



LIMNOTEK

Perairan Darat Tropis di Indonesia  
p-ISSN: 0854-8390 e-ISSN: 2549-8029



**Laju Konsumsi Tumbuhan Air Mata Lele (*Lemna perpusilla*) oleh Ikan Nila (*Oreochromis sp.*) dengan Padat Tebar Berbeda**

**Tjandra Chrimadha dan Endang Mulyana**

Pusat Penelitian Limnologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

Email: tjandra@limnologi.lipi.go.id

Diajukan 11 Oktober 2018. Ditelaah 2 Januari 2019. Disetujui 4 Maret 2019.

**Abstrak**

Salah satu segmen rantai makanan pada suatu ekosistem perairan adalah hubungan pemangsaan tumbuhan air oleh ikan herbivora. Pada penelitian ini dikaji laju pemangsaan tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla*) oleh ikan Nila (*Oreochromis sp.*) yang bersifat herbivora. Penelitian dilakukan di laboratorium. Ikan Nila dipelihara dalam enam buah bak fiberglass bervolume 2,4 m<sup>3</sup> yang diletakkan sejajar dengan kedalaman air 1 m. Air dialirkan secara sistem aliran tertutup menggunakan dua pompa, yang mengalirkan air dari kedua sisi bak ke bagian tengah dan kembali ke bak di pinggir melalui sistem pipa U. Jatuhan air diatur untuk menjaga kandungan oksigen terlarutnya lebih dari 3 mg/L. Anak ikan Nila dengan bobot 16,9 ± 0,5 g dipelihara dengan kepadatan bervariasi, yaitu 5, 10, dan 20 ekor per bak. Biomassa tumbuhan mata lele segar diberikan secara *ad libitum* sebagai pakan tunggal, yaitu dengan memberikan stok pakan di permukaan air kultur dan menambahkannya secara terukur setiap kali habis. Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan ikan dan jumlah pakan yang diberikan selama 114 hari. Data yg diperoleh selanjutnya diolah untuk mendapatkan laju tumbuh dan jumlah pakan harian, kemudian dihitung laju konsumsi biomassa tumbuhan air tersebut oleh ikan. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa laju konsumsi tertinggi terjadi pada ikan yang berukuran rata-rata 20 g/ekor dengan kepadatan rendah, 5 ekor/bak, yaitu 63,46% dari berat tubuh per hari, pada hari ke-6. Laju konsumsi ini menurun sejalan dengan penambahan berat badan dan kepadatan kultur. Laju konsumsi terendah yang diamati adalah 24,17 ± 1,01% dari berat tubuh ikan per hari, pada saat ukuran ikan mencapai rata-rata 126,36 ± 5,29 g/ekor pada kultur dengan kepadatan 5 ekor/bak. Hasil pengamatan juga memperlihatkan bahwa peningkatan kepadatan ikan mengurangi laju konsumsi biomassa mata lele oleh ikan Nila.

Kata kunci: tumbuhan air, pakan, ikan Nila, laju konsumsi, mata lele

**Abstract**

**Consumption Rate of Aquatic Plant Minute Duckweed (*Lemna perpusilla*) by Nile Tilapia (*Oreochromis sp.*) with Different Stocking Density.** One segment of food chain in an ecosystem is the relationship of aquatic plant predation by herbivorous animals. This research studied the consumption rate of minute duckweed by Nile Tilapia. The fish was reared in six fiberglass containers of 2.4 m<sup>3</sup> with 1 m water depth, which were placed in a row. The water was flowed in a closed recirculation system using two submersible pumps, which channeled the water from both sides of the

container to the center and flowed back into the outer side of the container through the U pipe system. The flow was controlled to maintain the dissolved oxygen concentration in the water at  $> 3$  mg/L. Fish fingerlings with a weight of  $16,9 \pm 0,5$  g were reared under various density: 5, 10, and 20 fishes/container. Fresh duckweed biomass was supplied at *ad libitum* as a sole feed by putting it on the water surface and adding some more when it was depleted. Observation was conducted for 114 days on the fish growth and amount of feed given. The obtained data then extrapolated for the daily fish growth and the amount of duckweed biomass supplied. Further, the calculation of the fish consumption rate on the duckweed biomass was carried out. The result showed that the highest fish consumption rate occurred during early growth at low density, which was 63.46% of body weight, on day 6 when the average fish size was around 20 g. The consumption rate declined with increasing body weight and culture density, where the lowest observed value was  $24.17 \pm 1.01\%$  of body weight and when the fish achieved the average body weight of  $126.36 \pm 5.29$  g in the culture of 5 fishes per container. The results also showed that increasing fish density reduced the rate of fish consumption on the duckweed biomass.

