

RESPONS TINGKAH LAKU CUMI-CUMI (*Uroteuthis duvaucelli*, Orbigny 1835) TERHADAP WARNA DAN INTENSITAS CAHAYA YANG BERBEDA

Behavior Response of Squid Uroteuthis duvaucelli, Orbigny 1835 to Different Light Color and Intensity

Denta Tirtana, Mochammad Riyanto, Sugeng Hari Wisudo, Adi Susanto
Program Studi Teknologi Perikanan Laut, Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
Jl. Agatis, Dramaga, Bogor 16680
Jurusan Perikanan

Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Raya Jakarta Km. 4, Serang, Banten

Email : denta_psp@apps.ipb.ac.id, riyanto.psp@gmail.com, wisudo1966@gmail.com, adisusanto@untirta.ac.id

Diserahkan tanggal 08 Juli 2019, Diterima tanggal 11 Januari 2020

ABSTRAK

Cumi-cumi merupakan salah satu target utama dalam perikanan dengan menggunakan cahaya (*light fishing*) di Indonesia. Penangkapan cumi-cumi mengandalkan indera penglihatan berupa rangsangan cahaya agar cumi-cumi mendekati alat tangkap. Respons penerimaan cahaya oleh mata cumi-cumi dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya warna dan intensitas. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan respons tingkah laku dan adaptasi mata cumi-cumi dengan perbedaan warna yakni biru, putih dan merah yang intensitas rendah ($1,1 \times 10^{-4} - 2,3 \times 10^{-4} \text{ W/cm}^2$), sedang ($9,6 \times 10^{-4} - 2,0 \times 10^{-3} \text{ W/cm}^2$) dan tinggi ($9,4 \times 10^{-3} - 1,2 \times 10^{-2} \text{ W/cm}^2$). Adaptasi retina cumi-cumi dilakukan dengan pendekatan histologi untuk setiap perlakuan. Respons tingkah laku cumi-cumi dilakukan dengan pengamatan 4-40 ekor cumi-cumi berukuran 4-10,5 cm pada bak perlakuan. Respons tingkah laku yang diamati adalah preferensi zona, jumlah *jetting* dan *Nearest Neighbor Distance* (NND). Adaptasi retina mata cumi-cumi yang memiliki nilai rasio tertinggi adalah lampu warna biru dengan 74,54%. Cumi-cumi berada pada zona redup di hampir semua perlakuan, kecuali pada lampu warna biru dengan intensitas rendah cumi-cumi berada pada zona terang. Intensitas yang ditambahkan membuat jumlah *jetting* pada semua perlakuan bertambah. Jarak antar individu pada lampu biru menyebabkan semakin menjauh, sementara pada lampu putih dan merah jarak antar individu mendekat pada intensitas sedang.

Kata kunci: Cephalopoda; LED; pigmen hitam; *jetting*; intensitas cahaya

ABSTRACT

Squid is one of main targets of the light fishing in Indonesia. The squid fishing relies on the sense of sight i.e. light stimulus so that the squid comes near to the fishing gear. Response of the light reception by squid eyes are affected by many factors, i.e. color and intensity. This study aimed to determine response of fish behavior and eye adaptation of the squid with the difference of color, i.e. blue, white, and red that had low intensity ($1.1 \times 10^{-4} - 2.3 \times 10^{-4} \text{ W/cm}^2$), medium intensity ($9.6 \times 10^{-4} - 2.0 \times 10^{-3} \text{ W/cm}^2$) and high intensity ($9.4 \times 10^{-3} - 1.2 \times 10^{-2} \text{ W/cm}^2$). To know the retina adaptation of squid was observed by histology approach for every treatments. To know response of squid behavior was observed with 4-40 squids on the size 4-10.5 cm on the treatment tub. Response of squid behavior observed were zone preference, the number of jetting and Nearest Neighbor Distance (NND). The retina adaptation of squid that had the highest ratio value was blue lamp with 74.54%. The squid was on the dim zone for almost of treatment, except on the blue lamp with low intensity (the squid on the clear zone). The intensity addition increased the number of jetting on the all of treatment. The gap inter-individu on the blue lamp caused the individu far away, the gap inter-individu on the white lamp caused the individu closer in the medium intensity.

Keywords: cephalopoda; LED; black screening pigmen; jet propulsion; light intensity

PENDAHULUAN

Kegiatan penangkapan ikan menggunakan alat bantu cahaya di Indonesia yang telah dilakukan sejak 1950 mulai dari obor, petromaks, lampu pijar, lampu neon, lampu merkuri dan lampu *metal halide*. Penggunaan lampu *metal halide* dan merkuri sebagai lampu pemikat dan pengumpul ikan memiliki kelemahan yakni energi yang dibutuhkan tinggi (Matsushita *et al.* 2012), bahaya lingkungan berupa cemaran logam berat dan merusakkan penglihatan (Hua dan Xing 2013). Diperlukan

alternatif lampu yang lebih hemat energi, sehat dan aman untuk diterapkan pada armada *light fishing* di Indonesia.

Salah satu jenis lampu yang berpeluang besar untuk digunakan pada perikanan tangkap adalah lampu *light emitting diode*/ LED (Sulaiman, 2015). Lampu LED merupakan lampu ramah lingkungan dengan konsumsi daya rendah (Susanto *et al.* 2017), tidak mengandung merkuri dan memiliki umur pakai yang panjang (Jeong *et al.* 2013). Lampu LED belum banyak digunakan oleh nelayan karena keterbatasan informasi yang dimiliki nelayan terkait pola sebaran cahayanya (Hamidi

et al. 2017). Pola sebaran cahaya lampu LED berbeda dengan lampu yang digunakan oleh nelayan saat ini (Taufiq *et al.* 2015). Lampu LED menyebarkan cahaya pada arah tertentu atau *straight light* (Sulaiman *et al.* 2015), berbeda dengan lampu yang lain yang memiliki cahaya berpendar ke segala arah (Puspito 2012).

