

PENENTUAN WARNA DAN INTENSITAS LAMPU LIGHT EMITTING DIODE (LED) YANG OPTIMUM PADA PENANGKAPAN IKAN SELAR KUNING (*SELAROIDES LEPTOLEPIS*) UNTUK PERIKANAN BAGAN TANCAP

*Optimum Light Colour and Intensity Defining of Light Emitting Diode (LED) in Yellowstripe Scad (*Selaroides leptolepis*) Fishing for Fixed Liftnet Fisheries*

Oleh:

Adi Susanto¹, Mulyono S. Baskoro², Sugeng Hari Wisudo^{3*}, Mochammad Riyanto⁴, Fis Purwangka⁵

¹ Program Studi Perikanan Fakultas Pertanian Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. adisusanto@untirta.ac.id

² Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, FPIK-IPB. baskoro.mul@gmail.com

³ Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, FPIK-IPB. wisudo1966@gmail.com

⁴ Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, FPIK-IPB. riyanto.psp@gmail.com

⁵ Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, FPIK-IPB. fis.tli@yahoo.com

* Korespondensi email: wisudo1966@gmail.com

Diterima: 28 Februari 2018; Disetujui: 24 Agustus 2018

ABSTRACT

Fishing activity using light emitting diode (LED) on a fixed lift net in Banten Bay is equipped using blue and white LED as its attractor. The colour and intensity of the lighting affects the successful capture of the lift nets. The colour selection is influenced by the interaction of the fish as the target. The objective of this study is to determine the optimum colour and intensity for Yellowstripe Scad (*Selaroides leptolepis*) based on their behavioural response and light adaptation to different colours of green and white at three different intensities which are low ($1.53 \times 10^{-5} - 2.42 \times 10^{-5} \text{ W/cm}^2$), medium ($5.39 \times 10^{-5} - 7.60 \times 10^{-5} \text{ W/cm}^2$), and high ($9.03 \times 10^{-5} - 9.42 \times 10^{-5} \text{ W/cm}^2$). The behavioural response of the fish was conducted using a tank experiment to measure the preferences zone, the nearest neighbour distance (NND), and behavioural response pattern for different colours and light intensity. Histological approach for each experimental light colour and intensity was used to investigate the retinal adaptations. The results showed that the schooling position of fish was dominant found in the bright zone (67%) for all colours and intensities. The average NND showed the tendency to gradually decrease with the increased light intensity. While, the cell cone index and swimming speed of fish were slightly increased with increasing intensity. The highest light adaptation was found in white LED at high intensity about 97.52%. The schooling pattern in the green LED indicated that the fish gradually swam closely and stable regularly to the neighbour with increasing light intensity. However, the fish swam widely and randomly in accordance to the increased white LED intensity. This information suggests that the green LED may be regarded as an excellent fishing light to control the behaviour in order to harvest the yellow stripe scad in lift net fishing.

Keywords: colour, lift net, light, yellowstripe scad

ABSTRAK

Efisiensi aktivitas penangkapan ikan dengan menggunakan bagan tancap sangat ditentukan oleh penggunaan cahaya sebagai atraktornya. Ketepatan warna dan intensitas cahaya sangat menentukan keberhasilan operasional bagan tancap. Penetapan warna dan intensitas cahaya yang tepat sangat dipengaruhi oleh respon yang dihasilkan oleh ikan target. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan warna dan intensitas cahaya lampu LED yang optimum untuk penangkapan ikan selar (*Selaroides leptolepis*) berdasarkan respons tingkah laku dan adaptasinya terhadap warna dan intensitas cahaya yang berbeda. Penelitian dilakukan secara eksperimental di perairan Teluk Banten dengan target penangkapan adalah ikan selar (*Selaroides leptolepis*). Penelitian dilakukan dengan menggunakan dua kelompok perlakuan yaitu warna dan intensitas cahaya. Perlakuan warna adalah dengan menggunakan lampu LED berwarna hijau dan putih. Adapun perlakuan intensitas cahaya adalah dengan menggunakan tiga intensitas cahaya yaitu intensitas rendah $1,53 \times 10^{-5} - 2,42 \times 10^{-5} \text{ W/cm}^2$; sedang $5,39 \times 10^{-5} - 7,60 \times 10^{-5} \text{ W/cm}^2$; tinggi $9,03 \times 10^{-5} - 9,42 \times 10^{-5} \text{ W/cm}^2$. Penelitian dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap respon ikan target dari famili Engraulidae dan Carangidae. Pengamatan respons tingkah laku dilakukan pada bak pengamatan untuk menentukan zona preferensi, *nearest neighbor distance* (NND) dan pola tingkah laku ikan terhadap warna dan intensitas berbeda. Adaptasi retina dianalisis secara histologi berdasarkan warna dan intensitas yang berbeda. Berdasarkan hasil penelitian posisi *schooling* ikan dominan berada pada zona terang (67%) pada seluruh warna dan intensitas lampu LED. Nilai NND cenderung turun seiring dengan peningkatan intensitas cahaya, sedangkan indeks kon dan kecepatan renang semakin tinggi dengan penambahan intensitas cahaya yang diberikan. Nilai adaptasi tertinggi diperoleh pada penggunaan lampu LED putih dengan intensitas tinggi sebesar 97,52%. Pola tingkah laku ikan pada LED hijau semakin teratur dengan jarak semakin dekat seiring meningkatnya intensitas. Namun pola renang ikan cenderung acak dan semakin jauh pada LED putih. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa LED hijau lebih optimum untuk digunakan sebagai lampu pengumpul, pengkonsentrasi dan *hauling* pada penangkapan ikan selar dengan bagan tancap.

Kata kunci: bagan, cahaya, warna, ikan selar (*Selaroides leptolepis*)

PENDAHULUAN

Ikan selar (*Selaroides* sp.) merupakan ikan famili *Carangidae* yang menjadi salah satu hasil tangkapan dominan pada perikanan bagan (*lift net*) di berbagai perairan Indonesia (Yuda *et al.* 2012; Guntur *et al.* 2015; Rudin *et al.* 2017). Penggunaan jenis, jumlah, dan warna lampu yang beragam sebagai alat bantu penangkapan ikan (*fishing lamp*) pada perikanan bagan menyebabkan proporsi hasil tangkapan ikan selar bervariasi. Hal ini berkaitan erat dengan respons, adaptasi, dan tingkah laku ikan selar terhadap cahaya yang diterimanya. Berkembangnya anggapan bahwa semakin terang lampu yang digunakan dapat meningkatkan hasil tangkapan telah mendorong penggunaan lampu dalam jumlah banyak sehingga membutuhkan konsumsi energi (daya) yang tinggi pada perikanan bagan (Susanto *et al.* 2017a). Setiap jenis ikan memberikan respons, beradaptasi, dan tingkah laku yang berbeda terhadap intensitas, energi, warna, dan panjang gelombang yang diterima (Kondrashev *et al.* 2012; Jeong *et al.* 2013; Bryhn *et al.* 2014).