Keywords: aquatic plant, feed, Nile Tilapia, consumption rate, minute duckweed

## Pendahuluan

Dalam ekosistem, tumbuhan memegang peranan penting sebagai produsen, mengonversi energi surya dan bahan-bahan nutrisi anorganik menjadi bahan organik yang berfungsi sebagai bagian dari struktur tubuh dan cadangan energi. Bahan organik dengan cadangan energi di dalamnya ditransfer ke biota konsumen melalui mekanisme pemangsaan mulai dari konsumen tingkat satu, yaitu biota herbivora hingga ke hewan-hewan predator yang menghuni puncak rantai makanan. Mekanisme pemangsaan ini bersifat dinamis mengikuti kondisi ekosistem, namun pada umumnya tidak memengaruhi tingkat produktivitasnya (Post *et al.*, 2000). Kompleksitas pemangsaan dalam suatu ekosistem difasilitasi oleh struktur komunitas yang berinteraksi dalam bentuk rantai makanan. Hal ini telah direkomendasikan oleh *Food and Agriculture Organization* (FAO) untuk dioptimalisasi sebagai tulang punggung produktivitas pertanian yang bersifat ramah lingkungan (Sims *et al.*, 2015). Chrismadha *et al.* (2014) mengaplikasikan konsep optimalisasi hubungan rantai makanan ini pada ekosistem buatan, yaitu kolam budi daya perikanan, dengan memanfaatkan peran tumbuhan sebagai produsen yang dapat berfungsi ganda, yaitu sebagai fitoremediasi kualitas air dan sumber pakan alternatif, sehingga usaha perikanan dapat berlangsung lebih efisien dan ramah lingkungan.

Salah satu jenis tumbuhan air yang sangat potensial sebagai sumber pakan alternatif adalah mata lele (*Lemna perpusilla* Torr). Tumbuhan air terapung ini merupakan

bagian dari kelompok Lemnaceae yang tumbuh kosmopolit di dataran rendah hingga menengah di daerah tropis (Pancho & Soerjani, 1978). Kelompok Lemnaceae secara global dikenal sebagai *duckweed* dan banyak dipromosikan untuk digunakan sebagai pakan berbagai jenis hewan budi daya (Leng *et al.*, 1995) termasuk ikan (Chrismadha *et al.*, 2014; Chrismadha *et al.*, 2012; Hasan & Chakrabarti, 2009; Tavares *et al.*, 2008; Noor *et al.*, 2000). Hal ini didasarkan pada karakteristik unggul laju pertumbuhan dan produktivitas biomasnya yang cenderung tinggi, serta kandungan nutrisinya yang sesuai untuk keperluan pakan hewan (Leng *et al.*, 1995). Sebagai contoh, uji coba di Pusat Penelitian Limnologi, LIPI memperlihatkan mata lele dapat tumbuh hingga di atas 35% per hari dan kandungan proteinnya mencapai 38% (Ilyas *et al.*, 2014; Chrismadha *et al.*, 2012). Kajian serupa telah banyak dilakukan dan berhasil menunjukkan potensi jenis tumbuhan air sebagai sumber pakan alternatif pada budi daya perikanan (Tavares *et al.*, 2010; Hasan & Chakrabarti, 2009; Leng *et al.*, 1995). Namun, informasi terkait laju konsumsi dan tingkat konversi biomassa tumbuhan menjadi biomassa ikan masih belum ada. Padahal, informasi ini sangat penting untuk menyusun kriteria desain budi daya perikanan secara terpadu.

Pada penelitian ini telah dilakukan pengukuran laju konsumsi biomassa segar tumbuhan air mata lele oleh ikan Nila, yang bertujuan untuk mengetahui tingkat konsumsi biomassa mata lele serta konversinya menjadi biomassa ikan.

## Bahan dan Metode

Percobaan dilakukan pada sistem aliran tertutup menggunakan enam buah bak fiberglass berukuran 2,4 m<sup>3</sup> yang disusun sejajar (Gambar 1). Dua buah pompa *submersible* ditempatkan di dua bak sisi paling luar untuk memompa air ( $\approx$  2400 L/jam) ke pipa PVC 2” yang dilengkapi lubang-lubang untuk mendistribusikan air ke seluruh bak di bagian tengah. Dari bak-bak di bagian tengah, air mengalir kembali ke bak di bagian sisi melalui sistem pipa U yang dibuat dari pipa PVC 2”.

Aliran air diatur untuk menjaga kandungan oksigen terlarut di atas 3 mg/L. Kualitas air media pemeliharaan selama percobaan dipresentasikan dalam Tabel 1.

