

Aktivitas jantung ikan nila, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) pada kecepatan renang berbeda yang dipantau dengan elektrokardiograf (EKG)

[Heart rate activity of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) at various swimming speed by electrocardiograph (ECG) monitoring]

Nofrizal^{1,2}

¹Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan dan Ilmu Lingkungan, Pascasarjana Universitas Riau
Kampus Bina Widya, KM. 12,5, Simpang Panam, Pekanbaru, Riau
Kampus Patimura Gedung G, Jl. Patimura, No. 9, Gobah, Pekanbaru, Riau

²Lembaga Penelitian, Pengabdian kepada Masyarakat dan Sistem penjaminan Mutu,
Universitas Maritim Raja Ali Haji, Jalan Raya Dompok, PO. BOX 155 Tanjungpinang 29100

Diterima: 3 Maret 2014; Disetujui: 29 April 2014

Abstrak

Aktivitas detak jantung ikan nila (*Oreochromis niloticus*) (rata-rata \pm sb. = 14,80 \pm 1,20 cm panjang tubuh (PT), $n = 20$) diukur dengan menggunakan elektrokardiograf (EKG) pada kecepatan renang yang berbeda (5,97-55,64 cm det⁻¹) di dalam tangki berarus. Data detak jantung ikan dikumpulkan dengan menggunakan oscilloscope, serta direkam dengan menggunakan kamera video untuk analisis lebih rinci. Kenaikan laju detak jantung ikan nila dianalisis dengan menggunakan persamaan *relative heart rate*, yaitu detak jantung ikan sedang berenang dibagi dengan detak jantung kontrol. Hasil pengamatan menunjukkan detak jantung ikan nila sebagai control ialah 46,75 \pm 1,13 detak men⁻¹. Detak jantung ikan nila tersebut tidak mengalami perubahan pada saat ikan berenang pada kecepatan 5,97-13,83 cm det⁻¹. Detak jantung ikan nila tersebut mulai mengalami kenaikan pada saat ikan nila berenang pada kecepatan 5,97-13,83 cm det⁻¹. Secara signifikan detak jantung ikan nila naik pada kecepatan renang lebih dari 35,31 cm det⁻¹, kenaikan detak jantung tersebut bisa mencapai 3,85 kali lebih tinggi daripada nilai kontrol. Aktivitas detak jantung ikan nila yang berhubungan dengan kecepatan renang yang berbeda akan didiskusikan dalam makalah ini secara mendalam.

Kata penting: detak jantung, elektrokardiograf (EKG), nila (*Oreochromis niloticus*), osiloskop, tangki berarus

Abstract

The heart rate activities of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (average \pm s.d. = 14.80 \pm 1.20 cm Body Length (BL), $n = 20$) were measured by electrocardiograph (ECG) at various speed (5.97-55.64 cm sec⁻¹) in PVC made flume tank. The data of heartbeat rate were collected by oscilloscope and recorded by video camera for deep analyzing. The incremental of heart rate was analyzed by relative heart rate, i.e. heartbeat rate during exercise divided to heartbeat rate control. The result shows that the heartbeat rate of Nile tilapia was 46.75 \pm 1.13 beatsmin⁻¹ in control. It was not change at swimming speed of 5.97-13.83 cm sec⁻¹. The threshold of heartbeat rate was increased at swimming speed of 17.67-23.56 cmsec⁻¹. The heartbeat rate was significant increase at swimming speed higher than 35.31 cmsec⁻¹; it could reach 3.85 higher than control value. The heartbeat rate activities are deeply discussed in relation to the various swimming speed level in this paper.

Keywords: heartbeat rate, electrocardiograph (ECG), Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), oscilloscope, flume tank

Pendahuluan

Karakteristik dan kemampuan renang ikan sangat dipengaruhi oleh kondisi fisiologis ikan itu sendiri. Kondisi fisiologis ikan tersebut dapat diketahui melalui laju detak jantungnya yang menjadi indikator selama berenang pada kecepatan yang berbeda. Laju detak jantung tersebut dapat mengekspresikan laju aliran darah, proses metabolisme dan respirasi pada ikan (Korsmeyer *et*

al. 1997). Selain itu, laju detak jantung ikan ketika berenang pada kecepatan yang berbeda juga dapat menggambarkan kemampuan dan tingkat *stress* pada ikan mackerel ketika berenang pada kecepatan renang yang berbeda (Nofrizal 2009, Nofrizal *et al.* 2009, dan Nofrizal & Arimoto 2010, 2011). Oleh karena itu, untuk mengetahui kondisi fisiologi ikan pada kecepatan renang yang berbeda aktivitas jantung merupakan salah satu indikator yang tepat untuk digunakan.

