

RASIO AREA OTAK DAN ORGAN PENGLIHATAN KERAPU MACAN (*Ephinephelus fuscoguttatus*) HUBUNGANNYA DENGAN POLA MAKAN

Aristi Dian Purnama Fitri¹⁾ dan Ari Purbayanto²⁾

¹⁾ Mahasiswi Pascasarjana, Program Studi Teknologi Kelautan, Institut Pertanian Bogor-Bogor

²⁾ Dosen Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor-Bogor

Teregistrasi I tanggal: 9 April 2008; Diterima setelah perbaikan tanggal: 29 Mei 2008;

Disetujui terbit tanggal: 25 September 2008

ABSTRAK

Otak merupakan cerminan indera-indera yang berfungsi dan berkembang pada ikan. Pemahaman tentang otak ikan akan sangat membantu dalam mempelajari adaptasi tingkah laku ikan. Ikan kerapu macan (*Ephinephelus fuscoguttatus*) merupakan jenis ikan yang hidup di wilayah *eufotik* dengan habitat kompleks, di mana ikan-ikan yang hidup pada habitat yang kompleks memiliki area otak telencephalon yang besar dan organ penglihatan yang lebih baik. Penelitian ini menggambarkan seberapa penting organ penglihatan yang dicerminkan oleh struktur otak *Ephinephelus fuscoguttatus* dalam hubungan dengan pola aktivitas makan. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen laboratorium. *Ephinephelus fuscoguttatus* yang digunakan memiliki panjang total rata-rata 225 sampai dengan 280 mm. Data penelitian meliputi rasio bobot otak dan data fisiologi organ penglihatan serta waktu respon makan *Ephinephelus fuscoguttatus*. Data diuji secara statistik dengan uji-t. Hasil penelitian menunjukkan persentase rasio area *optic tectum* lebih tinggi dibandingkan dengan persentase rasio area otak yang lain, yaitu 40,87 sampai dengan 49,13%. Hal tersebut, mengindikasikan bahwa indera yang berkembang adalah penglihatan. Kemampuan jarak pandang maksimum (*maximum sighting distance*) *Ephinephelus fuscoguttatus* 3,93 sampai dengan 4,74 m untuk benda berdiameter 20 mm, 4,91 sampai dengan 5,92 m untuk benda berdiameter 25 mm, serta 5,89 sampai dengan 7,11 m untuk benda berdiameter 30 mm. Pola makan *Ephinephelus fuscoguttatus* yang diasumsikan sebagai waktu respon makan antara kondisi siang dan malam hari tidak berbeda nyata (nilai t_{hitung} 1,37). Dapat diklarifikasi bahwa *Ephinephelus fuscoguttatus* dikelompokkan sebagai ikan karang dengan pola aktivitas makan *crescupular* yang menggunakan organ penglihatan untuk mencari makan.

KATA KUNCI: rasio area otak, organ penglihatan, pola makan, ikan kerapu macan (*Ephinephelus fuscoguttatus*)

ABSTRACT: *Ratio of brain area and vision organ Ephinephelus fuscoguttatus related to its feeding pattern. By: Aristi Dian Purnama Fitri dan Ari Purbayanto*

Brain is reflection of senses which is functioning and growing in fish. Understanding about fish brain would hardly assist in studying adaptation of fish behaviour. Ephinephelus fuscoguttatus is a type of fish living in euphotic zone with complex habitat. The fish that lives at complex habitat have a big brain area of telencephalon which indicate better vision organ. This research describes how the important of vision organ that expressed by brain structure of Ephinephelus fuscoguttatus related to its feeding activity pattern. Research was done using laboratory experiment method. Ephinephelus fuscoguttatus used has average total length of 225 to 280 mm. Research data covered brain weight ratio and data of visual organ and response time for feeding of Ephinephelus fuscoguttatus. Data were statistically tested using t student test. The result showed ratio area of optic tectum was higher (40.87 to 49.13%) compared to other brain area. This condition indicates that visual sense of Ephinephelus fuscoguttatus is well developed compared to other senses. The maximum sighting distance of Ephinephelus fuscoguttatus was 3.93 to 4.74 m for visual object of 20 mm diameter, 4.91 to 5.92 m for object of 25 mm and 5.89 to 7.11 m for object of 30 mm. The feeding pattern of Ephinephelus fuscoguttatus assumed as response time for feeding between noon and night time condition was not significantly (t_{test} was 1.37). It can be clarified that Ephinephelus fuscoguttatus grouped as reef fish with crescupular activity pattern that use their visual organ for feeding activity.