Preferensi ikan terhadap warna dan intensitas cahaya tertentu dapat mempengaruhi

respons fisiologi dan tingkah laku yang terjadi selama proses penangkapan. Munz & McFarland (1973) menginformasikan bahwa famili Carangidae memiliki sensitivitas spektral maksimum (λ_{\max}) pada panjang gelombang 494-500 nm (warna cahaya hijau). Sementara itu, nilai intensitas minimum (*threshold*) untuk *schooling* ikan berbeda tergantung spesiesnya. Umumnya, nilai intensitas minimum untuk mempertahankan karakteristik *schooling* ikan adalah $1,2 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2 - 9,4 \times 10^{-13} \text{ W/cm}^2$ (Glass *et al.* 1986; Migaud *et al.* 2007; Torisawa *et al.* 2007). Penggunaan warna dan intensitas yang tepat dapat meningkatkan efektivitas penangkapan karena pola renang ikan target terkonsentrasi di *catchable area* dengan tingkat adaptasi yang optimum.

Hingga saat ini belum tersedia teknologi lampu sebagai alat bantu penangkapan ikan dengan warna dan intensitas yang disesuaikan terhadap respons dan tingkah laku ikan target, sehingga pemilihan lampu masih bersifat uji coba. Penggunaan *light emitting diode* (LED) sebagai *fishing lamp* dengan warna putih dan biru pada perikanan bagan di Teluk Banten telah diperkenalkan pada tahap uji coba (Rudin *et al.* 2017; Susanto *et al.* 2017b). Namun demikian,

penggunaan lampu LED pada penelitian tersebut belum didasarkan pada aspek respons, adaptasi dan tingkah laku ikan target, sehingga spesifikasi teknisnya masih memerlukan pengembangan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan warna dan intensitas cahaya yang optimum untuk penangkapan ikan selar berdasarkan aspek respons, adaptasi dan tingkah laku terhadap warna dan intensitas lampu LED yang berbeda. Nantinya, informasi yang diperoleh dari hasil penelitian ini, dapat dijadikan sebagai dasar dalam pemanfaatan dan pengembangan desain *fishing lamp* untuk perikanan bagan tancap di Perairan Teluk Banten.

METODE

Penelitian menggunakan metode uji coba laboratorium dengan rancangan percobaan faktorial. Faktor yang dicobakan adalah perbedaan warna (hijau dan putih) dan perbedaan intensitas cahaya (rendah, sedang, tinggi). Hasil penelitian Marchesan *et al.* (2009) menunjukkan bahwa intensitas cahaya hijau optimum untuk berbagai jenis ikan adalah $8,75 \times 10^{-5} \text{ W/cm}^2$. Penggunaan intensitas lebih rendah ($4,38 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2$) dan lebih tinggi ($2,19 \times 10^{-4} \text{ W/cm}^2$)

menyebabkan penurunan respons tingkah laku yang terjadi. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka tingkat intensitas cahaya yang digunakan pada penelitian ini berturut-turut: putih rendah (PR) $1,53 \times 10^{-5} \text{ W/cm}^2$; putih sedang (PS) $7,60 \times 10^{-5} \text{ W/cm}^2$ dan putih tinggi (PT) $9,42 \times 10^{-5} \text{ W/cm}^2$. Adapun intensitas cahaya LED warna hijau yang digunakan adalah masing-masing hijau rendah (HR) $2,42 \times 10^{-5} \text{ W/cm}^2$; hijau sedang (HS) $5,39 \times 10^{-5} \text{ W/cm}^2$ dan hijau tinggi (HT) $9,03 \times 10^{-5} \text{ W/cm}^2$.

Ikan selar kuning (*Selaroides leptolepis*) yang dijadikan objek penelitian diperoleh dari hasil tangkapan sero di Perairan Teluk Banten pada bulan Oktober 2017. Ikan yang tertangkap dipindahkan ke wadah penampungan dan selanjutnya diangkut menggunakan kapal ke laboratorium pengamatan di Kampus Bagian Administrasi dan Pelatihan Lapangan, Sekolah Tinggi Perikanan (BAPPL-STP) Serang. Selanjutnya ikan dipindahkan ke dalam bak pemeliharaan yang dilengkapi sistem sirkulasi dan aerasi untuk menjaga kualitas air tetap baik. Suhu air pemeliharaan berkisar $29-31^\circ\text{C}$ dengan salinitas antara 30-33 psu dan kandungan oksigen terlarut 5,9-6,1 mg/L. Jumlah ikan selar dalam wadah pemeliharaan sebanyak 38 ekor.