✉ Penulis korespondensi

Alamat surel: aan_fish@yahoo.com

Permasalahan yang mendasar pada usaha pembesaran ikan di dalam keramba air deras ialah para petani ikan tidak memperhitungkan perbandingan kecepatan arus dan ukuran ikan (benih) yang ditebarkan. Padahal hasil penelitian terdahulu menunjukkan kecepatan renang ideal untuk keramba arus deras sebaiknya lebih lambat daripada kecepatan renang *maximum sustained speed* atau pada kisaran *sustained speed* (Nofrizal & Ahmad 2011). Lebih daripada kecepatan ini ikan akan berenang menggunakan energi yang berlebihan (*extra*), tentunya tidak menguntungkan secara fisiologis untuk pertumbuhan ikan tersebut.

Penelitian ini diharapkan juga akan dapat memperkuat kesimpulan pada penelitian sebelumnya dengan mengukur laju detak jantung ikan pada kecepatan renang yang berbeda dan mengukur kondisi peningkatan aktivitas jantung yang tidak normal (*tachycardiac*) yang dapat menimbulkan *stress* pada ikan pada kecepatan renang tersebut.

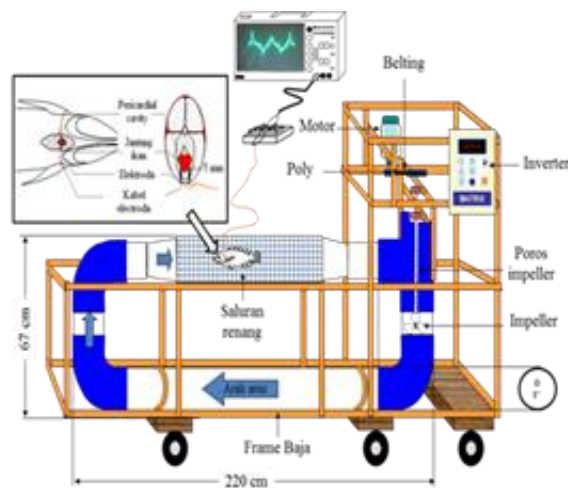
Bahan dan metode

Metode elektro-fisiologi digunakan dalam pengamatan laju detak jantung ikan nila dengan ukuran panjang badan $14,80 \pm 1,20$ cm pada saat berenang dengan berbagai kecepatan di dalam saluran renang (*swimming channel*) dari sebuah tangki berarus (*flume tank*) (Gambar 1).

Sepasang elektroda ditanamkan pada bagian rongga perikardium ikan nila yang diamati, lalu dihubungkan ke osiloskop untuk mengamati detak jantung setiap menitnya selama ikan tersebut berenang (Gambar 1).

Pengamatan kecepatan renang ikan nila

Kecepatan renang ikan nila diamati di dalam saluran renang dengan memberikan kecepatan arus yang berbeda pada setiap individu yang



Gambar 1. Skematik percobaan pengamatan detak jantung ikan selama melakukan aktivitas renang

akan diamati. Saluran renang dari tangki berarus tersebut akan diberi garis-garis berbentuk bujur sangkar berwarna hitam yang berukuran 5 cm x 5 cm (Gambar 1) dengan tujuan agar ikan berenang mempertahankan posisinya akibat adanya respon *optomotor* ikan tersebut ketika arus diberikan. Respon *optomotor* merupakan respon tingkah laku ikan yang selalu mempertahankan posisi obyek yang dilihatnya ketika sedang berenang (Wardle 1993, He & Wardle 1988, Xu *et al.* 1993, Nofrizal 2009, Nofrizal *et al.* 2009, Nofrizal & Arimoto 2011, dan Nofrizal & Ahmad 2011). Pada kondisi ini, kecepatan renang ikan akan sama dengan kecepatan arus tangki berarus.

Pengamatan aktivitas jantung ikan nila

Data aktivitas detak jantung ikan nila pada masing-masing kecepatan renang, mulai diamati dengan membius ikan nila dengan cairan cengkeh. Selama ikan pingsan dilakukan pemasangan elektroda pada bagian rongga perikardial ikan nila tersebut. Selanjutnya ikan tersebut diletakkan dalam saluran renang tangki berarus selama tiga jam untuk pemulihan dari pengaruh obat bius yang diberikan ketika pemasangan elektroda

(Nofrizal *et al.* 2008, Nofrizal 2009, Nofrizal *et al.* 2009, dan Nofrizal & Arimoto 2011). Kedua katup elektroda dihubungkan dengan kawat tembaga (XBT) ke osiloskop. Pengamatan detak jantung ikan tersebut dalam keadaan tidak diberi arus sebagai kontrol selama 10 menit (Nofrizal *et al.* 2008, Nofrizal 2009, Nofrizal *et al.* 2009, dan Nofrizal & Arimoto 2011). Dilanjutkan dengan menghidupkan tangki berarus untuk mengamati laju detak jantung ikan tersebut pada kecepatan renang 5,97-55,64 cm det⁻¹. Setiap individu diuji masing-masing pada kecepatan renang yang berbeda.