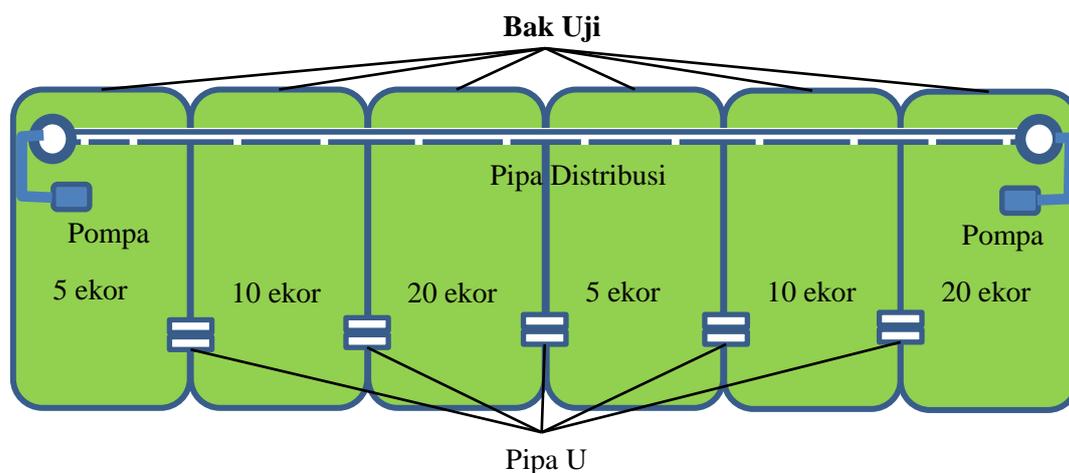
Ikan uji yang digunakan adalah benih ikan Nila hasil penetasan di Pusat Penelitian Limnologi, LIPI dan dipilih yang berbobot relatif sama, yaitu  $16,9 \pm 0,5$  g. Untuk mengkaji tingkat konsumsi tumbuhan air mata lele, ikan dipelihara selama 114 hari (7 April – 28 Juli 2017) dengan pakan tunggal biomassa tumbuhan mata lele segar. Di samping itu, untuk melihat pengaruh kepadatan kultur, tebaran ikan Nila divariasikan, yaitu 5, 10, dan 20 ekor/bak, masing-masing dengan dua ulangan. Ikan diamati pertumbuhan berat badannya dengan cara ditangkap dan ditimbang seluruhnya sebanyak tiga kali (setiap 37–40 hari sekali), menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 1 desimal.

Biomassa tumbuhan mata lele yang digunakan untuk pakan uji berasal dari kolam-kolam kultur yang terintegrasi dengan kolam budi daya mata lele sistem aliran tertutup. Pemberian pakan dilakukan dua kali sehari (pagi dan sore) secara melimpah, yaitu diberikan dalam jumlah yang relatif melimpah dan ditambah bila jumlahnya tinggal sedikit atau habis. Jumlah pemberian pakan meningkat secara progresif mengikuti perkembangan biomassa ikan yang dipelihara. Jumlah pemberian pakan harian ini dicatat dan dijumlahkan keseluruhannya pada akhir penelitian.

Untuk penghitungan laju konsumsi tumbuhan mata lele oleh ikan Nila, data pertumbuhan bobot ikan dan jumlah biomassa lemna yang diberikan ditabulasi dan diekstrapolasi menjadi pola harian menggunakan kurva fit terbaik (*best curve fit*) pada aplikasi *Microsoft Excel*. Dari data hasil kurva fit terbaik ini selanjutnya laju konsumsi harian progresif dihitung sesuai dengan pertumbuhan harian bobot ikan, sesuai dengan formula:

$$C_t = \frac{L_t}{F_t}$$

dengan  $C_t$  = laju konsumsi biomassa mata lele pada hari  $t$  (g/hari),  $L_t$  = jumlah biomassa lemna yang diberikan pada hari  $t$ , dan  $F_t$  = bobot tubuh ikan pada hari  $t$ .



Gambar 1. Skema bak uji

Untuk mendapatkan nilai laju konsumsi biomassa mata lele, selanjutnya nilai  $C_t$  dihitung relatif terhadap bobot tubuh ikan dengan formula:

$$C_r = \frac{C_t}{F_t} \times 100$$

dengan  $C_r$  = laju konsumsi (% BB/hari),  $C_t$  = laju konsumsi harian (g/hari), dan  $F_t$  = bobot tubuh ikan (g).