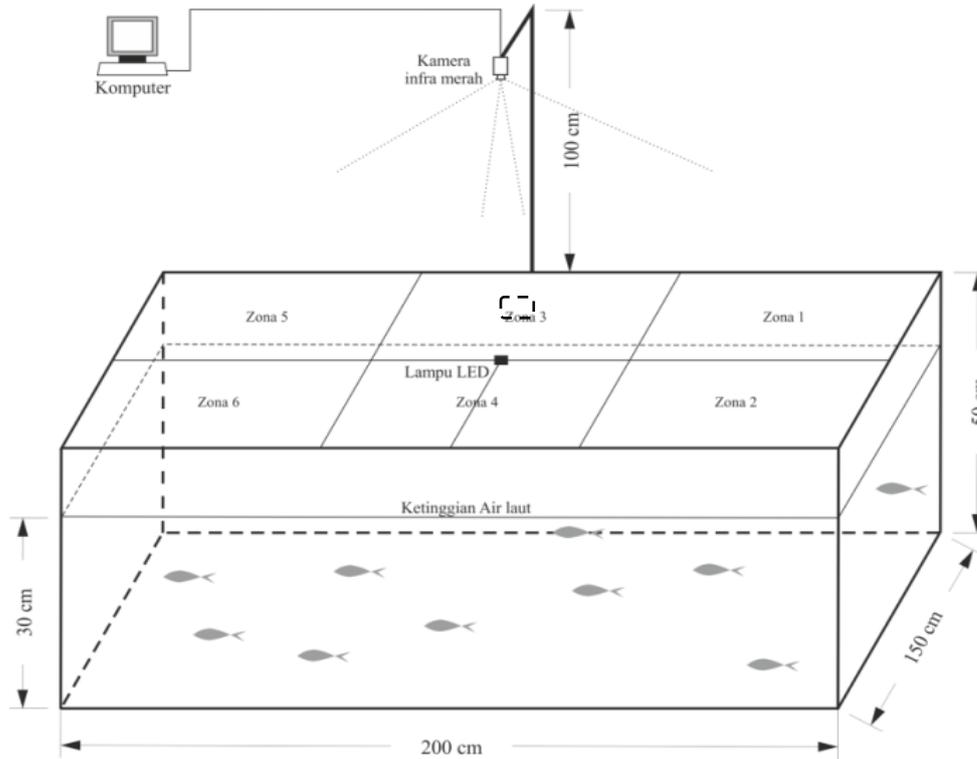


Gambar 1 Lampu LED yang digunakan pada penelitian

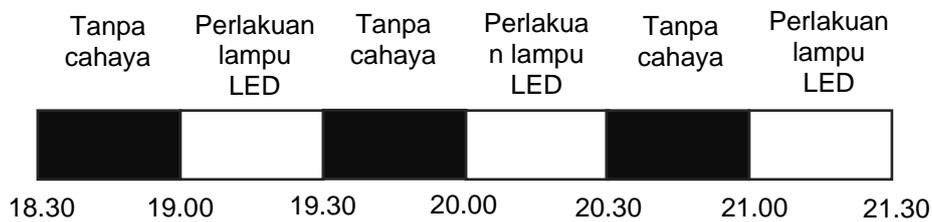
Uji coba respons ikan terhadap cahaya dilakukan menggunakan lampu LED jenis *dual in-line package* (DIP-LED) 5 mm sebanyak 4 buah yang dimasukkan dalam wadah berbentuk kotak dengan ukuran (pxlxt) adalah 11,0 cm x 8,5 cm x 7,0 cm (Gambar 1). Bak percobaan berwarna hitam berukuran panjang 200 cm, lebar 150 cm dan tinggi 50 cm diberi tanda pada bagian dasarnya berupa titik putih dengan jarak 10 cm. Percobaan menggunakan LED warna putih dan hijau dengan tiga iluminasi berbeda yaitu iluminasi rendah, sedang dan tinggi. Pengukuran nilai intensitas dilakukan pada permukaan air bak pengamatan dengan ILT 5000 (International Light Technologies, USA). Pengamatan respons tingkah laku ikan dilakukan pada bak berbentuk persegi panjang dan direkam menggunakan kamera infra merah (Samsung, 2MP AHD camera, lensa 1,56 mm). Bak dibagi

menjadi 6 zona pengamatan, zona terang (3 dan 4) dan zona redup (1,2,5,6) untuk menganalisis preferensi posisi ikan pada masing-masing perlakuan yang dicobakan (Gambar 2).

Pengamatan respons dan tingkah laku ikan dilakukan pada malam hari mulai pukul 18.30-01.00 WIB pada ruangan tanpa cahaya. Sebelum diberikan perlakuan lampu LED, ikan selar sebanyak 30 ekor dengan panjang total (*total length*/TL) 8,8 cm (kisaran 6,00-12,00 cm) dikondisikan tanpa cahaya selama 30 menit sebagai kontrol adaptasi. Kemudian lampu LED dinyalakan dan dilakukan perekaman dan pengamatan respons tingkah laku ikan selama 30 menit (Marchesan *et al.* 2005; Nakano *et al.* 2006; Schwalbe & Webb 2015; Susanto *et al.* 2017a). Proses tersebut diulang sebanyak tiga kali untuk masing-masing perlakuan yang dicobakan (Marchesan *et al.* 2005). Skema perlakuan



Gambar 2 Skema bak pengamatan tingkah laku ikan selar



Gambar 3 Skema perlakuan lampu LED selama penelitian

an lampu LED selama penelitian disajikan pada Gambar 3.

Setelah pengamatan respons dan tingkah laku ikan selesai, dua ekor ikan diletakkan pada bak terpisah untuk menentukan adaptasi sel kon. Bak yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter bagian bawah 40 cm, diameter atas 50 cm, tinggi 43 cm dan tinggi air laut 15 cm. Ikan dikondisikan tanpa cahaya selama 30 menit sebelum diberikan perlakuan cahaya dengan warna dan intensitas berbeda. Setelah ikan mendapatkan perlakuan cahaya selama 30 menit (Jeong *et al.* 2013; Susanto *et al.* 2017a) ikan selanjutnya diambil dan ditusuk pada bagian otaknya hingga mati. Mata ikan diawetkan dengan larutan fiksasi (*bouin*) untuk selanjutnya dilakukan proses histologi (Riyanto *et al.* 2011). Langkah ini dilakukan untuk semua perlakuan yang dicobakan.

Analisis data dilakukan menggunakan statistik deskriptif terhadap parameter respons yang diperoleh. Respons dan tingkah laku ikan dianalisis secara deskriptif berdasarkan hasil observasi dan rekaman kamera yang diolah menggunakan perangkat lunak video analisis (*kinovea*). Parameter analisis yang digunakan yaitu preferensi keberadaan ikan pada setiap zona, *nearest neighbor distance*/NND (jarak antar individu terdekat), dan pola tingkah laku ikan.

Preferensi keberadaan ikan pada setiap zona dianalisis dengan menghitung proporsi jumlah ikan yang berkumpul pada masing-masing zona pada setiap menit pengamatan (Kim & Mandrak 2017). Jarak antar individu terdekat digunakan untuk menentukan pengaruh perlakuan yang diberikan terhadap tingkah laku *schooling* (Torisawa *et al.* 2007; Marche-

san *et al.* 2009; Jolles *et al.* 2017). Nilai NND dihitung dengan memilih tiga foto sebagai representasi *schooling* ikan pada menit awal (<10 menit), tengah (11-20 menit) dan akhir pengamatan (21-30 menit). Foto yang dipilih memiliki tingkat kejelasan yang baik dan kepadatan *schooling* tinggi seperti disajikan pada Gambar 4.

