

ADAPTASI MATA IKAN TONGKOL (*Euthynnus affinis*) HASIL TANGKAPAN PUKAT CINCIN DI SELAT SUNDA

Eye Adaptation of The Mackerel Tuna (Euthynnus affinis) from Purse Seine in Sunda Strait

Adi Susanto^{1,2)*}, Teddi Kartiwa¹⁾, Ririn Irnawati^{1,2)}, Hery Sutrawan Nurdin^{1,2)}, Asep Hamzah¹⁾, Fahresa Nugraheni Supadminingsih¹⁾,
Hendrawan Syafrie¹⁾, Lana Izzul Azkia¹⁾

¹⁾Program Studi Ilmu Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Banten Indonesia

²⁾Pusat Unggulan Iptek Ketahanan Pangan Inovasi Pangan Lokal Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Banten Indonesia.

Jl. Raya Palka Km.3 Sindangsari Kec. Pabuaran Kab. Serang

Email: adisusanto@untirta.ac.id, teddik50@gmail.com, ririn.irnawati@untirta.ac.id, hery.sutrawan@untirta.ac.id,
asep.hamzah@untirta.ac.id, fahresans@untirta.ac.id, hendrawan@untirta.ac.id, lanaizzulazkia@untirta.ac.id

Diserahkan tanggal 25 Februari 2023, Diterima tanggal 13 Juli 2023

ABSTRAK

Pengoperasian pukat cincin di Selat Sunda menggunakan alat bantu lampu jenis *metal halide* untuk menarik ikan target agar berkumpul di *catchable area*. Adanya asumsi bahwa semakin terang lampu yang digunakan dapat meningkatkan hasil tangkap mendorong nelayan menggunakan lampu dalam jumlah banyak dan daya yang besar. Padahal setiap jenis ikan memiliki preferensi dan kemampuan adaptasi yang terbatas terhadap cahaya yang diterimanya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tingkat adaptasi mata ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) yang ditangkap oleh pukat cincin di Selat Sunda berdasarkan jumlah lampu yang berbeda. Pengumpulan data dilakukan pada bulan Mei hingga Juli 2021 dengan mengikuti operasi penangkapan ikan yang dilakukan oleh kapal pukat cincin dengan dua kapal lampu yang berbeda (kapal yang dilengkapi 8 lampu dan kapal yang dilengkapi dengan 6 lampu). Intensitas cahaya lampu pada medium air diukur menggunakan ILT 5000 *research radiometer*. Pengambilan sampel mata ikan tongkol dilakukan masing-masing sebanyak 3 ekor pada setiap trip yang selanjutnya diproses dengan metode histologi. Hasil penelitian menunjukkan intensitas cahaya pada kapal yang menggunakan 8 lampu lebih tinggi dibandingkan dengan kapal yang menggunakan 6 lampu. Namun demikian, pada kedalaman > 10 m, intensitas cahaya yang dihasilkan oleh kedua kapal tersebut relatif sama. Nilai indeks kon ikan tongkol hasil tangkapan kapal dengan 6 lampu rata-rata 90,76% sedangkan pada kapal dengan 8 lampu sebesar 91,50%.

Kata kunci: cahaya; indeks kon; preferensi; pukat cincin

ABSTRACT

*The purse seines fishing operation in the Sunda Strait uses metal halide lamps to attract target fish to congregate in catchable areas. There is an assumption that brighter lights can increase the catch, encouraging fishermen to use lights in large quantities and with high power. Even though each type of fish has preferences and limited adaptability to the light it receives. This study aims to determine the level of adaptation of the tuna (*Euthynnus affinis*) caught by purse seines based on the number of different lights. Data collection was conducted from May to July 2021 through experimental fishing on a purse seiner fishing vessel with two different numbers of lamps, including 6 lamps and 8 lamps for each boat respectively. The light intensity in the seawater was measured using an ILT 5000 research radiometer. A sampling of the eye of the tuna was carried out by 3 individuals on each trip which were then processed using histological methods. The results showed the light intensity on the boat using 8 lights was higher compared to boat using 6 lights. However, at depths > 10 m, the light intensity produced by both was similar. The average cone value of Mackerel tuna captured on the boat with 6 lights is 90.76%, while for a boat with 8 lights, it is 91.50%.*

Keywords: cone indeks; light; preference; purse seine

PENDAHULUAN

Perairan Selat Sunda merupakan perairan yang menjadi daerah penangkapan potensial bagi nelayan asal Provinsi Banten dan Lampung. Berbagai jenis ikan baik pelagis maupun demersal menjadi target utama aktivitas penangkapan ikan di Selat Sunda. Salah satu jenis alat tangkap yang memiliki produktivitas penangkapan tinggi di Selat Sunda adalah pukat cincin (Purnomo *et al.*, 2005) dengan target utama penangkapan adalah ikan tongkol (*Euthynnus affinis*). Selain

memiliki nilai ekonomis tinggi (Chodrijah *et al.*, 2013), ikan tongkol juga merupakan komoditi ekspor Indonesia ke berbagai negara antara lain Amerika Serikat, Jepang, dan Thailand (Andriyani & Syahputra, 2021; Hartanto *et al.*, 2021).