### Hasil

Ikan Nila dapat tumbuh dalam bak-bak uji dengan sistem aliran tertutup, meskipun pengamatan kondisi parameter kualitas air, khususnya pH dan DO cenderung suboptimal (Tabel 1). Seperti dikemukakan Boyd (1982) ikan-ikan air tawar memerlukan kondisi pH pada rentang 6,5–9,0 serta konsentrasi DO > 5 mg/L untuk dapat tumbuh dengan baik. Pada uji coba ini nilai pH yang teramati berkisar 5,63–6,25, sementara nilai DO 2,89–5,29 mg/L. Suhu dan konduktivitas air dalam bak uji berada pada kisaran yang sesuai untuk pertumbuhan ikan. Laju tumbuh ikan Nila harian selama 114 hari masa uji adalah 1,66% per hari pada padat tebar 5 ekor per bak, 1,47% per hari pada padat tebar 10 ekor per bak, dan 1,23% per hari pada padat tebar 20 ekor per bak. Angka-angka laju tumbuh ini sedikit lebih tinggi daripada laporan Begum *et al.* (2014) pada ikan Nila yang tumbuh di kolam-kolam dengan kisaran pH 6,84–7,38 dan DO 4,56–5,78 mg/L.

Dari uji coba ini terlihat bahwa ikan Nila dapat tumbuh dengan pakan alami tunggal biomassa tumbuhan air mata lele. Setelah dipelihara selama 114 hari, biomassa total ikan Nila pada masing-masing padat tebar adalah 631,8 g dengan berat rata-rata  $126,4 \pm 33,2$

g/ekor pada kepadatan 5 ekor/bak,  $1.070,9$  g dengan berat rata-rata  $118,4 \pm 26,3$  g/ekor pada padat tebar 10 ekor/bak, dan  $1.760,5$  g dengan berat rata-rata  $91,5 \pm 33,3$  g/ekor pada padat tebar 20 ekor/bak. Capaian bobot ikan ini jauh lebih baik dibandingkan ikan Nila merah (*Oreochromis mozambicus*) yang diberi pakan tunggal biomassa lemna kering seperti dilaporkan oleh Tavares *et al.* (2010) pada kepadatan relatif lebih rendah, yaitu tumbuh dari berat awal 23 g menjadi 52,5 g dalam waktu 120 hari masa pemeliharaan. Namun, angka capaian bobot ikan ini lebih rendah dibandingkan hasil uji coba di karamba jaring apung, yaitu dari 9,0–12,0 g/ekor menjadi 52,7–82,7 dengan masa pemeliharaan 30 hari, atau setara dengan pertambahan bobot 1,5–2,5 g/hari (Rejeki *et al.*, 2013). Pertumbuhan ikan di karamba jaring apung umumnya lebih tinggi daripada di kolam darat karena pergantian air yang lebih baik yang diperoleh dari sumber air waduk yang bervolume besar.

Pertambahan bobot harian ikan Nila pada uji coba ini cenderung linear selama masa uji 114 hari dan secara nyata dipengaruhi oleh padat tebarnya, yaitu pada kepadatan 5 ekor/bak adalah 4,91 g/hari (0,98 g/ekor/hari), sementara pada kepadatan yang lebih tinggi cenderung menurun, yaitu berturut-turut 8,07 g/hari (0,81 g/ekor/hari) dan 12,60 g/hari (0,63 g/ekor/hari) pada kepadatan 10 ekor/bak dan 20 ekor/bak (Gambar 2). Pola pertambahan bobot yang berbentuk linear ini mencerminkan laju tumbuh relatif terhadap bobot tubuh yang cenderung menurun sejalan dengan usia ikan. Hasil ini mengonfirmasi laporan sebelumnya oleh Chrismadha *et al.* (2012) pada jenis ikan yang sama dengan skala percobaan yang lebih kecil.

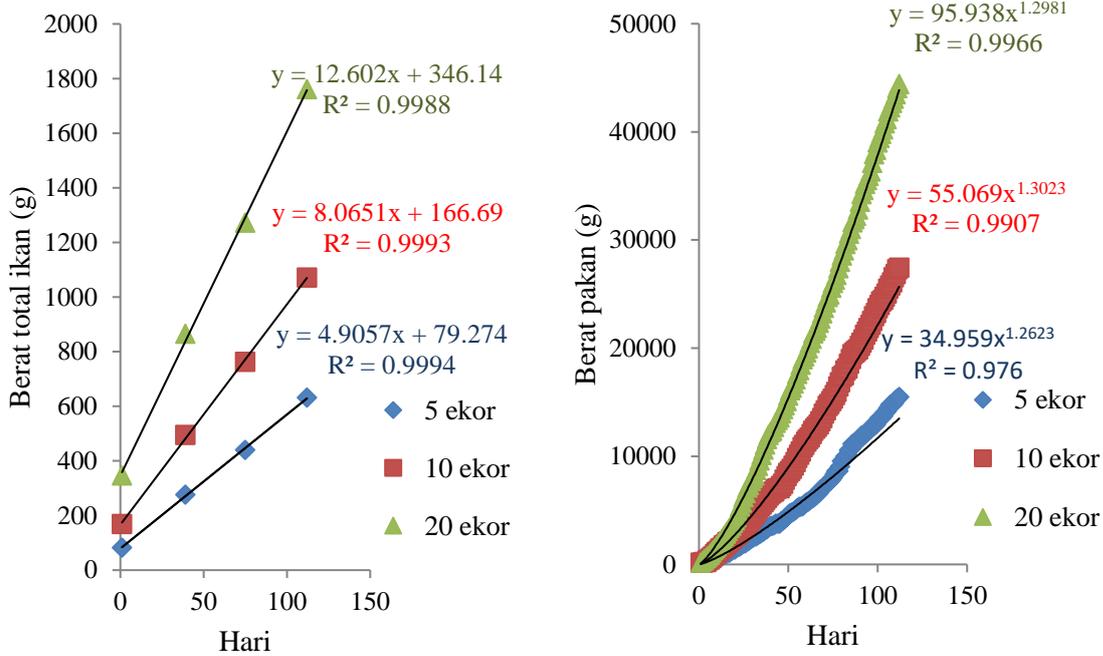
Laju akumulasi pemberian pakan menunjukkan pola harian perpangkatan, dengan faktor pangkat 1,26 pada kepadatan kultur 5 ekor/bak, dan meningkat menjadi 1,30 pada