KEYWORDS: *brain area ratio, vision organ, feeding pattern, Ephinephelus fuscoguttatus*

PENDAHULUAN

Ikan memiliki indera penglihatan (*vision*), pembau (*olfaction*), pendengar (*hearing*), perasa (*linea lateralis*), dan pengecap (*gustation*). Indera-indera apa yang berkembang dengan baik pada ikan dapat

terlihat pada struktur otak, karena otak mencerminkan berkembang indera tersebut. Pemahaman tentang otak ikan akan sangat membantu dalam mempelajari adaptasi tingkah laku ikan, karena berhubungan erat dengan indera-indera dan sistem hormonal.

Ikan kerapu (*Epinephelus* sp.) merupakan jenis ikan yang hidup di wilayah *eufotik* dengan habitat kompleks secara umum, memiliki indeks encephalisasi yang tinggi dibandingkan dengan ikan yang hidup di lumpur atau dasar perairan yang berpasir. Berdasarkan pada hasil penelitian Schumway (2005), bahwa ikan-ikan yang hidup pada habitat yang kompleks memiliki *telencephalon* yang besar dan ketajaman penglihatan yang lebih baik. Hal ini, didukung oleh hasil penelitian Bauchot *et al.* (1998) yang mengatakan bahwa ikan-ikan yang memiliki indera lebih dari 1 ternyata memiliki otak yang lebih besar dibandingkan dengan ikan yang hanya memiliki 1 indera yang berkembang dengan baik.

Menurut Subyakto & Cahyaningsih (2003), sifat ikan kerapu (*Epinephelus* sp.) sebagai organisme *nocturnal*, yakni pada siang hari lebih banyak bersembunyi di liang-liang karang dan pada malam hari aktif bergerak di kolom air untuk mencari makanan. *Indonesia Coral Reef Foundation* (2004), mengatakan bahwa ikan jenis *Serranidae* dikelompokkan sebagai ikan karang *crepuscular*, yaitu kelompok ikan karang yang aktif mencari makan di antara siang hari (*diurnal*) dan malam hari (*nocturnal*). Lebih lanjut dikatakan oleh Budileksono (1996), ikan kerapu (*Epinephelus* sp.) termasuk jenis *carnivora* dan cara makan mencaplok satu per satu makanan yang diberikan sebelum makanan sampai dengan ke dasar.

Penelitian ini menggambarkan seberapa penting indera-indera yang berperan terutama indera penglihatan dan pembau pada ikan kerapu macan (*Ephinephelus fuscoguttatus*) yang dicerminkan oleh struktur otak terkait dengan pola aktivitas makan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biologi dan Keanekaragaman Hayati Laut Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor pada bulan Juni sampai dengan Oktober 2007. Metode penelitian yang digunakan eksperimen skala laboratorium.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan selama penelitian adalah ikan kerapu macan (*Ephinephelus fuscoguttatus*) 7 ekor dengan sebaran ukuran panjang total 225 sampai dengan 280 mm. Umpan yang digunakan adalah ikan layang (*Decapterus russelli*). Alat yang digunakan selama penelitian terdiri atas 1 unit bak fiber dengan ukuran (pxlxt) 2x1x0,75 m dan 1 unit akurium kaca

berukuran 2x0,5x0,5 m. Bak fiber berisi air dengan ketinggian 30 sampai dengan 40 dan akuarium kaca berisi air dengan ketinggian 0,3 m. Kedua tempat perlakuan tersebut dilengkapi dengan pemanas (*heater*) dan sistem aerasi. Bak fiber digunakan untuk mengetahui pola makan ikan kerapu macan (*Ephinephelus fuscoguttatus*) pada kondisi siang hari dan akuarium kaca digunakan untuk mengetahui pola makan ikan kerapu (*Epinephelus* sp.) pada kondisi malam hari. Akuarium kaca diletakkan di dalam ruang yang ditutup rapat menggunakan plastik hitam dengan rangka kayu, untuk menghindari ada cahaya selama perlakuan (dikondisikan malam hari tanpa ada sinar).