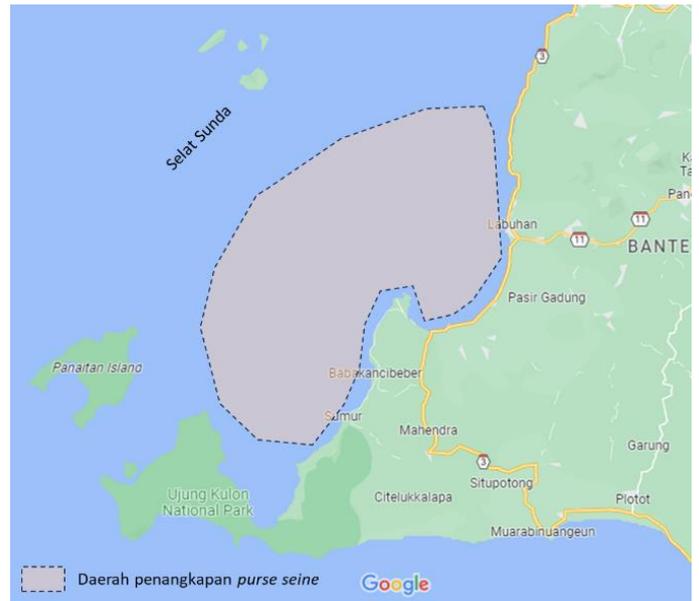
Dalam pengoperasiannya, pukat cincin di Selat Sunda menggunakan alat bantu cahaya untuk menarik perhatian ikan agar berkumpul di *catchable area*. Guntur *et al.* (2015) menyatakan bahwa cahaya merupakan faktor pemikat bagi ikan untuk berkumpul dan tinggal sementara di sekitar alat tangkap. Intensitas, warna dan durasi pencahayaan yang diberikan akan

berpengaruh terhadap respons dan tingkah laku ikan sehingga penggunaan lampu pemikat ikan yang tepat dapat meningkatkan efektivitas penangkapan. Ikan tongkol termasuk ikan pelagis yang dominan menggunakan indera penglihatannya dalam mencari makanan. Tamura *et al.* (1972) dan Niwa *et al.* (1975) menyatakan bahwa sensitivitas spektral mata ikan tongkol berada pada panjang gelombang 497 nm (biru-hijau). Berdasarkan informasi tersebut maka untuk meningkatkan efektivitas pengumpulan ikan tongkol di area penangkapan, maka lampu yang digunakan harus menghasilkan cahaya dengan intensitas dan warna yang sesuai dengan sensitivitas spektralnya.

Kemampuan mata ikan tongkol dalam beradaptasi terhadap cahaya yang diterimanya didukung oleh susunan (mozaik) sel kon yang terbentuk pada retina. Alatas (2004) menemukan bahwa ikan tongkol *Euthynnus affinis* dengan panjang total antara 28,5-37,5 cm memiliki kepadatan sel kon antara 267-330 sel per 0,01 mm². Hal ini menunjukkan bahwa secara fisiologi retina, kemampuan mata ikan tongkol sangat baik untuk merespon cahaya. Namun demikian, penelitian tersebut belum mengungkap tingkat adaptasi mata ikan tongkol terhadap cahaya dengan intensitas berbeda. Adanya asumsi bahwa semakin terang lampu yang digunakan akan meningkatkan hasil tangkapan mendorong nelayan pukat cincin untuk menggunakan lampu *metal halide* dalam jumlah yang banyak dan daya yang besar. Akibatnya biaya operasional untuk penggunaan BBM menjadi meningkat. Padahal, setiap ikan akan memberikan respons dan adaptasi yang berbeda terhadap cahaya yang diterimanya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tingkat adaptasi mata ikan tongkol *Euthynnus affinis* yang ditangkap menggunakan pukat cincin di perairan Selat Sunda. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk menentukan jumlah lampu (8 atau 6 lampu) dan daya yang optimum (4.000 atau 3.000 W) sehingga efisiensi dan efektivitas aktivitas penangkapan ikan dengan pukat cincin dapat tercapai.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei hingga Juli 2021 dengan mengikuti operasi penangkapan ikan menggunakan pukat cincin di perairan Selat Sunda. Peta daerah penangkapan ikan menggunakan pukat cincin disajikan pada Gambar 1. Dalam pengoperasiannya, pukat cincin di Selat Sunda menggunakan perahu lampu untuk mengumpulkan ikan. Setiap perahu menggunakan lampu jenis *metal halide* (@ 500 W) dengan jumlah yang berbeda, namun umumnya menggunakan 3 pasang (6 unit) atau 4 pasang (8 unit). Intensitas cahaya lampu di sekitar kapal diukur menggunakan *ILT 5000 research radiometer*. Karena keterbatasan panjang kabel sensor yang digunakan, maka pengukuran intensitas cahaya di dalam air hanya dapat dilakukan hingga kedalaman 20 m. Hasil pengukuran intensitas cahaya selanjutnya dianalisis dan disajikan dalam grafik sebaran intensitas cahaya berdasarkan kedalaman. Dalam satu trip penangkapan (satu malam), durasi menyalakan lampu setiap kapal rata-rata 8 jam. Setelah ikan berkumpul, maka nakhoda kapal lampu akan memberikan tanda kepada nakhoda kapal pukat cincin untuk dapat melakukan operasi penangkapan di sekitar kapal.