Tabel 1. Parameter kualitas air selama masa uji coba

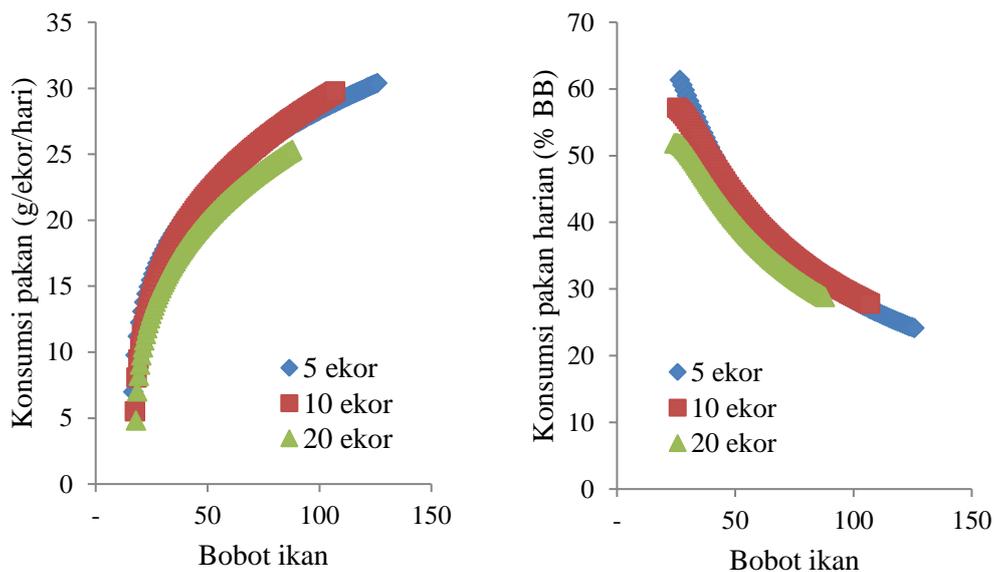
Parameter	Kepadatan kultur (ekor/bak)		
	5	10	20
Suhu (°C)	$27,88 \pm 0,49$	$27,82 \pm 0,49$	$27,75 \pm 0,51$
pH	$5,91 \pm 0,27$	$5,90 \pm 0,27$	$5,97 \pm 0,28$
DO (mg/L)	$4,34 \pm 0,95$	$3,83 \pm 0,94$	$3,87 \pm 0,94$
Konduktivitas (mS/s)	$0,25 \pm 0,04$	$0,25 \pm 0,04$	$0,25 \pm 0,04$

kepadatan 10 ekor/bak dan 20 ekor/bak (Gambar 2). Bila dilihat dari laju pertumbuhan biomassa harian ikan yang cenderung berbentuk linear, pola akumulasi harian pakan ini menunjukkan penurunan efisiensi metabolisme pakan menjadi biomassa ikan sejalan dengan umur ikan, karena jumlah relatif pakan yang dikonversi menjadi biomassa ikan menjadi

berkurang. Demikian juga, nilai pangkat yang meningkat menunjukkan penurunan efisiensi pakan pada kultur dengan tingkat kepadatan yang lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan Hasan *et al.* (2010) yang juga telah melaporkan penurunan konversi pakan menjadi biomassa ikan Nila akibat padat penebaran yang tinggi.