Analisis data

Seluruh hasil rekaman data detak jantung ikan dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak *GOM-player* untuk mendapatkan data detak jantung ikan per menit dan rata-rata. Data tersebut kemudian disajikan dalam bentuk grafik untuk diinterpretasikan dan dideskripsikan. Untuk melihat perubahan detak jantung ikan selama melakukan aktivitas renang maka data detak jantung ikan tersebut dianalisis dengan menggunakan rumus “*relative heart rate*” (Nofrizal 2009 dan Nofrizal & Arimoto 2010). *Relative heart rate* merupakan perbandingan detak jantung ikan nila ketika sedang berenang dengan detak jantung kontrol, sehingga dapat memberikan gambaran tentang perubahan dan kenaikan detak jantung akibat kecepatan renang yang berbeda. Diharapkan dengan menggunakan *relative heart rate* ini akan dapat melihat *tachycardiac* ikan nila. Adapun rumus *relative heart rate* (RHB) tersebut ialah:

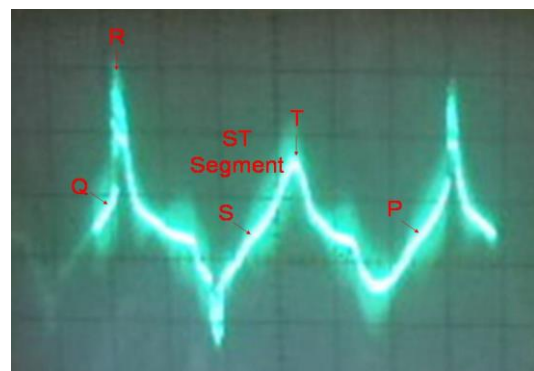
$$RHB = \frac{HE}{HC}$$

HE= rata-rata detak jantung ketika berenang, HC= rata-rata detak jantung kontrol

Hasil

Bentuk gelombang elektrokardiograf (EKG) ikan nila

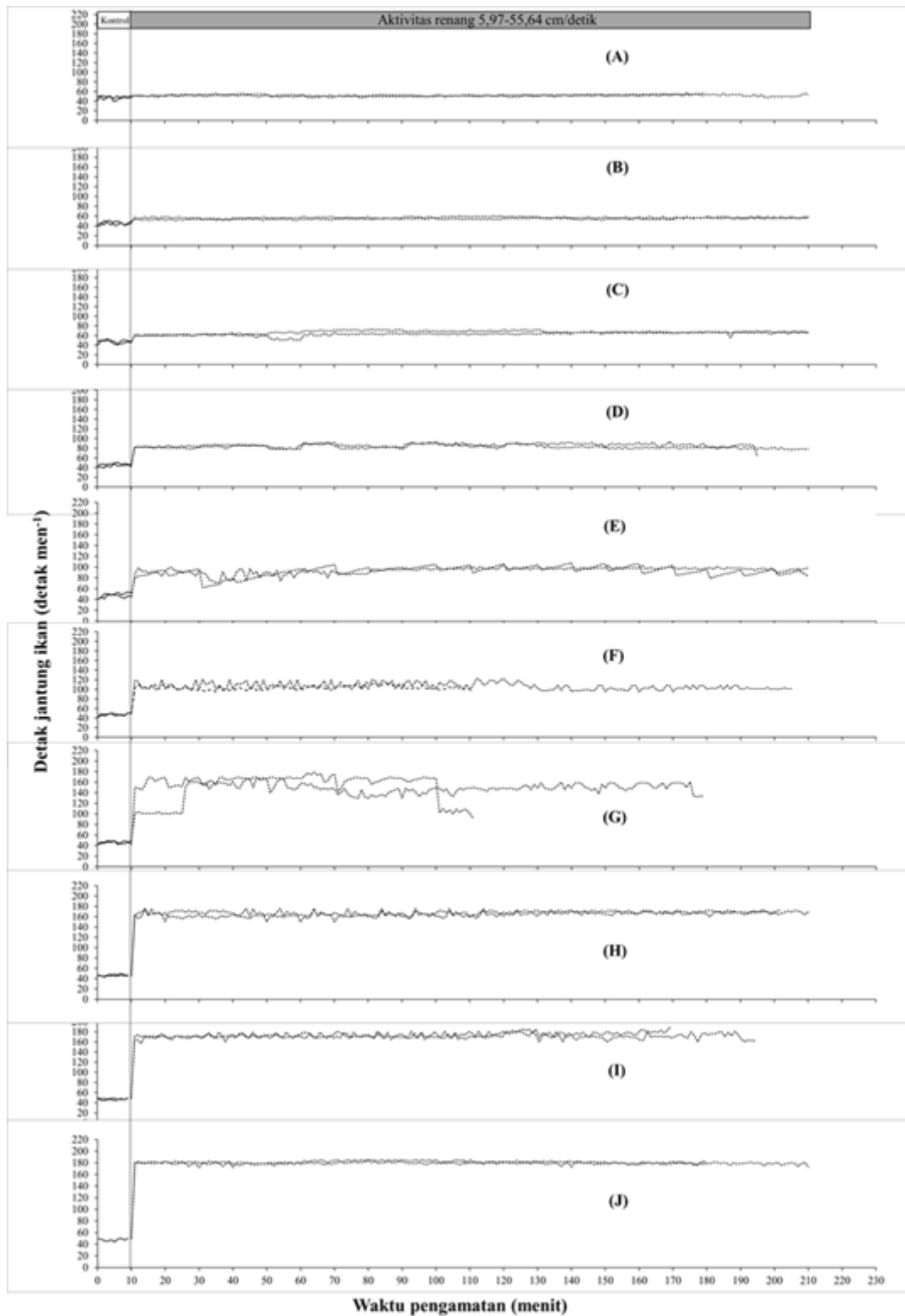
Gambar 2 memperlihatkan gelombang elektrokardiograf aktivitas detak jantung ikan nila. Pada gambar tersebut terlihat gelombang P, Q-R-S, T dan ST-segment. Gelombang-gelombang tersebut menggambarkan aktivitas polarisasi dan dipolarisasi atrium dan ventrikel jantung ikan dalam proses memompa darah dalam tubuh ikan.