Gambar 1. Peta Daerah Penangkapan Pukat Cincin di Selat Sunda

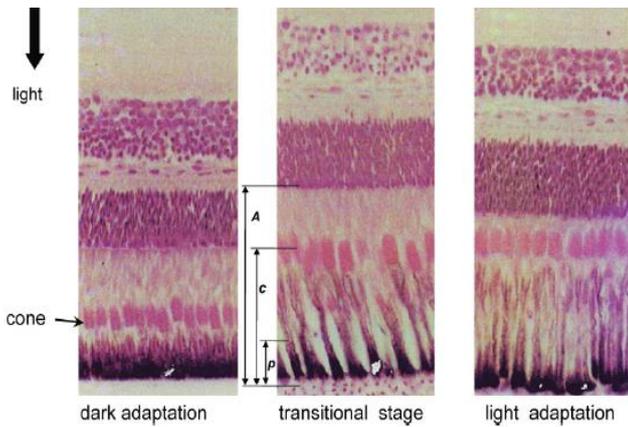
Pengambilan sampel mata ikan tongkol dilakukan masing-masing selama 3 trip pada dua kapal berbeda, yaitu pada kapal dengan 6 unit lampu (Kapal 6) dan 8 unit lampu (Kapal 8). Pada setiap kali *hauling* di setiap kapal, dilakukan pengambilan sampel mata dari 3 ekor ikan tongkol yang berbeda. Ikan sampel dipilih secara acak dari hasil tangkapan pukat cincin sesegera mungkin saat ikan sudah berada di atas dek kapal. Sebelum pengambilan sampel mata, ikan terlebih dahulu dibunuh dengan cara menusuk bagian otak (medula oblongata) menggunakan jarum bedah. Ikan yang sudah mati diukur panjang totalnya dan selanjutnya sampel mata diambil menggunakan peralatan bedah. Sampel mata ikan selanjutnya dimasukkan ke dalam larutan fiksatif (*bovin*). Proses histologi mata ikan dilakukan di Laboratorium Kesehatan Ikan, Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Tahapan histologi mengacu pada prosedur yang dilakukan oleh Arimoto *et al.* (2010) dan Jeong *et al.* (2013) hingga menghasilkan preparat yang siap diamati di bawah mikroskop.

Kemampuan adaptasi fisiologi mata ikan tongkol terhadap cahaya yang diterimanya dianalisis dengan menghitung nilai indeks pigmen (%) dan indeks kon (%) dari preparat yang diperoleh. Semakin tinggi nilai indeks pigmen dan indeks kon, maka ikan tongkol telah beradaptasi optimum terhadap rangsangan cahaya yang diterimanya. Ilustrasi dan formula penghitungan nilai indeks pigmen dan indeks kon disajikan pada Gambar 2 (Arimoto *et al.*, 2010).

$$Ci = C/A \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$Pi = P/A \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan: Ci = *Cone index*; Pi = *Pigment index*; C = Jarak dari Retinal Pigment Epithelium (RPE) ke pusat *cone*; P= Jarak dari dasar lapisan pigmen ke lapisan tepi pigmen; A= Jarak dari RPE ke *Outer Limiting Membrane*



Gambar 2. Ilustrasi Perhitungan Nilai Indeks Pigmen dan Indeks Kon (Arimoto *et al.*, 2010)

Ada tidaknya pengaruh perbedaan jumlah lampu yang digunakan terhadap nilai indeks kon mata ikan tongkol dianalisis menggunakan uji-t. Apabila nilai *p-value* yang diperoleh $< 0,05$, maka perbedaan jumlah lampu memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai indeks kon pada mata ikan tongkol. Semakin besar nilai indeks kon yang diperoleh, maka jumlah lampu tersebut efektif untuk memikat ikan tongkol sehingga berkumpul di sekitar kapal.