Untuk mengetahui pola tingkah laku makan *Ephinephelus fuscoguttatus* pada perlakuan siang hari, ikan kerapu macan (*Ephinephelus fuscoguttatus*) dikondisikan hanya menggunakan organ penglihatan dalam mendeteksi keberadaan umpan. Umpan yang digunakan dibungkus dengan plastik transparan. Pada perlakuan malam hari, ikan kerapu macan (*Ephinephelus fuscoguttatus*) dikondisikan hanya menggunakan organ penciuman dalam mendeteksi keberadaan umpan, yaitu dengan menutup sekeliling akuarium perlakuan dengan plastik hitam sehingga ruang akuarium kaca perlakuan gelap gulita. Proses pengamatan dilakukan dengan menggunakan *handycam* infra merah. Pengamatan dilakukan sampai dengan ikan kerapu macan menemukan umpan dengan batas waktu maksimal 1 jam. Sebelum perlakuan dimulai, ikan kerapu macan (*Ephinephelus fuscoguttatus*) distarvasi selama 48 jam dengan tujuan agar ikan kerapu macan (*Ephinephelus fuscoguttatus*) benar-benar memberikan respon pada umpan. Setelah keseluruhan pengamatan pola makan *Ephinephelus fuscoguttatus* selesai, maka dilakukan pengambilan retina mata dan otak *Ephinephelus fuscoguttatus* melalui pembedahan berdasarkan pada prosedur histologi.

Pengukuran rasio bobot area otak berasal dari kepala ikan uji yang telah dimasukkan *freezer* selama 3 hari kemudian bagian kepala dipotong dan dibedah untuk diambil otak. Otak difoto dengan kamera digital. Otak ditimbang dan dilanjutkan dengan pemotongan bagian otak (*telencephalon*, *olfactory bulb*, *optic tectum*, *corpus cerebellum*, dan *medulla oblongata*) kemudian dibandingkan bobot untuk mengetahui rasio persentase bobot bagian-bagian otak tersebut terhadap bobot otak total. Data pola makan ikan kerapu macan (*Ephinephelus fuscoguttatus*) dianalisis secara statistik menggunakan uji-t (*t-student test*).

Analisis Data

Rasio bobot otak

Rasio bobot tiap bagian otak (*telencephalon*, *olfactory bulb*, *optic tectum*, *corpus cerebellum*, dan *medulla oblongata*) persentase perbandingan antara rasio bobot dari tiap bagian otak dengan bobot total otak.

Ketajaman penglihatan (*visual acuity*)

Ketajaman penglihatan (*visual acuity*) dihitung berdasarkan pada nilai kepadatan sel kon untuk setiap 0,01 mm² luasan pada masing-masing bagian dari retina mata ikan. Dengan menggunakan nilai kepadatan sel kon tersebut, maka dapat dihitung sudut pembeda terkecil (*minimum separable angle*) menggunakan rumus (Tamura, 1957):

$$\alpha_{\text{rad}} = \frac{1}{F} \times \left[\frac{2 \times 0,1 \times (1 + 0,25)}{\sqrt{n}} \right] \dots \dots \dots (1)$$

di mana:

- α_{rad} = sudut pembeda terkecil (dalam radian)
- F = jarak fokus (berdasarkan pada formula Matthienson's (F=2,55.r)
- 0,25 = nilai penyusutan spesimen mata akibat proses histologi
- n = jumlah sel kon terpadat per luasan 0,01 mm² yang merupakan hasil pengamatan di bawah mikroskop

Ketajaman penglihatan (*visual acuity*) merupakan kebalikan dari nilai sudut pembeda terkecil yang dikonversi dengan rumus sebagai berikut (Shiobara *et al.*, 1999):

$$V.A. = \left(\alpha_{\text{rad}} \times \frac{180}{\pi} \times 60 \right)^{-1} \dots \dots \dots (2)$$

Jarak pandang maksimum

Jarak pandang maksimum adalah kemampuan ikan untuk melihat suatu obyek benda pada jarak terjauh berdasarkan pada nilai ketajaman penglihatan yang dimiliki (Zhang *et al.*, 1993). Adapun rumus dari Zhang & Arimoto (1993) sebagai berikut:

$$D = \left(\frac{l}{\alpha_{\text{rad}}} \right) \dots \dots \dots (3)$$

di mana:

- D = jarak pandang maksimum (*maximum sighting distance*) (m)
- l = diameter atau ketebalan obyek
- α_{rad} = minimum *separable angle* (radian)

Penggunaan rumus tersebut dengan asumsi:

1. Kondisi perairan dalam keadaan jernih (*clear water*).
2. Sudut pembeda terkecil (α) yang digunakan dikatakan dalam satuan radian.
3. Obyek yang menjadi sasaran penglihatan merupakan diameter dari ukuran obyek benda tersebut.
4. Obyek penglihatan berbentuk titik (dot).