Gambar 2. Gelombang elektrokardiograf aktivitas jantung ikan nila

Pola aktivitas jantung ikan nila pada kecepatan renang yang berbeda

Pola aktivitas jantung ikan nila tidak mengalami perubahan dari kontrol ketika berenang pada kecepatan 5,97-13,83 cm det⁻¹ (Gambar 3). Aktivitas detak jantung saat berenang selama 200 menit tidak mengalami perubahan, bila dibandingkan dengan aktivitas jantung kontrol. Aktivitas jantung ikan mulai mengalami kenaikan pada kecepatan renang 17,67-23,56 cm det⁻¹. Meskipun aktivitas jantung mulai mengalami kenaikan ketika berenang pada kisaran renang tersebut, pola aktivitas jantung tersebut tetap masih dalam keadaan normal selama 200 menit melakukan aktivitas renang. Hal ini diindikasikan oleh kesamaan pola aktivitas jantung saat berenang dengan kontrol (Gambar 3).



Gambar 3. Perubahan aktivitas jantung ikan nila pada masing-masing kecepatan renang yang berbeda. Garis padu aktivitas jantung control dan garis putus detak jantung ketika melakukan aktivitas berenang. (A) Kecepatan renang 5,97 cm det⁻¹, (B) Kecepatan renang 9,19 cm det⁻¹, (C) Kecepatan renang 13,83 cm det⁻¹, (D) Kecepatan renang 17,67 cm det⁻¹, (E) Kecepatan renang 23,56 cm det⁻¹, (F) Kecepatan renang 29,33 cm det⁻¹, (G) Kecepatan renang 35,31 cm det⁻¹, (H) Kecepatan renang 41,67 cm det⁻¹, (I) Kecepatan renang 47,73 cm det⁻¹, dan (J) Kecepatan renang 55,64 cm det⁻¹

Detak jantung ikan nila meningkat secara dramatis pada kecepatan renang 35,31-55,64 cm det⁻¹ (Gambar 3). Pada kecepatan ini beberapa ekor ikan tidak mampu berenang selama 200 menit. Pada kisaran kecepatan ini, ikan mulai kelelahan sehingga tidak mampu bertahan melawan arus pada saluran renang dari tangki berarus. Pada gambar 3 dapat dilihat pada lima tahap kecepatan renang (35,31; 29,33; 41,67; 47,73; dan 55,64 cm det⁻¹) pola aktivitas jantung setiap menit dalam pengamatan menggunakan elektrokardiograf menunjukkan kesamaan pola, namun aktivitas jantung tersebut terlihat tidak stabil seperti halnya pada kecepatan renang yang lebih lambat (5,97-13,83 cm det⁻¹).