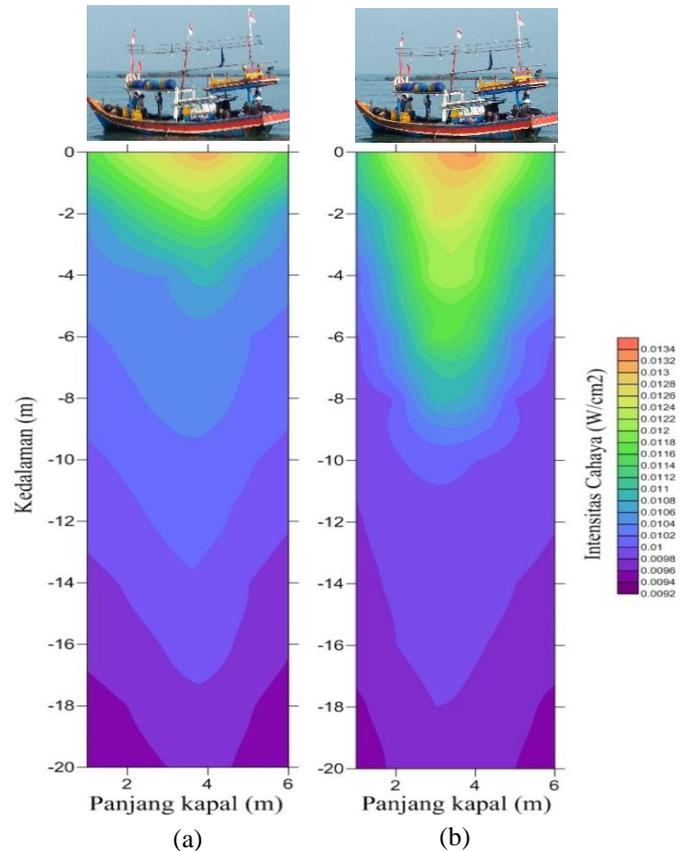
HASIL DAN PEMBAHASAN

Intensitas Cahaya di Sekitar Kapal

Hasil pengukuran di medium udara pada bagian tengah kapal (*mid ship*) menunjukkan bahwa nilai intensitas cahaya pada Kapal 6 sebesar $0,15 \text{ W/cm}^2$ sedangkan pada Kapal 8 adalah $0,2 \text{ W/cm}^2$. Wibisono dan Baheramsyah (2017) menyatakan bahwa cahaya yang dihasilkan oleh lampu *metal halide* akan menyebar ke semua arah. Hal ini menyebabkan perbedaan 2 lampu yang digunakan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap cahaya yang dihasilkan pada pengukuran di medium udara. Hasil berbeda ditunjukkan pada profil sebaran intensitas cahaya pada medium air seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Pada kedalaman yang sama, intensitas cahaya Kapal 8 lebih besar dibandingkan dengan Kapal 6. Intensitas cahaya yang dihasilkan oleh Kapal 6 pada kedalaman 2 m sebesar $1,03 \times 10^{-3} \text{ W/cm}^2$ sedangkan intensitas cahaya pada Kapal 8 sebesar $1,15 \times 10^{-2} \text{ W/cm}^2$. Pada kedalaman 10 m, intensitas cahaya yang terukur pada Kapal 6 sebesar $9,82 \times 10^{-4} \text{ W/cm}^2$ sedangkan pada Kapal 8 adalah $9,95 \times 10^{-3} \text{ W/cm}^2$. Setiawan *et al.* (2015) menyatakan bahwa cahaya mengalami penghamburan yang cukup besar di air laut karena sifat kimia air laut yang lebih pekat dibandingkan dengan air tawar. Hasil senada juga diperoleh Nguyen *et al.* (2021) dimana pada kapal pukat cincin yang menggunakan lampu *metal halide*, semakin jauh dari sumber cahaya maka intensitas cahaya yang dihasilkan akan semakin rendah sehingga efektivitasnya dalam memikat ikan juga berkurang.

Penggunaan jumlah lampu yang cenderung banyak pada aktivitas *light fishing* di Indonesia dipicu oleh adanya anggapan bahwa semakin terang lampu yang digunakan maka akan meningkatkan hasil tangkapan yang diperoleh. Penambahan jumlah lampu akan membutuhkan konsumsi energi (daya) yang tinggi, meningkatkan biaya operasional untuk penyediaan BBM serta penggunaan energi yang berlebihan (Susanto *et al.* 2017a). Padahal setiap jenis ikan akan memberikan respons, beradaptasi dan bertingkah laku

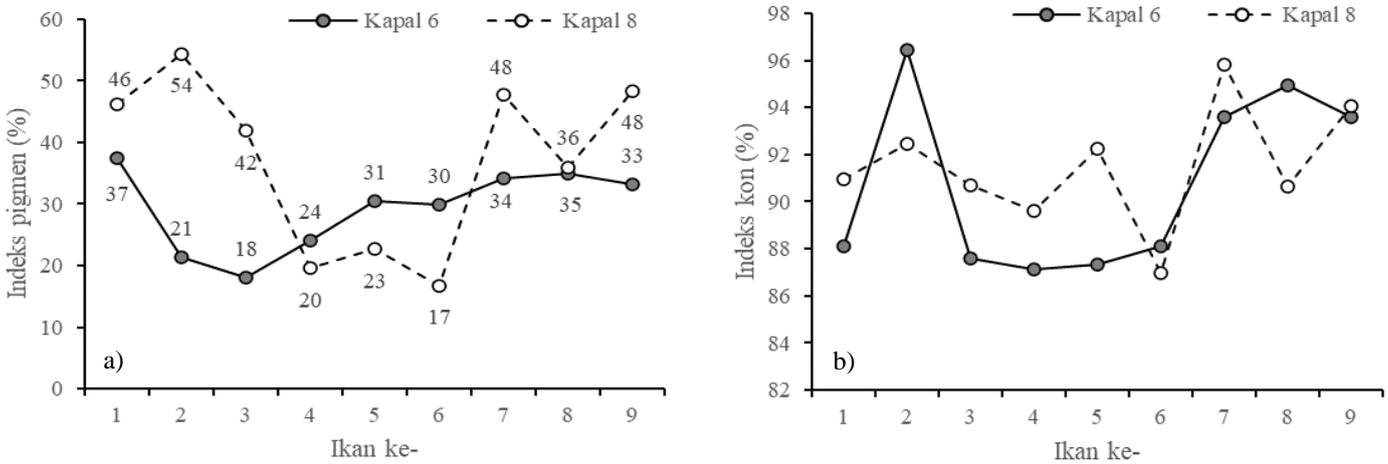
berbeda terhadap intensitas, energi, warna dan panjang gelombang yang diterima (Kondrashev *et al.*, 2012; Jeong *et al.*, 2013; Bryhn *et al.*, 2014). Penggunaan jumlah lampu yang tepat pada perikanan pukat cincin akan meningkatkan efektivitas dan efisiensi penangkapan sehingga diharapkan keuntungan yang diperoleh juga akan meningkat.