Tingkah laku ikan dianalisis menggunakan video *tracking* terhadap pola renang dominan yang terjadi pada masing-masing perlakuan (Marchesan *et al.* 2005). Parameter yang dianalisis meliputi waktu yang diperlukan dalam satu pola, jumlah frame, dan jarak yang ditempuh untuk masing-masing pola renang yang dipilih. Hasil analisis video *tracking* digunakan untuk menghitung kecepatan renang rata-rata pada masing-masing perlakuan. Kecepatan renang disajikan dalam satuan TL/s. Adaptasi retina mata ikan dianalisis berdasarkan hasil histologi dengan menghitung nilai indeks kon (%) yang menunjukkan tingkat penjurulan sel kon terhadap perlakuan warna dan intensitas lampu LED yang berbeda. Ilustrasi dan formula penghitungan nilai indeks kon disajikan pada Gambar 5 (Arimoto *et al.* 2010).

$$C = \frac{c}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

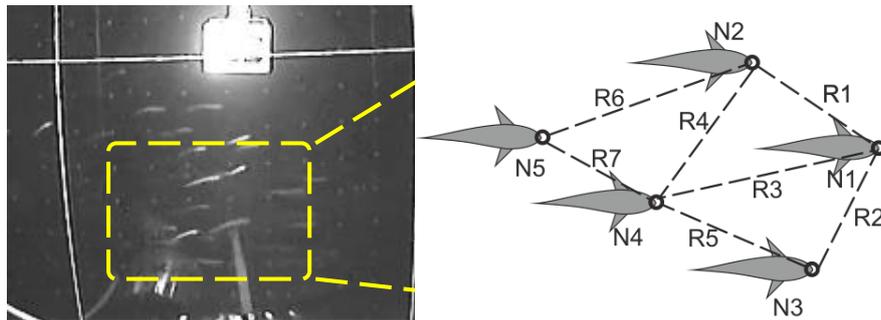
- dengan:
 C : indeks kon
 c : posisi sel kon
 A : ketebalan lapisan sel visual

HASIL

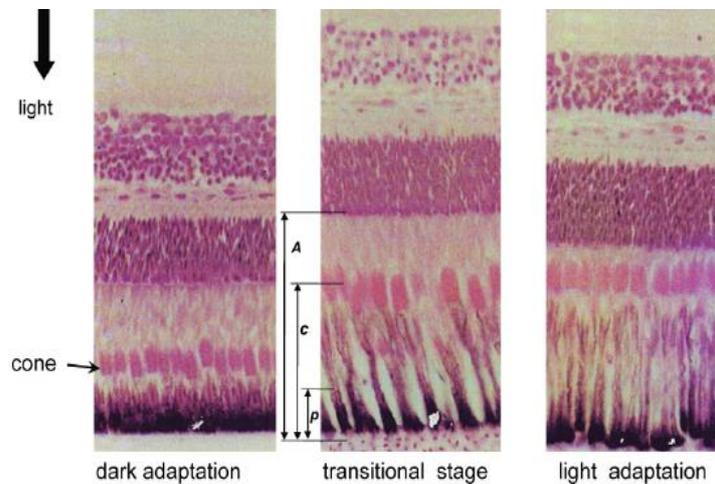
Preferensi ikan selar terhadap cahaya LED hijau dan putih menunjukkan adanya perbedaan antara zona terang dan zona redup. Pada lampu LED hijau proporsi ikan pada zona terang lebih tinggi (28-40%) dibandingkan dengan zona redup (5-14%). Proporsikan pada zona terang pada lampu LED putih relatif sama dengan LED hijau yaitu 27-44% dengan proporsi pada zona redup antara 3-16% (Gambar 6).

Hal ini menunjukkan bahwa ikan selar merupakan ikan fototaksis positif yang bereaksi dengan mendekati sumber cahaya pada seluruh intensitas dan warna yang diberikan.

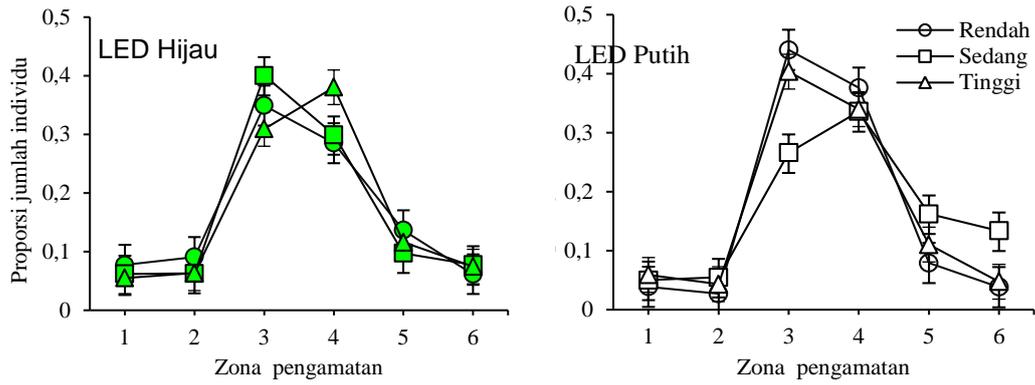
Pada intensitas rendah dan sedang, penggunaan lampu LED hijau dan putih meng-