Salah satu komoditi utama *light fishing* di Indonesia adalah cumi-cumi (Febrianto *et al.* 2017). Cumi-cumi memiliki harga dan permintaan pasar yang tinggi dengan potensi lestari sumberdaya cumi-cumi di Indonesia mencapai 167.456 ton (KKP 2016). Pada penangkapan dengan menggunakan lampu, cumi-cumi hampir selalu ditemukan. Hal ini mengindikasikan bahwa cumi-cumi memiliki sifat ketertarikan yang kuat terhadap cahaya.

Respons penerimaan cahaya oleh mata cumi-cumi dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya warna (Hamidi dan You 2017) dan intensitas (Matsui *et al.* 2016). Setiap spesies ikan, termasuk cumi-cumi memiliki respons yang berbeda terhadap cahaya (Razak *et al.* 2005), baik berupa respons positif maupun negatif terhadap cahaya. Cumi-cumi mengatur intensitas cahaya yang diterima dengan dua cara, yakni respons pupil dan respons retina (Suzuki *et al.* 1985; Inada 1996; Jeong *et al.* 2013; Matsui *et al.* 2016). Cahaya dari luar yang diterima mata diatur oleh pupil yang dapat melebar dan menyempit. Kemudian sampai di retina, respons cahaya ini diatur melalui pergerakan pigmen hitam (Suzuki *et al.* 1985).

Warna, intensitas dan spektrum cahaya LED yang diterima cumi-cumi akan menghasilkan tingkah laku dan adaptasi yang berbeda. Penelitian respons cumi-cumi terhadap LED masih terbatas untuk spesies *Todarodes pacificus* (Suzuki *et al.* 1985; Inada 1996; Jeong *et al.* 2013; Matsui *et al.* 2016) yang berasal dari wilayah subtropis. Sementara itu, penelitian respons tingkah laku cumi-cumi dari wilayah tropis seperti jenis *Uroteuthis duvaucelli* belum dilakukan. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan respons tingkah laku cumi-cumi terhadap lampu LED yang menjadi informasi penting dalam mengembangkan *fishing lamp* berbasis LED yang efektif dan efisien sebagai alat bantu pada penangkapan ikan.

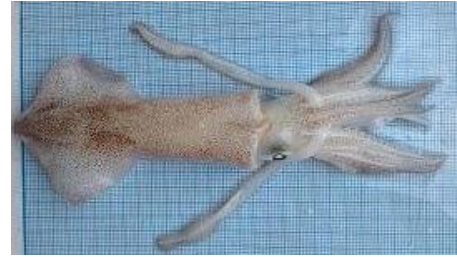
METODE PENELITIAN

Pegambilan data dilakukan pada bulan Desember 2018 sampai April 2019, di laboratorium Bagian Administrasi Pelatihan Perikanan Lapangan, Sekolah Tinggi Perikanan (BAPPL, STP) Serang, Banten. Penelitian dilakukan melalui ujicoba laboratorium dengan mengamati respons tingkah laku cumi-cumi terhadap warna dan intensitas LED yang berbeda. Selain itu dilakukan pula pengambilan sampel mata cumi-cumi yang telah beradaptasi terhadap cahaya LED untuk selanjutnya diproses secara histologi dan diamati dengan mikroskop.

Pengumpulan Data

Cumi-cumi jenis *Uroteuthis duvaucelli* diperoleh dari hasil tangkapan alat tangkap sero yang beroperasi di Teluk Banten. Cumi-cumi yang terperangkap pada kantong sero dipindahkan kedalam wadah penampungan sementara dan selanjutnya dilakukan pengangkutan menggunakan kapal ke laboratorium. Lama perjalanan dari lokasi alat tangkap sero

hingga ke laboratorium antara 30-60 menit. Cumi-cumi yang digunakan dalam pengamatan memiliki panjang mantel 4,0-10,5 cm dengan bobot 10-20 gram. Pemeliharaan cumi-cumi di laboratorium dilakukan pada kondisi suhu 27,0-28,5°C, salinitas 30-31 psu dan oksigen terlarut 7,5-7,9 mg/L. Pemeliharaan cumi-cumi minimal dilakukan selama 6 jam pada wadah percobaan untuk siap dilakukan percobaan.



Gambar 1. Cumi-cumi (*Uroteuthis duvaucelli*,Orbigny1835)