Gambar 3. Sebaran Intensitas Cahaya Pada Medium Air. Kapal yang Menggunakan 6 Lampu (a), Kapal dengan 8 Lampu (b)

Adaptasi Retina

Nilai rata-rata indeks pigmen mata ikan tongkol yang diperoleh dari Kapal 8 lebih tinggi ($37,07\% \pm 4,68$) dibandingkan dengan Kapal 6 ($29,30\% \pm 2,22$). Gambar 4a menunjukkan bahwa, sebanyak 66,37% sampel ikan tongkol yang diperoleh dari Kapal 8 memiliki nilai indeks pigmen yang lebih tinggi dibandingkan dengan ikan tongkol yang diperoleh dari Kapal 6. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan durasi pencahayaan yang sama, tingkat adaptasi ikan tongkol yang tertangkap pada Kapal 8 lebih cepat dibandingkan dengan Kapal 6 sehingga tingkat adaptasi yang diperoleh menjadi lebih tinggi. Namun demikian, nilai indeks pigmen pada sampel ikan ke 4-6 yang ditangkap pada Kapal 8 justru lebih rendah dibandingkan dengan Kapal 6. Hal ini diduga dipengaruhi oleh durasi ikan tersebut berada di area pencahayaan sebelum tertangkap. Ikan ke 4-6 pada Kapal 8 diduga berada di area pencahayaan dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan sampel ikan lainnya sehingga adaptasi retina matanya belum optimum. Adaptasi fisiologis retina mata ikan dipengaruhi oleh durasi pencahayaan, warna dan intensitas cahaya yang diterimanya. Semakin lama paparan cahaya yang diterima dengan intensitas yang konstan, maka tingkat adaptasinya akan semakin tinggi (Susanto *et al.* 2018).



Gambar 4. Nilai Indeks Pigmen (a) dan Indeks Kon (b) Ikan Tongkol

Nilai rata-rata indeks kon pada sampel ikan yang ditangkap pada Kapal 8 juga lebih tinggi ($91,50\% \pm 0,85$) dibandingkan dengan ikan yang ditangkap pada Kapal 6 ($90,76\% \pm 1,26$). Meskipun demikian, indeks kon tertinggi diperoleh pada ikan yang ditangkap pada Kapal 6 yaitu 96,46%. Nabiu *et al.* (2018) menyatakan bahwa tidak semua ikan pelagis memiliki tingkat adaptasi optimum pada intensitas cahaya yang tinggi. Sensitivitas spektral spesies yang berbeda menyebabkan kecepatan adaptasi ikan terhadap stimulan cahaya yang diterima juga berbeda. Niwa *et al.* (1975) menyatakan bahwa sensitivitas spektral ikan tongkol *Auxis thazard* (famili scrombridae) berada pada panjang gelombang 497 nm. Matsumoto *et al.* (2012) menemukan bahwa ikan *Thunnus orientalis* (famili Scrombridae) memiliki sensitivitas spektral maksimum pada panjang gelombang 512-515 nm. Ikan tongkol *Euthynnus affinis* termasuk dalam famili Scombridae yang identik memiliki kemampuan penglihatan yang baik. Kelompok ikan famili ini memiliki kepadatan sel kon yang tinggi sehingga sangat menunjang untuk penglihatan pada kondisi banyak cahaya (*photopic vision*). Faktor inilah yang diduga mempengaruhi kesamaan tingkat adaptasi ikan tongkol yang tertangkap pada Kapal 6 dan Kapal 8.