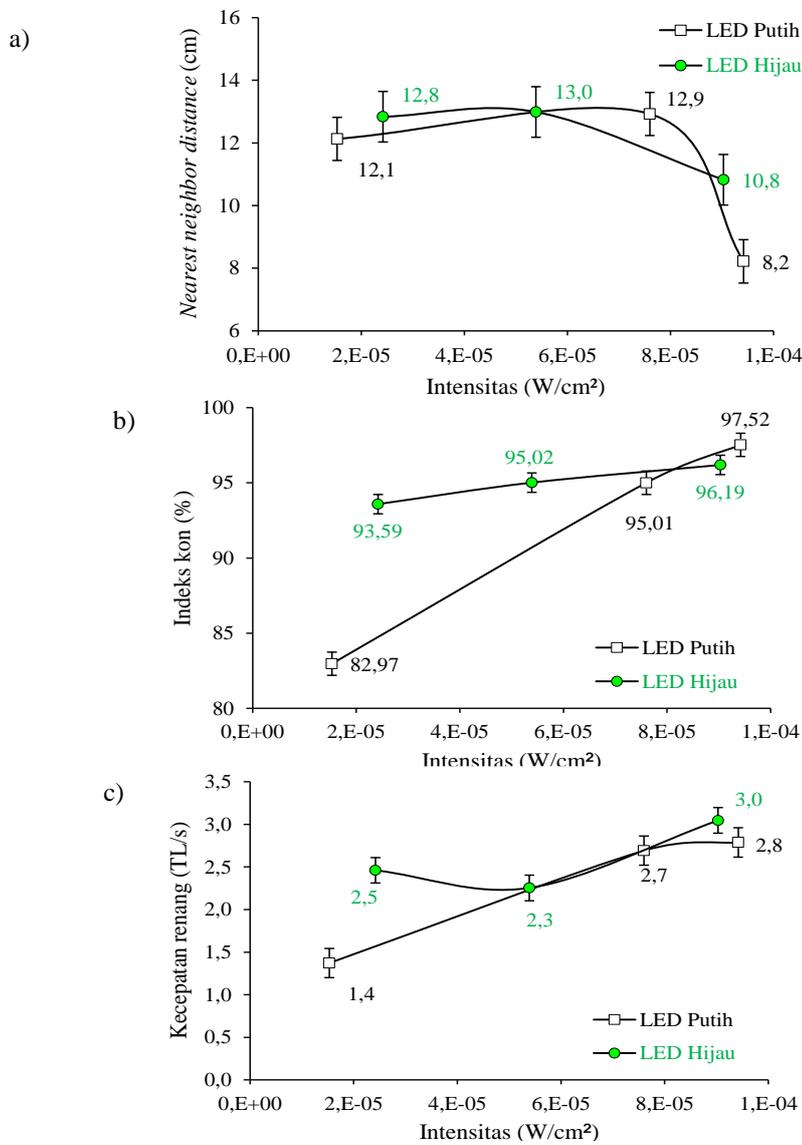
Gambar 4 Ilustrasi perhitungan jarak antar individu terdekat menggunakan kinovea



Gambar 5 Ilustrasi perhitungan nilai indeks pigmen dan indeks kon



Gambar 6 Preferensi ikan selar terhadap warna dan intensitas lampu LED yang berbeda (garis vertikal menunjukkan *standard error*)



Gambar 7 Jarak antar individu terdekat (a), indeks kon (b), kecepatan renang (c) ikan selar berdasarkan warna dan intensitas LED berbeda (garis vertikal menunjukkan *standard error*)

hasilkan jarak antar individu yang relatif sama. Penggunaan lampu dengan intensitas tinggi menyebabkan penurunan pada nilai NND seperti ditunjukkan pada Gambar 7(a). Jarak terdekat antar individu adalah 0,93 TL diperoleh pada perlakuan PT sedangkan jarak paling jauh ditunjukkan pada perlakuan HS sebesar 1,48 TL.

Penggunaan intensitas berbeda berpengaruh terhadap adaptasi retina mata ikan selar. Pada intensitas sedang dan tinggi, nilai indeks kon yang diperoleh antar perlakuan relatif sama. Namun pada penggunaan intensitas rendah, terdapat perbedaan antara lampu LED hijau dan putih. Indeks kon paling rendah diperoleh pada perlakuan PR sebesar 82,97%, sedangkan indeks paling tinggi diperoleh pada perlakuan PT dengan nilai 97,52% seperti disajikan pada Gambar 7 (b). Peningkatan intensitas lampu LED juga berbanding lurus terhadap kecepatan renang rata-rata ikan selar seperti ditunjukkan pada Gambar 7(c). Kecepatan renang pada intensitas rendah antara 1,4-2,5 TL/s sedangkan pada intensitas tinggi kecepatan renangnya meningkat menjadi 2,8-3,0 TL/s. Penggunaan intensitas tinggi menyebabkan zona pencahayaan semakin luas dan berpengaruh terhadap pola tingkah laku renang yang terjadi. Perbedaan warna lampu tidak memberikan pengaruh yang berbeda terhadap pola tingkah laku yang terjadi pada penggunaan intensitas rendah seperti pada Gambar 8. Pola renang ikan dominan berada di zona dengan intensitas $<3,0 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2$ atau di luar zona cahaya utama. Ikan juga berenang pada zona $3,0 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2$ hingga $1,3 \times 10^{-5} \text{ W/cm}^2$, namun dengan proporsi yang lebih rendah. Tingkah laku berbeda ditunjukkan pada penggunaan intensitas sedang dan tinggi. Pada perlakuan HS, pola renang di luar zona utama ($<3,0 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2$) lebih sedikit dibandingkan PS. Ikan lebih terkonsentrasi pada warna hijau sehingga pola renangnya lebih konsisten dan terfokus di area utama zona pencahayaan.

PEMBAHASAN

Ikan selar lebih dominan berada pada zona terang untuk menjaga jarak terhadap sumber cahaya sehingga karakteristik *schooling* yang terbentuk dapat dipertahankan. Secara keseluruhan, proporsi ikan berada di zona terang sebesar 67% sedangkan pada zona redup hanya 33%. Semakin tinggi intensitas yang diterima maka persentase jumlah ikan di zona yang dekat dengan sumber cahaya juga meningkat (Marchesan *et al.* 2005). Namun, sekali ikan berada di luar zona pencahayaan (zona redup) untuk kemudian kembali ke zona