Perubahan aktivitas jantung ikan nila pada kecepatan renang yang berbeda

Rata-rata detak jantung kontrol 20 ekor ikan contoh yang diuji adalah $46,75 \pm 1,13$ (rata-rata \pm simpangan baku). Detak jantung ikan nila tersebut tidak mengalami perubahan atau kenaikan pada saat berenang pada kecepatan 5,97-9,19 cm det⁻¹. Detak jantung ikan nila mulai naik pada kecepatan 13,83 cm det⁻¹ dan terus mengalami kenaikan secara bertahap mengikuti kenaikan kecepatan renang (Tabel 1 dan Gambar 4).

Gambar 4 dan Tabel 1 menunjukkan kenaikan detak jantung ikan nila bisa mencapai rata-rata $180,26 \pm 2,65$ detak men⁻¹ pada saat ikan tersebut berenang pada kecepatan renang 55,64 cm det⁻¹. Dari grafik yang disajikan pada Gambar 4 tersebut dapat disimpulkan semakin tinggi kecepatan renang ikan maka akan semakin cepat pula aktivitas detak jantung ikan tersebut.

Rasio kenaikan detak jantung ikan nila pada kecepatan renang berbeda

Kenaikan detak jantung biasanya disebut dengan istilah *tachycardiac*. *Tachycardiac* merupakan kenaikan aktivitas detak jantung yang

tinggi dari keadaan normal. Hal ini menunjukkan kondisi yang tidak normal pula pada mahluk tersebut. Kenaikan detak jantung ikan nila dapat dilihat dengan mudah dengan menggunakan persamaan *relative heart rate*. Nilai *relative heart rate* tersebut dapat dilihat pada Gambar 5, yang menunjukkan tidak ada kenaikan detak jantung pada kecepatan renang 5,97-9,19 cm det⁻¹. Detak jantung ikan signifikan naik mulai dari kecepatan renang di atas 13,83 cm det⁻¹, yaitu bisa mencapai 1,31-1,45 kali lebih tinggi dari detak jantung kontrol (Tabel 1 dan Gambar 5). Kenaikan detak jantung ikan ini bisa mencapai kenaikan 3,85 lebih tinggi daripada detak jantung kontrol pada kecepatan renang 55,64 cm det⁻¹ (Tabel 1 dan Gambar 5).

Pembahasan

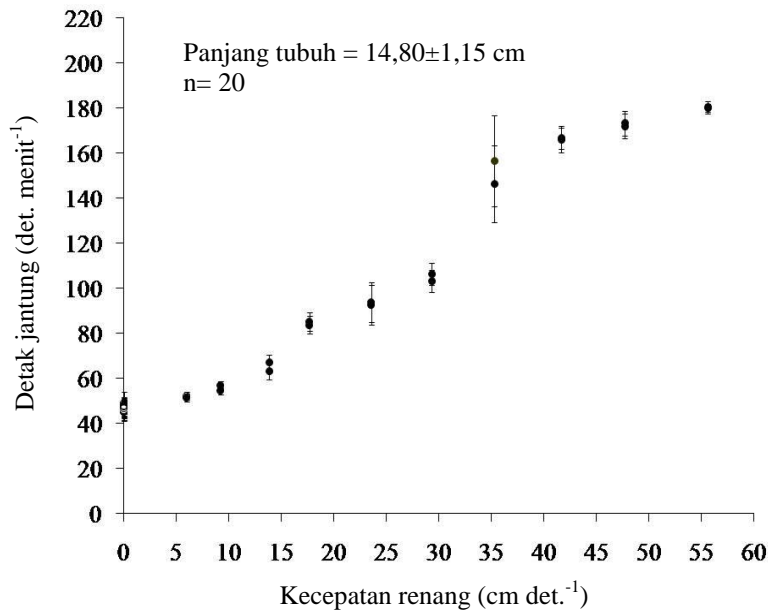
Gelombang elektrokardiograf aktivitas detak jantung ikan nila (Gambar 2) pada dasarnya sama dengan elektrokardiograf aktivitas detak jantung ikan mackerel dan mamalia (Nofrizal 2009 dan Nofrizal *et al.* 2009). Semakin laju kecepatan renang, maka semakin cepat pula puncak gelombang yang terdapat di layar *oscilloscope* muncul. Hal tersebut menunjukkan secara langsung aktivitas detak jantung ikan tersebut. Oleh karena itu, detak jantung ikan dapat dihitung melalui pengamatan puncak gelombang yang terdapat di layar *oscilloscope* (Gambar 2). Pengamatan aktivitas jantung ikan di layar *oscilloscope* tersebut direkam menggunakan kamera video kemudian dianalisis dengan menggunakan *software gomplayer*. Gelombang detak jantung ikan nila yang diamati tersebut tidak sejelas pengamatan pada ikan jack mackerel pada studi terdahulu yang dilakukan oleh Nofrizal (2009). Hal ini, kemungkinan besar disebabkan pengukuran dari sepasang elektroda yang ditanamkan di bagian rongga *perycardiac* ikan nila ke osiloskop

tidak difilterisasi dengan menggunakan *bioamplifier*. Alat ini berfungsi untuk memperjelas atau memperkuat potensial energi listrik yang diha-

