikan lele dengan bobot 40,6 g menghasilkan amonia satu setengah kali lebih besar dibandingkan dengan ikan lele berukuran besar (111,6 g). Proses pengubahan amonia menjadi biomassa bakteri berlangsung kurang optimal terutama setelah minggu kelima akibat regenerasi populasi bakteri yang berjalan lambat. Kompetisi nutrisi dengan bakteri menyebabkan melambatnya pertumbuhan fitoplankton.

DAFTAR PUSTAKA

[APHA] American Public Health Association. 2005. 4500-NH₃ Nitrogen (Ammonia). *In*:

- Eaton AD, Clesceri LS, Rice EW, Greenberg AE (eds). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed. Washington DC, USA: APHA, American Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation (WEF). Hlm. 4–117.
- Avnimelech Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture* 264: 140–147.
- Azim E, Little D, North B. 2007. Growth and welfare of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in indoor tanks using biofloc technology (BFT). Presentation in *Aquaculture*, 26 February–3 March 2007. World Aquaculture Society. San Antonio, Texas, USA.
- Azim ME, Little DC. 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 283: 29–35.
- Brune DE, Schwartz G, Eversole AG, Collier JA, Schwedler TE. 2003. Intensification of pond aquaculture and high rate photosynthetic systems. *Aquacultural Engineering* 28: 65–86.
- Crab R, Avnimelech Y, Defoirdt T, Bossier P, Verstraete W. 2007. Nitrogen removal technique in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture* 270: 1–14.
- De Schryver P, Crab r, Defoirdt T, Boon N, Verstraete W. 2008. The basic of biofloc technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture* 277: 125–137.
- De Schryver P, Sinha AK, Kunwarr PS, Baruah K, Verstraete W, Boon N, De Boeck G, Bossier P. 2010. Poly-beta-hydroxybutyrate (PHB) increases growth performance and intestinal bacterial range-wighted richness in juvenile European sea bass *Dicentrarchus labrax*. *Applied Microbial Biotechnology* 86: 1.535–1.541.
- Ebeling JM, Timmons MB, Bisogni JJ. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 257: 346–358.
- Manurung LDI. 2011. Efektivitas pengurangan tepung ikan pada kadar protein yang berbeda pada ikan lele *Clarias* sp. [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Merino GE, Piedrahita RH, Conklin DE. 2007. Ammonia and urea excretion rates of California halibut *Paralichthys californicus*,

- Ayres under farm-like conditions. *Aquaculture* 271: 227–243.
- Pruszyński T. 2003. Effects of feeding on ammonium excretion and growth of the African catfish *Clarias gariepinus* fry. *Czech Journal of Animal Science* 48: 106–112.
- Schneider O, Sereti V, Machiels MAM, Eding EH, Verreth JAJ. 2006. The potential of producing heterotrophic bacteria biomass on aquaculture waste. *Water Research* 40: 2.684–2.694.
- Takeuchi T. 1988. Laboratory Work- Chemical evaluation of dietary nutrients. *In: Watanabe T (eds). Fish Nutrition and Mariculture: JICA Textbook, The General Aquaculture Course.* Japan: Kanagawa International Fisheries Training Centre. Japan International Cooperation Agency (JICA). Hlm. 179–233.
- Thomas SL, Piedrahita RH. 1998. Apparent ammonia-nitrogen production rates of white sturgeon *Acipenser transmontatus* in commercial aquaculture systems. *Aquacultural Engineering* 17: 45–55.
- Widanarni, Ekasari J, Maryam S. 2012. Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp. cultured at different stocking densities. *HAYATI Journal of Biosciences* 19: 73–80.
- Wyk PV, Avnimelech Y. 2007. Management of nitrogen cycling and microbial populations in biofloc-based aquaculture systems. Presentation in World Aquaculture 2007, AES Special Session: Bioflock Technology, di San Antonio, Texas, USA 28 Februari 2007.
- Yigit M, Erdem M, Aral O, Karaali B. 2005a. Nitrogen excretion patterns and postprandial ammonia profiles in black sea turbot *Scophthalmus maeoticus* under controlled conditions. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh* 57: 231–240.
- Yigit M, Ergun S, Turker A, Karaali B, Bilgin S. 2005b. Using ammonia nitrogen excretion rates as an index for evaluating protein quality of prawns in turbot *Psetta maeotica* nutrition. *Turkey Journal of Veterinary and Animal Science* 29: 1343–1349.