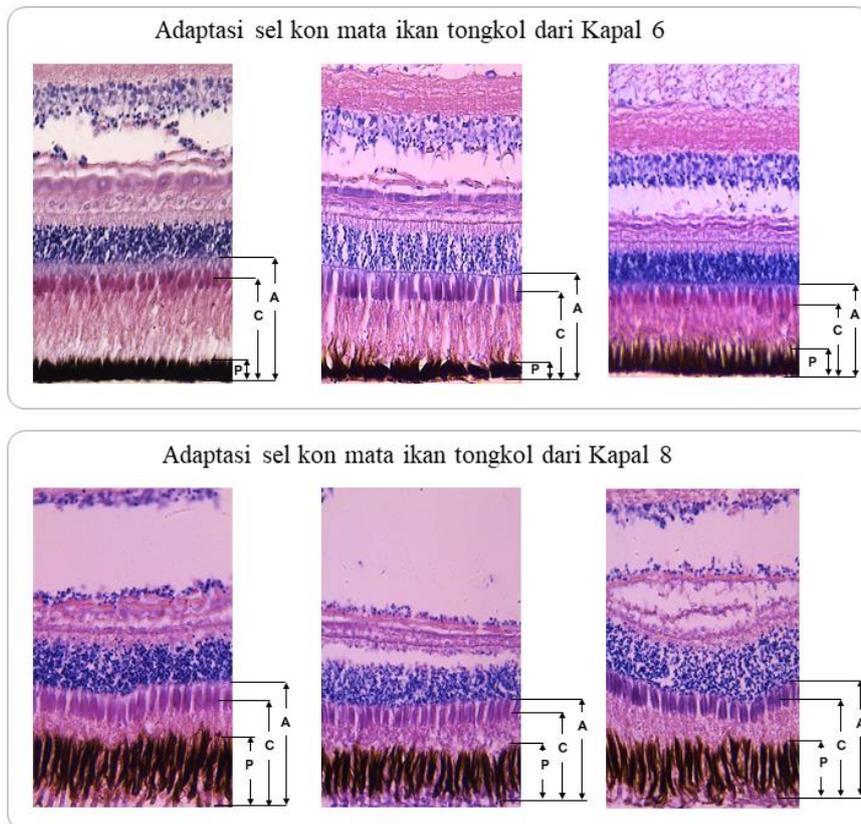
Gambar 5 menunjukkan bahwa secara fisiologi, pergerakan sel kon mata ikan tongkol yang tertangkap pada Kapal 6 dan Kapal 8 secara rata-rata sudah $> 90\%$. Hal ini berarti bahwa mata ikan tongkol sudah mengalami adaptasi optimum setelah menerima paparan cahaya lampu *metal halide* dengan durasi 8 jam. Namun demikian, terdapat perbedaan pada pergerakan pigmen dari kedua kapal tersebut, Pergerakan pigmen mata ikan tongkol yang tertangkap pada Kapal 8 lebih jauh/ lebih tinggi dibandingkan dengan ikan tongkol yang tertangkap pada Kapal 6. Artinya, kecepatan adaptasi mata ikan tongkol yang mendapat paparan cahaya dari 8 lampu lebih cepat bila dibandingkan dengan ikan tongkol yang diberikan paparan cahaya dari 6 lampu.

Meskipun terdapat perbedaan intensitas cahaya yang masuk ke dalam air pada 10 m pertama, namun hal tersebut tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai

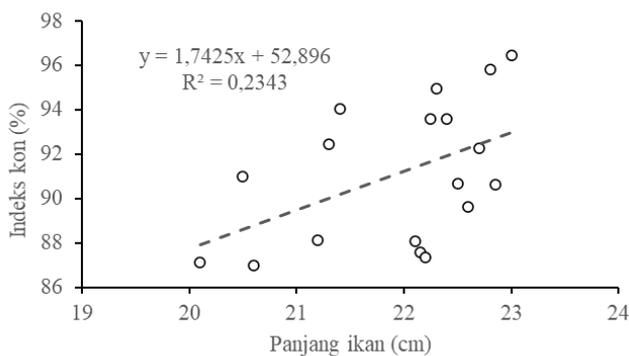
indeks kon yang diperoleh. Hasil uji-t menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai indeks kon yang diperoleh ($p\text{-value} = 0,5183$) meskipun 67% sampel mata ikan dari Kapal 8 memiliki nilai indeks kon yang lebih tinggi. Kondisi ini diduga berkaitan dengan kedalaman renang ikan tongkol ketika bereaksi terhadap cahaya yang diterimanya. Rumpa dan Isman (2023) menyatakan bahwa ikan tongkol memiliki kedalaman renang antara 20-30 m. Meskipun ikan tongkol akan bereaksi dengan naik ke permukaan ketika mendapatkan rangsangan cahaya, namun ikan akan selalu berusaha berada pada kedalaman dengan intensitas yang optimum. Selain itu, Susanto *et al.* (2017b) menyatakan bahwa paparan intensitas cahaya yang tinggi dapat menyebabkan proses adaptasi pada retina menjadi lebih cepat dan menyebabkan kejenuhan. Akibatnya, keberadaan ikan di area pencahayaan menjadi singkat dan ikan akan meninggalkan area pencahayaan untuk mencari intensitas yang lebih sesuai (mencari area yang lebih dalam).