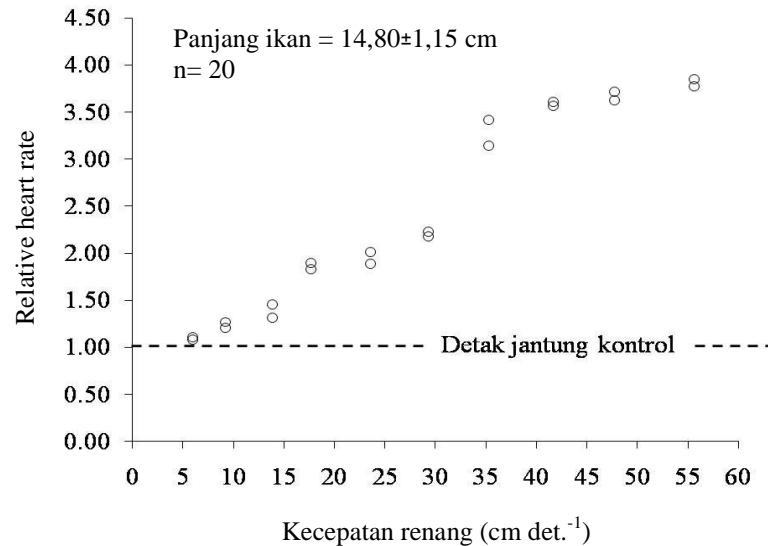
sikan oleh aktivitas gerakan jantung masuk ke osiloskop.

Tabel 1. Detak jantung ikan nila berdasarkan kecepatan renang yang berbeda

No.	Kecepatan renang (cm det ⁻¹)	Detak jantung kontrol (detak men ⁻¹)		Detak jantung ketika berenang (detak men ⁻¹)		Relative heart rate
		Rata-rata	sb	Rata-rata	sb	
1	5,97	48,40	2,90	52,20	1,80	1,08
2	5,97	46,50	4,30	51,42	1,60	1,11
3	9,19	45,40	3,80	54,55	1,56	1,20
4	9,19	45,00	3,80	56,96	1,58	1,27
5	13,83	48,00	3,70	63,09	3,46	1,31
6	13,83	46,20	3,40	67,00	3,36	1,45
7	17,67	45,90	3,20	83,77	3,90	1,83
8	17,67	45,00	3,40	85,08	4,19	1,89
9	23,56	49,10	4,70	92,54	8,73	1,88
10	23,56	46,60	3,40	93,74	8,73	2,01
11	29,33	47,50	2,80	103,39	4,90	2,18
12	29,33	47,80	2,80	106,43	4,90	2,23
13	35,31	46,60	2,50	146,31	16,94	3,14
14	35,31	45,80	2,50	156,46	20,12	3,42
15	41,67	46,20	2,10	166,55	4,83	3,60
16	41,67	46,60	2,40	166,09	5,95	3,56
17	47,73	46,20	2,20	171,89	5,54	3,72
18	47,73	47,80	2,30	173,25	5,39	3,62
19	55,64	47,70	2,30	180,26	2,65	3,78
20	55,64	46,80	2,60	180,18	1,71	3,85



Gambar 4. Perubahan aktivitas jantung ikan nila pada kecepatan renang yang berbeda. Notasi hitam menunjukkan rata-rata aktivitas detak jantung ikan ketika berenang dan notasi putih rata-rata detak jantung ikan kontrol



Gambar 5. Rasio kenaikan detak jantung (*relative heart rate*) ikan nila pada kecepatan renang berbeda

Gelombang P (Gambar 2) menunjukkan depolarisasi atrium, yaitu proses terpompanya darah dari atrium masuk ke ventrikel. Q-R-S menunjukkan depolarisasi ventrikel, yang mana proses pemompaan darah dari ventrikel ke seluruh tubuh melalui arteri dan kapiler. *ST-segment* menunjukkan redempolarisasi dari ventrikel. Proses depolarisasi dan redempolarisasi ini akan semakin cepat apabila aktivitas detak jantung meningkat (Nofrizal 2009, Nofrizal *et al.* 2009, dan Nofrizal & Arimoto 2011).