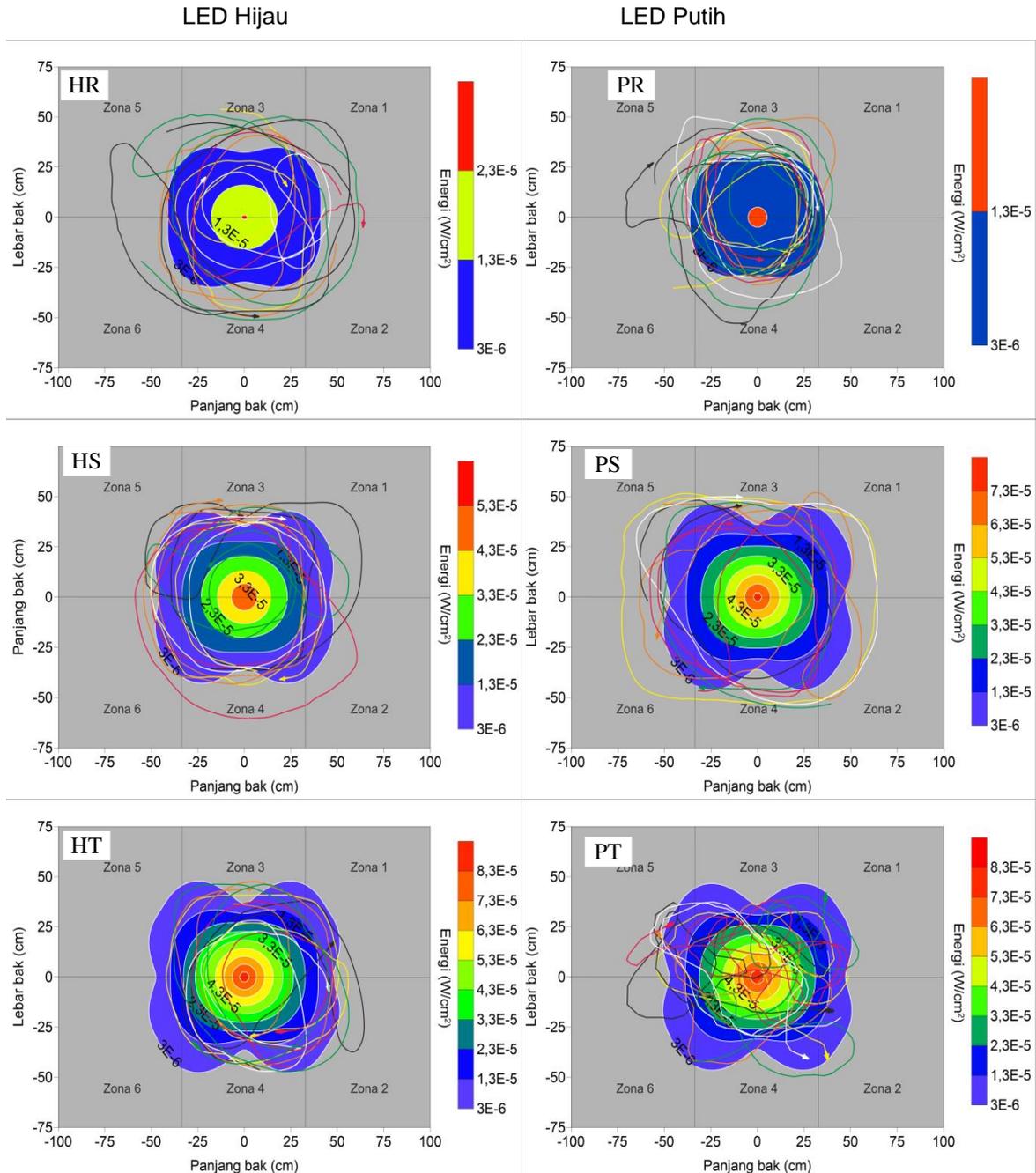
terang sebagai bentuk penyesuaian orientasi penglihatan terhadap perubahan iluminasi cahaya disekitarnya (Woodhead 1966; Martin & Perez 2006).

Semakin tinggi intensitas cahaya dalam suatu perairan, maka ketajaman penglihatan ikan semakin meningkat. Kemampuan penglihatan yang meningkat dan didukung dengan intensitas cahaya yang cukup akan memudahkan setiap anggota kelompok (ikan) memelihara kepadatan dan jarak antar individu dalam sebuah *schooling* sehingga jarak antar individunya semakin dekat (Glass *et al.* 1986; McMahon & Halanov 1995; Miyazaki & Nakamura 1990; Miyazaki *et al.* 2000). Penggunaan lampu hijau menghasilkan jarak antar individu rata-rata sebesar 1,39 TL (12,2 cm) sedangkan pada lampu putih memiliki jarak 1,26 TL (11,1 cm). Hasil senada diungkapkan oleh Glass *et al.* (1986) dan Marchesan *et al.* (2005, 2009) bahwa penggunaan lampu hijau menghasilkan jarak antar individu yang lebih jauh dibandingkan warna kuning dan merah.

Peningkatan intensitas lampu LED pada masing-masing warna berbanding lurus dengan tingkat adaptasi retina mata ikan selar yang ditunjukkan dengan nilai indeks kon yang semakin tinggi. Semakin tinggi intensitas cahaya yang diterima maka sel kon pada retina mata ikan menjadi lebih cepat beradaptasi terhadap cahaya terang (*photopic adaptation*), sehingga nilai indeks kon yang diperoleh semakin tinggi (Tamura & Niwa 1967; Nakano *et al.* 2006; Migaud *et al.* 2007; Susanto *et al.* 2017a).

Setiap spesies ikan memiliki kepekaan berbeda dalam beradaptasi terhadap warna dan intensitas cahaya yang diterima (Markevich 2004; Kondrasev 2010). Pada intensitas rendah hingga sedang, nilai indeks kon pada LED hijau lebih tinggi dibandingkan dengan warna putih. Hal ini mengindikasikan bahwa tingkat adaptasi ikan selar terhadap cahaya hijau lebih tinggi dibandingkan dengan cahaya putih. Munz & McFarland (1973) menyatakan bahwa ikan dari famili Carangidae memiliki sensitivitas spektral maksimum (λ_{max}) pada panjang gelombang 494-500 nm sehingga memiliki reaksi fototaksis positif kuat terhadap rangsangan cahaya warna hijau yang diterima. Semakin lama waktu penyinaran yang diberikan, maka tingkat adaptasi sel konnya menjadi semakin tinggi. Namun bila sudah mencapai tingkat jenuh akan menyebabkan *schooling* ikan berpecah dan akan menjauhi sumber cahaya.

Penggunaan warna hijau menyebabkan kecepatan renang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan warna putih pada tingkat intensitas yang sama. Sifat fisiologi penglihatan mata ikan



Gambar 8 Tingkah laku ikan selar berdasarkan warnadan intensitas berbeda. Perbedaan warna menunjukkan perbedaan individu ($n=6$) yang di analisis untuk masing-masing perlakuan, (HR: hijau rendah, HS: hijau sedang, HT: hijau tinggi PR: putih rendah, PS: putih sedang, PT: putih tinggi).

selar yang lebih peka terhadap warna hijau mendorong kemampuan penglihatannya lebih baik, sehingga berpengaruh terhadap kecepatan renang yang semakin tinggi. Kecepatan tertinggi diperoleh pada perlakuan HT yaitu 3 TL/s sedangkan kecepatan paling rendah diperoleh pada perlakuan PR sebesar 1,4 TL/s. Penambahan intensitas cahaya dari $2,92 \times 10^{-9} \text{ W/cm}^2$ menjadi $1,46 \times 10^{-4} \text{ W/cm}^2$ menyebabkan pe-

ningkatan kecepatan renang pada juvenil *bluefin* tuna dari 4 SL (*standard length*) menjadi 5,5 SL /s (Torisawa *et al.* 2007). Kecepatan renang ikan atlantic salmon (*Salmo salar*) juga bertambah dari 0,2 BL/s pada intensitas $2,2 \times 10^{-4} \text{ W/cm}^2$ mejadi 0,5 BL/s pada intensitas $1,2 \times 10^{-3} \text{ W/cm}^2$ (Hansen *et al.* 2017). Peningkatan kecepatan renang berkaitan erat dengan daya adaptasi dan ketajaman penglihatan ikan

yang ikut meningkat dengan penambahan intensitas cahaya. Intensitas cahaya yang tinggi menyebabkan ikan semakin mudah dalam menentukan dan menjaga orientasi/ arah renang secara paralel dalam satu *schooling* sehingga kecepatan renangnya bertambah (Miyazaki *et al.* 2000).