Hubungan Panjang Ikan dengan Kemampuan Adaptasi

Kemampuan penglihatan ikan mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya ukuran panjang ikan (Fitri 2006). Semakin panjang ukuran ikan, maka ukuran sel kon pada mata ikan akan meningkat sehingga kemampuan penglihatannya juga menjadi lebih baik. Ikan tongkol yang tertangkap selama penelitian relatif seragam dengan kisaran panjang 20-23 cm. Riyanto *et al.* (2011) juga menyatakan bahwa semakin panjang ikan kerapu macan, maka kemampuan penglihatannya semakin baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun hubungan linear antara panjang ikan tongkol dengan nilai indeks kon memiliki korelasi yang rendah ($r=0,4840$), namun Gambar 6 mengindikasikan bahwa semakin panjang ukuran ikan tongkol yang tertangkap maka nilai indeks kon yang diperoleh juga semakin tinggi. Hal ini berkaitan dengan kemampuan ikan tongkol untuk menerima rangsangan cahaya yang diterimanya. Bertambahnya ukuran lensa mata ikan dan ukuran sel kon seiring bertambahnya panjang ikan berpengaruh positif terhadap kemampuan adaptasi terhadap rangsangan cahaya yang diterimanya.



Gambar 5. Posisi Sel Kon dan Lapisan Pigmen Ikan Tongkol Hasil Tangkap Pukat Cincin di Selat Sunda



Gambar 6. Hubungan Antara Indeks Kon dengan Panjang Ikan

Alatas (2004) menyatakan bahwa ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) memiliki arah penglihatan *dorso temporal* (ke depan atas) dan memiliki sel kon ganda yang menyebar secara merata di seluruh bagian retina. Adanya sel kon ganda dan sel tunggal yang membentuk mosaik mengindikasikan bahwa ikan tongkol jenis *Euthynnus affinis* memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap intensitas dan warna cahaya tertentu. Fiolita *et al.* (2017) menyatakan bahwa adanya sel kon tunggal dan ganda pada retina mata ikan spesies tertentu mengindikasikan bahwa spesies tersebut memiliki kepekaan yang tinggi baik terhadap perbedaan warna maupun intensitas cahaya yang diterima. Matsumoto *et al.* (2015) menambahkan bahwa *Euthynnus affinis* memiliki 11 jenis opsin yang sensitif terhadap berbagai warna cahaya mulai dari ungu, hijau, biru,

kuning hingga merah. Adanya opsin LWS (*yellow-red*) pada ikan tongkol *Euthynnus affinis* mendorong tingkat adaptasi retina yang optimum karena rangsangan cahaya dari lampu *metal halide* yang didominasi oleh warna merah (Anongponyoskun *et al.* 2011).