Gambar 2. Pertumbuhan bobot ikan Nila dan jumlah konsumsi pakan mata lele pada variasi padat penebaran



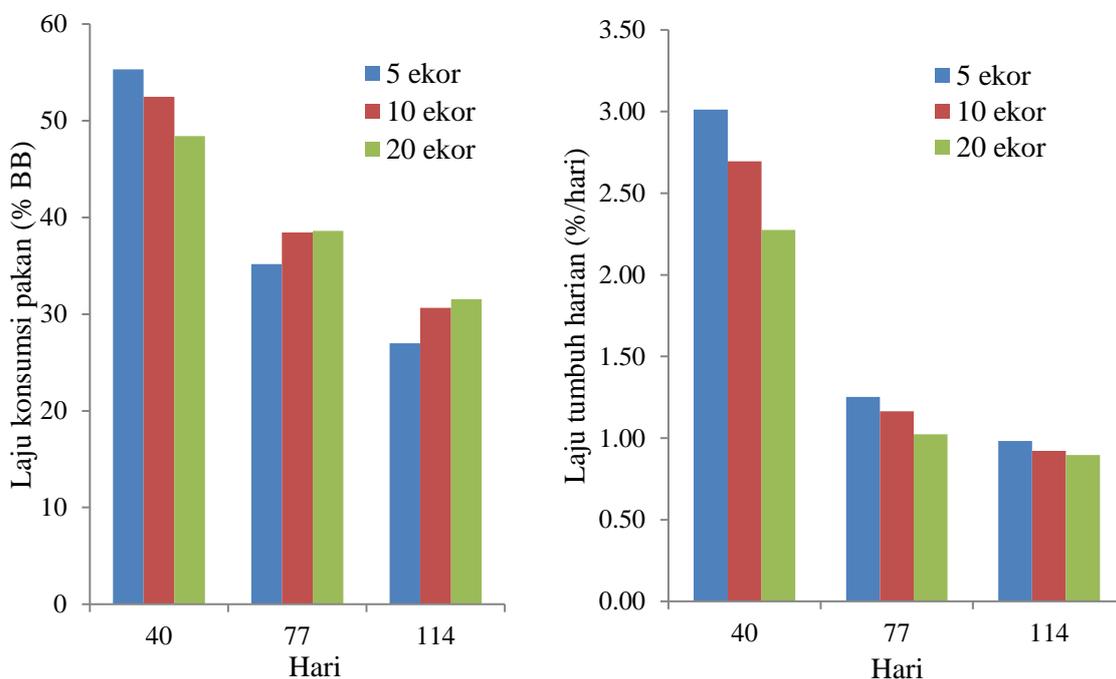
Gambar 3. Pola laju konsumsi mata lele sejalan dengan pertumbuhan bobot ikan

Hasil penghitungan laju konsumsi harian pakan diperlihatkan dalam Gambar 3. Secara keseluruhan tidak terlihat pola pengaruh padat tebar terhadap laju konsumsi pakan, meskipun variasi yang cukup jelas terlihat pada fase awal pertumbuhan. Kisaran konsumsi harian pakan adalah  $38,91 \pm 12,06\%$  BB pada padat tebar 5 ekor/bak,  $40,50 \pm 9,38\%$  BB pada padat tebar 10 ekor/bak, dan  $39,59 \pm 7,49\%$  BB pada padat tebar 20 ekor/bak.

Gambar 3 juga memperlihatkan pola konsumsi pakan relatif terhadap berat badan atau umur ikan, yang bentuknya juga cenderung menurun secara eksponensial, dengan faktor eksponensial 9,51 pada kepadatan 5 ekor/bak, 11,06 pada kepadatan 10 ekor/bak, dan 10,44 pada kepadatan 20 ekor/bak. Pola ini memperlihatkan kecenderungan penurunan efisiensi pakan sejalan dengan usia budi daya ikan Nila. Selain itu, risiko laju penurunan ini akan meningkat sejalan dengan tingkat kepadatan budi daya ikan yang semakin tinggi. Fenomena ini dapat dijelaskan dengan teori tumbuh Bertalanffy yang menyatakan bahwa

pada kondisi bobot tubuh yang lebih besar, ikan memerlukan lebih banyak energi untuk pemeliharaan fungsi tubuhnya, sehingga mengurangi alokasi energi untuk tumbuh (Enberg *et al.*, 2008) dan dapat diartikan sebagai pengurangan efisiensi konversi pakan menjadi pertumbuhan ikan.

Gambar 4 memperlihatkan penurunan laju konsumsi pakan yang sejalan dengan penurunan laju tumbuh harian ikan. Hal ini dapat diartikan bahwa sejalan dengan usianya, kemampuan ikan Nila untuk mengonsumsi pakan berkurang, sehingga laju tumbuhnya menurun. Pada uji coba ini penurunan laju konsumsi pakan dan laju tumbuh ikan dapat dikaitkan dengan ketersediaan ruang kolom air, karena sejalan dengan pertumbuhannya ukuran ikan semakin besar dan memerlukan ruang yang lebih besar, sementara kolom air yang tersedia tidak berubah. Fenomena ini konsisten dengan fakta hasil uji coba yang memperlihatkan bahwa penurunan laju konsumsi pakan dan laju tumbuh ikan sejalan dengan peningkatan kepadatannya.