Pola aktivitas detak jantung ikan nila tidak mengalami perubahan selama melakukan aktivitas renang pada kecepatan rendah (<9,19 cm det.⁻¹). Kisaran kecepatan renang tersebut merupakan kisaran kecepatan renang *sustained speed*. Fenomena serupa juga dapat terlihat pada ikan *jack mackerel* (*Trachurus japonicus*) (Nofrizal *et al.* 2008 dan Nofrizal 2009). Pada kecepatan *sustained speed* tidak terlihat perubahan proses fisiologis yang berarti, seperti kenaikan aktivitas jantung pada ikan saat melakukan aktivitas renang sehingga ikan tidak mengalami dampak kelelahan selama melakukan aktivitas renang tersebut (Nofrizal 2009, Nofrizal *et al.* 2009 dan Nof-

rizal *et al.* 2011). Hal ini juga terbukti ada kisaran kecepatan renang kecil dari 9,19 cm det.⁻¹ seluruh ikan contoh mampu berenang lebih dari 200 menit dalam saluran renang tangki berarus.

Rata-rata aktivitas jantung ikan nila meningkat secara bertahap mengikuti kecepatan renang (Gambar 4). Fenomena serupa ditemukan pada ikan *jack mackerel* (Nofrizal 2009) dan ikan *rainbow trout* (*Salmo gairdneri*) (Priede 1974). Hal ini terjadi karena ikan mengonsumsi energi lebih banyak pada kecepatan renang yang lebih tinggi, sehingga menuntut meningkatnya laju metabolisme didalam tubuh untuk pembentukan energi yang terpakai oleh aktivitas renang yang lebih tinggi. Dalam proses fisiologis, aktivitas jantung memegang peranan penting pada proses metabolisme dalam pembentukan energi pada ikan untuk berenang. Dalam hal ini, jantung ikan memegang peranan sebagai pemompa darah yang mengandung nutrisi dan oksigen untuk proses biokimiawi di dalam tubuh ikan untuk pembentukan energi kembali (*remetabolism*) selama berenang. Proses ini akan semakin cepat atau lambat bergantung kepada tingkat penggunaan energi oleh ikan tersebut selama berenang. Kors-

meyer *et al.* (1997) melaporkan aliran darah ikan dan aktivitas jantung ikan tuna ekor kuning (*Thunnus albacores*) meningkat $13,6 \pm 3,0\%$ pada kecepatan renang 1,2 dan 2,1 PT detik⁻¹. Peningkatan rata-rata aktivitas jantung ikan nila pada penelitian ini terjadi pada kecepatan renang 13,83 cm det⁻¹ atau sama dengan 0,93 PT det⁻¹. Hal ini menunjukkan respon kenaikan aktivitas detak jantung ikan nila terhadap aktivitas renang lebih cepat dibandingkan ikan tuna ekor kuning, sehingga dalam melakukan aktivitas renang ikan nila lebih mudah lelah jika dibandingkan dengan ikan tuna ekor kuning. Hal ini tentunya juga menunjukkan bahwa ikan tuna ekor kuning memang tergolong ke dalam kelompok ikan-ikan perenang cepat (*king swimmer*).

Kenaikan detak jantung ikan di atas normal (*tachycardiac*) secara signifikan muncul ketika ikan nila berenang pada kecepatan lebih dari 35,31 cm det⁻¹ atau sama dengan 2,4 PT det⁻¹ (Gambar 5). Pada kisaran kecepatan renang tersebut ikan nila yang diuji tidak ada satu ekor pun yang mampu berenang lebih dari 200 menit sebagai batas waktu yang ditetapkan peneliti dalam pengamatan. Hal ini menandakan bahwa ikan nila pada kecepatan renang lebih dari 35,31 cm det⁻¹ sudah berenang pada kecepatan *prolonged*. Hal serupa ditemukan pada ikan *jack mackerel*. Aktivitas jantung ikan ini meningkat secara signifikan pada kisaran renang *prolonged* dan aktivitas jantungnya membutuhkan waktu yang lebih lama (> 9 jam) untuk kembali normal (Nofrizal 2009, Nofrizal *et al.* 2009, dan Nofrizal & Arimoto 2011). Ikan berenang pada kecepatan *prolonged* menyebabkan ikan lelah, karena laju proses metabolisme untuk membentuk energi tidak dapat mengimbangi besarnya energi yang telah dikeluarkan ikan selama berenang pada kecepatan yang lebih tinggi tersebut.

Pada usaha budi daya keramba air deras kecepatan arus di dalam keramba harus dipertimbangkan secara seksama. Kecepatan arus dalam keramba yang tinggi akan memicu ikan berenang lebih cepat, tentunya kondisi ini menuntut energi yang besar sehingga makanan yang dikonsumsi ikan hanya digunakan untuk berenang dan bukan untuk pertumbuhan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kecepatan renang yang baik untuk ikan nila yang seukuran dengan sampel pada penelitian ini ialah kecil dari 13,83 cm det⁻¹. Pada kecepatan renang tersebut detak jantung ikan tidak mengalami perubahan dari kontrol meskipun ikan masih melakukan aktivitas berenang. Kecepatan renang yang lebih cepat (>17,67 cm det⁻¹) sangat tidak menguntungkan bagi pertumbuhan ikan di dalam keramba. Kondisi ini kemungkinan besar akan menghambat pertumbuhan ikan tersebut, karena sebagian besar energi akan digunakan untuk berenang.