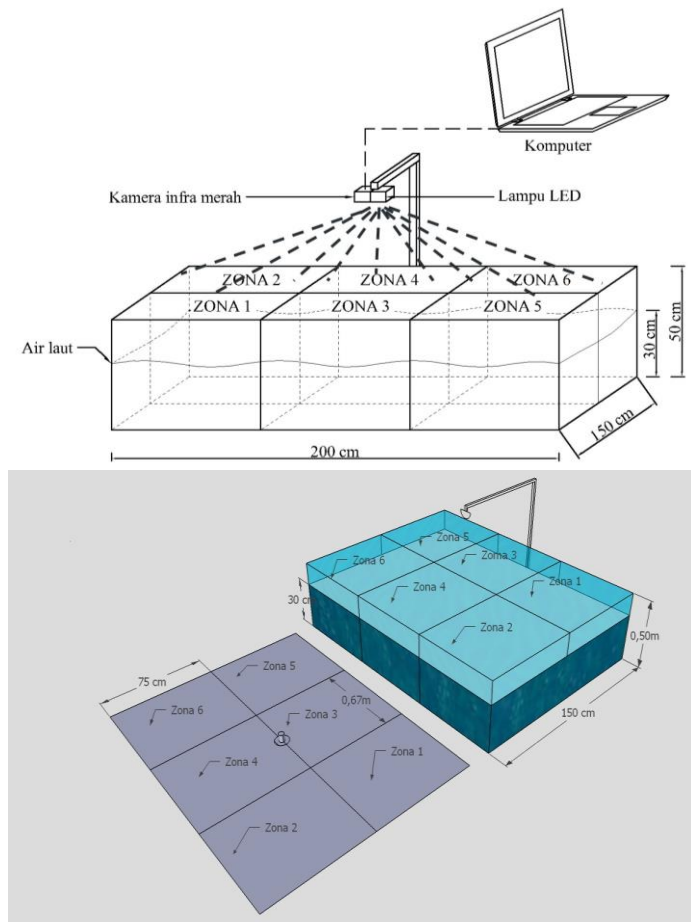
Perlakuan yang diberikan adalah warna dan intensitas lampu LED yang berbeda (Ibrahim dan Hajisamae 1999). Warna yang digunakan adalah warna putih, biru dan merah (Jeong *et al.* 2013; Matsui *et al.* 2016) dengan tiga intensitas yang berbeda yakni rendah, sedang dan tinggi. Tingkat intensitas cahaya yang digunakan yakni biru rendah (BR) $1,1 \times 10^{-4}$ W/cm², biru sedang (BS) $1,1 \times 10^{-3}$ W/cm², biru tinggi (BT) $9,4 \times 10^{-3}$ W/cm², putih rendah (PR) $1,1 \times 10^{-4}$ W/cm², putih sedang (PS) $2,0 \times 10^{-3}$ W/cm² dan putih tinggi (PT) $1,2 \times 10^{-2}$ W/cm², merah rendah (MR) $2,3 \times 10^{-4}$ W/cm², merah sedang (MS) $9,6 \times 10^{-4}$ W/cm² dan merah tinggi (MT) $1,0 \times 10^{-2}$ W/cm² (Jeong *et al.* 2013). Pengukuran dilakukan menggunakan ILT 5000 *research radiometer*. Jenis lampu yang digunakan adalah *dual in-line package* (DIP-LED) 5 mm. Lampu DIP LED yang digunakan sebanyak 4 lampu yang kemudian dirangkai dalam wadah berbentuk kotak dengan ukuran (pxlxt) adalah 11 cm x 9 cm x 7 cm (Susanto 2019).

Percobaan tingkah laku cumi-cumi dilakukan pada wadah berwarna hitam dengan ukuran panjang 200 cm, lebar 150 cm dan tinggi 50 cm. Pada dasar wadah diberikan tanda berupa titik putih sebagai acuan pengamatan, titik tersebut terdapat diseluruh dasar wadah dengan jarak 10 cm antar titiknya. Pengisian air dilakukan sampai ketinggian 30 cm untuk menghindari cumi-cumi keluar dari wadah percobaan. Lampu diletakkan di tengah-tengah wadah yang dibagi menjadi 6 zona pengamatan. Zona 1,2,5 dan 6 merupakan zona cahaya redup, sementara zona 3 dan 4 adalah zona cahaya terang. Kamera inframerah di pasang di atas lampu sehingga semua objek dalam wadah percobaan terekam dengan sempurna. Skema wadah percobaan tingkah laku cumi-cumi dapat dilihat pada Gambar 2.

Pengamatan tingkat adaptasi retina cumi-cumi dilakukan pada wadah berbentuk silinder dengan tinggi 43 cm, diameter bagian bawah 40 cm dan diameter bagian atas 50 cm. Pengisian air dilakukan dengan ketinggian 30 cm. Pada bagian tengah wadah ditempatkan sekat pemisah berdiameter 10 cm agar cumi-cumi dapat terpapar cahaya LED tepat pada intensitas yang digunakan. Ilustrasi wadah adaptasi cumi-cumi terhadap cahaya LED dapat dilihat pada gambar 2.

Pengamatan respons dan tingkah laku cumi-cumi dilakukan pada malam hari di ruangan tanpa cahaya. Sebelum dilakukan perlakuan lampu LED, sebanyak 4-40 ekor cumi-cumi pada wadah perlakuan dikondisikan tanpa cahaya selama

30 menit sebagai kontrol adaptasi. Kemudian lampu LED dinyalakan dan dilakukan pengamatan tingkah laku cumi-cumi selama 30 menit (Marchesan *et al.* 2009). Respons dan tingkah laku cumi-cumi yang terjadi dari awal hingga akhir durasi perlakuan diamati dan dicatat setiap menitnya serta direkam menggunakan kamera inframerah. Setiap perlakuan warna dan intensitas cahaya dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali sehingga diperoleh hasil yang lebih konsisten. Prosedur pengamatan tingkah laku cumi-cumi yang dilakukan mengacu pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Susanto *et al.* (2018) Riyanto *et al.* (2019) dan Susanto (2019).