Gambar 4. Hubungan laju konsumsi dan laju tumbuh ikan Nila yang diberi pakan mata lele

## Pembahasan

Hasil uji coba ini memperlihatkan bahwa tumbuhan air mata lele dapat digunakan sebagai pakan tunggal untuk budi daya ikan Nila. Laju tumbuh yang berkisar 1,23–1,66%/hari memang tergolong rendah dibandingkan di karamba jaring apung dengan laju tumbuh yang lebih dari 5%/hari (Rejeki *et al.*, 2013). Namun, pemanfaatan mata lele untuk pakan ikan tetap menarik dalam perspektif budi daya nonintensif. Hal ini terutama karena pemanfaatan biomassa mata lele untuk pakan dapat menghilangkan komponen biaya pakan buatan yang relatif mahal. Selain itu, uji coba ini menggunakan sistem aliran tertutup dengan kondisi oksigen terlarut yang suboptimum, yaitu 3–5 mg/L. Hal ini kemungkinan juga memberikan andil pada kondisi laju tumbuh yang rendah tersebut. Dengan demikian, pertumbuhan yang lebih baik diharapkan dapat dicapai dalam sistem budi daya dengan kandungan oksigen yang cukup tinggi. Di samping itu, ukuran ikan uji yang berbeda juga bisa berpengaruh terhadap capaian laju tumbuh di atas. Seperti dilaporkan oleh Chrismadha *et al.* (2012), laju tumbuh ikan Nila cenderung turun sejalan dengan usianya, yang menurut Enberg *et al.* (2008) dapat dikaitkan dengan penurunan kemampuan ikan dalam hal konsumsi dan metabolisme pakan sejalan dengan penambahan umurnya.

Uji coba ini juga memberikan konfirmasi mengenai pola laju tumbuh ikan yang menurun akibat padat tebar yang lebih tinggi, seperti yang telah dilaporkan oleh Chowdhury *et al.*, (2013), Rejeki *et al.*, (2013), dan Hasan *et al.*, (2010). Fenomena ini dapat dikaitkan dengan hasil pengamatan pola efisiensi pakan yang menurun pada kultur dengan tingkat kepadatan yang lebih tinggi. Hal ini diindikasikan dalam pola hubungan perpangkatan dengan nilai faktor pangkat yang semakin tinggi (Gambar 2). Sejalan dengan hal tersebut, Hasan *et al.*, (2010) juga telah melaporkan penurunan konversi pakan menjadi biomassa ikan Nila akibat padat penebaran ikan yang tinggi.

Pengamatan pola konsumsi tumbuhan mata lele oleh ikan Nila memperlihatkan tingkat konsumsi relatif terhadap bobot badan ikan (% BB) yang tidak dipengaruhi oleh padat tebar ikan, yaitu berkisar 38,91–40,50% BB/hari, dengan rata-rata 39,67% BB/hari. Akan tetapi, baik laju konsumsi maupun tingkat efisiensi konversi pakan menjadi bobot ikan

terlihat sangat dipengaruhi oleh umur ikan. Pola penurunan efisiensi pakan yang sejalan dengan umur ini lebih nyata terlihat pada padat tebar yang lebih tinggi (Gambar 3). Pola tingkat konsumsi pakan ini mempunyai hubungan yang positif dengan laju tumbuh ikan (Gambar 4), selain memberikan indikasi penurunan laju tumbuh, terutama yang disebabkan oleh penurunan efisiensi pakan. Hal ini juga sejalan dengan Weatherley dan Gill (1987) serta Enberg *et al.*, (2008) yang mengemukakan bahwa sejalan dengan penambahan umur dan bobotnya, ikan memerlukan lebih banyak energi yang didapat dari pakan untuk pemeliharaan fungsi tubuh, sehingga mengurangi alokasi energi untuk pertumbuhan. Fenomena ini penting untuk diperhatikan, khususnya terkait dengan strategi optimasi pemberian pakan pada budi daya ikan Nila. Proporsi pemberian jumlah pakan pada fase awal harus lebih besar dibandingkan dengan fase kultur ikan yang berukuran besar. Demikian juga halnya dengan efisiensi pakan yang dapat dicapai dengan memanen ikan pada ukuran minimal yang dapat diterima oleh pasar.