HASIL DAN BAHASAN

Rasio Otak

Persentase bobot rata-rata komponen otak (*olfactory bulb*, *telencephalon*, *optic tectum*, *corpus cerebellum*, dan *medulla oblongata*) terhadap bobot total otak seperti terlihat pada Tabel 1. Data tersebut memberikan gambaran bahwa pada *optic tectum Ephinephelus fuscoguttatus* merupakan bagian terbesar (40,87 sampai dengan 49,13%). Hal tersebut, mengindikasikan bahwa porsi bobot *optic tectum* paling besar dan diikuti oleh *telencephalon*. Porsi bobot *optic tectum* ini menunjukkan bahwa organ utama *Ephinephelus fuscoguttatus* adalah indera penglihatan dan porsi bobot *telencephalon* mengindikasikan bahwa *Ephinephelus fuscoguttatus* hidup pada habitat yang kompleks dan beragam dengan interaksi ekologi pada ekosistem terumbu karang (Schumway, 2005). Pada kelompok ikan bertulang belakang (*teleostei*), shark, dan spesies pelagis relatif memiliki persentase bobot *telencephalon* lebih kecil dibandingkan spesies ikan karang (Lisney & Colin, 2006).

Indera penglihatan *Ephinephelus fuscoguttatus* sangat berguna terutama ketika bergerak cepat mendeteksi keberadaan makanan (Kawamura *et al.*, 1981), mengingat *Ephinephelus fuscoguttatus* termasuk kelompok ikan karnivora yang buas dan rakus (Ghufon, 2005).

Telencephalon merupakan bagian dari otak *Ephinephelus fuscoguttatus* yang merupakan sensor penciuman dan gerak, sedangkan *olfactory bulb* merupakan salah satu bagian otak yang berperan khusus untuk respon penciuman. Dapat disimpulkan bahwa kemampuan *Ephinephelus fuscoguttatus* untuk mencari dan mendapatkan mangsa atau

makanan serta adaptasi ekologi adalah dengan mengandalkan ke-2 organ sensor, yaitu penglihatan dan penciuman. Menurut Kaufman (2005), bahwa salah satu kelebihan sifat ikan-ikan karang adalah memiliki kemampuan yang tinggi dalam melakukan adaptasi ekologi dan akan mengalami perkembangan evolusi yang disesuaikan dengan habitat terumbu karang dengan keragaman biota tinggi.

Ketajaman Penglihatan

Berdasarkan pada hasil analisis histologi retina mata *Ephinephelus fuscoguttatus* memiliki nilai

ketajaman penglihatan berkisar 0,05 sampai dengan 0,06. Nilai jarak pandang maksimum berkisar 3,93 sampai dengan 4,74 m terhadap ukuran benda 20 mm, 4,91 sampai dengan 5,92 m terhadap ukuran benda 25 mm, dan 5,89 sampai dengan 7,11 m terhadap ukuran benda 30 mm (Tabel 2). Ketajaman penglihatan *Ephinephelus fuscoguttatus* relatif lebih rendah apabila dibandingkan dengan ketajaman penglihatan ikan demersal lain, seperti *Japanese whiting* (0,12), *red sea bream* (0,28), atau *amoy croaker* (0,07) (Purbayanto *et al.*, 2003).

Tabel 1. Hubungan panjang tubuh (*body length*) dan persentase bobot area otak *Ephinephelus fuscoguttatus*

Table 1. Relation of body length and brain weight ratio *Ephinephelus fuscoguttatus*

Ikan uji/ Fish sample	Panjang tubuh/ Body length (mm)	Bobot total otak/ Brain total weight (mg)	Bobot per bagian otak/ Weight of part brain (%)				
			Ob	Tel	OT	Cer	MO
1	140	127,00	14,96	15,75	47,24	12,60	9,45
2	172	138,00	12,10	16,38	49,13	10,87	10,70
3	185	177,00	11,30	22,60	43,50	11,47	11,30
4	190	176,00	13,35	18,13	44,49	12,16	11,90
5	205	189,80	13,33	18,39	45,31	11,64	11,30
6	210	201,13	19,99	16,36	43,26	10,45	9,95
7	205	252,00	8,968	34,52	40,87	7,90	7,74
Rata-rata/Average		180,42	23,71	20,30	44,83	11,01	10,34