Radius pola renang ikan selar semakin kecil seiring dengan peningkatan intensitas yang diberikan seperti ditunjukkan pada perlakuan HT dan PT. Ikan cenderung berenang dan bertahan di zona pencahayaan dengan intensitas antara $3,0 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2$ - $3,0 \times 10^{-5} \text{ W/cm}^2$. Hal serupa ditemukan pada ikan *Mugil cephalus* dan *Dicentrarchus labrax* yang berada di area pencahayaan lampu LED hijau lebih lama dibandingkan dengan LED biru dan kuning (Marchesan *et al.* 2005, 2009). Ikan *Sebastes caurinus* dan *S. malige* juga memberikan respons yang lebih baik terhadap LED hijau karena frekuensi ikan mendekati sumber cahaya pada intensitas $1,4 \times 10^{-9} \text{ W/cm}^2$ lebih tinggi dibandingkan dengan lampu *incandescent* dengan intensitas $4,6 \times 10^{-8} \text{ W/cm}^2$ (Ryer *et al.* 2009).

Pola berbeda diperoleh pada perlakuan PT dimana sebagian ikan berenang pada pusat cahaya yang memiliki intensitas paling tinggi ($8,3 \times 10^{-5} \text{ W/cm}^2$). Adanya perbedaan pola ini mengindikasikan bahwa ikan selar memiliki tingkat respons berbeda terhadap warna cahaya meskipun pada intensitas yang sama. Cahaya LED hijau direspons dengan baik oleh ikan selar sehingga meningkatkan ketajaman visual dan berpengaruh terhadap kemampuan mempertahankan karakteristik dan pola renang yang terjadi. Paparan cahaya hijau dalam waktu 30 menit juga belum menunjukkan adanya indikasi tingkah laku stres berupa perubahan pola renang secara drastis dalam waktu yang singkat. Penggunaan lampu LED hijau pada ikan *Gadus morhua*, *Scophthalmus maximus*, *Chrysiptera parasema* dan *Salmo salar* juga mampu menurunkan tingkat stres yang dialami (Shin *et al.* 2013; Stien *et al.* 2014; Sierra-Flores *et al.* 2015). Pada durasi yang sama, cahaya LED putih juga memicu tingkat stres yang lebih tinggi pada ikan teri (*Stolephorus* sp.), dibandingkan cahaya LED biru (Susanto *et al.* 2017a).

Berdasarkan analisis terhadap respons dan tingkah laku *schooling* ikan selar maka diduga nilai batasan (*threshold*) intensitas cahaya yang menghasilkan respon paling baik adalah antara $3,0 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2$ - $2,3 \times 10^{-5} \text{ W/cm}^2$. Penggunaan LED hijau dan putih dapat dikombinasikan untuk penangkapan ikan selar. LED putih dapat digunakan pada awal operasi penangkapan untuk menarik perhatian dan me-

ngumpulkan ikan pada *catchable* area sedangkan LED hijau dapat digunakan sebagai lampu pengumpul sebelum dilakukan pengangkutan alat tangkap (*hauling*). Kombinasi penggunaan warna lampu tersebut diharapkan mampu meningkatkan efektivitas dan efisiensi penangkapan ikan selar.

KESIMPULAN

Lampu LED yang optimum digunakan sebagai lampu konsentrasi dan *hauling* adalah warna hijau sedangkan LED putih dapat digunakan sebagai lampu penarik (*attractant*) untuk penangkapan ikan selar. Intensitas minimum (*threshold intensity*) yang diperlukan untuk kedua lampu tersebut berkisar $3,0 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2$ - $2,3 \times 10^{-5} \text{ W/cm}^2$.

SARAN

Penggunaan lampu LED hijau dan putih untuk penangkapan ikan selar dengan bagan tancap masih memerlukan uji skala lapangan sehingga hasilnya lebih sah dan valid untuk diterapkan di masyarakat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah memberikan pendanaan penelitian melalui skema Hibah Tim Pascasarjana tahun 2017 dengan No Kontrak 1471/IT3.11/-PN/2017.

DAFTAR PUSTAKA

- Arimoto T, Glass CW and Zhang X. 2010. *Fish Vision and its Role in Fish Capture in Behavior of Marine Fishes: Capture Processes and Conservation Challenges*. HeP, editor. Iowa (USA): Blackwell Scientific. p 25-44.
- Bryhn AC, Königson SJ, Lunneryd S-G, Bergenius MAJ. 2014. Green Lamps as Visual Stimuli Affect the Catch Efficiency of Floating Cod (*Gadus morhua*) Pots in the Baltic Sea. *Fisheries Research*. 157: 187-192.
- Glass CW, LVardele CS, Mojsiewicz WR. 1986. A Light Intensity Threshold for Schooling in the Atlantic Mackerel *Scomber scomberus*. *J Fish Biol*. 29 (Suppl A): 71-81.