KESIMPULAN

Nilai intensitas cahaya yang dihasilkan oleh Kapal 8 lebih tinggi bila dibandingkan dengan Kapal 6. Pada kedalaman 10 m, intensitas cahaya yang terukur pada Kapal 6 sebesar $9,82 \times 10^{-4}$ W/cm² sedangkan pada Kapal 8 adalah $9,95 \times 10^{-3}$ W/cm². Tingkat adaptasi mata ikan tongkol hasil tangkapan pukat cincin di Selat Sunda dari Kapal 8 sudah optimum dengan nilai indeks kon 91,50% sedangkan pada Kapal 6 sebesar 90,76%. Penggunaan 6 lampu sudah cukup ideal untuk digunakan pada perikanan pukat cincin di Selat Sunda karena dapat menghasilkan intensitas cahaya yang menjangkau hingga kedalaman 20 m dan menghasilkan indeks kon yang optimum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala PPP Labuan dan Bapak Supri sebagai ketua kelompok nelayan pukat cincin yang telah membantu penulis selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alatas, U. 2004. Analisis Hasil Tangkapan dan Respons Penglihatan Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*) Pada Pancing Tonda Menggunakan Umpan Tiruan. Tesis. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. 72 hlm.
- Andriyani, D. & Syahputra, T.W. 2021. pengaruh ekspor ikan tongkol/tuna Indonesia ke Jepang terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia dengan model dinamis *regression*. *Jurnal Ekonomi Regional Unimal*. 4(1): 15-22. <https://doi.org/10.29103/jeru.v4i1.4815>.
- Anongponyoskun, M., Awaiwanont, K., Ananpongsuk, S. & Arnupapboon, S. 2011. Comparison of different light spectra in fishing lamps. *Agriculture and Natural Resources*. 45(5): 856-862.
- Arimoto, T., Glass, C.W. & Zhang, X. 2010. Fish Vision and its Role in Fish Capture in Behavior of Marine Fishes: Capture Processes and Conservation Challenges. He, P., editor. Iowa (USA): Blackwell Scientific. p 25-44.
- Bryhn, A.C., Königson, S.J., Lunneryd, S.G. & Bergenius, M.A.J. 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. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.04.012>.
- Chodrijah, U., Hidayat, T. & Noegroho, T. 2013. Estimasi parameter populasi ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) di perairan Laut Jawa. *Bawal*. 5(3): 167-174. <http://dx.doi.org/10.15578/bawal.5.3.2013.167-174>.
- Fiolita, K., Razak, A. & Novriyanti, E. 2017. An overview of the eye component (iris, lens and retina) from mackerel female (*Rastrelliger brachysoma*). *Bioscience*. 1(1): 30-36. <https://doi.org/10.24036/02017117189-0-00>.
- Fitri, A.D.P. 2006. Fisiologi penglihatan ikan selar (*Selar crumenophthalmus*) dan aplikasinya dalam proses penangkapan ikan dengan mini *purse seine*. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 8(2): 229-238. <https://doi.org/10.22146/jfs.145>.
- Guntur, Fuad, & Muntaha, A. 2015. Pengaruh intensitas lampu bawah air terhadap hasil tangkapan pada bagan tancap. *Marine Fisheries*. 6(2): 195-202. <https://doi.org/10.29244/jmf.6.2.195-202>.
- Jeong, H., Yoo, S., Lee, J. & An, Y.I. 2013. The retinal responses of common squid *Todarodes pacificus* for energy efficient fishing lamp using LED. *Renewable Energi*. 54:101-104. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.08.051>.
- Kondrashev, S.L., Gnyubkina, V.P. & Zueva, L.V. 2012. Structure and spectral sensitivity of photoreceptors of two anchovy species: *Engraulis japonicus* and *Engraulis encrasicolus*. *Vision Research*. 68: 19-27. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2012.07.005>.
- Matsumoto, T., Okada, T., Sawada, Y. & Ishibashi, Y. 2012. Visual spectral sensitivity of photopic juvenile pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*). *Fish physiology and biochemistry*. 38: 911-917. <https://doi.org/10.1007/s10695-011-9574-0>.
- Matsumoto, T., Agawa, Y., Okada, T., Sawada, Y. & Ishibashi, Y. 2015. Opsin gene analysis in the cultured kawakawa *Euthynnus affinis*. *Aquaculture Science*. 63(2): 179-189. <https://doi.org/10.11233/aquaculturesci.63.179>.
- Nabiu, N.L.M., Baskoro, M.S. & Zulkarnain, R.Y. 2018. Adaptasi retina ikan selar (*Selaroides leptolepis*) terhadap intensitas cahaya lampu. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*. 9(1): 97-102. <https://doi.org/10.24319/jtpk.9.97-102>.
- Nguyen, K.Q., Tran, P.D., Nguyen, L.T., To, P.V. & Morris, C.J. 2021. Use of light-emitting diode (LED) lamps in combination with metal halide (MH) lamps reduce fuel consumption in the Vietnamese purse seine fishery. *Aquaculture and Fisheries*. 6(4): 432-440. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2020.07.011>.
- Niwa, H., Tamura, T. & Hanyu, I. 1975. Spectral sensitivity curves of the skipjack tuna and the frigate mackerel. *B JP Soc Sci Fish*. 41: 923-7. <https://doi.org/10.2331/suisan.41.923>.
- Purnomo, A.H., Hartono, T.T. & Nasution, Z. 2005. Status keberlanjutan perikanan *purse seine* nelayan andon dan nelayan lokal di Selat Sunda. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 11(3): 1-9. <http://dx.doi.org/10.15578/jppi.11.3.2005.1-9>.
- Riyanto, M., Purbayanto, A. & Natsir, D.S. 2011. Analisis indra penglihatan ikan kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) dan hubungannya dalam merespons umpan. *Marine Fisheries*. 2(1): 29-38. <https://doi.org/10.29244/jmf.2.1.29-38>.
- Rumpa, A. & Isman, K. 2018. Desain *Purse Seine* yang Ideal Berdasarkan Tingkah Laku Ikan Layang (*Decapterus macarellus*) dan Ikan Tongkol Deho (*Auxis thazard*) di Rumpon. Prosiding Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan, 5: 89-98. Retrieved from <http://journal.unhas.ac.id/index.php/proceedingsimnaskp/article/view/4637>
- Susanto, A., Baskoro, M.S., Wisudo, S.H., Riyanto, M. & Purwangka, F. 2017a. Performance of Zn-Cu and Al-Cu electrodes in seawater battery at different distance and surface area. *International Journal of Renewable Energy Research*. 7:298-303. <https://doi.org/10.20508/ijrer.v7i1.5506.g7018>.
- Susanto, A., Fitri, A.D.P., Putra, Y., Susanto, H. & Alawiyah, T. 2017b. Respons dan adaptasi ikan teri (*Stolephorus* sp.) terhadap lampu *light emitting diode* (LED). *Marine Fisheries*. 8(1): 39-49. <https://doi.org/10.29244/jmf.8.1.39-49>.
- Susanto, A., Baskoro, M.S., Wisudo, S.H., Riyanto, M. & Purwangka, F. 2018. Penentuan warna dan intensitas lampu *light emitting diode* (led) yang optimum pada penangkapan ikan selar kuning (*Selaroides leptolepis*) untuk perikanan bagan tancap. *Marine Fisheries: Journal of Marine Fisheries Technology and Management*. 9(2): 145-155. <https://doi.org/10.29244/jmf.9.2.145-155>.
- Wibisono, S.R. & Bahe Ramsyah, A. 2017. Analisa teknis pemakaian kombinasi lampu *metal halide* dan LED sebagai pemikat ikan pada kapal pukat cincin (*purse seine*) dan pengaruhnya terhadap konsumsi bahan bakar genset. *Jurnal Teknik ITS*. 5(2): 371-375.