Keterangan/Remarks: Ob: Olfactory bulb; Tel: Telencephalon; OT: Optic tectum; Cer: Corpus cerebellum; MO: Medulla oblongata

Tabel 2. Panjang tubuh (*body length*), ketajaman penglihatan (*visual acuity*), dan jarak pandang maksimum *Ephinephelus fuscoguttatus*

Table 2. Body length, visual acuity, and maximum sighting distance of *Ephinephelus fuscoguttatus*

Ikan uji/ Fish sample	BL (mm)	VA	Jarak pandang maksimum terhadap 3 ukuran umpan/ Maximum sighting distance to 3 bait fish measuremen (m)		
			20 mm	25 mm	30 mm
			1	140	0,0548
2	172	0,0555	3,99	4,99	5,99
3	185	0,0560	4,01	5,01	6,02
4	190	0,0580	4,15	5,19	6,23
5	205	0,0604	4,24	5,34	6,47
6	210	0,0633	4,53	5,67	6,80
7	205	0,0651	4,74	5,92	7,11
Rata-rata/Average		0,0590	4,23	5,29	6,36

Susunan sel reseptor *Ephinephelus fuscoguttatus* terdiri atas sel kon tunggal dan ganda yang membentuk susunan mozaik, sedangkan sel rod tidak terlihat melalui analisis ini. Hal tersebut, mengindikasikan bahwa *Ephinephelus fuscoguttatus* termasuk kelompok ikan *teleostei* yang memiliki kemampuan untuk membedakan warna suatu obyek penglihatan tetapi kurang sensitif terhadap perubahan cahaya (Tamura, 1957; Hibiya, 1982; Matsuoka, 1999).

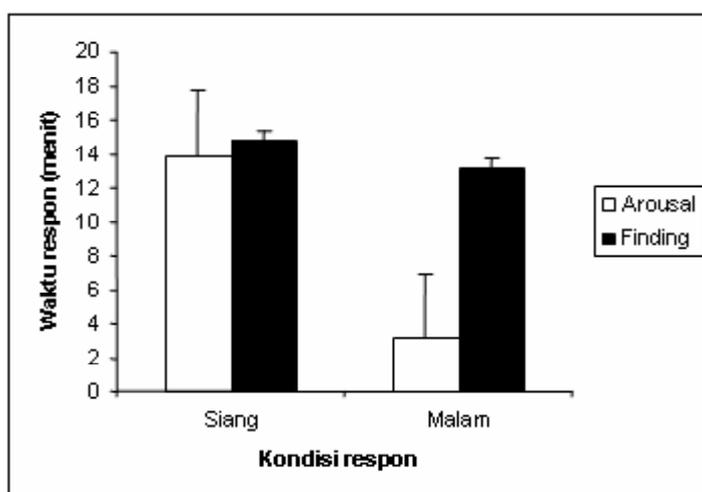
Respon Ikan terhadap Umpan

Gambar 1 memperlihatkan hubungan antara perbedaan kondisi waktu dengan respon makan *Ephinephelus fuscoguttatus*. Respon makan *Ephinephelus fuscoguttatus* pada penelitian ini dibedakan menjadi 2 fase, yaitu *arousal* dan *finding*. Fase *arousal* (timbul selera) adalah respon awal *Ephinephelus fuscoguttatus* ketika mendeteksi keberadaan makanan atau umpan yang ada di sekitar.

Fase *finding* (menemukan) adalah respon akhir *Ephinephelus fuscogutattus* ketika sudah menemukan makanan atau umpan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa waktu respon *arousal* *Ephinephelus fuscogutattus* pada malam hari lebih cepat dibandingkan dengan siang hari. Hal ini, dikarenakan pada perlakuan siang hari, respon fase *arousal* *Ephinephelus fuscogutattus* ditimbulkan karena organ penglihatan berperan lebih dulu. Alasan ini ditunjang dengan data jarak pandang maksimum ketika

melihat suatu obyek benda berukuran 20 mm adalah 3,93 sampai dengan 4,74 m, sedangkan jarak posisi *Ephinephelus fuscogutattus* dengan posisi umpan pada akuarium perlakuan 1,75 m. Artinya bahwa pada saat umpan dimasukkan ke dalam akuarium perlakuan *Ephinephelus fuscogutattus* dapat mendeteksi keberadaan umpan, namun tidak melakukan respon karena ketidaktertarikan terhadap bentuk umpan yang dibungkus dengan plastik transparan.