- Guntur, Fuad, Muntaha A. 2015. Pengaruh Intensitas Lampu Bawah Air terhadap Hasil Tangkapan pada Bagan Tancap. *Marine Fisheries*. 6(2): 195-202.
- Hansen TJ, Fjellidal PG, Folkedal O, Vågseth T, Oppedal F. 2017. Effects of Light Source and Intensity on Sexual Maturation, Growth and Swimming Behaviour of Atlantic Salmon in Sea Cages. *Aquacult Environ Interact*. 9: 193-204.
- Jeong H, Yoo S, Lee J, An YI. 2013. The Retinular Responses of Common Squid *Todarodes pacificus* for Energy Efficient Fishing Lamp Using LED. *Renewable Energy*. 54: 101-104.
- Jolles JW, Boogert NJ, Sridhar VH, Couzin LD, Manica A. 2017. Consistent Individual Differences Drive Collective Behavior and Group Functioning of Schooling Fish. *Current Biology*. 27: 1-7.
- Kim J, Mandrak NE. 2017. Effects of Strobe Lights on the Behaviour of Fresh Water Fishes. *Environ Biol Fish*. 100(11): 1427-1434.
- Kondrasev SL. 2010. Spectral Sensitivity and Visual Pigments of Retinal Photoreceptors in Near Shore Fishes of the Sea of Japan. *Russian Journal of Marine Biology*. 36(6): 443-451.
- Kondrashev SL, Gnyubkina VP, Zueva LV. 2012. Structure and Spectral Sensitivity of Photoreceptors of Two Anchovy Species: *Engraulis japonicus* and *Engraulis encrasicolus*. *Vision Research*. 68: 19-27.
- Marchesan M, Spoto M, Verginella L, Ferrero EA. 2005. Behavioural Effects of Artificial Light on Fish Species of Commercial Interest. *Fisheries Research*. 73: 171-185.
- Marchesan M, Spoto M, Ferrero EA. 2009. Impact Of Artificial Light on Behavioural Patterns of Coastal Fishes of Conservation Interest. *Varstvo Narave*. 22: 117-136.
- Markevich AI. 2004. Pattern of Night Activity in the Prick Leback Fish *Ernogrammus hexagrammus*. *Russian Journal of Marine Biology*. 30(3): 204-208.
- Martin RS, Perez JAA. 2006. Cephalopods and Fish Attracted by Night Lights in Coastal Shallow-Waters, Off Southern Brazil, with the Description of Squid and Fish Behavior. *Revista de Etologia*. 8(1): 27-34.
- McMahon TE, Holanov SH. 1995. Foraging Success of Largemouth Bass at Different Light Intensities: Implications for Time and Depth of Feeding. *J Fish Biol*. 46: 759-767.
- Migaud H, Cowan M, Taylor J, Ferguson HW. 2007. The Effect of Spectral Composition and Light Intensity on Melatonin, Stress and Retinal Damage in Post-Smolt Atlantic Salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*. 270: 390-404.
- Miyazaki T, Nakamura Y. 1990. Single Line Acuity of 0-Year Old Japanese Parrotfish Determined by the Conditioned Reflex Method. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 56: 887-892 (in Japanese with english abstract).
- Miyazaki T, Shiozawa S, Kogane T, Masuda R, Maruyama K, Tsukamoto K. 2000. Develop-Mental Changes of the Light Intensity Threshold for School Formation in the Striped Jack *Pseudocaranx dentex*. *Mar Ecol Prog Ser*. 192: 267-275.
- Munz FW, McFarland WN. 1973. The Significance of Spectral Position in the Rhodopsins of Tropical Marine Fishes. *Vision Research*. 13: 1829-1874.
- Nakano N, Kawabe R, Yamashita N, Hiraishi T, Yamamoto K, Nashimoto K. 2006. Color Vision, Spectral Sensitivity, Accommodation, and Visual Acuity in Juvenile Masu Salmon *Oncorhynchus masou masou*. *Fisheries Science*. 72: 239-249.
- Riyanto M, Purbayanto A, Natsir DSS. 2011. Analisis Indra Penglihatan Ikan Kerapu Macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) dan Hubungannya dalam Merespons Umpan. *Marine Fisheries*. 2(1): 29-38.
- Rudin MJ, Irnawati R, Rahmawati A. 2017. Perbedaan Hasil Tangkapan Bagan Tancap dengan Menggunakan Lampu CFL dan LED dalam Air (Leda) di Perairan Teluk Banten. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 7(2): 167-180.
- Ryer CH, Stoner AW, Iseri PJ, Spencer ML. 2009. Effects of simulated Underwater Vehicle Lighting on Fish Behavior. *Mar Ecol Prog Ser*. 391: 97-106.
- Schwalbe MAB, Webb JF. 2015. The Effect of Light Intensity on Prey Detection Behavior in Two Lake Malawi Cichlids, *Aulonocara stuartgranti* and *Tramitichromis* sp. *J Comp Physiol A*. 201(4): 341-356.

- Shin SH, Kima NN, Choi YJ, Habibi HR, Kim JW, Choi CY. 2013. Light-Emitting Diode Spectral Sensitivity Relationship with Reproductive Parameters and Ovarian Maturation in Yellowtail Damselfish, *Chrysiptera parasema*. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 127: 108–113.
- Sierra-Flores R, Davie A, Grant B, Carboni S, Atack T, Migaud H. 2015. Effects of Light Spectrum and Tank Background Colour on Atlantic Cod (*Gadus morhua*) and Turbot (*Scophthalmus maximus*) Larvae Performances. *Aquaculture*. 450: 6–13.
- Stien LH, Fosseidengen JE, Malm ME, Sveier H, Torgersen T, Wright DW, Oppedal F. 2014. Low Intensity Light of Different Colours Modifies Atlantic Salmon Depth Use. *Aquacultural Engineering*. 62: 42–48.
- Susanto A, Fitri ADP, Putra Y, Sutanto H, Alawiyah T. 2017a. Respons dan Adaptasi Ikan Teri (*Stolephorus* sp.) terhadap Lampu *Light Emitting Diode* (LED). *Marine Fisheries*. 8(1): 39-49.
- Susanto A, Irnawati R, Mustahal, Syabana MA. 2017b. Fishing efficiency of LED Lamps for Fixed Lift Net Fisheries in Banten Bay Indonesia. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 17: 283-291.
- Tamura T, Niwa H. 1967. Spectral Sensitivity and Color Vision of Fish as Indicated by S-potential. *Comp Biochem Physiol*. 22: 745–754.
- Torisawa S, Takagi T, Fukuda H, Ishibashi Y, Sawada Y, Okada T, Miyashita S, Suzuki K, Yamane T. 2007. Schooling Behaviour and Retinomotor Response of Juvenile Pacific Bluefin Tuna *Thunnus orientalis* Under Different Light Intensities. *Journal of Fish Biology*. 71: 411–420.
- Woodhead PMJ. 1966. The Behaviour of Fish in Relation to Light in the Sea. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*. 4: 337-403.
- Yuda LK, Iriana D, Khan AMA. 2012. Tingkat Keramahan Lingkungan Alat Tangkap Bagan di Perairan Palabuhanratu Kabupaten Sukabumi. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 3(3): 7-13.