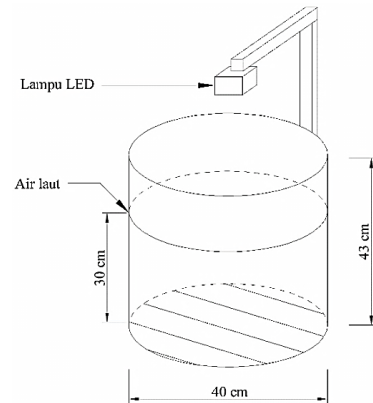
Gambar 2. Skema wadah percobaan tingkah laku cumi-cumi

Pada pengamatan adaptasi retina, cumi-cumi yang telah dipindahkan pada bak adaptasi dikondisikan tanpa cahaya selama 30 menit sebagai kontrol adaptasi. Kemudian lampu LED dinyalakan sesuai dengan kombinasi perlakuan yang digunakan selama 30 menit. Selanjutnya cumi-cumi diambil dari wadah perlakuan dan diambil matanya untuk diawetkan dengan larutan fiksasi (larutan boiun) yang terdiri atas asam fikrat, asam asetat dan formalin. Perendaman spesimen mata pada larutan bouin ini dilakukan selama 2x24 jam. Proses tersebut dilakukan berulang untuk seluruh perlakuan yang digunakan. Selanjutnya spesimen mata dimasukkan pada larutan alkohol dan diproses secara histologi hingga diperoleh preparat yang siap diamati dengan mikroskop.

Analisis Data

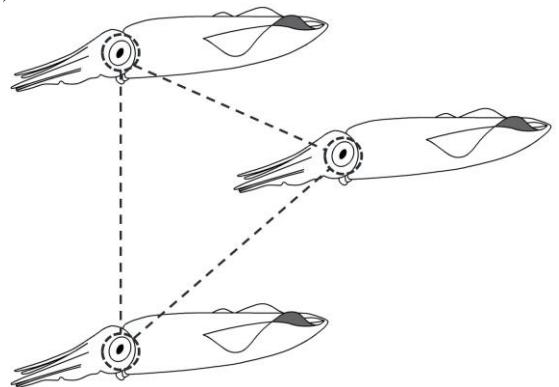
Respons dan tingkah laku cumi-cumi terhadap warna dan intensitas LED yang berbeda dianalisis secara deskriptif berdasarkan hasil pengamatan dan rekaman kamera

inframerah. Parameter yang dianalisis adalah preferensi cumi-cumi terhadap cahaya, pola renang cepat (*jetting*) dan jarak antar individu (*nearest neighbour distance/ NND*) pada setiap perlakuan. Preferensi cumi-cumi dianalisis dengan membandingkan jumlah cumi-cumi pada masing-masing zona terhadap jumlah total cumi-cumi yang digunakan pada setiap perlakuan. Penghitungan proporsi dilakukan berdasarkan tiga foto yang diambil masing-masing pada menit awal (0-10), tengah (11-20) dan akhir (21-30) perlakuan. Foto yang dipilih memiliki tingkat ketajaman yang baik dan memperlihatkan jumlah dan posisi cumi-cumi yang jelas pada setiap zona pengamatan (Susanto *et al.* 2018; Riyanto *et al.* 2019)



Gambar 3. Skema wadah percobaan adaptasi retina

Pola renang cepat (*jetting*) menjadi salah satu indikator preferensi dan respons cumi-cumi terhadap rangsangan cahaya yang diberikan. Frekuensi *jetting* yang terjadi dihitung selama periode pengamatan berlangsung (30 menit). Semakin banyak frekuensi *jetting* yang terjadi mengindikasikan paparan cahaya yang diterima cenderung tidak direspons baik oleh cumi-cumi. Jarak antar individu dianalisis berdasarkan tiga foto yang dipilih pada menit awal, tengah dan akhir pengamatan. Jarak yang diukur adalah jarak rata-rata dari kepala individu yang satu dengan individu lainnya. Adanya titik acuan memudahkan pengolahan data NND dengan menggunakan perangkat lunak kinovea. Ilustrasi NND untuk cumi-cumi disajikan pada Gambar 4 (Oshima *et al.* 2016).



Gambar 4. Perhitungan NND

Adaptasi retina mata cumi-cumi dianalisis berdasarkan foto yang diperoleh dari preparat histologi yang diamati dengan mikroskop. Pergerakan pigmen hitam menjadi parameter yang dianalisis untuk menentukan tingkat adaptasi retina pada setiap perlakuan. Semakin jauh pergerakan pigmen hitam yang diperoleh maka nilai adaptasinya akan semakin

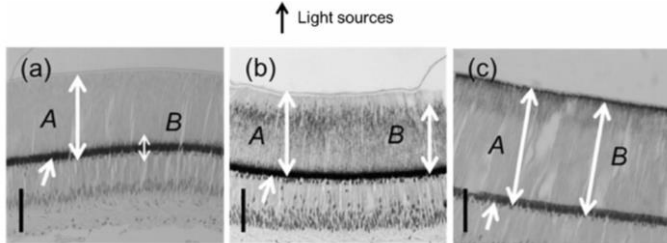
tinggi. Ilustrasi pigmen hitam terhadap perlakuan yang diberikan disajikan pada Gambar 5. Formula perhitungan yang digunakan untuk menentukan tingkat adaptasi retina adalah sebagai berikut (Matsui *et al.* 2016 :

$$\text{Rasio adaptasi (\%)} : (B / A) \times 100 (\%) \dots \dots \dots (1)$$

Dengan :

A = Jarak antara membran pembatas dan permukaan retina

B = Penjuluran pigmen hitam



Gambar 5. Ilustrasi perhitungan rasio adaptasi penjuluran pigmen hitam (Matsui *et al.* 2016)