Simpulan

Kecepatan renang normal atau lebih dikenal dengan kecepatan *sustained speed* ikan nila ialah 5,97-13,83 cm det⁻¹. Hal tersebut diindikasikan pada kecepatan renang ini aktivitas jantung ikan nila tidak mengalami perubahan dari kontrol ketika berenang pada *sustained speed*. Aktivitas jantung ikan mulai mengalami kenaikan pada kecepatan renang 17,67-23,56 cm det⁻¹. Aktivitas detak jantung ikan meningkat secara dramatis pada kecepatan renang 35,31-55,64 cm det⁻¹. Kenaikan detak jantung ikan nila secara signifikan naik mulai dari kecepatan renang di atas 13,83 cm det⁻¹, yaitu 1,31-1,45 kali lebih tinggi daripada detak jantung kontrol. Kenaikan detak jantung ikan nila naik secara signifikan pada kecepatan renang lebih dari 35,31 cm det⁻¹. Kenaikan detak jantung tersebut bisa mencapai 3,85 lebih

tinggi daripada detak jantung kontrol pada kecepatan renang 55,64 cm det⁻¹.

Persantunan

Terima kasih penulis sampaikan kepada Sdr. Wahyudi Armen, S.Pi. yang telah membantu dalam pengumpulan data penelitian ini. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada seluruh Staf Laboratorium Elektronika Fakultas Teknik, Universitas Riau yang telah meminjamkan peralatan untuk penelitian ini. Tidak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Bustari Hasan, M.Sc sebagai Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Riau yang telah menyediakan dana untuk pembuatan tangki ber-arus.

Daftar pustaka

- He P, Wardle CS. 1988. Endurance at intermediate swimming speeds of Atlantic mackerel, *Scomber scombrus* L., herring, *Clupea harengus* L., and saithe, *Pollachius virens* L. *Journal of Fish Biology*, 33(2):255-266.
- Korsmeyer KE, Chin Lai N, Shadwick RE, Graham JB. 1997. Heart rate and stroke volume contributions to cardiac output in swimming yellow fin tuna: response to exercise and temperature. *Experimental Biology*, 200(14):1975-1986.
- Nofrizal, Yanase K, Arimoto T. 2008. Swimming exercise and recovery for jack mackerel *Trachurus japonicus*, monitored by ECG measurements. Proceedings of the 5th World Fisheries Congress (CD-ROM Ver.).
- Nofrizal. 2009. Behavioural physiology on swimming performance of jack mackerel *Trachurus japonicus* in capture process. *Doctoral dissertation*. Tokyo University of Marine Science and Technology. 116 p.
- Nofrizal, Yanase K, Arimoto T. 2009. Effect of temperature on the swimming endurance and postexercise recovery of jack mackerel *Trachurus japonicus*, as determined by ECG monitoring. *Fisheries Science*, 75(6): 1369-1375.
- Nofrizal, Arimoto T. 2010. The stress condition of fish in active sampling gears process by ECG monitoring. *Proceeding Fish Sampling with Active Methods (FSAM)* September 8-11th, 2010. Ceske Budejovic, Czech Republic.
- Nofrizal, Arimoto T. 2011. ECG monitoring on swimming endurance and heart rate performance of jack mackerel *Trachurus japonicus* for repeated exercise. *Asian Fisheries Science*, 24(1):78-87.
- Nofrizal, Ahmad M. 2011. Peran kajian dan kemampuan renang ikan baung (*Hemibagrus* sp.) untuk teknologi penangkapan ikan dan usaha budidaya. *Laporan Hasil Penelitian Fundamental*. Lembaga Penelitian Universitas Riau. 50 hlm.
- Nofrizal, Ahmad M, Syofyan I. 2011. Tingkah laku dan kemampuan renang ikan selais (*Cryptopterus* sp.). *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 11(2):99-106.
- Priede IG. 1974. The effect of swimming activity and section of the vagus nerves on heart rate in rainbow trout. *Experimental Biology*, 60(22):305-319.
- Wardle CS. 1993. Fish behaviour and fishing gear. In: Pitcher TJ (ed.). *The behaviour of teleost fishes*, 2nd edition. Chapman and Hall, London. pp. 609-643.
- Xu G, Arimoto T, Inoue M. 1993. Red and white muscle activity of the jack mackerel *Trachurus japonicus* during swimming. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59:745-751.