Gambar 1. Hubungan waktu dan respon makan *Ephinephelus fuscogutattus*.
 Figure 1. Relation of time and feeding response *Ephinephelus fuscogutattus*.

Demikian pula pada fase *finding*, respon *Ephinephelus fuscogutattus* dikarenakan ketertarikan terhadap umpan yang dipasang. Pada perlakuan malam hari, respon *Ephinephelus fuscogutattus* pada fase *arousal* lebih cepat karena dipicu oleh sensor kimia yang berasal dari organ penciuman ketika aroma dari umpan mulai menyebar pada akuarium percobaan. Fase *finding* ketika *Ephinephelus fuscogutattus* telah menemukan posisi umpan tetapi mengidentifikasi secara kimiawi umpan sebelum umpan tersebut dimakan atau ditinggalkan oleh *Ephinephelus fuscogutattus*.

Mulyadi (2001) menambahkan bahwa tingkah laku sebagai refleks atau respon ikan terhadap segala bentuk stimulan yang datang dari luar maupun dari dalam diaktualisasikan dalam bentuk gerak yang berpola sesuai dengan jenis stimulan yang mempengaruhi. Menurut Hansen & Reutter (2004) bahwa ikan predator yang makan makanan mati

(umpan) menggunakan sistem pencium untuk dapat merangsang makan dan dapat membeda-bedakan stimuli asam amino umpan.

Berdasarkan pada hasil analisis statistik *t-student*, tidak ada perbedaan nyata antara waktu respon makan *Ephinephelus fuscogutattus* pada kondisi siang dan malam hari (Tabel 3).

Hal tersebut, dikarenakan pola makan *Ephinephelus fuscogutattus* dilakukan baik pada siang dan malam hari meskipun pada siang hari *Ephinephelus fuscogutattus* lebih banyak bersembunyi di liang-liang karang, namun sifat sebagai ikan predator memungkinkan *Ephinephelus fuscogutattus* untuk mencari makanan pada siang hari. Menurut Indonesian Coral Reef Foundation (2004), kelompok *Serranidae* (kerapu) termasuk kelompok ikan karang *crepuscular* yang aktif mencari makan di antara waktu siang dan malam hari.

Tabel 3. Hasil *t-student* berdasarkan pada waktu respon *Ephinephelus fuscoguttatus*
 Table 3. Result of *t-students test* based on response time of *Ephinephelus fuscoguttatus*

	Variabel 1	Variabel 2
Mean	14,33	8,0911
Variance	0,3872	49,95800882
Observations	2	2
Pearson Correlation	1	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	1	
t Stat	1,368810198	
P(T<=t) one-tail	0,200835695	
t Critical one-tail	6,313748599	

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Persentase rasio area *optic tectum Ephinephelus fuscoguttatus* lebih tinggi (40,87 sampai dengan 49,13%) dibandingkan area otak yang lain, sehingga indera yang berkembang adalah penglihatan.
2. Jarak pandang maksimum *Ephinephelus fuscoguttatus* 3,93 sampai dengan 4,74 m untuk benda berdiameter 20 mm; 4,91 sampai dengan 5,92 m untuk benda berdiameter 25 mm, serta 5,89 sampai dengan 7,11 m untuk benda berdiameter 30 mm.
3. Pola makan *Ephinephelus fuscoguttatus* pada kondisi siang dan malam hari tidak berbeda nyata (nilai t_{hitung} 1,37), sehingga disimpulkan bahwa *Ephinephelus fuscoguttatus* dapat diklarifikasi sebagai ikan karang dengan pola aktivitas makan *crecupular*.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk jenis-jenis ikan karang lain terhadap rasio bobot otak, organ penglihatan dan pola tingkah laku makan pada kondisi siang dan malam hari, sehingga dapat ditentukan efektivitas penangkapan dari alat tangkap yang menggunakan atraktor umpan berdasarkan pada aktivitas makan.