HASIL DAN PEMBAHASAN

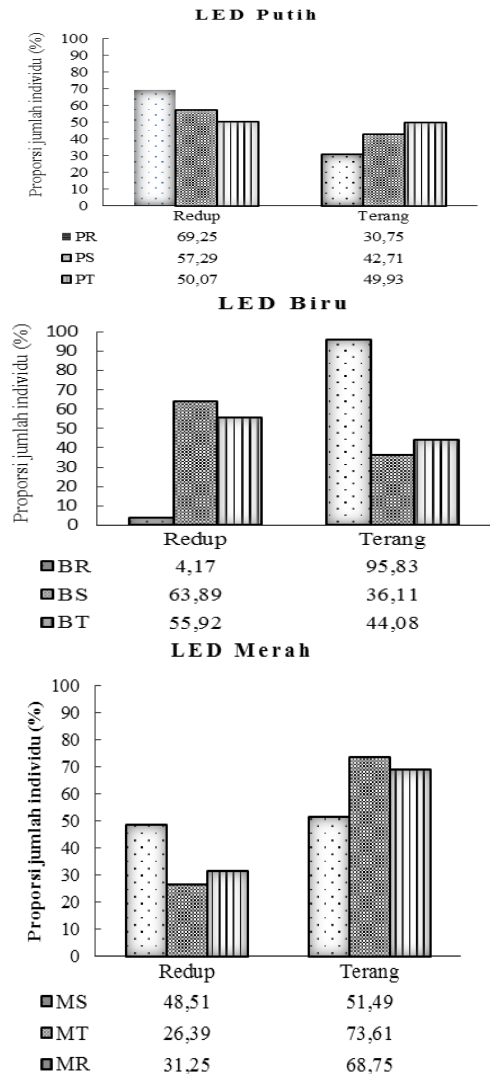
Respons dan Tingkah Laku Cumi-cumi

Preferensi cumi-cumi terhadap kondisi pencahayaan berbeda diperlihatkan pada Gambar 6. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada lampu LED putih, cumi-cumi lebih banyak berada di zona redup pada setiap perlakuan yang diberikan. Semakin tinggi intensitas yang diberikan maka proporsi cumi-cumi pada zona redup semakin berkurang. Pada intensitas tinggi cumi-cumi relatif menyebar pada semua zona pencahayaan. Hal senada diungkapkan oleh Martins dan Perez (2006) yang menemukan bahwa cumi-cumi berenang pada area di dalam dan di luar pencahayaan lampu.

Pada lampu LED warna biru intensitas rendah, cumi-cumi lebih banyak berada pada zona terang. Sementara pada intensitas sedang dan tinggi preferensi cumi-cumi lebih banyak pada zona redup. Hal berbeda diperoleh pada penggunaan LED merah. Proporsi cumi-cumi lebih tinggi pada zona terang pada semua intensitas yang digunakan. Proporsi tertinggi pada zona terang dengan LED merah sebesar 73,61% terdapat pada intensitas sedang. Pada kondisi tanpa pencahayaan cumi-cumi menyebar pada seluruh zona pengamatan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa cahaya memberikan pengaruh besar terhadap cumi-cumi baik mendekati maupun menjauhi cahaya. Hurley (1977) menyatakan bahwa cumi-cumi di bak percobaan dipengaruhi oleh visi pergerakan dari setiap *schooling*.

Jetting merupakan suatu keadaan cumi-cumi yang melakukan gerakan renang dengan kecepatan lebih tinggi dari kondisi normal. Jumlah *jetting* cumi-cumi pada kondisi pencahayaan dengan warna dan intensitas yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 6. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa peningkatan intensitas pada setiap warna yang digunakan cenderung menyebabkan jumlah *jetting* yang terjadi. Semakin tinggi frekuensi *jetting* yang diperoleh mengindikasikan bahwa cumi-cumi mengalami keadaan terganggu atau stres yang lebih tinggi akibat paparan cahaya yang diterima. Menurut Staff *et al.* (2014), *jetting* pada cumi-cumi dapat dilakukan secara tunggal atau bersamaan,

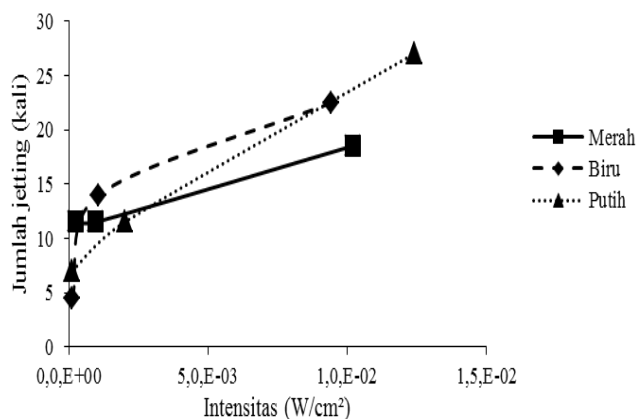
penyebabnya tidak selalu berupa stimulus yang dapat menyebabkan cumi-cumi tersebut terkejut namun dapat berasal dari rangsangan lain yang mengakibatkan stres.



Gambar 6. Proporsi cumi-cumi pada zona pencahayaan berbeda

Pada intensitas rendah, lampu LED warna merah memiliki jumlah *jetting* terbanyak. Namun, pada intensitas tinggi lampu warna putih menyebabkan jumlah *jetting* yang lebih tinggi hingga lebih 25 kali *jetting*. Sementara itu pada intensitas sedang, semua warna lampu relatif memiliki nilai yang sama yakni sekitar 10-14 kali *jetting*. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Neuemeister *et al.* (2000) bahwa *jetting* dapat terjadi karena stimulus visual secara tiba-tiba ataupun penurunan suhu perairan secara ekstrim. Penelitian lain menyebutkan bahwa untuk mengetahui model *jetting* pada cumi-cumi dilakukan perangsangan berupa cahaya dengan panjang gelombang berbeda (Bartol *et al.* 2010).