## Kesimpulan

Hasil uji coba ini memperlihatkan bahwa rata-rata laju konsumsi harian ikan Nila terhadap pakan biomassa *lemna* segar adalah  $39,67 \pm 9,82\%$  BB. Secara keseluruhan, laju konsumsi pakan biomassa mata lele kurang dipengaruhi oleh padat tebar ikan, tapi lebih banyak dipengaruhi oleh umur ikan. Laju konsumsi dan efisiensi pakan cenderung menurun sejalan umur ikan. Demikian juga peningkatan kepadatan ikan akan mengurangi laju konsumsi biomassa mata lele oleh ikan Nila.

## Ucapan Terima kasih

Penelitian ini merupakan bagian dari kegiatan penelitian dan pengembangan di Pusat Penelitian Limnologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) dengan sumber dana APBN tahun 2017. Terima kasih disampaikan untuk Saudara Zaenal Arifin dan Saudara Teddy Purnama yang telah membantu dalam penyediaan bibit dan biomassa mata lele serta pemeliharaan selama masa percobaan.

## Referensi

- Boyd CE. 1982. Water Quality Management for Pond Fish Culture. Development in Aquaculture and Fisheries Science 9. New York: Elsevier Scientific Publishing Company
- Chowdhury SN, Paul M, Barman AC, Bhadra A, Rahman MS. 2013. Impact of Fish Population Density on Growth and Production of Sarpunti, Mrigal and Tilapia in Polyculture System. *Journal of Environmental Sciences & Natural Resources* 6(2): 49–53
- Chrismadha T, Sulawesty F, Awalina, Mardiaty Y, Mulyana E, Widoretno MR. 2012. Use of Duckweed (*Lemna perpusilla* Torr.) for Natural Feed and Fitoremedial Agent in Aquaculture: Profit Improvement and Sustainability Enhancement. *Seminar Internasional ISNPINSA 2* di Semarang 3–4 Oktober 2012
- Chrismadha T, Sulawesty F, Awalina, Mardiaty Y, Mulyana E, Widoretno MR. 2014. Phytotechnology application for enhancing water conservation: Use of minute duckweed (*Lemna perpusilla*) for phytoremediator and alternative feed in a water closed recirculation aquaculture. *Proceeding International Conference on Ecohydrology*. Yogyakarta, 10–12 November 2014. p 153–166
- Enberg K, Dunlop ES, Jørgensen C. 2008. Fish growth. In SE Jørgensen & BD Fath (Eds.), *Encyclopedia of Ecology* (pp. 1564–1571). Philadelphia PA: Elsevier Inc
- Hasan MR, Chakraborti R. 2009. Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small scale aquaculture: A review. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. No. 531
- Hasan SJ, Mian S, Rashid AHA, Rahmatullah SM. 2010. Effects of stocking density on growth and production of GIFT (*Oreochromis niloticus*) *Bangladesh Fishery Research* 14(1–2): 45–53
- Ilyas AP, Nirmala K, Harris E, Widiyanto T. 2014. Pemanfaatan *Lemna perpusilla* sebagai pakan kombinasi untuk ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) pada sistem resirkulasi. *LIMNOTEK Perairan Darat Tropis di Indonesia* 21(2): 193–201
- Leng RA, Stambolie JH, Bell R. 1995. Duckweed - a potential high-protein feed resource for domestic animals and fish. *Livestock Research for Rural Development* 7(1): <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd7/1/3.htm>
- Noor J, Hossain MA, Bari MM. 2000. Effects of duckweed (*Lemna minor*) as dietary fishmeal substitute for silver barb (*Barbodes gonionotus* Bleeker). *Bangladesh Journal of Fisheries* 4(1): 35–42
- Pancho JV, Soerjani M. 1978. *Aquatic weeds of Southeast Asia*. Bogor: BIOTROP, SEAMEO, Regional Center for Tropical Biology
- Post DM, Pace ML, Harison Jr NG. 2000. Ecosystem size determines food chain length in lakes. *Nature* 405: 1047–1049
- Rejeki S, Hastuti S, Elfitasari T. 2013. Uji coba budi daya nila larasati di karamba jaring apung dengan padat tebar berbeda. *Jurnal Saintek Perikanan* 9(1): 29–39
- Sims R, Flammini A, Puri M, Bracco S. 2015. *Opportunities for agri-food chains to become energy-smart*. FAO
- Tavares FA, Rodrigues JBR, Fracalossi DM, Esquivel J, Roubach R. 2008. Dried duckweed and commercial feed promote adequate growth performance of tilapia fingerlings. *Biotemas* 21(3): 91–97
- Tavares FA, Roubach FRLR, Jungles MK, Fracalossi DM, Morales AM. 2010. Use of Domestic effluent through duckweeds and red tilapia farming in integrated system. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 5(1): 1–10
- Weatherley AH, Gill HS. 1987. *The Biology of Fish Growth*. London: Academic Press