PERSANTUANAN

Kegiatan dari hasil riset formulasi umpan buatan untuk meningkatkan efektivitas penangkapan ikan kerapu (Serranidae), T. A. 2007, di Menteri Riset dan Tehnologi-Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Bauchot C. F., Montgomery, J.C., & Dennis, T. E. 1998. The sensory basis of olfactory search behavior in Banded kokopu (*Galaxias fasciatus*). *Journal Comp. Physiol A.* (188). 553-560.
- Budileksono, S. 1996. Pembenihan ikan kerapu macan (*Ephinephelus fuscoguttatus*). Direktorat Bina Pembenihan. Direktorat Jenderal Perikanan. Departemen Pertanian. Jakarta. www.dkp.go.id. (diakses pada tanggal 5 Juni 2007).
- Ghufron, M. H. K. 2005. *Budi daya ikan laut di karamba jaring apung*. Rineka Cipta. Jakarta. 233 hlm.
- Hansen, A. & Reutter K. 2004. Chemosensory systems in fish: Structural, functional, and ecological aspects. *In* Emde, G. V. D., Mogdans, J., & Kapoor, B. G (eds.). *The Sense of Fish (Adaptations for the Reception of Natural Stimuli)*. Kluwer Academic Publishers. Pp. 55-106.
- Hibiya, T. 1982. *An atlas of fish histology (normal and pathological features)*. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart. New York and Kadansha Ltd. Tokyo. Japan. 147 pp.
- Indonesian Coral Reef Foundation. 2004. Panduan dasar untuk pengenalan ikan karang secara visual Indonesia. Terangi. Jakarta. 24 hlm.
- Kaufman, L. 2005. *Misteri warna terumbu karang*. National Geographic Indonesia. 22-45.
- Kawamura, G., N. Nishimura, S. Ueda, & T. Nishi. 1981. Vision in tunas and marlins. *Mem. Kagoshima. Univ. Res. Center S. Pac.* Vol.2 No.1. p. 4-26.

- Lisney, T. J. & S. P. Collin. 2006. Brain morphology in large pelagic fishes: A comparison between sharks and teleosts. *Journal of Fish Biology* (68). 532-554.
- Matsuoka, M. 1999. Histological characteristics and development of the retina in Japanese Sardine (*Sardinops melanostictus*). *Fisheries Science*. 65 (2). p. 224-229.
- Mulyadi, E. 2001. Pengenalan tingkah laku ikan hubungannya dengan penangkapan. Disajikan pada Pelatihan Diseminasi Teknik Penangkapan Ikan yang Bertanggungjawab. Balai Pengembangan Penangkapan Ikan. Semarang. 172 hlm.
- Purbayanto, A., A. Tsunoda, S. Akiyama, T. Arimoto, & D. R. Monintja. 2003. Selectivity, survival, and stress of Japanese whiting after simulated capture by a sweeping trammel net. In B. Phillips, B. A. Megrey, & Y. Zhou (eds.) *Proceedings the Third World Fisheries Congress: Feeding the World With Fish in the Next Millennium-the Balance Between Production and Environment*. American Fisheries Society. Symposium 38. Bethesda. Maryland. p. 561-571.
- Razak, A. 2005. *Adaptasi ekologi mata ikan kepe-kepe (Chaetodontidae) dan responnya terhadap racun potas (KCN)*. Disertasi. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 172 hlm.
- Subyakto, S. & S. Cahyaningsih. 2003. *Pembenihan kerapu skala rumah tangga*. Agromedia Pustaka. Jakarta. 62 hlm.
- Schumway, C. 2005. Evolution of brain and behavior in African cichlid fishes. <http://people.bu.edu/cschumway> (diakses tanggal 11 Januari 2007).
- Shiobara, Y., Akiyama S., & Arimoto T. Development changes in the visual acuity of Red Sea (*Pagrus major*). *Journal Fisheries Science*. Vol.64 No.6. Departement of Marine Science and Technology. Tokyo University of Fisheries. Tokyo. Japan. Pp. 944-947.
- Tamura, T. 1957. A Study of visual perception in fish, especially on resolving power and accommodation. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. Vol.22. No.9. Fisheries Institute. Faculty of Agriculture. Japan. Pp. 536-557.
- Zhang, X. M. & T. Arimoto. 1993. Visual physiology of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in Relation to Capture by trawl Nets. *ICES Mar. Sci. Symp*. 196. 113-116.