Nearest Neighbor Distance (NND) merupakan salah satu parameter analisis untuk tingkah ikan dan dapat di aplikasikan pada tingkah laku cumi-cumi. Pengukuran NND didasari pada *schooling* cumi-cumi yang ada pada pengamatan. Menurut Oshima *et al.* (2016) pengertian dari *schooling* cumi-cumi adalah kelompok yang berisi setidaknya 3 cumi-cumi yang berorientasi pada arah yang sama dan dengan posisi panjang tubuh satu sama lain yang sejajar.



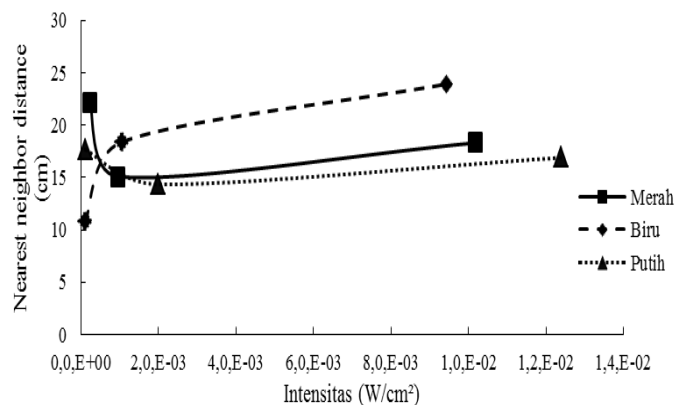
Gambar 7. Frekuensi *jetting* cumi-cumi pada kondisi pencahayaan dengan warna dan intensitas yang berbeda

Gambar 8 memperlihatkan jarak individu terdekat cumi-cumi pada kondisi pencahayaan dengan warna dan intensitas yang berbeda. Nilai NND ini dapat berhubungan dengan proses melihat cumi-cumi. Pada keadaan gelap berenang, sementara pada kondisi dengan cahaya cumi-cumi dapat mengatur jaraknya dengan memanfaatkan organ penglihatan. Hal ini dapat dilihat pada lampu warna biru, semakin tinggi intensitasnya maka jarak antar cumi-cumi semakin jauh. Pada intensitas rendah lampu warna biru memiliki jarak terdekat antar cumi-cumi dibanding yang lain. Namun pada intensitas rendah, lampu warna biru menghasilkan nilai NND yang lebih rendah sehingga jarak antar cumi-cumi semakin dekat dibandingkan warna lainnya. Berbeda dengan penelitian Susanto *et al.* 2019, bahwa semakin tinggi intensitasnya menyebabkan jarak antar individu pada ikan selar semakin dekat.

Pada intensitas sedang, LED merah dan putih memiliki nilai NND yang relatif sama sementara lampu warna biru memiliki nilai yang lebih tinggi. LED biru menghasilkan jarak terjauh pada intensitas tinggi sedangkan, lampu warna merah dan putih memiliki nilai NND yang relatif sama. Lampu warna merah dan putih memiliki kecenderungan yang sama, yakni memiliki nilai tinggi pada intensitas rendah kemudian menurun pada intensitas sedang dan naik pada intensitas tinggi namun tidak melebihi nilai NND pada intensitas rendah. Penelitian Vidal *et al.* 2018 menyebutkan bahwa seiring dengan bertambahnya usia pada cumi-cumi nilai NND lebih dekat, selain itu juga pola renang dan pergerakan cumi-cumi jenis *Doryteuthis opalescens* ini lebih teratur. Selain itu, *schooling* cumi-cumi dipengaruhi oleh gangguan lingkungan sekitar (Hurley 1977).

Adaptasi Retina Mata Cumi-cumi

Cumi-cumi termasuk biota laut yang memiliki kemampuan untuk beradaptasi terhadap cahaya yang diterimanya. Kemampuan tersebut meliputi kemampuan untuk membedakan warna atau panjang gelombang yang diterima (Purbayanto *et al.* 2010) dan intensitas yang diberikan (Matsui *et al.* 2016). Pergerakan pigmen hitam yang berada pada retina cumi-cumi menjadi indikator tingkat adaptasi cumi-cumi terhadap rangsangan cahaya yang diterimanya.



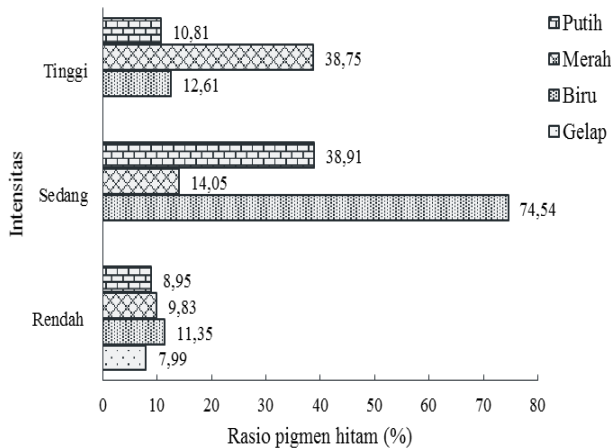
Gambar 8. Jarak antar individu cumi-cumi pada kondisi pencahayaan dengan warna dan intensitas yang berbeda

Hasil penelitian Suzuki *et al.* (1985), Jeong *et al.* (2013) dan Matsui *et al.* (2016), menunjukkan bahwa warna dan intensitas berpengaruh pada pergerakan pigmen hitam mata cumi-cumi. Semakin tinggi rasio adaptasi pigmen hitam maka adaptasi mata cumi-cumi semakin baik. Nilai rasio penjuruan pigmen hitam cumi-cumi pada kondisi pencahayaan dengan warna dan intensitas yang berbeda disajikan pada Gambar 8. Pada kondisi gelap didapatkan nilai rasio pigmen hitam sebesar 7,99%. Penggunaan intensitas sedang menghasilkan nilai rasio tertinggi pada setiap warna yang digunakan dengan rasio maksimum pada LED biru sebesar 74,54%. Hal ini sesuai dengan pendapat Jeong *et al.* (2013) dan Matsui *et al.* (2016) yang menyebutkan bahwa LED biru merupakan warna lampu terbaik untuk adaptasi retina mata cumi-cumi jenis *Todarodes pacificus*. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sensitivitas retina cumi-cumi *Uroteuthis duvaucelli* paling tinggi pada lampu LED warna biru.

Pergerakan pigmen hitam pada intensitas rendah memiliki nilai yang relatif sama pada semua warna lampu yang digunakan. Lampu warna merah memiliki nilai rasio tertinggi pada intensitas tinggi dengan nilai 38,75%. Hasil penelitian Suzuki *et al.* (1985) menyebutkan bahwa persentase pergerakan pigmen hitam retina kurang dari 40% pada cumi-cumi adalah normal. Selain itu penggunaan LED merah menyebabkan peningkatan rasio pada setiap kenaikan intensitas yang dilakukan. Menurut Jeong *et al.* (2013), pada lampu LED warna merah adaptasi retina hampir stagnan dengan nilai indeks sebesar 20% pada kondisi gelap ataupun terang namun cenderung meningkat pada setiap penambahan intensitas. Respons adaptasi yang rendah pada lampu warna merah disebabkan LED merah memiliki panjang gelombang yang jauh dari puncak sensitivitas cumi-cumi (Matsui *et al.* 2016).

Lampu warna biru dan putih memiliki nilai tertinggi rasio pergerakan pigmen hitam yang relatif sama, yakni pada intensitas sedang (Gambar 8). Matsui *et al.* (2016), puncak sensitivitas visual cumi-cumi (*Todarodes pacificus*) adalah pada panjang gelombang 482 nm, dengan warna cahaya mendekati biru, hijau dan putih. Selain itu, penggunaan lampu biru dan putih pada intensitas tinggi menyebabkan penurunan nilai rasio pigmen hitam yang diperoleh. Hal tersebut dikarenakan cumi-cumi justru memiliki tingkat adaptasi yang lebih optimum pada intensitas sedang. Pigmen hitam yang berada pada retina cumi-cumi tidak mengalami perubahan

pada nilai intensitas cahaya di atas 25 lux, namun pada intensitas sekitar 1 lux sel kon pada retina cumi-cumi melakukan pergerakan (Suzuki *et al.* 1985).



Gambar 9. Nilai rasio pigmen hitam cumi-cumi pada kondisi pencahayaan dengan warna dan intensitas yang berbeda

Daw dan Perlman (1974) menyatakan penjurulan pigmen hitam pada spesies *Loligo pealei* mulai mengalami pergerakan pada menit 5- 15 menit dengan $0,3 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ dan panjang gelombang 450 nm. Pergerakan pigmen hitam sempurna terjadi pada menit ke 30 setelah pencahayaan. Ibrahim dan Hajisamae (1999) menyatakan bahwa pada spesies *Sepioteuthis lessoniana* dan *Loligo chinensis*, terdapat perbedaan yang nyata pada pergerakan pigmen hitam akibat penggunaan intensitas yang berbeda (1,5-2,5 lx). Berbeda dengan penelitian Inada *et al.* (1996), adaptasi retina tidak berkorelasi dengan waktu dan intensitas paparan cahaya yang diterima. Fungsi iris yang mengatur persentase cahaya yang diterima dan masuk kedalam retina memungkinkan cumi-cumi mengontrol tingkat intensitas yang sampai di retina. Penggunaan iluminasi lebih besar dari 25 lux dengan paparan cahaya langsung kurang dari 2 jam tidak akan menyebabkan pigmen bermigrasi. Hal ini menunjukkan bahwa dengan durasi paparan yang intens dan waktu yang pendek, iris langsung dapat mengontrol jumlah cahaya yang bersentuhan dengan retina (Suzuki *et al.* 1985) sehingga berpengaruh terhadap tingkat adaptasi yang diperoleh.

KESIMPULAN

Penggunaan warna dan intensitas cahaya LED yang berbeda berpengaruh terhadap respons dan tingkah laku cumi-cumi. Persentase cumi-cumi yang berada pada zona redup lebih banyak dibandingkan pada zona terang. Semakin tinggi intensitas cahaya LED maka frekuensi *jetting* yang terjadi cenderung meningkat pada semua warna dan intensitas yang digunakan. Jarak terdekat antar cumi-cumi berkorelasi negatif dengan perubahan intensitas pada warna lampu putih dan biru sementara berkorelasi positif dengan warna putih. Rasio adaptasi retina cumi-cumi tertinggi pada lampu biru dengan intensitas sedang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) dan Institut Pertanian Bogor yang telah memberikan kesempatan belajar serta memberikan pendanaan dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Bartol I.K., Krueger P.S., Stewart W.J. dan Thompson T. 2009. Hydrodynamics of pulsed jetting in juvenile and adult brief squid *Lolliguncula brevis*: evidence of multiple jet 'modes' and their implications for propulsive efficiency. *The Journal of Experimental Biology*. 212:1889–1903.
- Daw N.W. dan Perlman A.L. 1974. Pigment migration and adaptation in eye of the squid, *Loligo pealei*. *The Journal Of General Physiology*. 8:23–36.
- Febrianto A., Simbolon D., Haluan J. dan Mustaruddin. 2017. Pola musim penangkapan cumi-cumi di perairan luar dan dalam daerah penambangan timah Kabupaten Bangka Selatan. *Marine Fisheries*. 8(1):63-71.
- Hamidi, Baskoro M.S. dan Riyanto M. 2017. Penggunaan *light emitting diode* (led) celup bawah air dengan warna berbeda : pengaruhnya terhadap hasil tangkapan bagan perahu. *Albacore*. 1(3):285-296.
- Hua L.T. dan Xing J. 2013. Research on LED fishing light. *Research Journal of Applied Science, Engineering and Technology*. 5(16):4138-4141
- Hurley Ann C. 1977. School structure of the squid *Loligo opalescens*. *Fishery Bulletin*. 76(2):433–442.
- Ibrahim S. dan Hajisamae S. 1999. Respons of squid to different colours and intensities of artificial light. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*. 22(1):19-24.
- Inada Hiroshi. 1996. Retinomotor and adaptation of japanese common squid *Todarodes pacificus* at capture with jigs. *Fisheries Science*. 62(5):663-669.
- Jeong H., Yoo S., Lee J. dan An Y-I. 2013. The reticular responses of common squid *Todarodes pacificus* for efficient fishing lamp using LED. *Renewable Energy*. 54:101-104.
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. 2016. Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 47 Tahun 2016 Tentang Estimasi Potensi, jumlah tangkapan yang diperbolehkan, dan Tingkat Pemanfaatan Sumber Daya Ikan di WPPNRI [Internet]. [diunduh 14 September 2018]. Tersedia pada: <http://jdih.kkp.go.id/peraturan/47-kepmen-kp-2016-ttg-estimasi-potensi-sdi.pdf>.
- Marchesan M., Spoto M. dan Ferrero E.A. 2009. Impact of artificial light on behavioural pattern of coastal fishes of conservation interest. *Varstvo Narave*. 22:117-136.
- Martins R.S. dan Perez J.A.A. 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*. 8:27-34.
- Matsui H., Takayama G. dan Sakurai Y. 2016. Physiological response of the eye to different colored light-emitting

- diodes in Japanese flying squid *Todarodes pacificus*. *Fisheries Science*. 82(2):300-309.
- Matsushita Y., Azuno T. dan Yamashita Y. 2012. Fuel reduction in coastal squid jigging boats equipped with various combinations of conventional metal halide lamps and low-energy LED panels. *Fisheries Research*. 125(126): 14-19.
- Neuimeister H., Ripley B., Preuss T. dan Gilly WF. 2000. Effect of temperature on escape *jetting* in the squid loligo opalescens. *The Journal of Experimental Biology*. 203:547-557.
- Oshima M., Treuheim T.P., Carrol J., Hanlon R.T., Walters E.T. dan Crook R.J. 2016. Peripheral injury alters schooling behavior in squid, *Doryteuthis pealeii*. *Behavioural Processes*. 128:89-95.
- Purbayanto A., Riyanto M. dan Fitri A.D.P. 2010. *Fisiologi dan Tingkah Laku Ikan pada Perikanan Tangkap*. Bogor (ID): IPB Press.
- Puspito G. 2012. Pengaruh pemusatan cahaya terhadap evektivitas bagan. *Jurnal Saintek Perikanan*. 7(2):5-9.
- Razak A., Anwar K. Dan Baskoro M.S. 2005. *Fisiologi Mata Ikan*. Bogor (ID) : Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Riyanto M., Susanto A., Baskoro M.S., Wisudo S.H. dan Purwangka F. The optimum light colour and intensity of light emitting diodes for catching yellowstripe scads (*Selaroides leptolepis*) using fixed liftnet. The 3rd EMBRIO International Workshop on Marine Biodiversity: Understanding, Utilization, Conservation [Internet]. [2018 Oktober 9-10 dan Bogor]. Bogor (ID): EMBRIO. Hlm 1-8; [diunduh pada 29 Juni 2019]. Tersedia pada: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/17551315/278/1/012066/pdf>
- Staff D.J., Gilly W.F. dan Denny MW. 2014. Aperture effect in squid jet propulsion. *The Journal of Experimental Biology*. 217:1588-1600.
- Sulaiman M., Baskoro M.S., Taurusman A.A., Wisudo S.H. dan Yusfiandayani R. 2015. Tingkah Laku Ikan pada Perikanan Bagan Petepete yang Menggunakan Lampu LED. *Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 7(1):205-223.
- Sulaiman M. 2015. Pengembangan Lampu *light emitting diode* (LED) sebagai Pemikat Ikan pada Perikanan Bagan Petepete di Sulawesi Selatan [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Susanto A., Irnawati R., Mustahal, Syabana. 2017. Fishing efficiency of LED lamps for fixed lift net fisheries in Banten Bay Indonesia. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 17: 283-291.
- Susanto A. 2019. Pengembangan teknologi pencahayaan untuk perikanan lift net yang hemat energi dan ramah lingkungan [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Suzuki T., Inada H. dan Takahashi. 1985. Retinal adaption of japanese common squid (*Todarodes pacificus strenstrup*). *Bulletin of the Faculty Fisheries. Hokkaido University*. 36(4):191-199.
- Taufiq, Mawardi W., Baskoro M.S. dan Zulkarnain. 2015. Rekayasa lampu LED celup untuk perikanan bagan apung di perairan patak Kabupaten Aceh Jaya Propinsi Aceh. *Albacore*. 6(1):51-67.
- Vidal E.A.G., Zeidberg L.D. dan Buskey E.J. 2018 Development of swimming abilities in squid paralarvae: behavioral and ecological implications for dispersal. *Front. Physiol*. 9:954.